วารสารวัณโรค โรคทรวงอก และเวชบำบัดวิกฤต
Thai Journal of Tuberculosis Chest Diseases and Critical Care

บททบทวนวารสาร
Review Article

การตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นสำหรับรอยโรคในปอดส่วนปลาย
Transbronchial Lung Cryobiopsy for Peripheral Pulmonary Lesion

จาตุรนต์ ภูเวียง พ.บ.*
อนันต์ วัฒนธรรม พ.บ.

**แพทย์ประจำบ้านต่อยอด*
แผนกโรคปอดและเวชบำบัดวิกฤต กองอายุรกรรม
โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า

บทนำ

การตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็น (cryobiopsy) “Cryo” มีรากศัพท์จากภาษากรีก “Kruos” หมายถึง “ความเย็นจัด” หรือ “น้ำแข็ง” การประยุกต์ใช้ความเย็นจัดทางการแพทย์ถูกนำมาใช้ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2511 โดย Gage AA[1] ในการรักษาเนื้องอกในหลอดลม โดยใช้สายจี้ความเย็นชนิดแข็ง ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาสายจี้ความเย็นชนิดสายอ่อน (flexible cryoprobe) ให้มีความสะดวกต่อการใช้งานมากขึ้น

การทำหัตถการส่องกล้องหลอดลมโดยใช้สายจี้ความเย็นมีการประยุกต์ใช้ได้ทั้งในแง่ของการวินิจฉัยโรค และการรักษาโรค ซึ่งแบ่งได้ดังนี้[2]

- เพื่อการวินิจฉัยโรค
  1. Endobronchial cryobiopsy
  2. Transbronchial lung cryobiopsy
  3. Transbronchial mediastinal cryobiopsy
  4. Pleural cryobiopsy
- เพื่อการรักษาโรค

1. Cryoablation เช่น การรักษากลุ่มโรคทางเดินหายใจส่วนกลางอุดตันจากมะเร็ง (malignant central airway obstruction) เป็นต้น

2. Cryoadhesion เช่น การนำสิ่งแปลกปลอมออกจากทางเดินหายใจ, การนำลิ่มเลือดออกจากทางเดินหายใจ เป็นต้น

บทความนี้มุ่งอธิบายหลักการ อุปกรณ์ และหลักฐานทางคลินิกของการตัดชิ้นเนื้อจากรอยโรคปอดส่วนปลาย ทั้งในแง่หลักการของการใช้ความเย็นในการตัดชิ้นเนื้อ อุปกรณ์ ข้อห้ามในการทำหัตถการ และหลักฐานเชิงประจักษ์ในปัจจุบัน

หลักการทำงาน

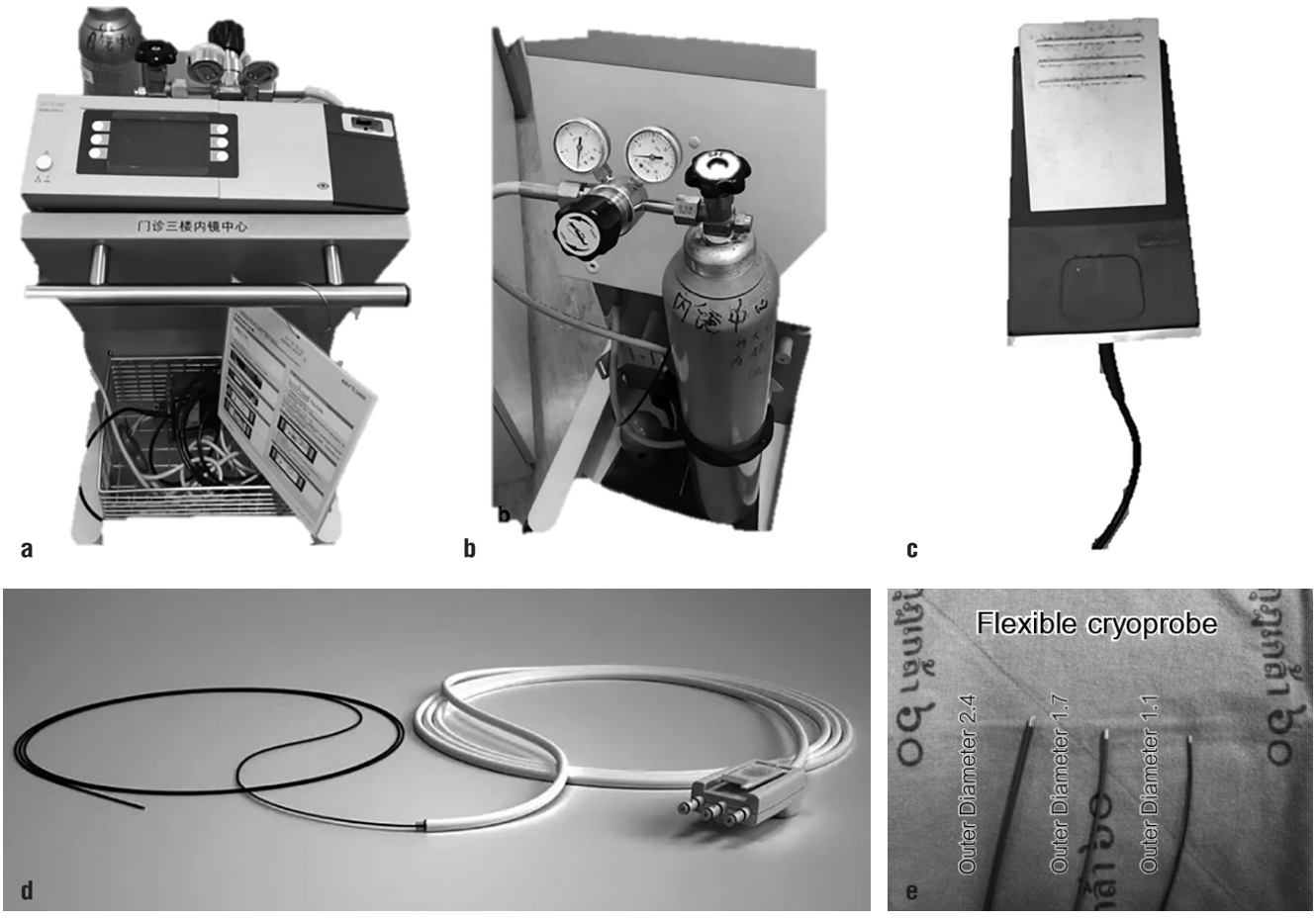
การตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นใช้หลักการสร้างความเย็นของ Joule-Thomson effect[2] ซึ่งกำหนดว่าก๊าซที่อัดไว้และปล่อยออกมาโดยที่มีการไหลอย่างรวดเร็วจะขยายตัวอย่างรวดเร็วและสร้างอุณหภูมิที่ต่ำมาก ซึ่งสารทำความเย็น (cryogen) ที่ใช้กันทั่วไปได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หรือไนตริกออกไซด์ (N_2O) ซึ่งถูกจ่ายภายใต้แรงดันสูง 45 บาร์ ผ่านทางช่องกลางของสายจี้เย็น และก่อให้เกิดความเย็นโดยรอบสายจี้เย็น ซึ่งจะมีความเย็นได้ถึง -80 ถึง -90 องศาเซลเซียส (-78.5 องศาเซลเซียส สำหรับคาร์บอนไดออกไซด์ และ -89 องศาเซลเซียส สำหรับไนตริกออกไซด์)

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่สำคัญในการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นประกอบด้วย สารทำความเย็น และอุปกรณ์ในการส่งความเย็น ดังรูปที่ 1

- สารทำความเย็น จะอยู่ในรูปของแก๊สเหลว บรรจุในถังความดัน โดยสารทำความเย็นที่นิยมใช้ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์, ไนตริกออกไซด์ หรือ ไนโตรเจนเหลว (ใช้สำหรับ cryospray)

รับไว้ตีพิมพ์ เมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2568



รูปที่ 1: ชุดอุปกรณ์สำหรับหัตถการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็น;
a) เครื่องจี้ความเย็นและแผงควบคุม
b) ถังความดันบรรจุสารทำความเย็น
c) แป้นเหยียบควบคุมการปล่อยสารความเย็น
d) และ e) สายจี้ เย็น

• อุปกรณ์ในการส่งความเย็น ได้แก่ ถังความดัน, แผงควบคุม (console), แป้นเหยียบควบคุมการปล่อยสารทำความเย็น (paddle), สายจี้เย็น

ข้อห้ามในการทำหัตถการ

สำหรับข้อห้ามในการทำหัตถการการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นไม่แตกต่างจากหัตถการการส่องกล้องหลอดลมและตัดชิ้นเนื้อด้วยคีมคีบทั่วไป (forceps) แต่เนื่องจากปัญหาแทรกซ้อนหลังการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นมักพบว่ามีโอกาสการเกิดเลือดออกได้บ่อย[3] ดังนั้นในกลุ่มผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการแข็งตัวของเลือดจึงควรได้รับการพิจารณาถึงความจำเป็นในการทำหัตถการ หรือการเลือกหัตถการชนิดอื่นที่มีโอกาสการเกิดภาวะเลือดออกน้อยกว่าการใช้สายจี้เย็น

1. ภาวะเกล็ดเลือดต่ำ น้อยกว่า 100,000-50,000 /มล.
2. การแข็งตัวของเลือดผิดปกติ เช่น ค่า INR > 1.5-2
3. รับประทานยาต้านการแข็งตัวของเลือด และ/หรือ ยาต้านเกล็ดเลือด ที่ไม่สามารถหยุดยาอย่างน้อย 3-5 วัน ก่อนทำหัตถการ

เทคนิคขั้นตอนการทำหัตถการ

การส่องกล้องหลอดลมเพื่อวินิจฉัยรอยโรคบริเวณส่วนปลายซึ่งมองไม่เห็นภายในหลอดลมโดยใช้เทคนิคการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นนั้น มีขั้นตอนดังนี้

- ก่อนทำหัตถการ

1. เตรียมผู้ป่วย: วัดสัญญาณชีพ ตรวจสอบข้อห้ามของการทำหัตถการ

2. เตรียมอุปกรณ์: กล้องส่องหลอดลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 4-4.9 มิลลิเมตร และอุปกรณ์มาตรฐานสำหรับการส่องกล้องหลอดลม, ชุดอัลตราซาวน์หลอดลม (radial-endobronchial ultrasound) และปลอกนำ (guide sheath), เครื่องจี้เย็นและสายจี้เย็นขนาด 1.1 มม., เครื่องฟลูออโรสโคป (fluoroscope)

3. ระบุตำแหน่งรอยโรค (mapping lesion/ bronchial branch tracing)

- ขณะทำหัตถการ

1. ส่องกล้องตรวจหลอดลมตามวิธีมาตรฐาน

2. เมื่อถึงบริเวณแขนงหลอดลมที่มีรอยโรคส่วนปลาย ให้ใช้อัลตราซาวด์หลอดลมและปลอกนำ เพื่อยืนยันตำแหน่งรอยโรค ร่วมกับการใช้เครื่องฟลูออโรสโคป

3. นำอัลตราซาวน์หลอดลมออกจากปลอกนำ โดยที่ให้ปลอกนำคาอยู่ในตำแหน่งเดิม

4. ใส่สายจี้เย็นขนาด 1.1 มม. ทางปลอกนำ และยืนยันตำแหน่งของปลายสายจี้เย็นด้วยเครื่องฟลูออโรสโคป

5. เหยียบแป้นเหยียบควบคุมฯ เพื่อปล่อยสารทำความเย็น โดยกำหนดระยะเวลาแช่แข็ง (freezing time) 3-6 วินาที

6. เมื่อครบเวลาที่กำหนด ให้ถอนกล้องส่องหลอดลม ปลอกนำ และสายจี้เย็นออกจากตัวผู้ป่วยพร้อมกัน (en-bloc)

7. นำปลายสายจี้เย็นที่มีชิ้นเนื้อติดอยู่ แช่ลงในน้ำเกลือ 0.9% เมื่อชิ้นเนื้อละลาย ให้นำชิ้นเนื้อใส่ลงในภาชนะบรรจุสารฟอร์มาลีน

8. นำกล้องส่องหลอดลมเข้าไปตรวจภายในหลอดลมอย่างรวดเร็ว เพื่อตรวจสอบภาวะเลือดออก ซึ่งหากมีภาวะเลือดออกให้ดำเนินการตามมาตรฐาน หากมีผู้ช่วยสามารถให้ผู้ช่วยนำกล้องส่องหลอดลมอีกตัวหนึ่งเข้าไปตรวจสอบภาวะเลือดออกแทน (two-scope technique)

- หลังทำหัตถการ

1. ประเมินความรู้สึกตัว ติดตามระดับสัญญาณชีพและระดับออกซิเจน

2. สังเกตภาวะผิดปกติ เช่น หายใจลำบาก เจ็บแน่นหน้าอก ซึมสับสน

3. เอกซเรย์ปอดเพื่อตรวจหาภาวะลมรั่วในช่องเยื่อหุ้มปอด

การตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นสำหรับรอยโรคในปอดส่วนปลาย

ในอดีตการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นสำหรับรอยโรคในปอดส่วนมากจำกัดอยู่ในกลุ่มผู้ป่วยโรคปอดอินเตอร์สติเชียล (Interstitial lung disease) จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2557 Schumann M และคณะ[4] ได้รายงานการใช้เทคนิคการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นสำหรับรอยโรคปอดส่วนปลายด้วยสายจี้เย็นขนาด 1.7 มม. โดยเปรียบเทียบกับการตัดชิ้นเนื้อด้วยคีมคีบในผู้ป่วยจำนวน 39 ราย ที่มีขนาดรอยโรคบริเวณปอดส่วนปลายขนาดไม่เกิน 40 มม. พบว่าสามารถเข้าถึงรอยโรคของผู้ป่วยได้ 31 ราย ผลการวินิจฉัยโดยรวมเท่ากับร้อยละ 60.5 และเมื่อพิจารณาเฉพาะรายที่สามารถเข้าถึงรอยโรคได้ 31 ราย พบว่าผู้ป่วย 19 ราย สามารถวินิจฉัยได้จากทั้งการตัดชิ้นเนื้อโดยใช้คีมคีบและใช้สายจี้เย็น ในขณะที่ผู้ป่วย 4 รายสามารถวินิจฉัยได้จากการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นเท่านั้น จากข้อมูลดังกล่าว การตัดชิ้นเนื้อด้วยคีมคีบจะให้ผลการวินิจฉัยอยู่ที่ร้อยละ 61.3 และการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นให้ผลการวินิจฉัยที่ร้อยละ 74.2 ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สะท้อนแนวโน้มของประสิทธิภาพการวินิจฉัยที่เพิ่มขึ้น ในแง่ของขนาดชิ้นเนื้อที่ได้จากการตัดชิ้นเนื้อในแต่ละแบบ พบว่า การตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นมีขนาดชิ้นเนื้อที่ได้เท่ากับ 11.17 ตร.มม. ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับขนาดของชิ้นเนื้อที่ได้จากการตัดด้วยคีมคีบ (4.69 ตร.มม.) โดยจากการ

ศึกษานี้ไม่พบผลแทรกซ้อนที่รุนแรงทั้งภาวะเลือดออกและภาวะลมรั่วในช่องเยื่อหุ้มปอด

ปัจจุบันมีการพัฒนาอุปกรณ์สายจี้เย็นชนิดใช้ครั้งเดียวที่มีขนาดเล็ก ขนาด 1.1 มม. ซึ่งมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน และสามารถใช้ร่วมกับปลอกนำขนาด 11.95 มม.และใช้กับกล้องส่องหลอดลมที่มีขนาดของช่องใส่อุปกรณ์ (working channel) ขนาด 2.0 มม.ได้ ทำให้การตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นแพร่หลายมากขึ้น และขยายขอบเขตการใช้งานไปสู่การตัดชิ้นเนื้อสำหรับรอยโรคในปอดส่วนปลายมากขึ้น โดย Ben BS และคณะ[5] ได้ทำการศึกษาแบบไปข้างหน้า (prospective cohort study) ในปี พ.ศ. 2563-2565 ในผู้ป่วย 45 ราย โดยศึกษาผลการวินิจฉัยรอยโรคในปอดส่วนปลายจากการส่องกล้องหลอดลมร่วมกับการใช้อัลตราซาวน์หลอดลม โดยใช้เข็มดูดเซลล์ผ่านหลอดลม (transbronchial needle aspiration) ร่วมกับการตัดชิ้นเนื้อด้วยคีมคีบ และการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นโดยใช้สายจี้เย็นขนาด 1.1 มม. ผลการศึกษาพบว่าผลการวินิจฉัยโดยรวมเท่ากับร้อยละ 93 (42/45 ราย) โดยในจำนวนนี้พบว่าการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นสามารถวินิจฉัยโรคได้เพิ่มจากการใช้เข็มดูดเซลล์ผ่านหลอดลมและการตัดชิ้นเนื้อด้วยคีมคีบถึง 6 ราย (ร้อยละ 13) สำหรับผลแทรกซ้อนจากการทำหัตถการพบว่าไม่มีภาวะเลือดออกที่ต้องได้รับการรักษาเพิ่มเติม และไม่พบภาวะลมรั่วในช่องเยื่อหุ้มปอด จากการศึกษาดังกล่าวจึงสรุปได้ว่าการใช้เทคนิคการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นด้วยสายจี้เย็นขนาด 1.1 มม. ร่วมกับการใช้เข็มดูดเซลล์ผ่านหลอดลมและการตัดชิ้นเนื้อด้วยคีมคีบ สามารถเพิ่มผลการวินิจฉัยรอยโรคในปอดส่วนปลายได้ โดยไม่มีภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญ

สำหรับรอยโรคปอดส่วนปลายที่มีลักษณะเป็นฝ้าขาว (ground-glass lesion) พบว่าการใช้เทคนิคการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นให้ผลการวินิจฉัยที่มากกว่าการใช้คีมคีบอย่างมีนัยสำคัญ

ข้อได้เปรียบของการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้คีมคีบ คือ สามารถได้ชิ้นเนื้อขนาดใหญ่กว่า และลดการเกิด crush artifact ทำให้ชิ้นเนื้อสามารถคงรูปร่างของเนื้อเยื่อได้สมบูรณ์ อีกทั้งสายจี้เย็นสามารถเก็บเนื้อเยื่อของรอยโรคได้แม้สายจี้เย็นจะอยู่ชิดกับรอยโรค หรือกรณีที่รอยโรคจากภาพอัลตราซาวน์หลอดลมเป็นแบบชิดกับรอยโรคหรือติดกับรอยโรค (adjacent or eccentric) เนื่องจากสายจี้เย็นสามารถตัดชิ้นเนื้อโดยรอบของสายจี้เย็นได้แบบ 360 องศา ซึ่งแตกต่างจากคีมคีบ[6-7] ซึ่งจากการศึกษาของ Sumi T และคณะ[8] พบว่าการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นโดยใช้สายจี้เย็นขนาด 1.1 มม. กรณีที่รอยโรคจากภาพอัลตราซาวน์หลอดลมเป็นแบบชิดกับรอยโรค มีผลการวินิจฉัยเท่ากับร้อยละ 69.6 และร้อยละ 39.1 เมื่อใช้คีมคีบตัดชิ้นเนื้อ ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งการใช้สายจี้เย็นขนาด 1.1 มิลลิเมตร สามารถให้การวินิจฉัยรอยโรคในปอดส่วนปลายได้มากถึงร้อยละ 90 นอกจากนี้การใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น เทคนิคช่วยนำทางด้วย electromagnetic navigation bronchoscopy, virtual bronchoscopy navigation, กล้องส่องหลอดลมขนาดเล็ก (ultrathin bronchoscope), อัลตราซาวน์หลอดลม เป็นต้น จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและผลการวินิจฉัยการส่องกล้องหลอดลม ทั้งนี้ผลการวินิจฉัยยังแตกต่างกันตามแต่ละการศึกษา

สำหรับภาวะแทรกซ้อนเมื่อใช้สายจี้เย็น จากการศึกษาของ Syrma PB และคณะ[17] พบว่าส่วนมากพบเพียงภาวะเลือดออกขั้นไม่รุนแรง และภาวะแทรกซ้อนรุนแรงพบเพียงร้อยละ 1.8 ซึ่งในการศึกษานี้ส่วนมากใช้สายจี้เย็นขนาด 1.4-1.7 มิลลิเมตร และในตารางที่ 2 แสดงภาวะแทรกซ้อนจากการศึกษาที่ใช้สายจี้เย็นขนาด 1.1 มม. โดยส่วนใหญ่พบเพียงภาวะเลือดออกขั้นเล็กน้อยถึงปานกลาง และพบภาวะลมรั่วในช่องเยื่อหุ้มปอดร้อยละ 0-5

ข้อได้เปรียบอีกประการหนึ่งของการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นคือสามารถให้ปริมาณเนื้อเยื่อเพียงพอต่อการตรวจวิเคราะห์ในระดับโมเลกุล และการสกัดสารพันธุกรรม (DNA และ RNA) เนื่องจากชิ้นเนื้อมีขนาดใหญ่ และมีคุณภาพที่ดีกว่าชิ้นเนื้อเยื่อที่ได้จากการตัดโดยใช้คีมคีบ[18] จากการศึกษาของ Udagawa H และคณะ[19] แสดงให้เห็นว่าการถอดลำดับพันธุกรรมทั้งจีโนม (whole genome sequencing) จากเนื้อเยื่อที่ได้จากการตัดชิ้นเนื้อด้วยความ

ตารางที่ 1. ผลการวินิจฉัยโดยใช้สายจี้เย็นขนาด 1.1 มม. ในการตัดชิ้นเนื้อสำหรับรอยโรคในปอดส่วนปลาย

Study, year	Design	Cyroprobe	n	Freezing time (sec)	Diagnostic yield (%)		
					Cyobiopsy	Forceps biopsy	Combined
Benn BS et al. 2022 [5]	Prospective	1.1-mm	42	4	**60**	60	82.2
Oki M et al. 2023 [9]	Prospective	1.1-mm	50	8 (4-13)	**54**	62	74
Kim SH et al. 2023 [10]	Retrospective	1.1-mm	110	6-8	**65.5**	60.9	79.1
Kim SH et al. 2023 [11]	Prospective	1.1-mm	50	6	**90**	-	-
Chung C et al. 2023 [12]	Retrospective	1.1-mm	199	4-8	**84.4**	65.3	91.5
Nakai T et al. 2023 [13]	Retrospective	1.1-mm	113	2-3	**82.3**	70.8	85.8
Sun X et al. 2024 [14]	Retrospective	1.1-mm	133	4	**39.1**	24.1	44.4
Hasselbring F et al. 2024 [15]	Prospective	1.1-mm	35	3-7	**71.4**	-	-
Sumi T et al. 2024 [8]	Retrospective	1.1-mm	66	5-7	**80.3**	62.1	81.8
Steinack C et al. 2025 [16]	Randomized trial	1.1-mm	29	10-12	**69**	44.8	75.9

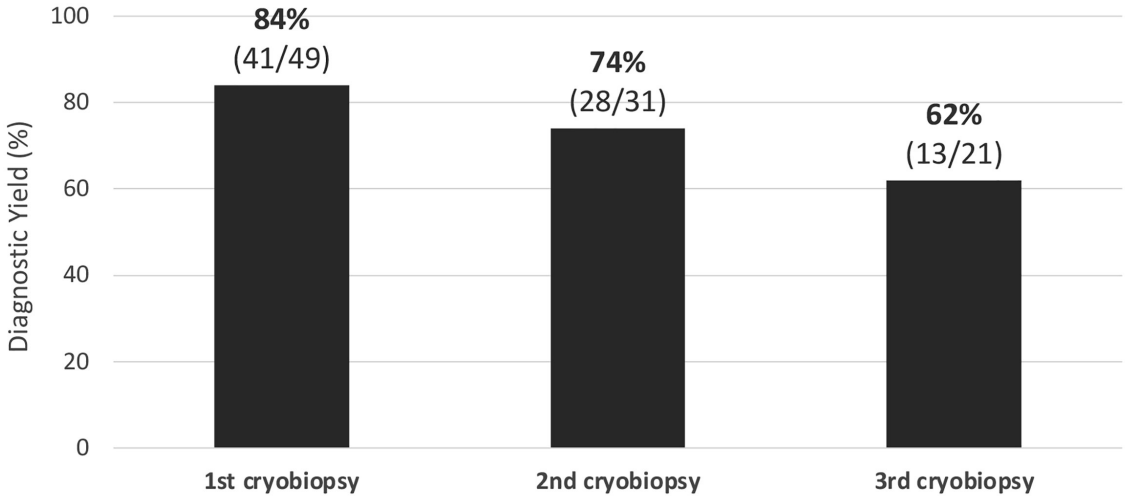
ตารางที่ 2. ภาวะแทรกซ้อนของการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นด้วยสายจี้เย็นขนาด 1.1 มม. สำหรับรอยโรคในปอดส่วนปลาย

Study, year	Design	n	Pneumothorax	Bleeding severity (grade)				
				0	1	2	3	4
Benn BS et al. 2022 [5]	Prospective	42	0	100		0	0	0
Oki M et al. 2023 [9]	Prospective	50	0	6	94	0	0	0
Kim SH et al. 2023 [10]	Retrospective	110	1	N/A	N/A	4	5	0
Kim SH et al. 2023 [11]	Prospective	50	0	18	56	26	0	0
Chung C et al. 2023 [12]	Retrospective	199	5.5	44.8	40.2	15	0	0
Nakai T et al. 2023 [13]	Retrospective	113	1.8	92	7.1	0.9	0	0
Sun X et al. 2024 [14]	Retrospective	133	0	71.4	28.6	0	0	0
Hasselbring F et al. 2024 [15]	Prospective	35	2.9	71.4	17.1	11.4	0	0
Sumi T et al. 2024 [8]	Retrospective	66	0	3	51.5	39.4	6.1	0
Steinack C et al. 2025 [16]	Randomized trial	29	0	89.7	10.3	0	0	0

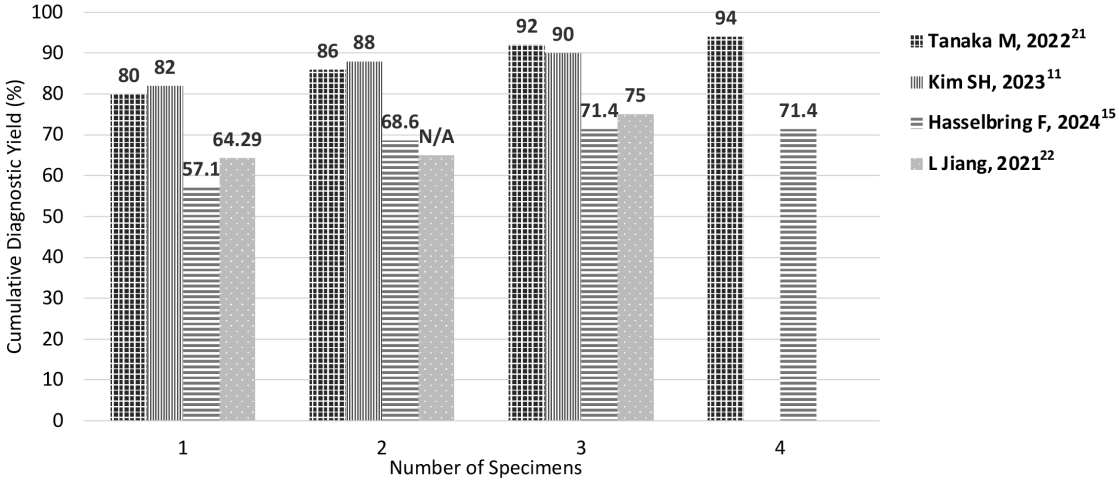
เย็นประสบความสำเร็จถึงร้อยละ 90 เมื่อเทียบกับเนื้อเยื่อที่ได้จากการตัดชิ้นเนื้อด้วยคีมคีบที่ประสบความสำเร็จเพียงร้อยละ 15

อย่างไรก็ตามเทคนิคการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นยังขาดมาตรฐานของเทคนิคทั้งในแง่ของข้อบ่งชี้ เช่น ลักษณะและขนาดของรอยโรคในปอดส่วนปลายที่เหมาะสม การใช้อุปกรณ์เสริมเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับภาวะเลือดออก เช่น การใช้ bronchial blocker ขนาดของสายจี้เย็น ระยะเวลาการแช่แข็ง จำนวนครั้งในการตัดชิ้นเนื้อที่เหมาะสม รวมไปถึงระดับความเชี่ยวชาญหรือประสบการณ์ที่ยอมรับได้ของผู้ปฏิบัติ โดยจากข้อมูลการศึกษาระบุว่า ผู้ปฏิบัติควรมีประสบการณ์ปฏิบัติอย่างน้อย 20-30 ราย เพื่อให้ได้ระดับ

ความชำนาญที่ยอมรับได้[19-20] จากการศึกษาของ Kim SH และคณะ[10] พบว่าการใช้สายจี้เย็นขนาด 1.1 มิลลิเมตรในการวินิจฉัยรอยโรคในปอดส่วนปลาย โดยจำแนกเป็นรายครั้งที่ทำการตัดชิ้นเนื้อ ผลการวินิจฉัยในการตัดชิ้นเนื้อครั้งที่ 1 ให้ผลที่สูงที่สุด และรองลงมาเป็นครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 1 และหากพิจารณาผลการวินิจฉัยแบบสะสม (cumulative diagnostic yield) ตามจำนวนชิ้นเนื้อจากการตัดด้วยความเย็น พบว่าการตัดชิ้นเนื้อครั้งที่ 2 และ 3 ให้การวินิจฉัยเพิ่มเติมอีกร้อยละ 6 และร้อยละ 2 ตามลำดับ จากผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Tanaka M และคณะ[21] ซึ่งการตัดชิ้นเนื้อครั้งที่ 2 และ 3 ให้ผลการวินิจฉัยสะสมเพิ่มเติมอีกร้อยละ 6 และ ร้อยละ 6 ตามลำดับ ตามแผนภูมิที่ 2 ดังนั้นการตัดชิ้นเนื้อครั้งที่ 1 เป็นครั้งที่สำคัญที่สุด แต่อย่างไรก็ตามยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมถึงจำนวนครั้งที่เพียงพอ และเป็นมาตรฐานสำหรับการวินิจฉัยรอยโรคในปอดส่วนปลาย



แผนภูมิที่ 1. ผลการวินิจฉัยรอยโรคในปอดส่วนปลายโดยการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็น (จำแนกเป็นรายครั้ง); ดัดแปลงจากเอกสารอ้างอิง Kim SH et al.[11]



แผนภูมิที่ 2: ผลการวินิจฉัยแบบสะสมของการตัดชิ้นเนื้อด้วยความเย็นสำหรับรอยโรคในปอดส่วนปลาย

สรุป

การส่องกล้องหลอดลมร่วมกับการตัดชิ้นเนื้อโดยใช้ความเย็น เป็นวิธีการส่องกล้องหลอดลมที่มีประโยชน์ สามารถได้ชิ้นเนื้อที่มีขนาด พื้นที่ผิว และคุณภาพของชิ้นเนื้อดีกว่าการส่องกล้องหลอดลมร่วมกับการตัดชิ้นเนื้อด้วยคีมคีบ สามารถช่วยเพิ่มอัตราการวินิจฉัยโรคได้มากขึ้น โดยเฉพาะโรคมะเร็งปอด ซึ่งจะนำไปสู่การรักษามะเร็งปอดในระยะแรกที่มีผลต่ออัตราการรอดชีวิตที่สูง แต่ด้วยภาวะแทรกซ้อนในแง่ของภาวะเลือดออกที่มากกว่าการตัดชิ้นเนื้อโดยการใช้คีมคีบ อีกทั้งในปัจจุบันยังไม่มีแนวทางหรือมาตรฐานที่ชัดเจนในการทำหัตถการดังกล่าวทำให้แพทย์ผู้ปฏิบัติจะต้องมีประสบการณ์หรือความเชี่ยวชาญที่ยอมรับได้

เอกสารอ้างอิง

1. Gage AA. Cryotherapy for cancer. In: Rand R, Rinfret A, Von Leden H, editor. Cryosurgery. Springfield, IL: Charles C. Thomas, 1968; p.376-87.
2. Herth FJ, Shah PL, Gompelmann D. Interventional pulmonology (ERS monograph). Sheffield, Eur Respir J 2017.
3. Tang Y, Tian S, Chen H, *et al*. Transbronchial lung cryobiopsy for peripheral pulmonary lesions. A narrative review. Pulmonology 2024; 30:475-84.
4. Schuhmann M, Bostanci K, Bugalho A, *et al*. Endobronchial ultrasound-guided cryobiopsies in peripheral pulmonary lesions: a feasibility study. Eur Respir J. 2013; 43:233-9.
5. Benn BS, Gmehlin CG, Kurman JS, Doan J. Does transbronchial lung cryobiopsy improve diagnostic yield of digital tomosynthesis-assisted electromagnetic navigation guided bronchoscopic biopsy of pulmonary nodules? A pilot study. Respir Med 2022; 202:106966.
6. Rodrigues I, Gomes RE, Coutinho LM, *et al*. Diagnostic yield and safety of transbronchial lung cryobiopsy and surgical lung biopsy in interstitial lung diseases: a systematic review and meta-analysis. Eur Respir Rev 2022; 31:210280.
7. Ravaglia C, Poletti V. Transbronchial lung cryobiopsy for the diagnosis of interstitial lung diseases. Curr Opin Pulm Med 2022; 28:9-16.
8. Sumi T, Yamada Y, Koshino Y, *et al.* Transbronchial cryobiopsy for small peripheral pulmonary lesions using endobronchial ultrasonography and an ultrathin bronchoscope. Respir Investig 2024; 62:77-84.
9. Oki M, Saka H, Kogure Y, *et al.* Ultrathin bronchoscopic cryobiopsy of peripheral pulmonary lesions. Respirology 2023; 28:143-51.
10. Kim SH, Mok J, Jo EJ, *et al.* The additive impact of transbronchial cryobiopsy using a 1.1-mm diameter cryoprobe on conventional biopsy for peripheral lung nodules. Cancer Res Treat 2023; 55:506-12.
11. Kim SH, Mok J, Kim S, *et al.* Clinical outcomes of transbronchial cryobiopsy using a 1.1-mm diameter cryoprobe for peripheral lung lesions-a prospective pilot study. Respir Med 2023; 217:107338.
12. Chung C, Kim Y, Lee JE, Kang DH, Park D. Diagnostic value of transbronchial lung cryobiopsy using an ultrathin cryoprobe and guide sheath for peripheral pulmonary lesions. J Bronchology Interv Pulmonol 2024; 31:13-22.
13. Nakai T, Watanabe T, Kaimi Y, *et al*. Diagnostic utility and safety of non-intubated cryobiopsy technique using a novel ultrathin cryoprobe in addition to conventional biopsy techniques for

peripheral pulmonary lesions. Respir 2023; 102: 503-14.

14. Sun X, Chen H, Li S, *et al*. Value of ultrathin bronchoscope in improving the endobronchial ultrasound localization rate and diagnosing peripheral pulmonary nodules by cryobiopsy. BMC Pulmonary Med 2024; 24:439.
15. Hasselbring F, Herth FJ, Kriegsmann M, Kriegsmann K, Eberhardt R. Transbronchial cryobiopsy using the ultrathin 1.1-mm cryoprobe with ultrathin bronchoscopy under radial endobronchial ultrasound guidance for diagnosis of peripheral pulmonary lesions. Respiration. 2024;103:268-74.
16. Steinack C, Rüschoff JH, Roeder M, *et al*. Diagnosis of peripheral pulmonary lesions using forceps and 1.1-or 1.7-mm cryoprobes: a randomised trial. Respiration 2025; 104:603-14.
17. Sryma PB, Mittal S, Madan NK, *et al*. Efficacy of radial endobronchial ultrasound (R-EBUS) guided transbronchial cryobiopsy for peripheral pulmonary lesions (PPL's): a systematic review and meta-analysis. Pulmonology 2023; 29:50-64.
18. Arimura K, Tagaya E, Akagawa H, *et al*. Cryobiopsy with endobronchial ultrasonography using a guide sheath for peripheral pulmonary lesions and DNA analysis by next generation sequencing and rapid on-site evaluation. Respir Investig 2019; 57:150-6.
19. Udagawa H, Kirita K, Naito T, *et al*. Feasibility and utility of transbronchial cryobiopsy in precision medicine for lung cancer: prospective single-arm study. Cancer Sci 2020; 111:2488-98.
20. Ankudavicius V, Miliauskas S, Poskiene L, Vajauskas D, Zemaitis M. Diagnostic yield of transbronchial cryobiopsy guided by radial endobronchial ultrasound and fluoroscopy in the radiologically suspected lung cancer: a single institution prospective study. Cancers (Basel) 2022;14:1563.
21. Tanaka M, Matsumoto Y, Imabayashi T, Kawahara T, Tsuchida T. Diagnostic value of a new cryoprobe for peripheral pulmonary lesions: a prospective study. BMC Pulm Med 2022; 22:226.
22. Jiang L, Xu J, Liu C, *et al*. Diagnosis of peripheral pulmonary lesions with transbronchial lung cryobiopsy by guide sheath and radial endobronchial ultrasonography: a prospective control study. Canadian Respir J 2021; 2021:6947037.