

Segmentación pulmonar oclusiva endoscópica como una alternativa en la delimitación de los márgenes quirúrgicos

Endoscopic Occlusive Lung Segmentation as an Alternative in the Delimitation of Surgical Margins

Hernán Oliu Lambert^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-3779-939X>

Claudia Elejalde Tamayo² <https://orcid.org/0000-0002-4148-0448>

Karen Sandoval Castillo³ <https://orcid.org/0009-0005-6892-0078>

Ángel René Elejalde Larrinaga² <https://orcid.org/0000-0003-2356-5365>

¹Instituto Oncológico Regional del Cibao. Santiago de Cuba, Cuba.

²Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología., La Habana, Cuba.

³Hospital Universitario General Calixto García. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: dr.oliu@outlook.com

RESUMEN

Introducción: La segmentectomía anatómica se posiciona como alternativa en nódulos pulmonares y pacientes con función respiratoria limitada, requiriendo una delimitación segmentaria precisa para preservar el parénquima sano.

Objetivo: Proponer la técnica de oclusión pulmonar segmentaria intraoperatoria mediante balón guiado por broncoscopia flexible, orientada a solucionar el desafío crítico de identificar de forma precisa el segmento pulmonar a reseca durante las segmentectomías por cirugía torácica video asistida (VATS).

Métodos: Se llevó a cabo una revisión narrativa descriptiva de la literatura (enero 2015-marzo 2025) en PubMed, Scopus, Web of Science y SciELO. Se emplearon,

términos *MeSH* y palabras clave. De 267 referencias iniciales, dos revisores seleccionaron 82 artículos y analizaron en detalle 33, clasificando técnicas de inyección de color, ventilación diferencial, navegación broncoscópica y oclusión con balón.

Desarrollo: La técnica introduce un balón por el broncoscopio flexible para ocluir selectivamente el bronquio segmentario, insuflar oxígeno en el segmento objetivo y diferenciarlo claramente del pulmón colapsado. Esto permite definir márgenes de resección con precisión, reducir fugas aéreas y disfunción respiratoria, y facilita su uso en centros con recursos tecnológicos limitados.

Conclusiones: La técnica de oclusión pulmonar segmentaria intraoperatoria muestra potencial para optimizar resultados en segmentectomías por toracoscopia garantizando delimitación anatómica exacta y conservación pulmonar. Aunque requiere alta destreza broncoscópica y puede presentar retos en anatomías complejas, amplía las opciones quirúrgicas en tumores pequeños y en pacientes con función comprometida.

Palabras clave: broncoscopia flexible; oclusión bronquial; segmentectomía pulmonar; ventilación colateral pulmonar.

ABSTRACT

Introduction: Anatomical segmentectomy is positioned as an alternative in pulmonary nodules and patients with limited respiratory function, requiring precise segmental delimitation to preserve healthy parenchyma.

Objective: To propose the technique of intraoperative segmental pulmonary occlusion using a balloon guided by flexible bronchoscopy, aimed at solving the critical challenge of accurately identifying the pulmonary segment to be resected during segmentectomies by video-assisted thoracic surgery (VATS).

Methods: A descriptive narrative review of the literature (January 2015-March 2025) was conducted in PubMed, Scopus, Web of Science, and SciELO. *MeSH* terms and keywords were used. From 267 initial references, two reviewers selected 82 articles

and analyzed 33 in detail, classifying techniques of color injection, differential ventilation, bronchoscopic navigation, and balloon occlusion.

Development: The technique involves inserting a balloon through the flexible bronchoscope to selectively occlude the segmental bronchus, insufflate oxygen into the target segment, and clearly differentiate it from the collapsed lung. This allows for precise definition of resection margins, reduces air leaks and respiratory dysfunction, and facilitates its use in centers with limited technological resources.

Conclusions: The intraoperative segmental lung occlusion technique shows potential for optimizing results in thoracoscopic segmentectomies by ensuring accurate anatomical delimitation and lung preservation. Although it requires high bronchoscopic skill and can present challenges in complex anatomies, it expands surgical options in small tumors and in patients with compromised function.

Keywords: flexible bronchoscopy; bronchial occlusion; pulmonary segmentectomy; pulmonary collateral ventilation.

Recibido: 15/03/2025

Aceptado: 15/04/2025

Introducción

La segmentectomía anatómica se ha consolidado como una alternativa quirúrgica a la lobectomía en pacientes con nódulos pulmonares tempranos o con función pulmonar limitada. A diferencia de la resección en cuña, este procedimiento permite la escisión selectiva de uno o varios segmentos pulmonares con preservación del parénquima funcional circundante y adecuada resección oncológica.^(1,2,3,4)

No obstante, la identificación precisa de los límites segmentarios representa un reto técnico crucial para optimizar los resultados quirúrgicos y evitar tanto la resección insuficiente como el sacrificio innecesario de tejido pulmonar. La correcta

delimitación de los segmentos es esencial no solo para la resección oncológica sino también para minimizar complicaciones posoperatorias como fugas aéreas prolongadas y disfunción respiratoria.^(1,2,3,4)

El desarrollo de técnicas broncoscópicas ha permitido avances significativos en la delimitación de los segmentos pulmonares durante la segmentectomía anatómica. Métodos como la navegación broncoscópica electromagnética, la inyección de colorantes intrabronquiales y la fluorescencia con verde de indocianina han mejorado la visualización y diferenciación de las estructuras segmentarias, facilitando una disección más precisa y segura, sin embargo, muchos de estos métodos son de difícil acceso en países subdesarrollados. Además, la integración de la broncoscopia con técnicas de imagen intraoperatorias como la tomografía computarizada de alta resolución y la fluoroscopia tridimensional ha optimizado la planificación quirúrgica y la ejecución del.^(5,6,7)

La evolución de estos métodos ha permitido superar algunas limitaciones de la segmentectomía tradicional, como la identificación subjetiva de las estructuras broncovasculares y la dependencia de referencias anatómicas variables entre pacientes. Asimismo, la posibilidad de una delimitación segmentaria más precisa ha ampliado las indicaciones de la segmentectomía anatómica, permitiendo su aplicación en pacientes con tumores de menor tamaño y en aquellos con mayor riesgo quirúrgico.^(2,8)

El objetivo del estudio fue proponer la técnica de oclusión pulmonar segmentaria intraoperatoria mediante balón guiado por broncoscopia flexible, orientada a solucionar el desafío crítico de identificar de forma precisa el segmento pulmonar a reseca durante las segmentectomías por cirugía torácica video asistida (VATS).

Métodos

Se realizó una revisión narrativa descriptiva, centrada en sintetizar y comparar enfoques existentes para la delimitación segmentaria pulmonar intraoperatoria y en

proponer una técnica de oclusión segmentaria con balón guiado por broncoscopia flexible (acrónimo SECTOR: *Segmental Endobronchial Control for Thoracoscopic Resection*). La revisión abarcó la producción científica y técnica publicada durante los últimos diez años: desde enero de 2015 hasta marzo de 2025.

Se incluyeron:

- Estudios originales y revisiones sobre segmentectomía pulmonar, técnicas de oclusión segmentaria y navegación broncoscópica.
- Artículos relativos a broncoscopia flexible, VATS, imagen intraoperatoria (tomografía computarizada, fluoroscopia).
- Publicaciones en inglés o español, con texto completo disponible, que describieran métodos de delimitación segmentaria en humanos o en simulaciones preclínicas.

Se excluyeron:

- Estudios en modelos animales sin correlato intraoperatorio.
- Reportes anecdóticos sin descripción técnica detallada.
- Publicaciones fuera del periodo señalado.

La búsqueda se realizó en PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science y SciELO. Se combinaron términos MeSH y palabras clave en inglés y español, usando operadores booleanos (AND, OR) y truncamientos.

Combinaciones tratadas (segmentectomy OR segmental resection) AND (bronchoscopy OR endobronchial) AND (balloon occlusion OR segmental occlusion) AND (thoracoscopic OR "VATS") Cada estrategia fue adaptada a la sintaxis de cada base.

Se recogieron 267 referencias tras aplicar filtros de fecha y disponibilidad de texto completo que fueron filtradas hasta quedar 33 documentos, aplicando criterios de

inclusión/exclusión y de estos textos se tabularon las características de la población o modelo, tipo de técnica, equipos y resultados principales. La información se organizó por categorías, comparando beneficios y limitaciones en entornos con recursos limitados.

A partir de la comparativa, se diseñó en detalle la metodología de oclusión pulmonar segmentaria intraoperatoria con balón guiado por broncoscopia flexible (SECTOR), destacando su viabilidad, pasos operatorios y posibles ventajas clínicas.

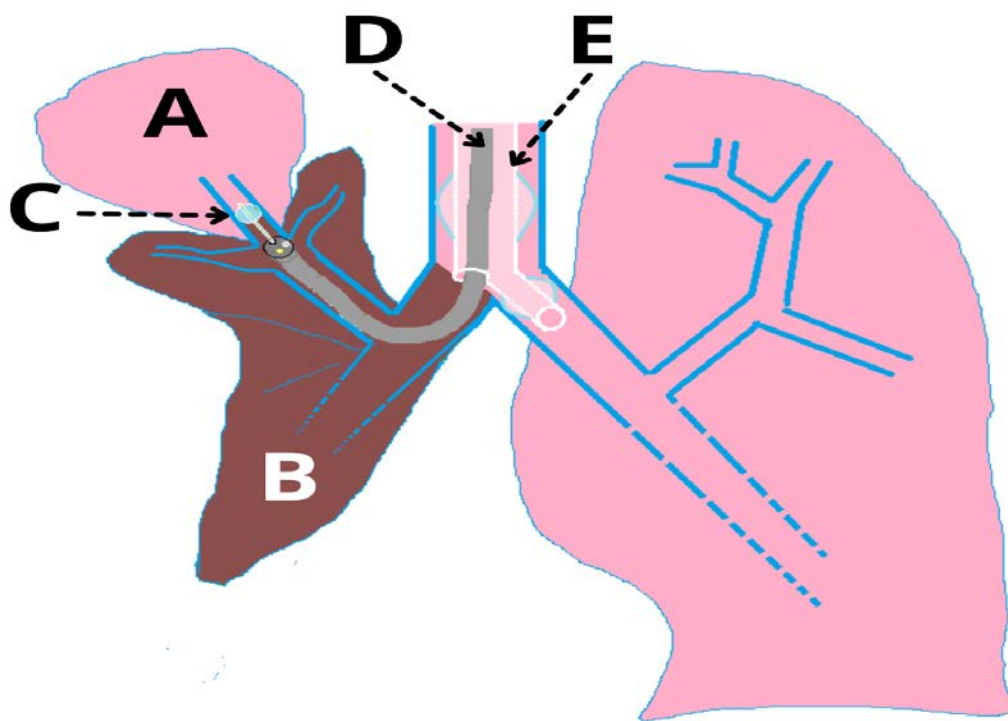
Este enfoque permitió documentar con rigor la elección del diseño narrativo, el marco temporal, la selección y análisis de las fuentes, y los procedimientos empleados para proponer la técnica SECTOR como innovación en segmentectomías toracoscópicas.

Presentación de la técnica SECTOR

La técnica de oclusión pulmonar segmentaria intraoperatoria mediante balón guiado por broncoscopia flexible se propone como una solución innovadora para la delimitación precisa de los segmentos pulmonares durante las segmentectomías realizadas por VATS. El proceso consiste en el uso de un balón que se introduce a través del bronquio correspondiente al segmento pulmonar a reseca. El balón, una vez posicionado en el bronquio segmentario, se insufla para bloquear el flujo de aire hacia el segmento específico, lo que permite la delimitación de los límites anatómicos del segmento pulmonar.

El procedimiento comienza con la identificación del segmento pulmonar de interés, usando imágenes preoperatorias como la tomografía computarizada (TC) para determinar la localización exacta del tumor o nódulo. Una vez realizado el acceso quirúrgico mediante VATS, se introduce el broncoscopio flexible para guiar el balón hasta el bronquio correspondiente al segmento pulmonar. El balón se insufla cuidadosamente para ocluir completamente el bronquio segmentario, que luego de instilarse oxígeno a través de este catéter, proporciona una visualización clara y precisa de los límites del segmento, distinguiéndolo del resto del pulmón colapsado. La técnica original propuesta de *Okada*⁽⁹⁾ y otros consiste en la oclusión del segmento

mediante un broncoscopio a través del cual se le instila oxígeno y descubre la anatomía segmentaria del parénquima pulmonar diferenciándolo del resto del pulmón colapsado. Esto asegura que la resección sea anatómicamente correcta, preservando el parénquima sano circundante y mejorando la precisión de la intervención.^(4,9,10,11,12,13,14) La oclusión segmentaria también permite evitar la resección insuficiente o el sacrificio innecesario de tejido pulmonar. La técnica original de Okada con el broncoscopio se limita en escenarios de bajos recursos, puesto que requiere la existencia de broncoscopios de varios calibres para adaptarse a las dimensiones de los segmentos mientras que, con el balón, el nivel de insuflación lograría adaptarse al diámetro segmentarios y subsegmentarios de manera eficiente evitando fugas innecesarias o la imposibilidad de alcanzar un subsegmento (fig. 1).



A) segmento diana insuflado; B) pulmón colapsado; C) catéter con balón intrabronquial insuflado; D: broncoscopio; E) tubo endotraqueal de doble lumen.

Obsérvese cómo se logra distinguir el segmento S1 del resto del pulmón colapsado.

Fig. 1- Representación esquemática de oclusión con balón en el segmento B₁.

Fundamentos fisiológicos

Para la correcta aplicación de la técnica SECTOR, es fundamental entender la relación entre ventilación, perfusión y la capacidad pulmonar de cada segmento. Una vez ocluido el bronquio segmentario, la insuflación con oxígeno debe realizarse con un volumen suficiente para expandir el segmento sin generar hiperpresión, lo que podría afectar la visualización quirúrgica o la seguridad del procedimiento.^(1,15)

Ventilación y perfusión pulmonar

La fisiología pulmonar se basa en dos procesos principales:

- la ventilación, que permite la entrada y salida de aire en los pulmones, y
- la perfusión, que transporta sangre para el intercambio gaseoso.

Cada segmento pulmonar tiene su propio bronquio segmentario y su irrigación sanguínea independiente a través de las arterias pulmonares.

En la segmentectomía es fundamental delimitar con precisión el segmento pulmonar a resear, preservando el parénquima sano circundante.^(15,16,17,18)

La técnica de oclusión segmentaria intraoperatoria con balón se basa en la insuflación del segmento previamente ocluido dentro de un pulmón colapsado, permitiendo su diferenciación visual respecto al tejido adyacente. A diferencia de otras técnicas de delimitación segmentaria, este método no busca mantener la función ventilatoria ni perfusional del segmento ocluido, sino generar una distinción anatómica clara para facilitar la resección quirúrgica.^(10,11,12,13,17,19)

Para ello, la insuflación debe ser controlada evitando presiones excesivas que puedan distorsionar los límites segmentarios o generar fugas innecesarias. Desde el punto de vista biofísico, la insuflación del segmento depende del volumen y presión del gas administrado. Un control adecuado de la insuflación permite expandir el segmento sin afectar la estabilidad del procedimiento ni la seguridad del paciente.^(10,11,12,13)

Determinación de circulación colateral de aire

La ventilación colateral es un factor clave en la segmentectomía, ya que puede comprometer la eficacia de la insuflación selectiva del segmento diana. En presencia de ventilación colateral significativa, el aire insuflado puede desviarse a otros segmentos, dificultando la delimitación precisa del área a resear. Si bien existen herramientas para evaluar la ventilación colateral a nivel lobar, su aplicación a nivel segmentario sigue siendo un desafío debido a las variaciones anatómicas individuales y la limitada resolución de los métodos diagnósticos actuales.

Dentro de los métodos diagnósticos disponibles se encuentran:

- Tomografía computarizada de alta resolución (TCAR): permite evaluar la integridad de las cisuras pulmonares y detectar posibles comunicaciones entre segmentos. Si la cisura es completa, es menos probable que haya ventilación colateral significativa; sin embargo, la TCAR no puede identificar conexiones colaterales microscópicas.⁽¹⁰⁾
- Pruebas de función pulmonar específicas: técnicas como la pletismografía corporal pueden sugerir la presencia de ventilación colateral al detectar patrones ventilatorios atípicos, aunque no permiten localizar con precisión la ventilación colateral en un segmento específico.^(20,21,22)
- Evaluación endoscópica con oclusión selectiva: durante una broncoscopia flexible, se puede realizar la oclusión temporal de segmentos específicos con un balón para evaluar si hay pérdida de presión en el segmento diana. Si el segmento no se insufla adecuadamente o el aire se dispersa hacia otras áreas, sugiere la presencia de ventilación colateral significativa. El sistema *CHARTIS®* es una herramienta diseñada para evaluar la ventilación colateral en procedimientos de reducción de volumen pulmonar. Su uso en la segmentectomía permitiría determinar si la insuflación selectiva del

segmento diana será efectiva o si habrá pérdida de presión que comprometa la técnica.^(13,16,21,23,24)

Balones intrabronquiales para selección segmentaria

La evaluación de la ventilación colateral en segmentos pulmonares específicos es clave para determinar la eficacia de la insuflación selectiva en la segmentectomía. Si la ventilación colateral es significativa, la insuflación del segmento ocluido con balón podría ser menos efectiva, ya que el aire insuflado puede dispersarse a través de conexiones colaterales, dificultando la diferenciación anatómica del segmento diana. En la actualidad, no existen balones intrabronquiales diseñados específicamente para esta aplicación, pero es posible adaptar catéteres de balón comerciales, siempre que cumplan con ciertas características esenciales para una oclusión eficaz y segura.^(23,24,25,26,27,28,29)

Características esenciales de los catéteres balón intrabronquiales

- Longitud adecuada del catéter: Depende de la anatomía individual y del broncoscopio utilizado. Debe ser suficiente para alcanzar todas las áreas del árbol bronquial, permitiendo la navegación efectiva hasta segmentos pulmonares distales.
- Compatibilidad con el canal de trabajo del broncoscopio: el diámetro externo del catéter debe ser compatible con el canal de trabajo del broncoscopio (usualmente de 2,0 mm a 3,2 mm), garantizando una inserción y manipulación sin obstáculos. El catéter debe seleccionarse cuidadosamente para evitar resistencia o interferencia con la instrumentación.
- Tamaño y capacidad del balón: el balón debe permitir la oclusión efectiva del bronquio segmentario o subsegmentario sin causar daño a la mucosa bronquial, por lo que es fundamental que el balón tenga una capacidad de insuflación ajustable, permitiendo adaptarse al diámetro de los bronquios segmentarios y subsegmentarios sin comprometer la integridad del tejido.

La selección del catéter y balón debe basarse en la anatomía segmentaria del paciente, idealmente guiada por imágenes preoperatorias como la TCAR. (fig. 2)

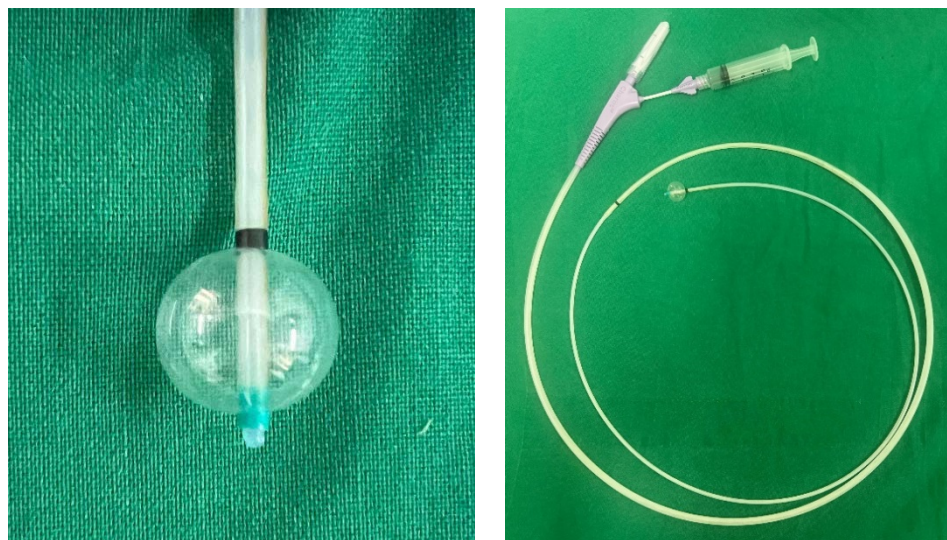


Fig. 2- Balón ideal propuesto perteneciente al sistema *CHARTIS®* de Pulmón.

Consideraciones fisiológicas y biofísicas

La correcta selección y uso de un catéter balón intrabronquial en la delimitación segmentaria requieren comprender las propiedades biomecánicas de las vías respiratorias y ajustar la insuflación para maximizar su eficacia sin comprometer la seguridad del procedimiento.

- Elasticidad y resistencia de la pared bronquial: Los bronquios segmentarios poseen elasticidad, lo que les permite adaptarse a cambios de volumen y presión. Una distensión excesiva puede superar el límite elástico del tejido, provocando microlesiones o desgarros en la mucosa bronquial, por ello, el balón debe inflarse hasta un volumen suficiente para lograr una oclusión efectiva.
- Presión de insuflación controlada: en la técnica de oclusión segmentaria, la presión del balón debe ser suficiente para evitar fugas de aire, pero sin generar

hiperpresión que comprometa la integridad del bronquio, afectando la perfusión local y generando distorsiones en la delimitación segmentaria. Se recomienda el uso de manómetros o sistemas de control de presión para ajustar la insuflación dentro de niveles seguros, evitando el colapso prematuro del segmento durante la cirugía.

- Tiempo de oclusión segmentaria: la oclusión debe mantenerse únicamente durante el tiempo necesario para delimitar el segmento diana y realizar la segmentectomía con precisión, ya que oclusiones prolongadas pueden inducir alteraciones en la ventilación y perfusión y comprometer la planificación quirúrgica.

Impacto esperado de la oclusión en la función pulmonar

La insuflación del balón de manera adecuada y controlada asegura que el segmento pulmonar a ser resecado se mantenga ventilado de manera temporal sin afectar la circulación sanguínea en el área. Sin embargo, al hacer esto, se debe ser consciente de las compensaciones respiratorias que el cuerpo realizará. Los pulmones en su totalidad son un sistema dinámico que se adapta a cambios en la ventilación. El cálculo de la capacidad óptima de oxígeno de un segmento debe tener en cuenta tanto la capacidad de los pulmones para realizar este tipo de compensación, como la tolerancia al daño isquémico que el tejido pulmonar puede experimentar si la oclusión es excesiva.

La técnica propuesta debe ser cuidadosamente ajustada a las necesidades individuales del paciente, tomando en cuenta estos factores fisiológicos para maximizar la seguridad y la efectividad del procedimiento.^(10,11,12,13)

Ventajas teóricas de la técnica

La técnica de oclusión pulmonar segmentaria intraoperatoria con balón guiado por broncoscopia flexible presenta varias ventajas teóricas que podrían mejorar

significativamente los resultados de las segmentectomías, especialmente en pacientes con tumores pulmonares periféricos.

A continuación, se detallan las ventajas principales:

- Precisión en la delimitación segmentaria: La capacidad de bloquear temporalmente el flujo de aire hacia el segmento afectado sin comprometer la perfusión sanguínea facilita una visualización clara de los márgenes de resección.
- -Preservación del parénquima pulmonar funcional: permite preservar los segmentos pulmonares adyacentes y evitar la resección innecesaria de tejido sano. Esto es importante en pacientes con función pulmonar comprometida, ya que se maximiza la cantidad de tejido pulmonar funcional restante.
- -Reducción de complicaciones posoperatorias: la técnica puede reducir la incidencia de complicaciones comunes en las segmentectomías. Al delimitar claramente los márgenes, se minimiza el riesgo de resección insuficiente y de comprometer la integridad de los pulmones, lo que podría evitar la formación de fugas o el desarrollo de infecciones postoperatorias.
- -Aplicabilidad en entornos con recursos limitados: en comparación con técnicas más avanzadas como la navegación broncoscópica electromagnética o la fluorescencia con verde de indocianina, esta técnica utiliza equipos más accesibles, como la broncoscopia flexible y un balón, lo que la hace viable en entornos con recursos limitados. Esto podría ampliar la disponibilidad de segmentectomías precisas en hospitales con infraestructura más modesta, sin sacrificar la calidad del procedimiento.
- -Reducción de la complejidad técnica: La técnica permitiría simplificar algunos aspectos de la intervención, como la identificación de los márgenes del segmento a resecar logrando disminuir la curva de aprendizaje para los cirujanos menos experimentados, facilitando la adopción de la técnica en diversas instituciones.^(17,23,30,31)

Desventajas esperadas de la técnica

Existen desventajas y limitaciones potenciales que deben ser consideradas:

- Dependencia de la experiencia en broncoscopia: la efectividad de la técnica depende en gran medida de la habilidad del cirujano en el uso de la broncoscopia flexible. En pacientes con anatomía pulmonar compleja o variada, puede ser difícil posicionar el balón correctamente, lo que podría comprometer la precisión de la delimitación segmentaria.
- Posibilidad de complicaciones intraoperatorias: existe riesgo de complicaciones durante la insuflación del balón. La insuflación excesiva podría generar presión dentro del bronquio, con la consecuente afección de la perfusión sanguínea o incluso causar daño en las estructuras pulmonares circundantes. La oclusión del bronquio segmentario, aunque temporal, puede inducir efectos adversos como la hipoxia en los segmentos adyacentes si no se maneja adecuadamente.
- Limitación en pacientes con anatomía pulmonar variada: en pacientes con anatomía pulmonar atípica o bronquios segmentarios de difícil acceso, la colocación del balón podría resultar complicada.
- Dependencia de tecnologías complementarias: aunque la técnica es accesible, en ciertos casos se puede beneficiar del uso de tecnologías adicionales, como la fluoroscopia o la tomografía computarizada para confirmar la correcta colocación del balón. Además, la insuflación del balón debe ser monitoreada de cerca para evitar complicaciones, lo que podría requerir un equipo adicional o personal especializado.

En la tabla 1, se resumen y comparan las ventajas y desventajas descritas anteriormente de la técnica SECTOR, así como, algunas consideraciones técnicas de

importancia los que permite apreciar los elementos favorables de la técnica como las áreas que requieren especial atención o recursos adicionales.

Tabla 1 – Técnica de oclusión segmentaria con balón guiado por broncoscopia flexible, comparación de ventajas, desventajas y consideraciones

Ventajas	Desventajas	Consideraciones
Precisión en la delimitación segmentaria	Dependencia de la experiencia en broncoscopia	Requiere experiencia en el uso de la broncoscopia flexible
Preservación del parénquima pulmonar funcional	Posibilidad de complicaciones intraoperatorias (desplazamiento del balón)	Necesita una correcta evaluación de la anatomía pulmonar del paciente
Reducción de complicaciones postoperatorias	Limitación en pacientes con anatomía pulmonar compleja	Puede requerir tecnologías adicionales como fluoroscopia o TC
Aplicabilidad en entornos con recursos limitados	Dependencia de tecnologías complementarias	Posibles efectos secundarios de la oclusión si no se maneja adecuadamente
Reducción de la complejidad técnica	Posibles dificultades en pacientes con función pulmonar comprometida	La insuflación debe ser monitoreada cuidadosamente

Comparación de SECTOR respecto a otras técnicas

Las técnicas actuales para la delimitación segmentaria en segmentectomías por VATS incluyen la navegación broncoscópica electromagnética, la inyección de colorantes intrabronquiales y la fluorescencia con verde de indocianina. La primera ofrece alta precisión mediante imágenes 3D, pero su alto costo y necesidad de equipos especializados limitan su accesibilidad.^(7,11,12,13,21,32,33) La inyección de colorantes es sencilla y accesible, aunque su precisión depende de la dispersión del marcador. La fluorescencia con verde de indocianina mejora la visibilidad quirúrgica mediante luz activada, pero requiere tecnología específica y disponibilidad del agente fluorescente.^(7,11,12,13,21) Cada técnica tiene ventajas y limitaciones según el contexto y los recursos disponibles, como se puede apreciar en la tabla 2.^(7,11,12,13,21,26,27)

Tabla 2 - Comparación entre técnicas de delimitación segmentaria respecto SECTOR

Técnica	Comparación	Ventajas*	Desventajas*
Navegación broncoscópica electromagnética	Más precisa en la localización del segmento, pero costosa y requiere equipos especializados La técnica propuesta es más accesible	Mayor accesibilidad y menor costo, sin necesidad de equipos electromagnéticos	Requiere mayor habilidad en broncoscopia flexible para una correcta colocación del balón
Inyección de colorantes intrabronquiales	Más sencilla y accesible, pero menos precisa que la técnica propuesta, ya que depende de la dispersión del colorante	No depende de la correcta dispersión del colorante para la delimitación segmentaria	Puede ser más compleja de aplicar en comparación con la simple inyección de colorante
Fluorescencia con verde de indocianina	Brinda excelente visibilidad, pero requiere equipos costosos La técnica propuesta ofrece delimitación precisa con menor costo	No requiere equipo fluorescente costoso, siendo una opción más viable en entornos con recursos limitados	No brinda una visualización fluorescente tan clara como el verde de indocianina
Técnicas de inflación / deflación	Similar en precisión a la técnica propuesta, pero depende de la insuflación correcta y puede ser más difícil de estandarizar	Permite una mejor delimitación sin depender de la insuflación y deflación del pulmón	Depende de la correcta insuflación del balón y la evaluación de la ventilación colateral
Iluminación del segmento	No requiere equipo avanzado, pero su efectividad es limitada en comparación con la técnica propuesta, que permite una delimitación más clara.	Ofrece una mejor diferenciación del segmento pulmonar sin depender únicamente de la iluminación.	Requiere experiencia en broncoscopia para una correcta manipulación del balón.

* Ventajas y desventajas de SECTOR con respecto a las otras técnicas.

Por lo que se puede concluir que la técnica propuesta SECTOR en segmentectomías por VATS surge como una estrategia prometedora al permitir resecciones selectivas y precisas que protegen el parénquima sano y reducen complicaciones postoperatorias (fugas aéreas, disfunción respiratoria), aunque su eficacia depende de la habilidad en broncoscopia y, en anatomías complejas, de apoyo imagenológico (fluoroscopia, TC). Su relativa simplicidad y adaptabilidad a entornos con recursos limitados la hacen

viable en muchos centros, especialmente para tumores pequeños o pacientes con función pulmonar reducida, si bien hacen falta estudios experimentales que confirmen sus beneficios clínicos.

Referencias bibliográficas

1. Batchelor TJP, Rasburn NJ, Abdelnour E, Brunelli A, Cerfolio RJ, Gonzalez M, *et al.* Guidelines for enhanced recovery after lung surgery: recommendations of the Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society and the European Society of Thoracic Surgeons (ESTS). *Eur J Cardiothorac Surg.* 2019 1;55(1):91-115. DOI: [10.1093/ejcts/ezy301](https://doi.org/10.1093/ejcts/ezy301)
2. Gossot D, Lutz J, Grigoriu M, Brian E, Seguin A. Thoracoscopic anatomic segmentectomies for lung cancer: technical aspects. *J Vis Surg.* 2016;30;2:171. DOI: [10.21037/jovs.2016.10.04](https://doi.org/10.21037/jovs.2016.10.04)
3. Kim HE, Yang YH, Lee CY. Video-Assisted Thoracic Surgery Segmentectomy. *J Chest Surg.* 2021 5;54(4):246-52. DOI: [10.5090/jcs.21.058](https://doi.org/10.5090/jcs.21.058)
4. Hernandez LA, Purmessur RD, Gonzalez D. Uniportal video-assisted thoracoscopic segmentectomy. *J Thorac Dis.* 2018;10(Suppl 10):S1205-14. DOI: [10.21037/jtd.2018.02.47](https://doi.org/10.21037/jtd.2018.02.47)
5. Gerretsen ECF, Chen A, Annema JT, Groenier M, van der Heijden EHFM, van Mook WNKA, *et al.* Effectiveness of Flexible Bronchoscopy Simulation-Based Training: A Systematic Review. *Chest.* 2023;164(4):952-62. DOI: [10.1016/j.chest.2023.05.012](https://doi.org/10.1016/j.chest.2023.05.012)
6. Misaki N, Chang SS, Igai H, Tarumi S, Gotoh M, Yokomise H. New clinically applicable method for visualizing adjacent lung segments using an infrared thoracoscopy system. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;140(4):752-6. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2010.07.020](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2010.07.020)
7. Jeon OH, Kim K, Kim CG, Choi BH, Lee JH, Kim BM, *et al.* Novel locally nebulized indocyanine green for simultaneous identification of tumor margin and

- intersegmental plane. Int J Surg. 2024;1:110(8):4708-15. DOI: [10.1097/JS9.0000000000001581](https://doi.org/10.1097/JS9.0000000000001581)
8. Gossot D, Seguin A. Anatomical variations and pitfalls to know during thoracoscopic segmentectomies. J Thorac Dis. 2018;10(Suppl 10):S1134-44. DOI: [10.21037/jtd.2017.11.87](https://doi.org/10.21037/jtd.2017.11.87)
9. Okada M, Mimura T, Ikegaki J, Katoh H, Itoh H, Tsubota N. A novel video-assisted anatomic segmentectomy technique: selective segmental inflation via bronchofiberoptic jet followed by cautery cutting. J Thorac Cardiovasc Surg. 2007;133(3):753-8. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2006.11.005](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2006.11.005)
10. Sekine Y, Ko E, Oishi H, Miwa M. A simple and effective technique for identification of intersegmental planes by infrared thoracoscopy after transbronchial injection of indocyanine green. J Thorac Cardiovasc Surg. 2012;143(6):1330-5. DOI: [10.1016/j.jtcvs.2012.01.079](https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.01.079)
11. Mai DVC, Drami I, Pring ET, Gould LE, Lung P, Popuri K, et al. BiCyCLE Research Group. A systematic review of automated segmentation of 3D computed-tomography scans for volumetric body composition analysis. J Cachexia Sarcopenia Muscle. 2023;14(5):1973-86. DOI: [10.1002/jcsm.13310](https://doi.org/10.1002/jcsm.13310)
12. Tsubota N. An improved method for distinguishing the intersegmental plane of the lung. Surg Today. 2000;30(10):963-4. DOI: [10.1007/s005950070056](https://doi.org/10.1007/s005950070056)
13. Klooster K, Koster TD, Ruwwe C, Theilig D, Doellinger F, Saccomanno J, et al. An Integrative Approach of the Fissure Completeness Score and Chartis Assessment in Endobronchial Valve Treatment for Emphysema. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. 2020;9;15:1325-1334. DOI: [10.2147/COPD.S242210](https://doi.org/10.2147/COPD.S242210)
14. González D, Méndez L, Delgado M, Fieira E, Fernández R, de la Torre M. Uniportal video-assisted thoracoscopic anatomic segmentectomy. J Thorac Dis. 2013;5(Suppl 3):S226-33. DOI: [10.3978/j.issn.2072-1439.2013.07.45](https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2013.07.45)
15. Cano PA, Mora LC, Enríquez I, Reis MS, Martínez E, Barturen F. One-lung ventilation with a bronchial blocker in thoracic patients. BMC Anesthesiol. 2023;6:23(1):398. DOI: [10.1186/s12871-023-02362-z](https://doi.org/10.1186/s12871-023-02362-z)

16. Li X, Zhang Q, Zhu Y, Yang Y, Xu W, Zhao Y, et al. Effect of perioperative goal-directed fluid therapy on postoperative complications after thoracic surgery with one-lung ventilation: a systematic review and meta-analysis. *World J Surg Oncol.* 2023;18:21(1):297. DOI: [10.1186/s12957-023-03169-5](https://doi.org/10.1186/s12957-023-03169-5)
17. Liu Z, Zhao L, Zhu Y, Bao L, Jia QQ, Yang XC, et al. The efficacy and adverse effects of the Uniblocker and left-side double-lumen tube for one-lung ventilation under the guidance of chest CT. *Exp Ther Med.* 2020;19(4):2751-56. DOI: [10.3892/etm.2020.8492](https://doi.org/10.3892/etm.2020.8492)
18. Nurok M, Talmor DS. Optimizing One-Lung Ventilation in Thoracic Surgery-Does Mode of Ventilation Matter? *Ann Thorac Surg.* 2023;116(1):179-80. DOI: [10.1016/j.athoracsur.2023.02.036](https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2023.02.036)
19. Nex G, Schiavone M, De Palma A, Quercia R, Brascia D, De Iaco G, et al. How to identify intersegmental planes in performing sublobar anatomical resections. *J Thorac Dis.* 2020;12(6):3369-75. DOI: [10.21037/jtd.2020.01.09](https://doi.org/10.21037/jtd.2020.01.09)
20. Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, Thompson B, Aliverti A, Barjaktarevic I, et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur Respir J.* 2022;13:60(1):2101499. DOI: [10.1183/13993003.01499-2021](https://doi.org/10.1183/13993003.01499-2021)
21. Joshi A, Mittal P, Rai AM, Verma R, Bhandari B, Razdan S. Variations in Pulmonary Fissure: A Source of Collateral Ventilation and Its Clinical Significance. *Cureus.* 2022;13:14(3):e23121. DOI: [10.7759/cureus.23121](https://doi.org/10.7759/cureus.23121)
22. Koster TD, van Rikxoort EM, Huebner RH, Doellinger F, Klooster K, Charbonnier JP, et al. Predicting Lung Volume Reduction after Endobronchial Valve Therapy Is Maximized Using a Combination of Diagnostic Tools. *Respiration.* 2016;92(3):150-7. DOI: [10.1159/000448849](https://doi.org/10.1159/000448849)
23. Liu Z, Zhao L, He W, Zhu Y, Bao L, Jia Q, et al. A novel method of Uniblocker placement: extraluminal technique supported by trachea length measurement: A CONSORT-compliant article. *Medicine (Baltimore).* 2019;98(14):e15116. DOI: [10.1097/MD.00000000000015116](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000015116)

24. Liu Z, He W, Jia Q, Yang X, Liang S, Wang X. A comparison of extraluminal and intraluminal use of the Uniblocker in left thoracic surgery: A CONSORT-compliant article. *Medicine* (Baltimore). 2017;96(21):e6966. DOI: [10.1097/MD.0000000000006966](https://doi.org/10.1097/MD.0000000000006966)
25. Valencia O, Real MI, Cortés M, García AF, Marrón C, Pérez SF. Lung isolation in patients with previous lung resections: Selective sequential lobar blockade using a Fuji Uniblocker® endobronchial blocker. *Rev Esp Anesthesiol Reanim*. 2016;63(9):539-43. DOI: [10.1016/j.redar.2016.05.005](https://doi.org/10.1016/j.redar.2016.05.005)
26. Koster TD, Klooster K, McNamara H, Shargill NS, Radhakrishnan S, Olivera R, et al. An adjusted and time-saving method to measure collateral ventilation with Chartis. *ERJ Open Res*. 2021;7(3):0191-2021. DOI: [10.1183/23120541.00191-2021](https://doi.org/10.1183/23120541.00191-2021)
27. Kreft T, Hachenberg T. Atemwegsmanagement in der Thoraxanästhesie mit dem Bronchusblocker [Use of Bronchial Blockers for Lung Isolation]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 2018;53(3):198-210. German. DOI: [10.1055/s-0043-114677](https://doi.org/10.1055/s-0043-114677)
28. Loncar RL, Chiartas EJ, Modlin S, Ikram J, Ayad S. Bronchial blocker placement for massive hemoptysis. *Saudi J Anaesth*. 2025;19(1):108-11. DOI: [10.4103/sja.sja_380_24](https://doi.org/10.4103/sja.sja_380_24)
29. Oo S, Chia RHX, Li Y, Sampath HK, Ang SBL, Paranjothy S, et al. Bronchial rupture following endobronchial blocker placement: a case report of a rare, unfortunate complication. *BMC Anesthesiol*. 2021;21(1):208. DOI: [10.1186/s12871-021-01430-6](https://doi.org/10.1186/s12871-021-01430-6)
30. Espí C, García R, Ibáñez C, Fernández E, Astudillo J. Bloqueo lobular selectivo mediante el bloqueador bronquial de Arndt en 2 pacientes con compromiso respiratorio sometidos a resección pulmonar [Selective lobar blockade using an arndt endobronchial blocker in 2 patients with respiratory compromise who underwent lung resection]. *Arch Bronconeumol*. 2007;43(6):346-8. Spanish. DOI: [10.1016/s1579-2129\(07\)60081-0](https://doi.org/10.1016/s1579-2129(07)60081-0)
31. Liang C, Jiang L, Liu Y, Yao M, Cang J, Miao C. The anatomical landmarks for positioning of double lumen endotracheal tube using flexible bronchoscopy: A

prospective observational study. Heliyon. 2022;8(11):e11779. DOI: [10.1016/j.heliyon.2022.e11779](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11779)

32. Qiu T, Jiao W, Zhao Y, Xuan Y. Identification of the intersegmental plane via electromagnetic navigation for anatomical segmentectomy. Thorac Cancer. 2023;14(24):2515-18. DOI: [10.1111/1759-7714.15030](https://doi.org/10.1111/1759-7714.15030)

33. Seguin A, Grigoriu M, Brian E, Gossot D. Planning and marking for thoracoscopic anatomical segmentectomies. J Thor Dis. 2018;10(10):S1187-94 DOI: [10.21037/jtd.2018.02.21](https://doi.org/10.21037/jtd.2018.02.21)

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.