

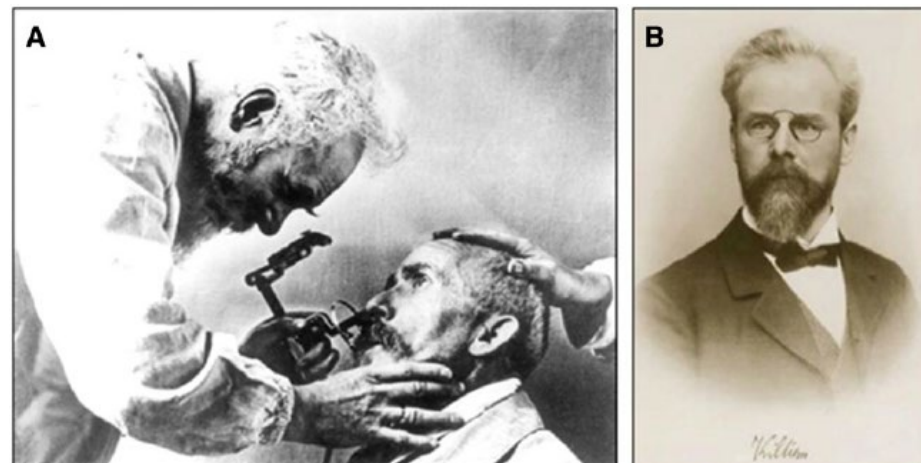
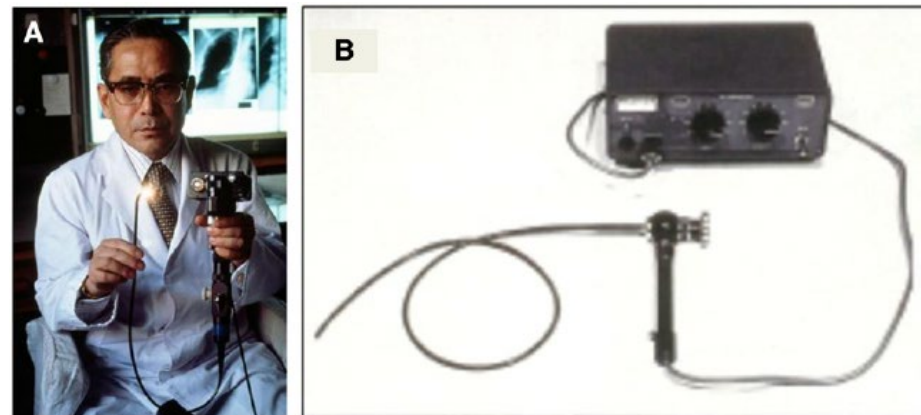
介入性氣管鏡概論

台北馬偕紀念醫院

胸腔內科 施慧瑄醫師

支氣管鏡的由來

- 首例介入性支氣管鏡檢查（亦稱治療性支氣管鏡檢查），由德國喉科醫師古斯塔夫.基利安 ([Gustav Killian](#)) 在1897 年使用硬式支氣管鏡完成，當時是為了幫病人移除卡在右主支氣管中的豬骨頭。
- 1967年，池田重人(Shigeto Ikeda)發明了纖維(軟式)支氣管鏡，徹底革新了支氣管鏡領域。



介入性氣管鏡簡介

- 介入性支氣管鏡檢查是一種微創處置(minimally invasive procedure)，使用支氣管鏡插入氣管與支氣管，用於診斷和治療呼吸系統疾病。
- 該技術已從最初用於取出異物發展到如今，利用先進的工具和技術，為肺癌、慢性阻塞性肺病、氣喘和氣道狹窄等疾病提供廣泛的治療與緩解嚴重症狀、改善功能。
- 這使得腫瘤切除、支架置入和藥物傳輸成為可能，而且通常可以在門診完成。

介入性支氣管鏡檢查的關鍵要素

- **微創**：手術無需切開皮膚，只需將支氣管鏡經鼻或口插入肺部即可。
- **雙重用途**：它既是診斷工具，用於識別問題，也是治療工具。
- **先進的工具和技術**：該領域使用多種工具和方法，包括硬式或軟式支氣管鏡、冷凍療法、雷射療法和光動力療法。
- **技術進步**：現代技術包括使用支氣管內超音波 (EBUS)、電磁導航 (ENB)、虛擬實境導航 (VRN)、支氣管鏡機器人來提高周圍肺結節的診斷率。
- **應用廣泛**：肺癌、氣喘與慢性阻塞性肺病、氣道狹窄、良性腫瘤
- **專業護理**：由於這些手術的複雜性，通常需要專業的麻醉和訓練有素的醫護人員。

介入性支氣管鏡的應用

- 肺癌：診斷(EBUS、EBN、VBN)、腫瘤減瘤(debulking)、置入支架以緩解氣道阻塞，冷凍療法、電燒等治療方法。
- 慢性阻塞性肺病 (COPD) 和氣喘：支氣管鏡熱蒸氣消融術(BTVA)、放置氣道瓣膜
- 氣道狹窄：採用球囊擴張、熱切開和支架置入等技術來疏通狹窄的氣道。
- 良性病變：切除良性阻塞物並治療其他良性氣道問題。

肺癌的應用

- 成功的介入性支氣管鏡手術不僅能緩解嚴重症狀，還能改善患者的功能狀態 (尤其是無法接受手術的患者)，為後續的多模式治療鋪路，從而延長存活的可能性
- 惡性中央氣道阻塞 (malignant central airway obstruction)
- 中央氣道的小腫瘤 (small tumors in central airways)
- 周邊肺小結節或腫瘤 (small peripheral tumors)

惡性中央氣道阻塞 (CAO) - 盛行率、症狀與預後

- 肺癌導致的中央氣道阻塞 (CAO) 確切頻率尚不清楚，但估計約為30%。在一項研究中，三分之一的新診斷肺癌患者有可見的支氣管內腫瘤，13%在診斷時已有CAO。
- CAO 的主要症狀包括呼吸困難、運動能力下降和咳嗽。20-30%的肺癌患者會出現與CAO相關的併發症，如肺塌陷、肺炎和肋膜積液
- 患有CAO的肺癌患者與沒有CAO的患者相比，存活時間顯著縮短，並可能因緩慢窒息而痛苦死亡。
- 及時的介入治療可以顯著影響許多患者的存活率。研究顯示，接受支氣管鏡雷射再通術治療的患者，7個月存活率為60%，1年存活率為28%；而未治療組在7個月時無人存活。
- 接受治療性支氣管鏡手術並繼續接受全身性治療的患者，其預後與無CAO的相似患者相當。

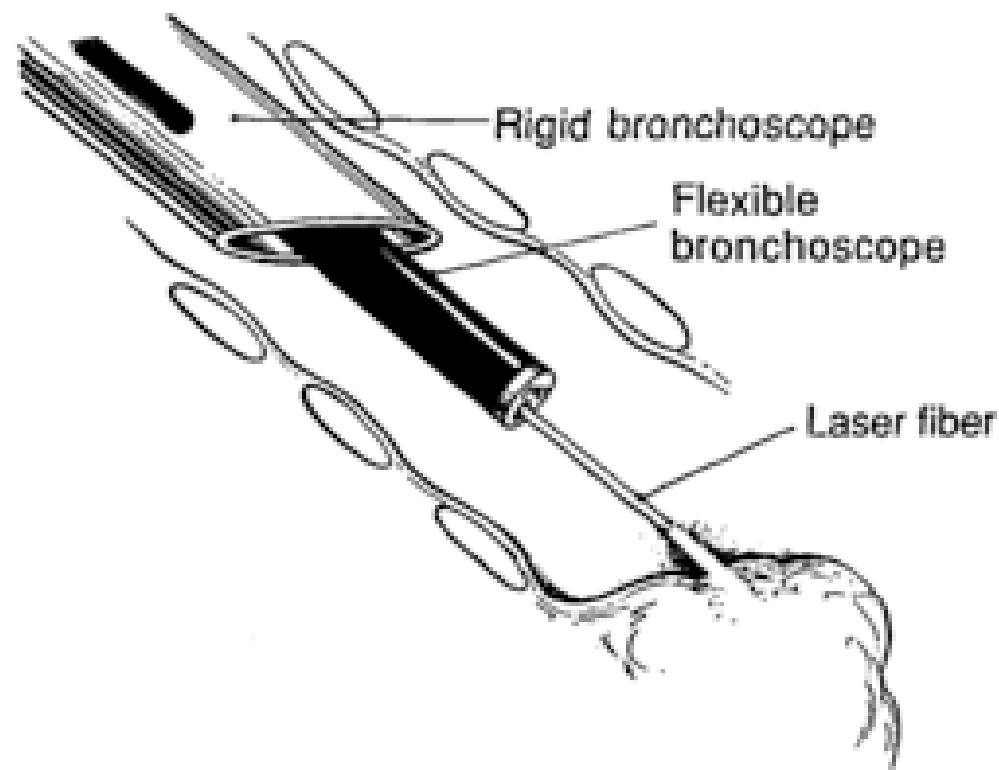
治療方法的選擇

- 中央氣道阻塞的治療方法選擇取決於阻塞的位置、程度和類型（腔內、外在壓迫或混合型）。
- 若為腔內阻塞，可使用熱或冷消融方法移除腫瘤組織，達到立即改善症狀的效果。
- 外在壓迫則可選擇擴張和支架置放。在呼吸窘迫的情況下，應選擇能立即見效的方法

	立即見效	延遲見效
腔內腫瘤	雷射、電燒/氬氣電漿凝固、冷凍摘除 (cryoextraction)、機械性切除	冷凍治療、光動力療法、近接治療 (brachytherapy)、體外放射治療
腔外壓迫	擴張及支架置放	體外放射治療

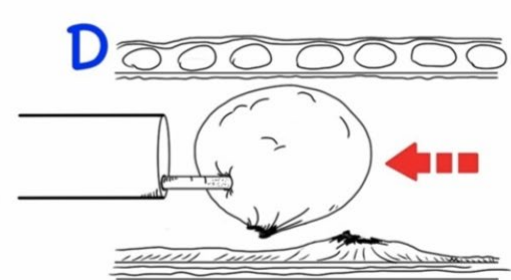
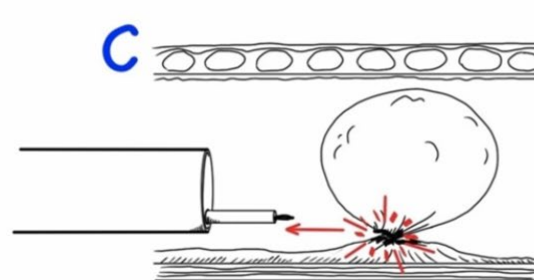
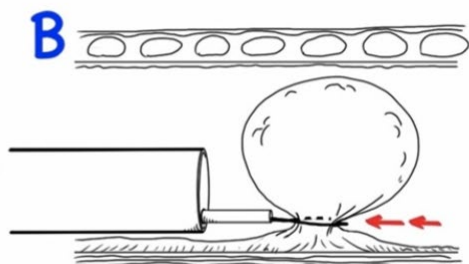
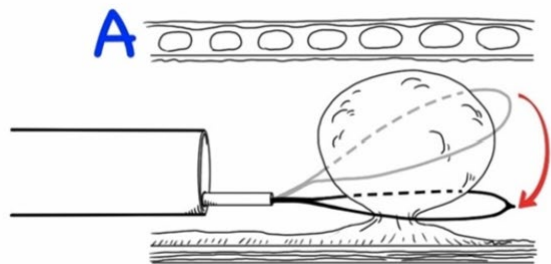
內視鏡雷射切除術(Endoscopic laser resection)

- 被認為是治療氣道阻塞的有效方法，效果立竿見影，適用於危及生命的情況。
- 適應症為局部支氣管內外生性病灶，而非外在壓迫或黏膜下腫瘤。
- 治療時需在全身麻醉下進行，並透過硬式或軟式支氣管鏡將雷射光束直接對準病灶。
- 主要風險是在富氧環境中可能引發氣道火災，因此在啟動雷射時需要降低吸入氧氣分率 (FiO₂)



電燒術 (Electrocautery)

- 將高頻交流電通過探頭直接傳遞到腫瘤組織，產生熱量以進行切割、凝固或汽化。
- 適用於支氣管內病灶，而非外在壓迫。
- 有多種器械可供使用，如圓形探頭、環切圈套器、電刀和「熱」切片鉗。
- 與雷射不同，電燒探頭需要與目標腫瘤緊密接觸。
- 裝有心律調節器的患者可能是禁忌症，因為存在電性干擾的風險。



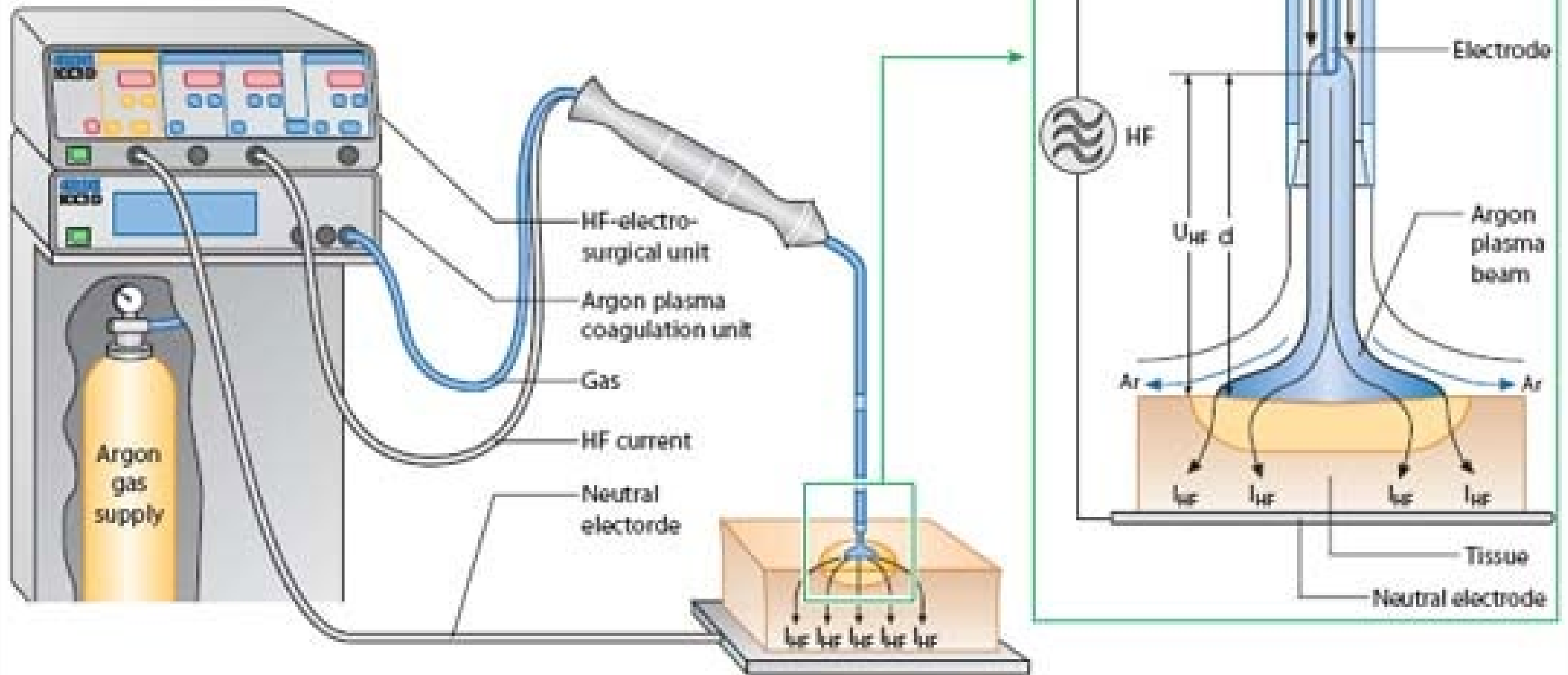
用環切圈套器電燒切除

用冷凍探頭取出

氫氣電漿凝固術 (APC)

- 類似於電燒，但不需要與其破壞的組織接觸。
- 穿透深度比電燒更表淺，因此更適用於表淺且擴散的支氣管內病灶。其非接觸式的特性使其成為快速凝固的更佳選擇。
- 罕見但嚴重的併發症包括氣體栓塞，可能導致腦中風或心臟驟停。為降低風險，應以嚴格的非接觸方式使用，並採用最短的脈衝持續時間和最低的氣體流速。

氬氣電漿凝固術 (APC) 是一種非接觸式電凝術，它利用電離氬氣將電流從探針傳導至組織。由於帶正電荷的氬氣會流向帶負電荷的組織，因此治療可以沿著軸向或切向進行。隨著組織乾燥，對電流的阻力增大，限制了電流的穿透深度，使其僅能穿透約 2 至 3 毫米。



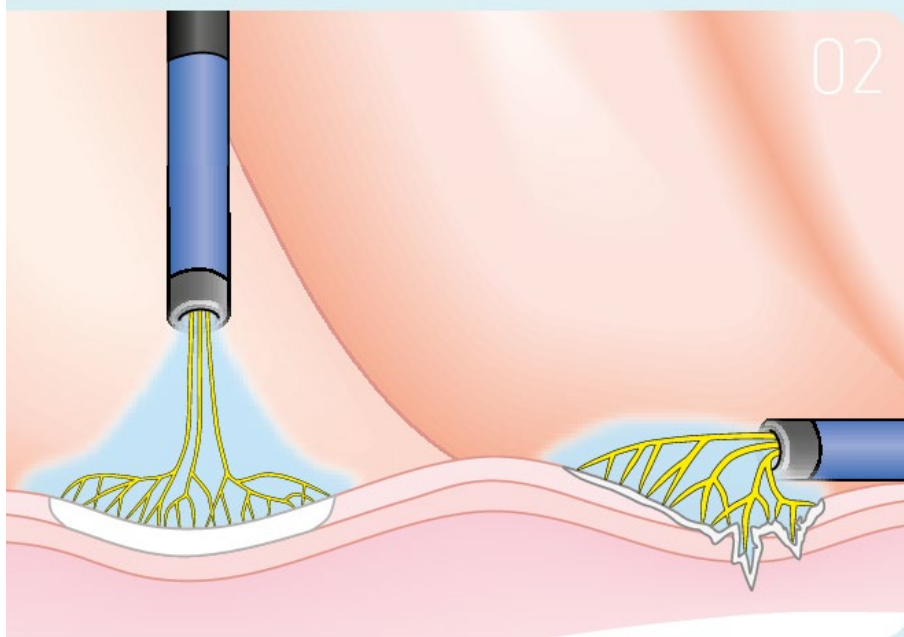
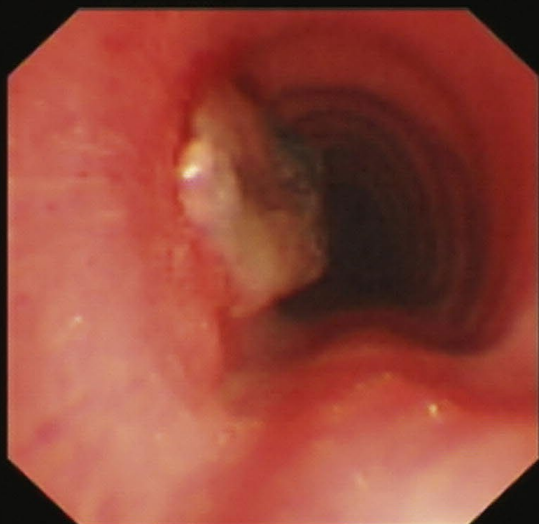


Fig. 2: En face and tangential APC.
Light blue: argon gas, yellow-black: argon plasma energy.

207

2008
38

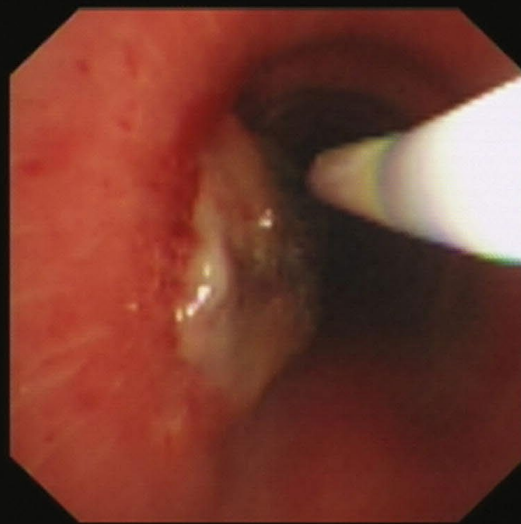
--- 1



207

2008
55

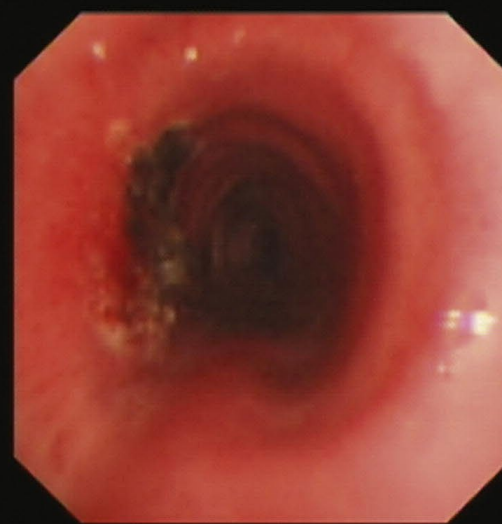
--- 1



207

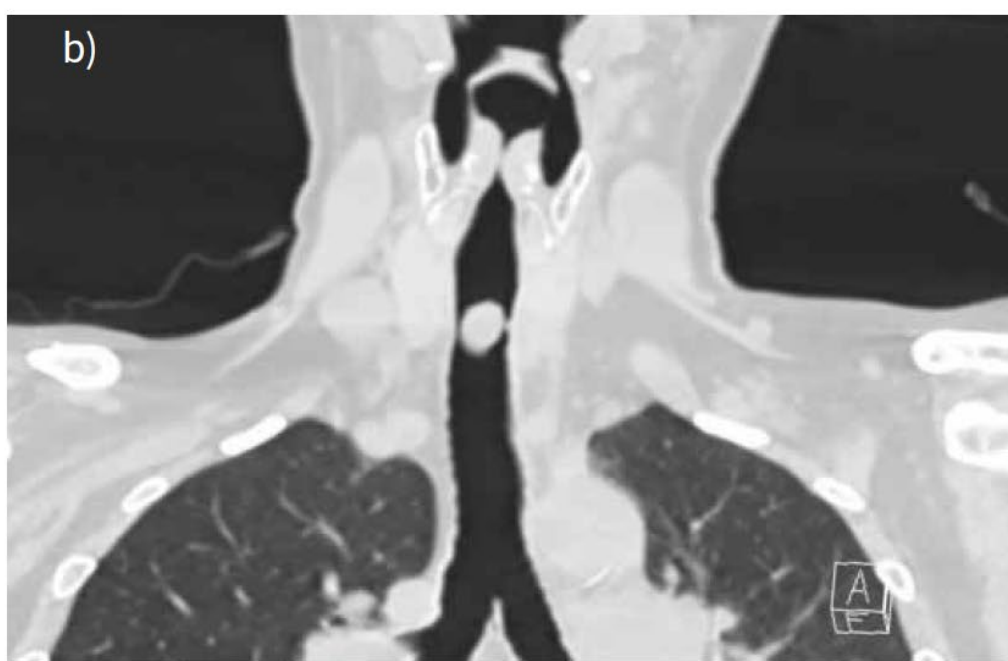
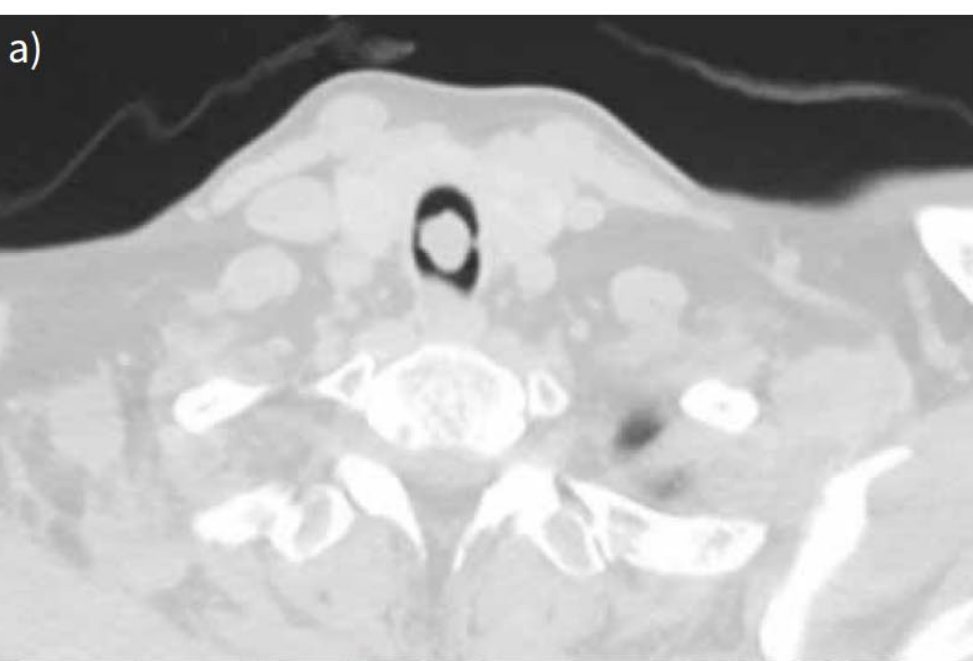
2008
54

--- 1

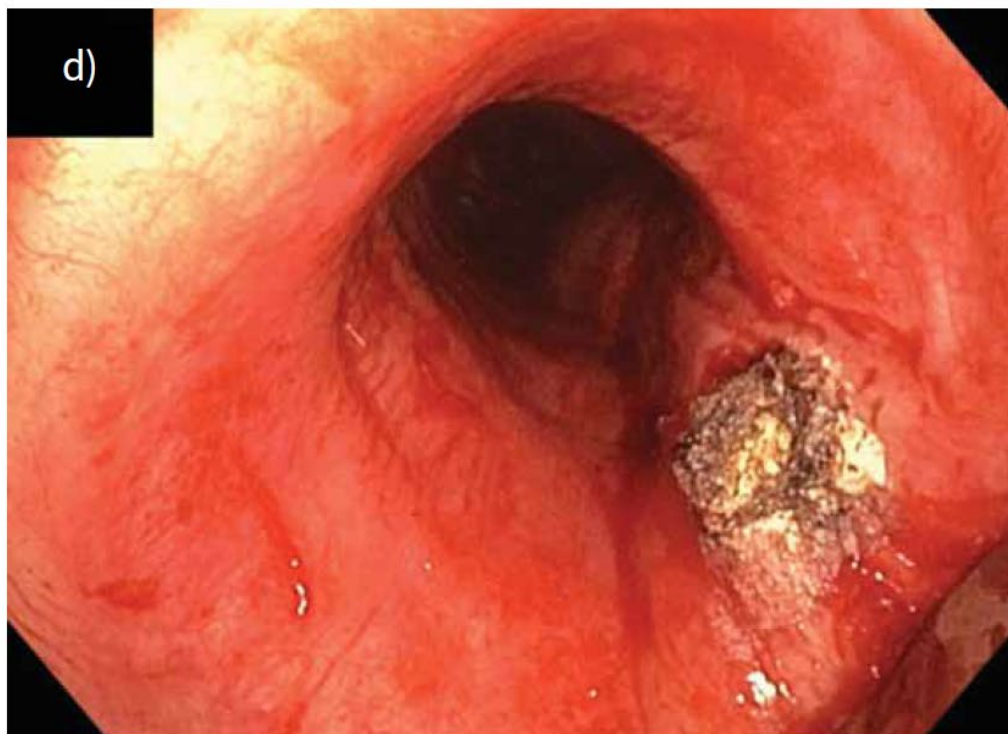
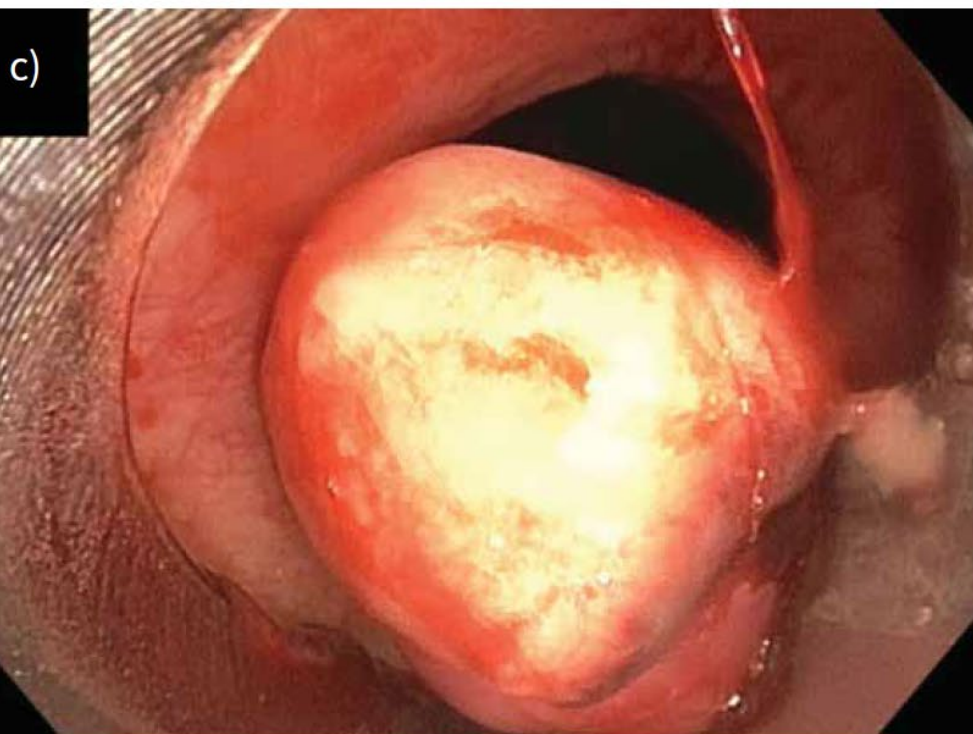


機械性切除與球囊擴張術

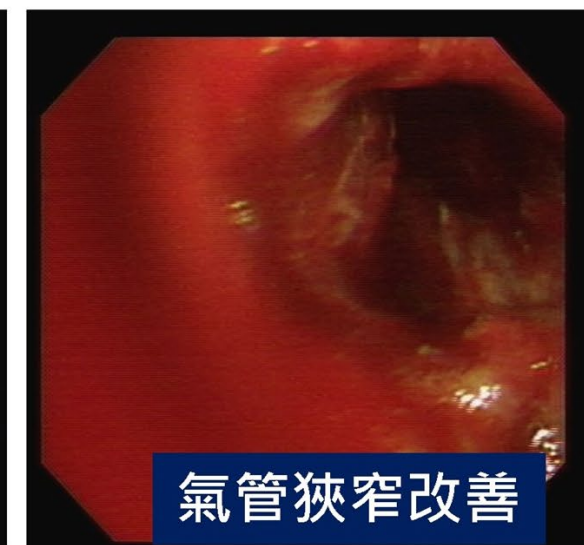
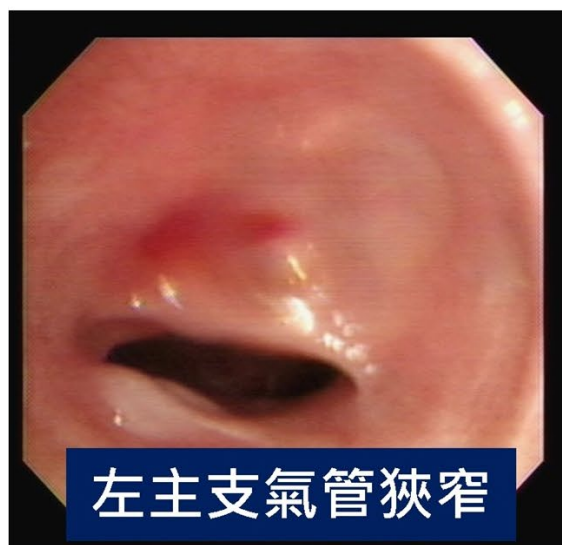
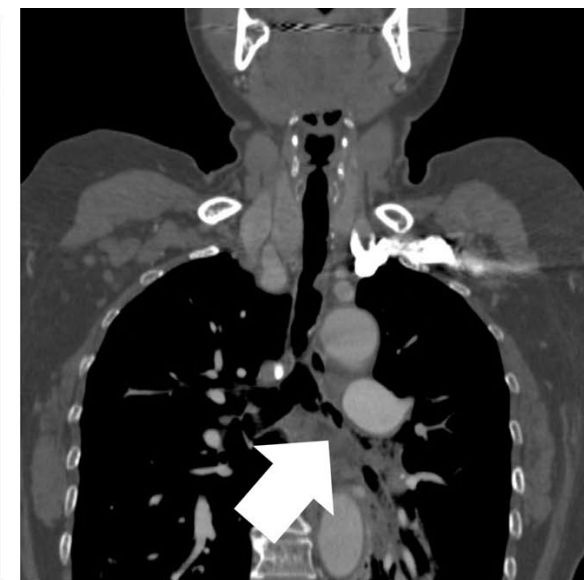
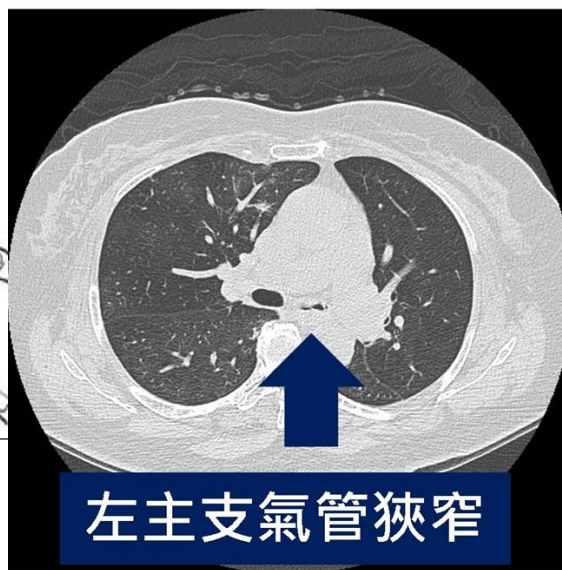
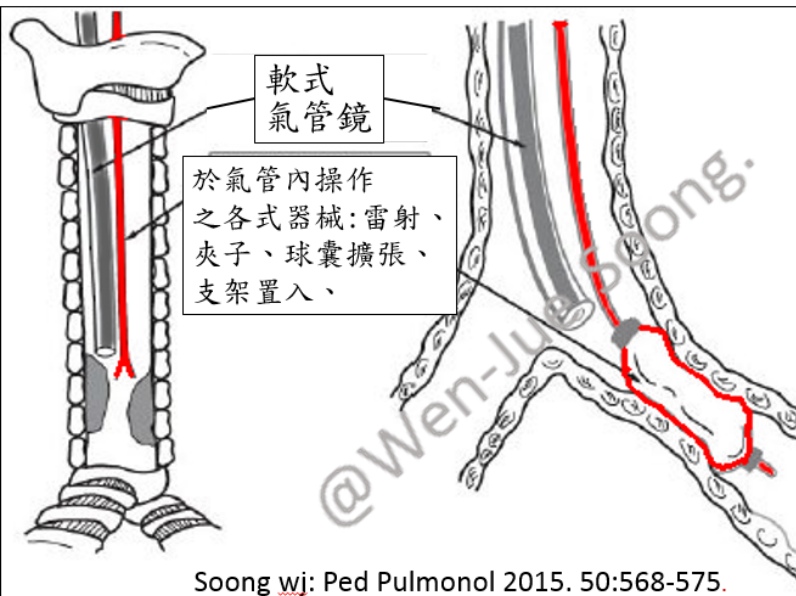
- 對於由支氣管內腫瘤生長或外在壓迫引起的中央氣道阻塞，機械性切除和/或球囊擴張是安全且效果立竿見影的方法。
- 通常使用**硬式支氣管鏡**進行，可確保氣道通暢、促進麻醉、移除大塊腫瘤組織，並通過機械壓迫和吸引來控制出血。對於腔內腫瘤，可使用硬式支氣管鏡進行「**鑽挖**」(**coring**)。
- 若腫瘤從外在壓迫時，使用支氣管鏡小心地通過狹窄處或是用球囊擴張術。
- 此方法能立即緩解症狀，並改善患者的體能狀態，使70%的患者能夠接受後續的放射治療或全身性治療。



a) 和 b) 電腦斷層影像顯示一名嚴重呼吸困難及咳血患者氣管內的息肉樣轉移瘤。

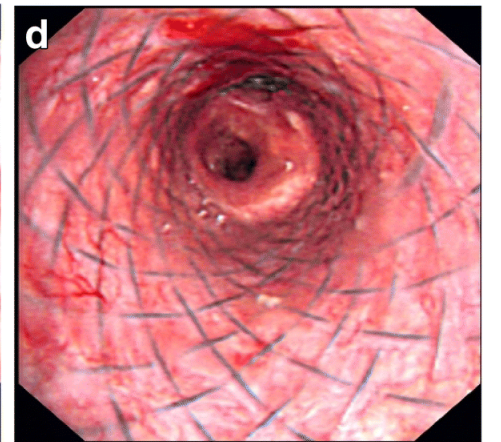
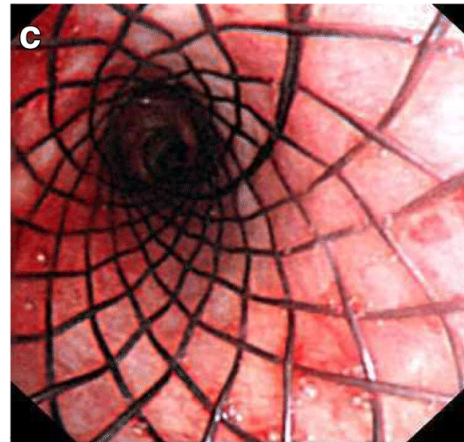
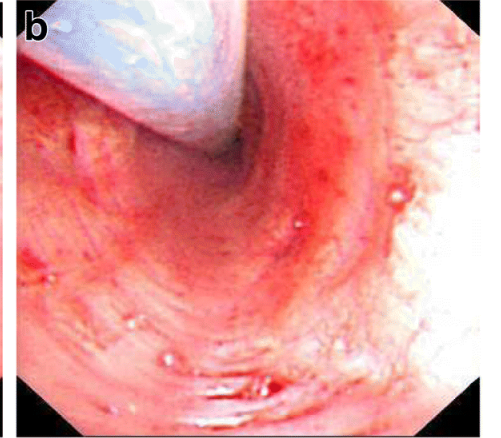
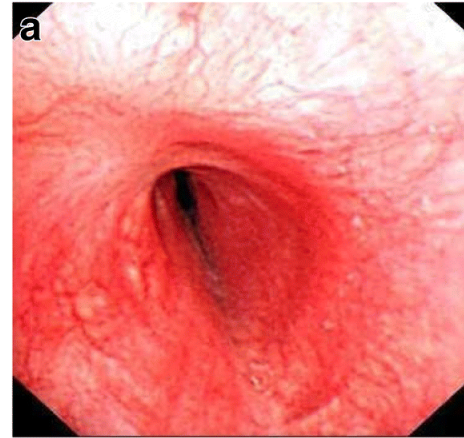
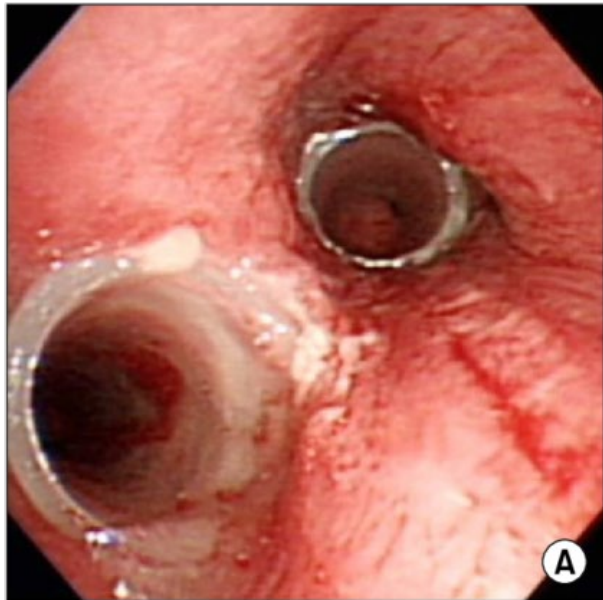
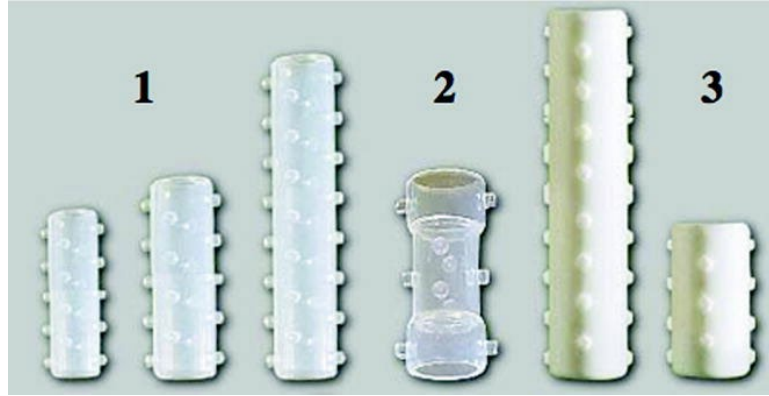


c) 透過硬式支氣管鏡以「鑽挖」方式移除腫瘤。
d) 腫瘤基部以氬氣電漿凝固術處理，以止血並預防復發。



氣道支架

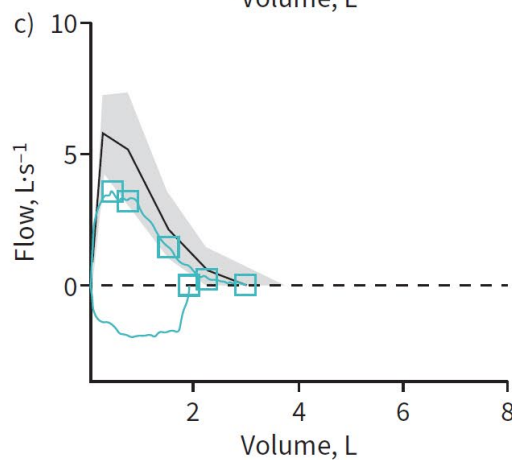
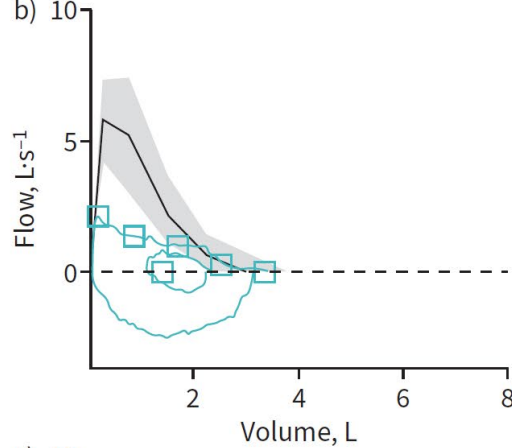
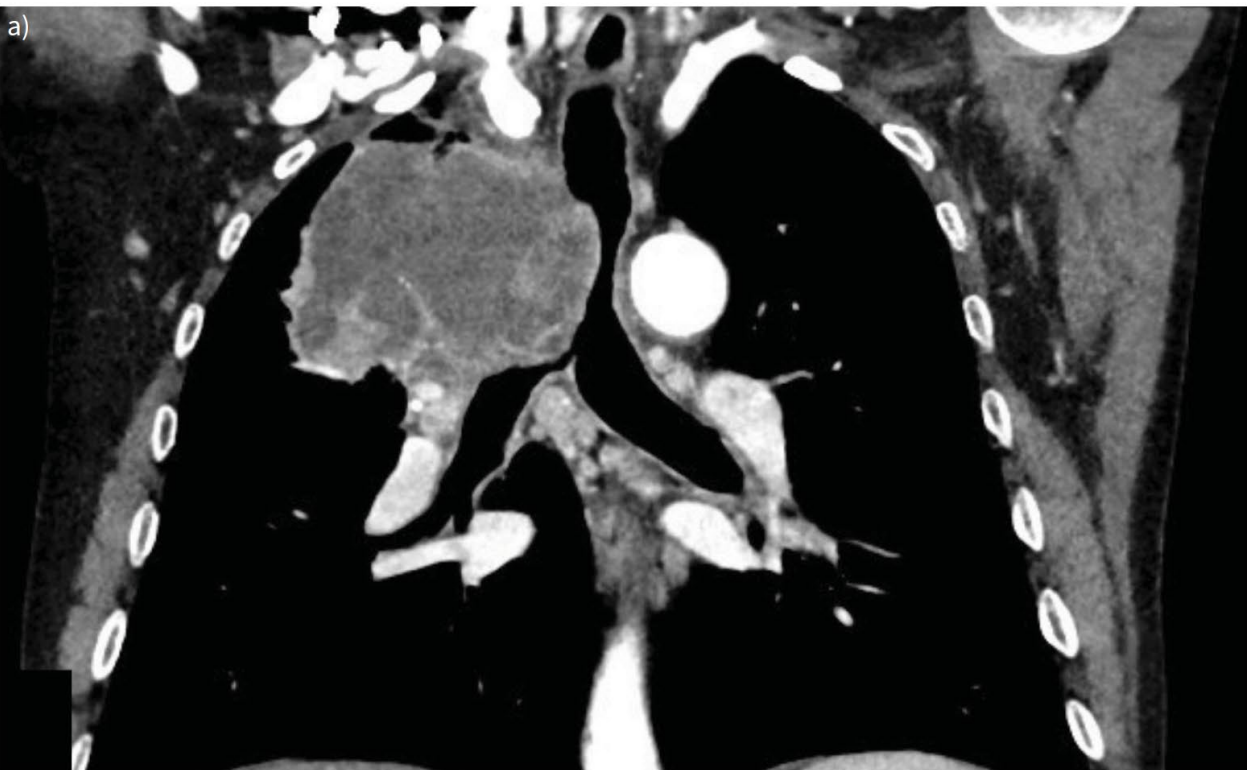
- 在主要由腔外壓迫導致的CAO治療中扮演關鍵角色，效果立竿見影。
- 根據材質主要有兩種：**矽膠**支架和**金屬**(鎳鈦)支架，各有優缺點：
 - 現代的自擴張金屬支架 (self-expanding metal stents, SEMSs) 塗有聚氨酯膜或矽膠，可防止腫瘤組織長入管腔內並易於移除。鎳鈦金屬有形狀記憶，容易壓縮便於置入氣道，在置入後能自我擴張為原來形狀。彈性 (elasticity)則讓支架抵抗外在壓力，符合不規則的氣道解剖結構。可用硬式支氣管鏡置入，亦可使用軟式支氣管鏡在中度鎮靜下置入
 - 矽膠支架機械強度和彈性良好，且較少引起組織刺激，但置入較具挑戰性。需要硬式支氣管鏡在全身麻醉下置入。



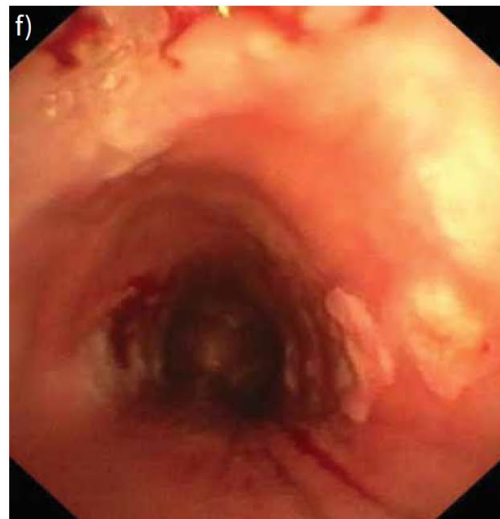
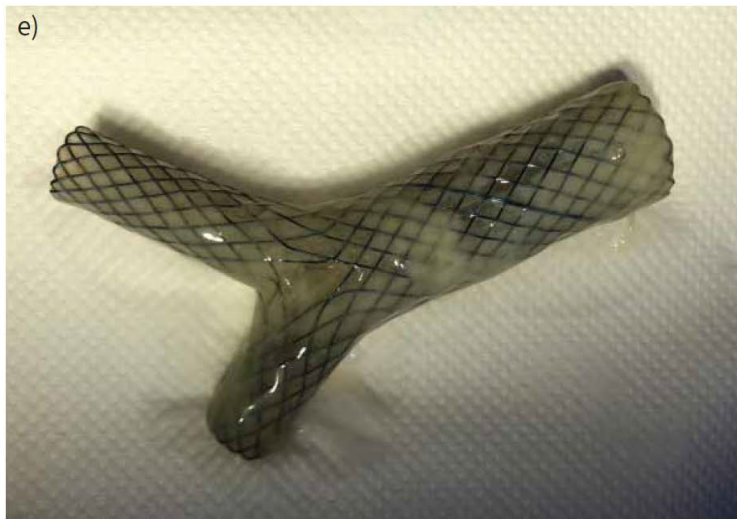
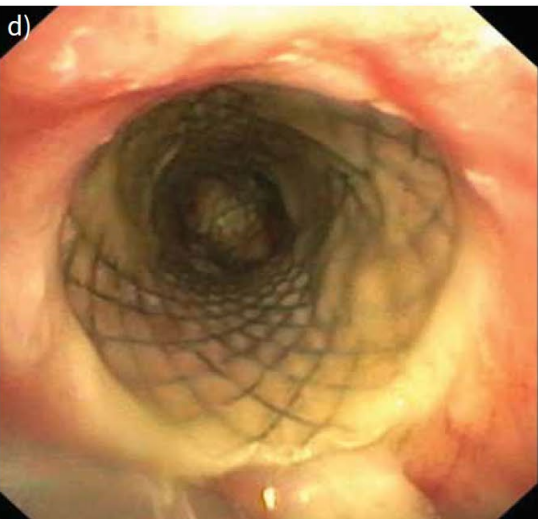
適應症及併發症



- 根據形狀分類，分為
 - 圓柱型支架：用在氣管或主支氣管，較容易滑脫
 - Y型支架：用於氣管隆突 (或二級氣管隆突)
- 適應症：有症狀的腔外壓迫。支架通常在癌症晚期植入，在患者已嘗試其他所有治療方案之後。
 - 患者的身體狀況通常會改善，以至於他們可以接受支架植入後進行腫瘤治療（放射治療和全身治療），從而進一步改善他們的預後
- 併發症：分泌物清除能力下降、生物膜沉積、移位和肉芽組織增生。
- 未來發展：生物可分解支架、3D列印支架



a) 電腦斷層影像顯示氣管和右主支氣管狹窄。b) 支架置放前的流速-容積圖。c) 支架置放後的流速-容積圖。d) 成功化放療後數月，腫瘤幾乎完全緩解，氣管內的支架。e) 移除的支架。f) 支架移除後，氣管完全通暢。



冷凍治療 (Cryotherapy)

- 透過在探頭尖端快速膨脹二氧化碳或一氧化二氮，使其溫度降至-30°C以下，將周圍組織深度達1公分的組織冷凍。
- 最常用於冷凍摘除腔內腫瘤組織，通常會先用熱消融法使腫瘤失活以減少出血。
- 單獨使用時，冷凍本身不會立即產生效果，因此很少作為CAO的唯一治療方法。
- 在處理已移除的息肉樣腫瘤基部時，冷凍治療能達到深層效果，且因保留了組織基質，穿孔風險較低。

Cryotherapy 冷凍治療

Basic equipment

- ERBECRYO 2
- Flexible probes
- Carbon dioxide bottle
- Footswitch
- Gas bottle connection
- Gas high-pressure hose

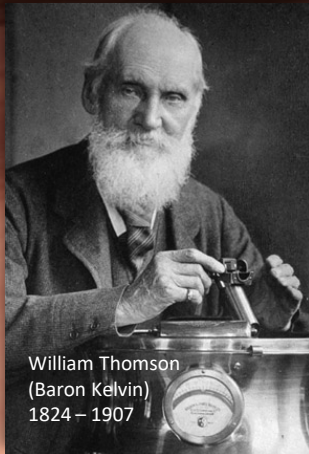
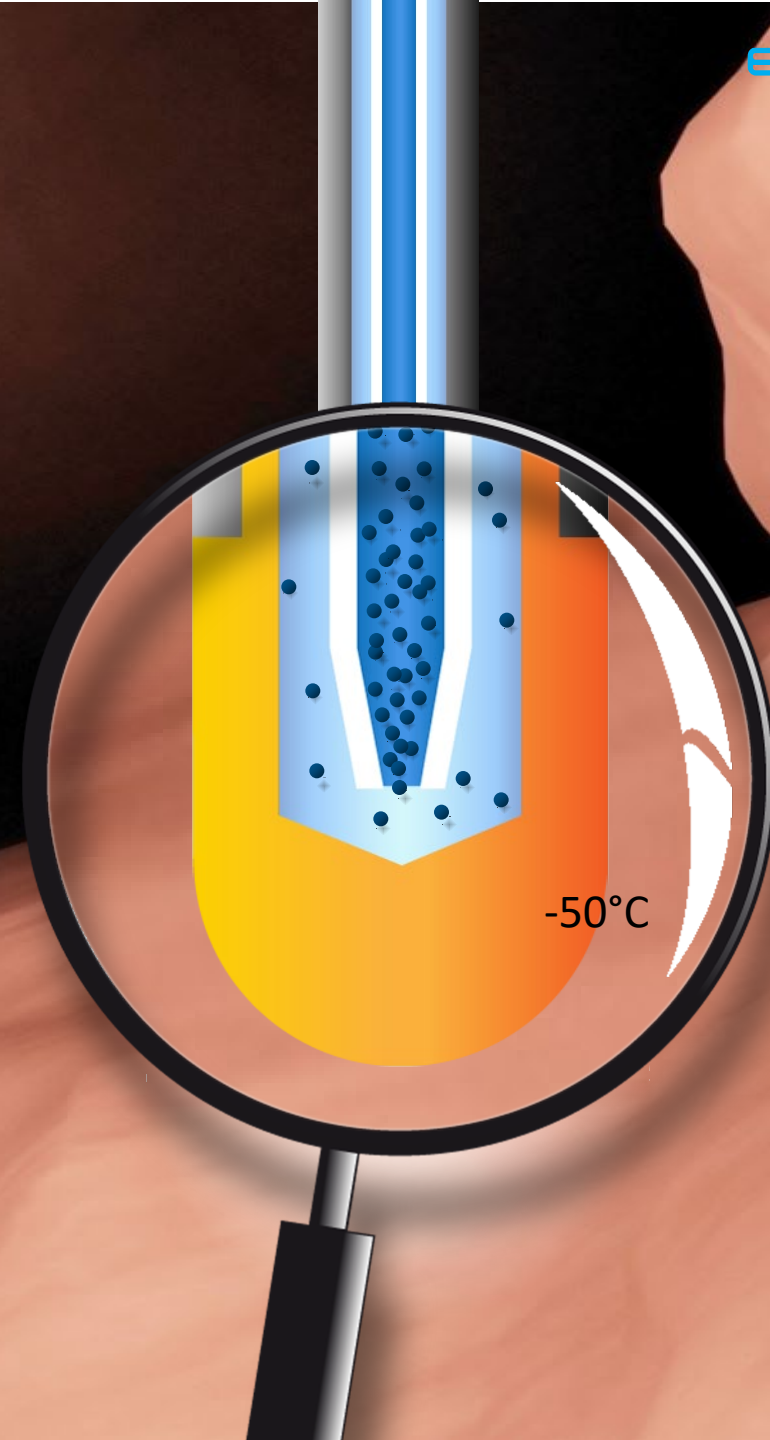
應用:

1. 氣管內切片
2. 經支氣管切片
3. 氣管再通
4. 去生命化
devitalization

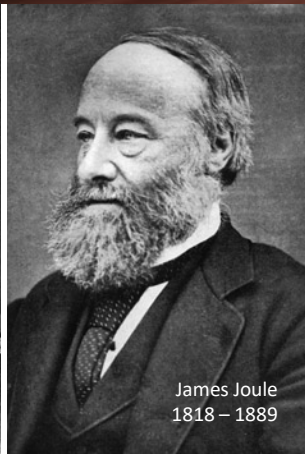


Joule-Thomson effect

加壓二氧化碳 (CO₂) 流經儀器內部通道到達探針尖端。經過內部噴嘴後，加壓氣體突然膨脹並冷卻（焦耳-湯姆遜效應）。冷卻後的氣體經由外部通道返回儀器。

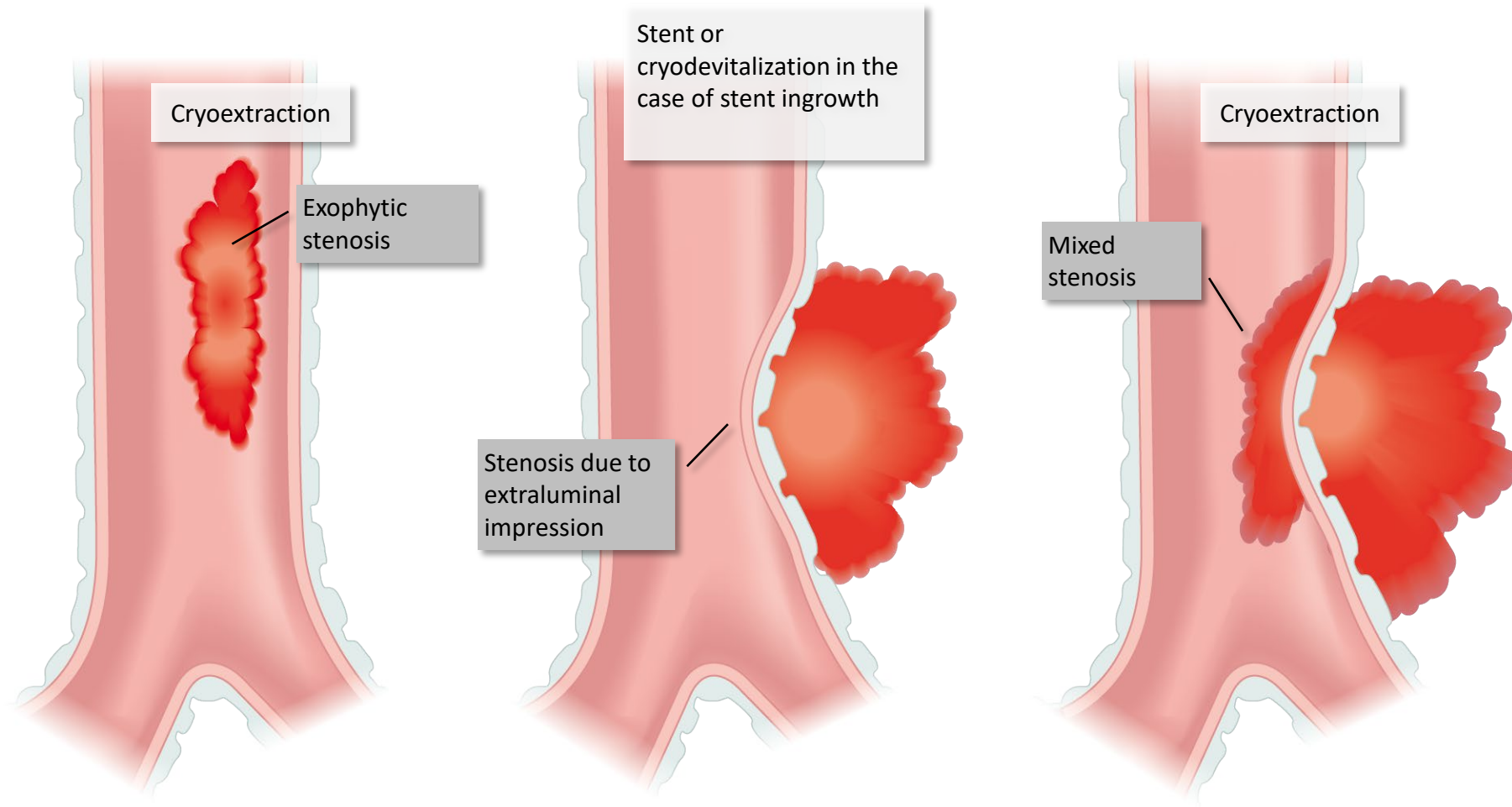


William Thomson
(Baron Kelvin)
1824 - 1907

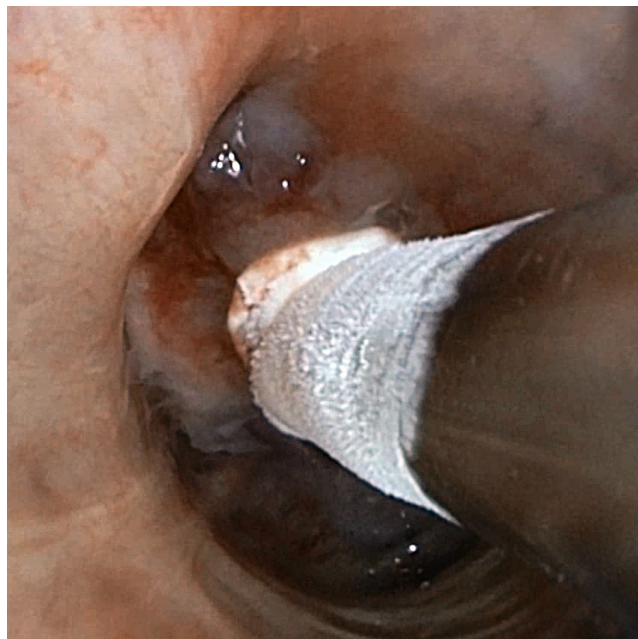


James Joule
1818 - 1889

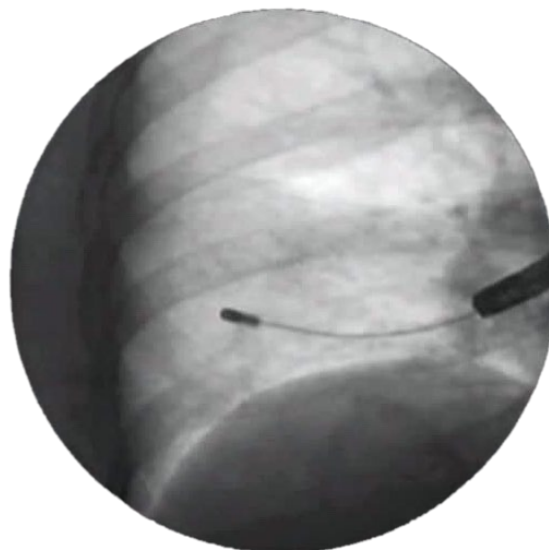
狹窄類型及適用的冷凍治療技術



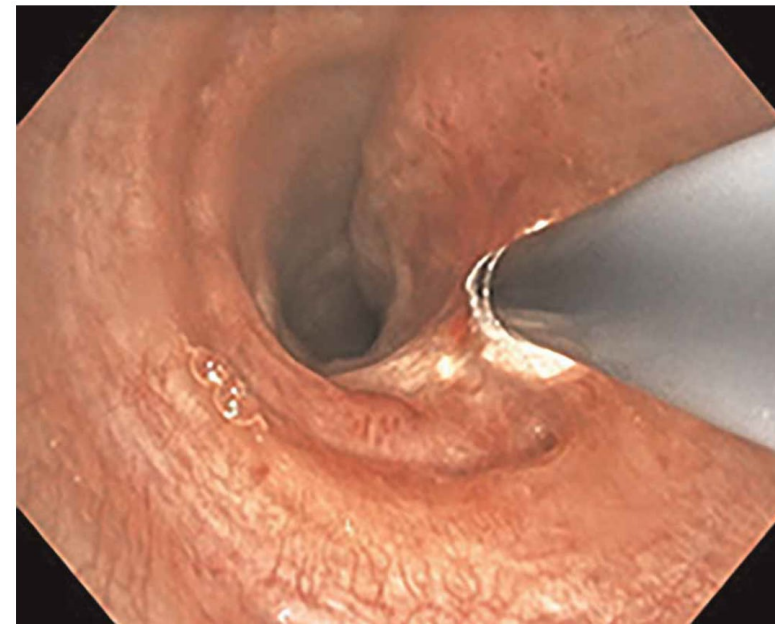
支氣管腫瘤切片
Endobronchial cryobiopsy



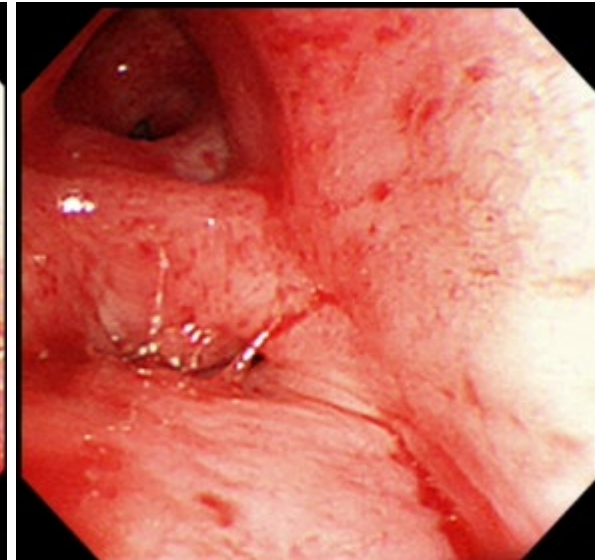
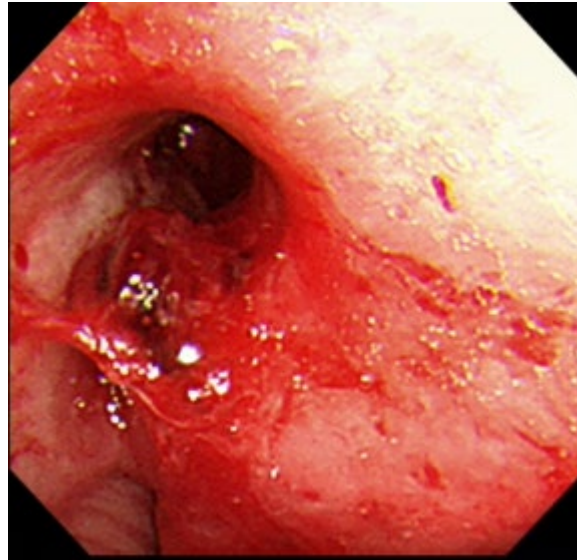
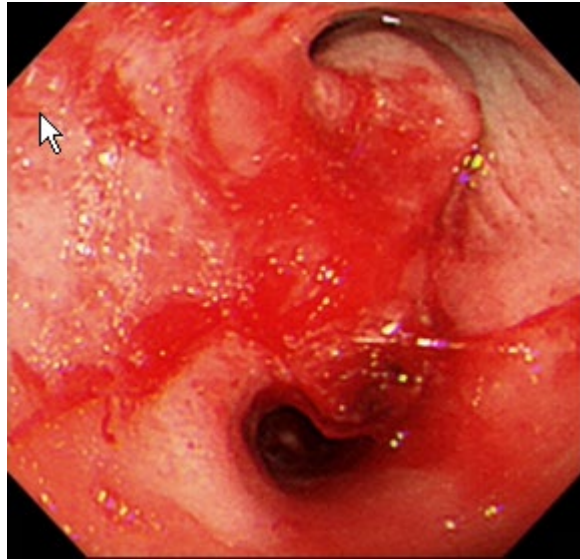
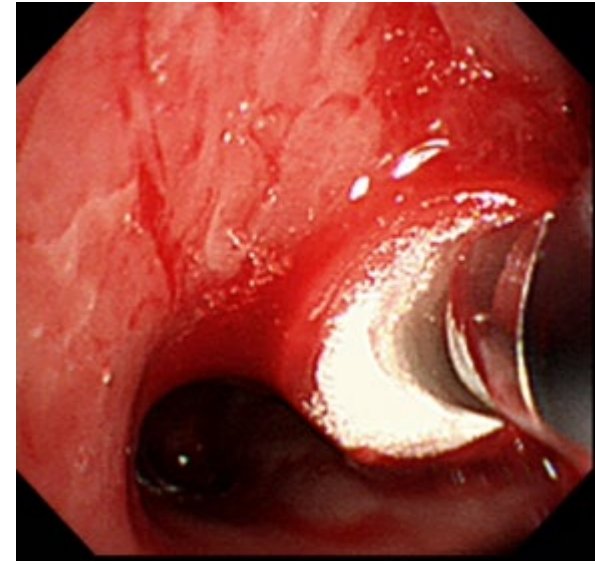
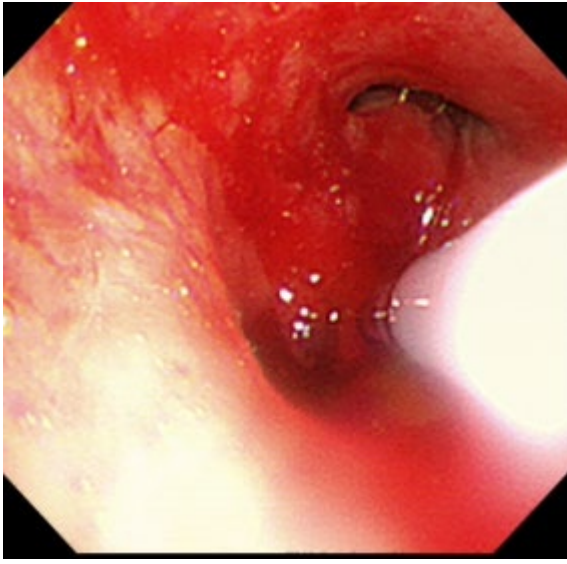
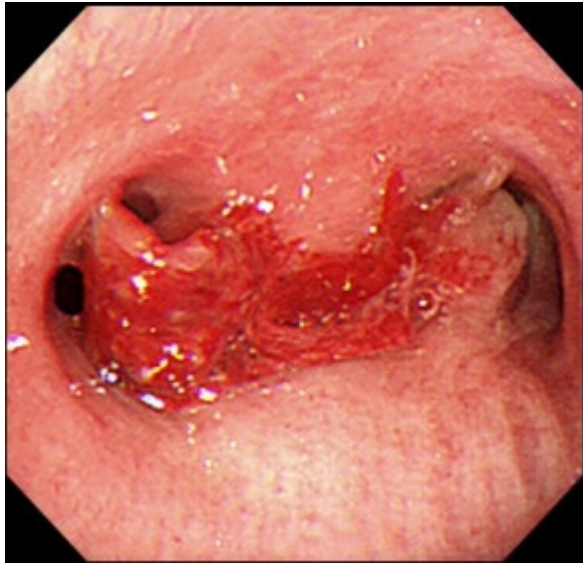
將支氣管冷凍切片
Transbronchial cryobiopsy



配合螢光氣管鏡或是支氣管
鏡超音波做周邊肺組織切片，
可應用在肺纖維化或腫瘤切片



去生命化 devitalization
可擴張狹窄，或是長進支架
裡的腫瘤

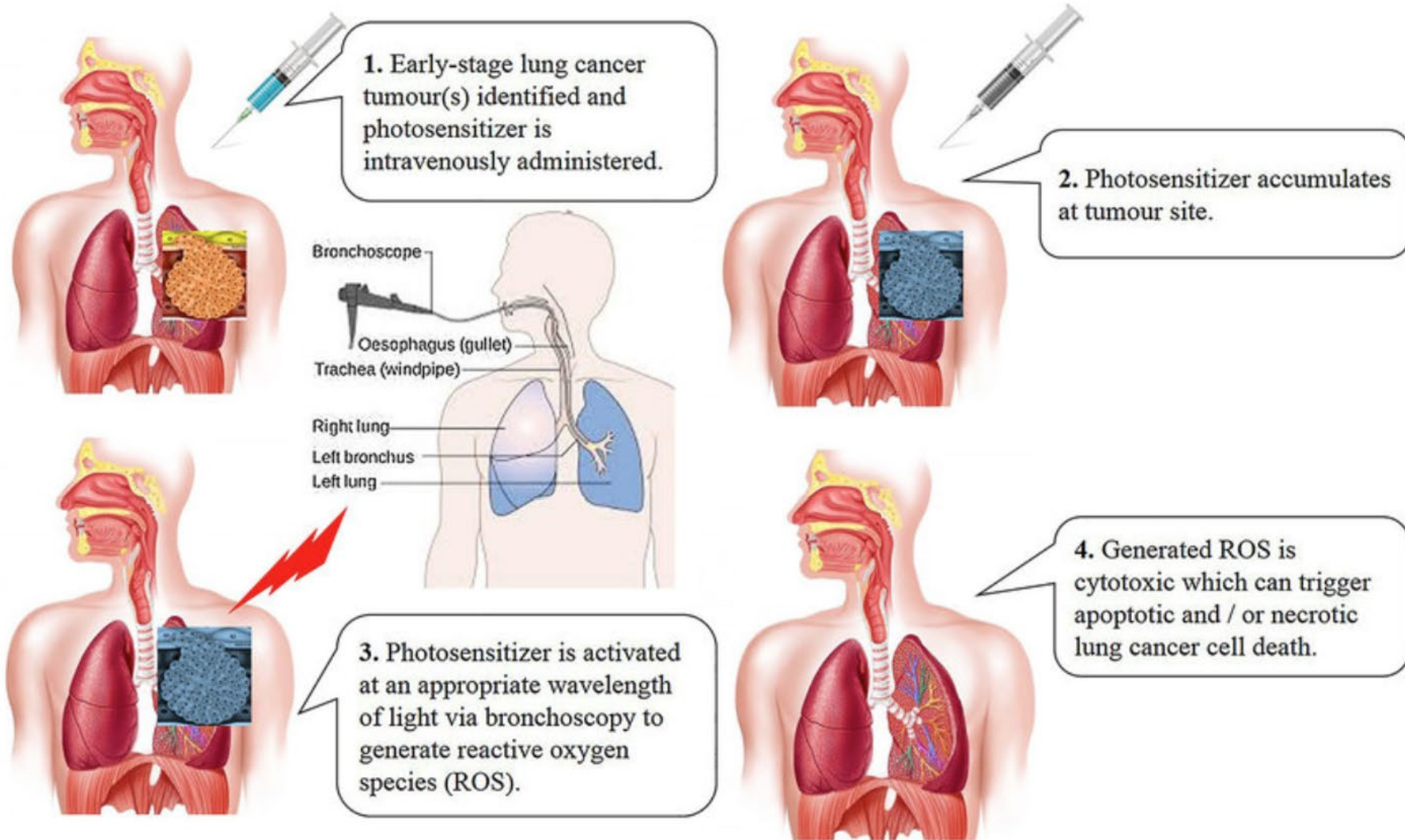


支氣管內近接治療 (EBBT)

- 一種局部治療惡性腫瘤的方法，**將放射源經支氣管放置於腫瘤附近**，以提供高劑量輻射給腫瘤，同時減少對周圍組織的傷害。
- 治療效果約在3週後顯現，因此要求患者預期壽命大於3個月。在危及生命的情況下，應在局部消融治療後再考慮使用。
- 對於改善咳血效果最佳 (86-100%)，對呼吸困難 (57-75%) 或咳嗽 (34-88%) 的改善較不顯著。

光動力療法 (PDT)

- 一種微創的支氣管內治療，效果延遲，適用於無法手術的支氣管內癌症。
- 過程包括施打光敏劑，該藥物會選擇性地積聚在惡性組織中。給藥後48-72小時，進行支氣管鏡檢查，用雷射光照射腫瘤，活化的光敏劑會產生自由基來破壞腫瘤細胞。
- 治療效果並非立即顯現，建議在PDT後24小時清除壞死組織以確保氣道通暢。
- 併發症可能包括出血和持續長達6週的光敏感反應。



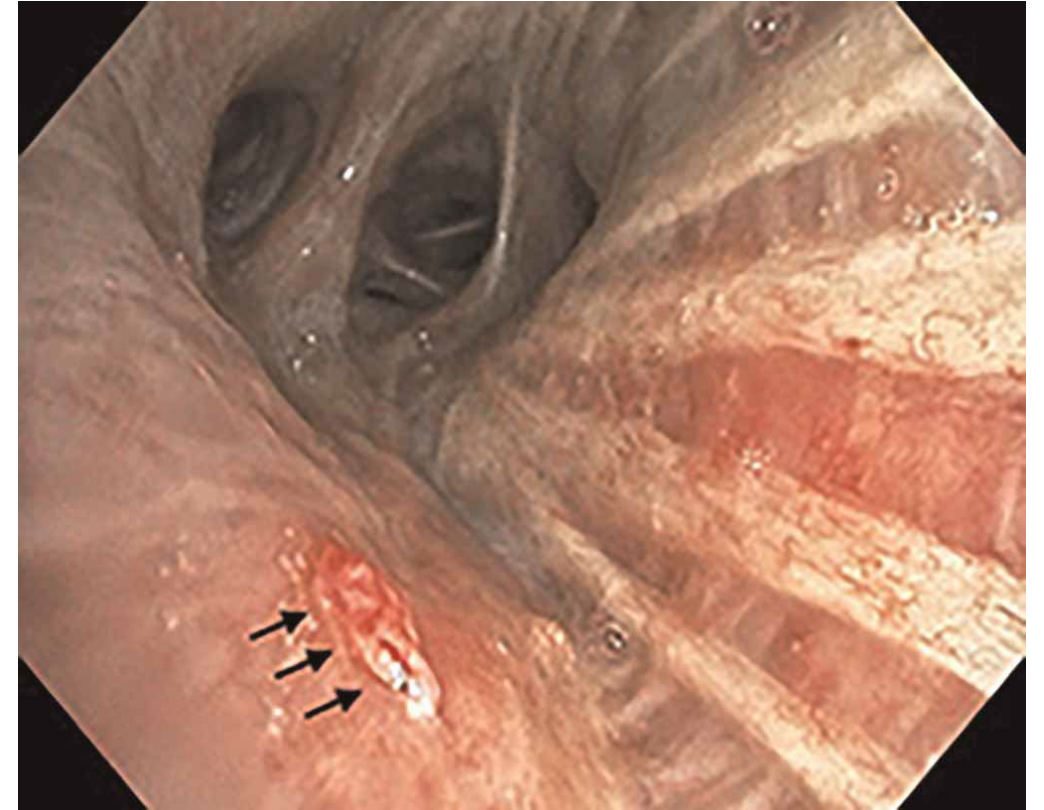
Simplified mechanism of photodynamic therapy: 1. Photosensitizer (PS) drug is administered patient by injection in close proximity to tumour location 2. The PS drug then either actively or passively accumulates at the tumour site 3. Once the PS is absorbed by the tumour(s), laser irradiation light at an appropriate wavelength (630 nm-780 nm) is then applied to activate the PS 4. This activation leads to the selective destruction of tumour cells.

臨床結果與併發症

- 臨床結果：
 - 技術成功率（氣道管腔再通>50%）高達93%。
 - 48%的患者呼吸困難有顯著改善，42%的生活品質得到改善。
 - 介入性手術可使52.6-75%的呼吸衰竭患者成功脫離呼吸器。
 - 70%原本體能狀態不佳的患者在症狀改善後得以接受特定的腫瘤治療。
- 併發症：
 - 手術相關死亡率為0.4%至1.3%，嚴重併發症總體發生率為3.9-18.1%。
 - 早期併發症包括出血、氣胸、低血氧惡化及聲帶或氣道損傷。
 - 晚期併發症多與支架相關（如肉芽組織阻塞、移位和感染）。

中央氣道早期小腫瘤 (Centrally located early lung cancer, CLELC)

- 指侷限於分段支氣管或更近端的肺癌，通常為原位鱗狀細胞癌或未侵犯支氣管軟骨的鱗狀細胞癌。
- 手術切除是黃金標準，但對於無法或不願手術的患者，可考慮放射治療。對於高風險患者，內視鏡治療是合適的選擇，可以保留肺實質，但局部復發風險可能較高。
- 光動力療法 (PDT) 是目前研究最充分的內視鏡治療選項，完全緩解率為70-100%，5年總存活率可達50.6%至80%。

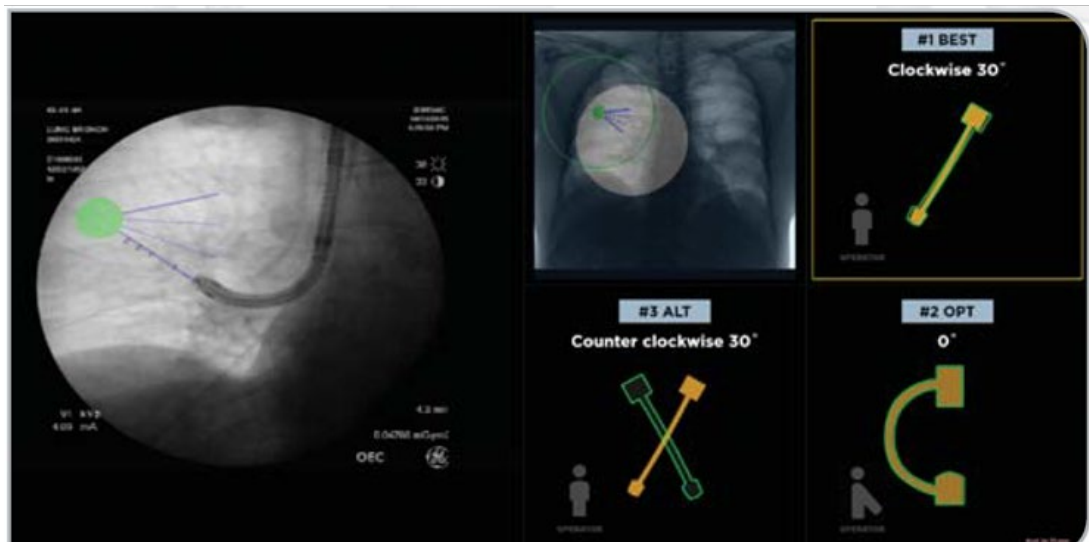
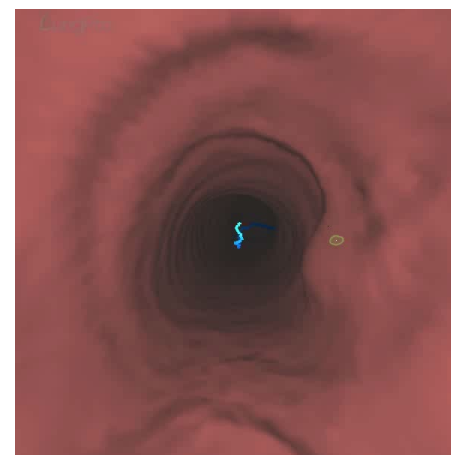


周邊氣道小腫瘤 (small peripheral tumors): 診斷

- 支氣管鏡超音波 (Radial EBUS)
- 導航氣管鏡-GPS
 - 電磁導航electromagnetic navigation bronchoscopy (ENB)
 - 虛擬實境導航 virtual bronchoscopic navigation (阿基米德導航系統)
 - 周邊小節節的診斷之外，亦可應用前手術切除前的定位、消融前的路徑規劃
- 機器人氣管鏡 Robotic bronchoscope

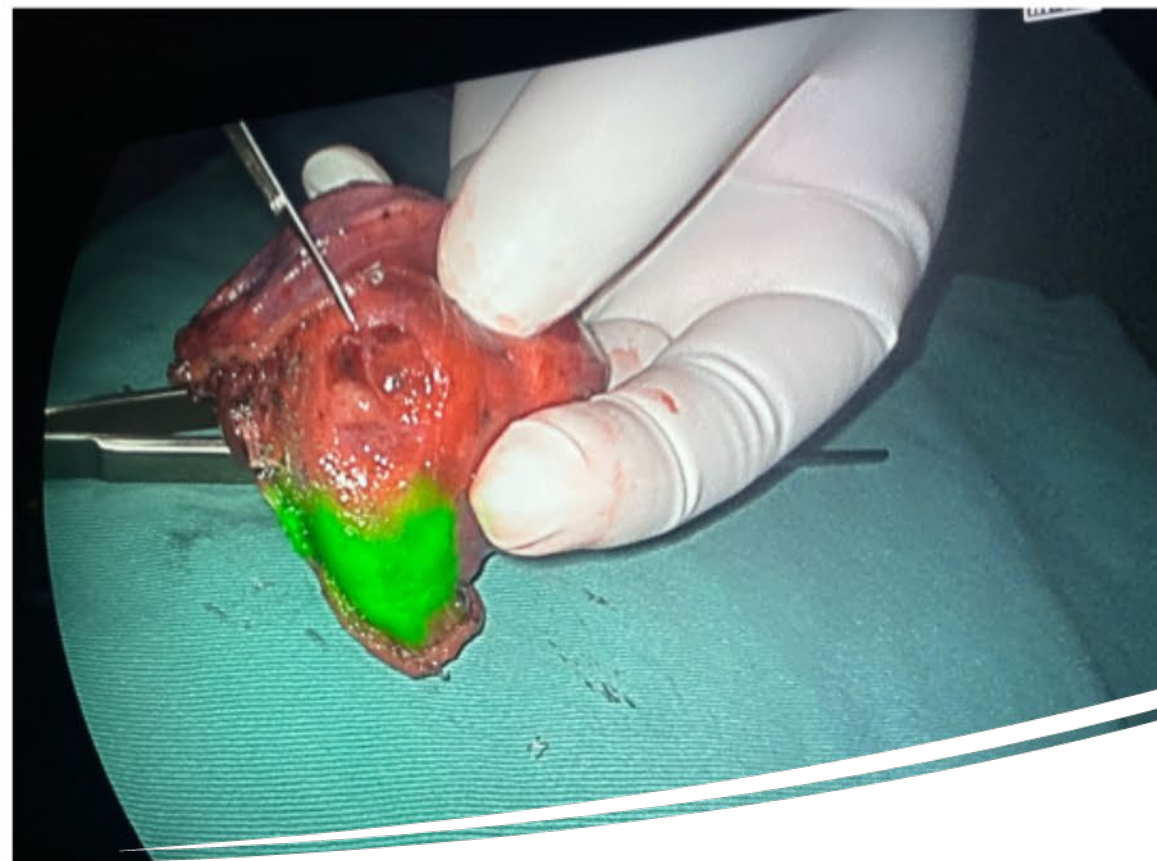
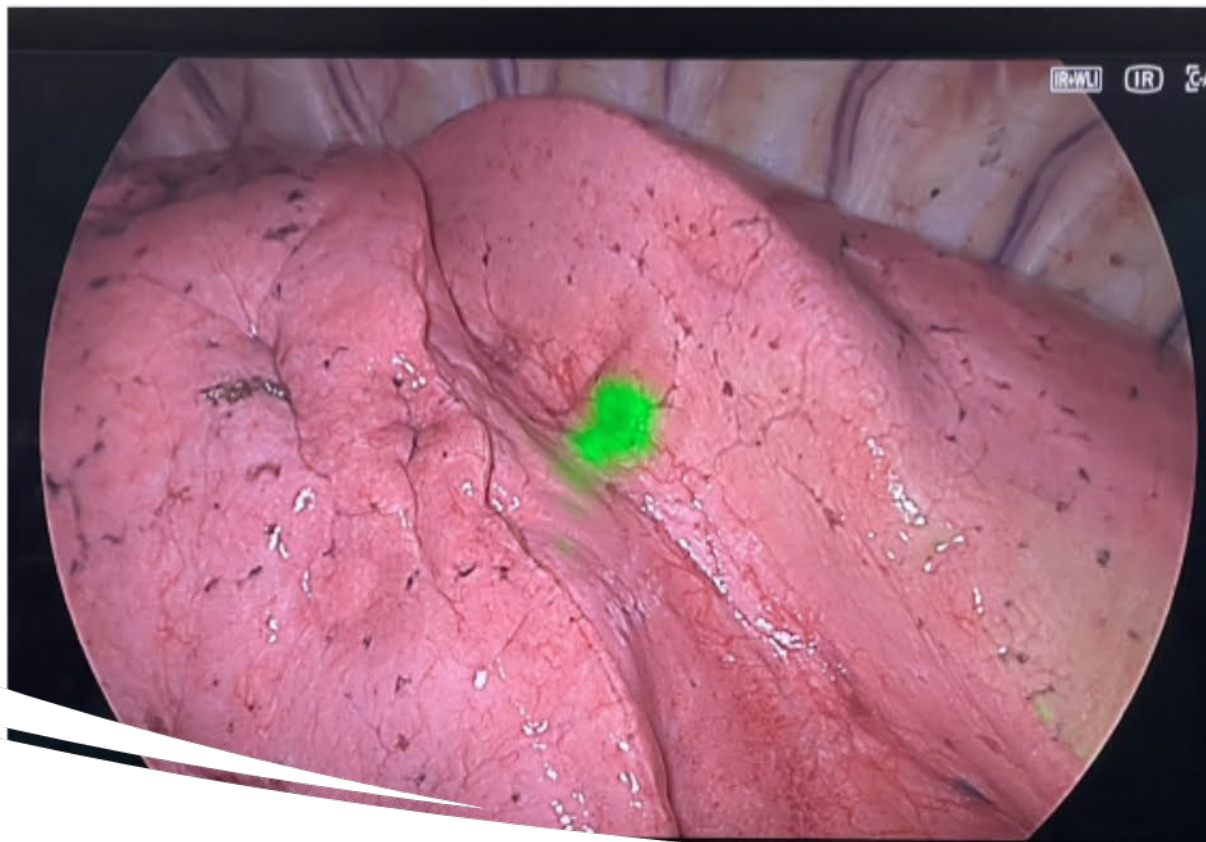


術前計畫
進行導航
切片或消融



周邊氣道小腫瘤(small peripheral tumors)

- 雖然肺葉切除術是早期肺癌的標準治療方法，但偶然發現的小肺結節（尤其是在肺外周區域）的增多，促使人們重新評估治療方案。這些結節通常包含癌前病變或早期肺癌，甚至多發性小結節，會因多次切除或切除過多而犧牲許多肺容積。
- 或是轉移性的小腫瘤(metastatic lung tumors)，全身性治療到了極限，亦不適宜開刀的患者。
- 這些腫瘤可以利用導航氣管鏡診斷，在配備有錐形束CT (CBCT) 和透視的混合手術室(hybrid OR)中診斷之後做定位後切除或是消融(ablation)。



- 手術前利用導航定位
- LB6, segmentectomy, adenocarcinoma in situ

射頻消融術 (RFA)

- 利用高頻交流電造成組織損傷和凝固性壞死。
- 諸如鹽水灌注式 RFA 導管等創新技術優化了手術流程，實現了更寬廣、更均勻的消融區域。
- 導管和治療方案的持續改進主要集中在熱能輸送和鹽水灌注量方面。
- KOIZUMI 等人的研究發現，局部疾病控制率達到 82.6%，5 年存活率達到 61.5%，優於立體定位放射治療 (SBRT)

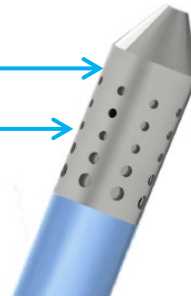
Endobronchial ablation on Lung Tumors - Radiofrequency Ablation (RFA) BroncAblate



BRS-PA-50W RFA system

- Thermocouple in electrode detects temperature and impedance

- Evenly distributed tiny holes on electrode allow infiltration which can balance impedance and lower the temperature.

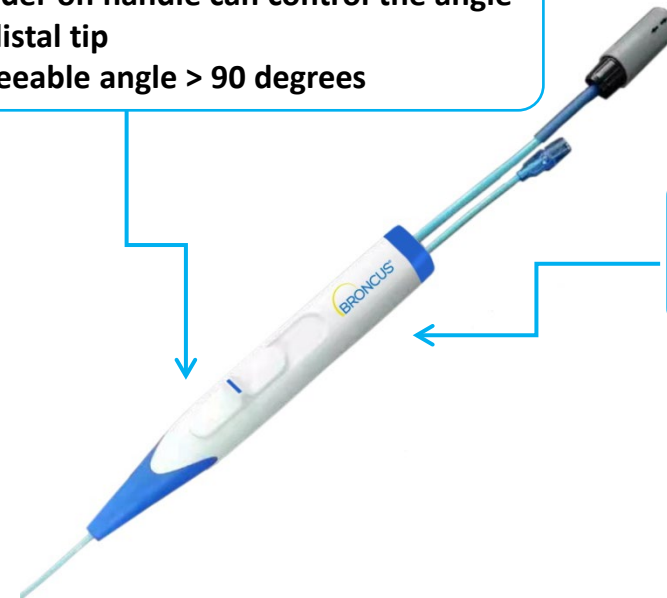


Intelligent control on ablation zone

Low power RF enhance safety

Interventional minimally invasive therapy shorten procedure time

- Slider on handle can control the angle of distal tip
- Steeable angle > 90 degrees

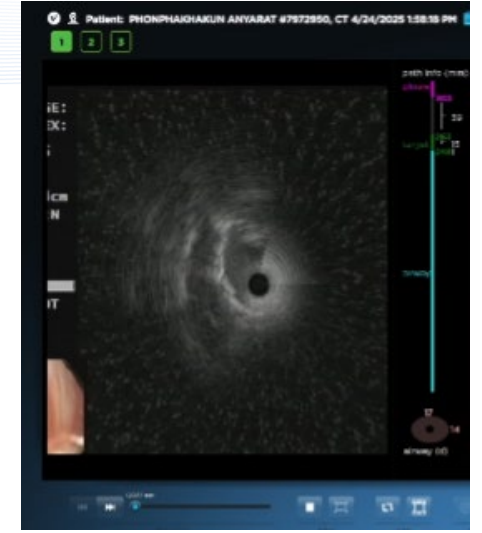
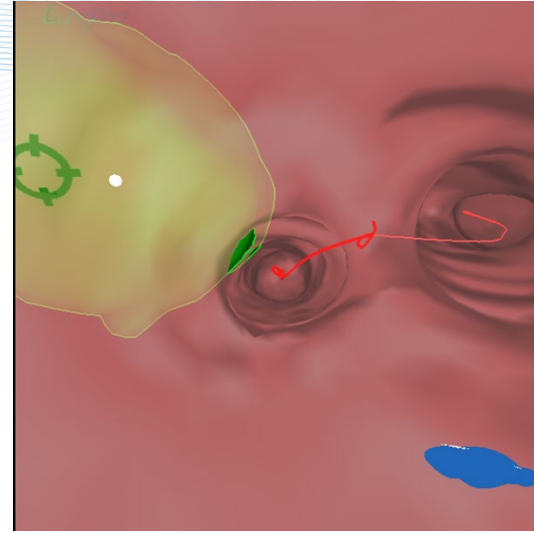
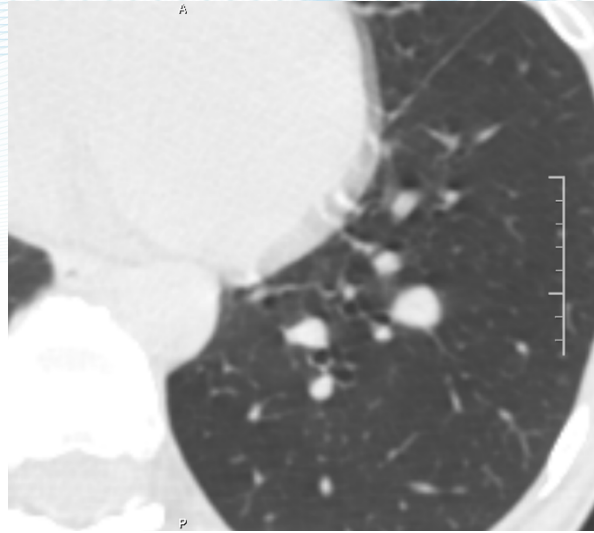
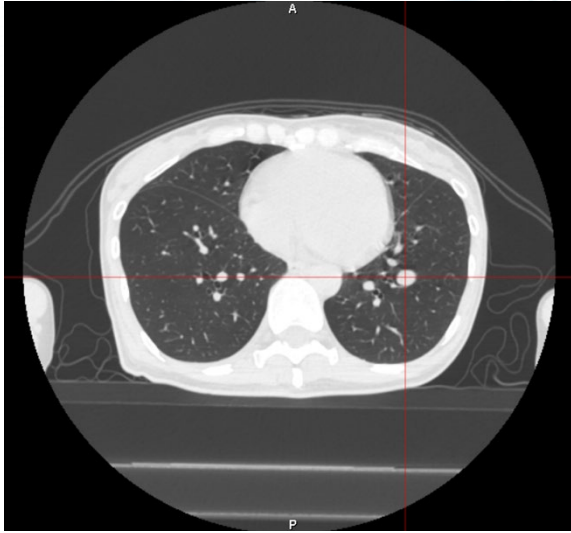


- Compatible with bronchoscope
- Ergonomics design for One hand usage

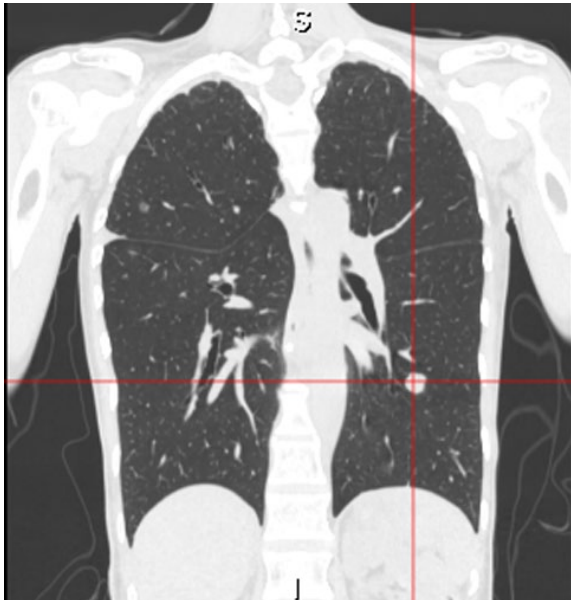


BTPNA+BroncAblate

– One stage transbronchial diagnosis and treatment



One 1.2 cm solid tumor is adjacent to bronchial LB9.
Radial EBUS also show eccentric image.

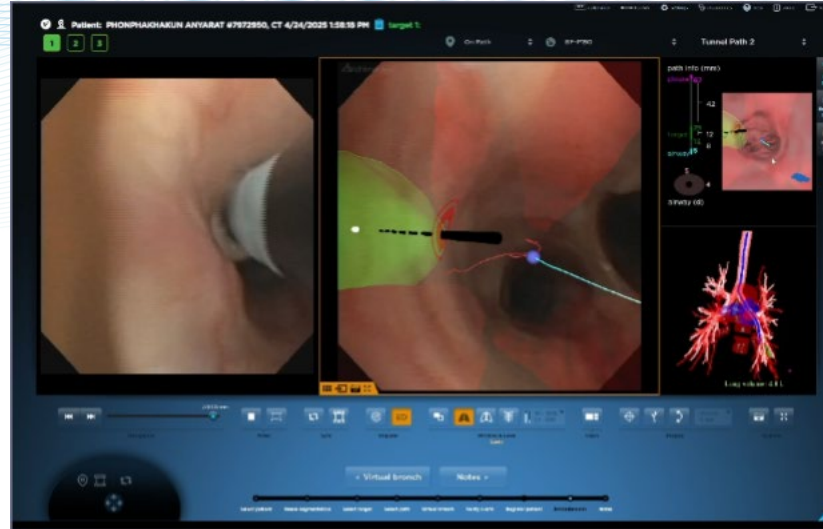
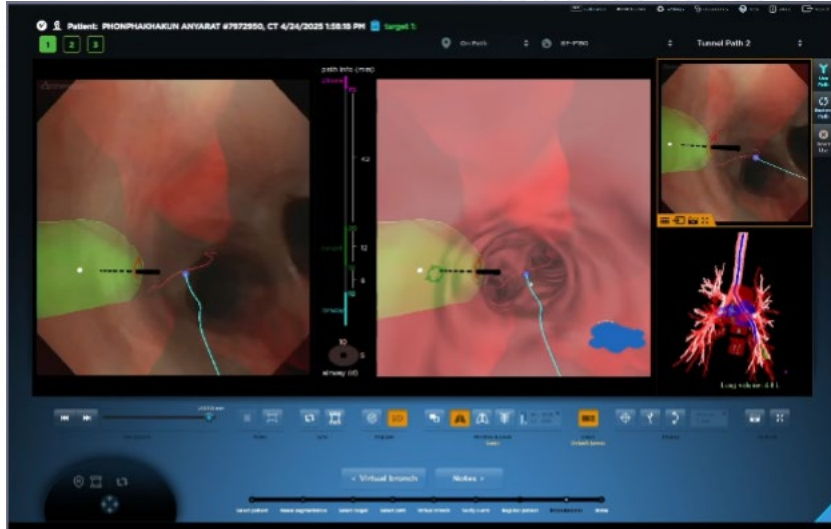


Case From Dr. Thitiwat

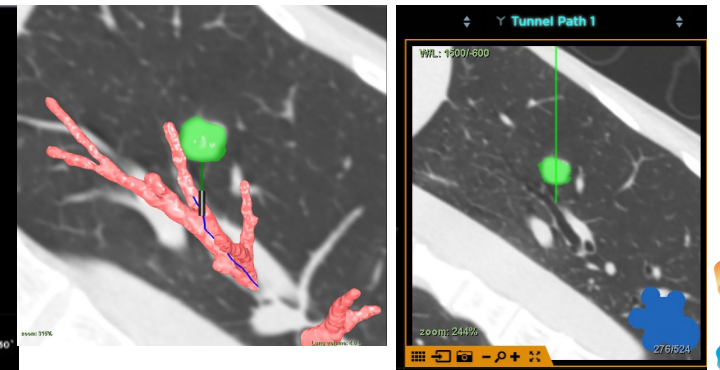
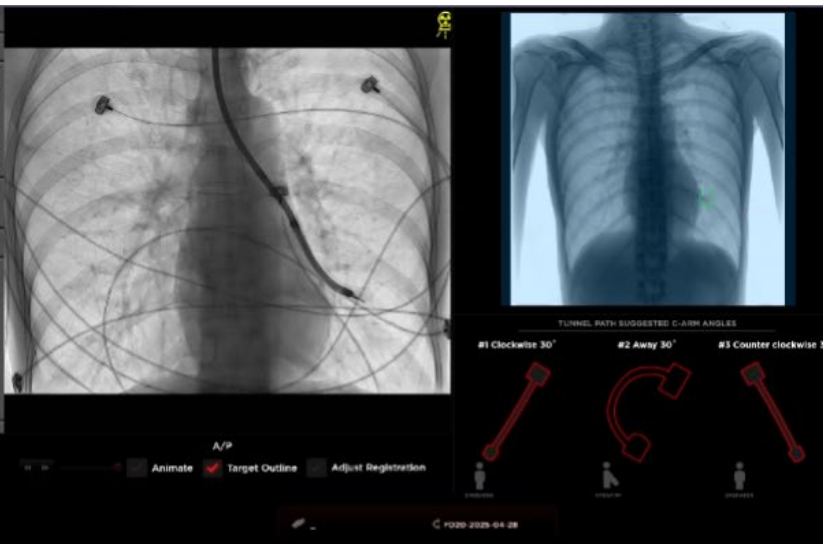
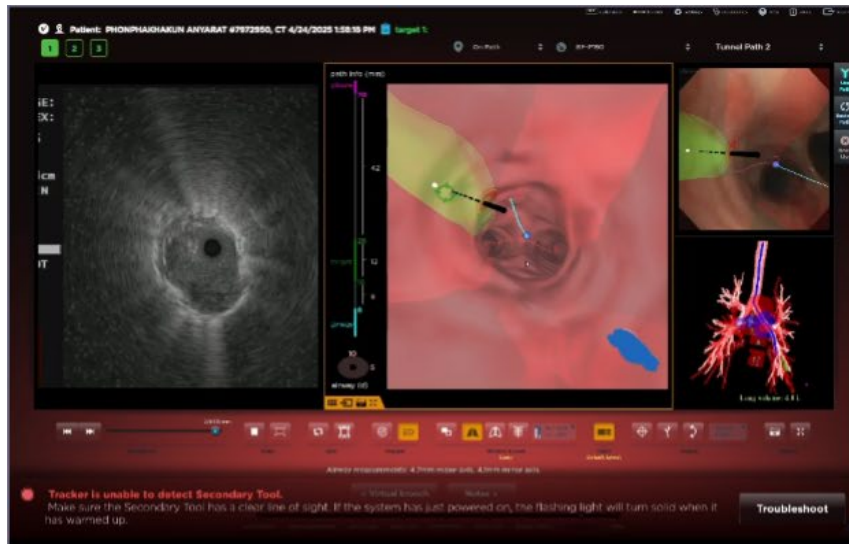


BTPNA+BroncAblate

– Tunneling with BroncTru + radial EBUS confirmation

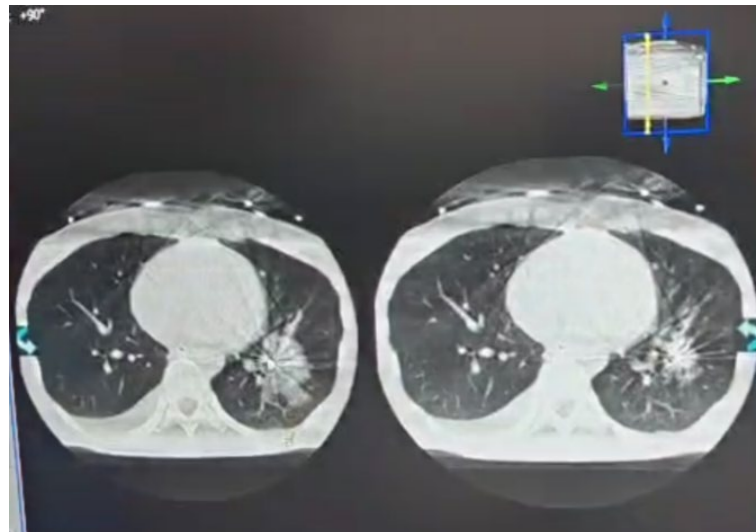
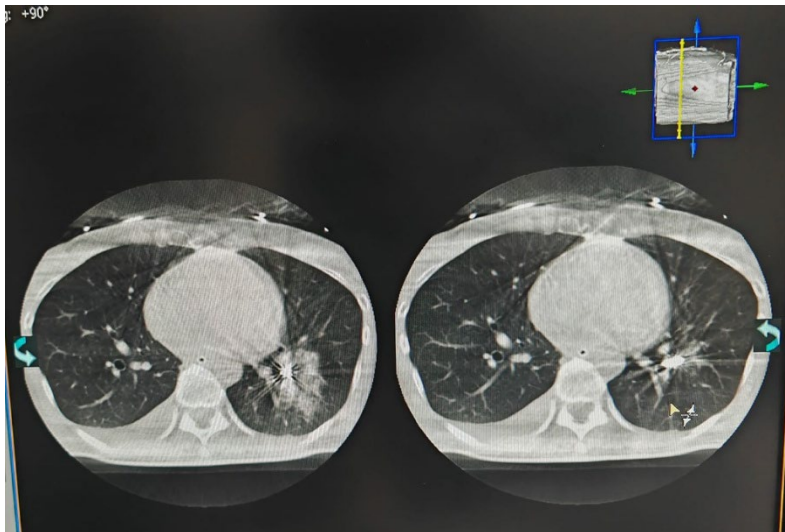
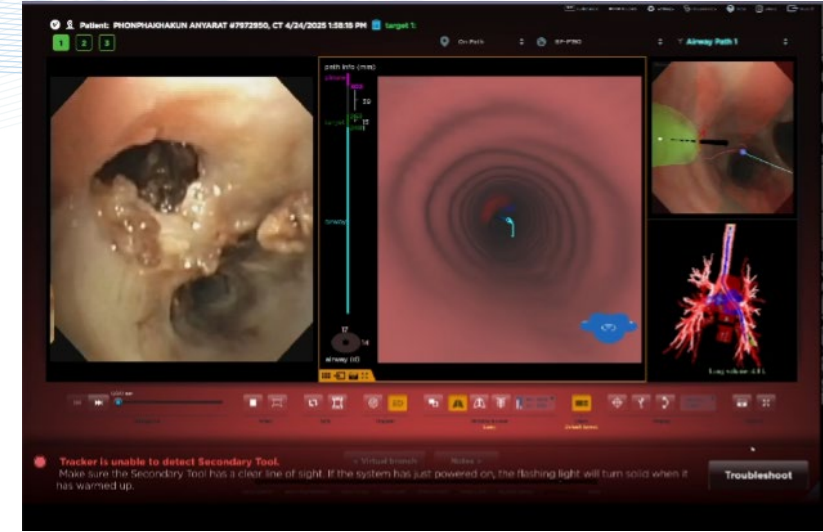
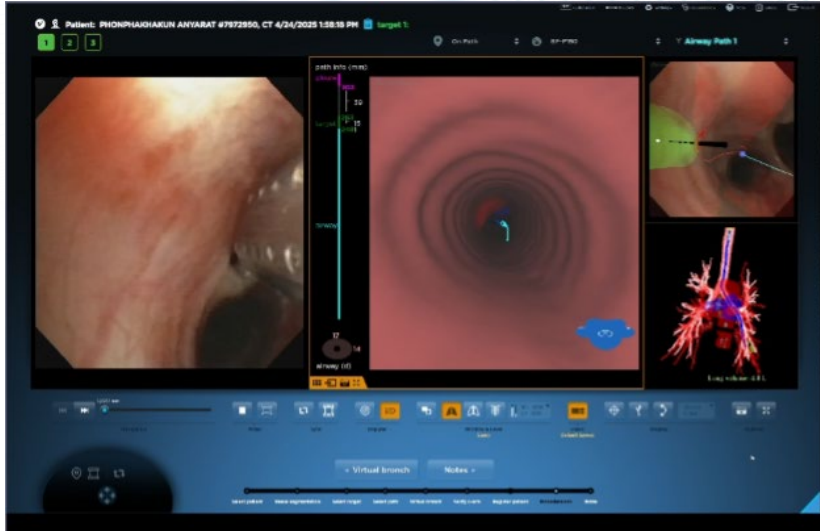


Biopsy with forceps and rapid on-site evaluation.
Pathology result is a **metastatic tumor**.



BTPNA+BroncAblate

– BroncAblate RFA + CBCT confirmation

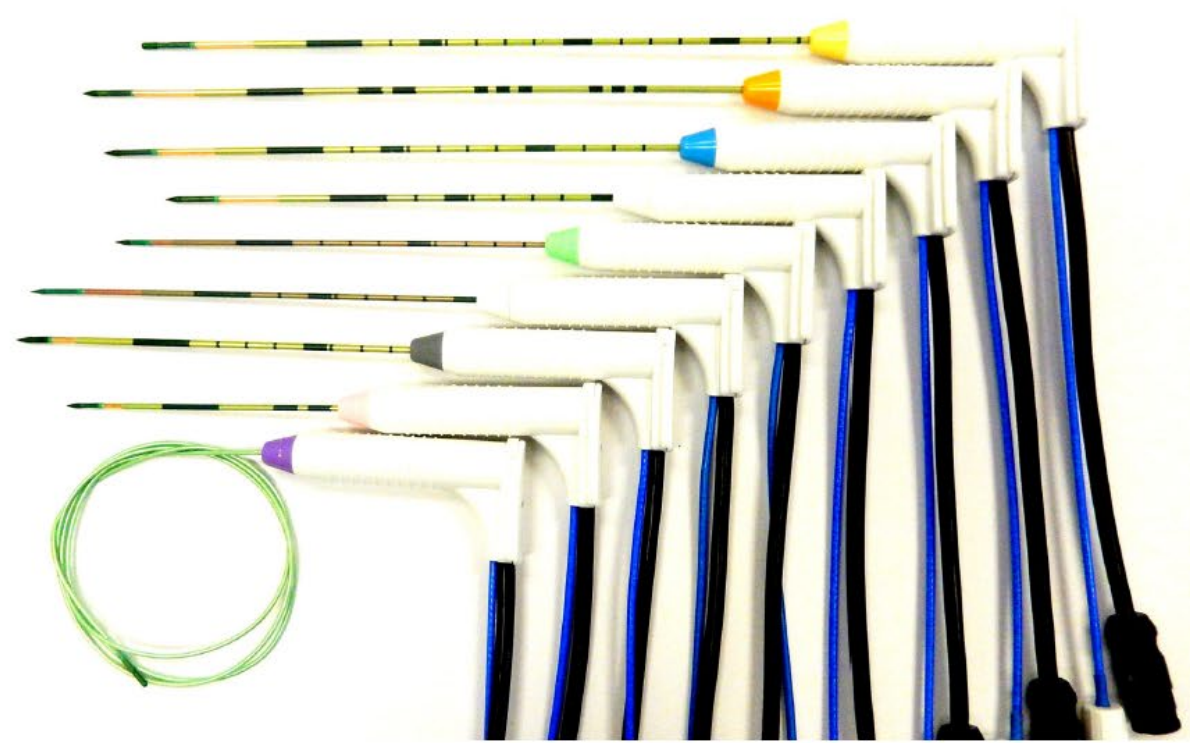
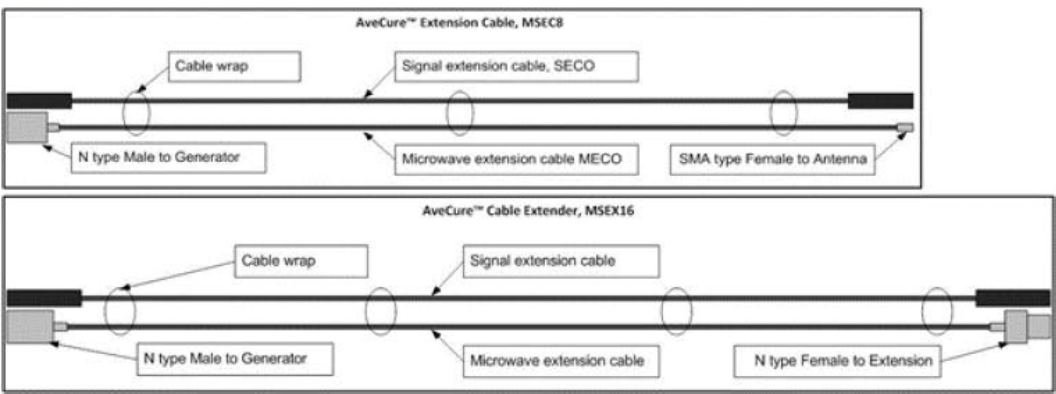


Twice ablation with BroncAblate
Ablation zone evaluation with CBCT



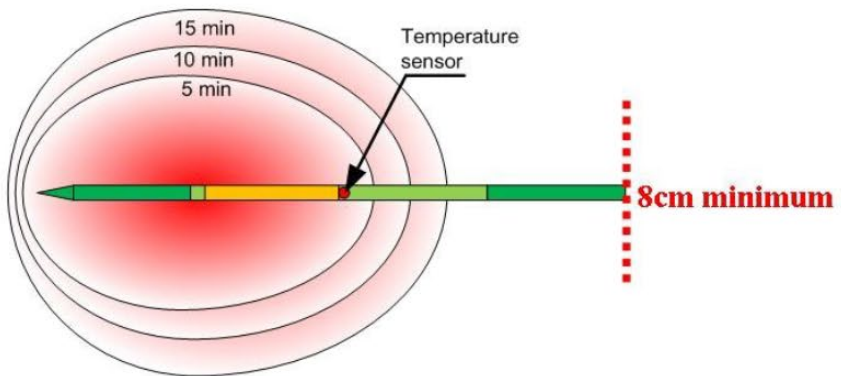
微波消融(microwave ablation)

- 利用電磁波（ 900–2500 MHz ）產生熱量，導致細胞死亡。
- MWA 受組織阻抗的影響較小，而肺部的組織阻抗相對較高，MWA 可產生更大、更快的消融區域，且熱沉較少。富含空氣的病變，例如磨玻璃結節，更適合使用 MWA 治療。
- MWA 合併影像引導（ 導航支氣管鏡和錐形束 CT ）的試驗報告顯示，技術成功率達 100%，有效率在 73% 至 100% 之間。
- 安全性和可行性是主要療效指標，但長期存活數據有限。
- 嚴重不良事件罕見報告，但可能包括消融後發燒反應（ 伴隨發燒 ）、胸痛/胸膜炎和需要引流的氣胸。



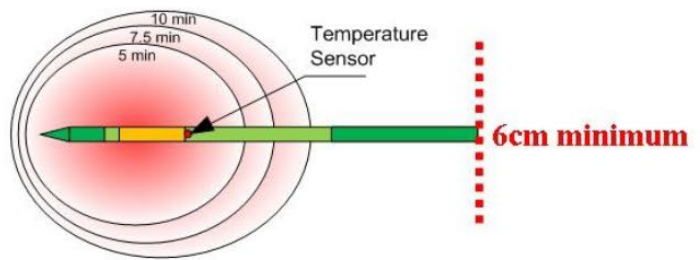
Large Antenna: 14 Gauge

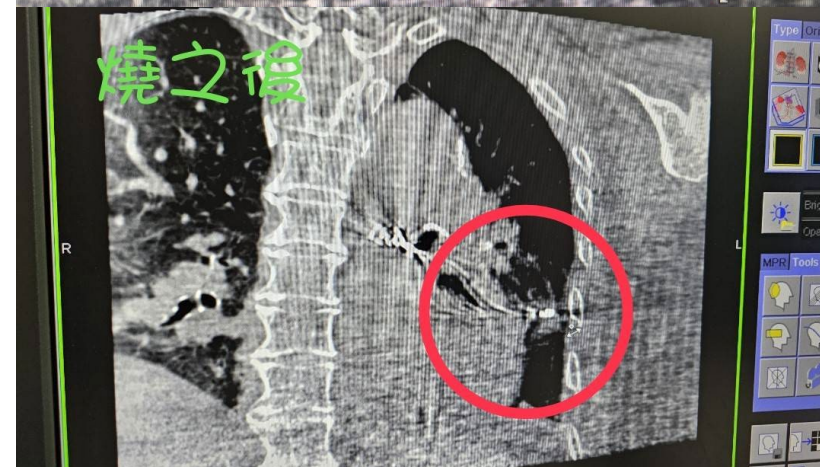
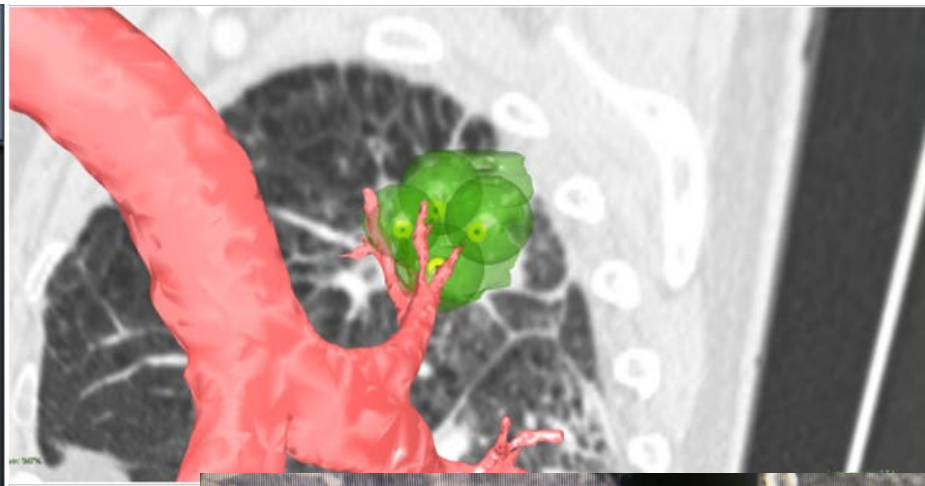
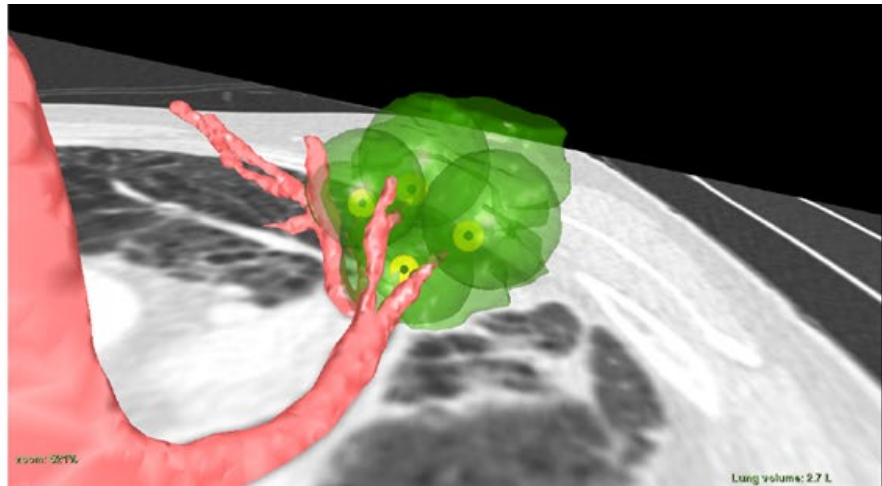
Time (minutes)	Temperature (°C)	Ablation coverage short x long axis (cm)	Beyond the tip of the antenna (mm)	Energy delivered (K-Joule)
5	120	3.0 x 5.0	3	10 kJ
10	120	4.0 x 5.5	4	18 kJ
15	120	5.0 x 6.0	5	24 kJ



Medium Antenna: 14 Gauge

Time (minutes)	Temperature (°C)	Ablation coverage short x long axis (cm)	Beyond the tip of the antenna (mm)	Energy delivered (K-Joule)
5	120	2.5 x 3.0	2	6 kJ
7.5	120	3.0 x 3.5	3	9 kJ
10	120	3.5 x 4.0	4	11 kJ



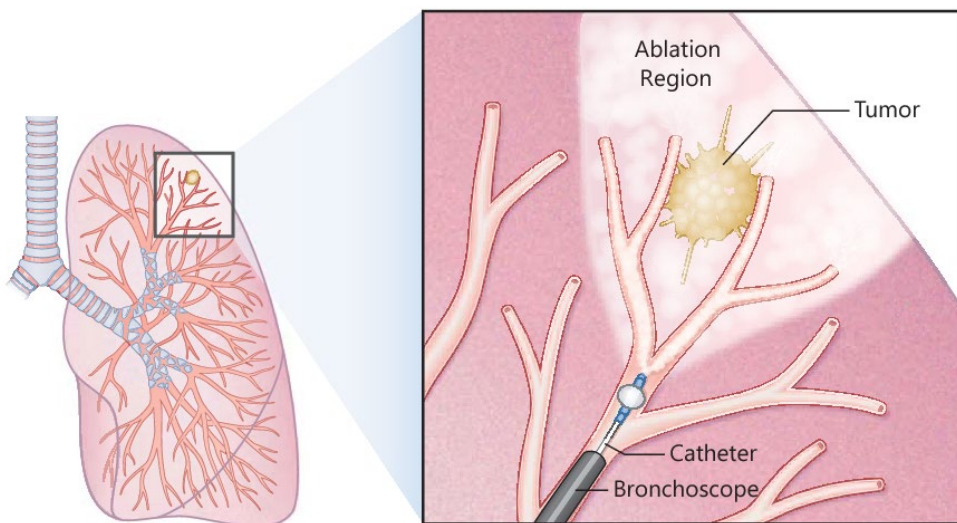


腫瘤內治療 (intratumoral therapy)

- 支氣管內腫瘤內化療是治療中央型非小細胞肺癌（NSCLC）的一種替代全身性治療方案，它能在腫瘤內達到高細胞毒性藥物濃度，同時最大限度地降低腫瘤外毒性。此療法可透過EBUS引導下的經支氣管針刺安全實施
- 對於腫瘤負荷較大的病例，術前腫瘤內注射乙醇可透過誘導腫瘤壞死和微循環栓塞來輔助治療。

支氣管鏡熱蒸汽消融術 Bronchoscopic Thermal Vapor Ablation, BTVA

- BTVA 在肺氣腫治療中應用廣泛，但也具有治療肺部腫瘤的潛力。

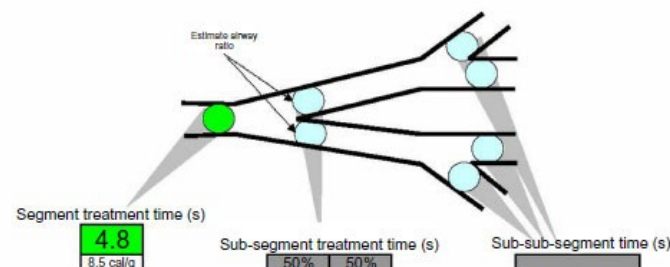


Right first segment: RB2 (posterior)

Segment volume:	380 mL
Segment mass:	20 g
Percent of lobe:	22 %
Tissue to air ratio:	5.6%

Target vapor dose:	8.5 cal/g
Vapor dose lower limit:	7.5 cal/g
Vapor dose upper limit:	8.5 cal/g

Preferred treatment location: Segmental level



Segment treatment time (s)

4.8

Sub-segment treatment time (s)

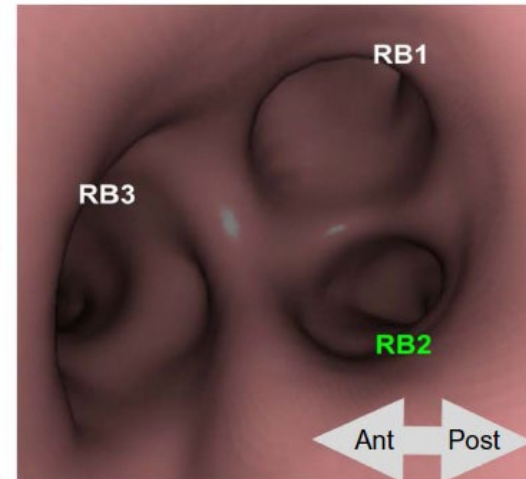
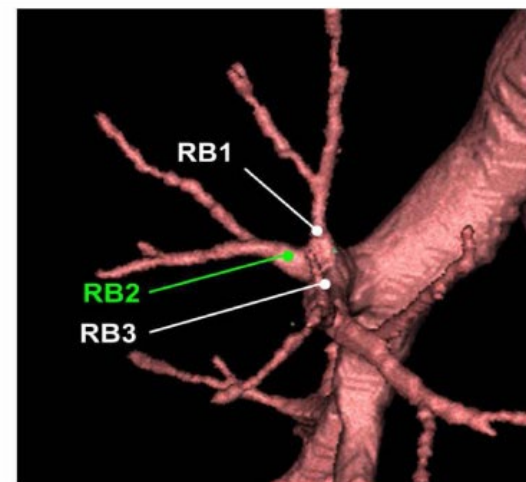
50%	50%
DNT	DNT
9.0 cal/g	9.0 cal/g
33%	67%
DNT	3.5
13.5 cal/g	8.5 cal/g
25%	75%
DNT	3.8
18.1 cal/g	8.5 cal/g

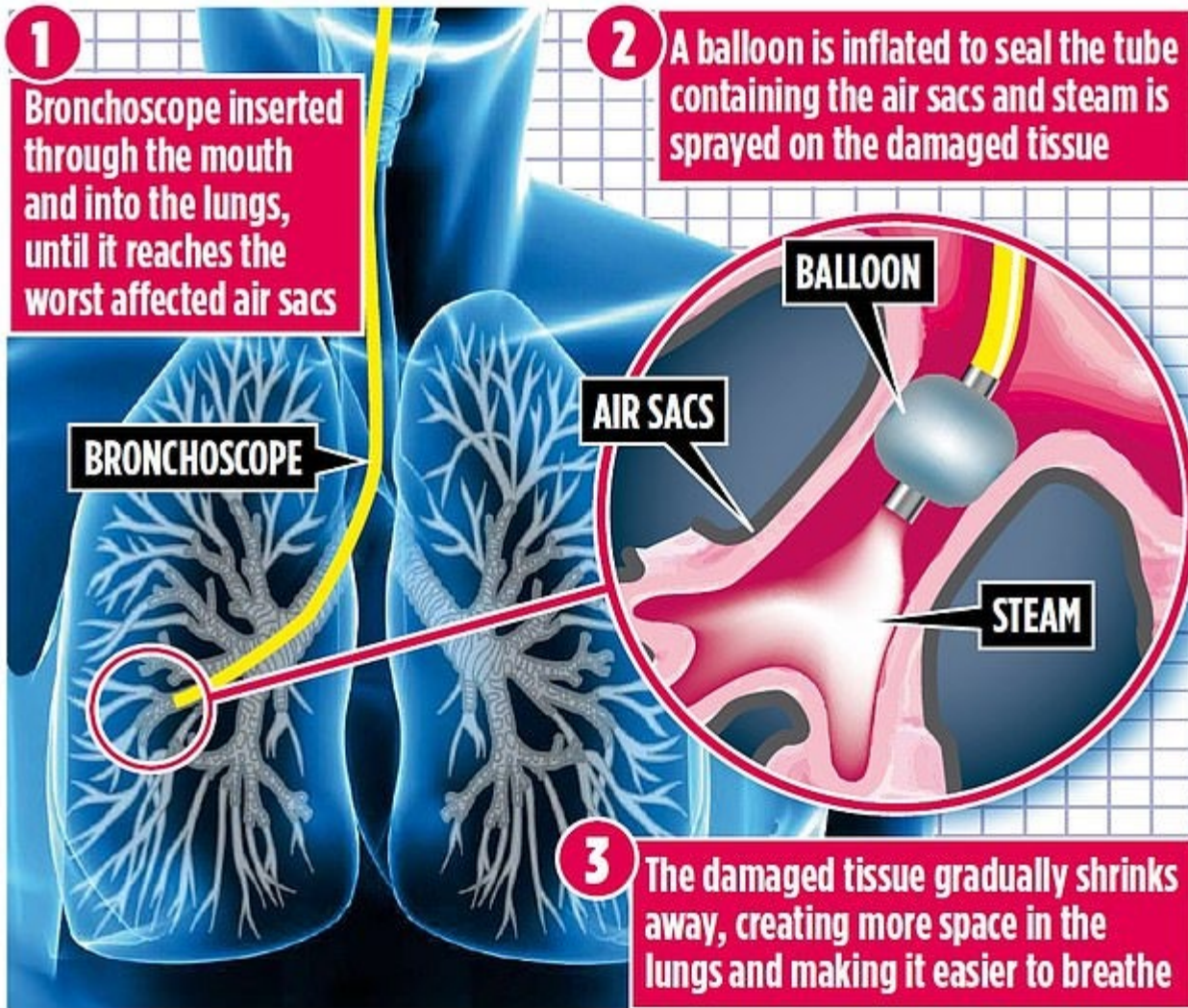
Sub-sub-segment time (s)

See page 9

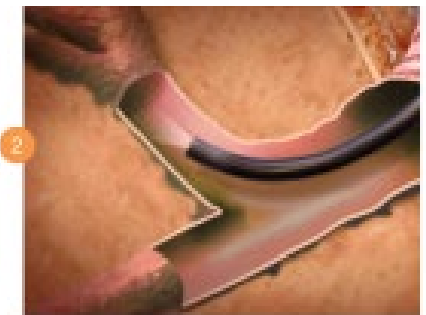
Comments:

None

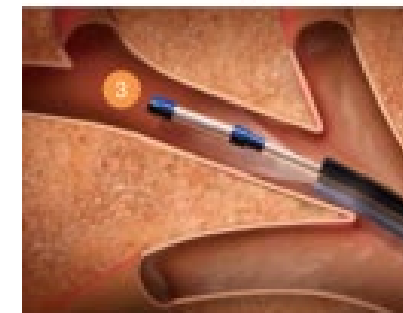




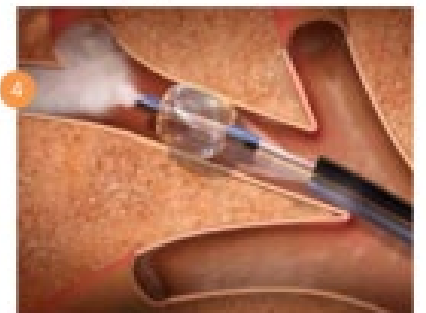
IP3 identifies diseased region for treatment



Bronchoscope is positioned into airway of diseased region



Steam delivery device is placed into bronchoscope to deliver steam



Steam delivered for 2 to 10 seconds, based on degree of emphysema

結論

- 介入性氣管鏡用於診斷和治療呼吸系統疾病，應用廣泛，尤其是在診斷或治療氣管與肺部的腫瘤，具有微創、迅速解決患者呼吸道症狀的特性，且大部分不需要住院，或縮短住院時間。
- 對於晚期的氣道內腫瘤造成的阻塞，介入性支氣管鏡手術的目的是緩解嚴重症狀，改善患者的功能狀態，使其能夠接受多模式治療，進而提高存活率。
- 介入性氣管鏡的工具不斷進步，包括應用人工智慧，發展導航系統以及機器人系統，使得越來越多肺周小結節能夠得到診斷與治療，對於目前因為低劑量電腦斷層篩檢出的早期肺癌，或是轉移性肺癌不適宜手術的患者，提供另一種治療方法。

T H I N K O U
感謝

謝謝聆聽~