

ปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำในผู้ป่วยที่เข้ารับการ
ตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ แผนกรังสีวิทยา โรงพยาบาลยะลา

Factors Affecting the Extravasation of Contrast Media from the Vein among
Patients Undergoing Computed Tomography Scans at the Radiology
Department, Yala Hospital

สินีนาด วารี

Sineenad Waree

โรงพยาบาลยะลา จังหวัดยะลา

Yala Hospital, Yala Province

(Received: December 16, 2024; Revised: February 25, 2025 ; Accepted: March 2, 2025)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำในผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ แผนกรังสีวิทยา โรงพยาบาลยะลา เป็นการวิจัยเชิงสมมูลฐาน ประชากรที่ศึกษา คือ ผู้ป่วยทุกรายที่ได้รับสารทึบรังสีทางหลอดเลือดดำ กลุ่มตัวอย่างคือผู้ป่วยทุกรายที่เกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ คำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากจำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษานในแผนกรังสีวิทยาช่วงวันที่ 1 มกราคม - 31 ธันวาคม พ.ศ. 2566 จำนวน 420 ราย สุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบบันทึกข้อมูล โดยผ่านการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้จำนวน ร้อยละ และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณจิสติก

ผลการศึกษา อุบัติการณ์การเกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำเกิดขึ้น 18 ราย จากทั้งหมด 420 ราย คิดเป็นร้อยละ 4.29 โดยปัจจัยที่มีผลการเกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value < 0.05) ได้แก่ โรคประจำตัว/โรคร่วม (p -value < 0.001) ระดับความรู้สีกตัว (p -value < 0.001) ปริมาณ และอัตราเร็วในการฉีดสารทึบรังสี (p -value < 0.002)

คำสำคัญ : การรั่วซึม, สารทึบรังสี, หลอดเลือดดำ

Abstract

This study aimed to examine the factors affecting the extravasation of contrast media from the vein in patients who underwent computed tomography (CT) scans at the Radiology Department, Yala Hospital. This research followed an etiognostic approach. The study population consisted of all patients who received intravenous contrast media, while the sample group included all patients who experienced contrast media extravasation. The sample size was calculated based on the number of patients treated at the Radiology Department from January 1, 2023, to December 31, 2023, totaling 420 cases. Simple random sampling was used for sample selection. The research instrument was a data recording form validated by three experts. Data were analyzed using percentages and multiple logistic regression analysis.

The study found that the incidence of contrast media extravasation occurred in 18 out of 420 cases, accounting for 4.29%. The factors significantly associated with contrast media extravasation (P-value < 0.05) were comorbidities (P-value < 0.001), level of consciousness (P-value < 0.001), and the volume and injection rate of contrast media (P-value < 0.002).

Keywords: Extravasation, Contrast Media, Vein

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางการแพทย์ด้านรังสีวินิจฉัยได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นการตรวจทางเอกซเรย์ทั่วไป เอกซเรย์คอมพิวเตอร์ การตรวจด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถให้ภาพความคมชัดสูง (Magnetic Resonance Imaging: MRI) คลื่นเสียงความถี่สูง ซึ่งการตรวจด้วยเครื่องมือดังกล่าว จำเป็นต้องใช้การฉีดสารทึบรังสี หรือหมายถึงการฉีดสารที่มีความไวต่อรังสีเพื่อให้ได้ภาพจากการตรวจมีความคมชัด ทำให้เกิดความแตกต่างในการดูดกลืนรังสีระหว่างอวัยวะที่ต้องการตรวจกับอวัยวะหรือโครงสร้างอื่นที่อยู่ใกล้เคียง เป็นผลให้สามารถเห็นอวัยวะที่ต้องการตรวจได้ชัดเจนขึ้น แต่หากสารทึบรังสีเกิดการรั่วซึมออกนอกหลอดเลือด อาจทำให้ผู้ป่วยแพ้หรือเกิดภาวะแทรกซ้อนต่อร่างกายจนถึงแก่ชีวิตได้ (Bae, 2010)

การรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ (Contrast media extravasation) ทำให้เกิดการอักเสบเฉพาะที่เนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้นสารน้ำ (Local inflammation, tissue injury due to hyperosmolarity), อาการบวม (Swelling or edema) แผลบริเวณผิวหนังและเนื้อตาย (Ulceration, necrosis) หรือภาวะความดันสูงในช่องปิดกล้ามเนื้อสูง (Compartment syndrome) โดยอาการจะรุนแรงสุดที่ 24 - 48 ชั่วโมง หลังเกิดการรั่วของสารทึบรังสี เนื้อเยื่อรอบๆบริเวณนั้นถูกทำลาย และอาจลุกลามจนถึงเส้นประสาท เส้นเอ็นหรือข้อต่อของอวัยวะต่าง ๆ ทำให้ผู้ป่วยเกิดความทุกข์ทรมานอย่างมาก ผู้ป่วยบางรายอาจต้องได้รับการเลาะเนื้อเยื่อที่ตายออก ทำให้ต้องนอนโรงพยาบาลนานขึ้นและเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น (Bae, 2010; Beckett, 2015) ความรุนแรงของการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับน้อย (Mild) ซึ่งเป็นระดับที่พบได้บ่อยสุด โดยจะพบว่าผิวหนังซีดหรือมีสีชมพูอุณหภูมิผิวหนังเย็นหรืออุ่นบริเวณรอบ ๆ บวมแบบกดไม่ยุบ เคลื่อนไหวได้จำกัด มีอาการปวดเล็กน้อย อุณหภูมิของร่างกายปกติ 36.5 - 37.5 องศาเซลเซียส 2) ระดับปานกลาง (Moderate) ผิวหนังมีสีแดงมากขึ้นหรือเริ่มเปลี่ยนแปลงเป็นสีม่วงคล้ำ มีอาการบวมหรืออาจพบตุ่มน้ำพองเล็ก ๆ มีความปวดระดับปานกลาง ทำให้เคลื่อนไหวได้น้อยลงอุณหภูมิของร่างกายอาจสูงมากกว่า 37.5 องศาเซลเซียส 3) ระดับรุนแรง (Severe) พบได้น้อยสุด โดยมีลักษณะกลางแผลเริ่มมีรอยดำ ผิวหนังรอบ ๆ ซีด หรือแดงตุ่มน้ำพองอาจแตกออกผิวหนังหลุดลอกถึงชั้นไขมันและอาจลึกถึงกระดูก มีเนื้อตาย บวมมากขึ้นและมีอาการปวดมาก หรือบางรายอาจไม่มีความรู้สึก อุณหภูมิของร่างกายมากกว่า 37.5 องศาเซลเซียส (Pathomjaruwat, 2016; Pathomjaruwat, 2017; Wilson, 2011)

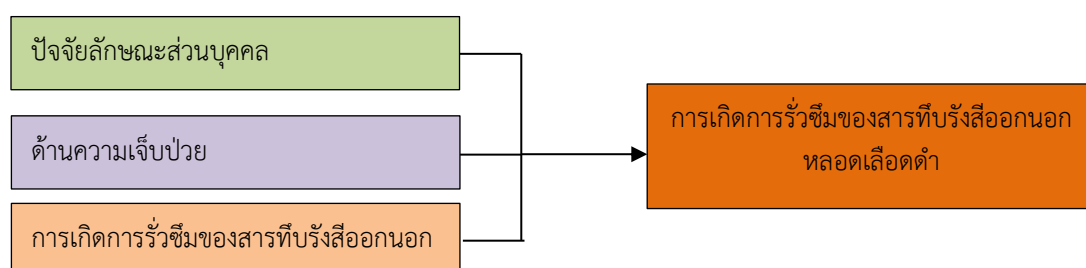
แผนกรังสีวิทยา โรงพยาบาลยะลา พบอัตราการเกิดการรื้อซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในปี 2566 พบอุบัติการณ์เกิดการรื้อซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ คิดเป็นร้อยละ 0.35 เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของต่างประเทศ ซึ่งพบว่าอัตราการเกิดภาวะรื้อซึมสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำคิดเป็นร้อยละ 0.23 (Belzunegui, Louis, Torrededia, & Oteiza, 2011; Ding, Meystre, Campeanu, & Gullo, 2018; Lewis, Merchan, Altshuler, & Papadopoulos, 2019) นับว่าโรงพยาบาลยะลา มีอัตราการเกิดการรื้อซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำค่อนข้างสูง ถึงแม้ยังไม่พบผู้ป่วยในระดับรุนแรง แต่พบว่ามีอัตราการเกิดเพิ่มขึ้น จึงนับว่าเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องนำไปพัฒนางาน เพื่อป้องกันการเกิดภาวะแทรกซ้อน ผลกระทบที่รุนแรงต่อผู้ป่วยต้องนอนโรงพยาบาลนานขึ้น ทำให้สูญเสียค่าใช้จ่าย ส่งผลกระทบด้านจิตใจ และความพึงพอใจในคุณภาพการให้บริการ

สำหรับการศึกษาในประเทศไทย ส่วนใหญ่ศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดการแพ้สารทึบรังสี หรือศึกษาการเกิดภาวะรื้อซึมของยาออกนอกหลอดเลือดดำเท่านั้น ยังไม่มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดการรื้อซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ นอกจากนี้แผนกรังสีวิทยา โรงพยาบาลยะลา ยังไม่มีแนวปฏิบัติในการติดตามอาการผู้ป่วยที่เกิดการรื้อซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำอย่างมีรูปแบบที่ชัดเจนมาก่อน ดังนั้นผู้วิจัยในฐานะรังสีแพทย์ของโรงพยาบาลยะลา ซึ่งเป็นโรงพยาบาลศูนย์ที่ให้บริการตรวจวินิจฉัยด้วยสารทึบรังสีแก่ผู้ป่วยจำนวนมาก จึงมีความจำเป็นที่จะศึกษาปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดการรื้อซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำจากการฉีดสารทึบรังสีในผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ แผนกรังสีวิทยาโรงพยาบาลยะลา หากทราบปัจจัยดังกล่าวแล้ว จะทำให้สามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปสู่การประเมินปัจจัยเสี่ยงและวางแผนในการป้องกันหรือลดโอกาสของการเกิดการรื้อซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ และเป็นแนวทางการพัฒนาแนวปฏิบัติในการป้องกันเพื่อลดอัตราการเกิดการรื้อซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำต่อไป

วัตถุประสงค์วิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดการรื้อซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ ในผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ แผนกรังสีวิทยา โรงพยาบาลยะลา

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสมมุติฐาน (Etiognostic research) ในรูปแบบ Case-control

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้ป่วยทุกรายที่เข้ารับการตรวจรักษาในแผนกรังสีในเวลาราชการ และไม่เกิด

การวิจัยของสารที่บ่งชี้ออกนอกหลอดเลือดดำ ช่วงวันที่ 1 มกราคม - 31 ธันวาคม พ.ศ. 2566 ซึ่งมีจำนวน 5,122 ราย

กลุ่มตัวอย่างคือ ผู้ป่วยทุกรายที่เกิดการรั่วซึมของสารที่บ่งชี้ออกนอกหลอดเลือดดำ มีเกณฑ์การเลือก Case โดยต้องเป็นผู้ป่วยรายใหม่ อายุ 20 ปีขึ้นไป ที่เพิ่งเกิดภาวะนี้ ช่วงวันที่ 1 มกราคม - 31 ธันวาคม พ.ศ. 2566 และไม่มีประวัติได้รับสารที่บ่งชี่มาก่อน โดยขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนึงถึงอัตราส่วนระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุมที่เหมาะสม

การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

เกณฑ์การคัดเข้า

1. ผู้ป่วยที่มีอายุ 20 ปี ขึ้นไป
2. ผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจวินิจฉัยโดยการฉีดสารที่บ่งชี้ทางหลอดเลือดดำส่วนปลาย แผนกรังสีวิทยา ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม - 31 ธันวาคม พ.ศ. 2566 ในเวลาราชการ
3. ไม่มีประวัติการได้รับสารที่บ่งชี่มาก่อนภายในระยะเวลา 1 ปี

เกณฑ์การคัดออก

1. ผู้ป่วยที่อายุน้อยกว่า 20 ปี
2. ผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจวินิจฉัยโดยการฉีดสารที่บ่งชี้ทางหลอดเลือดดำส่วนปลาย แผนกรังสีวิทยา ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม - 31 ธันวาคม พ.ศ. 2566 นอกเวลาราชการ
3. ผู้ป่วยที่มีประวัติเคยได้รับการตรวจวินิจฉัยสารที่บ่งชี่มากกว่า 1 ครั้ง ภายในระยะเวลา 1 ปี

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้จากการทบทวนวรรณกรรม ประกอบไปด้วย 4 ส่วน ดังนี้

1. ข้อมูลส่วนบุคคล จำนวน 2 ข้อ ประกอบด้วย 1) เพศ และ 2) อายุ
2. ข้อมูลด้านความเจ็บป่วย จำนวน 2 ข้อ ประกอบด้วย 1) โรคประจำตัวหรือโรคร่วม และ 2) การประเมินระดับความรู้สึกตัว
3. ข้อมูลด้านการได้รับสารที่บ่งชี้ของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 ข้อ ประกอบด้วย 1) บริเวณที่ได้รับสารที่บ่งชี้ 2) ชนิดของสารที่บ่งชี้ 3) ความเข้มข้นในการฉีดสารที่บ่งชี้ 4) ปริมาณในการฉีดสารที่บ่งชี้ และ 5) อัตราเร็วในการฉีดสารที่บ่งชี้

4. ข้อมูลการเกิดการรั่วซึมของสารที่บ่งชี้ออกนอกหลอดเลือดดำ จำนวน 5 ข้อ ประกอบด้วย 1) บริเวณที่เกิด 2) ชนิดของสารที่บ่งชี้ 3) ความเข้มข้นในการฉีดสารที่บ่งชี้ 4) ปริมาณในการฉีดสารที่บ่งชี้ และ 5) อัตราเร็วในการได้รับสารที่บ่งชี้ ซึ่งวินิจฉัยโดยรังสีแพทย์ภายในเวลา 1 ชั่วโมงหลังได้รับสารที่บ่งชี้ และบันทึกข้อมูลไว้ในแฟ้มปฏิบัติการการเกิดการรั่วซึมของสารที่บ่งชี้ออกนอกหลอดเลือดดำของหน่วยงาน

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์แพทย์สาขารังสีวิทยา 1 ท่าน แพทย์ผู้เชี่ยวชาญสาขารังสีวิทยา 2 ท่าน คำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ได้ค่าระหว่าง 0.67 – 1.00

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ทำการศึกษาหลังจากได้รับการรับรองจริยธรรมจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยโรงพยาบาลยะลา และทำหนังสือขออนุญาตผู้อำนวยการโรงพยาบาล เพื่อคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์ โดยค้นหารายชื่อผู้ป่วยที่เข้ารับการฉีดสารที่บ่งชี้ ณ โรงพยาบาลยะลา ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม 2566

2. การเลือกกลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

3. เก็บรวบรวมข้อมูลส่วนบุคคลโดยใช้โปรแกรม PAC ซึ่งเป็นโปรแกรมดูภาพถ่ายรังสี นำรายชื่อผู้ป่วยที่ได้ไปเปิดในโปรแกรม HosXP เพื่อเข้าถึงฐานข้อมูลผู้ป่วย ประวัติการรักษา การตรวจร่างกาย และผลตรวจทางห้องปฏิบัติการต่างๆ ส่วนแบบเก็บข้อมูล ใช้บันทึกเพียงรหัสเข้าร่วมการวิจัย ไม่มีการบันทึกชื่อผู้ป่วย เพื่อเป็นการรักษาความลับ และในตอนท้ายมีบันทึกผู้ลงข้อมูล และวันที่เก็บข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลพื้นฐานผู้ป่วย และอุบัติการณ์การเกิดการรื้อซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) โดยการวิเคราะห์หาแจกแจงความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2. การทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับการเกิดการรื้อซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ วิเคราะห์โดยใช้สถิติ ไค-สแควร์ (Chi – Square) หรือ Fisher' Exact test (ในกรณีที่ไม่เป็นไปตาม assumption ของ Chi-Square)

3. การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ข้อมูลระหว่างข้อมูลผู้ป่วยทั่วไป ข้อมูลเพศ อายุ โรคประจำตัว ระดับความรู้สึกตัว ชนิดและความเข้มข้น ปริมาณ อัตราเร็วที่ได้รับสารทึบรังสี กับการเกิดการรื้อซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ โดยใช้สถิติ Multiple regression analysis โดยกำหนด $p\text{-value} < 0.05$ นำเสนอด้วยค่า Odds ratio ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ผู้วิจัยทำการศึกษาลงหลังจากได้รับการรับรองจริยธรรมจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยโรงพยาบาลยะลา จังหวัดยะลา เลขที่ 14/2567

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ดังตาราง 1

ตาราง 1 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง (n=420)

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มศึกษา (n=18) จำนวน (ร้อยละ)	กลุ่มควบคุม (n=402) จำนวน (ร้อยละ)	p-value
เพศ			0.552
ชาย	7 (38.89)	185 (46.01)	
หญิง	11 (61.11)	217 (53.99)	
กลุ่มอายุ			0.596
≤ 44 ปี	2 (11.11)	96 (23.89)	
45 - 56 ปี	5 (27.78)	100 (24.88)	
57 - 64 ปี	6 (33.33)	99 (24.62)	
≥ 61 ปี	5 (27.78)	107 (26.61)	
(Minimum= 20, Maximum= 81, M= 54.37, S.D.=13.55)			
โรคร่วม			0.007
ปฏิเสธโรคประจำตัว	2 (11.11)	177 (44.03)	
โรคร่วม 1 โรค	11 (61.11)	118 (29.36)	
โรคร่วม 2 โรคขึ้นไป	5 (27.78)	107 (26.61)	
โรคประจำตัว			
โรคความดัน	8 (6.07)	124 (93.93)	0.471
โรคเบาหวาน	7 (8.54)	75 (91.46)	0.06

ตาราง 1 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มศึกษา (n=18) จำนวน (ร้อยละ)	กลุ่มควบคุม (n=402) จำนวน (ร้อยละ)	p-value
โรคหัวใจ	2 (3.23)	60 (96.77)	1
โรคมะเร็ง	5 (6.33)	74 (93.67)	0.352
โรคไต	0 (0.00)	12 (100.00)	1
โรคกระเพาะ	0 (0.00)	11 (100.00)	1
โรคผิวหนัง	0 (0.00)	1 (100.00)	1
โรคภูมิแพ้	0 (0.00)	6 (100.00)	1
ระดับความรู้สึกตัว			< 0.001
คะแนนทางระบบประสาท 13-15 คะแนน	3 (16.66)	339 (84.32)	
คะแนนทางระบบประสาท 9-12 คะแนน	7 (38.89)	34 (8.46)	
คะแนนทางระบบประสาท ≤8 คะแนน	8 (44.45)	29 (7.22)	
บริเวณที่ได้รับสารทึบรังสี			0.013
ข้อมือ	5 (27.78)	226 (56.22)	
หลังมือ	0 (0.0)	19 (4.73)	
ข้อพับแขน	13 (72.22)	117 (29.10)	
ข้อเท้า-หลังเท้า	0 (0.0)	8 (1.99)	
ระหว่างข้อมือถึงข้อศอก	0 (0.0)	32 (7.96)	
ชนิดและความเข้มข้นที่ได้รับสารทึบรังสี			0.019
Lopamiro 300	14 (77.78)	381 (94.78)	
Optiray 300	2 (11.11)	10 (2.49)	
Ultravist 370	2 (11.11)	11 (2.73)	
ปริมาณสารทึบรังสีที่ได้รับ			0.003
70-80 ml	3 (16.67)	228 (56.72)	
81-90 ml	12 (66.66)	145 (36.07)	
91-100 ml	3 (16.67)	29 (7.21)	
อัตราเร็วในการฉีด			0.005
2-2.5 ml/sec	17 (94.44)	248 (61.69)	
3-4.5ml/sec	1 (5.56)	154 (38.31)	

หมายเหตุ 1. โรคประจำตัว ได้แก่ โรคความดัน โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคมะเร็ง โรคไต โรคกระเพาะ โรคผิวหนัง และโรคภูมิแพ้ เป็นตัวแปรแยกรายโรคของแต่ละบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้วิธีการเก็บข้อมูลระบุเป็น 2 กลุ่ม คือ เป็นโรค/ไม่เป็นโรค และวิเคราะห์โดยใช้สถิติ ไค-สแควร์ (Chi – Square) หรือ Fisher' Exact test (ในกรณีที่ไม่เป็นไปตาม assumption ของ Chi-Square)

2. ตัวแปรโรคประจำตัว และตัวแปรบริเวณที่ได้รับสารทึบรังสี ไม่สามารถนำเสนอด้วยค่า Odds ratio ในตารางที่ 2 ได้ เนื่องจากข้อจำกัดของตัวแปรข้างต้นเมื่อทำการแบ่งเป็นกลุ่มศึกษา และกลุ่มควบคุม จะทำให้ระดับของตัวแปรมีจำนวนเป็น 0 ซึ่งไม่สามารถวิเคราะห์ Odds ratio ได้

จากตาราง 1 การศึกษาวิจัยครั้งนี้เก็บข้อมูลจากผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจวินิจฉัยด้วยสารทึบรังสี เข้าทางหลอดเลือดดำโดยมีจำนวนตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าและคัดออกทั้งสิ้น 420 ราย แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 402 ราย และกลุ่มศึกษา 18 ราย จากข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดพบว่า มากกว่าครึ่งหนึ่งเป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 54.37 (S.D.=13.55) ในการกำหนดช่วงอายุผู้วิจัยวัดการกระจายตัวของข้อมูล โดยการตรวจจับค่าผิดปกติด้วยค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile range) แล้วนำมาแปรเป็นผลสรุปกำหนดช่วงอายุ กลุ่มควบคุมส่วนใหญ่

ปฏิเสธโรคประจำตัว จำนวน 177 ราย (ร้อยละ 44.02) มีโรคประจำตัวและมีโรคร่วม 1 - 2 โรคขึ้นไป คือ โรคความดันโลหิตสูง จำนวน 124 ราย (ร้อยละ 93.93) รองลงมาเป็นโรคเบาหวาน 75 ราย (ร้อยละ 91.46) และ โรคเมะเร็ง 74 ราย (ร้อยละ 93.67)

การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับการเกิดการรื้อซึมของสารที่บ่งชี้ออกนอกหลอดเลือดดำ (Chi-Square) พบว่า โรคประจำตัว/โรคร่วม มีโอกาสการเกิดการรื้อซึมของสารที่บ่งชี้ออกนอกหลอดเลือดดำ อย่างมีนัยสำคัญ (p -value = 0.007) ระดับความรู้สีกตัว มีโอกาสการเกิดการรื้อซึมของสารที่บ่งชี้ออกนอกหลอดเลือดดำอย่างมีนัยสำคัญ (p -value < 0.001) ชนิดและความเข้มข้นที่ได้รับสารที่บ่งชี้ มีโอกาสการเกิดการรื้อซึมของสารที่บ่งชี้ออกนอกหลอดเลือดดำอย่างมีนัยสำคัญ (p -value = 0.019) ปริมาณสารที่บ่งชี้ที่ได้รับมีโอกาสการเกิดการรื้อซึมของสารที่บ่งชี้ออกนอกหลอดเลือดดำอย่างมีนัยสำคัญ (p -value = 0.003) และอัตราเร็วในการฉีด มีโอกาสการเกิดการรื้อซึมของสารที่บ่งชี้ออกนอกหลอดเลือดดำอย่างมีนัยสำคัญ (p -value = 0.005)

การศึกษานี้กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ได้รับสารที่บ่งชี้บริเวณข้อมือและข้อพับแขน ซึ่งบริเวณข้อพับแขนมี โอกาสการเกิดการรื้อซึมของสารที่บ่งชี้ออกนอกหลอดเลือดดำมากกว่าข้อมือ ส่วนปัจจัยด้านเพศ และอายุ ไม่มี โอกาสการเกิดการรื้อซึมของสารที่บ่งชี้ออกนอกหลอดเลือดดำ

2. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับการเกิดการรื้อซึมของสารที่บ่งชี้ออกนอกหลอดเลือดดำ ดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดการรื้อซึมของสารที่บ่งชี้ออกนอกหลอดเลือดดำ (n=420)

ปัจจัยส่วนบุคคล	Crude OR (95%CI)	Adj OR (95%CI)	p-value
เพศ			
ชาย	Ref		
หญิง	1.34 (0.51,3.53)	0.9 (0.22,3.66)	0.888
กลุ่มอายุ			
≤ 44 ปี	Ref		
45-56 ปี	2.4 (0.45,12.67)	0.88 (0.1,7.57)	0.906
57-64 ปี	2.91 (0.57,14.77)	0.41 (0.03,5.12)	0.486
≥ 61 ปี	2.24 (0.43,11.83)	0.3 (0.02,4.22)	0.376
โรคประจำตัว/โรคร่วม			
ปฏิเสธโรคประจำตัว	Ref		
โรคร่วม 1 โรค	8.25 (1.8,37.89)	36.39 (3.38,391.85)	0.003
โรคร่วม 2 โรคขึ้นไป	4.14 (0.79,21.69)	11 (0.82,148.41)	0.071
ระดับความรู้สีกตัว			
คะแนนทางระบบประสาท 13-15 คะแนน	Ref		
คะแนนทางระบบประสาท 9-12 คะแนน	23.26 (5.75,94.12)	40.86 (6.12,272.64)	< 0.001
คะแนนทางระบบประสาท ≤8 คะแนน	31.17 (7.84,123.91)	57.25 (8.69,377.32)	< 0.001
ชนิดและความเข้มข้นที่ได้รับสารที่บ่งชี้			
Iopamiro 300	Ref		
Optiray 300	5.44 (1.09,27.21)	6.68 (0.62,72.01)	0.117
Ultravist 370	4.95 (1,24.47)	2.4 (0.16,35.09)	0.522
ปริมาณสารที่บ่งชี้ที่ได้รับ			
70 - 80 ml	Ref		
81 - 90 ml	6.29 (1.74,22.67)	4.74 (1.01,22.35)	0.049

ตาราง 2 (ต่อ)

ปัจจัยส่วนบุคคล	Crude OR (95%CI)	Adj OR (95%CI)	p-value
91 - 100 ml	7.86 (1.52,40.79)	18.74 (2.07,169.8)	0.009
อัตราเร็วในการฉีด			
2 - 2.5 ml/sec	Ref		
3 - 4.5ml/sec	0.09 (0.01,0.72)	0.1 (0.01,0.81)	0.031

จากตาราง 2 พบว่า ปัจจัยที่มีโอกาสการเกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำจากการฉีดสารทึบรังสี ได้แก่ โรคประจำตัว/โรคร่วม 1 โรค คือ โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคใดโรคหนึ่ง โดยพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีโรคร่วมอย่างน้อย 1 โรค มีโอกาสการเกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำเป็น 36.39 เท่า (95% CI: 3.38,391.85, $p=0.003$) กลุ่มตัวอย่างที่มีโรคร่วม 2 โรคขึ้นไป มีโอกาสการเกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำเป็น 11 เท่า (95%CI: 0.82,148.41, $p=0.071$) เมื่อเทียบกับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีโรคประจำตัว/โรคร่วมซึ่งไม่เกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำจากการฉีดสารทึบรังสี ส่วนปัจจัยด้านระดับความรู้สึกตัวของผู้ป่วยที่มีคะแนนทางระบบประสาท 9 - 12 คะแนน มีโอกาสการเกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำเป็น 40.86 เท่า (95% CI: 6.12,272.64, $p=0.001$) เมื่อเทียบกับผู้ป่วยที่มีคะแนน 13 - 15 คะแนน และผู้ป่วยที่มีคะแนนทางระบบประสาท ≤ 8 คะแนน มีโอกาสการเกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำเป็น 57.25 เท่า (95% CI : 8.69,377.32, $p=0.001$) และผู้ที่ได้รับปริมาณสารทึบรังสี 81-90 ml มีโอกาสการเกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำเป็น 4.74 เท่า (95% CI : 1.01,22.35, $p=0.049$) ของผู้ที่ได้รับปริมาณสารทึบรังสี 70 - 80 ml และผู้ที่ได้รับปริมาณสารทึบรังสี 91 - 100 ml มีโอกาสการเกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำเป็น 18.74 เท่า (95% CI : 2.07,169.8, $p=0.009$) ส่วนปัจจัยด้านอัตราเร็วในการฉีดสารทึบรังสี 3-4.5ml/sec มีโอกาสการเกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำเป็น 0.01 เท่า (95% CI : 0.01,0.81, $p=0.031$)

ปัจจัยด้านบริเวณที่ได้รับสารทึบรังสี พบว่าบริเวณข้อพับแขนมีโอกาการเกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ มากกว่าบริเวณข้อมือ แต่เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อย จึงทำให้ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างบริเวณที่ได้รับสารทึบรังสีกับปัจจัย ที่มีผลทำให้เกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ (Multivariate logistic regression) ได้ ส่วนเพศ อายุ ไม่มีโอกาสการเกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำจากการฉีดสารทึบรังสี

อภิปรายผล

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ ในผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ แผนกรังสีวิทยา โรงพยาบาลยะลา พบว่าผู้ป่วยที่มีโรคประจำตัว/โรคร่วม ได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคมะเร็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด ตามลำดับ พบการเกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำมากกว่ากลุ่มโรคอื่น ๆ สอดคล้องกับการศึกษาของ Pathomjaruwat (2017) ที่ศึกษาเรื่องการป้องกันและการจัดการกับการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อจากการรั่วของยาหรือสารน้ำจากการบริหารยาทางหลอดเลือดดำ พบว่าความผิดปกติของสภาพผิวและลักษณะของหลอดเลือดดำ พบได้ในบุคคลที่เป็นโรคต่าง ๆ เช่น กลุ่มอาการของโรคหลอดเลือดดำที่เรียกว่าคาวา (Superior vena cava syndrome) โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน จะทำให้การไหลเวียนโลหิตส่วนปลายเปลี่ยนแปลง เพิ่มแรงดันในการบีบตัวของหลอดเลือด ทำให้หลอดเลือดแดงตีบและความยืดหยุ่นของหลอดเลือดน้อยลง เมื่อมีการแทงหลอดเลือดเพื่อใหยาหรือสารน้ำ จึงอาจจะทำให้เกิดการระคายเคืองและบาดเจ็บของหลอดเลือดดำร่วมกับแรงดันที่เพิ่มขึ้นในหลอดเลือด ส่งผลให้เกิดการรั่วซึมของยาหรือสารน้ำออกนอกหลอดเลือดดำมากขึ้น

ในการศึกษานี้ยังพบว่า ผู้ป่วยที่เกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มผู้สูงอายุที่มีระดับความรู้สึกตัวลดลง คะแนนทางระบบประสาท ≤ 8 คะแนน ไม่สามารถสื่อสารได้ เนื่องจากพยาธิสภาพของโรคหรือจากการได้รับยาคลายกล้ามเนื้อหรือยานอนหลับ หรือเกิดจากโรคที่ทำให้การรับรู้ความรู้สึกของอวัยวะส่วนปลายลดลง ได้แก่โรคเบาหวาน โรคที่เกี่ยวข้องกับความผิดปกติของระบบประสาท (Peripheral neuropathy) กลุ่มผู้ป่วยโรคเมเร็ง พบการรั่วของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำมากที่สุด โดยเฉพาะผู้ป่วยโรคเมเร็งที่เคยได้รับยาเคมีบำบัด และโรคเมเร็งที่เคยได้รับการฉายรังสี ยาเคมีบำบัดส่งผลทำให้เกิดความผิดปกติของหลอดเลือดดำ เกิดการอักเสบขึ้น แรงดันในหลอดเลือดสูงผิดปกติ ทำให้ความเสี่ยงต่อการเกิดการรั่วของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Shaqdan, Aran, Thrall, & Abujudeh (2014) ที่ศึกษาอุบัติการณ์การรั่วซึมของสารทึบรังสีสำหรับ CT และ MRI ในศูนย์การแพทย์มหาวิทยาลัยขนาดใหญ่ พบว่า เมื่อมีการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ และผู้ป่วยไม่สามารถบอกความรู้สึกเจ็บปวดหรือระคายเคืองหลอดเลือดได้ ทำให้อาการหลอดเลือดดำอักเสบมีความรุนแรงมากขึ้น

ปัจจัยด้านชนิดและความเข้มข้นที่ได้รับสารทึบรังสี ปริมาณ และอัตราเร็วในการฉีดสารทึบรังสีในการศึกษานี้พบว่า ชนิดและความเข้มข้นของสารทึบรังสีมีผลทำให้เกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ โดยกลุ่มตัวอย่างที่มีภาวะรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำมากกว่าครึ่ง ส่วนใหญ่ได้รับสารทึบรังสีชนิด Iopamiro 300 (Iso-osmolar contrast media) ซึ่งมีความเข้มข้นใกล้เคียงกับเลือด แต่ไม่ทำให้เกิดความรุนแรงระดับมาก โดยความเข้มข้นของสารทึบรังสีมีผลต่อการเกิดความรุนแรงและภาวะแทรกซ้อนจากการรั่วซึม สำหรับปริมาณของสารทึบรังสีที่มากขึ้นยังทำให้มีผลต่อการเกิดภาวะรั่วซึมมากขึ้น นอกจากนี้การฉีดสารทึบรังสีด้วยเครื่องฉีดยาอัตโนมัติ ก็มีโอกาสทำให้เกิดภาวะรั่วซึมมากขึ้นเช่นกัน การศึกษานี้กลุ่มตัวอย่างได้รับการฉีดสารทึบรังสีโดยใช้เครื่องอัตโนมัติที่มีอัตราเร็วซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 2 - 2.5 มิลลิลิตร/วินาที ซึ่งการฉีดโดยใช้อัตราเร็วในการฉีดสูงขึ้น มีผลต่อการเกิดภาวะรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wienbeck, Fischbach, Kloska, Seidensticker, Osada, Heindel, et al. (2010) ที่ศึกษาภาวะแทรกซ้อนจากการฉีดสารทึบรังสีด้วยเครื่องฉีดยาบริเวณหลอดเลือดส่วนปลาย พบว่าการฉีดสารทึบรังสีด้วยอัตราที่สูงมีผลต่อการเกิดภาวะรั่วซึมของสารทึบรังสีนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับการศึกษาของ Hwang, Shin, Choi, Park, 2018; Roditi, Khan, van der Molen, Bellin, Bertolotto, Brismar, et al., 2022; Reynolds, MacLaren, Mueller, Fish, Kiser, 2014; Lewis, Merchan, Altshuler, Papadopoulos (2019) ที่ศึกษาพบว่าความเข้มข้นที่ได้รับสารทึบรังสี ปริมาณ และอัตราเร็วในการฉีดสารทึบรังสีเครื่องฉีดยาอัตโนมัติ มีโอกาสทำให้เกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำมากขึ้นเช่นกัน

ปัจจัยด้านบริเวณที่ได้สารทึบรังสี พบว่าบริเวณข้อพับแขนมีการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำมากที่สุด รองลงมาเป็นบริเวณข้อมือ สอดคล้องกับการศึกษาของ Pathomjaruwat (2017) ที่ศึกษาเรื่องการป้องกันและการจัดการกับการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อจากการรั่วของยาหรือสารน้ำจากการบริหารยาทางหลอดเลือดดำ พบว่า การเลือกตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม เช่น บริเวณข้อต่อหรือตำแหน่งใกล้ข้อพับต่าง ๆ ซึ่งจะต้องขยับตลอดเวลาทำให้มีโอกาสเสี่ยงที่จะทำให้เกิดการเสียดสีกับหลอดเลือดจนมีการบาดเจ็บ และมีผลทำให้เกิดการรั่วของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำได้ และสอดคล้องกับการศึกษาของ Alami, Nasri, Ahid, & Kacem, (2015); Mandlik, Prantl, & Schreyer (2019); Tao, Wichmann, Schoepf, Fuller, Lu, & Zhang (2016) และ Tonolini (2016) ที่ศึกษาพบว่า การใช้เข็มแทงหลอดเลือดดำบริเวณที่ไม่เหมาะสม การใช้เข็มที่มีขนาดยาวและใหญ่เกินไป ไม่พอดีกับความลึกของหลอดเลือด ทำให้เกิดการบาดเจ็บของหลอดเลือด จนเกิดการรั่วของยาหรือสารน้ำออกนอกหลอดเลือด โดยเฉพาะการใช้เครื่องฉีดยาอัตโนมัติ การฉีดควรระมัดระวังเป็นพิเศษ

ส่วนปัจจัยทางด้าน เพศ อายุ ในการศึกษานี้ไม่มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Ding, Meystre, Campeanu, & Gullo (2018) ที่ศึกษาเรื่องการซึมผ่านของสารทึบรังสีในผู้ป่วยที่เข้ารับการตรวจโดยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ โดยศึกษาพบว่าผู้หญิงที่เป็น

ผู้ป่วยอายุมากกว่า 60 ปี มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำ เพราะผู้สูงอายุมีหลอดเลือดค่อนข้างเปราะบางจากความเสื่อมตามวัย ความแตกต่างของการศึกษา อาจเนื่องจากการศึกษาครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนค่อนข้างน้อย หรือกลุ่มตัวอย่างมีการกระจายข้อมูลของเพศและอายุที่ไม่แตกต่างกันมาก

การนำผลการวิจัยไปใช้

1. เพื่อพัฒนาแนวทางป้องกันการรั่วซึมของสารทึบรังสี เช่น การเลือกบริเวณการฉีด การตรวจสอบตำแหน่งของสายฉีดก่อนเริ่มฉีด การเฝ้าระวังอาการผู้ป่วย
2. ใช้ข้อมูลจากวิจัยเพื่อออกแบบหลักสูตรอบรมเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ ให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงและแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสี
3. นำผลการวิจัยไปใช้ในการให้คำแนะนำผู้ป่วยเกี่ยวกับอาการที่ควรสังเกต และแนวปฏิบัติเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสี

ข้อจำกัดในการวิจัย

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้มีทีมบุคลากรและระยะเวลาในการศึกษาจำกัด ทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างค่อนข้างน้อย

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ในการทำการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปอาจจะเพิ่มจำนวนของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาหรือศึกษาแบบไปข้างหน้า เพื่อให้ได้ข้อมูลครบถ้วน สมบูรณ์ ในการประเมินปัจจัยเสี่ยงในทุก ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยด้านคุณลักษณะประชากร ปัจจัยด้านสารทึบรังสี ปัจจัยทางคลินิกของผู้ป่วย และปัจจัยด้านอื่น ๆ ที่มีความจำเพาะเพื่อให้ทราบปัจจัยการเกิดการรั่วซึมของสารทึบรังสีออกนอกหลอดเลือดดำได้ดียิ่งขึ้น

References

- Alami, Z., Nasri, S., Ahid, S., Kacem, H. H. (2015). Extravasation of contrast medium during CT examination: an observational case-control study. *Pan Afr Med J*, 20(89), 1-7.
- Bae, T. K. (2010). Intravenous contrast medium administration and scan timing at CT: considerations and approaches. *Radiology*, 256(1), 32-61.
- Beckett, R. K., Moriarty, K. A., & Langer, M. J. (2015). Safe Use of Contrast Media: What the Radiologist Needs to Know. *Radiographics*, 35(6), 1738-50.
- Belzunegui, T., Louis, J. C., Torrededea, L., & Oteiza, J. (2011). Extravasation of radiographic contrast material and compartment syndrome in the hand: a case report. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 19(9), 1-4.
- Ding, S., Meystre, R. N., Campeanu, C., & Gullo, G. (2018). Contrast media extravasations in patients undergoing computerized tomography scanning: a systematic review and meta-analysis of risk factors and interventions. *JBIR Database System Rev Implement Rep*, 16(1), 87-116.
- Hwang, J. E., Shin, I. C., Choi, H. Y., & Park, M. C. (2018). Frequency, outcome, and risk factors of contrast media extravasation in 142,651 intravenous contrast-enhanced CT scans. *Eur Radiol*, 28(12), 5368-5375.
- Lewis, T., Merchan, C., Altshuler, D., & Papadopoulos, J. (2019). Safety of the Peripheral Administration of Vasopressor Agents. *J Intensive Care Med*, 34(1), 26-33.
- Mandlik, V., Prantl, L., & Schreyer, G. A. (2019). Contrast Media Extravasation in CT and MRI - A Literature Review and Strategies for Therapy. *Rofo*, 191(1), 25-32.

- Pathomjaruwat, T. (2016). Impact of a Nursing Care Guideline on Prevention and Management of Extravasation. *Thailand and Nursing Midwifery Council*, 31(2), 81-95. (in Thai)
- Pathomjaruwat, T. (2017). Prevention and Management of Extravasation in Infusion Therapy. *Songklanagarind Journal of Nursing*, 37(2), 169-181. (in Thai)
- Reynolds, M. P., MacLaren, R., Mueller, W. S., Fish, N. D., & Kiser, H. T. (2014). Management of extravasation injuries: a focused evaluation of noncytotoxic medications. *Pharmacotherapy*, 34(6), 617-32.
- Roditi, G., Khan, N., van der Molen, A. J., Bellin, F. M., Bertolotto, M., Brismar, T., et al. (2022). Intravenous contrast medium extravasation: systematic review and updated ESUR Contrast Media Safety Committee Guidelines. *Eur Radiol*, 32(5), 3056-3066.
- Shagdan, K., Aran, S., Thrall, J., & Abujudeh, H. (2014). Incidence of contrast medium extravasation for CT and MRI in a large academic medical centre: a report on 502,391 injections. *Clin Radiol*, 69(12), 1264-72.
- Tao, M. S., Wichmann, L. J., Schoepf, J. U., Fuller, R. S., Lu, M. G., & Zhang, J. L. (2016). Contrast-induced nephropathy in CT: incidence, risk factors and strategies for prevention. *Eur Radiol*, 26(9), 3310-8.
- Tonolini, M. (2016). Contrast Medium Extravasation: The Importance of Radiographic Assessment. *Curr Probl Diagn Radiol*, 45(3), 236-7.
- Wienbeck, S., Fischbach, R., Kloska, P. S., Seidensticker, P., Osada, N., Heindel, W., et al. (2010). Prospective study of access site complications of automated contrast injection with peripheral venous access in MDCT. *AJR Am J Roentgenol*, 195(4), 825-9.
- Wilson, G. B. (2011). Contrast media-induced compartment syndrome. *Radiol Technol*, 83(1), 63-77.