Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud. **SALUD Y VIDA**
Volumen 10. Número 2. Año 10. Edición Especial II. 2026
Hecho el depósito de Ley: FA2016000010
ISSN: 2610-8038
FUNDACIÓN KOINONIA (F.K).
Santa Ana de Coro, Venezuela.

https://doi.org/10.35381/racji.v11i21.5508

Estrategias ventilatorias para prevenir atelectasias y mejorar el rendimiento diagnóstico en broncoscopia avanzada: revisión sistemática

Ventilatory strategies to prevent atelectasis and improve diagnostic yield in advanced bronchoscopy: A systematic review

Steven Josue Alcivar-Zambrano
stevenjaz96@gmail.com
Hospital de Peñaflor, Peñaflor, Talagante
Chile
https://orcid.org/0009-0003-6057-7784

José Gabriel Tomalá-Tomalá
josettpu1991@gmail.com
Hospital General del Norte de Guayaquil IESS Los Ceibos, Guayaquil, Guayas
Ecuador
https://orcid.org/0009-0003-7174-4541

Karol Andrea Chica-Rezabala
dra.karolachicarezabala@gmail.com
Hospital General Dr. Enrique Ortega Moreira, Durán, Guayas
Ecuador
https://orcid.org/0009-0009-0453-1689

José Damián Alcivar-Rodríguez
jdamian.ar@gmail.com
Hospital Básico de Pedernales Dr. Francisco Vásquez Balda, Pedernales, Manabí
Ecuador
https://orcid.org/0009-0001-4170-1853

Recibido: 12 de junio 2026
Revisado: 28 de julio 2026
Aprobado: 01 de septiembre 2026
Publicado: 01 de octubre 2026

Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud. **SALUD Y VIDA**
Volumen 10. Número 2. Año 10. Edición Especial II. 2026
Hecho el depósito de Ley: FA2016000010
ISSN: 2610-8038
FUNDACIÓN KOINONIA (F.K).
Santa Ana de Coro, Venezuela.

Resumen

La atelectasia durante la broncoscopia avanzada bajo anestesia general puede ocultar lesiones pulmonares periféricas, generar divergencia con la tomografía de planificación y reducir el rendimiento diagnóstico. **Objetivos:** Sintetizar la evidencia sobre eficacia y seguridad de las estrategias ventilatorias y posturales para prevenir atelectasias y mejorar el rendimiento diagnóstico. **Métodos:** Revisión sistemática sin metaanálisis, según PRISMA 2020, en PubMed/MEDLINE, Embase, Scopus, Web of Science, Cochrane Library y LILACS/SciELO. **Resultados:** Se incluyeron 14 estudios. La intubación endotraqueal con reclutamiento alveolar, presión positiva al final de la espiración y fracción inspirada de oxígeno reducida disminuyó la atelectasia de 84,2 % a 28,9 %; el decúbito lateral eliminó la atelectasia que ocultaba la lesión y elevó el rendimiento diagnóstico de 57,6 % a 86,2 %. **Conclusiones:** Prevenir activamente la atelectasia se asocia con mejor visualización de la lesión y mayor rendimiento diagnóstico, aunque la evidencia procede mayoritariamente de estudios pequeños y observacionales.

Descriptores: atelectasia pulmonar; broncoscopía; respiración con presión positiva. (Fuente: DeCS).

Abstract

Atelectasis developing during advanced bronchoscopy under general anesthesia may obscure peripheral pulmonary lesions, create divergence from the planning computed tomography, and reduce diagnostic yield. **Objectives:** To synthesize the evidence on the efficacy and safety of ventilatory and positional strategies to prevent atelectasis and improve diagnostic yield. **Methods:** Systematic review without meta-analysis, following PRISMA 2020, in PubMed/MEDLINE, Embase, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, and LILACS/SciELO. **Results:** Fourteen studies were included. Endotracheal intubation with alveolar recruitment, positive end-expiratory pressure, and reduced inspired oxygen fraction decreased atelectasis from 84.2% to 28.9%; the lateral decubitus position eliminated target-obscuring atelectasis and increased diagnostic yield from 57.6% to 86.2%. **Conclusions:** Active prevention of atelectasis is associated with better lesion visualization and higher diagnostic yield, although the evidence derives mainly from small observational studies.

Descriptors: pulmonary atelectasis; bronchoscopy; positive-pressure respiration. (Source: DeCS).

INTRODUCCIÓN

El cáncer de pulmón continúa como la principal causa de muerte por cáncer en el mundo; en 2022 se estimaron cerca de 2,5 millones de casos nuevos y 1,8 millones de defunciones atribuibles a esta neoplasia. Paralelamente, la mayor utilización de la tomografía computarizada y la expansión del tamizaje han incrementado la detección de nódulos pulmonares, la mayoría de ellos benignos, lo que obliga a obtener tejido mediante procedimientos de bajo riesgo para no retrasar el diagnóstico de las lesiones malignas ni exponer innecesariamente a los pacientes con lesiones benignas. Esta revisión se delimita a la broncoscopia avanzada para lesiones pulmonares periféricas realizada bajo anestesia general, que incluye la navegación electromagnética, la broncoscopia robótica y la broncoscopia guiada por tomografía computarizada de haz cónico o tomografía intraprocedimiento; no aborda la broncoscopia flexible convencional bajo sedación, la ecobroncoscopia lineal destinada exclusivamente a estadificación ganglionar ni la biopsia percutánea transtorácica [1 2].

La incorporación de plataformas de navegación ha ampliado el alcance de la broncoscopia hacia la periferia pulmonar, pero el rendimiento diagnóstico no ha seguido el mismo ritmo que el éxito de la navegación. En el estudio prospectivo multicéntrico NAVIGATE, con 1.215 pacientes, el rendimiento diagnóstico a 12 meses de la navegación electromagnética fue de 73 %. Un metaanálisis de 95 estudios y 10.381 pacientes estimó un rendimiento combinado de 70,9 %, que ascendió a 77,5 % con las técnicas más recientes, como la tomografía de haz cónico, la robótica y la tomosíntesis. En broncoscopia robótica con sensor de forma se describió éxito de navegación de 98,7 % con rendimiento diagnóstico de 81,7 %, y el estudio BENEFIT documentó localización de la lesión en 96,2 % de los pacientes, lo que evidencia una brecha persistente entre alcanzar la lesión y obtener una muestra diagnóstica [3 4 5 6].

Una parte relevante de esa brecha se explica por la divergencia entre la tomografía de planificación, adquirida en inspiración y con el paciente despierto, y la anatomía real

durante el procedimiento. La atelectasia es una de las principales fuentes de esa divergencia: aparece en la mayoría de los adultos pocos minutos después de la inducción anestésica, predomina en los segmentos dependientes y puede desplazar, deformar u ocultar la lesión diana. En el ensayo I-LOCATE, 89 % de los pacientes presentó al menos un segmento atelectásico durante la broncoscopia bajo anestesia general, y en una serie prospectiva guiada por tomografía de haz cónico la atelectasia se observó en 40 % de los casos y ocultó la lesión en 20 % de ellos, con un rendimiento diagnóstico que pasó de 50 % a 70 % cuando la imagen intraprocedimiento permitió corregir la trayectoria [7] [8] [9] [10].

En respuesta a este problema se han propuesto ajustes anestésicos y ventilatorios dirigidos a preservar la aireación pulmonar durante el procedimiento, como la intubación endotraqueal en lugar de la mascarilla laríngea, las maniobras de reclutamiento, la presión positiva al final de la espiración elevada, la reducción de la fracción inspirada de oxígeno y las pausas inspiratorias durante la adquisición de imágenes. El ensayo aleatorizado VESPA demostró que una estrategia ventilatoria protocolizada reducía de forma marcada la atelectasia tomográfica; sin embargo, el beneficio sobre el rendimiento diagnóstico, la magnitud del efecto de cada componente, el papel de la posición del paciente y la seguridad hemodinámica continúan siendo objeto de discusión [11] [12].

La atelectasia perioperatoria debe entenderse como un fenómeno casi universal de la anestesia general. Se presenta en alrededor de 90 % de los pacientes anestesiados sin enfermedad cardiopulmonar previa y puede comprometer entre 20 % y 25 % del tejido pulmonar normal, que queda colapsado o pobremente aireado. Su génesis se explica por tres mecanismos complementarios: la compresión del parénquima por el desplazamiento cefálico del diafragma, el peso del contenido abdominal y mediastínico y la pérdida del tono muscular; la absorción del gas alveolar cuando se utilizan fracciones inspiradas de oxígeno elevadas; y la alteración funcional del surfactante [8].

Desde el punto de vista clínico, la preoxigenación con fracción inspirada de oxígeno de 1,0 se ha asociado con una cantidad de atelectasia cerca de veinte veces mayor que la observada con fracción de 0,3. La presión positiva al final de la espiración entre 8 y 12 cmH2O reduce la atelectasia intraoperatoria y las maniobras de reclutamiento mejoran la oxigenación, aunque su efecto puede ser transitorio si no se mantiene una presión espiratoria adecuada. En cirugía abdominal abierta, la presión espiratoria elevada no redujo las complicaciones pulmonares posoperatorias y se acompañó de más hipotensión, lo que indica que el beneficio de estas maniobras depende del objetivo clínico. En broncoscopia avanzada, ese objetivo no es la prevención de complicaciones posoperatorias, sino la preservación de la aireación del segmento diana durante la adquisición de imágenes y la toma de muestras [14 15].

La distribución de la atelectasia durante la broncoscopia no es aleatoria. En el ensayo I-LOCATE, los segmentos B6, B9 y B10 de ambos pulmones resultaron afectados en más de la mitad de los pacientes, y el índice de masa corporal elevado y el tiempo transcurrido desde la inducción se asociaron con mayor número de segmentos colapsados. El análisis secundario del ensayo VESPA propuso una escala de gravedad de la atelectasia y describió zonas pulmonares de riesgo, lo que permite anticipar qué lesiones, por su localización posterior y basal, tienen mayor probabilidad de quedar ocultas durante el procedimiento [9 16].

Las consecuencias diagnósticas de la atelectasia derivan de su efecto sobre la correspondencia entre el mapa virtual y la anatomía real. Cuando el segmento diana pierde volumen, la lesión se desplaza respecto de la ruta planificada, la señal de ecobroncoscopia radial puede tornarse excéntrica o desaparecer y la tomografía intraprocedimiento puede mostrar una opacidad que impide distinguir el nódulo del parénquima colapsado. La tomografía de haz cónico y la tomografía móvil permiten reconocer este fenómeno y reorientar la herramienta; en una serie de broncoscopia

asistida por tomografía móvil el rendimiento diagnóstico fue de 78,4 %, aunque la imagen no corrige por sí misma la pérdida de volumen pulmonar [7 17].

Sobre esta base, las estrategias de mitigación pueden agruparse en cinco categorías: ajustes de la vía aérea y de la ventilación, como la intubación endotraqueal, el reclutamiento alveolar, la presión espiratoria individualizada y la reducción de la fracción inspirada de oxígeno; protocolos de volumen corriente y presión espiratoria elevados con pausas inspiratorias, como el protocolo ventilatorio para navegación pulmonar; cambios de posición que alejen el segmento diana de las zonas dependientes; planificación de la navegación sobre una tomografía adquirida tras la intubación; y monitorización fisiológica de la presión transpulmonar. El marco conceptual de la revisión orientó la lectura hacia una pregunta clínica concreta: qué estrategia, en qué pacientes y con qué costo hemodinámico reduce la atelectasia y mejora el rendimiento diagnóstico [11 18].

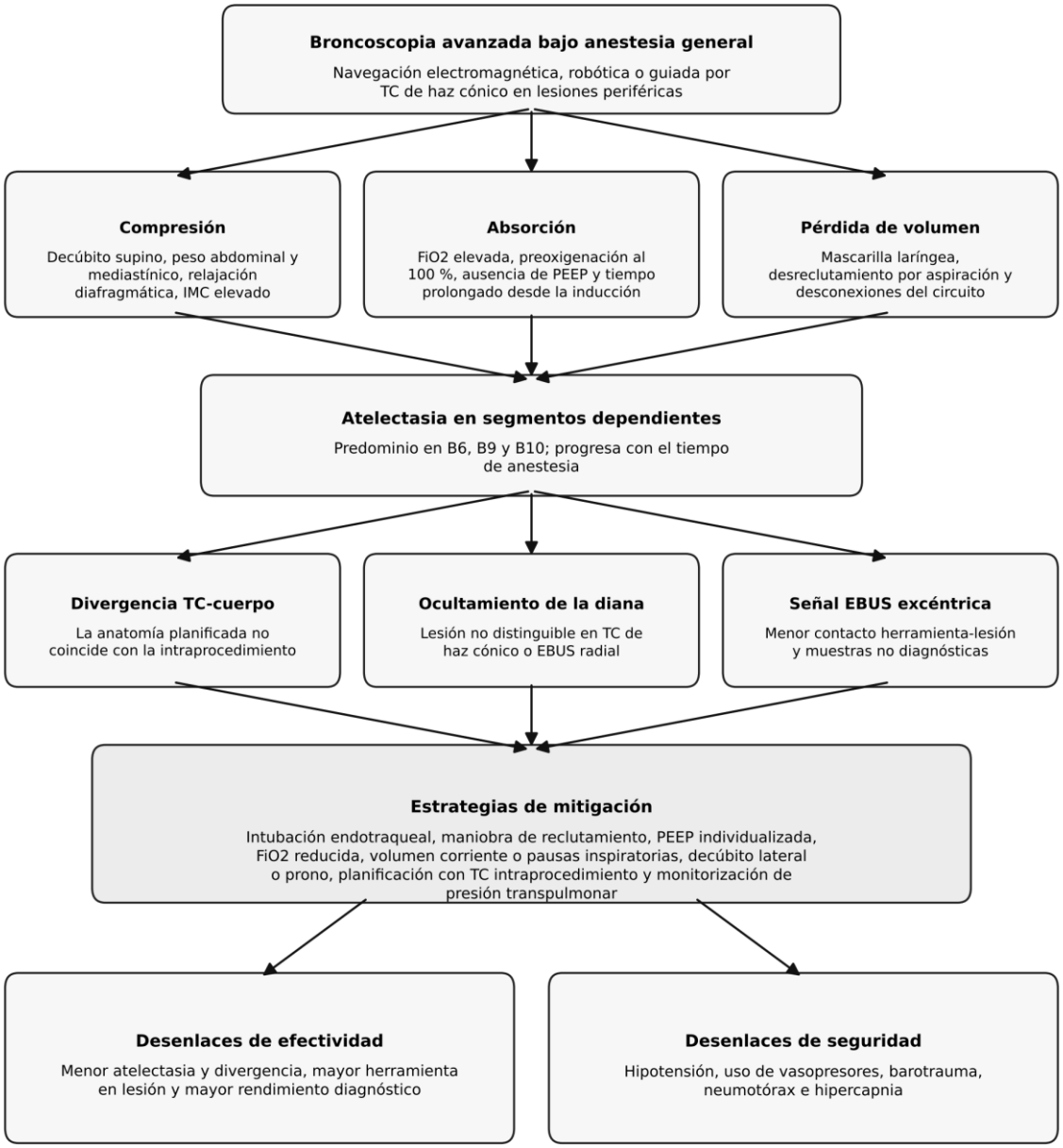


Figura 1. Modelo conceptual de la relación entre anestesia general, atelectasia, divergencia TC-cuerpo y rendimiento diagnóstico en broncoscopia avanzada.
Elaboración: El autor.

Nota. El diagrama resume los mecanismos de la atelectasia, sus consecuencias sobre la localización de la lesión y las estrategias de mitigación con sus desenlaces de efectividad y seguridad.

La evidencia disponible presenta, además, heterogeneidad metodológica. Los estudios difieren en la plataforma utilizada, el método para detectar atelectasia —tomografía de haz cónico, tomografía móvil o ecobroncoscopia radial—, el momento de la evaluación respecto de la inducción, los parámetros ventilatorios aplicados y, en particular, la definición de rendimiento diagnóstico, que recientemente fue estandarizada por un consenso internacional [7 12 13].

El objetivo de esta revisión sistemática fue sintetizar la evidencia sobre la eficacia y la seguridad de las estrategias ventilatorias y posturales para prevenir atelectasias y mejorar el rendimiento diagnóstico en broncoscopia avanzada bajo anestesia general.

MÉTODO

Se realizó una revisión sistemática sin metaanálisis, orientada a sintetizar la evidencia disponible sobre las estrategias ventilatorias, anestésicas y posturales destinadas a prevenir la atelectasia y mejorar el rendimiento diagnóstico en broncoscopia avanzada bajo anestesia general. El informe se desarrolló de acuerdo con la declaración Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses 2020 para la identificación, selección, evaluación y presentación de los estudios incluidos [19]. Se consideraron elegibles estudios publicados entre el 1 de enero de 2018 y el 31 de marzo de 2026, en español o inglés, que incluyeran adultos sometidos a navegación electromagnética, broncoscopia robótica o broncoscopia guiada por tomografía intraprocedimiento bajo anestesia general, o a broncoscopia bajo anestesia general con evaluación sistemática de segmentos pulmonares periféricos, y que evaluaran una estrategia ventilatoria, anestésica o postural, o cuantificaran la incidencia y los determinantes de la atelectasia

con repercusión sobre la visualización de la lesión o el rendimiento diagnóstico. Se excluyeron revisiones narrativas, editoriales, cartas al editor, reportes de caso, descripciones técnicas sin desenlaces, estudios pediátricos, procedimientos bajo sedación sin anestesia general y comparaciones de plataformas realizadas con un protocolo ventilatorio idéntico en todos los grupos.

La búsqueda bibliográfica se realizó en PubMed/MEDLINE, Embase, Scopus, Web of Science, Cochrane Library y LILACS/SciELO, complementada con el rastreo de referencias de los artículos recuperados y con la revisión de registros de ensayos clínicos. Se emplearon términos MeSH, DeCS y palabras libres relacionados con broncoscopia de navegación, broncoscopia robótica, tomografía de haz cónico, lesión pulmonar periférica, atelectasia, presión positiva al final de la espiración, reclutamiento alveolar, fracción inspirada de oxígeno, posición del paciente y rendimiento diagnóstico. Una cadena de búsqueda representativa fue: ("navigational bronchoscopy" OR "electromagnetic navigation" OR "robotic bronchoscopy" OR "cone-beam CT" OR "peripheral pulmonary lesion") AND (atelectasis OR "CT-to-body divergence") AND (ventilation OR "positive end-expiratory pressure" OR PEEP OR "recruitment maneuver" OR "inspired oxygen" OR "lateral decubitus" OR prone OR anesthesia) AND ("diagnostic yield" OR "tool-in-lesion" OR "navigation success").

La selección de estudios se realizó en dos fases: lectura de títulos y resúmenes, seguida de revisión del texto completo de los artículos potencialmente elegibles. El cribado y la extracción fueron realizados por el autor en dos lecturas independientes separadas en el tiempo, y las discrepancias entre ambas lecturas se resolvieron mediante una nueva revisión del texto completo. De cada estudio se extrajeron datos sobre autor, año, país, diseño, tamaño muestral, plataforma, tamaño y localización de la lesión, estrategia ventilatoria o postural, comparador, método de detección de la atelectasia y desenlaces de efectividad y seguridad. El proceso de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión se resumió en un flujograma PRISMA.

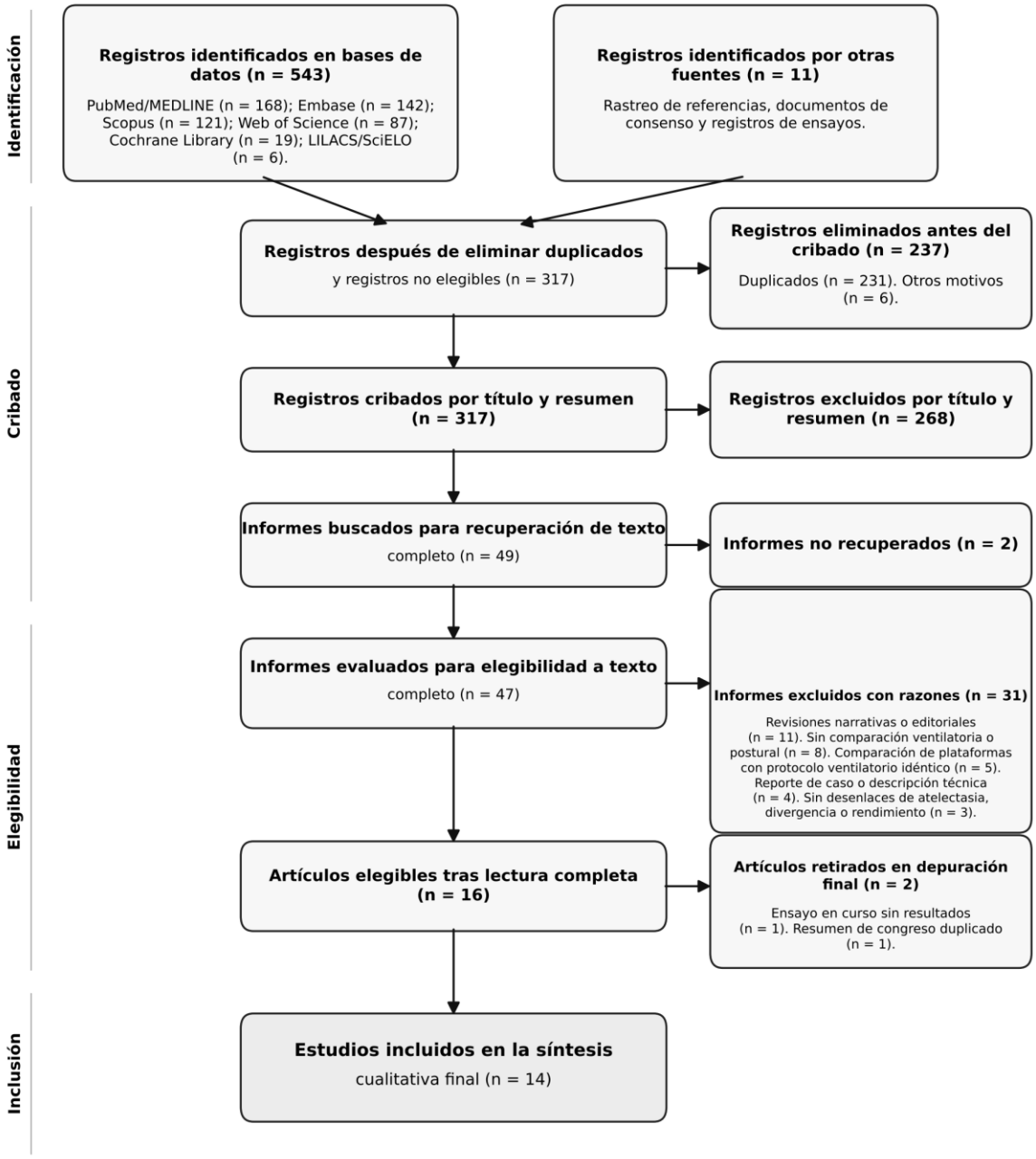
Los desenlaces principales fueron incidencia de atelectasia, atelectasia que ocultó la lesión diana, divergencia entre la tomografía de planificación y la anatomía intraprocedimiento, confirmación de herramienta en la lesión y rendimiento diagnóstico; como desenlaces de seguridad se registraron hipotensión, uso de vasopresores, barotrauma, neumotórax, hipercapnia y otros eventos adversos. El rendimiento diagnóstico se interpretó, cuando fue posible, según la definición estricta del consenso de la American Thoracic Society y el American College of Chest Physicians [13]. El riesgo de sesgo de los ensayos aleatorizados se valoró con RoB 2 y el de los estudios no aleatorizados con ROBINS-I, considerando confusión, selección de participantes, clasificación de la intervención, desviaciones de la intervención, datos faltantes, medición de desenlaces y selección del resultado informado; las series sin comparador se valoraron de forma descriptiva [20 21]. La certeza global se juzgó de manera cualitativa con base en los dominios GRADE. Debido a la heterogeneidad clínica y metodológica entre estudios, en especial en las plataformas, los parámetros ventilatorios, el método de detección de atelectasia y la definición de rendimiento diagnóstico, los hallazgos se sintetizaron de manera narrativa [22].

RESULTADOS

El proceso de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de estudios se organizó de acuerdo con la estructura PRISMA 2020. Se identificaron 543 registros en bases de datos y 11 registros adicionales mediante rastreo de referencias, documentos de consenso y registros de ensayos. Tras eliminar 237 registros antes del cribado, se evaluaron 317 títulos y resúmenes, de los cuales 268 fueron excluidos por no cumplir los criterios iniciales.

Se buscaron 49 informes para recuperación de texto completo, 2 no estuvieron disponibles y 47 fueron evaluados para elegibilidad. Luego de excluir 31 informes por razones metodológicas o de pertinencia clínica, 16 artículos quedaron elegibles tras la

lectura completa; posteriormente, 2 fueron retirados en la depuración final por tratarse de un ensayo en curso sin resultados y de un resumen de congreso duplicado. Se incluyeron 14 estudios en la síntesis cualitativa [19].



Nota. Flujograma elaborado según la estructura PRISMA 2020 para revisiones sistemáticas.

Figura 2. Diagrama de flujo PRISMA 2020 del proceso de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de estudios.

Elaboración: El autor.

Los 14 estudios incluidos comprendieron 2 ensayos clínicos aleatorizados, 4 estudios prospectivos, 6 cohortes retrospectivas, 1 serie de casos y 1 análisis secundario de un ensayo aleatorizado. Doce se realizaron en Estados Unidos y 2 en China, con tamaños muestrales entre 10 y 224 procedimientos. Las plataformas evaluadas fueron la broncoscopia robótica, la navegación electromagnética y la broncoscopia guiada por tomografía de haz cónico o tomografía móvil. La Tabla 1 resume el diseño, la estrategia evaluada y el hallazgo principal de cada estudio.

Tabla 1.
Estudios incluidos sobre estrategias ventilatorias, anestésicas y posturales para prevenir atelectasias en broncoscopia avanzada.

Estudio	Diseño y población	Estrategia evaluada	Hallazgo principal
Casal y colaboradores, 2018 [10]	Prospectivo piloto, Estados Unidos; 20 pacientes con broncoscopia delgada o ultradelgada guiada por tomografía de haz cónico.	Ventilación convencional bajo anestesia general; registro de atelectasia en tomografía de haz cónico.	Atelectasia en 40 % y ocultamiento de la lesión en 20 %; rendimiento de 50 % antes y 70 % después de la tomografía de haz cónico.
Sagar y colaboradores, 2020 [9]	Prospectivo observacional (I-LOCATE), Estados Unidos; 57 pacientes.	Exploración con ecobroncoscopia radial de ocho segmentos dependientes.	Al menos un segmento atelectásico en 89 %; predominio en B6, B9 y B10; asociación con índice de masa corporal y tiempo desde la inducción.

Salahuddin y colaboradores, 2022 [12]	Ensayo aleatorizado multicéntrico (VESPA), Estados Unidos; 76 pacientes.	Tubo endotraqueal, reclutamiento, FiO2 menor de 100 % y PEEP de 8–10 cmH2O frente a mascarilla laríngea, FiO2 de 100 % y PEEP de 0.	Atelectasia en tomografía de 28,9 % frente a 84,2 % y bilateral de 7,9 % frente a 71,1 %; sin neumotórax ni barotrauma.
Bhadra y colaboradores, 2022 [18]	Retrospectivo, Estados Unidos; dos grupos consecutivos de 25 pacientes con lesiones menores de 30 mm y tomografía de haz cónico.	Protocolo ventilatorio para navegación pulmonar: volumen corriente de 10–12 mL/kg, PEEP de 10–20 cmH2O y FiO2 reducida, frente a ventilación convencional.	Lesión oculta por atelectasia en 4–8 % frente a 36 %; rendimiento diagnóstico de 92 % frente a 70 % (p = 0,08).
Lin y colaboradores, 2022 [23]	Serie de casos, Estados Unidos; 11 pacientes con broncoscopia robótica y tomografía móvil.	Decúbito lateral con ventilación convencional.	Ausencia de atelectasia en el lado de la lesión en la tomografía final; sin complicaciones.
Bhadra y colaboradores, 2024 [24]	Retrospectivo, Estados Unidos; 100 pacientes y 106 lesiones con tomografía de haz cónico.	Protocolo ventilatorio para navegación pulmonar con pausas inspiratorias en apnea.	Atelectasia que ocultó la lesión en 0–3 %; rendimiento diagnóstico de 85,9 %; uso frecuente de líquidos o vasopresores.
Dai y colaboradores, 2024 [25]	Retrospectivo, China; 10 pacientes con navegación electromagnética.	Planificación sobre tomografía intraprocedimiento tras reclutamiento escalonado y PEEP de 6–12	Divergencia TC-cuerpo de 6,6 mm frente a 12,1 mm del abordaje tradicional (p < 0,01); concordancia citología

		cmH2O con pausa inspiratoria.	rápida-patología en 9 de 10.
Khan y colaboradores, 2024 [16]	Análisis secundario del ensayo VESPA; 43 pacientes con atelectasia.	Escala de gravedad de atelectasia y zonas pulmonares de riesgo.	Atelectasia leve en 47 %, moderada en 47 % y grave en 6 %.
Keshishyan y colaboradores, 2025 [26]	Prospectivo, Estados Unidos; 21 pacientes con broncoscopia robótica.	PEEP de 10 cmH2O y volumen corriente de 6–8 mL/kg con medición de presión transpulmonar por balón esofágico.	Rendimiento para malignidad de 87 %; presión transpulmonar negativa en 8 pacientes; señal radial excéntrica o ausente en 75 % frente a 45 %.
Styrvoky y colaboradores, 2025 [27]	Retrospectivo, Estados Unidos; 108 frente a 96 procedimientos robóticos con tomografía de haz cónico.	Oxigenación apneica prolongada frente al mismo protocolo sin apnea prolongada.	Rendimiento estricto de 88 % frente a 84 %, sin diferencia significativa; eventos adversos de 4,6 % frente a 5,2 %.
Xu y colaboradores, 2025 [28]	Prospectivo IDEAL 2a, China; 50 pacientes con navegación electromagnética y tomografía O-arm.	Navegación guiada por tomografía intraprocedimiento con estrategia ventilatoria para atelectasia.	Diagnóstico correcto en 92 %; divergencia de 8,89 mm en la primera etapa y 5,46 mm en la final; neumotórax en 4 %.
Alraiyes y colaboradores, 2025 [29]	Retrospectivo, Estados Unidos; 28 pacientes con broncoscopia robótica y tomografía de haz cónico.	Decúbito prono para nódulos posteromediales de lóbulos inferiores; PEEP de 5 cmH2O o menos.	Rendimiento diagnóstico de 89,3 %.

Boster y colaboradores, 2026 [30]	Ensayo aleatorizado, Estados Unidos; 62 pacientes con nódulos de hasta 3 cm en zonas dependientes y broncoscopia robótica.	Decúbito lateral frente a estrategia ventilatoria VESPA.	Atelectasia que ocultó la lesión de 0 % frente a 27,3 %; herramienta en lesión de 100 % frente a 72,7 %; rendimiento de 86,2 % frente a 57,6 %.
Goudra y colaboradores, 2026 [31]	Retrospectivo, Estados Unidos; 224 procedimientos de navegación bajo anestesia general.	Práctica ventilatoria habitual: FiO2 mayor de 0,6, PEEP de 7–10 cmH2O y reclutamiento tras la intubación.	Éxito de navegación de 89,2 % y exactitud diagnóstica de 81,7 %, sin complicaciones anestésicas mayores.

Elaboración: El autor.

Para explorar el efecto de las estrategias sobre la atelectasia, se seleccionaron los tres estudios con grupo comparador que cuantificaron este desenlace. La Figura 3 resume, de forma descriptiva y sin estimación combinada, las tasas de atelectasia y de atelectasia que ocultó la lesión según la estrategia aplicada. En el ensayo VESPA, la estrategia protocolizada redujo la atelectasia tomográfica de 84,2 % a 28,9 % y la atelectasia bilateral de 71,1 % a 7,9 %; el protocolo ventilatorio para navegación pulmonar redujo la proporción de lesiones ocultas de 36 % a 4–8 %; y, en el ensayo más reciente, el decúbito lateral eliminó por completo la atelectasia que ocultaba la diana, que persistió en 27,3 % de los pacientes ventilados con la estrategia VESPA [12 18 30].

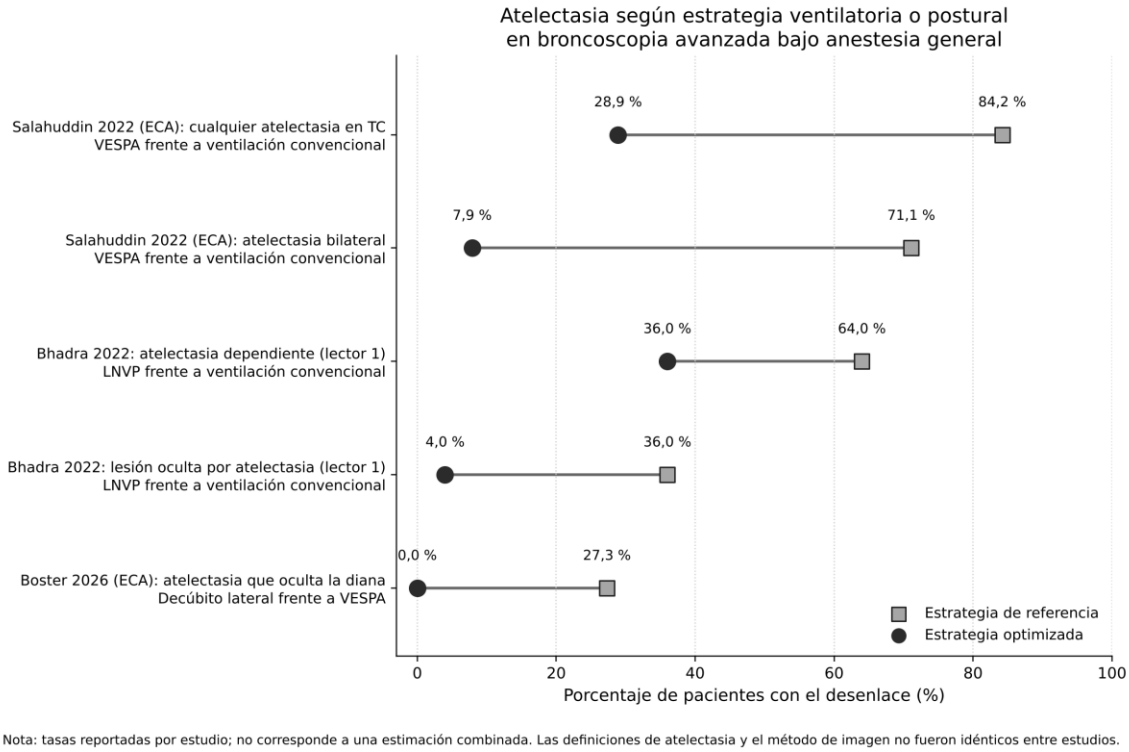


Figura 3. Atelectasia según estrategia ventilatoria o postural en broncoscopia avanzada bajo anestesia general.
Elaboración: El autor.

Nota. Cada línea compara el porcentaje de pacientes con el desenlace en el grupo de referencia frente al grupo con la estrategia optimizada. La figura tiene finalidad descriptiva y no representa una estimación combinada, debido a la heterogeneidad de plataformas, métodos de imagen y definiciones de atelectasia [12 18 30].

Para evaluar la repercusión sobre el rendimiento diagnóstico, se seleccionaron siete estudios con datos de rendimiento o exactitud diagnóstica. La Figura 4 sintetiza, de forma descriptiva, los valores reportados: en los estudios con comparador, el rendimiento fue mayor con el protocolo ventilatorio para navegación pulmonar (92 % frente a 70 %) y con el decúbito lateral (86,2 % frente a 57,6 %), mientras que la oxigenación apneica

prolongada no modificó significativamente el rendimiento (88 % frente a 84 %). En las series sin comparador, los valores oscilaron entre 81,7 % y 89,3 % [18 24 26 27 29 30 31].

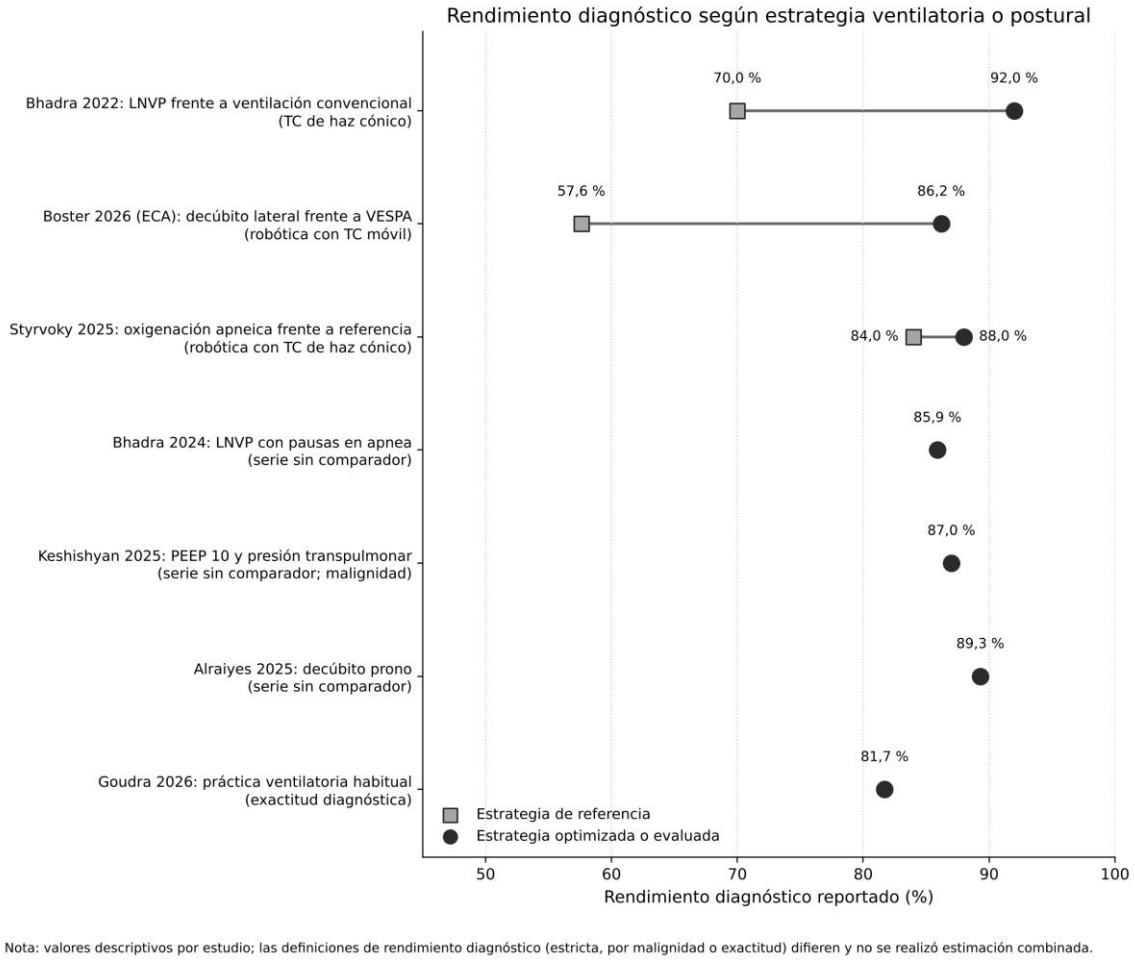


Figura 4. Rendimiento diagnóstico según estrategia ventilatoria o postural en broncoscopia avanzada.
Elaboración: El autor.
Nota. Se muestra el rendimiento diagnóstico reportado por cada estudio. Los valores se presentan de forma descriptiva y no corresponden a una estimación combinada; las definiciones de rendimiento diagnóstico, estricto, para malignidad o como exactitud, no fueron idénticas entre estudios.

La planificación de la navegación sobre una tomografía adquirida tras la intubación y el reclutamiento redujo la divergencia TC-cuerpo de 12,1 mm a 6,6 mm en una serie inicial, y en un estudio prospectivo por etapas la divergencia descendió de 8,89 mm a 5,46 mm a medida que se perfeccionó la técnica. En cuanto a la seguridad, el ensayo VESPA no registró neumotórax ni neumomediastino y no mostró diferencia significativa en hipotensión transitoria entre grupos; en cambio, los protocolos con volumen corriente y presión espiratoria elevados requirieron con frecuencia administración de líquidos o vasopresores, y la oxigenación apneica prolongada se acompañó de elevación del dióxido de carbono espirado sin aumento de eventos adversos. El neumotórax fue infrecuente en todos los estudios [12 24 25 27 28].

En la valoración del riesgo de sesgo, los dos ensayos aleatorizados presentaron algunas preocupaciones, principalmente por la imposibilidad de enmascarar al equipo anestésico y al broncoscopista frente a la estrategia asignada. Los estudios no aleatorizados presentaron riesgo serio de sesgo por confusión, derivado del uso de controles históricos o grupos consecutivos, de la curva de aprendizaje de los operadores y de la incorporación simultánea de otras tecnologías de imagen; las series sin comparador no permitieron atribuir los resultados a la estrategia evaluada [20 21].

DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta revisión sugieren que las estrategias ventilatorias y posturales dirigidas a preservar la aireación pulmonar reducen la atelectasia durante la broncoscopia avanzada bajo anestesia general y que esa reducción tiende a acompañarse de mejor visualización de la lesión y mayor rendimiento diagnóstico. Esta conclusión debe interpretarse en pacientes con lesiones pulmonares periféricas abordadas con plataformas de navegación, robótica o imagen intraprocedimiento, porque el beneficio no es trasladable de forma automática a la broncoscopia convencional bajo sedación [12 30].

La decisión clínica no se reduce a elegir un valor de presión espiratoria. El punto crítico es reconocer que la atelectasia es un fenómeno previsible, dependiente del tiempo, del índice de masa corporal y de la localización dependiente de la lesión, y que puede anticiparse desde la planificación. Esta lectura es coherente con la fisiología de la anestesia general, en la que la compresión, la absorción de gas y la pérdida de volumen comienzan inmediatamente después de la inducción y progresan si no se aplican medidas para contrarrestarlas [8 9].

Los estudios incluidos mostraron una dirección general favorable a la prevención activa de la atelectasia, aunque no midieron de manera uniforme los desenlaces. El ensayo VESPA demostró una reducción relevante de la atelectasia, pero no evaluó el rendimiento diagnóstico; el protocolo ventilatorio para navegación pulmonar mostró una diferencia de 22 puntos porcentuales en rendimiento que no alcanzó significación estadística, probablemente por el tamaño muestral reducido. Por ello, el beneficio observado debe leerse como una señal clínica consistente, no como una regla aplicable sin evaluación individual [12 18].

El hallazgo más llamativo procede del ensayo que comparó el decúbito lateral con la estrategia VESPA en lesiones de zonas dependientes: la posición eliminó la atelectasia que ocultaba la diana, mejoró la confirmación de herramienta en la lesión y elevó el rendimiento diagnóstico, y todos los pacientes asignados a la estrategia ventilatoria que pasaron al decúbito lateral resolvieron la atelectasia. Este resultado sugiere que, en lesiones posteriores y basales, la gravedad puede superar el efecto de la presión espiratoria, y concuerda con la experiencia previa en decúbito lateral y con la serie en decúbito prono para nódulos posteromediales [23 29 30].

Una fuente relevante de variabilidad fue la definición de rendimiento diagnóstico. Algunos estudios utilizaron una definición estricta, otros informaron rendimiento para malignidad, concordancia entre citología rápida y patología o exactitud diagnóstica con seguimiento clínico. El consenso internacional recomienda una definición estricta y desaconseja incluir

el seguimiento clínico o radiológico en el cálculo del rendimiento del procedimiento, lo que limita la comparación directa entre estudios y explica por qué la síntesis narrativa fue más prudente que una estimación combinada del efecto [4 13].

La seguridad de las estrategias ventilatorias más agresivas merece atención. Los protocolos con volumen corriente y presión espiratoria elevados se asociaron con necesidad frecuente de soporte hemodinámico, y la experiencia en cirugía abdominal muestra que la presión espiratoria elevada puede aumentar la hipotensión sin beneficio pulmonar posoperatorio. La monitorización de la presión transpulmonar ofrece una vía para individualizar la presión espiratoria, ya que una proporción de pacientes mantuvo presiones transpulmonares negativas pese a una presión espiratoria de 10 cmH2O, con mayor frecuencia de señal radial excéntrica o ausente [15 24 26].

La confianza en los hallazgos estuvo condicionada por el predominio de estudios unicéntricos, retrospectivos y de tamaño reducido, realizados en centros de alto volumen de Estados Unidos y China. Es probable que exista confusión por la curva de aprendizaje y por la incorporación simultánea de tomografía de haz cónico, tomografía móvil o robótica, que mejoran por sí mismas el rendimiento. Además, las lesiones pequeñas, las localizaciones centrales y los pacientes con obesidad o enfermedad pulmonar estructural estuvieron representados de manera desigual [4 11].

Entre las fortalezas de esta revisión se encuentra la delimitación de una pregunta clínica específica, centrada en la broncoscopia avanzada bajo anestesia general, y la diferenciación entre desenlaces de efectividad, como atelectasia, divergencia y rendimiento, y desenlaces de seguridad hemodinámica y respiratoria. Sus limitaciones principales derivan de la ausencia de metaanálisis, la heterogeneidad metodológica, la restricción a publicaciones en español e inglés, la valoración cualitativa del riesgo de sesgo y la inclusión de estudios publicados a inicios de 2026.

Para la práctica clínica, los resultados apoyan protocolos institucionales consensuados entre anestesiología y neumología intervencionista que incluyan intubación endotraqueal,

reclutamiento alveolar tras la intubación, presión espiratoria de al menos 8–10 cmH2O, fracción inspirada de oxígeno reducida cuando la oxigenación lo permita y minimización del tiempo entre la inducción y la toma de muestras. En lesiones de segmentos dependientes, el decúbito lateral o prono debería considerarse desde la planificación, y la tomografía intraprocedimiento resulta útil para reconocer la atelectasia antes de la biopsia. La selección de la estrategia debe individualizarse según la localización de la lesión, el índice de masa corporal, la reserva hemodinámica y la plataforma disponible [11] [30] [32].

CONCLUSIONES

La evidencia sintetizada mostró que las estrategias ventilatorias basadas en intubación endotraqueal, reclutamiento alveolar, presión positiva al final de la espiración y fracción inspirada de oxígeno reducida disminuyen de manera marcada la atelectasia durante la broncoscopia avanzada bajo anestesia general. Esta reducción se asoció con menor ocultamiento de la lesión, menor divergencia TC-cuerpo y una tendencia consistente hacia mayor rendimiento diagnóstico, mientras que el decúbito lateral mostró, en lesiones de zonas dependientes, un beneficio superior al de la estrategia ventilatoria aislada.

La interpretación de estos hallazgos estuvo limitada por la heterogeneidad en las plataformas, los parámetros ventilatorios, los métodos de detección de atelectasia y las definiciones de rendimiento diagnóstico. Además, predominó la evidencia observacional y unicéntrica, con riesgo de confusión por curva de aprendizaje y por el uso simultáneo de imagen intraprocedimiento, y con escasa información sobre seguridad hemodinámica estandarizada; por ello, las conclusiones deben aplicarse con prudencia.

Desde el punto de vista clínico, estos hallazgos apoyan el desarrollo de protocolos institucionales que anticipen la atelectasia desde la planificación y que integren la estrategia ventilatoria, la posición del paciente y la imagen intraprocedimiento, con vigilancia de la estabilidad hemodinámica. Se requieren ensayos aleatorizados

multicéntricos con definiciones homogéneas, rendimiento diagnóstico estricto como desenlace principal y análisis por localización de la lesión, plataforma y perfil del paciente, para precisar qué combinación de medidas ofrece el mayor beneficio con el menor riesgo.

CONFLICTO DE INTERÉS

El autor declara que no tiene conflicto de interés en la publicación de este artículo.

FINANCIAMIENTO

No financiamiento.

AGRADECIMIENTO

A todos los agentes sociales involucrados en el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS CONSULTADAS

1. Bray, F., Laversanne, M., Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Soerjomataram, I., y Jemal, A. (2024). Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. CA: A Cancer Journal for Clinicians, 74(3), 229–263. Disponible en: https://doi.org/10.3322/caac.21834

2. Mazzone, P. J., y Lam, L. (2022). Evaluating the patient with a pulmonary nodule: A review. JAMA, 327(3), 264–273. Disponible en: https://doi.org/10.1001/jama.2021.24287

3. Folch, E. E., Pritchett, M. A., Nead, M. A., Bowling, M. R., Murgu, S. D., Krimsky, W. S., y colaboradores. (2019). Electromagnetic navigation bronchoscopy for peripheral pulmonary lesions: One-year results of the prospective, multicenter NAVIGATE study. Journal of Thoracic Oncology, 14(3), 445–458. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.jtho.2018.11.013

4. Kops, S. E. P., Heus, P., Korevaar, D. A., Damen, J. A. A., Idema, D. L., Verhoeven, R. L. J., Annema, J. T., Hooft, L., y van der Heijden, E. H. F. M. (2023). Diagnostic yield and safety of navigation bronchoscopy: A systematic review and meta-analysis.

Lung Cancer, 180, 107196. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.lungcan.2023.107196

5. Kalchiem-Dekel, O., Connolly, J. G., Lin, I.-H., Husta, B. C., Adusumilli, P. S., Beattie, J. A., y colaboradores. (2022). Shape-sensing robotic-assisted bronchoscopy in the diagnosis of pulmonary parenchymal lesions. Chest, 161(2), 572–582. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.chest.2021.07.2169

6. Chen, A. C., Pastis, N. J., Jr., Mahajan, A. K., Khandhar, S. J., Simoff, M. J., Machuzak, M. S., Cicenia, J., Gildea, T. R., y Silvestri, G. A. (2021). Robotic bronchoscopy for peripheral pulmonary lesions: A multicenter pilot and feasibility study (BENEFIT). Chest, 159(2), 845–852. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.08.2047

7. Pritchett, M. A., Bhadra, K., Calcutt, M., y Folch, E. (2020). Virtual or reality: Divergence between preprocedural computed tomography scans and lung anatomy during guided bronchoscopy. Journal of Thoracic Disease, 12(4), 1595–1611. Disponible en: https://doi.org/10.21037/jtd.2020.01.35

8. Zeng, C., Lagier, D., Lee, J.-W., y Vidal Melo, M. F. (2022). Perioperative pulmonary atelectasis: Part I. Biology and mechanisms. Anesthesiology, 136(1), 181–205. Disponible en: https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003943

9. Sagar, A.-E. S., Sabath, B. F., Eapen, G. A., Song, J., Marcoux, M., Sarkiss, M., Arain, M. H., Grosu, H. B., Ost, D. E., Jimenez, C. A., y Casal, R. F. (2020). Incidence and location of atelectasis developed during bronchoscopy under general anesthesia: The I-LOCATE trial. Chest, 158(6), 2658–2666. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.05.565

10. Casal, R. F., Sarkiss, M., Jones, A. K., Stewart, J., Tam, A., Grosu, H. B., Ost, D. E., Jimenez, C. A., y Eapen, G. A. (2018). Cone beam computed tomography-guided thin/ultrathin bronchoscopy for diagnosis of peripheral lung nodules: A prospective pilot study. Journal of Thoracic Disease, 10(12), 6950–6959. Disponible en: https://doi.org/10.21037/jtd.2018.11.21

11. Pritchett, M. A., Lau, K., Skibo, S., Phillips, K. A., y Bhadra, K. (2021). Anesthesia considerations to reduce motion and atelectasis during advanced guided

bronchoscopy. BMC Pulmonary Medicine, 21, 240. Disponible en: https://doi.org/10.1186/s12890-021-01584-6

12. Salahuddin, M., Sarkiss, M., Sagar, A.-E. S., Vlahos, I., Chang, C. H., Shah, A., Sabath, B. F., Lin, J., Song, J., Moon, T., y colaboradores. (2022). Ventilatory strategy to prevent atelectasis during bronchoscopy under general anesthesia: A multicenter randomized controlled trial (VESPA trial). Chest, 162(6), 1393–1401. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.chest.2022.06.045

13. Gonzalez, A. V., Silvestri, G. A., Yarmus, L. B., Almeida, N. D., Chen, A., Gesthalter, Y. B., Gilbert, C. R., Illei, P. B., Korevaar, D. A., Maldonado, F., y colaboradores. (2024). Assessment of advanced diagnostic bronchoscopy outcomes for peripheral lung lesions: A Delphi consensus definition of diagnostic yield and recommendations for patient-centered study designs. An official American Thoracic Society/American College of Chest Physicians research statement. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 209(6), 634–646. Disponible en: https://doi.org/10.1164/rccm.202401-0192ST

14. Lagier, D., Zeng, C., Fernandez-Bustamante, A., y Vidal Melo, M. F. (2022). Perioperative pulmonary atelectasis: Part II. Clinical implications. Anesthesiology, 136(1), 206–236. Disponible en: https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000004009

15. Hemmes, S. N. T., Gama de Abreu, M., Pelosi, P., y Schultz, M. J. (2014). High versus low positive end-expiratory pressure during general anaesthesia for open abdominal surgery (PROVHILO trial): A multicentre randomised controlled trial. The Lancet, 384(9942), 495–503. Disponible en: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60416-5

16. Khan, A., Bashour, S., Sabath, B., Lin, J., Sarkiss, M., Song, J., Sagar, A.-E. S., Shah, A., y Casal, R. F. (2024). Severity of atelectasis during bronchoscopy: Descriptions of a new grading system (Atelectasis Severity Scoring System—"ASSESS") and at-risk-lung zones. Diagnostics, 14(2), 197. Disponible en: https://doi.org/10.3390/diagnostics14020197

17. Salahuddin, M., Bashour, S. I., Khan, A., Chintalapani, G., Kleinszig, G., y Casal, R. F. (2023). Mobile cone-beam CT-assisted bronchoscopy for peripheral lung lesions. Diagnostics, 13(5), 827. Disponible en: https://doi.org/10.3390/diagnostics13050827

18. Bhadra, K., Setser, R. M., Condra, W., y Pritchett, M. A. (2022). Lung navigation ventilation protocol to optimize biopsy of peripheral lung lesions. Journal of Bronchology & Interventional Pulmonology, 29(1), 7–17. Disponible en: https://doi.org/10.1097/LBR.0000000000000756

19. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., y colaboradores. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. Disponible en: https://doi.org/10.1136/bmj.n71

20. Sterne, J. A. C., Savović, J., Page, M. J., Elbers, R. G., Blencowe, N. S., Boutron, I., Cates, C. J., Cheng, H.-Y., Corbett, M. S., Eldridge, S. M., y colaboradores. (2019). RoB 2: A revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. BMJ, 366, l4898. Disponible en: https://doi.org/10.1136/bmj.l4898

21. Sterne, J. A. C., Hernán, M. A., Reeves, B. C., Savović, J., Berkman, N. D., Viswanathan, M., Henry, D., Altman, D. G., Ansari, M. T., Boutron, I., y colaboradores. (2016). ROBINS-I: A tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. BMJ, 355, i4919. Disponible en: https://doi.org/10.1136/bmj.i4919

22. Guyatt, G. H., Oxman, A. D., Vist, G. E., Kunz, R., Falck-Ytter, Y., Alonso-Coello, P., y Schünemann, H. J. (2008). GRADE: An emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. BMJ, 336(7650), 924–926. Disponible en: https://doi.org/10.1136/bmj.39489.470347.AD

23. Lin, J., Sabath, B. F., Sarkiss, M., Jimenez, C. A., y Casal, R. F. (2022). Lateral decubitus positioning for mobile CT-guided robotic bronchoscopy. Journal of Bronchology & Interventional Pulmonology, 29(3), 220–223. Disponible en: https://doi.org/10.1097/LBR.0000000000000844

24. Bhadra, K., Baleeiro, C., Patel, S., Condra, W., Bader, B. A., Setser, R. M., y Youngblood, S. (2024). High tidal volume, high positive end expiratory pressure and apneic breath hold strategies (Lung Navigation Ventilation Protocol) with cone beam computed tomography bronchoscopic biopsy of peripheral lung lesions: Results in 100 patients. Journal of Bronchology & Interventional Pulmonology, 31(2), 105–116. Disponible en: https://doi.org/10.1097/LBR.0000000000000938

25. Dai, S., Xu, G., Chen, Z., y Tang, J. (2024). Intraprocedural computed tomography-guided navigation with ventilatory strategy for atelectasis (ICNVA): A modified electromagnetic navigation bronchoscopy. Journal of Thoracic Disease, 16(5), 2736–2744. Disponible en: https://doi.org/10.21037/jtd-24-82

26. Keshishyan, S., Keenan, J., Dincer, E. H., Wong, J., Begnaud, A., Nathani, A., Gibson, H., Setty, S., y Cho, R. J. (2025). Navigating atelectasis: Utilizing transpulmonary pressure to enhance robotic bronchoscopy. Journal of Bronchology & Interventional Pulmonology, 32(3), e01017. Disponible en: https://doi.org/10.1097/LBR.0000000000001017

27. Styrvoky, K., Levine, A. L., Nguyen, A. D., Vollenweider, M., y Jiwani, A. Z. (2025). Apneic oxygenation during robotic-assisted bronchoscopy: A retrospective study on safety and diagnostic yield. Journal of Thoracic Disease, 17(10), 7473–7486. Disponible en: https://doi.org/10.21037/jtd-2025-1217

28. Xu, G., Tang, J., y Dai, S. (2025). Intraprocedural O-arm computed tomography-guided navigation with ventilatory strategy for atelectasis electromagnetic navigation bronchoscopic biopsy of peripheral lung lesions: An IDEAL stage 2a study. Journal of Thoracic Disease, 17(11), 10172–10185. Disponible en: https://doi.org/10.21037/jtd-2025-1312

29. Alraiyes, A. H., Johnson, C., Madjer, N., Bentsen, C., Gordon, N., Patel, R. S., Leef, M., Gratza, D., Sherlock, D., y Kheir, F. (2025). Prone positioning in cone beam CT-guided robotic bronchoscopy case series: A strategy to minimize atelectasis and improve access to posteromedial lower lobe nodules. Journal of Thoracic Disease, 17(11), 9275–9286. Disponible en: https://doi.org/10.21037/jtd-2025-1413

30. Boster, J. M., Goertzen, M., Sarkiss, M., Armas Villalba, A. J., Bandari, B. S., Song, J., Jimenez, C. A., Sabath, B. F., Lin, J., Grosu, H. B., y colaboradores. (2026). Superiority of lateral decubitus strategy in preventing atelectasis from obscuring targets during robotic bronchoscopy: Lateral Decubitus Strategy vs Ventilatory Strategy to Prevent Atelectasis trial. Chest, 169(4), 1124–1134. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.chest.2025.11.044

31. Goudra, B., Chandar, P., Gouda, D., Yang, H., Muhunthan, G., Sundaresh, S., y Green, M. S. (2026). Relationship between navigation success, diagnostic accuracy, and ventilation strategy: Retrospective chart review of 224 consecutive navigational

bronchoscopic procedures performed under general anesthesia. Journal of Clinical Medicine, 15(4), 1569. Disponible en: https://doi.org/10.3390/jcm15041569

32. Frye, L., y Choa, J. (2024). Anesthesia considerations for advanced bronchoscopy: A narrative review. AME Medical Journal, 9, 34. Disponible en: https://doi.org/10.21037/amj-23-98

©2026 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).