



Manual de buenas prácticas en Broncoscopia

Servicio de Endoscopía Respiratoria
INERAM

Instituto Nacional de Enfermedades
Respiratorias y del Ambiente
"Prof. Dr. Juan Max Boettner"

Plantel profesional

Neumología Intervencionista

- Dr. Carlos Morínigo
- Dr. Silvio Benítez
- Dr. Ezequiel Morínigo
- Dr. Luis Gómez
- Dr. Orlando Aguilera

Cirugía de Tórax

- Dr. Iván Gutiérrez
- Dr. Miguel Ade
- Dra. Lilian Acosta
- Dr. Tulio Rojas

Anestesiología

- Dr. Christian Morel
- Dr. Hugo Roig
- Dra. Felicia Escobar
- Dra. Marlene Guirland

Enfermería e Instrumentación quirúrgica

- Lic. Mirta Alarcón
- Lic. Hugo Sugastti
- Lic. Emilia Rodríguez
- Lic. Rossana Espínola
- Lic. Yelji Sánchez
- Lic. Gabriela Silvero
- Lic. Mónica Moreira
- Lic. Carmen Armoa
- Lic. Cynthia Dure
- Lic Teodoro González

Contenido y autores

1. **Introducción. Pág. 5.**
2. **Medidas de seguridad en broncoscopía. Pág. 6.**
 - 2.1 **Instalaciones.** Lic. E. Rodríguez. Lic. Hugo Sugastti.
 - 2.2 **Seguridad para el personal de salud.** Lic. Mirta Alarcón.
 - 2.3 **Manejo del material biológico.** Dr. Silvio Benítez.
 - 2.4 **Desinfección de equipos.** Dr. Ezequiel Morínigo.
3. **Rol Enfermería en Broncoscopía. Pág. 13.**

Preparación y seguridad del paciente, importancia y función del enfermero/a y del instrumentador, prueba de fuga, desinfección del equipo. Lic. Hugo Sugastti. Lic. Mirta Alarcón. Lic. Emilia Rodríguez. Lic. Yelji Sánchez. Dr. Ezequiel Morínigo.
4. **Anestesiología en Broncoscopía. Pág. 19.**

Lidocaína en gel, lidocaína en spray, lidocaína en solución diluida al 1% con técnica “spray as you go”, sedación, anestesia general, oxigenación y ventilación. Dr. Ezequiel Morínigo. Dr. Luis Gómez.
5. **Broncoscopía flexible. Pág. 29.**

Preparación, indicaciones, contraindicaciones, abordajes (anterior, posterior, vía nasal, vía oral), complicaciones. Dr. Carlos Morínigo. Dra. Belén Benítez. Dr. Ezequiel Morínigo.
6. **Técnicas diagnóstica. Pág. 35.**

Técnica, lavado broncoalveolar BAL, lavado aspirado bronquial BAS, miniBAL, cepillado bronquial, lavado pulmonar total. Dr. Carlos Morínigo. Dr. Ezequiel Morínigo.
7. **Biopsia transbronquial y endobronquial. Pág. 42.**

Biospia con fórceps, criobiopsia transbronquial, técnica, indicaciones, contraindicaciones, manejo de anticoagulantes, complicaciones. Dr. Ezequiel Morínigo. Dra. Belén Ibarra.
8. **Evaluación endoscópica de la deglución. Pág 48.** Definiciones, técnica, escalas e interpretación.
Lic. Mariana Escauriza. Lic. Francisco Rojas. Lic. Alfredo Ferreira. Dr. Ezequiel Morínigo. Dra. Belén Ibarra.
9. **Colapso excesivo de la vía aérea central. Pág 54.** Definiciones, titulación de CPAP y manejo.
Dr. Ezequiel Morínigo. Dr. Luis Gómez. Dr. Orlando Aguilera. Dr. Carlos Morínigo.
10. **Traqueostomía. Pág 58.** Traqueostomía bajo visión endoscópica y paso a paso para la decanulación. Dr. Luis Gómez. Dr. Orlando Aguilera. Dr. Ezequiel Morínigo. Dra. Belén Ibarra.
11. **Hemoptisis. Pág 64.** Definiciones y manejo, uso de adrenalina endobronquial 1:20.000 y ácido tranexámico endobronquial. Dr. Orlando Aguilera. Dr. Luis Gómez. Dr. Ezequiel Morínigo.
12. **Fístulas. Pág. 69.** Fístula broncopleural y traqueoesofágica. Técnicas diagnósticas y manejo endoscópico. Dr. Ezequiel Morínigo. Dr. Luis Gómez. Dr. Orlando Aguilera.
13. **Broncoscopía rígida. Pág 71.**
 - 13.1. **Preparación:** indicaciones, contraindicaciones, complicaciones. Dr. Ezequiel Morínigo.
 - 13.2. **Dilatación de estenosis.** Dr. Luis Gómez. Dr. Carlos Morínigo. Dr. Ezequiel Morínigo.
 - 13.3. **Extracción de cuerpo extraño:** Dr. Carlos Morínigo. Dr. Silvio Benítez. Dr. Ezequiel Morínigo.
 - 13.4. **Debulking:** indicaciones y método. Dr. Orlando Aguilera. Dr. Ezequiel Morínigo.
 - 13.5. **Prótesis:** técnica de colocación y retiro, indicaciones, complicaciones, seguimiento.
Dr. Carlos Morínigo. Dr. Ezequiel Morínigo.
 - 13.6. **Punción:** punción aspiración con aguja de Schieppati y aguja de Wang: ganglios mediastinales y lesiones centrales. Dr. Carlos Morínigo. Dr. Ezequiel Morínigo.
14. **Métodos de ablación. Pág 83.** Definición y clasificación de métodos de ablación lenta y rápida. Uso de crio, electrocauterio y argón. Indicaciones, contraindicaciones y complicaciones.
Dr. Carlos Morínigo. Dr. Silvio Benítez y Dr. Ezequiel Morínigo.
15. **Broncoscopía fuera de la sala de endoscopia. Pág 92.** Broncoscopía en el paciente crítico, indicaciones, contraindicaciones, técnicas y medidas de seguridad. Dr. Ezequiel Morínigo. Dr. Carlos Morínigo.
16. **Anexos. Pág. 100.** Flujogramas, figuras, tablas y cuadros.

Colaboradores

1. **Dr. Roberto Duré.** Co Director Fellowship en Neumología Intervencionista para América Latina ALAT. Jefe del Servicio de Endoscopia Per oral. Hospital de Infecciosas “Francisco Javier Muñiz”. BsAs, Argentina.
2. **Dra. Paula Barcos.** Neumóloga Intervencionista. Directora Fellowship en Neumología Intervencionista para América Latina ALAT. Hospital Universitario General de Catalunya, Barcelona, España.
3. **Dra. Olivia Sánchez.** Neumóloga Intervencionista. Directora Fellowship en Neumología Intervencionista para América Latina ALAT.
4. **Dr. Adnan Majid.** Co Director Fellowship en Neumología Intervencionista para América Latina ALAT. Jefe de la Unidad de Neumología Intervencionista. Beth Israel Deaconess Medical Center, Bosto, USA.
5. **Dr. Sebastián Fernández-Bussy.** Co Director Fellowship en Neumología Intervencionista para América Latina ALAT. Jefe de la Unidad de Neumología Intervencionista de la Mayo Clinic. Jacksonville, USA.
6. **Dr. Javier Flandes.** Co Director Fellowship en Neumología Intervencionista para América Latina ALAT. Jefe de la Unidad de Neumología Intervencionista Hospital Universitario Fundación Jiménez Díaz. Madrid, España.
7. **Dra. María Angélica Saab.** Neumóloga intervencionista. Hospital de Infecciosas “Francisco Javier Muñiz”. BsAs, Argentina.
8. **Dr. Sebastián Gando.** Neumólogo intervencionista Hospital de Infecciosas “Francisco Javier Muñiz”. BsAs, Argentina.
9. **Dr. Álvaro Ortíz Naretto.** Neumólogo intervencionista. Hospital de Infecciosas “Francisco Javier Muñiz”. BsAs, Argentina.
10. **Enfermera Doña Susana Álvarez López.** Enfermera Jefa de la Unidad de Neumología Intervencionista Hospital Universitario Fundación Jiménez Díaz. Madrid, España.
11. **Dr. Silvio Benítez.** Neumólogo. Presidente de la Sociedad Paraguaya de Neumología.
12. **Dr. Hugo Martínez.** Neumólogo. Vicepresidente de la Sociedad Paraguaya de Neumología.
13. **Dr. Víctor Godoy.** Neumólogo. Director General del INERAM.
14. **Dr. Edward Bernal.** Oncólogo y Neumólogo intervencionista. Cátedra de Neumología del Hospital de Clínicas Facultad de Ciencias Médica Universidad Nacional de Asunción. Asunción, Paraguay.
15. **Dr. José Oviedo.** Neumólogo Jefe del Servicio de Neumología del Hospital Central del Instituto de Previsión Social. Asunción, Paraguay.
16. **Dr. Diego Benítez.** Medico internista y Neumólogo intervencionista. Servicio de Neumología. Hospital Central del Instituto de Previsión Social. Asunción, Paraguay.
17. **Dr. Sergio Cárdenas.** Neumólogo intervencionista. Servicio de Neumología. Hospital Central del Instituto de Previsión Social. Asunción, Paraguay.
18. **Dra. Lilian Rolón.** Neumóloga. Hospital Regional de Concepción.
19. **Dra. Maia Cattoni.** Neumóloga y médica intensivista. INERAM. Asunción, Paraguay.
20. **Dr. Arturo Cáceres.** Neumólogo. Hospital Nacional de Itauguá, Paraguay.
21. **Dra. Natalia Silguero.** Neumóloga. Hospital Regional de Villarica, Paraguay.

Diseño artístico de portada: Vivian Acosta.

1. Introducción

La broncoscopia representa uno de los avances más significativos en la historia de la medicina respiratoria, constituyendo un hito fundamental en el desarrollo de la Neumología como disciplina científica. Lejos de ser un descubrimiento aislado, su surgimiento fue resultado de la convergencia magistral de múltiples saberes: la laringoscopia, la intubación endotraqueal, la endoscopia digestiva y el incesante anhelo humano por explorar y comprender las estructuras anatómicas que yacen ocultas en el interior del cuerpo. Desde los primeros intentos de Orazio Green en 1847, cuando fue audazmente rechazado por una sociedad médica que consideraba su propuesta "una imposibilidad anatómica", hasta la revolución transformadora del fibrobroncoscopio flexible presentado por **Shigeto Ikeda** en 1964. La broncoscopia ha transitado un camino de innovación constante, perfeccionamiento técnico y ampliación extraordinaria de sus aplicaciones diagnósticas y terapéuticas.

Es en esta epopeya científica donde figuras como **Gustav Killian**, acertadamente denominado el "*Padre de la Broncoscopia*", dieron el primer paso decisivo al extraer, el 30 de marzo de 1897, un cuerpo extraño (hueso de cerdo) de la vía aérea inferior de un paciente, utilizando audacia clínica y sagacidad técnica. Posteriormente, **Chevalier Jackson**, impulsor incansable de esta disciplina, supo comprender que los conocimientos no debían ser patrimonio de pocos, rechazando el patentar sus innovaciones para que el beneficio llegara a toda la medicina mundial.

Hoy, más de un siglo después, la Neumología Intervencionista ha trascendido los límites imaginados por sus pioneros, abarcando técnicas de resección láser, ablación por radiofrecuencia, implantación de válvulas endobronquiales, crioterapia, braquiterapia y terapia fotodinámica, transformando al broncoscopista en un especialista de visión integral capaz de ofrecer soluciones diagnósticas y terapéuticas sin precedentes.

Este **Manual de Buenas Prácticas en Broncoscopia del INERAM** nace de la convicción de que la estandarización de procedimientos, el rigor técnico y la difusión ordenada del conocimiento son pilares indispensables para la excelencia clínica. Su propósito es sintetizar la experiencia acumulada de generaciones de broncoscopistas, integrando los últimos avances tecnológicos con las mejores prácticas internacionales, para que cada profesional pueda desempeñar esta compleja disciplina con la máxima seguridad, eficacia y beneficio para sus pacientes. En un contexto donde las complicaciones pueden ser evitadas mediante el dominio meticuloso de la técnica y el profundo conocimiento de las indicaciones y contraindicaciones, este material constituye una herramienta indispensable para la formación continua y la garantía de la calidad en la atención neumológica del país.

2. Medidas de seguridad en broncoscopía

1. Fundamentos de la seguridad broncoscópica

La broncoscopía moderna, en su dimensión diagnóstica e intervencionista, representa un desafío multidimensional que trasciende la mera técnica endoscópica. Los broncoscopios, siendo dispositivos complejos, termolábiles y reutilizables, se erigen como potenciales vehículos de infección cruzada, lo que exige el cumplimiento riguroso de protocolos de infraestructura, protección personal y reprocesamiento (1-3). La seguridad del paciente y el personal sanitario dependen, en gran medida, de la sinergia entre instalaciones adecuadas, equipamiento especializado, medidas de control de infecciones y personal debidamente formado (1).

2. Infraestructura y requerimientos de espacio

2.1 Organización General de la Unidad de Neumología Intervencionista

Una unidad de endoscopia respiratoria correctamente diseñada debe fundamentarse en tres pilares arquitectónicos: (a) requerimientos de espacio físico, (b) requerimientos de equipamiento y (c) requerimientos de personal (4). La localización de la sala debe ser estratégicamente próxima a hospitalización de neumología, unidades de cuidados intermedios respiratorios (UCIR), unidades de cuidados intensivos (UCI) y quirófano(2).

2.2 Espacios Físicos Recomendados

Una unidad idealmente diseñada debe incluir los siguientes espacios:

- a) Recepción, Secretaría y Archivo: Registros burocráticos y coordinación de pacientes (2).
- b) Sala de Espera: Espacio confortable para pacientes y acompañantes durante el procedimiento (2).
- c) Aseo y Vestidor: Garantizando privacidad (2).
- d) Sala de Preparación: Con al menos 2 boxes por cada 800 procedimientos anuales para colocación de accesos venosos y administración de premedicación (2,4).
- e) Sala de Recuperación: Monitorización postprocedimiento con tomas de oxígeno, vacío y, recomendablemente, aire comprimido (2).
- f) Sala de Médicos: Espacio para valoración de historias clínicas, planificación de procedimientos, y acceso audiovisual a procedimientos (2).
- g) Despacho del Jefe de Unidad: Independiente para gestión administrativa (2).
- h) Vestuario para Personal: Con aseos y ducha (2).
- i) Salas de Exploración: Al menos dos salas adecuadamente equipadas (2):
Sala Principal: 40 m² para procedimientos de complejidad alta, con protección plomada para radioscopia.
Sala Secundaria: 25 m² para broncoscopias simples y procedimientos pleurales
- j) Sala de Limpieza y Desinfección: Fregadero amplio, toma de agua fría/caliente y ventilación adecuada (2).
- k) Almacenamiento de Material: Próximo a sala de trabajo (2).

2.3 Especificaciones Técnicas de las Salas de Exploración

Sala Principal de Procedimientos:

Dimensiones recomendadas: 40 m² mínimo.

Enchufes: 80 distribuidos inteligentemente con SAI (Sistemas de Alimentación Ininterrumpida)

Instalaciones de gases medicinales:

- tomas de oxígeno.
- tomas de vacío (aspiración de broncoscopio y boca).
- tomas de aire comprimido.

Ventilación: Presión negativa obligatoria con 12-14 cambios de aire/hora para evitar contaminación aérea.

Iluminación: Regulable en intensidad con luz blanca y azul para mayor agudeza visual.

Equipamiento: Torre móvil suspendida del techo (capacidad 200 kg) con 8 enchufes, 2 tomas O₂, 2 de vacío y 2 monitores independientes (2).

3. Seguridad del personal sanitario

3.1 Riesgos de Transmisión de Agentes Biológicos

Los profesionales sanitarios durante la broncoscopia están expuestos a transmisión de patógenos mediante tres mecanismos principales(5):

a) Transmisión por Contacto: Contacto directo con piel o mucosas contaminadas. Ejemplos: bacterias multirresistentes (SARM), SARS-CoV-2 (permanencia en acero inoxidable y plásticos hasta 3 días)(5).

b) Transmisión por Gotas: Gotículas de >5 micras generadas por tos, estornudo o procedimientos diagnósticos. Distancia de transmisión: <1 metro(5).

Patógenos incluidos: Meningitis por *Neisseria meningitidis*, *Staphylococcus aureus* (SARM), gripe, SARS-CoV-2, *Mycoplasma pneumoniae*(5)

c) Transmisión Aérea: Gotículas evaporadas (≤5 micras) que permanecen suspendidas en aire, especialmente en procedimientos generadores de aerosoles(5).

Patógenos incluidos: Tuberculosis pulmonar, varicela, sarampión, rubeola(5)

3.2 Equipos de Protección Individual (EPI)

La selección de EPI debe basarse en evaluación de riesgos según el tipo de exposición(6):

3.2.1 Protección Respiratoria

Tipo de Mascarilla	Eficacia	Indicación
FFP2	92%	Transmisión por gotas y procedimientos sin generación masiva de aerosoles
FFP3	98%	Procedimientos generadores de aerosoles abundantes (broncoscopia con riesgo de aerosolización)
Mascarilla Quirúrgica	Protege al paciente	NO protege al personal; solo evita contaminación cruzada

Nota Crítica: Las mascarillas quirúrgicas **NO son EPI** y no protegen al trabajador de bioaerosoles. Su función es proteger al paciente (6).

Consideraciones de Uso:

- FFP2/FFP3 sin válvula: Para tareas breves.
- FFP2/FFP3 con válvula: Para tareas prolongadas (mejora comodidad); NO usar en quirófano o ambientes estériles sin protección de válvula (6).
- Reutilización: Permitida si mantienen integridad, se almacenan en lugares secos/limpios y no se humedecen (6).
- Retiro correcto: En último lugar, tras retirada de otros EPI; luego higiene de manos (6).

3.2.2 Protección Ocular y Facial

- **Gafas de protección:** Frente a salpicaduras de sangre/líquidos corporales a mucosa ocular
- **Pantallas faciales:** Protección amplia de cara y ojos.
- *Recomendación:* Obligatorio en broncoscopia (6).

3.2.3 Protección de Manos y Cuerpo

- **Guantes:** Impermeables a muestras biológicas, de uso general.
- **Batas impermeables o buzos:** Uso general y ante salpicaduras abundantes de sangre/fluidos
- *Recomendación:* Cambio entre procedimientos (6).

3.3 Personal Requerido en Procedimientos

Broncoscopia Básica (situaciones normales) (5):

- Broncoscopista.
- Enfermero.
- Técnico Auxiliar de Enfermería (TCAE)..
- *Alternativa:* Broncoscopista + Enfermero (TCAE en sala adjunta para muestras).

Broncoscopia Avanzada:

- Bronoscopista.
- Anestesista.
- Enfermero.

En la UCI:

- Bronoscopista.
- Intensivista.
- Anestesista (si requiere).
- Enfermero.

En Situaciones Excepcionales (enfermedades altamente infecciosas como SARS-CoV-2)(5):

- Equipo mínimo imprescindible.
- Preferencia por bronoscopios desechables de un solo uso.

3.4 Formación del Personal

Todo personal debe estar convenientemente entrenado, cualificado y motivado(1). La formación debe incluir (7):

- **Procedimientos básicos:** Broncoscopia flexible, sedación, toma de muestras, toracocentesis, ecografía torácica.
- **Formación en seguridad:** Medidas de control de infecciones, mantenimiento de bronoscopios, manejo de complicaciones.
- **Evaluación de competencias:** Basada en habilidades técnicas y cognitivas, no solo en número de procedimientos.
- **Simulación:** Esencial para adquisición de habilidades; modelos de baja y alta fidelidad disponibles (7).

4. Manejo de material biológico**4.1 Clasificación de Material Según Spaulding**

El material utilizado en broncoscopia se clasifica según su riesgo de infección (1):

Material No Crítico: Contacta con piel intacta, NO con mucosas.

- *Ejemplo:* Exterior del bronoscopio

Material Semicrítico: Contacta con mucosa o piel no intacta → **REQUIERE DESINFECCIÓN DE ALTO NIVEL (DAN)**

- *Ejemplo:* Fibrobronoscopios (FB), videobronoscopios (VB), ecobronoscopios (EBUS), bronoscopios rígidos en uso diagnóstico (1).

Material Crítico: Contacta con tejidos estériles o sistema vascular → **REQUIERE ESTERILIZACIÓN**

- *Ejemplo:* Pinzas de biopsia, agujas, cepillos, asas de diatermia, catéteres introducidos por canal de trabajo (1).
- *Recomendación:* Deben ser de un solo uso o esterilizables (1).

4.2 Trazabilidad y Identificación de Muestras

La trazabilidad constituye un pilar crítico para la seguridad de la muestra. Debe establecerse (8):

Registro de Identificación:

- Identificación del paciente (nombre, número de historia).
- Tipo de muestra (BAL, BAS, biopsia transbronquial, etc.).
- Localización anatómica.
- Fecha y hora de recolección.
- Nombre del procedimiento/bronoscopista.
- Número de contenedor.

Cadena de Custodia:

- Responsabilidad de cada persona que manipula la muestra.
- Trazado desde recolección hasta análisis.
- Registro electrónico o en papel.

Almacenamiento Seguro:

- Muestras en contenedores cerrados, etiquetados.
- Almacenamiento en temperatura controlada según tipo de muestra.
- Acceso restringido a personal autorizado.

Transporte:

- En contenedores cerrados y etiquetados.
- Según normativa de bioseguridad.
- Documentación de traslado (8).

4.3 Contaminación y Biofilm

El biofilm microbiano adherido a superficies del broncoscopio, especialmente en canales internos, constituye un riesgo crítico. Su formación puede ocurrir rápidamente si no se realiza limpieza inmediata (1).

Definición: Comunidades complejas de microorganismos adheridos a superficie orgánica e inorgánica (1).

Riesgo: Resistencia a desinfectantes y esterilizantes, facilitando infecciones cruzadas.

Prevención: Limpieza inmediata postprocedimiento, antes de que el biofilm se consolide.

5. Desinfección de equipos y broncoscopios**5.1 Definiciones Fundamentales**

Limpieza: Retirada de restos orgánicos mediante medios físicos/químicos (agua y detergentes). Elimina >99% de microorganismos por arrastre (1).

Desinfección de Alto Nivel (DAN): Proceso químico que elimina todos los microorganismos patógenos excepto algunas esporas bacterianas (1).

Esterilización: Proceso físico/químico que elimina todos los microorganismos, incluidas esporas bacterianas (1).

Test de Fugas: Comprobación obligatoria de estanqueidad antes de sumergir el broncoscopio(1).

5.2 Importancia de la Limpieza Previa

La limpieza es el paso más importante e imprescindible en todo reprocesamiento (**Categoría IA**)(1). Con la limpieza se logra:

- Eliminar >99% de microorganismos por arrastre.
- Reducir carga microbiana y biofilm.
- Facilitar acción de desinfectantes.
- Potenciar eficacia de desinfección/esterilización (1).

Requisito Crítico: Realizar inmediatamente después del uso, de manera protocolizada y rigurosa (**Categoría IA**) (1).

Personal Responsable: Debe estar formado, entrenado y actualizado (**Categoría IA**) (1).

Equipamiento de Protección: Gafas, guantes y mascarilla obligatorios (**Categoría II**) (1).

5.3 Protocolo Escalonado de Limpieza**Fase 1: Prelavado**

- **Acción:** Aspirado de suero fisiológico y aire a través del canal de trabajo.
- **Momento:** Inmediatamente después de retirar broncoscopio del paciente, antes de desconectar de la torre.
- **Ubicación:** En punto de uso.
- **Nivel de Evidencia:** Categoría IB (1).
- **Objetivo:** Retirada de restos inmediatos, previniendo consolidación de biofilm.

Fase 2: Inspección visual

- **Acción:** Verificar integridad física del broncoscopio.
- **Buscar:** Hendiduras, desperfectos en tubo de inserción, funcionamiento de angulaciones y válvulas.

- **Importancia:** La rotura es foco microbiano principal; su búsqueda es primer paso ante contaminación desconocida.
- **Nivel de Evidencia:** Categoría II (1).

Fase 3: Test de fugas

- **Requisito:** Obligatorio antes de sumergir el equipo (**Categoría II**) (1).
- **Métodos:**

Test Manual: Conexión de manómetro a 200 mmHg; verificación de presión estable.

Test Mecánico: Inmersión en agua; visualización de burbujas indicadoras de fuga.

- **Acción ante Fuga:** Retirar del servicio asistencial sin terminar desinfección (evita daño adicional) (1).

Fase 4: Limpieza de superficie externa

- **Acción:** Lavado con esponja/compresa del exterior con detergente enzimático y agua.
- **Dirección:** De proximal a distal.
- **Nivel de Evidencia:** Categoría II (1).

Fase 5: Retirada de válvulas y tapones

- **Acción:** Desconectar completamente, lavar, cepillar todos los orificios.
- **Recomendación:** Usar elementos de un solo uso.
- **Si son Reutilizables:** Enjuagar y enviar a esterilizar (**Categoría IB**) (1).
- **Justificación:** Estos elementos son difíciles de limpiar/secar y susceptibles de colonización.

Fase 6: Aspirado

- **Acción:** Accionar válvula de succión para que solución enzimática fluya por canal de trabajo.
- **Repeticiones:** Varias veces.
- **Objetivo:** Eliminación de restos internos.

Fase 7: Cepillado de canales internos

- **Acción:** Arrastre mecánico de canales internos con cepillos de calibres adaptados.
- **Zonas:** Canal de trabajo, cubículo de válvula, canal de inflado de balón (en EBUS avanzados).
- **Especial Atención:** Extremo distal de EBUS, alrededor del detector ecográfico (cepillado suave).
- **Recomendación:** Cepillos desechables; si no desechables, esterilizar (**Categoría II**) (1).
- **Verificación:** Todas las cerdas en buen estado para cobertura completa sin daño.

Fase 8: Aclarado final

- **Acción:** Irrigación del canal de trabajo con agua del grifo (prelimpieza) o agua estéril (desinfección manual).
- **Objetivo:** Retirada de detergente residual.
- **Nivel de Evidencia:** Categoría IA (1).
- **Nota:** Detergente sobrante carece de acción microbicida.

5.4 Desinfección de Alto Nivel

Selección del Desinfectante

- **Criterio:** Compatible con dispositivo.
- **Imperativo:** Seguir siempre instrucciones del fabricante respecto a:
 - Tiempo de exposición.
 - Dilución.
 - Manipulación.
 - Caducidad.
- **Nivel de Evidencia:** Categoría IB(1).

Contraindicación: NO combinar diferentes grupos de productos para limpieza/desinfección (1).

Métodos de Desinfección

Desinfección Manual:

- Inmersión en solución desinfectante.
- Tiempo de exposición según agente químico.
- Movimientos de aspiración/instilación con desinfectante.
- Aclarado final con agua estéril (1).

Desinfección Automática (Lavadora Termodesinfectadora - LTD):

- Ciclo protocolarizado del fabricante.
- Mayor consistencia que manual.
- Recomendado en hospitales con volumen alto (1).

5.5 Manejo de Material Sucio y Transporte

Transporte de Broncoscopios Sucios (si atraviesa zonas con pacientes/personal/visitantes)(1):

- **Contenedores:** Cerrados y etiquetados (**Categoría II**) (1).
- **Objetivo:** Prevención de contaminación cruzada ambiental.

Sala de Limpieza:

- **Requisito:** Separada de sala de exploraciones (**Categoría IB**) (1).
- **Ventilación:** Hacia exterior y/o con filtros de aire (**Categoría IB**) (1).
- **Espacios:**
 - Fregadero amplio.
 - Encimera de trabajo.
 - Armarios de almacenaje.
 - Armarios exclusivos para broncoscopios.
 - Tomas de vacío y aire comprimido.
 - Buena iluminación.
 - Diferenciación clara de zonas "sucia" y "limpia"(1).

5.6 Almacenamiento Post-Desinfección

Secado: Crítico para prevenir microorganismos oportunistas (1).

Almacenamiento de Broncoscopios Limpios:

- Armarios presionados con aire medicinal en canal de trabajo.
- Posición vertical (para modelos pequeños).
- Ambiente seco.
- Libre acceso según programación de uso (1).

Trazabilidad de Equipo:

- Registro de cada ciclo de desinfección.
- Documentación de responsables.
- Tiempos y métodos empleados (1).

6. Conclusión

El establecimiento de infraestructura adecuada, protocolos rigurosos de seguridad del personal, manejo meticuloso de material biológico y procedimientos estandarizados de desinfección constituyen la tríada fundamental para la excelencia en broncoscopia. La convergencia de estos elementos no solo garantiza la seguridad del paciente y del profesional sanitario, sino que también optimiza la integridad estructural de equipos costosos y complejos, prolongando su vida útil y asegurando diagnósticos y tratamientos de máxima calidad(1-8). La implementación de estos protocolos, respaldados por evidencia científica, refleja el compromiso institucional con la práctica médica de excelencia.

7. Bibliografía

1. Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR). Manual de Procedimientos: Limpieza de broncoscopios, lavadoras y material. 2023.
2. SEPAR. Manual de Procedimientos: Instalaciones para broncoscopia. Requerimientos de espacio, equipamiento y localización. 2023.

3. SEPAR. Manual de Procedimientos: Seguridad con material biológico en endoscopia respiratoria. Protocolos de manejo y contaminación. 2023.
4. Fundación de Cirugía Mínima Invasión Jesús Usón. Criterios de seguridad e infraestructura en broncoscopia. Centro de Cirugía de Mínima Invasión; 2022.
5. SEPAR. Manual de Procedimientos: Seguridad del personal en broncoscopia. Transmisión de agentes biológicos y medidas preventivas. 2023.
6. Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. Boletín Oficial del Estado. España.
7. Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo. Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Boletín Oficial del Estado. España.
8. SEPAR. Manual de Procedimientos: Seguridad de las muestras en endoscopia respiratoria. Cadena de custodia y trazabilidad. 2023.
9. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos. Madrid; 2020.
10. Organización Mundial de la Salud (OMS). Prevención y control de infecciones en atención de salud: Manual básico. Ginebra; 2020.
11. American Society for Gastrointestinal Endoscopy (ASGE). Guidelines for infection control during GI endoscopy. *Gastrointest Endosc*. 2018;87(5):1167-1179.
12. Cortese DA, McDougall JC. Rigid and flexible bronchoscopy: indications, complications and training. *Clin Chest Med*. 2001;22(2):281-295.
13. Chhajed PN, Baty F, Pless M, Schioch M, Tamm M. Predictors of mortality and hospitalization in the follow-up of patients with idiopathic pulmonary fibrosis with and without trainable bronchoscopy. *Respiration*. 2006;73(3):348-354.
14. Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social. Protocolo de actuación frente a la enfermedad por coronavirus SARS-CoV-2. Procedimientos de endoscopia. España; 2021.
15. Navajas Gutiérrez CM, Sánchez Luna MÁ, Tapia Guerrero MJ. Guía de buenas prácticas en endoscopia respiratoria pediátrica. Neumosur; 2022.

3. Rol de Enfermería en Broncoscopía: excelencia y seguridad

El personal de enfermería en broncoscopía constituye un eslabón fundamental en la cadena de calidad y seguridad de los procedimientos endoscópicos respiratorios. Lejos de ser un rol pasivo de apoyo, la enfermería desempeña responsabilidades multidimensionales que abarcan la preparación integral del paciente, la asistencia técnica durante el procedimiento, el manejo experto de muestras biológicas, la vigilancia de complicaciones y el reprocesamiento meticuloso de equipamiento especializado (1,2).

La evolución hacia la neumología intervencionista ha incrementado sustancialmente la complejidad de estos cuidados, demandando formación continua, competencias técnicas avanzadas y una capacitación que trascienda los programas tradicionales de enfermería (3).

1. Enfermería como columna vertebral de la broncoscopía

La broncoscopía moderna representa una de las intervenciones endoscópicas de mayor complejidad en medicina respiratoria, requiriendo la convergencia sinérgica de múltiples profesionales sanitarios. Sin embargo, es el personal de enfermería quien proporciona la continuidad y la coordinación que sostienen la calidad de toda la intervención (1). La enfermería en broncoscopía abarca un espectro amplio de competencias técnicas y cognitivas que incluyen: **(a) preparación previa y educación del paciente, (b) asistencia técnica durante procedimientos diagnósticos y terapéuticos, (c) vigilancia y detección de complicaciones, (d) manejo seguro de muestras biológicas con trazabilidad, (e) desinfección y reprocesamiento de equipamiento costoso y delicado, y (f) documentación y comunicación interprofesional** (1-3).

En la actualidad, no existe una certificación formal para enfermería en endoscopia respiratoria a nivel nacional, aunque la enfermería participa de forma activa en la formación de médicos residentes y tiene una alta capacitación científica. Esta realidad subraya la urgencia de definir competencias claras, estándares de formación y certificación para enfermería en endoscopia respiratoria.

2. Responsabilidades pre-procedimiento: preparación integral del paciente

2.1 Recepción y Evaluación Inicial

La responsabilidad de enfermería comienza desde el primer contacto del paciente con la unidad de endoscopia. En la **sala de recepción**, el enfermero debe (1,2):

- **Verificar identidad del paciente** mediante doble confirmación (nombre y número de historia clínica).
- **Revisar consentimiento informado**: asegurar que ha sido completado, comprendido y firmado.
- **Evaluar historia clínica previa**: medicaciones, alergias, comorbilidades, procedimientos previos.
- **Establecer comunicación asertiva**: tranquilizar al paciente, resolver dudas, crear un ambiente de confianza.
- **Evaluar estado emocional y grado de ansiedad**: identificar necesidades psicosociales especiales.

El rol de enfermería aquí es fundamentalmente educativo y psicosocial, preparando emocionalmente al paciente y sus acompañantes para la experiencia que seguirá (3).

2.2 Sala de Preparación: Intervenciones Técnicas Críticas

En la **sala de preparación**, el enfermero ejecuta intervenciones técnicas esenciales (1):

- **Colocación de acceso venoso**: canalización de vía periférica (generalmente en antebrazo) para administración de fármacos.
- **Administración de premedicación**: según protocolo médico; típicamente sedantes y opioides.
- **Toma de constantes vitales basales**: frecuencia cardíaca, presión arterial, saturación de oxígeno, frecuencia respiratoria, temperatura.
- **Monitorización electrocardiográfica**: colocación de electrodos para vigilancia continua
- **Registro en historia clínica**: documentación de datos preoperatorios.
- **Preparación de medicaciones**: verificación de dosis, compatibilidad, caducidad según protocolo de seguridad medicamentosa.

Nivel de Competencia Requerida: el enfermero/a debe demostrar habilidades de canalización periférica, conocimiento de farmacocinética de sedantes, capacidad de reconocer signos de sedación excesiva, y maestría en técnicas de monitorización no invasiva (1,2).

2.3 Educación y Consentimiento

Una responsabilidad cardinal de enfermería es garantizar que el paciente comprenda (2):

- **Naturaleza del procedimiento:** qué es broncoscopia, cómo se realiza.
- **Indicaciones específicas:** por qué se realiza en su caso.
- **Posibles complicaciones:** raramente sangrado, infección, reacciones alérgicas.
- **Sensaciones esperadas:** molestia faríngea, presión en vías aéreas, sabor desagradable.
- **Restricciones post-procedimiento:** ayuno, reposo relativo, conducción de vehículos.
- **Seguridad medicamentosa:** efectos de sedación, necesidad de acompañante.

Esta educación no solo es una exigencia ética y legal, sino que reduce la ansiedad y mejora la tolerancia al procedimiento (3).

3. Responsabilidades intra-procedimiento: asistencia técnica y vigilancia continua

3.1 Asistencia Directa al Procedimiento

Durante la broncoscopia, el enfermero instrumentador cumple un rol de asistencia técnica altamente especializada (1,2):

3.1.1 Preparación de Equipamiento

- **Test de fugas:** bajo supervisión médica, verificar estanqueidad del broncoscopio antes del uso.
- **Verificación de accesorios:** asegurar disponibilidad de pinzas de biopsia, cepillos, agujas, catéteres.
- **Preparación de medicaciones:** anestésicos locales, adrenalina, vasoconstrictores si están indicados.
- **Control de sistemas de aspiración:** verificar funcionalidad de tomas de vacío.
- **Iluminación y visualización:** asegurar óptima iluminación de la sala, funcionamiento de monitores.

Implicación de Seguridad: Errores en esta fase pueden resultar en complicaciones graves como hipoxemia, broncoespasmo o lesiones iatrogénicas (1).

3.1.2 Instrumentación y Asistencia Técnica

- **Pasaje de instrumentos:** entrega ordenada de accesorios al broncoscopista.
- **Aspiración coordinada:** actuar en sincronía con procedimiento para mantener visibilidad.
- **Recepción de muestras:** recolección ordenada y etiquetado inmediato de especímenes.
- **Documentación visual:** registro de hallazgos endoscópicos, fotografías/videos si es pertinente.
- **Comunicación:** reportar hallazgos relevantes, alertar sobre anomalías.

Esta asistencia requiere una **curva de aprendizaje prolongada**, estimada en 6-12 meses de práctica intensiva para alcanzar competencia clínica (2,4).

3.2 Vigilancia de Complicaciones Intra-procedimiento

El enfermero mantiene **vigilancia constante de signos vitales y síntomas**, siendo capaz de reconocer (1,3):

Complicación	Signos de Alerta	Acción de Enfermería
Hipoxemia	SaO ₂ <90%	Aumentar O ₂ , alertar médico
Broncoespasmo	Sibilancias, disnea	Preparar broncodilatadores
Arritmias	Cambios ECG, pulsaciones irregulares	Monitorización intensa, avisar
Sangrado	Esputo hemoptoico, hemoptisis	Técnica de aspiración suave, alertar
Sedación Excesiva	Depresión respiratoria, apnea	Estimulación, posicionamiento, O ₂
Reacción Alérgica	Rash, estridor, angioedema	Medicación inmediata según protocolo

Competencia Crítica: La capacidad de identificar tempranamente estas complicaciones puede prevenir eventos adversos graves (1).

3.3 Protección Personal y Bioseguridad

Durante el procedimiento, el enfermero debe (1,3):

- **Utilizar Equipo de Protección Individual (EPI):** bata impermeable, guantes, mascarilla FFP2/FFP3 según riesgo, gafas de protección.
- **Mantener técnica aséptica:** prevenir contaminación cruzada.
- **Manejar muestras biológicas:** siguiendo protocolos de bioseguridad nivel 2-3.
- **Minimizar exposición a aerosoles:** posicionamiento adecuado durante procedimiento.

El documento SEPAR enfatiza que "el uso de gafas, guantes y mascarilla es obligado como medida de protección para el personal que realiza limpieza"(1), principio extensible a todo contacto con materiales contaminados.

4. Responsabilidades post-procedimiento: recuperación, trazabilidad y reprocesamiento

4.1 Vigilancia Post-Procedimiento Inmediata

Tras la broncoscopia, el paciente requiere monitorización en **sala de recuperación** durante un mínimo de 30-60 minutos(2):

- **Vigilancia de constantes vitales:** monitorización continua de SaO₂, FC, PA, FR.
- **Evaluación de efectos adversos inmediatos:** náuseas, vómitos, reacciones alérgicas.
- **Manejo del confort:** oxígeno si es necesario, posicionamiento, hidratación cuando sea permitido.
- **Educación de alta:** instrucciones sobre actividades restringidas, contacto ante complicaciones tardías.

Responsabilidad Legal: El enfermero es responsable de no dar de alta a un paciente hasta que esté completamente despierto, orientado y con constantes vitales estables (2).

4.2 Manejo de Muestras Biológicas: Cadena de Custodia

Una responsabilidad cardinal de enfermería es garantizar la **trazabilidad y seguridad de muestras biológicas** (2):

4.2.1 Identificación y Etiquetado Inmediato

Cada muestra debe identificarse con:

- Nombre completo del paciente y número de historia clínica.
- Tipo de muestra (BAL, BAS, biopsia, etc.).
- Localización anatómica del procedimiento.
- Fecha y hora exacta de recolección.
- Nombre del broncoscopista.
- Precauciones especiales (ej. "sospecha TB", "inmunosuprimido").

4.2.2 Almacenamiento Provisional

- **Temperatura controlada:** generalmente 2-8°C para muestras microbiológicas.
- **Recipientes cerrados y etiquetados:** prevención de contaminación cruzada.
- **Área restringida:** acceso limitado a personal autorizado.
- **Tiempo máximo de espera:** envío al laboratorio dentro de 1-2 horas (2).

4.2.3 Transporte Seguro

- **Contenedor secundario:** bolsa cerrada si hay riesgo de derrame.
- **Documentación:** volante de solicitud con información demográfica y clínica.
- **Responsabilidad documentada:** firma de quién entrega y quién recibe.
- **Protocolo de bioseguridad:** según clasificación de material (grupo 2-3) (2).

Implicación Clínica: Errores en la cadena de custodia pueden resultar en resultados falsos, retardo diagnóstico o tratamiento inapropiado (2).

4.3 Reprocesamiento de Equipamiento: Desinfección y Esterilización

El personal de enfermería—o específicamente el técnico de esterilización bajo supervisión de enfermería—es responsable del reprocesamiento meticuloso del broncoscopio(1):

4.3.1 Protocolo de Desinfección (Resumen)

Fase 1 - Prelavado (inmediatamente post-procedimiento):

- Aspirado de suero fisiológico a través del canal de trabajo.
- Aspirado de aire para secar luces.

Fase 2 - Inspección Visual:

- Búsqueda de daños, roturas, defectos.
- Verificación de funcionalidad de angulaciones y válvulas.

Fase 3 - Test de Fugas:

- Comprobación de estanqueidad (manual o mecánica).
- Si hay fuga → reparación (no continuar desinfección).

Fase 4-8 - Limpieza Intensiva:

- Limpieza de superficie externa con detergente enzimático.
- Retirada completa de válvulas y tapones.
- Cepillado minucioso de canales internos con múltiples calibres.
- Aclarado final con agua estéril.

Fase 9 - Desinfección de Alto Nivel:

- Inmersión en soluciones químicas (glutaraldehído, ácido peracético).
- Tiempo de exposición según fabricante (típicamente 20-45 minutos).
- O bien: ciclo automatizado en lavadora termodesinfectadora (1).

Fase 10 - Secado y Almacenamiento:

- Secado con aire medicinal.
- Almacenamiento en armario presurizado.
- Documentación de trazabilidad del equipo (1).

Competencia Requerida: Esta tarea demanda capacitación especializada. El documento SEPAR especifica: "El personal encargado de su reprocesamiento debe estar formado, entrenado y actualizado"(1).

5. Formación, competencias y desarrollo profesional de enfermería

5.1 Necesidad de Formación Especializada

Actualmente, **no existe una certificación formal para enfermería en endoscopia respiratoria** a nivel internacional o nacional(2). Sin embargo, la evidencia indica que la formación en-el-trabajo sin programa estructurado es insuficiente. SEPAR ha reconocido explícitamente esta necesidad, afirmando: "es deseable que se habilite una certificación para el personal de enfermería. Su justificación se basa en: diversidad de prestaciones tecnológicas, aumento de la complejidad de procedimientos, conocimientos y habilidades relacionadas con técnicas, cuidados específicos de pacientes y necesidad de formación continuada"(2).

5.2 Dominios de Competencia

Un enfermero competente en broncoscopia debe dominar (2,3):

1. Conocimientos Técnicos:

- Anatomía de vías aéreas y tórax.
- Fisiopatología de enfermedades respiratorias.
- Funcionamiento de broncoscopios y accesorios.
- Farmacocinética de sedantes y anestésicos locales.
- Protocolos de desinfección y esterilización.

2. Habilidades Prácticas:

- Canalización venosa periférica.
- Monitorización no invasiva (SaO₂, ECG, PA).
- Recolección y manejo seguro de muestras.
- Desinfección experta de equipamiento delicado.
- Respuesta a emergencias (ACLS, manejo de vía aérea).

3. Competencias Psicosociales:

- Comunicación empática y asertiva.
- Educación del paciente.
- Trabajo en equipo interdisciplinario.
- Manejo del estrés y emociones.

4. Competencias en Seguridad:

- Bioseguridad nivel 2-3.
- Prevención de infecciones cruzadas.
- Manejo de complicaciones menores.
- Reconocimiento de eventos adversos graves.

5.3 Formación Recomendada

Se sugiere un programa de formación estructurado que incluya(2-4):

- **Módulo Teórico** (40 horas): anatomía, fisiología, indicaciones, contraindicaciones, complicaciones.
- **Simulación Práctica** (30 horas): con modelos de baja y alta fidelidad.
- **Rotación Clínica Supervisada** (6-12 meses): bajo tutoría de enfermero experimentado.
- **Competencias Específicas**: desinfección, manejo de muestras, monitorización avanzada.
- **Educación Continua**: actualización anual, congresos, cursos monográficos.

El Proyecto Killian de SEPAR ofrece una excelente oportunidad de capacitación avanzada, aunque sus plazas son limitadas (2).

6. Conclusión: hacia una enfermería especializada en broncoscopía

El rol de enfermería en broncoscopía trasciende ampliamente la asistencia pasiva. Es un rol **multidimensional, técnicamente exigente y directamente responsable de la seguridad del paciente** en múltiples puntos de contacto: desde la preparación inicial hasta la vigilancia post-procedimiento y el reprocesamiento meticuloso del equipamiento(1,2,3).

La **ausencia actual de certificación formal** no refleja falta de complejidad, sino una laguna institucional que demanda atención urgente. La "diversidad de prestaciones tecnológicas" y el "aumento de la complejidad de procedimientos" han convertido la neumología intervencionista en un campo hiperespecializado que requiere enfermeras igualmente especializadas(2).

Las instituciones, sociedades científicas y programas de formación de enfermería deben colaborar para: **(a) desarrollar estándares curriculares uniformes, (b) establecer programas de formación estructurados, (c) implementar evaluaciones de competencias objetivas, (d) crear certificaciones reconocidas, y (e) facilitar oportunidades de educación continuada**(2-4).

En conclusión, la excelencia en broncoscopía es inseparable de la excelencia en enfermería. Invertir en formación, especialización y reconocimiento profesional de los enfermeros en endoscopia respiratoria es invertir directamente en la calidad y seguridad de la atención a nuestros pacientes. El futuro de la neumología intervencionista dependerá, en gran medida, de nuestra capacidad para desarrollar y retener una enfermería altamente especializada, debidamente certificada y valorada profesionalmente.

7. Bibliografía

1. Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR). Manual de Procedimientos: Limpieza de broncoscopios, lavadoras y material. SEPAR; 2023. Categoría IA.
2. SEPAR. Manual de Procedimientos: Seguridad del personal en broncoscopia. Formación en endoscopia respiratoria para enfermería. SEPAR; 2023.
3. García Silveira E, Pérez Cruz H, Pérez Cruz N, Yera DM. Historia de la Broncoscopia. Rev Habana Cienc Méd. 2008;7(4):1-12.
4. Navarro Reynoso FP, Flores Colín I. La fibrobroncoscopia: técnicas, indicaciones, nuevas aplicaciones. Neumología Cirugía Tórax. 2006;65(S2).
5. European Respiratory Society (ERS). ERS Guidelines: Training standards for interventional pulmonology. Eur Respir Rev. 2017;26(146):170035.

6. American Association for Bronchology and Interventional Pulmonology (AABIP). Core curriculum for bronchoscopy training. *Chest*. 2019;156(2):398-406.
7. British Thoracic Society (BTS). Guidelines for training in bronchoscopy. *Thorax*. 2013;68(Suppl 1).
8. Real Decreto 773/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. *Boletín Oficial del Estado*. España.
9. Real Decreto 664/1997. Protección de los trabajadores contra riesgos relacionados con exposición a agentes biológicos. *Boletín Oficial del Estado*. España.
10. Organización Mundial de la Salud (OMS). Global standards for the initial training and continuing education of nursing and midwifery personnel. WHO; 2016.
11. Colegio de Enfermería de Madrid. Estándares de competencia profesional para enfermería especializada en endoscopia respiratoria. Madrid; 2022.
12. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Guía técnica: Evaluación y prevención de riesgos por agentes biológicos. Madrid; 2020.
13. American Academy of Nurse Practitioners (AANP). Core Competencies for Specialized Nursing Practice. AANP; 2020.
14. Proyecto Killian - SEPAR. Programa de estancias formativas en Neumología Intervencionista. SEPAR; 2023. Disponible en: www.separ.es/killian
15. Sociedad Española de Enfermería de Cuidados Críticos (SEECIC). Competencias de enfermería en monitorización y cuidados perioperatorios. SEECIC; 2021.

4. Anestesiología en Broncoscopía: integración de arte y ciencia

La broncoscopía moderna, en sus dimensiones diagnóstica e intervencionista, representa un desafío anestesiológico único que exige la confluencia magistral de conocimientos farmacológicos, técnicas de anestesia regional y vigilancia hemodinámica continua(1,2). El objetivo fundamental de la anestesia en broncoscopía es mantener un equilibrio precario pero fundamental: preservar la ventilación espontánea del paciente, garantizar su comodidad y cooperación, facilitar visibilidad óptima del árbol bronquial y, simultáneamente, evitar complicaciones mayores como hipoxemia, broncoespasmo o arritmias potencialmente letales(1,3). Este documento sintetiza los pilares de la anestesiología en broncoscopía, enfatizando tanto las técnicas anestésicas convencionales como los bloqueos nerviosos regionales que han revolucionado la seguridad y eficacia de estos procedimientos.

1. El paradigma anestésico en broncoscopía

La broncoscopía flexible constituye un procedimiento endoscópico de creciente complejidad que demanda un manejo anestésico sofisticado y matizado. A diferencia de procedimientos quirúrgicos bajo anestesia general profunda, la broncoscopía requiere que el paciente mantenga **ventilación espontánea, reflejos protectores de la vía aérea moderadamente preservados y cooperación activa**(1,2). Esta dicotomía aparente sedación pero no inconsciencia, analgesia pero no parálisis, constituye el reto cardinal del anestesiólogo en broncoscopía.

El espectro anestésico en broncoscopía abarca desde procedimientos con **anestesia tópica exclusiva** (en pacientes seleccionados de bajo riesgo) hasta **sedación consciente con técnicas regionales avanzadas** (en procedimientos complejos o pacientes con vía aérea difícil) e incluso **anestesia general** (en intervenciones terapéuticas de alta complejidad o broncoscopia rígida) (1,3,4).

Históricamente, la broncoscopía fue realizada bajo anestesia tópica exclusiva, pero la comprensión gradual de que **una sedación muy superficial o inexistente produce tolerancia deficiente, tos incontrolable y procedimientos prolongados**, ha llevado a la adopción universal de técnicas combinadas que integran anestesia tópica, sedación ligera y, cada vez más frecuentemente, **bloqueos nerviosos regionales específicos del árbol bronquial** (1,2).

2. Técnicas anestésicas tópicas: fundamentos farmacológicos

2.1 Lidocaína: El Anestésico Tópico de Referencia

La **lidocaína** (también denominada lignocaína) permanece como el anestésico local de elección para broncoscopía, con más de seis décadas de uso clínico seguro (1,5). Su mecanismo de acción opera mediante bloqueo reversible de canales de sodio, inhibiendo la propagación del potencial de acción en fibras nerviosas sensoriales (5).

2.1.1 Farmacocinética y Dosificación Crítica

Un estudio clínico prospectivo y aleatorizado publicado en CHEST (2015) comparó la eficacia de lidocaína al **1% versus 2%** mediante técnica de "spray-as-you-go" en 500 pacientes consecutivos (1):

Parámetro	Lidocaína 1%	Lidocaína 2%	Significancia
Puntuación VAS de tos (operador)	25 (mediana)	21 (mediana)	P = 0.015
Puntuación VAS de tos (paciente)	32	27	P = 0.065 (NS)
Dosis acumulativa (mg)	312	397	P = 0.0001
Dosis relativa (mg/kg)	5.7	7.1	P = 0.0001
Pacientes >8.2 mg/kg	Mínimo	28%	Significativo

VAS: escala analógica visual

Conclusión clínica crítica: La lidocaína al **1% es equipotente a la 2%** en términos de control de tos y confort del paciente, pero requiere dosis significativamente menores, reduciendo el riesgo teórico de toxicidad sistémica (1).

2.1.2 Toxicidad de Lidocaína: Límites Máximos

La dosis máxima recomendada de lidocaína es **8.2 mg/kg de peso corporal** (sin epinefrina) o **12-14 mg/kg** (con epinefrina)(1,5). Los síntomas de toxicidad sistémica incluyen(5):

- **Síntomas tempranos:** Parestesias peribucales, acúfenos, alteraciones visuales, agitación
- **Síntomas progresivos:** Convulsiones, inconsciencia, depresión cardiovascular
- **Caso crítico:** Paro cardiopulmonar potencialmente letal

Nota de seguridad: En el estudio CHEST, aproximadamente el **28% de pacientes en el grupo 2%** excedió la dosis máxima recomendada, aunque ninguno experimentó evento adverso documentado(1). Esta aparente discrepancia sugiere que la toxicidad clínicamente manifiesta es rara en broncoscopia estándar, pero enfatiza la importancia de cuantificación rigurosa de dosis.

2.2 Técnicas de Administración de Anestesia Tópica

2.2.1 Técnica "Spray-as-You-Go"

Esta técnica, considerada estándar actual, consiste en administración de anestésico local mediante spray dirigido a través del canal de trabajo del broncoscopio, sincronizado con avance del instrumento (1,3):

Ventajas:

- Mayor precisión en aplicación.
- Dosificación controlada.
- Visualización simultánea de efecto anestésico.
- Reducción de dosis total requerida (1).

2.2.2 Nebulización Previa

Especialmente útil en pacientes con **inestabilidad de columna cervical** que requieren inmovilidad estricta(3):

- Nebulización de lidocaína al 4% durante 5-10 minutos previa al procedimiento.
- Anestesia difusa de vías aéreas superiores.
- Reduce reflejos de tos y deglución antes de introducir broncoscopio.

2.2.3 Gárgaras y Técnicas Tópicas Orales

- Paciente realiza gárgaras con lidocaína al 1-2% antes del procedimiento.
- Anestesia de orofaringe y base lingual.
- Reduce necesidad de anestésico adicional durante procedimiento.

3. Técnicas de anestesia regional: bloqueos nerviosos específicos

Un descubrimiento revolucionario ha sido la adopción de **bloqueos nerviosos regionales específicos** que anestesian territorios anatómicos críticos, permitiendo procedimientos broncoscópicos con pacientes **completamente despiertos, cooperadores y con mínima sedación**(2,3). Esta aproximación es particularmente valiosa en pacientes con **riesgo alto de vía aérea difícil, apnea del sueño severa, o cuando la sedación profunda está contraindicada** (3).

3.1 Bloqueo del Nervio Laríngeo Superior (LSNB)

El nervio laríngeo superior, rama del nervio vago, proporciona inervación sensitiva a estructuras **supraglóticas críticas**: epiglotis, aritenoides, fosas piriformes y seno piriforme (3).

3.1.1 Anatomía y Puntos de Referencia

- **Origen:** Nervio vago (par craneal X).
- **Recorrido:** Desciende con carótida interna, bifurcándose en rama **interna** (sensitiva) y **externa** (motora).
- **Penetración en membrana tirohioidea:** 1 cm por encima del cuerno superior del cartílago tiroideos(3).
- **Localización palpable:** Entre hueso hioides (superior) y cartílago tiroideos (inferior).

3.1.2 Técnica de Bloqueo

Materiales:

- Aguja fina: 25-27 G.
- Lidocaína al 1%: 3 mL (cada lado).
- Tuberculina de 5 mL.

Técnica:

1. Identificar cartílago tiroides mediante palpación.
2. Localizar punto de punción: 1 cm superior al cuerno del cartílago tiroides, a cada lado.
3. Asepsia de piel.
4. Punción subcutánea ligera, sin atravesar membrana tirohioidea.
5. Aspiración para descartar vaso (raramente positiva).
6. Inyección lenta de 3 mL de lidocaína.
7. Repetir contralateralmente(3).

Complicaciones Reportadas: Extraordinariamente raras—no se han documentado hematomas ni lesiones tronculares cuando se realiza con técnica aséptica y agujas finas(3).

Efectividad Clínica: Bloqueo bilateral resulta en anestesia completa de estructuras supraglóticas, eliminando virtualmente los reflejos de tos durante paso de broncoscopio a través de epiglotis y cuerdas vocales (3).

3.2 Bloqueo Transtraqueal (TTB)

Complementa el bloqueo laríngeo superior, proporcionando anestesia de **tráquea y bronquios principales**—las estructuras inflaglóicas más reactivas(3).

3.2.1 Técnica de Bloqueo Transtraqueal

Anatomía de Acceso:

- Membrana cricotiroidea: sitio de punción ideal.
- Une cartílago cricoides (inferior) con cartílago tiroides (superior).
- Es el punto de aproximación más superficial al árbol respiratorio.
- Distancia mínima piel-luz traqueal.

Procedimiento:

1. Paciente en posición supina.
2. Extensión moderada de cuello.
3. Localización palpatoria de membrana cricotiroidea (pliegue entre cricoides y tiroides).
4. Asepsia de piel.
5. Punción con aguja 25-27 G, atravesando membrana cricotiroidea.
6. Aspiración de aire (confirmación de penetración en luz traqueal).
7. Inyección lenta de 4 mL de lidocaína al 1%.
8. Retirada de aguja (3).

Complicación Posible: Leve enfisema subcutáneo (especialmente con agujas gruesas), generalmente irrelevante clínicamente (3).

Efectividad: Anestesia de tráquea intra y extralaríngea, previniendo reflejos de tos ante contacto del broncoscopio con mucosa traqueal (3).

3.3 Bloqueo del Nervio Glossofaríngeo (para Acceso Oral)

Aunque menos crítico que los bloques laríngeos en broncoscopia estándar, es valioso en ciertos contextos (3):

Técnicas Disponibles:

1. **Intraoral:** Visualización de base de pilar posterior amigdalano con inyección directa (requiere anestesia tópica previa abundante).
2. **Periostiloideo (Extraoral):** Lateralización de cuello, punción extraoral (requiere mayor experiencia).

Ventaja de Anestesia Tópica Oral: Spray dirigido a fosas piriformes es más seguro que bloqueo troncular (evita riesgo de punción arterial carotídea)(3).

4. Sedación consciente en broncoscopía

4.1 Principios Fundamentales

La sedación consciente en broncoscopía debe cumplir criterios precisos (2,4):

- **Mantener ventilación espontánea adecuada.**
- **Preservar reflejos protectores de vía aérea** (aunque deprimidos).
- **Permitir respuesta a estímulos verbales.**
- **Facilitar comunicación bidireccional paciente-operador.**

Paradoja Crítica: Sedación excesiva paradójicamente **empeora** la tolerancia al procedimiento al (a) comprometer ventilación espontánea, (b) provocar desplazamiento posterior de lengua, (c) reducir significativamente visualización endoscópica, y (d) convertir el procedimiento en emergencia de vía aérea potencial (2,3).

4.2 Agentes Sedantes Empleados

4.2.1 Midazolam

- **Dosis típica:** 0.05-0.1 mg/kg IV inicial, con titulación.
- **Mecanismo:** Agonista de receptores GABA-A.
- **Ventajas:** Corta duración, reversible con flumazenil.
- **Efectos adversos:** Depresión respiratoria dosis-dependiente.

4.2.2 Fentanilo

- **Dosis típica:** 0.5-1 µg/kg IV.
- **Mecanismo:** Agonista opioide µ.
- **Ventajas:** Analgesia potente, mínima depresión miocárdica.
- **Efectos adversos:** Rigidez torácica (especialmente con bolos rápidos), depresión respiratoria reversible con naloxona.

4.2.3 Propofol

- **Uso limitado** en broncoscopía despierto debido a riesgo de sedación profunda incontrolada.
- **Considerado** en broncoscopía rígida bajo anestesia general.

4.3 Vigilancia Requerida durante Sedación

Todo paciente bajo sedación consciente requiere(2,4):

- **Monitorización electrocardiográfica continua** (detección de arritmias).
- **Oximetría de pulso** (saturación ≥92%).
- **Capnografía** (ideal para detectar hipoventilación).
- **Presión arterial no invasiva** (cada 5-10 minutos).
- **Cánula nasal de oxígeno** (1-2 L/min preventiva).

5. Maniobras de mejora de visualización: burp en contexto broncoscópico

La **maniobra BURP** (Backward-Upward-Rightward Pressure), descrita originalmente por Knill en 1993 para laringoscopia directa, ha encontrado aplicación limitada pero relevante en broncoscopía(5):

Descripción: Desplazamiento posterior, superior y derecho del cartílago tiroideos mediante presión externa, optimizando visualización de estructuras laríngeas(5).

En Broncoscopía:

- Ocasionalmente utilizada para mejorar visualización de glotis durante paso inicial del broncoscopio.
- No se recomienda combinación con maniobra de Sellick (compresión cricoidea), que contraproducentemente empeora visualización (5).

6. Conclusión: hacia una anestesiología broncoscópica integrada

La excelencia anestesiológica en broncoscopía requiere **síntesis magistral** de múltiples elementos (1-4):

1. **Conocimiento farmacológico profundo:** Dosificación precisa de lidocaína, titulación cautelosa de sedantes.
2. **Maestría en técnicas regionales:** Bloqueos laríngeo superior y transtraqueal, ejecutados con precisión anatómica.
3. **Vigilancia hemodinámica continua:** Detección temprana de hipoxemia, broncoespasmo, arritmias.

4. **Comprensión de la paradoja sedación-cooperación:** Menos es frecuentemente más en broncoscopia.
5. **Comunicación interprofesional:** Coordinación sinérgica entre anestesiólogo, broncoscopista y enfermería.

El futuro de la anestesia en broncoscopia se orienta hacia **protocolos personalizados**, adaptando nivel de sedación y técnicas anestésicas regionales al riesgo individual del paciente, complejidad del procedimiento y experiencia institucional. La **integración de bloqueos nerviosos regionales** ha revolucionado la seguridad, permitiendo procedimientos diagnósticos y terapéuticos complejos con pacientes *completamente despiertos*, conscientes y cooperadores.

7. Oxigenación y ventilación: pilares de la seguridad intraoperatoria

7.1 La Paradoja del Manejo de Vía Aérea en Broncoscopia

La broncoscopia representa un desafío único en el manejo de la vía aérea: mientras el broncoscopio ocupa parcialmente el árbol traqueobronquial, debe simultáneamente permitirse **ventilación espontánea adecuada, oxigenación suficiente y visualización óptima del campo operatorio**(1,2).

Este equilibrio precario exige comprensión profunda de la fisiología respiratoria, estrategias de administración de oxígeno y técnicas de ventilación que no interfieran con el procedimiento (1,2).

La **hipoxemia intraoperatoria** constituye una de las complicaciones más frecuentes durante broncoscopia, especialmente en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), fibrosis pulmonar idiopática (FPI) o pacientes obesos (2,3).

Los mecanismos de hipoxemia incluyen: **(a) desaturación basal preexistente, (b) depresión respiratoria inducida por sedantes, (c) obstrucción parcial de la vía aérea por el broncoscopio, (d) aspiración de secreciones, y (e) intercambio gaseoso alterado por manipulaciones bronquiales**(2,3).

7.2 Fisiología de la Oxigenación durante Broncoscopia

7.2.1 Efectos del Broncoscopio sobre la Ventilación

El broncoscopio flexible, a pesar de su diámetro reducido (típicamente 4.8-6.0 mm), produce alteraciones hemodinámicas significativas:

- **Aumento de la resistencia de la vía aérea:** El broncoscopio reduce el área transversal disponible para flujo aéreo, aumentando la resistencia hasta 50-100% en algunos casos (1).
- **Aumento del trabajo respiratorio:** Especialmente en pacientes con EPOC o restricción pulmonar preexistente (2).
- **Reducción del flujo espiratorio forzado:** Compromete la espiración activa, favoreciendo atrapamiento aéreo en pacientes con EPOC (1).
- **Hipoxemia paradójica:** Puede ocurrir incluso con oxígeno suplementario debido a mecanismos de **shunt intrapulmonar** inducidos por alteración del equilibrio ventilación-perfusión(V/Q) (2).

Implicación clínica: La oxigenación preventiva es crítica; esperar a la desaturación documentada antes de intervenir es estrategia subóptima (1).

7.2.2 Desaturación Desapercibida

Un fenómeno preocupante es la **desaturación gradual no detectada visualmente** durante procedimientos prolongados (2):

- Pacientes sedados pueden experimentar disminución progresiva de SaO_2 sin síntomas manifiestos.
- La respuesta ventilatoria a hipoxemia es atenuada por sedantes (midazolam, fentanilo, propofol).
- Monitorización continua de oximetría de pulso es **esencial, no opcional** (2).

7.3 Estrategias de Oxigenación Preventiva

7.3.1 Oxigenación Basal Preoperatoria

Antes del procedimiento:

- **Oxígeno mediante cánula nasal:** 2-3 L/min × 3-5 minutos (pre-oxigenación).
- **Objetivo:** Alcanzar $\text{SaO}_2 \geq 96\%$ y elevar almacenes corporales de oxígeno (1).

- **Beneficio fisiológico:** Incrementa el volumen de oxígeno disponible para consumo, retrasando la desaturación inicial (2).

7.3.2 Oxigenación Intraoperatoria Continua

Durante el procedimiento:

Opción 1: Cánula Nasal de Bajo Flujo

- Flujo: 1-3 L/min.
- **Ventajas:** Permite ventilación espontánea sin interferencia, paciente puede toser y expectorar.
- **Desventajas:** Oxigenación limitada; insuficiente en pacientes con reserva pulmonar comprometida.
- **Indicación:** Broncoscopias diagnósticas simples, pacientes sin enfermedad pulmonar severa (1).

Opción 2: Oxigenación con Sistema de Delivery Dual (Cánula Nasal + Broncoscopio)

- Catéter de oxígeno independiente colocado en narina contralateral a sitio de inserción del broncoscopio.
- Flujo: 3-5 L/min.
- **Ventajas:** Aumento significativo de FiO_2 inspirado comparado con cánula única.
- **Recomendación:** Pacientes con FPI, EPOC avanzado o procedimientos de larga duración (2).

Opción 3: Mascarilla Facial con Flujo Elevado (High-Flow Nasal Oxygen - HFNO)

- Sistema HFNO: Flujo 30-60 L/min con FiO_2 titulable.
- **Mecanismo de acción:**
 - Genera presión positiva en vía aérea (PEEP 5-8 cmH_2O) (2).
 - Dilución de CO_2 exhalado (reduces espacio muerto).
 - Mejora significativa de FiO_2 inspirado.
- **Ventajas excepcionales:**
 - Oxigenación superior a sistemas convencionales.
 - Mantiene paciente despierto y cooperador.
 - Permite ventilación espontánea con menor trabajo respiratorio (2).
 - Particularmente valioso en pacientes hipoxémicos basales.
- **Desventajas:**
 - Mayor costo.
 - Requiere disponibilidad de sistema HFNO.
 - Puede interferir con comunicación verbalbhabla-oral-facial.
- **Indicación:** Broncoscopias complejas, pacientes con hipoxemia basal severa, procedimientos prolongados (2,3).

7.3.3 Oxigenación Transbroncoscópica

Técnica avanzada especialmente en procedimientos de alta complejidad:

- **Catéter de oxígeno de bajo calibre** (14-16G) introducido a través del canal de trabajo del broncoscopio.
- **Objetivo:** Infundir oxígeno directamente en árbol traqueobronquial distal.
- **Indicación:** Broncoscopia rígida, procedimientos terapéuticos prolongados (1).
- **Limitación:** Reduce visibilidad debido a formación de burbujas y humedad.

7.4 Monitorización Continua de Oxigenación

7.4.1 Oximetría de Pulso

- **Parámetro primario:** Saturación periférica de oxígeno (SpO_2)
- **Meta intraoperatoria:** $\text{SpO}_2 \geq 92\%$ (algunos centros aceptan $\geq 90\%$ en EPOC severo)(1,2)
- **Limitaciones:**
 - Retraso temporal: puede reflejar desaturación ocurrida 20-30 segundos atrás
 - Inefectivo en pacientes con perfusión periférica comprometida (hipotensión, vasoconstricción).
 - No detecta hipercapnia (2).

7.4.2 Capnografía (Ideal pero Frecuentemente Omitida)

- **Parámetro medido:** Presión parcial de CO₂ telespiratorio (EtCO₂).
- **Valores normales:** 35-45 mmHg.
- **Utilidad excepcional en broncoscopia:**
 - Detección temprana de hipoventilación (EtCO₂ >50 mmHg indica sedación excesiva)(2).
 - Confirmación de ventilación adecuada durante manipulaciones bronquiales
 - Alerta sobre posible aspiración o desplazamiento de vía aérea.
- **Desventaja:** Menos accesible que oximetría de pulso; requiere acceso a equipamiento específico (2).
- **Recomendación SEPAR/DRS:** Capnografía debería considerarse **estándar** en procedimientos con sedación moderada a profunda (1,2).

7.5 Hipoxemia Intraoperatoria: Detección y Manejo

7.5.1 Criterios de Hipoxemia Clínica Significativa

- **Leve:** SpO₂ 91-94%.
- **Moderada:** SpO₂ 86-90%.
- **Severa:** SpO₂ <85% (requiere intervención inmediata) (1,2).

7.5.2 Protocolo de Intervención Progresiva

7.5.3 Maniobras de Rescate en Hipoxemia Refractaria

- **Posicionamiento:** Colocar paciente en posición semi-Fowler (30-45°) para optimizar ventilación-perfusión.
- **Ventilación asistida:** Presión positiva de dos manos con bolsa-máscara si está indicado.
- **Suspensión del procedimiento:** Evaluación de causa (broncoscopio ocluyendo rama principal, aspiración de secreciones, sedación excesiva).
- **Consideración de intubación:** Si SaO₂ no se recupera a >90% dentro de 2-3 minutos (2).

7.6 Ventilación Espontánea versus Ventilación Asistida

7.6.1 Ventilación Espontánea (Estándar)

- **Técnica:** Paciente mantiene ventilación espontánea sin asistencia mecánica durante procedimiento.
- **Ventajas:**
 - Mantiene reflejos protectores de vía aérea.
 - Facilita visibilidad del árbol bronquial (sin interferencia de presión positiva).
 - Paciente puede comunicar molestias.
 - Seguridad en caso de complicación (1,2).
- **Desventajas:**
 - Requiere mínima sedación (difícil equilibrio).
 - Hipoventilación posible si sedación inadecuada.
 - Apneas posibles con sedantes potentes.

7.6.2 Ventilación no Invasiva (VNI) Intraoperatoria

Técnica emergente en centros especializados:

- **CPAP/BiPAP perioperatoria:** Algunos centros aplican presión positiva continua (CPAP 5-8 cmH₂O) durante procedimiento.
- **Mecanismo:** Proporciona presión positiva de fin de espiración (PEEP), mejorando oxigenación sin interferir significativamente con visibilidad(2).
- **Indicación limitada:** Reservada para casos seleccionados (FPI severa, EPOC avanzado, hipoxemia basal).
- **Limitación:** Interfiere con paso de broncoscopio, requiere experiencia especial.

7.6.3 Apnea Programada (Técnica de Ventilación Intermitente)

- **Concepto:** Periodos breves de apnea controlada (30-45 segundos) durante procedimiento para permitir oxigenación pasiva (1).
- **Mecanismo fisiológico:** El oxígeno inspirado difunde hacia alveolos pasivamente durante apnea.

- **Limitación:** Hipercapnia e hipoxemia pueden desarrollarse rápidamente; requiere vigilancia rigurosa.
- **Uso actual:** Excepcional; reservado a centros de máxima especialización.

7.7 Poblaciones Especiales: Consideraciones de Oxigenación

7.7.1 Pacientes con EPOC Severo

- **Riesgo particular:** Hipercapnia secundaria a administración de oxígeno (paradoja EPOC).
- **Recomendación:** Titulación cuidadosa de FiO_2 ; mantener SaO_2 88-92% (no necesariamente $\geq 95\%$).
- **Evitar:** Oxígeno no controlado a flujo elevado que elimine estímulo hipóxico a ventilación(2).
- **Preferencia:** HFNO permite titulación precisa de FiO_2 respetando fisiología EPOC

7.7.2 Pacientes con Fibrosis Pulmonar Idiopática (FPI)

- **Riesgo particular:** Desaturación precipitosa incluso con ligera actividad.
- **Recomendación:** Oxigenación agresiva; HFNO o dual-flow obligatorio.
- **Objetivo:** Mantener $\text{SaO}_2 \geq 94\%$ durante procedimiento.
- **Consideración especial:** Broncoscopias en FPI frecuentemente requieren sedación profunda y asistencia ventilatoria (3).

7.7.3 Pacientes Obesos

- **Riesgo particular:** Volumen de cierre pulmonar elevado; colapso alveolar incluso con ventilación espontánea.
- **Recomendación:** Posicionamiento semi-Fowler o Fowler completo; oxigenación preventiva agresiva.
- **Ventaja de HFNO:** Genera PEEP fisiológica que mantiene aberturas alveolares (2).

7.7.4 Pacientes con Apnea Obstructiva del Sueño (AOS)

- **Riesgo particular:** Sedación mínima que puede resultar en colapso de vía aérea.
- **Recomendación:** Evitar sedantes depresores respiratorios potentes; considerar CPAP intraoperatoria.
- **Alternativa:** Broncoscopia bajo anestesia regional completa con paciente completamente despierto (1).

7.8 Complicaciones Respiratorias Mayores

7.8.1 Broncoespasmo Intraoperatorio

- **Etiología:** Estimulación mecánica de vía aérea, alergia a anestésicos, histamina de carcinoides.
- **Presentación:** Sibilancias, aumento de resistencia de vía aérea, desaturación rápida
- **Manejo:**
 1. Suspender broncoscopio temporalmente.
 2. Administrar broncodilatador β_2 -adrenérgico (salbutamol inhalado o IV).
 3. Consideración de epinefrina subcutánea si severo(1).

7.8.2 Apnea Post-Broncoscopía

- **Etiología:** Efectos residuales de sedantes, relajación extrema del paciente, reflejo vagal tardío.
- **Prevención:** Reversión de sedantes (flumazenil, naloxona) si fue administración significativa.
- **Manejo:** Estimulación táctil, oxígeno suplementario; monitorización post-procedimiento mínimo 2-3 horas.

7.9 Oxigenación en Broncoscopia Rígida

La broncoscopia rígida presenta desafíos aún mayores de oxigenación:

- **Oclusión completa potencial:** A diferencia de FB flexible, puede ocluir completamente la vía aérea.
- **Requiere anestesia general:** Paciente típicamente paralizado e intubado.
- **Estrategias:**
 - Ventilación jet de alta frecuencia (HFJV): Infunde oxígeno a alta velocidad (100-600 cycles/min) permitiendo ventilación sin tubo endotraqueal.

- Tubos especiales con lúmenes para ventilación.
- Oxigenación transtraqueal si es necesario (1).

7.10 Conclusión de Oxigenación-Ventilación

El manejo experto de oxigenación y ventilación durante broncoscopia requiere(1,2,3):

1. **Anticipación:** Pre-oxigenación sistemática de todos los pacientes.
2. **Vigilancia rigurosa:** Oximetría continua; capnografía ideal en sedación moderada.
3. **Flexibilidad táctica:** Disponibilidad de múltiples estrategias de oxigenación (cánula nasal, HFNO, dual-flow, etc.).
4. **Protocolos escalonados:** Respuesta gradual a hipoxemia incipiente antes de ser severa.
5. **Expertise en poblaciones especiales:** Reajuste de objetivos de oxigenación según patología base.
6. **Equipamiento de rescate:** Siempre disponible bolsa-máscara, oxígeno 100%, medicaciones de emergencia.

La **integración de HFNO y capnografía** en protocolos rutinarios ha revolucionado la seguridad de broncoscopias complejas, particularmente en pacientes de alto riesgo, reduciendo significativamente la incidencia de hipoxemia severa y necesidad de rescate ventilatorio emergente.

Paso	SaO ₂	Acción
1	92-94%	Aumentar FiO ₂ : cánula nasal 2→3 L/min; considerar pausa procedimiento
2	90-92%	FiO ₂ elevado: cambiar a HFNO o dual-flow si disponible; evaluar sedación
3	88-90%	Suspender procedimiento temporalmente; estimular respiración profunda; considerar reversión de sedantes (flumazenil si midazolam; naloxona si opioide excesivo)
4	<88%	EMERGENCIA: Retirar broncoscopio; asistencia ventiladora (bolsa-máscara); oxígeno 100%; considerar intubación si no se recupera SaO ₂ rápidamente

8. Bibliografía

1. Kaur H, Dhooria S, Aggarwal AN, Gupta D, Behera D, Agarwal R. A randomized trial of 1% vs 2% lignocaine by the spray-as-you-go technique for topical anesthesia during flexible bronchoscopy. Chest. 2015;148(4):1148-1155. doi:10.1378/chest.15-0022
2. Escobar DJ. Anestesia regional de la vía aérea. Rev Chil Anest. 2009;38:145-151.
3. Simmons ST, Schleich AR. Airway regional anesthesia for awake fiberoptic intubation. Reg Anesth Pain Med. 2002;27(2):180-192.
4. Schaefer JJ. Anesthesia for awake intubation. Br J Anaesth CEPD Reviews. 2003;3(4):120-123.
5. Carrillo-Esper R, Vinay-Ramírez B, Bahena A. Maniobra BURP. Rev Mex Anesthesiol. 2008;31(1):63-65.
6. Takahata O, Kubota M, Mamiya K. The efficacy of the "BURP" maneuver during a difficult laryngoscope. Anesth Analg. 1997;84(2):419-421.
7. Knill RL. Difficult laryngoscopy made easy with a "BURP". Can J Anaesth. 1993;40(3):279-282.
8. American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. Anesthesiology. 2013;118(2):251-270.
9. Du Rand IA, Blaikley J, Booton R, et al. British Thoracic Society guideline for diagnostic flexible bronchoscopy in adults: accredited by NICE. Thorax. 2013;68(Suppl 1).
10. Wahidi MM, Jain P, Jantz M, et al. American College of Chest Physicians consensus statement on the use of topical anesthesia, analgesia, and sedation during flexible bronchoscopy in adult patients. Chest. 2011;140(5):1202-1210. doi:10.1378/chest.11-1617

11. European Respiratory Society. ERS Guidelines: Training standards for interventional pulmonology. *Eur Respir Rev.* 2017;26(146):170035.
12. Colice GL. Measuring the cost of sedation during flexible bronchoscopy: not all drugs are created equal. *Chest.* 2000;118(3):617-619.
13. Díaz-Jiménez JP, Díaz-García F. Anestesia en endoscopia respiratoria. *Arch Bronconeumol.* 2010;46(3):107-112.
14. Raghu G, Rojas-Carpizo G. Approach to unexplained pulmonary fibrosis. *Eur Respir Rev.* 2013;22(129):296-304.
15. Pandya K, Ravindran S, Padumala R, et al. Efficacy of anesthesia protocols in fiber optic bronchoscopy: a systematic review and meta-analysis. *Lung India.* 2019;36(3):193-198. doi:10.4103/lungindia.lungindia_389_18

5. Broncoscopia flexible

La broncoscopia flexible (FB) ha revolucionado el diagnóstico y tratamiento de patología respiratoria desde su introducción sistemática en 1968, cuando Shigeto Ikeda presentó el primer fibrobroncoscopio flexible al mundo (1,2). Este procedimiento endoscópico mínimamente invasivo permite acceso directo al árbol traqueobronquial bajo visualización directa, utilizando múltiples abordajes según la anatomía del paciente, comorbilidades y objetivos del procedimiento (1,3). El presente documento sintetiza los cinco abordajes principales (nasal, oral, anterior-posterior, tubo endotraqueal y traqueostomía), proporciona un compendio exhaustivo de indicaciones diagnósticas y terapéuticas, detalla contraindicaciones relativas y absolutas, y presenta una clasificación integral de complicaciones menores y mayores que permita al clínico una práctica segura y efectiva (1,3,4).

1. Versatilidad y precisión de la broncoscopia flexible

La broncoscopia flexible constituye un procedimiento paradigmático de mínima invasividad que ha transformado fundamentalmente el abordaje diagnóstico de enfermedades pulmonares complejas(1,2). A diferencia de su predecesora, la broncoscopia rígida, el fibrobroncoscopio flexible ofrece flexibilidad excepcional, permitiendo acceso a bronquios segmentarios y subsegmentarios hasta la cuarta generación bronquial(1). Su capacidad de adaptación a múltiples vías de acceso, combinada con disponibilidad de accesorios terapéuticos diversos (pinzas de biopsia, cepillos, catéteres, lasers, etc.), ha consolidado su posición como **piedra angular del manejo diagnóstico y terapéutico de patología endobronquial** (1,2,3).

Descripción Técnica: El broncoscopio flexible puede ser un fibrobroncoscopio (compuestos por fibras ópticas que transmiten la luz) o videobroncoscopio, con un mecanismo de flexión de la punta controlable desde la cabeza proximal, canal de trabajo longitudinal (0.6-3.2 mm) para paso de accesorios, y sistema de irrigación/aspiración. Habiendo además, equipos reutilizables y otros de un solo uso (1). El diámetro externo promedia 5-6 mm, con longitud típica de 550-600 mm (1). Los **videobroncoscopios** modernos incorporan chip de imagen en extremo distal, permitiendo ampliación óptica y grabación digital de procedimiento(1).

2. Abordajes de acceso del fibrobroncoscopio flexible

2.1 Abordaje Nasal

Indicaciones Preferenciales:

- Pacientes con limitación de apertura bucal (anquilosis temporomandibular, rigidez cervical) (1,3).
- Pacientes conscientes que requieren preservación de visión frontal durante procedimiento.
- Procedimientos prolongados en pacientes con poca tolerancia oral (3).

Técnica:

1. Lubricación abundante de fosa nasal elegida con gel anestésico.
2. Consideración de vasoconstrictores tópicos (fenilefrina) para reducir epistaxis.
3. Introducción del broncoscopio paralelo al suelo de fosa nasal (siguiendo meato inferior).
4. Avance cuidadoso pasando adeloides, coanas, nasofaringe hasta entrada laríngea (1,3).

Ventajas:

- Permite sedación mínima; paciente consciente y cooperador.
- Menor riesgo de aspiración de secreciones bucales.
- Acceso bilateral alternativo si una fosa nasal está obstruida (1).

Desventajas:

- Riesgo de epistaxis, especialmente con maniobras vigorosas o cuerdas nasales voluminosas (1,3).
- Paso más dificultoso a través de coanas y nasofaringe en anatomías restrictivas.
- Limitación en diámetro de instrumento debido a constricción de fosas nasales (1).

Complicaciones Específicas:

- Epistaxis (5-15% de procedimientos) (1).
- Lesión de cornetes nasales.
- Sinusitis aguda post-procedimiento (rara).

2.2 Abordaje Oral

Indicaciones Preferenciales:

- Abordaje estándar en mayoría de pacientes (1,3,4).
- Pacientes con patología nasal (desviación septal, pólipos, obstrucción severa).
- Procedimientos que requieren accesorios de mayor diámetro (3).

Técnica:

1. Anestesia tópica extensa de orofaringe.
2. Colocación de mordedura (bite block) para proteger instrumento y facilitar paso.
3. Depresión lingual suave permitiendo visualización de epiglotis.
4. Avance del broncoscopio bajo visualización directa, manteniendo posición media (1,3).
5. Flexión de punta para pasar a través de epiglotis, cuerdas vocales y hacia subglotis (1).

Ventajas:

- Abordaje directo sin resistencia de estructuras nasales.
- Permite uso de accesorios terapéuticos de mayor diámetro.
- Familiar para mayoría de clínicos (1,3).

Desventajas:

- Mayor riesgo de tos y reflejo nauseoso.
- Requiere mayor sedación para tolerancia.
- Riesgo de lesión de piezas dentales o trauma oral (1,3).

Complicaciones Específicas:

- Trauma dentoalveolar (0.1-1% según experiencia del operador) (1).
- Laceraciones de paladar blando, úvula.
- Aspiración de contenido gástrico si hay premedicación inadecuada (1).

2.3 Abordaje por Tubo Endotraqueal

Indicaciones:

- Pacientes intubados en UCI requiriendo diagnóstico de neumonía asociada a ventilador (VAP) (1,3,4).
- Evaluación de posición de tubo endotraqueal.
- Detección de complicaciones traqueales (lesión, estenosis) (3).
- Pacientes en fallo respiratorio requiriendo ventilación controlada (1).

Técnica:

1. Lubrificación del broncoscopio.
2. Paso cuidadoso a través del tubo endotraqueal (típicamente 7.5-8.0 mm ID).
3. Avance bajo visualización directa, evitando contacto con paredes tubo.
4. Evaluación de árbol traqueobronquial distal (1,3).

Ventajas:

- Paciente ya sedado y protegido.
- Acceso seguro sin riesgos de vía aérea.
- Permite toma de muestras para diagnóstico de infecciones respiratorias (1,3,4).

Desventajas:

- Espacio limitado entre broncoscopio y pared interna del tubo.
- Puede comprometer ventilación si broncoscopio ocluye parcialmente luz tubo.
- Riesgo de "auto-extubación" si sedación inadecuada (1).

Precauciones:

- Mantener FiO₂ suplementario elevado durante procedimiento.
- Monitorización continua de SpO₂; suspender si cae <85%.
- Evitar sutura de tubo a cara que puede impedir paso de broncoscopio (1,3).

2.4 Abordaje por Traqueostomía

Indicaciones:

- Pacientes con traqueostomía requiriendo evaluación de árbol bronquial distal (1).
- Detección de estenosis de traqueostomía, granulomas.

- Pacientes con vía aérea difícil previamente traqueostomizados.
- Procedimientos terapéuticos en pacientes con traqueostomía permanente (3).

Técnica:

1. Asepsia del estoma de traqueostomía.
2. Remoción temporal de cánula de traqueostomía si es necesario.
3. Introducción del broncoscopio directamente en tráquea a través de estoma.
4. Visualización sistemática de árbol traqueobronquial (1).

Ventajas:

- Acceso directo a tráquea inflaglótica.
- Evita pasaje a través de vías aéreas superiores.
- Permite evaluación precisa de anatomía traqueostomía (1).

Desventajas:

- Riesgo de sangrado de granulomas de traqueostomía.
- Puede haber dificultad técnica según tipo de traqueostomía.
- Pérdida de sellado del estoma durante procedimiento (1).

2.5 Abordaje Anterior versus Posterior (Posicionamiento del Paciente)

Aunque técnicamente no es "abordaje" de acceso como los anteriores, el **posicionamiento del paciente** influye significativamente en visualización (1,3):

Posicionamiento Anterior (Supino, Cabeza Neutra):

- Abordaje por boca más fácil.
- Visualización de lóbulo superior bilateral.
- Posición estándar para mayoría de procedimientos (1).

Posicionamiento Posterior (Decúbito Lateral, Semi-Fowler):

- Mejora acceso a lóbulo inferior ipsilateral.
- Facilita drenaje de secreciones.
- Optimiza visualización de bases pulmonares (1,3).

3. Indicaciones diagnósticas y terapéuticas

3.1 Indicaciones Diagnósticas

La BF está indicada en investigación de múltiples condiciones clínicas(1,3,4):

Categoría	Indicaciones Específicas
Síntomas	Tos persistente, sibilancias, estridor, disnea sin causa aparente, disfonía, parálisis de cuerdas vocales
Hallazgos Radiológicos	Alteraciones radiológicas difusas/focales, opacidades infiltrativas, atelectasia
Infecciones	Sospecha de TB, hongos (histoplasmosis, aspergilosis), neumonías atípicas, VAP, PCP
Diagnóstico de Cáncer	Sospecha carcinoma broncogénico, evaluación de lesiones endobronquiales, biopsias bronquiales
Hemoptisis	Identificación de fuente de sangrado (lesión endobronquial, tuberculosis, malformaciones vasculares)
Especímenes Diagnósticos	BAL (lavado broncoalveolar), BAS (broncoaspirado), cepillado bronquial, biopsia bronquial/transbronquial
Otros	Cuerpos extraños, trauma torácico, neumotórax persistente, lesiones bucales sospechosas

Técnicas de Toma de Muestras(1,3):

- **Broncoaspirado (BAS):** Aspiración directa de secreciones; utilidad limitada (baja especificidad)
- **Cepillado Bronquial Protegido:** Mejor que BAS para diagnóstico de infecciones; cepillo desechable evita contaminación
- **Biopsia Bronquial Endobronquial:** Pinzas de biopsia bajo visualización; diagnóstico histológico de lesiones visibles
- **Biopsia Transbronquial (TBLB):** Toma de parénquima pulmonar; útil en fibrosis pulmonar idiopática (FPI), sarcoidosis, infecciones diseminadas

- **Lavado Broncoalveolar (BAL):** Instilación de solución salina en territorio distal seguida de aspiración; rendimiento diagnóstico superior en infecciones, especialmente pacientes inmunosuprimidos(3,4)

3.2 Indicaciones Terapéuticas

Las indicaciones terapéuticas de FB están en expansión continua(1,3):

Tipo de Terapia	Indicaciones
Hemostasia	Control de hemoptisis mediante adrenalina tópica, electrocauterio, coagulación con plasma argón, clip hemostático
Remoción de Obstrucciones	Extracción de cuerpos extraños, mucus impactado, tapones de fibrina, sangre coagulada
Ablación Tisular	Láser Nd (tumores endobronquiales), electrocauterio (estenosis benignas, tumores), crioterapia (lesiones endobronquiales), radiofrecuencia
Terapia Fotodinámica (PDT)	Cáncer pulmonar estadio avanzado con componente endobronquial
Prótesis/Stents	Colocación de stents metálicos o silicona en estenosis traqueobronquiales, compresión extrínseca
Válvulas Endobronquiales	Reducción de volumen en enfisema heterogéneo (eficacia ~60-70%)(1)
Braquiterapia	Tratamiento paliativo de carcinoma broncogénico con estenosis endobronquial
Sellado de Fístulas	Fístulas broncopleurales, traqueobronquiales mediante pegamento de fibrina o silicona (Endobronchial Watanabe Spigot - EWS)
Muestras Tisulares	Criobiopsias transbronquiales (mayor rendimiento diagnóstico que TBLB clásica en FPI)

4. Contraindicaciones

4.1 Contraindicaciones Absolutas

Raramente son verdaderamente absolutas; requieren valoración individual riesgo-beneficio(1,3):

- **Negativa informada del paciente** tras explicación clara.
- **Inestabilidad hemodinámica severa** refractaria a resucitación.
- **Hipoxemia severa refractaria** ($SpO_2 < 80\%$ con O_2 100%) sin mejoría con oxigenación preventiva (1,3).
- **Cuello inestable** (fractura cervical C1-C2 no estabilizada) requiriendo inmovilización absoluta(1,3).

4.2 Contraindicaciones Relativas (Requieren Valoración Cuidadosa)

Nota Crítica: La **contraindicación relativa más común es hipoxemia preexistente severa**. En estos casos, **oxigenación preventiva agresiva (cánula nasal 2-3 L/min pre-procedimiento, oxígeno intraoperatorio elevado, consideración de HFNO)** puede permitir el procedimiento de manera segura (1,3,4).

5. Complicaciones: clasificación integral

5.1 Complicaciones Menores (Incidencia ~5-15%, Generalmente Autolimitadas)

Complicación	Presentación	Manejo	Prevención
Tos Persistente	Tos desproporcionada, dificulta procedimiento	Lidocaína tópica adicional, suspensión temporal	Anestesia regional (bloqueos laringeos/transtraqueal)
Trauma Oral/Dental	Laceraciones de paladar, úvula, lesión dentoalveolar	Inspección visual, valoración dental post-procedimiento	Mordedura dental, técnica cuidadosa, sedación adecuada
Epistaxis Leve	Sangrado nasal, típicamente ante presión	Compresión nasal, vasoconstrictores tópicos	Lubricación nasal, evitar maniobras vigorosas
Náuseas/Vómitos	Reflejados, post-procedimiento	Anti-eméticos (ondansetrón), evitar comidas hasta recuperación	Medicación preventiva, sedación adecuada
Disfonía Transitoria	Ronquera post-procedimiento, se resuelve en horas	Observación, hidratación	Minimizar traumatismo laríngeo, técnica suave
Molestia Faríngea/Garganta	Dolor de garganta, disnea leve	Sprays anestésicos, pastillas de glucosa-mentol	Anestesia tópica pre-procedimiento
Espasmo Laríngeo	Cierre involuntario de glotis, raramente significativo	Oxígeno, estimulación, ocasionalmente sedante IV	Bloqueo laríngeo superior previene

5.2 Complicaciones Mayores (Incidencia 0.5-2%, Requieren Intervención)

Complicación	Mecanismo/Presentación	Manejo	Prevención
Hipoxemia Severa	SpO ₂ <85% refractaria a O ₂ suplementario	URGENCIA: Suspender procedimiento, estimular respiración profunda, asistencia bolsa-máscara, considerar intubación	Pre-oxigenación, monitorización SpO ₂ continua, FiO ₂ elevado intraoperatorio
Broncoespasmo	Sibilancias, aumento de resistencia, desaturación	Suspender procedimiento, broncodilatadores (salbutamol IV/inhalado), considerar epinefrina SC si severo	Pacientes EPOC/asma: medicación pre-procedimiento optimizada
Hemorragia Endobronquial	Sangrado abundante de mucosa tras biopsia/trauma	Control de presión (posición Fowler, aspiración suave), adrenalina tópica (1:20,000), electrocauterio si persiste, transfusión si severa	Trombocitopenia corrección previa, coagulopatía corrección previa, técnica de biopsia experta
Neumonía Post-Procedimiento	Fiebre, disnea, infiltrado radiológico días post-procedimiento	Antibióticos de amplio espectro, soporte ventilatorio si necesario	Técnica aséptica rigurosa, desinfección meticulosa de broncoscopio, sedación mínima
Trauma Traqueal/Endobronquial	Perforación, laceración transmural	QUIRÚRGICA: Suspender procedimiento, avisar cirugía torácica, consideración toracotomía, mediastinitis es complicación	Técnica cuidadosa, experiencia operador, evitar presión vigorosa
Arritmias Cardíacas	Fibrilación auricular paroxística, taquicardia, bradicardia	Suspender procedimiento, cardiólogo consulte urgente, medicación antiarrítmica según tipo, monitorización ECG continua	Cardiopatía estable preoperatoria, evitar hipoxemia, sedación cautelosa
Edema Pulmonar Agudo	Disnea, crepitantes, edema pulmonar radiológico	Suspender procedimiento, oxígeno, CPAP, diuréticos IV, consideración ventilación mecánica	Evitar sobrecarga hídrica intravenosa, monitorización cardiovascular rigurosa
Infarto Agudo de Miocardio	Dolor precordial, cambios ECG, troponina elevada	Suspender procedimiento, cardiólogo consulte inmediato, UCVI, cuidado cardiovascular avanzado	Evaluación cardíaca preoperatoria en candidatos riesgo alto
Episodios Convulsivos	Convulsiones generalizadas (raro, generalmente toxicidad local anestésico)	Protección de vía aérea, benzodiazepinas IV, anticonvulsivantes	Dosificación anestésico estricta, evitar sobredosis lidocaína
Apnea/Depresión Respiratoria	Cese de ventilación espontánea, desaturación precipitosa	Estimulación, posicionamiento (Fowler), oxígeno 100%, ventilación asistida, reversión sedantes (flumazenil si midazolam, naloxona si opioide)	Sedación titulada cautelosa, capnografía intraoperatoria

5.3 Complicaciones Muy Raras pero Catastróficas

- **Paro Cardiopulmonar Intraoperatorio:** Incidencia <0.1%; etiología multifactorial (hipoxemia, arritmia, infarto, fármaco tóxico)(1).
- **Infección por Micobacterias:** Transmisión si desinfección de broncoscopio inadecuada (1).
- **Lesión Esofágica:** Perforación rara pero quirúrgica; presenta dolor epigástrico severo, enfisema cervical (1).

5.4 Incidencia General de Complicaciones

Revisiones sistemáticas reportan(1,3,4):

- **Complicaciones menores:** 5-15%.
- **Complicaciones mayores:** 0.5-2%.
- **Mortalidad asociada:** <0.01% en procedimientos diagnósticos simples; hasta 0.1-1% en procedimientos terapéuticos complejos (1,4).

Factores de Riesgo Independientes para Complicaciones(1,3):

- Hipoxemia preexistente moderada-severa.
- Función cardiopulmonar comprometida.
- Coagulopatía no corregida.
- Procedimientos terapéuticos (vs. diagnósticos).
- Experiencia limitada del operador.
- Inmunosupresión severa.
- Edad avanzada con comorbilidades múltiples.
- Sedación profunda excesiva.

6. Conclusión

La broncoscopia flexible ha evolucionado desde un procedimiento puramente diagnóstico a una técnica versátil con capacidades terapéuticas extraordinarias (1,2). El dominio de múltiples abordajes de acceso, comprensión integral de indicaciones y contraindicaciones, y familiaridad con complicaciones potenciales son requisitos para práctica segura y eficaz (3,4). La **individualización del abordaje según anatomía, patología y objetivos específicos**, combinada con **vigilancia rigurosa de parámetros vitales, oxigenación preventiva agresiva, y disponibilidad de equipamiento de rescate**, optimiza resultados clínicos mientras minimiza riesgos (1,3,4). Finalmente, **reconocimiento temprano de complicaciones incipientes y escalada oportuna a manejo de mayor complejidad** constituye el elemento diferenciador entre broncoscopistas seguros y expertos versus aquellos con complicaciones mayores evitables.

9. Bibliografía

1. Du Rand IA, Blaikley J, Booton R, et al. British Thoracic Society guideline for diagnostic flexible bronchoscopy in adults: accredited by NICE. Thorax. 2013;68(Suppl 1). doi:10.1136/thoraxjnl-2013-203629
2. Navarro Reynoso FP, Flores Colín I. La fibrobroncoscopia. Neumol Cir Tórax. 2006;65(S2).
3. American College of Chest Physicians. Clinical indications for diagnostic fiberoptic bronchoscopy in adults. Chest. 1989;96(4):763-766.
4. Wahidi MM, Jain P, Jantz M, et al. American College of Chest Physicians consensus statement on the use of topical anesthesia, analgesia, and sedation during flexible bronchoscopy in adult patients. Chest. 2011;140(5):1202-1210. doi:10.1378/chest.11-1617
5. Prakash UBS, Bronchoscopy. New York: Raven Press; 1994.
6. Ikeda S. Atlas of Flexible Bronchofiberscopy. Stuttgart: Georg Thieme Publishers; 1974.
7. Diaz-Jimenez JP. Diagnostic fiberoptic bronchoscopy. Ultrastruct Pathol. 2006;30(3):199-207.
8. Grosu HB, Eapen GA, Jimenez CA. Flexible bronchoscopy: a review of safe practice guidelines. Semin Respir Crit Care Med. 2014;35(6):708-721. doi:10.1055/s-0034-1393580
9. Wang KP, Mehta AC. Flexible Bronchoscopy. 2nd ed. Cambridge: Blackwell Science; 2004.
10. Mitchell DP, Garfield DH. Bronchoscopy: Techniques and Clinical Practice. 3rd ed. Philadelphia: Mosby; 2015.
11. Stanojevic S, Graham BL, Cooper BG, et al. Global Lungs Initiative ERS/ATS standards for small airways testing. Eur Respir J. 2019;54(2):1900314. doi:10.1183/13993003.00314-2019
12. Cao C, Wang D, Chung F, et al. Association between obesity and pulmonary complications in patients undergoing diagnostic flexible bronchoscopy. BMC Pulm Med. 2018;18(1):64. doi:10.1186/s12890-018-0634-4
13. Steinfort DP, Khor YH, Manser RL, Irving LB. Radial endobronchial ultrasound for peripheral bronchial lesions. Eur Respir Rev. 2011;20(121):142-150.
14. Schacht RE, Gildea TR, Machuzak MS. Rigid bronchoscopy. Clin Chest Med. 2018;39(1):189-204. doi:10.1016/j.ccm.2017.11.003
15. Ryu JH, Daniels CE, Hartman TE, Yi ES. Diagnosis of interstitial lung diseases. Mayo Clin Proc. 2007;82(8):976-986.

6. Técnicas diagnósticas

Las técnicas de lavado bronquial representan procedimientos diagnósticos fundamentales en neumología, permitiendo la obtención de muestras celulares y no celulares del árbol respiratorio distal (1,2,3). El **lavado broncoalveolar (BAL)** constituye el estándar de referencia para análisis citológico y microbiológico de espacios alveolares, mientras que técnicas complementarias como **miniBAL**, **broncoaspirado (BAS)**, **cepillado bronquial y lavado pulmonar total (WLL)** ofrecen alternativas con rendimientos diagnósticos variables según el contexto clínico(1,2,3,4,5). El presente documento proporciona una síntesis integral de estas técnicas, detallando indicaciones, contraindicaciones, metodología, patrones celulares normales, hallazgos patológicos y complicaciones, con énfasis en la estandarización procedural recomendada por la American Thoracic Society (ATS) y British Thoracic Society (BTS)(1,2,3).

1. Antecedentes y evolución de técnicas de lavado

La historia del lavado bronquial data de principios del siglo XX, cuando se realizaban procedimientos primariamente para remoción de secreciones purulentas en pacientes con bronquiectasia(2). **Cantrell et al. en 1972** fueron los primeros en realizar BAL mediante broncoscopio flexible en voluntarios sanos, abriendo la era moderna de análisis citológico y microbiológico del árbol respiratorio(2). Posteriormente, **Anderson et al. en 1965 y 1972** describieron biopsia transbronquial, mientras que **Wang et al. en 1978** innovaron con aspiración transbronquial por aguja(2,3). La estandarización de técnicas de BAL ha permitido comparabilidad entre centros, resultando en directrices consensuadas por la American Thoracic Society en 2012 (1,2).

2. Lavado broncoalveolar (BAL): técnica estándar

2.1 Definición y Propósito

El **BAL es un procedimiento que recupera componentes celulares y acelulares del epitelio de bronquiolos terminales y unidades de intercambio gaseoso** mediante instilación secuencial de solución salina estéril(1,3). A diferencia de técnicas pasivas (BAS, cepillado), el BAL alcanza espacios alveolares distales, proporcionando muestra representativa de inflamación pulmonar(1,3).

2.2 Técnica Procedural(1,2)

Especificaciones Técnicas:

- **Volumen total instilado:** 100-300 mL de solución salina normal estéril (preferentemente 150-200 mL)(1,2).
- **Alícuotas:** Típicamente 3-5 alícuotas secuenciales de 20-50 mL cada una(1,2).
- **Posicionamiento del broncoscopio:** Posición de cuña (wedge) en segmento seleccionado según HRCT de referencia(1,3).
- **Recuperación mínima:** $\geq 30\%$ del volumen instilado (ideal 40-60%)(1).
- **Abortamiento de procedimiento:** Si $< 5\%$ de cada alícuota es recuperada, riesgo de sobredistensión tisular(1).
- **Volumen mínimo para análisis:** 5 mL (óptimo 10-20 mL)(1).

Procesamiento:

- **Filtración:** A través de gasa para remover células epiteliales grandes y material particulado(1,3)
- **Conteo celular total:** Mediante hemocitómetro o contador de células automatizado(1,3)
- **Diferencial celular:** Tinción (Diff-Quik, Papanicolaou) con conteo mínimo 500 células nucleadas(1,3)

2.3 Celularidad Normal en BAL (Adultos No Fumadores) (1,3)

Tipo Celular	Porcentaje Normal	Valores Absolutos
Macrófagos alveolares	$> 85\%$	$> 80\%$ de células nucleadas
Linfocitos	5-15%	CD4/CD8 = 0.9-2.5
Neutrófilos	$< 3\%$	Típicamente 1-2%
Eosinófilos	$< 1\%$	Raramente presentes
Mastocitos	$< 0.5\%$	Minimamente presentes
Células epiteliales	$< 5\%$	Indica muestra subóptima

Nota Crítica: >5% de células epiteliales sugiere **contaminación de vías aéreas superiores**; los patrones celulares deben interpretarse con cautela(1,3).

2.4 Patrones Celulares Anormales y Significado Diagnóstico(1,3)

Patrón Linfocítico (>15% linfocitos):

- **CD4/CD8 >4:** Altamente específico para sarcoidosis (en ausencia de otros tipos celulares aumentados)(1,3).
- **CD4/CD8 <1:** Hipersensibilidad neumonitis, beriliosis crónica(1,3).
- **>25% linfocitos:** Sugiere enfermedad granulomatosa o linfoproliferativa(1,3).
- **>50% linfocitos:** Hipersensibilidad neumonitis, NSIP celular(1,3).

Patrón Eosinófilo (>1% eosinófilos):

- **>25% eosinófilos:** Virtualmente diagnóstico de neumonía eosinófila aguda (AEP) o crónica (CEP)(1,3).
- Síndrome de Churg-Strauss, aspergilosis broncopulmonar alérgica (ABPA)(1,3).

Patrón Neutrófilico (>3% neutrófilos):

- **>50% neutrófilos:** Lesión pulmonar aguda, aspiración, infecciones bacterianas/fúngicas(1,3)
- SDRA, trauma pulmonar, neumonía aspiración(1,3).

Patrones Altamente Diagnósticos:

- **Células foamy/lipídicas:** Neumonía lipoidea, PAP(1,3).
- **Hemosiderina aumentada:** Hemorragia alveolar difusa (especialmente hemosiderina-positiva macrófagos)(1,3).
- **Células malignas:** Linfoma primario pulmonar, carcinomatosis linfangítica(1,3).
- **Organismos infecciosos:** Particularmente en pacientes inmunosuprimidos(1,3).

3. Técnicas complementarias de lavado bronquial

3.1 MiniBAL (Lavado Broncoalveolar Simplificado)

Definición: Variante simplificada de BAL utilizando volúmenes menores, típicamente en pacientes críticos o de difícil abordaje(2,4).

Técnica:

- Volumen instilado: 50-100 mL (vs. 100-300 mL en BAL estándar)(2,4).
- Sin posición de cuña específica; puede realizarse en acceso de vía aérea existente(2).
- Recuperación típica: 20-30% del volumen instilado(2).

Ventajas:

- Menor tiempo procedural(2,4).
- Menor riesgo de hipoxemia en pacientes críticos(2).
- Viable en pacientes intubados con vía aérea ya comprometida(2).

Desventajas:

- Muestra más pequeña; menor rendimiento diagnóstico para algunos patógenos(2,4).
- Contaminación proveniente de vías aéreas superiores(2).
- Validación limitada para patrones celulares cuantitativos(2,4).

Indicaciones Preferentes: Pacientes UCI con sospecha de VAP, pacientes hipoxémicos severos(2,4).

3.2 Broncoaspirado (BAS)

Definición: Aspiración directa de secreciones proximales del árbol bronquial **sin instilación de solución salina**(1,2).

Técnica:

- Aspiración pasiva de secreciones bronquiales mediante catéter de succión a través del canal de trabajo del broncoscopio(1,2).
- Sin técnica de posición de cuña(1).
- Recuperación rápida de muestras(1).

Ventajas:

- Procedimiento rápido; tiempo mínimo(1,2).
- Bajo riesgo de complicaciones hemáticas(1).
- Viable en pacientes con contraindicaciones hemorrágicas severas(1).

Desventajas:

- **Especificidad muy baja** para diagnóstico(1,2); contaminación masiva de vías aéreas superiores(1,2).
- Muestra no es representativa de inflamación alveolar(1,2).
- Utilidad limitada para análisis cuantitativo de células(1,2).
- **No se recomienda** para diagnosticar infecciones en pacientes inmunocompetentes(1).

Indicaciones Limitadas: Identificación de microorganismos específicos en contexto clínico muy sugestivo; cultivos bacterianos rápidos en pacientes con VAP probable cuando BAL no es viable(1,2).

3.3 Cepillado Bronquial (Endobronchial Brush)

Definición: Recolección de células de la mucosa endobronquial mediante cepillo protegido o no protegido introducido a través del canal de trabajo del broncoscopio(1,2,3).

Técnica:

- **Cepillo protegido:** Catéter doble con cepillo interior protegido por vaina externa, minimizando contaminación de vías aéreas(1,3).
- **Cepillo no protegido:** Contacto directo con mucosa; mayor contaminación pero acceso más simple(1).
- Extensión del cepillo 1-2 cm más allá del catéter(1).
- Movimientos suave-vigorosos para capturar células epiteliales(1).
- Retracción dentro de vaina protectora para transporte(1).

Rendimiento Diagnóstico:

- Citología malignidad: ~75-85% sensibilidad en lesiones endobronquiales visibles(1,2).
- Microbiología: Superior a BAS; comparable a BAL para cultivos(1).
- Citología benigna (inflamación, infección): Limitada utilidad(1).

Ventajas:

- Excelente para muestras citológicas de lesiones endobronquiales(1,2).
- Cepillo protegido minimiza contaminación(1).
- Rápido; bajo riesgo de complicaciones(1).

Desventajas:

- Muestra limitada a superficie mucosa; no obtiene parénquima profundo(1,2).
- Utilidad muy limitada para diagnóstico de enfermedad intersticial pulmonar(1).
- No proporciona análisis cuantitativo confiable de células alveolares(1).

Indicaciones Preferentes: Sospecha de malignidad endobronquial, lesiones visibles en árbol respiratorio, diagnóstico de TB endobronquial(1,2,3).

4. Lavado pulmonar total (whole lung lavage - WLL)**4.1 Definición y Propósito**

El **lavado pulmonar total** es un procedimiento terapéutico que instila grandes volúmenes de solución salina templada en un pulmón completo bajo anestesia general, permitiendo drenaje de detritos acumulados en espacios alveolares(4,5). A diferencia de BAL diagnóstico, WLL es **intervención terapéutica de alta complejidad** destinada primariamente a proteinosis alveolar pulmonar (PAP)(4,5).

4.2 Historia y Evolución(4,5)

- **1963:** Ramirez-Rivera describe "segmental flooding" con instilación de 100 mL de solución salina con acetilcisteína o heparina(4,5)
- **1964:** Técnica mejorada con posicionamiento gravitacional de bolsa de solución 30 cm sobre tórax(4,5)
- **1969:** Primer lavado bilateral total descrito(4,5)
- **1977:** Selecky et al. publican técnica mejorada con volúmenes hasta 18 L y ciclos optimizados(4,5)
- **2020s:** Refinamientos en anestesia, monitorización y técnicas de infusión-drenaje(4,5)

4.3 Indicaciones(4,5)

Indicación Primaria:

- **Proteinosis Alveolar Pulmonar (PAP)** primaria y secundaria(4,5)

Indicaciones Secundarias:

- Proteinosis alveolar microlitiasis(4,5)
- Silicosis severa (rendimiento variable)(4,5)
- Neumonía lipoidea exógena(4,5)
- Asma severa refractaria (muy rara)(4,5)

Criterios de Procedimiento en PAP:

- Disnea progresiva, tos crónica(4,5)
- Aumento de opacidades difusas en radiografía/CT(4,5)
- Disminución PaO₂ basal o con ejercicio(4,5)
- Disminución DLCO (factor de difusión)(4,5)

4.4 Técnicas de WLL(4,5)

Técnica 1: Lavado Unipulmonar Secuencial (Preferida por mayoría de centros)

- Lavado de un pulmón por sesión, separadas 3+ semanas(4,5)
- **Más segura;** menor riesgo hipoxemia/inestabilidad hemodinámica(4,5)
- Posición: Decúbito lateral 45° Trendelenburg, pulmón dependiente conectado a ventilador(4,5)
- Tubo endotraqueal de doble luz (DLT) para aislamiento pulmonar selectivo(4,5)

Especificaciones Procedurales Típicas:

- Volumen de saline: 10-20 L por pulmón (rango 10-50 L)(4,5)
- Temperatura: Saline cálida, idealmente 37°C(4,5)
- Ciclos de instilación-drenaje: 3-5 minutos por ciclo(4,5)
- Percusión manual/mecánica: Optimiza limpieza de fluido proteináceo(4,5)
- Duración total: 2-6 horas (depende severidad de PAP)(4,5)
- Meta de recuperación: >60-70% del volumen instilado(4,5)
- Final: Cuando claridad del fluido alcanza OD <0.4 ($\lambda=405$ nm)(4,5)

Técnica 2: Lavado Bilateral Secuencial en una Sesión

- Ambos pulmones lavados en un procedimiento anestésico(4,5)
- **Ventajas:** Reducción de exposición anestésica, menor costo(4,5)
- **Desventajas:** Mayor duración quirúrgica, riesgo increased de hipoxemia/inestabilidad(4,5)
- Requiere selección cuidadosa de pacientes y monitorización intensiva(4,5)

4.5 Monitorización Intraoperatoria(4,5)

- **Hemodinámica:** Monitorización arterial continua, catéter central en pacientes de riesgo(4,5)
- **Oxigenación:** SpO₂ continua, gasometría arterial serial(4,5)
- **Ventilación:** Capnografía, presión inspiratoria pico del ventilador(4,5)
- **Balance hídrico:** Catéter urinario para monitorización diuresis(4,5)
- **Temperatura corporal:** Monitorización continua de temperatura core y periférica(4,5)

4.6 Complicaciones de WLL(4,5)

Complicaciones Frecuentes (Campo et al.):

Complicación	Incidencia
Fiebre	18%
Hipoxemia	14%
Sibilancias/broncoespasmo	6%
Neumonía post-procedimiento	5%
Fuga de fluido	4%

Complicaciones Severas (Raras):

- Hidropneumotórax(4,5).
- SDRA post-procedimiento(4,5).
- Sepsis(4,5).
- Requiere ventilación prolongada (<1% no requirió)(4,5).

4.7 Eficacia y Seguimiento(4,5)**Resultados Terapéuticos:**

- Mejoría significativa en síntomas respiratorios (>80% pacientes)(4,5).
- Mejoría en oxigenación y DLCO(4,5).
- Duración variable del beneficio: Algunos pacientes años sin síntomas, otros requieren repetición(4,5).
- **Mediana de tiempo a recaída:** ~15 meses (algunos centros practican a 8-12 meses)(4,5).

Seguimiento Recomendado:

- Radiografía de tórax 2 semanas post-procedimiento(4,5).
- Pruebas de función pulmonar (DLCO) a 2 semanas(4,5).
- Evaluación clínica a 3-6 meses(4,5).

5. Cuadro comparativo: BAL, miniBAL, BASL, cepillado bronquial y lavado pulmonar total WLL

Característica	BAL Estándar	MiniBAL	BAS	Cepillado	WLL
Volumen Instilado	100-300 mL	50-100 mL	Ninguno	Ninguno	10-50 L
Propósito Primario	Diagnóstico (células alveolares)	Diagnóstico (VAP crítico)	Diagnóstico (baja especificidad)	Diagnóstico citología/superficial	Terapéutico (PAP)
Rendimiento Diagnóstico	Alto; referencia estándar	Moderado; reducido vs BAL	Muy bajo; contaminación alta	Alto para malignidad endobronquial	N/A (terapéutico)
Muestra Obtenida	Células alveolares + macrófagos	Células alveolares	Secreciones bronquiales proximales	Células mucosa endobronquial	Proteináceo detritus
Tiempo Procedimiento	10-20 minutos	5-10 minutos	2-5 minutos	3-5 minutos	2-6 horas
Riesgo Complicaciones	Bajo-moderado	Bajo	Muy bajo	Muy bajo	Moderado-alto (pero seguro)
Contraindicaciones	Inestabilidad hemodinámica, coagulopatía	Moderadas	Ninguna específica	Ninguna específica	Inestabilidad severa, neumonía activa
Anestesia Requerida	Tópica + sedación ligera	Tópica + sedación ligera	Tópica mínima	Tópica mínima	Anestesia general
Análisis Celular Cuantitativo	Sí; confiable	Sí; moderado	Sí; baja confiabilidad	No confiable	N/A
Indicaciones Preferentes	Enfermedad intersticial, infecciones, malignidad	Pacientes críticos (VAP)	Lesiones endobronquiales, TB	Malignidad endobronquial	PAP, microlitiasis
Experiencia Requerida	Moderada	Moderada	Baja	Baja	Alta especialización

6. COMPLICACIONES GENERALES DE TÉCNICAS DE LAVADO

6.1 Complicaciones Menores (5-10% de procedimientos)(1,2,3)

- Tos persistente: Manejada con anestesia tópica adicional, suspensión temporal(1)
- Molestia faríngea: Sprays anestésicos, pastillas anestésicas(1)
- Disfonía transitoria: Típicamente se resuelve en horas(1)
- Espasmo laríngeo: Raro; manejado con oxígeno, sedantes IV(1)

6.2 Complicaciones Mayores (0.5-2% de procedimientos)(1,2,3)

- Hipoxemia severa ($SpO_2 < 85\%$): Suspender procedimiento, oxígeno 100%, asistencia bolsa-máscara(1,2,3)
- Broncoespasmo: Broncoespasmo refractario; suspender, agonistas β_2 IV, considerar epinefrina SC(1,2,3)
- Hemorragia endobronquial: Adrenalina tópica 1:20,000, electrocauterio si persiste(1,2,3)
- Neumonía post-procedimiento: 1-3% incidencia; tratamiento antibiótico estándar(1,2,3)
- Trauma traqueal: Raro pero quirúrgico; requiere evaluación inmediata(1,2,3)

6.3 Complicaciones Muy Raras pero Catastróficas(1,2,3)

- Paro cardiopulmonar: Incidencia $< 0.1\%$; multifactorial(1,2,3)
- Diseminación de infección: Si desinfección de broncoscopio inadecuada(1,2,3)
- Lesión esofágica: Perforación rara pero quirúrgica(1,2,3)

7. Indicaciones principales por contexto clínico

7.1 Enfermedad Intersticial Pulmonar (ILD)(1,2,3)

- BAL indicado: Patrón HRCT no diagnostic; sospecha de HP, sarcoidosis, neumonía eosinófila(1,2,3)
- Patrón CD4/CD8 > 4 : Sarcoidosis probable(1,2,3)
- Patrón CD4/CD8 < 1 , linfocitos $> 60\%$: Hipersensibilidad neumonitis(1,2,3)
- Eosinófilos $> 25\%$: Neumonía eosinófila aguda/crónica(1,2,3)

7.2 Sospecha de Infección en Pacientes Inmunocomprometidos(1,2,3)

- BAL + cultivos: Estándar para PCP, micobacterias, hongos(1,2,3)
- Rendimiento diagnóstico: 85-95% en PCP, TB, hongos si técnica óptima(1,2,3)
- MiniBAL: Viable en pacientes críticos con VAP probable(1,2,3)

7.3 Sospecha de Malignidad(1,2,3)

- Cepillado endobronquial: Primera línea para lesiones visibles (sensibilidad $\sim 75-85\%$)(1,2,3)
- BAL + citología: Si lesiones no visibles pero sospecha de linfoma/carcinomatosis(1,2,3)

8. Conclusión y perspectivas futuras

Las técnicas de lavado bronquial han evolucionado desde procedimientos puramente diagnósticos a una armamentarium versátil que incluye aplicaciones terapéuticas complejas(1,2,3,4,5). El BAL estándar permanece como el gold standard para análisis celular alveolar en enfermedad intersticial pulmonar e infecciones, mientras que técnicas complementarias (miniBAL, cepillado, BAS) ofrecen alternativas adaptadas a contextos específicos donde el BAL clásico puede no ser viable(1,2,3). El lavado pulmonar total ha revolucionado el manejo terapéutico de proteinosis alveolar pulmonar, mejorando dramáticamente la calidad de vida de estos pacientes(4,5).

La estandarización procedural, manejo meticuloso de muestras y interpretación contextualizada de hallazgos citológicos son imperativos para maximizar la utilidad clínica de estas técnicas(1,2,3). Futuras innovaciones incluyen análisis automatizado de células, citometría de flujo cuantitativa, proteómica y análisis transcriptómico de BAL, que prometdrán mejorar la sensibilidad y especificidad diagnóstica(1,2,3).

9. Bibliografía

1. Meyer KC, Raghu G, Baughman RP, et al. An Official American Thoracic Society Clinical Practice Guideline: The Clinical Utility of Bronchoalveolar Lavage Cellular Analysis in Interstitial Lung Disease. Am J Respir Crit Care Med. 2012;185(9):1004-1014. doi:10.1164/rccm.201202-0320ST

2. Du Rand IA, Blaikley J, Booton R, et al. British Thoracic Society guideline for diagnostic flexible bronchoscopy in adults: accredited by NICE. *Thorax*. 2013;68(Suppl 1). doi:10.1136/thoraxjnl-2013-203629
3. Kebbe J, Abdo T. Interstitial lung disease: the diagnostic role of bronchoscopy. *J Thorac Dis*. 2017;9(Suppl 10). doi:10.21037/jtd.2017.06.39
4. Cabral OS, Cisneros CC, López JA, et al. Whole Lung Lavage: A Comprehensive Review of Indications, Techniques, and Outcomes. *Respiration*. 2023. doi:10.1186/s40010-023-00187-w
5. Gay P, Wallaert B, Nowak S, et al. Efficacy of Whole-Lung Lavage in Pulmonary Alveolar Proteinosis: A Multicenter International Study of GELF. *Respiration*. 2017;93(3):198-206. doi:10.1159/000458625
6. Harry-Hernandez S, Thiboutot J, Wahidi MM, et al. Bronchoalveolar Lavage (BAL) and Pathologic Assessment of Electronic Cigarette or Vaping Product Use-associated Lung Injury (EVALI). *J Bronchol Intervent Pulmonol*. 2023;30(2):144-154. doi:10.1097/LBR.0000000000000890
7. Kantrow SP, Meyer KC, Kiener PA, et al. The CD4/CD8 ratio in BAL fluid is highly correlated with the blood CD4/CD8 ratio in patients with pulmonary tuberculosis. *Chest*. 1994;105(3):751-755.
8. Witt C, Eckardt F, Wiese W, et al. Diagnostic yield of bronchoalveolar lavage in suspected human immunodeficiency virus-associated *Pneumocystis jirovecii* pneumonia. *Chest*. 2006;129(5):1277-1282.
9. Rennard SI, Basset G, Lecossier D, et al. Estimation of volume of epithelial lining fluid recovered by lavage using urea as a marker of dilution. *J Appl Physiol*. 1986;60(2):532-538.
10. Griesse M, Costabel U, Steinmuller C, et al. BAL findings in sarcoidosis: predominance of Th17-positive cells. *Eur Respir J*. 2008;31(3):543-548.
11. Bai TR, Chiu DD, Dutz S, et al. Neutrophil chemotactic activity in sputum from patients with asthma and patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis*. 1992;146(3):598-603.
12. Trapnell BC, Nakata K, Bonella F, et al. Pulmonary alveolar proteinosis. *Nat Rev Dis Primer*. 2019;5(1):16. doi:10.1038/s41572-019-0066-3
13. Seymour JF, Presneill JJ. Pulmonary Alveolar Proteinosis: Progress in the First 44 Years. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(2):215-235. doi:10.1164/rccm.200203-217FR
14. American Thoracic Society. An Official American Thoracic Society Policy Statement: Approaches to the Evaluation and Management of Dyspnea. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017;196(7). doi:10.1164/rccm.201602-0368ST
15. Welker L, Jörres RA, Costabel U, et al. Predictive value of BAL cell differentials in the diagnosis of interstitial lung diseases. *Eur Respir J*. 2004;24(6):1000-1006. doi:10.1183/09031936.04.00089603

7. Biopsia transbronquial y endobronquial

Las técnicas de biopsia transbronquial han evolucionado dramáticamente desde el desarrollo inicial de la biopsia con fórceps convencional hacia la **criobiopsia transbronquial (TBLC)**, una innovación que ha revolucionado el diagnóstico de enfermedades pulmonares difusas(1,2,3). Mientras que la biopsia transbronquial con fórceps tradicional alcanza únicamente regiones centrilobulares con muestras de tamaño limitado, la criobiopsia permite obtención de especímenes más grandes (hasta 64 mm²) desde espacios alveolares periféricos, mejorando sustancialmente la identificación de patrones histológicos complejos como neumonía intersticial usual (UIP)(1,2). El presente documento sintetiza las técnicas de biopsia transbronquial, compara sus rendimientos diagnósticos, aborda manejo crítico de anticoagulantes previo a procedimientos, y detalla un espectro comprehensivo de complicaciones que permite al clínico práctica segura y efectiva(1,2,3).

1. Biopsia transbronquial con fórceps: técnica clásica, limitaciones y rendimiento

1.1 Descripción Técnica y Características

La **biopsia transbronquial con fórceps (TBLB)** es un procedimiento que obtiene muestras de parénquima pulmonar mediante fórceps mecánicas introducidas a través del canal de trabajo del broncoscopio flexible(1,2). A diferencia de biopsias endobronquiales que muestrean únicamente la mucosa bronquial, la TBLB penetra la pared bronquial accediendo a parénquima distal(1,2).

Especificaciones Técnicas:

- **Tamaño de muestra:** Típicamente 1-3 mm de diámetro; muy variable(1).
- **Localización de muestras:** Primariamente regiones **centrilobulares** (alrededor de bronquiolos terminales)(1,2).
- **Rendimiento diagnóstico general:** 50-86% según patología sospechada; significativamente variable(1,2).
- **Número de biopsias:** Típicamente 4-6 muestras por procedimiento(1).
- **Anestesia:** Tópica con sedación ligera a moderada(1).

1.2 Indicaciones Preferentes(1,2)

- **Patología endobronquial visible:** Tumores, granulomas, tejido necrótico(1,2).
- **Sarcoidosis:** Rendimiento diagnóstico 50-80% (especialmente si hay granulomas caseosos)(1).
- **Tuberculosis endobronquial:** Localización de lesiones bronquiales visibles(1).
- **Malignidad visible:** Lesiones endobronquiales malignas(1).
- **Carcinomatosis linfangítica:** Si hay patrón perilinfático en CT(1).
- **Neumonitis y neumonía organizada:** Rendimiento limitado; TBLC preferida(1,2).

1.3 Limitaciones Críticas de TBLB con Fórceps(1,2)

La TBLB con fórceps convencionales tiene **limitaciones significativas para diagnóstico de enfermedad intersticial pulmonar difusa**:

- **Limitación Anatómica:** Las muestras derivan primariamente de regiones **centrilobulares**, NO alcanzando estructuras perilobulares donde se originan muchas enfermedades intersticiales(1,2)
- **Patrones No-Reconocibles:** Aunque hallazgos de UIP (honeycomb, fibrosis en parches, focos fibrolásticos) pueden identificarse en especímenes TBLB, la **sensibilidad es muy baja** (Tomassetti et al.)(1). Patrones como NSIP y DIP tienen **muy bajo valor predictivo negativo**, significando que aun cuando se identifican estos patrones en biopsias pequeñas, la probabilidad de realmente tener UIP en muestras mayores permanece alta si datos radiológicos sugieren UIP(1)
- **Calidad Tisular Comprometida:** Artefacto por aplastamiento de fórceps, fragmentación tisular, y tamaño insuficiente limitan análisis patológico(1,2)
- **Rendimiento Diagnóstico Bajo en ILD:** En enfermedad intersticial idiopática, el rendimiento diagnóstico es inferior a 30% en muchos casos(1)

2. Criobiopsia transbronquial (TBLC): innovación revolucionaria

2.1 Principios Técnicos y Ventajas Fundamentales(1,2)

La criobiopsia transbronquial es un procedimiento que utiliza congelamiento rápido de tejido pulmonar mediante un catéter con punta fría para obtener muestras de tamaño y calidad superior(1,2). Mediante el efecto Joule-Thompson, la expansión rápida de gas comprimido (típicamente CO₂) a través del lumen central de la criosonda produce temperaturas <0°C en la punta del catéter(1,2).

Especificaciones de Equipamiento:

- **Tamaños de criosonda:** 1.7 mm (menor poder congelador, más flexible) y 2.4 mm (mayor poder congelador)(1,2).
- **Últimas innovaciones:** Criosonda ultrafina de 1.1 mm para lesiones periféricas y CrioEBUS(3).
- **Longitud estándar:** 900 mm(1,2).
- **Tiempos de congelación:**
 - **Criosonda 1.7 mm:** 4-6 segundos(1,2).
 - **Criosonda ultrafina 1.1 mm:** 2-4 segundos en robótica; 6-12 segundos en técnica clásica(3).

2.2 Características de Especímenes y Rendimiento Diagnóstico(1,2)

- **Tamaño de muestra:** Hasta **64 mm² en área**; significativamente superior a la convencional 1,2).
- **Composición:** Contiene estructuras periféricas de lóbulos pulmonares secundarios(1,2).
- **Identificación de UIP: Patrón UIP puede ser reconocido con ALTA confianza** en especímenes TBLC(1); excelente variabilidad interobservador (1,2).
- **Rendimiento diagnóstico general:** 85-96% (supera TBLB clásico de 50-86%)(1).
- **Patrones NSIP/DIP:** Menos data disponible que para UIP, pero combinación con BAL cell profiles y datos clínicos puede ser diagnóstica(1,2).

2.3 Indicaciones de TBLC(1,2)

- **Enfermedad intersticial pulmonar no-diagnostic HRCT:** Especialmente cuando sospecha de UIP, NSIP, o HP(1,2).
- **Diferenciación diagnóstica:** IPF vs. fibrosis asociada a enfermedad conectiva vs. HP crónica(1,2).
- **Lesiones periféricas pulmonares** (mediante robótica, CBCT, o navegación asistida)(3).
- **Sospecha de malignidad periférica:** Creciente evidencia de seguridad(3).
- **Hamartomas y patología benigna periférica:** Alternativa a biopsia quirúrgica(1,2,3).

2.4 Contraindicaciones de TBLC(1,2)

Contraindicaciones Absolutas:

- **Diátesis hemorrágica no corregida**(1,2).
- **Terapia anticoagulante activa** (warfarina, DOAC activos)(1,2).
- **Terapia con tienopiridinicas** activas(1,2).
- **Trombocitopenia** <50 × 10⁹/L(1,2).

Contraindicaciones Relativas:

- **Hipertensión pulmonar severa** (PAP sistólica >50 mmHg)(1,2).
- **Función pulmonar severamente deprimida** (FVC <50% predicho)(1,2).
- **DLCO <35%**(1,2).

2.5 Técnica de TBLC: Principios Clave(1,2)

Preparación y Posicionamiento:

1. Anestesia general o sedación profunda con propofol ± opioides(1,2).
2. Intubación (tubo endotraqueal flexible o broncoscopio rígido)(1,2).
3. Identificación de áreas blanco mediante HRCT (preferentemente de áreas DIFERENTES, no solo una zona)(1,2).
4. Fluoroscopia continua para guía(1,2).

Técnica Procedural:

1. Broncoaspiración flexible dirigida a área objetivo(1,2).
2. Inserción de criosonda a través del canal de trabajo(1,2).
3. **Avance periférico de criosonda hasta pleura** (visualizado fluoroscópicamente)(1,2).
4. **Retracción de 1 cm** (longitud aproximada de punta metálica)(1,2).
5. **Activación de congelamiento** durante tiempo determinado(1,2).
6. **Retracción rápida simultánea de broncoscopio y criosonda juntas** manteniendo posición de tubo endotraqueal(1,2).
7. **Desinflado de globo preventivo** aplicado previamente, en caso de sangrado(1,2).
8. Reinserción de broncoscopio para control de sangrado visual(1,2).
9. Retirada cuidadosa de tejido congelado de punta de criosonda (NO como fórceps)(1,2).
10. Descongelamiento lento en solución salina templada(1,2).

Seguridad: Bloqueador Bronquial Preventivo:

- **Globo Fogarty preventivo:** Colocado antes de criosonda en segmento objetivo(1,2).
- **Inflado durante extracción de criosonda:** Protege vías aéreas centrales si hay sangrado(1,2).
- **Mantención de 3-10 minutos:** Hemostasia típicamente ocurre en este período(1,2).
- **Requiere reposicionamiento** para cada nuevo segmento(1,2).

3. Biopsia endobronquial (ebb)

La **biopsia endobronquial** es un procedimiento que obtiene muestras de **MUCOSA endobronquial visible mediante fórceps de biopsia bajo visualización directa**(1,2). A diferencia de TBLB y TBLC que penetran la pared bronquial, EBB muestrea únicamente la superficie mucosal(1,2).

Indicaciones Principales:

- **Lesiones endobronquiales visibles:** Tumores, granulomas, cicatrices(1,2).
- **Sarcoidosis:** Rendimiento limitado pero útil si granulomas caseosos visibles(1,2).
- **Sospecha de malignidad endobronquial**(1,2).
- **TB endobronquial:** Si hay lesiones cavitadas o ulceradas visibles(1,2).

Limitaciones:

- Muestrea solo mucosa; acceso limitado a parénquima(1,2).
- Muy bajo rendimiento diagnóstico en enfermedad intersticial sistémica(1,2).
- Artefacto por aplastamiento de fórceps(1,2).

4. Manejo perioperatorio de anticoagulantes previo a biopsias transbronquiales(1)

El **manejo de anticoagulantes y antiagregantes es crítico para optimizar seguridad mientras minimizando riesgo trombótico**(1). Las recomendaciones varían según tipo de anticoagulante y riesgo trombótico individual(1).

4.1 Warfarina (Antivitamina K)

Protocolo de Discontinuación:

- **Suspensión:** 3-5 días antes del procedimiento(1).
- **INR objetivo pre-procedimiento:** <1.5(1).
- **Puente con Heparina de bajo peso molecular (HBPM):**
 - Iniciada cuando INR <2 durante suspensión de warfarina(1).
 - LMWH terapéutica o profiláctica según riesgo(1).
 - **Última dosis HBPM:** 24 horas antes si terapéutica; 12 horas antes si profiláctica(1).
- **Reinicio post-procedimiento:** 24-48 horas (si sin complicaciones hemorrágicas significativas)(1).

4.2 Anticoagulantes Orales Directos (DOAC: apixaban, rivaroxabán, dabigatrán, edoxabán)

Protocolo de Discontinuación:

- **Suspensión:** 24-48 horas antes del procedimiento (depende de aclaramiento renal)(1).
 - Apixaban/edoxabán: 24 horas (renal 27% y 50%) (1).
 - Rivaroxabán: 24 horas (renal 66%) (1).
 - Dabigatrán: 24-48 horas (renal 80%, máxima eliminación) (1).
- **No requiere puente** típicamente (1).
- **Reinicio post-procedimiento:** 24 horas (si sin complicaciones)(1).

4.3 Tienopiridinicas (Clopidogrel/Prasugrel/Ticagrelor)

Protocolo:

- **Contraindicación relativa severa para TBLC:** Debe suspenderse si es posible (1).
- **Suspensión mínima:** 5 días antes (1).
- **Riesgo de sangrado:** Incrementado significativamente (1).
- **Evaluación cardiología:** Si stent coronario reciente; riesgo de trombosis debe ponderarse (1).

4.4 Ácido Acetilsalicílico (AAS/Aspirina)

- **Suspensión no obligatoria** para biopsias de bajo-riesgo (1).
- **Considerar suspensión:** 5-7 días si procedimientos de alto riesgo de sangrado (TBLC)(1).
- **Riesgo trombótico bajo:** Continuación frecuentemente prudente(1).

4.5 Heparina No-Fraccionada (UFH)

- **Suspensión:** 4-6 horas antes si infusión continua(1).
- **Monitorización:** TTPa debe normalizarse pre-procedimiento(1).
- **Reinicio:** Típicamente 24 horas post-procedimiento(1).

4.6 Cuadro para el manejo de antiagregantes y anticoagulantes previo a la broncoscopia

Fármaco Antitrombótico	Suspensión Pre-Biopsia	Reinicio Orientativo (Con hemostasia)	Comentarios Clave
Aspirina (AAS)	No suspender.	Continuar.	AAS a dosis bajas es segura para EBB/TBLB.
Clopidogrel	Suspender 7 días antes.	Dentro de 24 horas post-biopsia.	Alto riesgo de sangrado si no se retira.
Prasugrel / Ticagrelor	Suspender al menos 5 días antes.	24 a 48 horas post-biopsia.	Potentes inhibidores P2Y12.
Warfarina / Antivitamina K	Suspender 5 días antes.	12 a 24 horas.	Exigir INR < 1.5 el día del procedimiento.
Heparina IV (No fraccionada)	Suspender 4 a 6 horas antes.	Individualizar (12 a 24 horas).	Monitorizar TTPA
Heparina SC (Profiláctica)	Omitir la dosis de la mañana.	Según protocolo local.	Individualizar según horario institucional.
Enoxaparina / HBPM (Terapéutica)	Suspender 24 horas antes.	Al día siguiente (~24h).	Evaluar función renal para aclaramiento.
ACO (Dabigatrán, Rivaroxabán, Apixabán, Edoxabán)	Suspender de 1 a 5 días antes según TFG.	A las 48 horas post-biopsia.	Fármacos no monitorizables con INR. Requieren gran prudencia.

5. Cuadro comparativo: biopsia transbronquial con fórceps vs. criobiopsia transbronquial

Característica	TBLB con Fórceps	Criobiopsia Transbronquial (TBLC)
Tamaño de Muestra	1-3 mm diámetro; muy variable	Hasta 64 mm ² área; consistentemente mayor
Localización de Muestra	Centrilobular (alrededor bronquiolos terminales)	Periférica; estructuras lobulares secundarias
Rendimiento Diagnóstico General	50-86% (muy variable)	85-96% (superior, consistente)
Reconocimiento de UIP	Posible pero sensibilidad baja; bajo valor predictivo negativo	Patrón UIP reconocible con ALTA confianza
Calidad Tisular	Artefacto por aplastamiento, fragmentación	Mejor integridad, menos artefacto
Rendimiento en ILD Difusa	Pobre (<30% frecuentemente)	Excelente (>80-90%)
Rendimiento en Lesiones Periféricas	Limitado; difícil acceso periférico	Excelente, especialmente con robótica/navegación
Tiempo de Congelación Requerido	N/A	5-8 seg (2.4mm); 6-8 seg (1.9mm); 2-4 seg (1.1mm ultrafina)
Anestesia Requerida	Tópica + sedación ligera-moderada	Anestesia general o sedación profunda
Intubación Obligatoria	No	Sí (tubo endotraqueal o broncoscopio rígido)
Bloqueador Preventivo	No	Sí (globo Fogarty recomendado)
Fluoroscopia Requerida	No	Sí (guía crítica de posicionamiento)
Número de Biopsias	4-6 típicamente	2-4 típicamente
Complicaciones - Sangrado	Raro; <1% sangrado severo	0-6.3% clínicamente significativo (con bloqueador)
Complicaciones - Neumotórax	Raro; <1%	1.4-20.2% (variable; depende técnica, número muestras)
Mortalidad Asociada	<0.1%	0-4.1% (muy rara; series limitadas)
Contraindicaciones Estrictas	Trombocitopenia <20,000	Trombocitopenia <50,000; anticoagulantes activos
Experiencia Técnica Requerida	Moderada	Alta especialización; curva de aprendizaje larga
Equivalencia a Biopsia Quirúrgica	No; muestras demasiado pequeñas	Comparable en muchos casos; evita cirugía en ~70-80%

6. Complicaciones generales de biopsias transbronquiales(1,2,3)

6.1 Complicaciones Menores

- **Tos persistente:** Manejada con anestesia tópica adicional (1).
- **Molestia faríngea transitoria:** Típicamente autolimitada(1).
- **Disfonía leve:** Resolución espontánea (1).

6.2 Complicaciones Mayores

Sangrado Endobronquial:

- **Incidencia TBLB:** <1% sangrado severo(1).
- **Incidencia TBLC:** hasta 10% de sangrado clínicamente significativo con o sin bloqueador(1,2).
- **Manejo:** Globo preventivo inflado 2 minutos; ácido tranexámico IV 1 g si persiste(1,2).

Neumotórax:

- **Incidencia TBLB:** 5% (1).
- **Incidencia TBLC:** 5-7% (variable por técnica, número segmentos, tamaño crio sonda)(1,2,3).
- **Factores de riesgo:** Múltiples biopsias, fibrosis severa, FVC baja, patrón NIU(1,2).

- **Manejo:** Aspiración manual (pequeños); tubo torácico de calibre pequeño si persiste (3).

Complicaciones raras pero Catastróficas:

- **Paro cardiopulmonar intraoperatorio:** <0.1%; multifactorial (1).
- **Lesión vascular mayor:** rara; requiere intervención urgente (1).
- **SDRA post-procedimiento:** excesivamente raro(1).

6.3 Mortalidad

- **Mortalidad TBLC en ILD:** 0-4.1% (series limitadas; típicamente <1% en centros especializados)(1,2,3).
- **Factores de riesgo independientes:** Fibrosis pulmonar idiopática FPI, FVC <50%, PAP >50 mmHg (1,2).

7. Bibliografía

1. Colella S, Haentschel M, Hetzel J, et al. Transbronchial Lung Cryobiopsy in Interstitial Lung Diseases: Best Practice. *Respiration*. 2018;95:290–300. doi:10.1159/000488910
2. Korevaar DA, Colella S, Fally M, et al. European Respiratory Society guidelines on transbronchial cryobiopsy in the diagnosis of interstitial lung diseases. *Eur Respir J*. 2022;60:2200425. doi:10.1183/13993003.00425-2022
3. Matus I, Patel J. Safety and feasibility of ultrathin probe transbronchial lung cryobiopsy without balloon blocker via robotic bronchoscopy in the evaluation of peripheral lung lesions. *ERJ Open Res*. 2023;9:00638-2022. doi:10.1183/23120541.00638-2022
4. Du Rand IA, Blaikley J, Booton R, et al. British Thoracic Society guideline for diagnostic flexible bronchoscopy in adults: accredited by NICE. *Thorax*. 2013;68(Suppl 1). doi:10.1136/thoraxjnl-2013-203629
5. Tomassetti S, Wells AU, Costabel U, et al. Bronchoscopic lung cryobiopsy increases diagnostic confidence in the multidisciplinary diagnosis of idiopathic pulmonary fibrosis. *Eur Respir J*. 2016;47(4):1075-1084. doi:10.1183/13993003.02035-2015
6. Ravaglia C, Wells AU, Tomassetti S, et al. Diagnostic yield and risk/benefit analysis of transbronchial lung cryobiopsy in diffuse parenchymal lung diseases: a large cohort of 699 patients. *BMC Pulm Med*. 2019;19:16. doi:10.1186/s12890-019-0782-1
7. Maldonado F, Danoff SK, Wells AU, et al. Transbronchial cryobiopsy for the diagnosis of interstitial lung diseases: CHEST clinical practice guidelines. *Chest*. 2020;157(4):1030-1042. doi:10.1016/j.chest.2019.10.048
8. Raghu G, Remy-Jardin M, Richeldi L, et al. Idiopathic pulmonary fibrosis (an update) and progressive pulmonary fibrosis in adults: an official ATS/ERS/JRS/ALAT clinical practice guideline. *Am J Respir Crit Care Med*. 2022;205(9). doi:10.1164/rccm.202202-0006ST
9. Berbescu EA, Katzenstein AL, Snow JL, Zisman DA. Transbronchial biopsy in usual interstitial pneumonia. *Chest*. 2006;129(5):1126-1131. doi:10.1378/chest.129.5.1126
10. Folch EE, Mahajan AK, Oberg CL, et al. Standardized definitions of bleeding after transbronchial lung biopsy: a Delphi consensus statement from the Nashville working group. *Chest*. 2020;158(2):393-400. doi:10.1016/j.chest.2020.02.011
11. Oberg CL, Lau RP, Folch EE, et al. Novel robotic-assisted cryobiopsy for peripheral pulmonary lesions. *Lung Cancer*. 2022;173:55-62. doi:10.1016/j.lungcan.2022.09.013

8. Evaluación endoscópica de la deglución (FEES)

La **evaluación endoscópica flexible de la deglución (FEES, Fiberoptic Endoscopic Evaluation of Swallowing)** representa un procedimiento diagnóstico revolucionario que ha transformado el abordaje clínico de la disfagia orofaríngea desde su descripción sistemática por la Dra. Susan Langmore en 1988(1,2,3). A diferencia de la videofluoroscopia que requiere translación del paciente a sala de radiología y exposición a radiación ionizante, la FEES permite evaluación **a pie de cama, en tiempo real, sin exposición radiológica**, utilizando endoscopia nasal flexible para visualización directa de estructuras faringolaríngeas y mecánica deglutoria(1,2,3). El presente documento sintetiza los fundamentos técnicos de FEES, indicaciones clínicas preferentes, contraindicaciones relativas, elementos procedurales esenciales y escalas validadas que facilitan cuantificación objetiva de hallazgos patológicos(1,2,3).

1. Definición, historia y ventajas del FEES

1.1 Definición y Evolución Histórica(1,2)

La **FEES es un procedimiento que consiste en la introducción transnasal de un endoscopio flexible para visualizar anatomía y función de nasofaringe, orofaringe, hipofaringe, laringe y tráquea, permitiendo evaluación directa de la deglución antes, durante y después de instilación de alimentos** (1,2,3).

Aunque la endoscopia flexible fue empleada ocasionalmente en otorrinolaringología desde 1968 por Sawashima e Hirose, **fue la Dra. Susan Langmore quien en 1988 publicó el primer artículo sistematizando FEES como método diagnóstico de disfagia**, revolucionando la práctica clínica(1,2). Su libro "Endoscopic Evaluation and Treatment of Swallowing Disorders" de 2001 constituye el texto de referencia fundamental(1).

1.2 Ventajas Fundamentales de FEES versus Videofluoroscopia (1,2,3)

Característica	FEES	Videofluoroscopia (VFD)
Portabilidad	Realizable a pie de cama; equipamiento transportable	Requiere trasladar paciente a sala de radiodiagnóstico
Radiación ionizante	Ninguna; repetible sin límite de dosis	Sí; límite de dosis crítico
Evaluación secreciones basales	Excelente; detecta aspiraciones sin alimento	Limitada; difícil evaluar secreciones
Visualización laríngea	Óptima; visión endoscópica directa	Buena; pero menos detalle de laringe
Anatomía estructural	Permite detectar tumores, parálisis, malformaciones	Limitado a función; anatomía subóptima
Costo	Moderado	Elevado
Evaluación fases deglución	Faringe, laringe; NO evalúa fase esofágica	Todas fases incluyendo esófago
Sensibilidad laríngea	Evaluable (FEESST con test sensorial)	No evaluable

Conclusión Práctica: VFD y FEES son métodos complementarios, no excluyentes. FEES es superior para evaluación faringolaríngea; VFD es mejor para valorar esófago y esfínter esofágico superior(1,2,3).

2. Indicaciones clínicas

2.1 Indicaciones Generales(1,2,3)

La FEES está indicada en **cualquier paciente con sospecha clínica de disfagia orofaríngea** que requiera evaluación objetiva:

Indicaciones Primarias:

- **Evaluación de disfagia en patología neurológica aguda:** Accidente cerebrovascular, enfermedad de Parkinson, esclerosis lateral amiotrófica (ELA), distrofia miotónica(1,2,3).
- **Detección de aspiración silente:** Aspiración sin síntomas (tos refleja, carraspeo ausente)(1,3).
- **Pacientes con criterios de riesgo:** Disartria severa, disfonía, tos anormal post-deglución(1,2).
- **Evaluación post-quirúrgica:** Post-cirugía de cabeza-cuello, post-intubación prolongada(2,3).

- **Valoración de efectividad de maniobras compensatorias:** Flexión cervical, Mendelsohn, supraglótica(1,2).
- **Pacientes inmovilizados o críticos:** Donde videofluoroscopia no es viable(1,2).

Indicaciones Especializadas:

- **Sospecha de reflujo faringolaríngeo:** Evaluación de datos de reflujo (escala RFS) (1,3).
- **Neoplasias endobronquiales:** Visualización de lesiones malignas, granulomas (1,2).
- **Test de Tensilon en miastenia gravis:** FEES-Tensilon test para fatigabilidad muscular(1,3).
- **Evaluación sensorial laríngea:** FEESST (Fiberoptic Endoscopic Evaluation of Swallowing with Sensory Test) (1,3).

2.2 Prevalencia de Disfagia en Patología Neurológica(1,2)

- **Accidente cerebrovascular agudo:** 50-59.6% de pacientes hospitalizados (1,2).
- **Enfermedad de Parkinson:** 15-81% según severidad (1).
- **ELA:** >80% en etapas avanzadas (1).
- **Riesgo triplicado de neumonía aspirativa** en pacientes neurológicos con disfagia (1,2).

3. Contraindicaciones y precauciones

3.1 Contraindicaciones Absolutas(1,2,3)

Raramente existen contraindicaciones absolutas; la mayoría son relativas:

- **Negativa informada del paciente** tras explicación clara (1).
- **Inestabilidad hemodinámica severa** no corregible (1,2).
- **Apnea central severa** sin soporte ventilatorio disponible (1).
- **Rechazo absoluto por trastorno psiquiátrico severo** (1).

3.2 Contraindicaciones Relativas (Requieren Evaluación Caso-por-Caso)(1,2,3)

- **Obstrucción nasal severa:** Desviación septal, poliposis nasofaríngea masiva (1,2).
- **Epistaxis activa o antecedente de sangrado nasal frecuente** (1).
- **Anticoagulación severa no corregible** (1).
- **Insuficiencia respiratoria grave:** Aunque FEES sin anestesia preserva funciones respiratorias(1,2).
- **Confusión profunda/demencia severa:** Requiere cooperación mínima (1).

Nota Importante: FEES ha sido realizada **sin complicaciones graves en pacientes críticos, post-ACV agudo, y bajo sedación moderada**(1,2), demostrando ser extraordinariamente segura (1).

4. Técnica procedural y elementos necesarios

4.1 Equipamiento Esencial(1,2,3)

Sistema Endoscópico:

- **Videoendoscopio o fibroendoscopio flexible:** Diámetro 4-5.2 mm (ideal videoendoscopio con chip de imagen en punta para mejor calidad)(1,2,3).
- **Sistema de grabación:** Grabación digital obligatoria para documentación, seguimiento y educación paciente/familia(1,3).
- **Monitor de alta definición:** Visualización óptima de detalles anatómicos(1,2).
- **Pulsioxímetro:** Monitorización opcional de saturación de oxígeno(1,3).

Materiales de Prueba de Deglución:

- **Texturas variables:** Miel (5-20 mL), néctar (5-20 mL), agua espesada (5-20 mL), líquido (5-20 mL), sólido masticable(1,2,3).
- **Colorantes:** Colorantes alimentarios (evitar azul de metileno por riesgo metahemoglobinemia)(1,2,3).
- **Alternativa:** Alimentos naturales coloreados (leche, yogur, flan) (1,2).
- **Hielo picado coloreado:** Para pacientes sin capacidad de manejar secreciones (1,2).

4.2 Técnica Procedural Sistemática(1,2,3)

Fase 1: Evaluación Anatómica y Funcional SIN ALIMENTO

1. **Inspección nasal:** Identificación de fosa nasal permeable (1,2,3).
2. **Nasofaringe:** Visualización del velo del paladar en reposo (1,2,3).

3. **Evaluación velofaríngea:**
 - Deglución de saliva para evaluar dinamia velopalatina(1,2).
 - Fonación de fonemas velares oclusivos para movimiento velar(1,2,3).
 - **Cierre velofaríngeo incompleto:** Asociado a reflujo oronasal (1).
4. **Orofaringe, hipofaringe, laringe** (posición "home" - visualización panorámica):
 - Evaluación de simetría anatómica(1,2).
 - Detección de masas, úlceras, edema, fibrosis(1,2,3).
 - Evaluación de secreciones basales (escala de Murray)(1,2,3).
5. **Evaluación funcional laríngea:**
 - **Respiración espontánea:** Observar movimiento abducción cuerdas vocales(1,2).
 - **Fonación:** Producción de vocal prolongada (/e/ o /i/), glissando vocal(1,2).
 - **Tos y carraspeo:** Evaluar movilidad aritenoides y dinámica fonorrespiratoria(1,2).
 - **Maniobra de Valsalva:** Oclusión glótica completa(1,2).
 - **Maniobra de compresión faríngea:** "iiii" sostenido y estridente - **tarea más correlacionada con función deglutoria** (1,2,3).
6. **Evaluación sensibilidad faringolaríngea:**
 - Palpación con punta endoscopio en aritenoides(1,2,3).
 - Observación de respuesta adductora refleja(1,2).
 - FEESST: Pulsos aire controlada (si disponible)(1,3).

Fase 2: Evaluación con Alimentos

1. **Secuencia textura:** Comenzar con textura segura (ej. miel 5 mL), progresar a volumen mayor y consistencia menor según tolerancia(1,2,3).
2. **Aplicación:** Mediante jeringa, cuchara o vaso (preferentemente cuchara para garantizar cantidad)(1,2,3).
3. **Observación del paso bolus:** Desde cavidad oral a vallécula y más allá(1,2,3).
4. **Punto de disparo deglución:** Típicamente en vallécula; retraso >2-3 s indica disfunción(1,2).
5. **Residuos post-deglución:** Localización (vallécula, senos piriformes, laringe)(1,2,3).
6. **Penetración/aspiración:** Presencia, cantidad, mecanismo de aclarado(1,2,3).

Fase 3: Maniobras Compensatorias y Terapéuticas

- **Flexión cervical (chin tuck):** Reduce entrada material a laringe(1,2).
- **Maniobra de Mendelsohn:** Prolonga elevación laríngea(1,2).
- **Rotación cefálica:** Hacia lado afectado (en parálisis unilateral)(1,2).
- **Maniobra supraglótica/supersupraglótica:** Cierre glótico voluntario antes deglución(1,2).
- **Observación de efectividad:** Repetir evaluación post-maniobra(1,2).

5. Escalas validadas y sistema de puntuación

5.1 Escala de Secreciones de Murray (Murray Secretion Scale)(1,2,3)

Escala de **4 puntos** que valora severidad de secreciones intrafaringolaríngeas:

Puntuación	Descripción
0	Normal; sin secreciones visibles o solo burbujas transitorias en vallécula/senos piriformes
1	Acumulación bilateral profunda en vallécula/senos piriformes; se aclara completamente durante exploración
2	Secreción que cambia entre puntuación 1 y 3 durante observación
3	Severa; secreción en vestibulo laríngeo; incluye secreciones pulmonares no aclaradas

Significado Clínico: MSS ≥ 2 predice mayor riesgo de neumonía incluso sin aspiración documentada(1,2,3).

5.2 Escala de Secreciones Basales de Langmore (del 0 al 3)

Escala de secreciones basales de Langmore

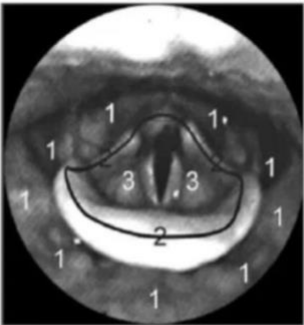


Figura 8. Vista directa de la faringe con nasofibroscopio. Severidad de la aspiración en función de la localización de las secreciones basales observadas en la FES y los residuos de alimento tras la deglución. La localización 1 sugiere un bajo riesgo de aspiración. La 2 un riesgo moderado, y la 3 supone un alto riesgo de aspiración de secreciones basales. Tomado de Langmore, SE.

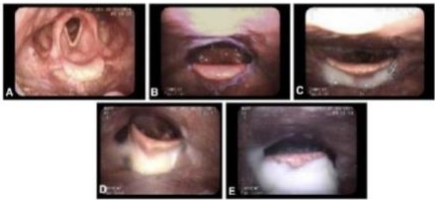
Escala de secreciones basales: (Langmore,2001)	
0. Normal (húmedo)	
1. Acumulo fuera del vestibulo laríngeo en el momento.	
2. Acúmulo transitorio en el vestibulo con rebosamiento ocasional, pero que el paciente puede aclarar.	
3. Retención salivar manifiesta en vestibulo, constante y que no puede aclarar.	

5.3 Escala de Residuo Faríngeo de Yale (Yale Pharyngeal Residue Severity Rating Scale)(1,2,3)
Escala de 5 puntos para cuantificar residuo post-deglutorio (vallécula y senos piriformes bilaterales):

Yale Pharyngeal Residue Severity Rating Scale
Escala de calificación de gravedad de residuos faríngeos de Yale

1. Escala para residuos en valléculas			
I	Ninguno	0%	Sin residuos
II	Cobertura	1-5%	Recubrimiento de la mucosa
III	Leve	5-25%	Ligamento epiglótico visible
IV	Moderado	25-50%	Ligamento epiglótico cubierto
V	Grave	>50%	Vallécula llena hasta el borde epiglótico

Vea los ejemplos de cada puntuación en la siguiente imagen

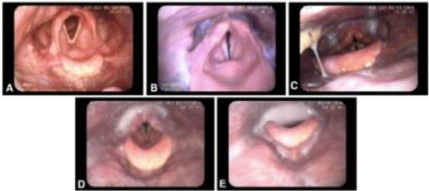


En la imagen se observan los ejemplos para: A) Ninguno; B) Cobertura; C) Leve; D) Moderado; y E) Severo

2. Escala para residuos en senos piriformes

I	Ninguno	0%	Sin residuos
II	Cobertura	1-5%	Recubrimiento de la mucosa
III	Leve	5-25%	Pared llena hasta un cuarto de los senos piriformes
IV	Moderado	25-50%	Pared llena hasta la mitad de los senos piriformes
V	Grave	>50%	Lleno hasta el pliegue aritenopiglotico

Vea los ejemplos de cada puntuación en la siguiente imagen



En la imagen se observan los ejemplos para: A) Ninguno; B) Cobertura; C) Leve; D) Moderado; y E) Severo

Neubauer, P.D., Rademaker, A.W. & Leder, S.B. The Yale Pharyngeal Residue Severity Rating Scale: An Anatomically Defined and Image-Based Tool. Dysphagia 30, 521-528 (2015).

5.3 Escala de Penetración-Aspiración (Penetration Aspiration Scale - PAS)(1,2,3)

Escala de **8 puntos** que describe profundidad de invasión de vía aérea y mecanismo de aclarado:

ESCALAS QUE EVALÚAN LA PENETRACIÓN Y LA ASPIRACIÓN DURANTE LA FEES

1. Penetration and Aspiration Scale (Escala de penetración y aspiración)

Categoría	Puntuación	Descripción
Sin Pen. o Asp.	1	El material no ingresa a la vía aérea
Penetración	2	El material ingresa a las vías respiratorias, permanece por encima de las cuerdas vocales y es expulsado de las vías respiratorias
	3	El material ingresa a las vías respiratorias, permanece por encima de las cuerdas vocales y no se expulsa de las vías respiratorias
	4	El material ingresa a las vías respiratorias, entra en contacto con las cuerdas vocales y es expulsado de las vías respiratorias
	5	El material entra en las vías respiratorias, entra en contacto con las cuerdas vocales y no se expulsa de las vías respiratorias
	6	El material ingresa a las vías respiratorias, pasa por debajo de las cuerdas vocales y es expulsado hacia la laringe o fuera de las vías respiratorias
Aspiración	7	El material ingresa a las vías respiratorias, pasa por debajo de las cuerdas vocales y no se expulsa de la tráquea aunque el paciente se esfuerce
	8	El material ingresa a las vías respiratorias, pasa por debajo de las cuerdas vocales y no se hace ningún esfuerzo para expulsarlo

Rosenbek JC, Robbins JA, Roecker EB, Coyle JL, Wood JL. A penetration-aspiration scale. *Dysphagia*. 1996;11(2):93-98.

5.4 Escala de Severidad Endoscópica de Disfagia (FEDSS)(1,2)

Escala de 6 puntos que integra hallazgos FEES con recomendaciones terapéuticas:

Puntuación	Hallazgo	Recomendación
6	Saliva; penetración/aspiración severa	NPO; tubo nasogástrico; intubación protectora
5	Sólido suave; penetración/aspiración SIN reflejo protector	NPO; tubo nasogástrico
4	Sólido suave; penetración/aspiración CON reflejo protector	Logopedia; posible tubo nasogástrico
3	Líquido; penetración/aspiración CON reflejo protector	Logopedia; dieta adaptada
2	Sólido duro; penetración/aspiración; residuo severo	Logopedia; dieta adaptada
1	Sólido duro; SIN penetración/aspiración; SIN residuo	Dieta regular/transicional

Valor Predictivo: Cada incremento de 1 punto en FEDSS conlleva **riesgo >2 veces mayor de neumonía aspirativa**(1,2).

5.5 Escala Simplificada de Severidad de Disfagia (DSRS)(1,2)

Escala de **5 puntos** basada en capacidad de ingesta oral y requerimientos de supervisión:

Puntuación	Dieta	Supervisión
0	Normal	Independiente; sin supervisión
1	Texturas seleccionadas	Supervisión
2	Dieta blanda/húmeda	Alimentación asistida (personal no entrenado)
3	Puré	Alimentación terapéutica
4	NPO; sin ingesta oral	NPO

5.6 Escala de Hallazgos de Reflujo (Reflux Finding Score - RFS)(1,3)

Escala de **0-26 puntos** que cuantifica signos endoscópicos de reflujo faringolaríngeo:

Elementos Evaluados: Edema subglótico, hiperemia interaritenoides, engrosamiento de pliegues ventriculares, granulaciones laríngeas, engrosamiento difuso laringeo, secreciones endolaringeas, úlcera posterior laringe(1,3).

6. Complicaciones y seguridad

6.1 Complicaciones Reportadas(1,2,3)

FEES es **extraordinariamente segura** con incidencia de complicaciones **<1%**:

- **Epistaxis leve:** <1%; raramente requiere intervención(1,2)
- **Bradicardia transitoria:** <0.1%; vagal reflex(1,2)
- **Laringoespasma:** 0.07% (especialmente en miastenia gravis)(1,2)
- **Complicaciones mayores:** Ninguna reportada en series grandes(1,2,3)

6.2 Conclusión: FEES es **infinitamente más segura que videofluoroscopia o biopsia quirúrgica**, permitiendo repetición sin límite de dosis(1,2,3).

7 Bibliografía

1. Langmore SE. Fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing safety: a new procedure. *Dysphagia*. 1988;2(4):216-219. doi:10.1007/BF02420587
2. Jimenez-Dominguez R, Manzano-Aquihuatl C. Fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing in neurogenic dysphagia: proposal of an algorithm for FEES in neurology hospitals in Mexico. *Rev Mex Neuroci*. 2021;22(5):208-217.
3. Vergara J. Interpretación de la Evaluación Endoscópica de la Deglución (FEES). Manual Práctico. Dysphagia Study Group; 2023.
4. Martino R, Foley N, Bhogal S, Diamant N, Speechley M, Teasell R. Dysphagia after stroke: incidence, diagnosis, and pulmonary complications. *Stroke*. 2005;36(12):2756-2763. doi:10.1161/01.STR.0000190056.76543.eb
5. Aviv JE. The endoscopic diagnosis of dysphagia. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1997;116(4):479-488. doi:10.1016/S0194-5998(97)70285-X
6. Rosenbek JC, Robbins JA, Roecker EB, Coyle JL, Wood JL. A penetration-aspiration scale. *Dysphagia*. 1996;11(2):93-98. doi:10.1007/BF00417897
7. Ney DM, Weiss JM, Kind AJ, Robbins J. Senescent swallowing: impact, strategies, and interventions. *Nutr Clin Pract*. 2009;24(3):395-413. doi:10.1177/0884533609332005
8. Murray J, Langmore SE, Ginsberg S, Dostie A. The significance of accumulated oropharyngeal secretions and swallowing frequency in predicting aspiration. *Dysphagia*. 1996;11(2):99-103. doi:10.1007/BF00417898
9. Belafsky PC, Postma GN, Koufman JA. The validity and reliability of the Reflux Finding Score (RFS). *Laryngoscope*. 2001;111(8):1313-1317. doi:10.1097/00005537-200108000-00001
10. Nacci A, Ursino F, La Pietra A, et al. Fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing (FEES): assessment of safety in elderly patients. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2008;28(1):6-12.
11. Pisegna JM, Langmore SE, Fickert G, et al. A systematic review of speech-language pathology services provided during flexible endoscopic evaluation of swallowing. *Am J Speech Lang Pathol*. 2022;31(4):1629-1652. doi:10.1044/2022_AJSLP-21-00324
12. Ku PK, Chow SM, Kwan TL, et al. Development and validation of the Modified Burger and Grobe Pharyngeal Constrictor Grading Scale in FEES. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2021;165(4):555-563.

9. Colapso excesivo de la Vía Aérea Central

El **colapso excesivo de la vía aérea central (ECAC)** representa un síndrome infradiagnosticado caracterizado por el **colapso dinámico y obstrucción de tráquea y bronquios principales durante la espiración**(1,2). Englobando dos entidades fisiopatológicas distintas pero clínicamente similares—**traqueobroncomalacia (TBM)** causada por debilitamiento de estructuras cartilaginosas, y **colapso dinámico airway excesivo (EDAC)** debido al desplazamiento anterior de la membrana posterior traqueal(1,2), el ECAC afecta pacientes con manifestaciones clínicas de disnea, tos crónica, sibilancias y neumonías recurrentes que frecuentemente permanecen sin diagnóstico(1,2,3). El presente documento proporciona una síntesis comprehensiva de definiciones nosológicas, clasificación patológica, criterios diagnósticos mediante tomografía dinámica y broncoscopia, opciones terapéuticas escalonadas desde manejo médico conservador hasta intervención quirúrgica definitiva mediante tracheobronchoplasty, y el papel pivotal del **stent trial** como predictor de candidatura quirúrgica(1,2,3).

1. Definiciones y clasificación patológica

1.1 Traqueobroncomalacia (TBM) versus Colapso Dinámico excesivo (EDAC)(1,2)

Aunque ambas entidades resultan en **ECAC con fenotipos clínicos superpuestos**, sus mecanismos fisiopatológicos son distintos:

Traqueobroncomalacia (TBM)(1,2):

- **Debilitamiento intrínseco de las estructuras cartilaginosas** que soportan la pared anterior y lateral del árbol traqueobronquial.
- **Colapso de anillos cartilaginosos** combinado con paredes flácidas.
- Puede ser **congénita o adquirida** (trauma, intubación prolongada, traqueostomía previa).
- **Etiopatogenia:** Déficit congénito de cartílago o degeneración cartilaginosa adquirida por inflamación crónica (policrondritis recidivante)(1).

Colapso Dinámico Airway Excesivo (EDAC)(1,2):

- **Membrana posterior traqueal normal pero flácida** que se desplaza hacia anterior durante la espiración forzada.
- **Debilidad muscular intrínseca** sin defecto cartilaginoso.
- Anillos cartilaginosos típicamente preservados.
- Mecanismo: Presión intrapulmonar excesiva durante espiración supera presión de resistencia airway.

1.2 Espectro Continuo de Malacia y Colapso(1,2,3)

La evidencia actual sugiere **un continuum de anomalías del desarrollo pulmonar** que explica:

- Coexistencia de múltiples tipos de malformación en mismo paciente.
- Patrones histológicos solapados.
- Variabilidad clínica extrema incluso con patología similar.

Clasificación por Severidad de Colapso Espiratorio(1,2):

- **Leve:** 70-79% de reducción en área seccional transversa (CSA).
- **Moderado:** 80-89% de CSA.
- **Severo:** >90% de CSA (umbral para intervención).

Nota Crítica: La definición inicial de >50% colapso resultó en **78% de voluntarios sanos asintomáticos** superando este umbral; por tanto, el umbral se elevó a **>70% para diagnóstico y >90% para intervención terapéutica**(1).

2. DIAGNÓSTICO: CRITERIOS CLÍNICOS, RADIOLÓGICOS Y ENDOSCÓPICOS

2.1 Presentación Clínica y Screening Inicial(1,2,3)

Síntomas Clásicos:

- **Disnea progresiva** con actividad física o esfuerzo.
- **Tos crónica y productiva** (frecuentemente incapacitante).
- **Sibilancias y wheezing** frecuentemente mal interpretadas como asma.
- **Incapacidad de limpiar secreciones** (retención de moco).

- **Infecciones respiratorias recurrentes** con riesgo de neumonía aspirativa(1,2).
- **Disnea posicional** (empeora en supino).

Comorbilidades Frecuentes que Confunden Diagnóstico(1,2,3):

- Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC/COPD).
- Asma con reversibilidad parcial.
- Disfunción laríngea/parálisis de cuerdas vocales.
- Reflujo gastroesofágico laríngeofaríngeo (RLF/LPR).
- Apnea obstructiva del sueño (AOS/OSA).
- Obesidad

2.2 Tomografía Computarizada Dinámica (Hallazgo Gold Standard Radiológico)(1,2,3)

Técnica:

- **Imágenes en inspiración y espiración forzada**
- **Mediciones cuantitativas** de diámetro airway y área seccional transversa (CSA).
- Identificación de **patrón de colapso**: "forma de luna creciente" (lunate shape) en inspiración versus "forma de ceño fruncido" (frown shape) en espiración

Hallazgos Característicos(1,2,3):

- Tráquea normal o ligeramente dilatada en inspiración.
- **Colapso severo en espiración** con reducción >90% CSA.
- Colapso puede ser **difuso (global) o segmentario** (distal tráquea, bronquios principales).

Limitación Crítica: CT frecuentemente **subestima el grado de colapso**; 60-70% de falsos negativos en ECAC real, requiriendo **confirmación broncoscópica incluso con CT "normal"**(1,2,3).

2.3 Broncoscopia Flexible Dinámica (Confirmación Definitiva)(1,2,3)

Técnica Estándar:

- **Sedación moderada/consciente** para preservar cooperación paciente.
- **Maniobras espiratorias forzadas** bajo visualización directa.
- **Evaluación en seis sitios** del árbol traqueobronquial: cricoides, tráquea media, tráquea distal, bronquio principal izquierdo proximal, bronquio principal derecho proximal, bronquio intermedio.

Grado de Colapso por Inspección Visual(1,2):

- Porcentaje estimado de colapso luminal.
- **Alta correlación intraobservador** documentada.
- Identificación de sitio(s) de colapso severo (>90%).

Ventajas Únicas de Broncoscopia(1,2,3):

- Visualización dinámica de colapso en tiempo real.
- Evaluación de secreciones retenidas, inflamación.
- Exclusión de lesiones endobronquiales obstructivas.
- Identificación de sitios candidatos para intervención.

2.4 Pruebas de Función Pulmonar (PFT)(1,2,3)

Hallazgos PFT en ECAC(1,2):

- **Patrón variable:** Restrictivo, obstructivo, o mixto.
- **Flujo espiratorio reducido** particularmente en volúmenes pulmonares bajos.
- **Patrón de flujo-volumen:** Loop variable extrínseco o intrínseco fijo (menos común).
- **Interpretación limitada:** PFT **no diferencian ECAC de COPD/asma comórbida**(1,2,3).

3. Manejo terapéutico escalonado

3.1 Manejo Médico Conservador (Colapso <90%)(1,2,3)

Primera Línea Terapéutica:

- **Optimización de comorbilidades:** Control COPD, asma, GERD, OSA, disfunción laríngea(1,2,3).
- **Técnicas de clearance mucociliar:**
 - Mucolíticos: Solución salina hipertónica, acetilcisteína nebulizada.

- Dispositivos oscilatorios: Flutter valve, chaleco vibrador de pared torácica (high-frequency oscillatory vest therapy).
- Estimulación de tos productiva.
- **Ventilación no-invasiva: CPAP o BiPAP** proporcionan "splinting neumático" preventivo de colapso expiratorio(1,2,3).
- **Rehabilitación pulmonar y programa de pérdida ponderal** (críticos si BMI >30-35)(1,2).
- **Respiración pursed-lip breathing** (respiración con labios fruncidos) para prolongar espiración.

3.2 Manejo Quirúrgico Definitivo: Tracheobronchoplasty(1,2)

Indicaciones:

- **Pacientes con colapso severo (>90%)** que muestran **respuesta positiva a stent trial**.
- Candidatos quirúrgicos apropiados (FEV1/DLCO aceptables, sin contraindicaciones).
- Refractoriedad al manejo médico óptimo.

Técnica Quirúrgica(1,2):

- **Abordaje abierto vs. toracoscópico/robótico.**
- Sutura de engrosamiento posterior (tracheal plication) para restablecer lumen airway.
- Colocación de implante de refuerzo (fascia autóloga o alogénica).
- **Éxito reportado:** 80% de pacientes responden satisfactoriamente a tracheobronchoplasty si preseleccionados mediante stent trial positivo(1).

4. Stent trial: predictor crítico de candidatura quirúrgica

4.1 Fundamentos del Stent Trial(1,2)

Conceptos Clave:

- **Stents actúan como "splint neumático" temporal** manteniendo patencia airway durante colapso expiratorio.
- **Duración:** 5-10 días (corta, para minimizar granulación tisular).
- **Propósito: Determinar si estabilización airway mejora síntomas**, predictor fiable de éxito quirúrgico posterior(1,2).
- **Remoción Definitiva:** A los 5-10 días vía broncoscopia rígida.

4.2 Tipos de Stent Utilizados(1,2)

Stent Metálico Autoexpandible Descubierto (USEMS)(1,2):

- Nitinol (titanio-níquel).
- **Ventajas:** Fácil colocación, preservan clearance mucociliar, bajo riesgo de impactación de moco.
- **Desventajas:** fractura, migración, tejido de granulación con uso prolongado(1).
- **Preferencia actual:** USEMS para trial corto (5-10 días).

Stent Silicona Y(1,2):

- Utilizado si colapso afecta bifurcación carina distal tráquea/bronquios principales bilaterales.
- **Ventajas:** Customizable, fácil remoción.
- **Desventajas:** Requiere broncoscopia rígida, alto riesgo de mucoid plugging, tos intractable frecuente(1).

4.3 Criterios de Éxito del Stent Trial(1,2,3)

Tabla de Criterios Positivos (≥2 de 3 categorías):

Categoría	Criterios Positivos
A. Síntomas Respiratorios (2 de 3)	Mejoría disnea; Mejoría tos; Mejor clearance secreciones
B. Cuestionarios Validados (2 de 3)	↓ SGRQ ≥4 puntos; ↓ CQLQ ≥10 puntos; ↓ mMRC ≥1 punto
C. Medidas Objetivas (1 de 2)	↑ FEV1 ≥0.2 L; ↑ 6MWT ≥30 metros

Interpretación: 60-75% de pacientes mostrarán mejoría durante stent trial; de estos, 80% responden satisfactoriamente a tracheobronchoplasty posterior(1,2).

4.4 Complicaciones del Stent Trial(1,2)

Complicaciones Mayores (raras con uso corto):

- **Tejido de granulación** con obstrucción airway progresiva (particularmente con uso prolongado >2 semanas).
- **Migración del stent.**
- **Obstrucción por moco** (muroid plugging).
- **Tos intratable** (especialmente con silicona Y-stent).
- **Broncoespasmo** e incremento del esputo.

Estrategia de Minimización(1,2):

- **Duración acortada a 5-10 días** (vs. 2-3 semanas previamente).
- Preferencia USEMS descubiertos sobre silicona para trial.
- Agresivo manejo secreciones: mucolíticos nebulizados, acetilcisteína, flutter valve.

5. Algoritmo integral de manejo multidisciplinario

Paso 1: Sospecha Clínica

- Síntomas consistentes + exclusión comorbilidades claras

Paso 2: Confirmación Diagnóstica

- CT dinámica + Broncoscopia dinámica = definición grado colapso

Paso 3: Estratificación por Severidad

- Colapso <90% → Manejo médico optimizado
- Colapso 90-100% → Considerar stent trial si refractariedad médica

Paso 4: Stent Trial (si colapso severo)

- Evaluación respuesta sintomática, PFT, exercise tolerance

Paso 5: Decisión Quirúrgica

- Trial positivo + apto quirúrgico → Tracheobronchoplasty
- Trial negativo o no apto → Manejo médico prolongado ± stent permanente

6. Bibliografía

1. Parikh M, Wilson J, Majid A, Gangadharan S. Airway stenting in excessive central airway collapse. J Vis Surg. 2017;3:172. doi:10.21037/jovs.2017.10.12
2. Hazelett BN, Paton A, Majid A, et al. Coordination of Care for Expiratory Central Airway Collapse. A Structured Process for a Multifaceted Disease. Chest. 2023;163(1):185-191. doi:10.1016/j.chest.2022.09.041
3. Mondéjar López P, Sirvent Gómez J. Malformaciones pulmonares congénitas. Malacia y otras malformaciones congénitas de la vía aérea. Protoc Diagn Ter Pediatr. 2017;1:273-297.
4. Murgu S, Colt H. Tracheobronchomalacia and excessive dynamic airway collapse. Clin Chest Med. 2013;34(3):527-555. doi:10.1016/j.ccm.2013.05.003
5. Ridge CA, O'Donnell CR, Lee EY, et al. Tracheobronchomalacia: current concepts and controversies. J Thorac Imaging. 2011;26(4):278-289. doi:10.1097/RTI.0b013e31821b4f5f
6. Ernst A, Majid A, Feller-Kopman D, et al. Airway stabilization with silicone stents for treating adult tracheobronchomalacia: a prospective observational study. Chest. 2007;132(2):609-616. doi:10.1378/chest.07-0440
7. Boiselle PM, O'Donnell CR, Bankier AA, et al. Tracheal collapsibility in healthy volunteers during forced expiration: assessment with multidetector CT. Radiology. 2009;252(1):255-262. doi:10.1148/radiol.2521081865
8. Gangadharan SP. Tracheobronchomalacia in adults. Semin Thorac Cardiovasc Surg. 2010;22(2):165-173. doi:10.1053/j.semtcvs.2010.10.005
9. Majid A, Guerrero J, Gangadharan S, et al. Tracheobronchoplasty for severe tracheobronchomalacia: a prospective outcome analysis. Chest. 2008;134(4):801-807. doi:10.1378/chest.08-0876
10. Murgu SD, Colt HG. Treatment of adult tracheobronchomalacia and excessive dynamic airway collapse: an update. Treat Respir Med. 2006;5(2):103-115. doi:10.2165/00151829-200605020-00004

10. Traqueostomía

1.1 Definición y Contexto Histórico(1,2)

La **traqueostomía** es la **creación quirúrgica de una comunicación entre la tráquea y la piel**, estableciendo acceso directo a las vías aéreas inferiores para **soporte ventilatorio prolongado, manejo de secreciones, o alivio de obstrucción airway**(1,2). Mientras que las técnicas convencionales abierto requerían incisiones extensas y disección tisular significativa, la **visualización endoscópica mediante fibrobroncoscopia flexible permite control directo de la anatomía, identificación de estructuras críticas, y colocación precisa del tubo entre anillos traqueales 2-3**, donde la vasculatura es mínima y el riesgo de estenosis subglótica o tracheomalacia se reduce exponencialmente(1,2).

1.2 Ventajas Técnicas Revolucionarias(1,2,3)

Visualización Endoscópica Directa(1,2):

- **Identificación precisa de anillos cartilaginosos:** Evita incisión supraglótica o infracricoidea que causa estenosis subglótica o subexterna(1,2).
- **Detección de patología concomitante:** Granulomas, parálisis de cuerdas vocales, estenosis preexistentes, desviación septal(1,2).
- **Evaluación vascular simultánea:** Identifica presencia de vasos aberrantes (arteria tiroidea anómala) que podrían sangrar(1,2).

Reducción de Complicaciones Técnicas(1,2):

- **Hemorragia quirúrgica:** Reducida sustancialmente mediante hemostasia bajo visión directa(1).
- **Malposición del tubo:** Prácticamente eliminada cuando tubo se coloca bajo visualización (vs. táctil en técnica abierta)(1,2).
- **Lesión de estructura adyacente:** Riesgo de lesión esofágica, nerviosa o vascular disminuido drásticamente(1).

1.3 Ventajas Clínicas a Corto y Largo Plazo(1,2,3)

Beneficios Inmediatos:

- **Menor tiempo quirúrgico:** Procedimiento percutáneo dilatacional en 15-20 minutos vs. técnica abierta en 30-45 minutos(1).
- **Recuperación acelerada:** Menor inflamación, dolor postoperatorio reducido(1).
- **Colocación de tubo más pequeño:** Posibilidad de usar tubo calibre 7-8 mm sin comprometer seguridad airway, mejorando comodidad(1,2).

Beneficios a Largo Plazo (Impacto en Decanulación):

- **Menor incidencia de tracheomalacia:** Lesión minimizada de cartílago traqueal(1,2,3).
- **Reducción de estenosis traqueal:** Incidencia disminuida de 12-15% (técnica abierta) a 3-5% (técnica endoscópica)(1,2).
- **Preservación de sensibilidad laríngea:** Menor lesión de receptores sensoriales laríngeos facilita decanulación posterior(1,2).
- **Mejor cosmética:** Cicatriz más pequeña, apenas perceptible, impacto psicosocial positivo(1).

1.4 Indicaciones Clásicas para Traqueostomía(1,2,3)

- **Falla de destete de ventilación mecánica prolongada** (>7-14 días post-intubación orotraqueal).
- **Incapacidad para manejar secreciones excesivas** (parálisis bulbar, disfagia severa).
- **Obstrucción de vía aérea superior** (tumor laríngeo, traqueostenosis, epiglotitis).
- **Dificultad predecible de extubación** (lesión cerebral severa, debilidad muscular).

2. Protocolo estandarizado de decanulación: paso a paso

2.1 Concepto Fundamental: Por Qué la Decanulación es Crítica (1,2,3)

La decanulación **no representa meramente la retirada de un tubo**, sino el **culminante de la rehabilitación respiratoria**, transformando la calidad de vida del paciente y prediciendo desenlaces vitales.

Estudios multicéntricos demuestran que **pacientes decanulados exitosamente presentan mortalidad 30% inferior a aquellos que permanecen traqueostomizados**, destacando que la falla en decanulación correlaciona con estadías hospitalarias prolongadas, mayor incidencia de infecciones nosocomiales, y mortalidad superior al 40% versus 5-6% en decanulados(1,2,3).

2.2 Paso 1: Evaluación de Estabilidad Clínica Basal(1,2)

Requisitos Imprescindibles:

1. **Destete de ventilación mecánica ≥ 48 horas previas** (con permanencia espontánea, tolerando traqueostomía sin asistencia)(1,2).
2. **Ausencia de falla multiorgánica** o sepsis en evolución activa(1).
3. **Estabilidad hemodinámica:** Frecuencia cardíaca 60-100 lpm, presión arterial sistólica >90 mmHg, **sin requerimiento de drogas vasopresoras**(1,2).
4. **Infección pulmonar controlada** con cultivos de secreciones negativos o semejantes a flora normal(1).
5. **Parámetros sanguíneos aceptables:** $\text{PaCO}_2 < 60$ mmHg, pH > 7.30 , hemoglobina > 8 g/dL, glucosa 80-180 mg/dL(1,2).
6. **Ausencia de síndrome de abstinencia** o sedación residual que comprometa alerta(1).

Evaluación Complementaria:

- Radiografía de tórax: Ausencia de infiltrados nuevos(1).
- Pruebas de función pulmonar: FVC $> 40\%$ predicho(1).
- Presión inspiratoria máxima (PIM): Mejor si > -20 cmH₂O (indicador fuerza muscular)(1).

2.3 Paso 2: Evaluación de Patencia de Vía Aérea Superior - Válvula de Habla (Speaking Valve)(1,2,3)

Metodología Innovadora (Protocolo Zhou et al.)(1,2):

- **Primera exposición:** Colocación de válvula unidireccional (Covidien/Kimberly-Clark) por **30 minutos iniciales**(1,2).
- **Mecanismo fisiológico:** Válvula permite entrada de aire con inspiración (bajo presión negativa), pero redirecciona flujo obligatoriamente a vía aérea superior durante espiración, permitiendo **fonación natural y evaluación de patencia airway simultáneamente**(1,2).
- **Gasometría de control:** Realizada después de 30 minutos de válvula; si pH ≥ 7.35 y $\text{PaCO}_2 < 60$ mmHg, tolerancia exitosa y se procede a paso 3(1,2).

Criterios de Fracaso en Paso 2 (Requiere Investigación Endoscópica)(1,2):**

- **Disnea progresiva o desaturación $< 90\%$** a pesar de oxígeno suplementario(1).
- **Tos severa y persistente** durante válvula(1).
- **Alteración gasométrica:** pH < 7.35 o $\text{PaCO}_2 > 60$ mmHg(1,2).
- **Incapacidad de deflactar cuff** sin riesgo de aspiración(1).

Investigación Endoscópica si Fracaso en Paso 2 (1,2,3):

Broncoscopia flexible debe identificar causa de intolerancia:

- **Edema endobronquial:** Terapia esteroideal local (inhalaada) o sistémica(1,2).
- **Granulomas endobronquiales:** Si $< 50\%$ obstruye lumen, generalmente no impiden decanulación; si $> 50\%$, referencia a ENT para intervención(1,2).
- **Estenosis traqueal:** Si $> 50\%$ reduce lumen, contraindicación relativa; requiere evaluación quirúrgica(1,2).
- **Parálisis laríngea unilateral o bilateral:** Requiere terapia inyectable (ácido hialurónico) o cirugía para aritenoides(1,2).

2.4 Paso 3: Tolerancia Prolongada a Válvula - Innovación Clave(1,2,3)

Criterio Revolucionario (1,2):

Tolerancia continua a válvula de habla por 4 horas consecutivas SIN oclusión traqueal reemplaza la estrategia tradicional de "capping" o oclusión de tubo(1,2).

Ventajas sobre Oclusión Tradicional(1,2,3):

- **Menor trabajo respiratorio:** Oclusión del tubo aumenta resistencia airway drásticamente (factor 5-10x), comprometiendo pacientes con ventilación marginal (1,2).
- **Prevención de deterioro clínico:** Pacientes que fallan oclusión puede aún decanularse exitosamente con válvula (1,2).

- **Evaluación simultánea de secreciones:** Durante las 4 horas, evaluador observa si hay acumulación de secreciones, expectoración efectiva, o drenaje salival (1,2).
- **Experiencia fisiológica normal:** Paciente respira naturalmente, mejora aceptación psicológica (1).

Manejo de Sialorrea (Problema Frecuente)(1,2):

Aproximadamente 15-20% de pacientes no toleran válvula por exceso salivar:

- **Terapia farmacológica inicial:** Parche de scopolamina hidrobromida 1.5 mg transdérmico(1).
- **Si fracaso con anticolinérgico:** Inyección intramuscular de toxina botulínica A (20-50 unidades bilaterales) en glándulas salivales(1).
- **Tiempo de efecto:** 5-7 días post-inyección botulínica(1).
- Después de tratamiento, re-intentar Paso 3; usualmente **70% logran tolerancia después de esta terapia**(1,2).

3. Pasos finales del protocolo y evaluación complementaria

3.1 Paso 4: Evaluación Objetiva de Fuerza de Tos(1,2,3)

Importancia Suprema: El 60% de fracasos en decanulación se atribuye a **inefectividad de tos** que impide clearance de secreciones(1,2,3).

Parámetros Objetivos Estándar:

Medida Fisiológica	Valor Predictor de Éxito	Autoridad/Año
Pico Flujo Tosido (PCF)	≥160 L/min	Bach & Saporito, 1996(1,2,3)
Presión Espiratoria Máxima (PeMax)	≥40 cmH ₂ O	Ceriana et al.(1,2)
Pico Flujo Espiratorio (PEF)	≥100 L/min (alternativa si PCF no disponible)	Zhou et al., 2022(1,2)
Pico Flujo Tosido Inducido (PFTi)	≥29 L/min (en pacientes con alteración conciencia)	Estudio Hong-Kong(1,2)

Evaluación Clínica Complementaria(1,2):

- **Frecuencia de aspiración:** Tolerancia de <2 aspiraciones cada 8 horas(1,2).
- **Calidad de tos:** Evaluación subjetiva de efectividad para limpiar secreciones(1,2).
- **Ausencia de sibilancias:** Sugiere buen clearance mucociliar(1).
- **Productividad de expectoración:** Paciente debe ser capaz de expulsar activamente secreciones(1,2).

3.2 Paso 5: Evaluación de Deglución (Consideración Complementaria, NO Determinante)(1,2,3)

Controversia Resuelta por Evidencia Contemporánea(1,2):

Contrario a creencia tradicional, **disfagia NO contraindicación decanulación** si paciente:

- ✓ **Maneja eficientemente secreciones orofaríngeas.**
- ✓ **Posee tos competente** para proteger vía aérea.
- ✓ **Tolera tubo nasogástrico/yeyunal** para nutrición(1,2).

Racional Fisiopatológico(1,2,3):

- La traqueostomía **complica inherentemente la deglución** al interferir con fase faríngea(1,2).
- **Aspiración silenciosa** es bien tolerada si reflejo tusígeno preservado(1,2).
- Pacientes con disfagia pueden removerse tubo y mantener **tubo nasogástrico indefinidamente** sin consecuencias negativas(1,2).

Métodos de Evaluación de Deglución(1,2,3):

1. **Blue Dye Test:** Baja especificidad, alto número de falsos negativos; **NO recomendado aisladamente** (1,2).
2. **Endoscopia Flexible de Deglución (FEES):** Visualización directa de laringe, evaluación de aspiración silenciosa, **recomendada si sospecha clínica**(1,2).
3. **Videofluoroscopia (VFSS):** Gold standard para evaluación de todas fases de deglución(1,2)

Resultado Clínico Determinante (Zhou et al.)(1,2):

De 56 pacientes decanulados exitosamente:

- **29 (52%) tenían disfagia documentada** en evaluación instrumental(1,2).
- **100% de estos 29 mantuvieron tubo nasogástrico/yeyunal post-decanulación**(1,2).

- **100% permanecieron sin complicaciones de aspiración** durante seguimiento(1,2).
- **Conclusión: Evaluar deglución para determinar VÍA NUTRICIONAL, NO para decidir decanulación(1,2,3).**

3.3 Paso 6: Decanulación exitosa(1,2)

Una vez completados satisfactoriamente pasos 1-5:

Procedimiento(1,2):

1. **Sedación ligera/moderada** (propofol 0.5-1 mg/kg IV si requiere)(1).
2. **Desinfección tópica** de traqueostoma(1).
3. **Retiro del tubo bajo visualización broncoscópica** (permite evaluación postuma de estenosis)(1,2).
4. **Oclusión inmediata del traqueostoma** con gasa estéril (evita entrada de aire/contaminantes)(1).
5. **Curación estéril** del sitio(1).

Monitorización Post-Decanulación Inmediata(1,2):

- **Primeras 48 horas:** Monitorización continua de saturación, frecuencia respiratoria, disnea(1,2).
- **Oxígeno suplementario:** Según requiera para mantener $SpO_2 > 92\%$ (1).
- **Humidificación:** Nebulización continua de solución salina para evitar sequedad mucosa(1).
- **Analgesia:** Paracetamol o AINE según protocolo institucional(1).

4. Predictores independientes de éxito versus fracaso

4.1 Variables Predictoras de ÉXITO en Decanulación(1,2,3)

Factores Demográficos y Clínicos:

Factor Predictor	Odds Ratio/Impacto	Nivel Evidencia
Edad <70 años	OR 0.4 (factor protector)	B (Múltiples series)(1,2)
Sexo Femenino	OR 0.6 vs. masculino	B (Scrigna et al.)(1,2)
Ausencia comorbilidades severas	OR 0.5-0.7	B (Hernández et al.)(1,2)

Parámetros Funcionales Críticos:

Parámetro	Valor de Corte Predictor	Autoridad
Pico Flujo Tosido (PCF)	≥ 160 L/min	Bach 1996(1,2,3)
Presión Espiratoria Máxima (PeMax)	≥ 40 cmH ₂ O	Ceriana et al.(1,2)
FEV ₁	>50% predicho	Recomendación ATS(1)
Tolerancia Válvula Continua	≥ 4 horas sin disnea	Zhou et al. 2022(1,2)

4.2 Predictores Independientes de FRACASO(1,2,3)

Factores Absolutos/Críticos:

- **Estenosis traqueal >50% diámetro:** Contraindicación relativa; requiere terapia láser/quirúrgica(1,2).
- **Parálisis laríngea bilateral:** Requiere intervención quirúrgica previa(1,2).

Factores Relativos (Riesgo Aumentado):

Factor	Riesgo Aumentado	Mecanismo
Edad >70 años	2-3x	Comorbilidades, debilidad muscular(1,2)
Sexo Masculino	1.5-2x	Desconocido (posible asociación GERD)(1,2)
Ventilación Mecánica >30 días	1.8-2.5x	Debilidad adquirida en UCI, descondicionamiento(1,2)
Pico Flujo Tosido <100 L/min	2.5-3.5x	Clearance ineficiente(1,2,3)
EPOC avanzado	2-2.5x	Sinergia con debilidad muscular(1,2)
Enfermedad Neurológica (ELA, Parkinson, lesión medular)	1.8-2.5x	Disautonomía, debilidad progresiva(1,2)
Lesión Cerebral Traumática Severa	2-2.5x	Alteración conciencia, incapacidad proteger airway(1,2)

4.3 Tasa de Éxito con Protocolo Estandarizado(1,2,3)

Datos de Zhou et al. (Cohorte 92 Pacientes, 3 Años):

- **62% cumplía criterios protocolarios** para evaluación de decanulación (57/92)(1,2).
- **98.2% éxito en decanulación** (56/57 exitosos)(1,2).
- **1.8% fracaso a 48 horas** (1 paciente reanulado por angustia psicológica)(1,2).
- **0% reanulación post-3 meses** de seguimiento(1,2).
- **Tiempo promedio referencia a decanulación:** 42.7 ± 18.3 días(1,2).

Comparación Histórica:

- Protocolos sin estandarización: 70-80% éxito(1).
- Protocolos con oclusión tradicional: 88% éxito(1).
- Protocolo Zhou (válvula 4h): **98.2% éxito**(1,2).

5. Síntesis clínica y conclusiones

5.1 Impacto en Mortalidad y Morbilidad

Estudios multicéntricos demuestran que **decanulación exitosa predice supervivencia**: mortalidad a 90 días es **5.9-6.4% en decanulados exitosos vs. 36-40% en pacientes no-decanulados**(1,2,3). Este impacto transformacional justifica inversión en **programas institucionalizados de decanulación con equipos multidisciplinares**.

5.2 Innovaciones Clave del Protocolo Contemporáneo

1. **Válvula de habla de 4 horas reemplaza oclusión:** Evita fracasos debidos a trabajo respiratorio excesivo(1,2).
2. **Evaluación endoscópica selectiva, NO universal:** No todos requieren broncoscopia previa a decanulación(1,2).
3. **Disfagia NO determinante:** Permite decanulación con soporte nutricional alterno(1,2,3).
4. **Equipo multidisciplinario:** Neumólogos, ENT, fonoaudiólogos, terapeutas respiratorios(1,2).

6. Bibliografía

1. Zhou T, Wang J, Zhang C, et al. Tracheostomy decannulation protocol in patients with prolonged tracheostomy referred to a rehabilitation hospital: a prospective cohort study. J Intensive Care. 2022;10:34. doi:10.1186/s40560-022-00626-3
2. Carnero Echegaray J, Motti V, Gil Rossetti G. Predictores para la retirada de la cánula de traqueostomía. Rev Am Med Resp. 2022;22:239-248. doi:10.56538/YRBR1163
3. Christopher KL. Tracheostomy decannulation. Respir Care. 2005;50(4):538-541.
4. O'Connor HH, White AC. Tracheostomy decannulation. Respir Care. 2010;55(8):1076-1081.
5. Stelfox HT, Crimi C, Berra L, et al. Determinants of tracheostomy decannulation: an international survey. Crit Care. 2008;12(1). doi:10.1186/cc6705
6. Bach JR, Saporito LR. Criteria for extubation and tracheostomy tube removal for patients with ventilatory failure. A different approach to weaning. Chest. 1996;110(6):1566-1571.

7. Durbin CG Jr. Tracheostomy: why, when, and how? *Respir Care*. 2010;55(8):1013-1024.
8. Epstein SK. Late complications of tracheostomy. *Respir Care*. 2005;50(4):542-549.
9. Fernandez-Bussy S, Mahajan B, Folch E, et al. Tracheostomy tube placement: early and late complications. *J Bronchol Interv Pulmonol*. 2015;22(4):295-301.
10. Pandian V, Miller CR, Schiavi AJ, et al. Utilization of a standardized tracheostomy capping and decannulation protocol to improve patient safety. *Laryngoscope*. 2014;124(8):1794-1800. doi:10.1002/lary.24625

11. Hemoptisis: manejo endoscópico

La hemoptisis masiva representa una emergencia médica potencialmente catastrófica que demanda intervención endoscópica urgente, caracterizada por su mortalidad paradójicamente elevada del 7-80% a pesar de los avances tecnológicos contemporáneos(1,2). Aunque representa solamente 5-15% de los episodios de hemoptisis en general, su capacidad para comprometer la vida mediante asphyxia por inundación alveolar (55-80% de muertes) o colapso hemodinámico por pérdida volúmica, exige del broncoendoscopista una comprensión profunda de fisiopatología multinivel, dominio técnico de maniobras de estabilización aérea, y conocimiento farmacológico metecuoso que incluya diluciones correctas de vasoconstrictores(1,2,3,4). Un error crítico frecuentemente cometido en la práctica clínica es la utilización de adrenalina en dilución 1:10,000 en lugar de la correcta 1:20,000, error que incrementa sustancialmente el riesgo de arritmias cardíacas, infarto agudo de miocardio, y muerte súbita en pacientes vulnerables durante crisis de hemoptisis(1,2,3). El presente documento sintetiza de manera integral el manejo endoscópico basado en evidencia de hemoptisis masiva, detalla los protocolos internacionalmente validados (Nashville Consensus, ACGME standards), enfatiza la relevancia clínica crítica de utilizar adrenalina endotraqueal en concentración 1:20,000 y nunca 1:10,000, y describe el algoritmo secuencial de intervenciones farmacológicas y mecánicas que optimiza la sobrevida en esta entidad de alta mortalidad(1,2,3,4).

1. Definiciones estandarizadas y estratificación de severidad

1.1 Consenso Nashville: Escala Validada Internacionalmente (2). El Consenso Nashville del 2020 representa el primer esfuerzo internacional sistemático para estandarizar definiciones de sangrado endobronquial, reconociendo que la inconsistencia en definiciones previas ha generado ambigüedad que impide comparación entre series clínicas y ensayos terapéuticos. Reproducible al lado del paciente sin necesidad de mediciones laboratoriales complejas. Aplicable en ensayos clínicos, registros para una comunicación clínica estandarizada (2).

Nashville Bleeding Scale: Clasificación Clínica de 4 Grados(2)

GRADO 0 (SIN SANGRADO):

- Ausencia completa de sangre en vía aérea.
- Visualización panorámica clara de toda anatomía bronquial.
- Aplicable cuando paciente sin patología sangrante.

GRADO 1 (SANGRADO LEVE):

- Requiere menos de 1 minuto de succión o enclavamiento del broncoscopio para resolución del sangrado.
- Sangrado mínimo, sin consecuencias significativas para el paciente o el endoscopista.

GRADO 2 (SANGRADO MODERADO):

- Requiere mas de 1 minuto de succión o enclavamiento del broncoscopio para resolución del sangrado.
- Instilación de suero fisiológico al 0,9% frío.
- Instilación de adrenalina 1:20.000 o trombina endobronquial.
- Empleo de una o más herramientas para controlar el sangrado.

GRADO 3 (SANGRADO SEVERO):

- Intubación selectiva con tubo orotraqueal o aplicación de balón bloqueador endobronquial < 20 min.
- Cambio clínico significativo pero de corta duración, con intervenciones más invasivas e interrupción prematura del procedimiento.

GRADO 4 (SANGRADO MUY SEVERO):

- Intubación selectiva o aplicación de balón bloqueador endobronquial > 20 min.
- Ingreso a UCI para soporte ventilatorio avanzado o transfusión de GRC (glóbulos rojos concentrados).
- Necesidad de embolización.
- Paro cardiorrespiratorio y reanimación.

1.2 Definiciones Operacionales de "Hemoptisis Masiva". Aunque no existe consenso universal sobre volumen absoluto, la literatura reporta (1,2).

- **Hemoptisis mayor:** ≥ 200 mL/24h. Genera preocupación clínica.
- **Hemoptisis severa:** >150 mL/12h O >400 mL/24h. Requiere hospitalización.
- **Hemoptisis amenazante (life-threatening):** >200 mL/h (pulmón normal) o >50 mL/h (insuficiencia respiratoria crónica). Requiere intervención urgente.
- **Hemoptisis exanguinante:** $>1,000$ mL total o >150 mL/h. Mortalidad $>40\%$ sin intervención.
- **Hemoptisis masiva:** variable (100-1.000 mL/24h según autor). Implica compromiso vital.

2. Protocolo endoscópico sistemático y maniobras técnicas críticas

Posicionamiento Inicial del Paciente y Estrategia de Protección Aérea(1).

Antes de cualquier intervención farmacológica, el posicionamiento correcto del paciente es primordial (1).

2.1 MANIOBRA FUNDAMENTAL:

1. Identificar lado de sangrado (mediante Rx tórax, TC, o visualización).
2. Colocar INMEDIATAMENTE paciente en DECÚBITO LATERAL SOBRE EL LADO SANGRANTE.
con LADO SANGRANTE DEPENDIENTE (gravitatoriamente inferior).
3. Objetivo: Aprovechar gravedad para desplazar sangre hacia bronquio afectado y mantener pulmón contralateral "limpio" y ventilante.

VENTAJAS:

- Evita aspiración de sangre a árbol bronquial no afectado.
- Mantiene ventilación mínima del pulmón sano.
- Si requiere intubación posterior, facilita intubación selectiva.
- Reduce requerimiento de succión agresiva (disminuye trauma mucoso).

2.2 Maniobra de Wedging (Tamponamiento con enclavamiento selectivo)

1. Avanzar broncoscopio bajo visualización directa.
2. Posicionar punta de endoscopio para ocluir COMPLETAMENTE el orificio bronquial sangrante.
3. Mantener posición "cuña" (wedge position) mínimo 2-3 MINUTOS.
4. Succión delicada simultánea de sangre para mantener visualización.
5. NO aplicar presión excesiva (evitar trauma mucoso/perforación).

Mecanismo hemostático:

- Presión local = tamponamiento mecánico directo.
- Hipotermia local del tejido (reflejo vasoconstricción de presión).
- Interrupción del flujo sanguíneo hacia orificio.
- Facilitación de agregación plaquetaria local.
- EFICACIA: Control inicial del sangrado: 30-40% de casos (maniobra aislada).
- Combinada con otras técnicas: $>90\%$ de control.

2.3. Lavado con suero salino al 0,9% frío

1. Preparar suero fisiológico 0.9% CONGELADO (4°C idealmente).
2. Instilación LENTA de 10-20 cc alícuotas a través de canal de broncoscopio.
3. Mantener broncoscopio en posición de cuña DURANTE todo el lavado.
4. Permitir drenaje pasivo de sangre + coágulos frescos.

Mecanismo hemostático:

- Hipotermia local induce vasoconstricción refleja α -adrenérgica.
- Limpia coágulos frescos; restaura visualización.
- Permite identificación precisa de orificio sangrante.
- Efecto simpatomimorético sin absorción sistémica.

Contraindicación crítica: NUNCA instilación rápida en bolus (causa broncoespasmo severo)

-NUNCA en pacientes con hipertensión pulmonar severa.

-EFICACIA: - Control inicial: 40-50% de casos (cuando se combina con wedging).

2.4 Farmacoterapia endoscópica

- **Adrenalina:** diluir adrenalina (epinefrina) 1:1,000 comercial en proporción 1:20 - Tomar 1 mL de adrenalina 1:1,000 - Diluir en 19 mL de suero salino frío 0.9% - Resultado final: 1:20,000 (concentración 50 µg/mL). CONCENTRACIÓN FINAL: 1:20,000 = 0.05 mg/mL = 50 microgramos/mL.
- Dosis aplicada: 1-2 mL a través de canal de broncoscopio
- Dosis efectiva: 50-100 microgramos totales.
- ¿POR QUÉ EXACTAMENTE 1:20,000?
- Concentración óptima para vasoconstricción BETA-BLOQUEADA local.
- Absorción sistémica minimizada (10-15% del total).
- Duración prolongada de efecto local (5-10 minutos).
- Margen de seguridad cardíaca aceptable

COMPARATIVA FARMACOCINÉTICA: 1:20,000 vs 1:10,000(1,2,3)

Parámetro	1:20,000 (CORRECTA)	1:10,000 (CONTRAINDICADA)
Concentración µg/mL	50	100
Dosis interluminal	50-100 µg	100-200 µg
Absorción sistémica	10-15%	20-25%
Vasoconstricción local	Óptima	Excesiva
Taquicardia inducida	Leve-moderada (90-110 lpm)	Severa (150-180 lpm)
Riesgo arritmia	Bajo (<1%)	Alto (5-10%)
Riesgo infarto	Muy bajo	Moderado-Alto
Duración efecto	5-10 minutos	10-15 minutos (más sistémico)
Margen seguridad	Amplio	Estrecho
Recomendación ACLS	Estándar internacional	Contraindicado en hemoptisis

- **Trombina tópica y sellante de fibrina:**
- Representa un cambio de paradigma cuando adrenalina no controla sangrado(3):
- Composición y Mecanismo(3).
- El sellante de fibrina-trombina (Tissucol®, Baxter) consiste en dos componentes que se mezclan en el momento de aplicación(3).
- **COMPONENTE 1:**
 - - Fibrinógeno humano (70-110 mg/mL).
 - - Factor XIII (10-50 U/mL).
 - - Fibronectina (2-9 mg/mL).
 - - Plasminógeno (0.04-0.12 mg/mL).
 - - Aprotinina (3000 KIU/mL), protege de fibrinólisis secundaria.
- **COMPONENTE 2 - ACTIVADOR:**
 - - Cloruro de calcio (40 mmol/L).
 - - Trombina humana (500 UI/mL).
- **AL MEZCLAR (en situ):**
 - Cascada coagulación → Trombina activa + Factor XIII →
 - Estabilización cruzada de fibrina → Coágulo estructurado hemostático.
 - POLIMERIZACIÓN: Visible en 30-60 segundos.
 - COÁGULO: Amarillento, adherente; permanece días-semanas.
 - ABSORCIÓN: Lenta; reabsorción espontánea por fibrinólisis natural.

- **Evidencia:** Trombina-fibrinógeno debería considerarse como parte de la evaluación inicial endoscópica de hemoptisis severa, como puente mientras se organiza embolización o como alternativa cuando la embolización no está disponible o presenta contraindicación.
- **Ácido tranexámico:**
- -ANTAGONISTA COMPETITIVO DE PLASMINÓGENO.
- - Bloquea adhesión de plasminógeno a residuos de lisina en fibrina.
- - Previene activación de plasminina.
- - CONSECUENCIA: Estabilización de coágulos ya formados.
- -ACTIVIDAD: Antifibrinolítica potente in vitro e in vivo.
- -FARMACOCINÉTICA: Vida media: 17 horas (efecto prolongado). Absorción sistémica: MÍNIMA a dosis endobronquial.
- -NO estimulación adrenérgica (cardio-seguro).
- -NO potencial anafiláctico (proteína derivada)
- - Dosis: 250-500 mg en 5-10 mL suero salino.
- - Vía: Instilación endobronquial lenta.
- - Posicionamiento: Broncoscopio enclavado 1-2 minutos.
- - Secuencia: Después de SSF frío y adrenalina.
- **Evidencia:** control 90% de los sangrados. Efectivo y seguro. Sin manifestación tromboembólica observada. Recomendada como terapia inicial o complementaria.

3. Intubación selectiva y aplicación de balones endobronquiales bloqueadores

Ante sangrado masivo sin posibilidad de control con maniobras broncoscópicas, posición de seguridad ni terapia farmacológica endobronquial. Se recomienda la intubación selectiva del pulmón no sangrante. Permitir la formación de coágulos en el pulmón con sangrado activo, valorar la posibilidad de embolización arterial y retirar coágulos de forma mecánica con pinza rígida o criosonda, luego de 24 horas posterior al evento hemorrágico.

4. Empleo de prótesis y válvula endobronquiales

En centros especializados, también podría emplearse stents o válvulas endobronquiales unidireccionales como estrategia para detener el sangrado, dependiendo del nivel de expertis y la disponibilidad de recursos.

5. Complicaciones del manejo endoscópico

Complicación	Incidencia	Prevención	Manejo Agudo
Aspiración a pulmón contralateral	20-30%	Decúbito lateral dependiente; intubación selectiva	Broncoscopia inmediata; succión
Hipoxemia severa	10-15%	O ₂ continuo de alto flujo; considerar ECMO	Intubación urgente
Broncoespasmo (por instilación rápida SSF)	5-10%	Instilación LENTA alícuotas; no bolus	Albuterol nebulizado
Taquicardia/arritmia (por adrenalina 1:10,000)	5-10% si dilución incorrecta	Usar 1:20,000 SIEMPRE	ECG; si arritmia sostenida: amiodarona IV
Infarto agudo miocardio (por adrenalina excesiva)	2-5% si comorbilidad cardíaca	Contrastar uso en >70 años; preferir ATx	Manejo ACS estándar
Laringoespasmo	2-5%	Anestesia local adecuada	Succinilcolina IV

- 6. Conclusiones:** El manejo endoscópico de hemoptisis masiva ha evolucionado desde herramienta diagnóstica meramente a instrumento terapéutico multipropósito. La adherencia rigurosa a protocolos sistematizados (posicionamiento lateral dependiente, wedging, SSF glacial, adrenalina en dilución correcta 1:20,000), disponibilidad de agentes innovadores (fibrina-trombina, ácido tranexámico), y coordinación expedita con especialidades (radiología intervencionista, cirugía torácica) ha permitido mejoría sustancial en sobrevida(1,2,3,4).

El error de dilución de adrenalina (1:10,000 en lugar de 1:20,000) representa un riesgo iatrogénico prevenible que incrementa morbilidad cardíaca en pacientes ya vulnerables por hipoxemia y compromiso hemodinámico(1,2,3).

7. Bibliografía

1. Sakr L, Dutau H. Massive Hemoptysis: An Update on the Role of Bronchoscopy in Diagnosis and Management. *Respiration*. 2010;80(1):38-58. doi:10.1159/000274922. Folch EE, Mahajan AK, Oberg CL, et al.
2. Standardized Definitions of Bleeding After Transbronchial Lung Biopsy: A Delphi Consensus Statement From the Nashville Working Group. *Chest*. 2020;158(1):393-400. doi:10.1016/j.chest.2020.01.0363. de Gracia J, de la Rosa D, Catalán E, et al.
3. Use of endoscopic fibrinogen–thrombin in the treatment of severe hemoptysis. *Respir Med*. 2003;97(7):790-795. doi:10.1016/S0954-6111(03)00032-54.
4. Martín Juan J, Romero Romero B, Montes Worboys A, et al. Evaluación del efecto de la administración endobronquial de ácido tranexámico (ATx) en el sangrado de vía aérea. *Rev Esp Patol Torac*. 2014;26(3):181-188.

12. Fístulas

Las fístulas entre la tráquea y el esófago, y entre el árbol bronquial y la cavidad pleural, representan entidades clínicas complejas con una morbilidad y mortalidad significativas. Su manejo requiere un enfoque multidisciplinario, donde la endoscopia desempeña un papel crucial tanto en el diagnóstico preciso como en el tratamiento, ofreciendo alternativas menos invasivas a la cirugía torácica abierta en pacientes seleccionados, particularmente en aquellos con alto riesgo quirúrgico [1].

1. Fístula Tráqueo-Esofágica (FTE)

Una comunicación anómala entre la luz traqueobronquial y el esófago.

Diagnóstico:

Endoscopia Flexible: constituye el pilar diagnóstico. Permite la visualización directa del ostium fistuloso, generalmente en la pared posterior de la tráquea o el bronquio principal izquierdo. La insuflación de aire a través del endoscopio mientras se sumerge el esófago en agua (prueba de insuflación) puede evidenciar burbujeo, confirmando la fístula. La medición precisa de su tamaño y localización es fundamental para planificar la intervención [2].

Tomografía Computarizada (TC) de Alta Resolución: complementa la endoscopia, especialmente para evaluar la extensión de la enfermedad maligna subyacente (causa frecuente en adultos), la presencia de abscesos mediastínicos o la relación con estructuras vasculares. La reconstrucción multiplanar y 3D ofrece una cartografía anatómica invaluable [3].

Esofagografía/Tráqueografía con Contraste: técnica radiológica clásica que puede demostrar el paso del medio de contraste desde el esófago hacia la vía aérea, aunque su sensibilidad es variable.

Manejo Endoscópico:

El objetivo es sellar la comunicación para prevenir la aspiración y la contaminación bronquial recurrente, permitir la alimentación oral y mejorar la calidad de vida.

Stents Endoluminales:

- Es la modalidad más empleada.
- Se pueden colocar stents esofágicos, traqueales o, en el caso de fístulas largas, stents "doble cañón" (esofágico y traqueal).
- Los stents cubiertos de silicona o de malla metálica recubierta desplazan el tejido y ocluyen la fístula. La elección depende de la localización, etiología y experiencia del operador [4].

Oclusión con Pegamentos de Fibrina o Cianoacrilato:

- Técnica útil para fístulas pequeñas (<5 mm).
- Bajo visión endoscópica directa, se instila el material sellante en el tracto fistuloso.
- Puede requerir aplicaciones repetidas y su éxito es mayor en fístulas benignas postquirúrgicas [5].

Terapias de Energía (Electrocauterio, Argón Plasma):

Se utilizan para desbridar sobre los bordes de la fístula antes de aplicar un sellante, promoviendo una mejor adhesión del tejido de granulación.

Válvulas Endobronquiales Unidireccionales:

En casos selectos de fístula broncoesofágica con fuga aérea persistente, su colocación puede redirigir el flujo aéreo y facilitar el cierre [6].

2. Fístula Broncopleural (FBP)

Comunicación anormal entre el árbol bronquial (generalmente un muñón bronquial post-resección) y el espacio pleural, que conduce a un neumotórax y, frecuentemente, a un empiema.

Diagnóstico:

Broncoscopia Flexible: es la técnica de elección. Permite identificar con precisión el bronquio fistuloso (comúnmente el muñón del bronquio principal o lobar), evaluar su calibre, la calidad del tejido circundante y la presencia de infección o dehiscencia de suturas [7].

TAC de Tórax: esencial para valorar el tamaño del espacio pleural residual, el grosor de la pared bronquial, la presencia de empiema encapsulado y el estado del parénquima pulmonar restante. Guía el drenaje pleural concomitante.

Prueba del Azul de Metileno: instilación de la sustancia a través del broncoscopio hacia el muñón sospechoso mientras se observa el drenaje pleural. Su salida por el tubo torácico confirma el diagnóstico.

Manejo Endoscópico:

Dirigido a cerrar la fístula para resolver el neumotórax, tratar el espacio pleural y evitar la progresión a sepsis.

Oclusión con Agentes Sellantes: similar a la FTE, la aplicación endoscópica de cianoacrilato o pegamentos de fibrina en el orificio fistuloso es una opción para fístulas pequeñas (<3 mm) y de presentación temprana [8].

Colocación de Espirales (Coils) o Plugs: dispositivos como los "coils" vasculares o plugs de amplio calibre (ej., Amplatzer) pueden insertarse a través del broncoscopio bajo guía fluoroscópica para ocluir fístulas de tamaño pequeño a mediano, especialmente en pacientes no candidatos a re-intervención quirúrgica [9].

Colocación de Stents Endobronquiales: en fístulas más grandes o asociadas a estenosis bronquial, un stent cubierto puede expandir la luz y cubrir el defecto. Requiere un seguimiento estrecho por riesgo de migración o formación de granulomas [10].

Terapia Endoscópica con Válvulas Endobronquiales: estrategia innovadora y efectiva. La colocación de una o más válvulas unidireccionales en el bronquio que alimenta la fístula permite la salida de secreciones pero bloquea el flujo aéreo inspiratorio, favoreciendo el colapso y la cicatrización del tracto fistuloso. Es particularmente útil en pacientes con enfisema subyacente [6, 9].

3. Conclusión:

El éxito del manejo endoscópico depende de un diagnóstico anatómico preciso, el tamaño y la etiología de la fístula, la condición general del paciente y la experiencia del equipo. Estas técnicas son a menudo paliativas o puente hacia una cirugía definitiva, pero en pacientes oncológicos avanzados o con comorbilidades severas, representan la única opción terapéutica viable para el control de síntomas. La combinación de modalidades (ej., sellante más coils) puede mejorar los resultados. Un seguimiento endoscópico y radiológico periódico es mandatorio para detectar complicaciones como migración, infección o recurrencia [1, 4, 7].

La endoscopia respiratoria y digestiva se consolida así como una herramienta indispensable en el arsenal terapéutico para estas entidades desafiantes, ofreciendo soluciones mínimamente invasivas que mejoran significativamente el pronóstico y la calidad de vida de los pacientes.

4. Bibliografía:

1. Reed MF, Mathisen DJ. Tracheoesophageal fistula. *Chest Surg Clin N Am.* 2003;13(2):271-89.
2. Law S, Wong J. Use of endoscopy in the management of postoperative complications. In: Patterson GA, Cooper JD, Deslauriers J, et al., editors. *Pearson's Thoracic & Esophageal Surgery.* 3rd ed. Philadelphia: Churchill Livingstone; 2008. p. 181-92.
3. Marom EM, McAdams HP, Erasmus JJ, Goodman PC. The many faces of bronchopleural fistula. *Curr Probl Diagn Radiol.* 1999;28(6):181-96.
4. D'Cunha J, Rueth NM, Groth SS, Maddaus MA, Andrade RS. Surgical treatment of bronchopleural fistula and esophagopleural fistula after pulmonary resection. *Thorac Surg Clin.* 2015;25(3):361-9.
5. Scappaticci E, Ardisson F, Ruffini E, Baldi S, Mancuso M. Postoperative bronchopleural fistula: endoscopic closure in 12 patients. *Ann Thorac Surg.* 1994;57(1):119-22.
6. Fruchter O, El Raouf BA, Abdel-Rahman N, Saute M, Bruckheimer E, Kramer MR. Efficacy of bronchoscopic closure of a bronchopleural fistula with amplatzer devices: long-term follow-up. *Respiration.* 2014;87(2):166-73.
7. Lois M, Noppen M. Bronchopleural fistulas: an overview of the problem with special focus on endoscopic management. *Chest.* 2005;128(6):3955-65.
8. Tunc M, Ozdil A, Ozkan M, et al. Endobronchial Watanabe spigot for bronchopleural fistula: a new technique. *Ann Thorac Surg.* 2013;95(3):1102-4.
9. Firlinger I, Stubenberger E, Müller MR, Burghuber OC, Schenk P. Endoscopic treatment of bronchopleural fistula with fibrin glue and doxycycline. *Chest.* 1993;104(4):1352-3.
10. Han X, Wu G, Li Y, Li M. A novel approach: treatment of bronchial fistula with a plugged, bullet-shaped, angled stent. *Ann Thorac Surg.* 2016;101(5):1954-7.

13. Broncoscopia rígida

La broncoscopia rígida constituye una de las herramientas fundamentales en la neumología intervencionista moderna, representando la técnica de elección para el manejo urgente de la obstrucción de vía aérea central amenazante y numerosas patologías terapéuticas tanto benignas como malignas(1). Desarrollada hace más de un siglo por el otorrinolaringólogo alemán Gustav Killian en 1897 como instrumento específicamente diseñado para la extracción de cuerpos extraños, esta técnica experimentó un período de desuso gradual a partir de 1966 con la introducción del fibrobroncoscopio por Shigeto Ikeda(2). Sin embargo, el advenimiento de la tecnología láser de aplicación quirúrgica durante los inicios de la década de 1980, junto con el desarrollo de endoprótesis de vía aérea avanzadas y otros dispositivos innovadores, catalizar un renacimiento de esta técnica que hoy goza de posición privilegiada en centros especializados en neumología intervencionista(3).

El broncoscopio rígido es un instrumento tubular, metálico, típicamente fabricado en acero inoxidable o aleaciones especializadas, terminado en una punta biselada que permite tanto la intubación como la exploración y manipulación terapéutica de la vía aérea. Sus ventajas inherentes sobre la fibrobroncoscopia incluyen control ventilatorio completo, canal de trabajo amplio que facilita la aspiración de secreciones y sangrado de gran calibre, acceso directo a la vía aérea con estabilización crítica en situaciones de compromiso hemodinámico, y la capacidad de aplicar múltiples modalidades terapéuticas simultáneamente(4). Actualmente, el espectro de indicaciones se ha expandido enormemente, predominando las aplicaciones terapéuticas (aproximadamente 85%) sobre las diagnósticas, requiriendo invariablemente anestesia general y un equipo multidisciplinario experimentado.

1.Preparación integral del paciente: optimización preoperatoria

La preparación óptima del paciente para broncoscopia rígida es fundamental para minimizar la morbilidad y mortalidad procedurales. La evaluación paraclínica debe incluir tomografía de tórax de alta resolución con cortes de 0.6 a 1 milímetro de espesor, permitiendo caracterización precisa de la lesión obstructiva, evaluación de la extensión extraluminal, y determinación de la viabilidad pulmonar distal a la obstrucción(5). Las pruebas de función pulmonar con curvas flujo-volumen en fases inspiratoria y espiratoria son particularmente valiosas cuando se sospecha patología dinámica de vía aérea, permitiendo identificación de patrones característicos de obstrucción variable intratracica o extratracica(6).

Los estudios de laboratorio de rutina incluyen medición del índice internacional normalizado (INR), tiempo de tromboplastina parcial activada (TPT), biometría hemática completa con diferencial, panel de química clínica, tipificación sanguínea y compatibilización. La estratificación de riesgo debe realizarse utilizando la clasificación de la Sociedad Americana de Anestesiología (ASA), siendo prudente solicitar evaluación cardiológica preoperatoria formal en pacientes con antecedentes significativos de enfermedad cardiovascular, factores de riesgo múltiples, o puntuación ASA elevada(7).

El protocolo preoperatorio inmediato requiere ayuno de al menos 8 horas, suspensión de anticoagulantes según protocolo institucional específico (diferenciando entre warfarina e inhibidores directos del factor Xa), y preoxigenación agresiva con fracción inspirada de oxígeno del 100% durante el período de inducción anestésica. La coordinación multidisciplinaria debe establecerse previamente, involucrando a anestesiología, cirugía torácica y equipo de cuidados intensivos, con consentimiento informado detallado que especifique los riesgos procedurales, que varían entre 0.3% y 6% de mortalidad según la complejidad del caso y la experiencia del centro(8).

1.1 Ventilación Jet: técnica esencial para oxigenación intraoperatoria

La ventilación jet constituye una estrategia de soporte ventilatorio fundamental durante procedimientos con broncoscopio rígido, permitiendo oxigenación efectiva y eliminación de dióxido de carbono con perturbación mínima de la vía aérea y mantenimiento de visibilidad endoscópica óptima. Este sistema opera mediante ventilación a alta frecuencia (típicamente 60 a 100 ciclos por minuto) a baja presión (15 a 50 PSI), generando flujo de aire mediante pulsos cortos que producen movimiento mínimo de estructuras traqueobronquiales(9).

La conexión se realiza mediante adaptador estándar al broncoscopio rígido ventilatorio, permitiendo regulación de parámetros en tiempo real según monitoreo continuo de capnografía y pulsioximetría. Las ventajas fisiológicas incluyen capacidad de instrumentación continua sin necesidad de interrumpir ventilación, minimización del riesgo de desaturación de oxígeno, y mantenimiento de valores eucápnicos de dióxido de carbono. Sin embargo, requiere vigilancia meticulosa respecto a complicaciones potenciales, particularmente el barotrauma manifestado como neumotórax secundario, neumomediastino o enfisema subcutáneo, exigiendo monitoreo capnográfico continuo y limitación de presiones aplicadas(10).

Las alternativas ventilatorias incluyen ventilación apnéica intermitente supervisada, particularmente en casos electivos de corta duración donde la acumulación de dióxido de carbono es aceptable, y ventilación manual convencional con dispositivos de presión positiva cuando la ventilación jet no está disponible o es contraindicada.

1.2 Indicaciones clínicas: espectro amplio de aplicaciones terapéuticas

Las indicaciones para broncoscopia rígida han expandido significativamente desde sus orígenes como herramienta para extracción de cuerpos extraños. Las emergencias vitales constituyen la indicación más crítica, incluyendo cuadros asfícticos establecidos o inminentes provocados por obstrucción de vía aérea central con luz inferior a 4 milímetros (menos del 20% del diámetro normal), caracterizados clínicamente por disnea de reposo, estridor inspiratorio y riesgo inmediato de asfixia(11).

La patología maligna constituye aproximadamente el 60% de los casos de broncoscopia rígida en series de resección endoscópica, incluyendo carcinoma broncogénico primario con patrón de obstrucción endoluminal puro o componente de compresión extrínseca, metástasis intrabronquiales de diversos orígenes (colorrectal, mama, renal, melanoma), y tumores de baja malignidad como carcinomas carcinoides, mucoepidermoides y otros neoplasmas neuroendocrinos(12).

La patología benigna incluye estenosis postintubación y posttraqueostomía secundarias a lesión isquémica por tiempo prolongado de intubación (generalmente mayor a 7 días) o presión de manguito excesiva (>20 cm H₂O), dehiscencia anastomótica post-trasplante pulmonar (afectando hasta 33% de receptores de trasplante dependiendo de técnica quirúrgica), granulomatosis con poliangeítis (ANCA-asociada), policondritis recurrente, amiloidosis de cadena ligera, y patología traumática o infecciosa(13).

Aplicaciones terapéuticas adicionales incluyen extracción urgente de cuerpos extraños aspirados, manejo de hemoptisis masiva (>200 mililitros en 24 horas) con compromiso hemodinámico, y soporte para aplicación de terapias ablativas avanzadas como láser de Nd, electrocoagulación, coagulación con plasma de argón, crioterapia, balón de dilatación y colocación de endoprótesis(14).

1.3 Contraindicaciones: evaluación rigurosa del riesgo-beneficio

La identificación precisa de contraindicaciones absolutos y relativos es esencial para prevenir desenlaces catastróficos. Las contraindicaciones absolutas incluyen inestabilidad hemodinámica severa refractaria a intentos de reanimación adecuados, hipoxemia refractaria (presión parcial de oxígeno <50 mmHg mantenida incluso con fracción inspirada de oxígeno del 100%), arritmias malignas no controladas con potencial para deterioro hemodinámico agudo, y ausencia de pulmón distal viable después del sitio de obstrucción (ejemplo: neumonía broncoobstructiva extensa, fibrosis pulmonar avanzada, o tumor masivo parenquimatoso que ocuparía toda la capacidad funcional residual)(15).

Las contraindicaciones relativas incluyen coagulopatía severa (INR >2.5 en pacientes bajo warfarina o plaquetas <50,000 por microlitro), infarto miocárdico reciente (menos de 30 días), insuficiencia cardíaca descompensada, sepsis sistémica no controlada, e inestabilidad metabólica severa. Las limitaciones anatómicas incluyen trismus severo que impide apertura bucal adecuada, imposibilidad de lograr hiperextensión cervical por limitaciones articulares o espondilosis cervical severa(16).

Factores institucionales también representan contraindicaciones relativas significativas: ausencia de operador con experiencia formal en broncoscopia rígida, falta de equipamiento especializado completo (incluyendo equipo de láser, sistemas de ventilación jet, múltiples tamaños de broncoscopios), o carencia de equipo multidisciplinario disponible para manejo de complicaciones agudas.

En estas circunstancias, alternativas como fibrobroncoscopia con soporte anestésico avanzado, tratamiento quirúrgico abierto (resección segmentaria o traqueoplastia), o terapia médica sistémica optimizada deben considerarse(17).

1.4 Complicaciones: reconocimiento y manejo inmediato

Las complicaciones de broncoscopia rígida abarcan un espectro temporal desde eventos inmediatos intraoperatorios hasta secuelas tardías que pueden presentarse semanas después del procedimiento. Las complicaciones inmediatas incluyen hipoxemia e hipercapnia resultantes de ventilación inadecuada, períodos prolongados de apnea durante maniobras técnicas, o compromiso de vía aérea proximal durante procedimientos en pacientes con obstrucción crítica(18).

El barotrauma representa una complicación significativa potencialmente fatal cuando se utiliza ventilación jet sin control presión adecuado o en contexto de obstrucción severa que impide egreso de gas. La manifestación puede incluir neumotórax secundario, neumomediastino con potencial para taponamiento, o enfisema subcutáneo masivo con extensión cervical y mediastínica(19).

La hemorragia constituye complicación frecuente durante procedimientos de debulking y biopsia, con hemoptisis masiva (>200 mililitros) ocurriendo en aproximadamente 5-10% de casos. El manejo requiere capacidad para intubación selectiva del bronquio contralateral, taponamiento con balón hemostático, o aplicación de técnicas hemostáticas (láser, electrocoagulación, crioterapia con sonda a -89°C)(20). La mortalidad por sangrado masivo reportada en series grandes varía entre 0.3% y 1.6% en manos experimentadas, pero puede alcanzar 6% cuando se utiliza exclusivamente fibrobroncoscopia. El trauma directo de vía aérea incluye laceración de mucosa (habitualmente autorresolutiva con tratamiento conservador), perforación transmural de tráquea o bronquios (requiriendo intervención quirúrgica urgente), y en casos excepcionales ruptura esofágica (complicación catastrófica con necesidad de reparación quirúrgica inmediata)(21).

Las complicaciones cardiovasculares incluyen arritmias supraventriculares, hipotensión por efectos de sedación anestésica o bradicardia vagal refleja, y paro cardiorrespiratorio. Las complicaciones tardías incluyen estenosis de novo o reestenosis (ocurriendo en 30-40% de casos de patología benigna dentro de 6-12 meses), formación de granulomas en sitios de biopsia, edema laríngeo tardío con necesidad de traqueotomía de emergencia, infección respiratoria sobreañadida, y fístula tráqueoesofágica(22).

2. Dilatación de estenosis: restauración funcional de luz

La dilatación con balón representa una de las técnicas más utilizada para restauración de permeabilidad en estenosis tanto benignas como malignas. La selección apropiada del diámetro del balón depende de medición precisa en tomografía de tórax del diámetro de vía aérea proximal a la estenosis, típicamente variando entre 14 y 18 milímetros en tráquea. La longitud del balón debe ser al menos 0.5 centímetros mayor que el segmento estenótico en ambas direcciones (proximal y distal), asegurando que el balón fláquee la lesión y distribuyendo presión radial de manera uniforme(23).

La técnica de inflado debe ser progresiva y lenta, manteniendo comunicación verbal constante con el asistente que monitoriza la presión de inflado. Nunca debe forzarse el inflado si hay resistencia excesiva, ya que esto incrementa riesgo de ruptura transmural. El tiempo de inflado típicamente varía entre 30 y 120 segundos, pudiendo repetirse el ciclo según tolerancia del paciente. Balones de medición (sizing balloons) disponibles comercialmente permiten determinación más precisa del diámetro luminal, aunque estos representan costo adicional significativo(24).

La técnica telescópica rígida ofrece ventaja particular permitiendo cateterismo sucesivo con broncoscopios de diámetro progresivamente mayor pasados a través de un traqueoscopio inicial de mayor calibre, facilitando ventilación continua y dilatación secuencial sin necesidad de reintubación múltiple del paciente(25).

Las técnicas complementarias incluyen incisiones radiales realizadas con electrocauterio o láser Nd en posiciones de reloj (4, 8 y 12 horas) previo a dilatación, lo que facilita expansión en estenosis circunferenciales rígidas. La crioablación mediante aplicación de sonda a -89°C produce necrosis tisular diferida, ablacionando el tejido cicatricial mientras preserva matriz extracelular, favoreciendo cicatrización subsecuente más ordenada y reduciendo potencial para reestenosis(26).

2.1 Balones de dilatación: parámetros técnicos y selección apropiada

La selección precisa del diámetro del balón es crítica: debe corresponder al diámetro estimado de vía aérea normal proximal a la estenosis, medido en tomografía con técnica de reconstrucción multidetector. Alternativamente, puede estimarse por relación visual con el diámetro del broncoscopio utilizado para la visualización. La longitud mínima de flaqueo requiere extender aproximadamente 0.5 centímetros proximal y 0.5 centímetros distal al segmento estenótico, previniendo concentración puntual de presión que podría resultar en perforación(27).

Balones de medición especializados disponibles de manufactureros reconocidos (Rigiflex, Quantum) permiten determinación del diámetro luminal mediante inflado gradual bajo visualización directa hasta oclusión luminal transitoria. Esta técnica proporciona mayor precisión que estimación visual, aunque aumenta tiempo procedural y costo.

La técnica de inflado debe ser progresiva, con incrementos de presión pequeños observando continuamente mucosa para signos de compromiso perfusional o trauma. La comunicación constante con el asistente es esencial; el asistente debe sentir resistencia mínima durante inflado, y cualquier incremento súbito de resistencia debe generar retracción inmediata del balón. El tiempo total de inflado entre 30 y 120 segundos representa punto de equilibrio entre suficiente duración para elongación tisular y minimización de daño isquémico. Múltiples ciclos de inflado pueden realizarse durante la misma sesión procedural(28).

Las aplicaciones clínicas incluyen estenosis simples (menores de 1 centímetro de longitud, sin compromiso cartilaginoso) y estenosis complejas (mayores de 1 centímetro con potencial compromiso de cartílago). La combinación con mitomicina C (dosis típica 2 miligramos en volumen topical de 5 mililitros) o esteroides intralesionales (80 miligramos de Depo-Medrol inyectado en múltiples sitios) se ha demostrado reducir tasa de reestenosis en patología benigna, aunque la evidencia es heterogénea respecto a dosis óptima y protocolo de administración(29).

3.Extracción de cuerpo extraño: escala FOVAS y estratificación de riesgo

La extracción de cuerpos extraños aspirados constituye indicación clásica de broncoscopia rígida, siendo particularmente crítica en contexto pediátrico donde la incidencia es significativamente mayor. La Escala FOVAS (Foreign Body in Airway Score) representa sistema de puntuación pronóstica que integra múltiples variables clínicas para predecir complejidad técnica y riesgo de complicación(30).

Las variables incluidas en FOVAS incluyen tamaño del objeto (objetos >3 centímetros suman puntuación significativa), localización en árbol bronquial (obstrucción de tráquea vs bronquios principales tiene implicaciones diferentes), tiempo transcurrido desde aspiración (mayor a 12 horas incrementa riesgo por edema perilesional reactivo), naturaleza del objeto (friable vs rígido), y presencia o ausencia de síntomas de asfixia completa(31).

La interpretación clínica stratifica pacientes en tres categorías de riesgo: puntuación 0-3 constituye bajo riesgo, donde extracción ambulatoria puede considerarse si equipo completo está disponible. Puntuación 4-6 indica riesgo moderado, requiriendo broncoscopia rígida urgente bajo anestesia general en quirófano. Puntuación ≥7 representa ALTO RIESGO vital, requiriendo preparación quirúrgica completa con posibilidad de traqueotomía de emergencia, cirugía torácica en standby, y capacidad de toracotomía emergente si complicación catastrófica ocurre(32).

La selección del instrumental depende de características del objeto: pinzas de cocodrilo son preferidas para objetos rígidos, canastillas metálicas para fragmentos, y pinzas con visualización óptima mediante fibrobroncoscopio incorporado para objetos distales. La protección de vía aérea distal mediante broncobloqueador previene aspiración del objeto durante maniobra extractiva(33).

3.1 Técnica de extracción: maniobras y protocolo de seguridad

El protocolo pre-extracción incluye inspección bronchoscópica exhaustiva del árbol bronquial mediante fibrobroncoscopio flexible pasado a través del broncoscopio rígido, permitiendo localización precisa del objeto y evaluación del edema perilesional reactivo. La selección de pinza debe basarse en morfología del objeto específico: objetos rígidos requieren pinzas de cocodrilo con suficiente fuerza de prensión, objetos orgánicos (cacahuates, semillas) requieren pinzas más delicadas para evitar fragmentación(34).

La estimación del riesgo de fragmentación es crítica: objetos friables o parcialmente aspirados fragmentados tienen riesgo particular de fragmentación durante tracción, requiriendo técnica extremadamente gentil. El posicionamiento del paciente debe optimizar tanto visión endoscópica como alineación gravitacional que asista la extracción, típicamente con posición supina ligeramente prona de la cabeza.

La maniobra extractiva propiamente tal debe ser suave y controlada, traccionando el objeto hacia la luz del broncoscopio rígido sin fricción contra pared de vía aérea, que incrementaría trauma mucoso. La vigilancia continua de vía aérea distal mediante fibrobroncoscopio simultáneo es esencial para detección inmediata de complicaciones. Si existe impedimento mecánico, NUNCA debe forzarse extracción; en lugar de ello, pueden intentarse maniobras gentiles de rotación que pueden desenclavar objetos firmemente impactados(35).

Las complicaciones inmediatas incluyen hemorragia usualmente autolimitada (controlada mediante compresión, epinefrina tópica al 1:10,000, o láser hemostático), edema post-extracción (tratado con corticosteroides sistémicos y aerosolización de epinefrina). La broncoscopia de control realizada 48 a 72 horas post-extracción permite evaluación de lesión residual, presencia de fragmentos no removidos, y monitoreo del edema. Radiografía de tórax post-procedimiento es esencial para descartar complicaciones como neumotórax, enfisema subcutáneo masivo o fragmentación residual(36).

4. Debulking endobronquial: resección urgente en obstrucción maligna

El debulking endobronquial constituye intervención paliativa crítica para pacientes con obstrucción maligna de vía aérea central que no son candidatos a resección quirúrgica curativa y requieren restauración urgente de permeabilidad aérea. Las indicaciones clínicas precisas incluyen obstrucción endoluminal cuantificada como >50% del diámetro transversal de tráquea, bronquios principales o bronquio intermediario, con sintomatología respiratoria clínicamente significativa (disnea de reposo, estridor, cianosis)(37).

Indicaciones adicionales incluyen atelectasia lobar o pulmonar completa con pulmón distal potencialmente viable, neumonía postobstructiva recurrente con riesgo de deterioro respiratorio, hemoptisis moderada a severa potencialmente amenazante, e integración en estrategia paliativa para pacientes con enfermedad maligna avanzada no candidatos a resección quirúrgica o como puente para permitir inicio de quimioterapia o radioterapia sistémica(38).

Las contraindicaciones clínicas incluyen coagulopatía severa no corregible previamente (INR >2.5, plaquetas <50,000), compresión extrínseca pura sin componente endoluminal accesible (en esta situación se requiere estent para buttressing de pared, no debulking), pulmón distal no viable (tumor parenquimatoso masivo, neumonía postobstructiva irreversible, fibrosis pulmonar extensa), inestabilidad hemodinámica severa refractaria a reanimación, y score ASA IV-V con expectativa de vida menor a un mes(39).

La eficacia clínica reportada es variable: mejoría sintomática clínicamente significativa se logra en 50 a 60% de pacientes tratados, restauración de permeabilidad central (>50% luz) es alcanzable en 85% de procedimientos, aunque duración de respuesta es limitada (promedio 4 a 12 semanas antes de reobstrucción progresiva). La integración con radioterapia externa y/o quimioterapia sistémica es crítica para prolongar duración de beneficio(40).

4.1 Técnicas de debulking: modalidades ablativas multimodales

Múltiples modalidades de energía pueden utilizarse para ablación de tejido tumoral, cada una con ventajas y limitaciones específicas. El láser de Nd(neodimio-ytrio-aluminio-granate) realiza fotorresección de tejido tumoral con coagulación hemostática simultánea, penetrando efectivamente 5 a 10 milímetros en profundidad. La ventaja primaria es control hemorrágico excelente mediante coagulación simultánea. La desventaja incluye potencial para perforación post-procedimiento diferida en 24 a 48 horas por calor tisular profundo; requiere protección ocular de todos los miembros del equipo quirúrgico(41).

La electrocoagulación mediante asa de corte monopolar o sonda coaguladora es técnica de menor costo que láser, con eficacia hemostática comparable. Requiere cuidado extremo para evitar contacto con componentes metálicos del broncoscopio (riesgo de cortocircuito y quemadura profunda). Es particularmente útil para lesiones friables sangrantes donde hemostasis es prioridad.

La coagulación con plasma de argón (APC) opera mediante ionización de argón generando plasma que produce hemostasis a distancia sin contacto directo. Es ideal para hemostasis de lesiones grandes sangrantes, aunque tiene menor penetración que láser Nd. La aplicación es periférica del tumor sin destrucción significativa de vía aérea central.

La crioterapia mediante aplicación de sonda a -89°C produce cryonecrosis con necrosis tisular característica diferida ocurriendo en 24 a 48 horas. Ventajas incluyen preservación relativa de matriz extracelular que favorece cicatrización ordenada. Desventaja importante es que el efecto hemostático es diferido, requiriendo potencialmente readmisión del paciente si complicación hemorrágica tardía ocurre(42).

El microdesbridador representa técnica de resección mecánica rotatoria de alta velocidad que permite removimiento efectivo de tejido con menos capacidad hemostática que modalidades de energía térmica. Es especialmente útil como técnica complementaria en combinación con otras modalidades(43).

5.Prótesis de vía aérea: tipos, selección e indicaciones clínicas

Las prótesis de vía aérea constituyen intervención crítica en manejo de obstrucción que no puede resolverse completamente mediante técnicas ablativas o dilatación mecánica. La selección entre tipos de stent depende de etiología subyacente, patrón de obstrucción y características anatómicas específicas de cada paciente.

Los stents de silicona (Dumon, Dumon Dynamic) requieren broncoscopia rígida para inserción y remoción, siendo completamente removibles sin migración crónica hacia tejido. Tienen formación relativamente menor de tejido de granulación en comparación con stents metálicos. Son ideales para patología benigna y tratamiento de fístulas tráqueoesofágicas. Las desventajas principales incluyen migración ocurriendo en 20 a 30% de casos, acumulación frecuente de mucus con obstrucción (tapones mucosos en 20% de pacientes), y baja relación diámetro interno a externo que puede comprometer ventilación distal(44).

Los stents metálicos no cubiertos (Ultraflex descubierto) son desplegables mediante fibrobroncoscopio, pero están CONTRAINDICADOS por la Food and Drug Administration desde 2005 en patología benigna debido a rápido ingrowth tumoral del epitelio bronquial en intersticio de malla, resultando en imposibilidad de remoción e infección crónica. La única indicación aceptada actualmente es dehiscencia anastomótica post-trasplante pulmonar(45).

Los stents metálicos cubiertos (Ultraflex parcialmente cubierto, AERO, AEROmini, Bonastent) tienen cubierta de silicona o poliuretano que reviste estructura metálica de nitinol. Presentan conformación excelente a vías aéreas tortuosas, migración rara (<5%), mayor relación diámetro interno a externo favoreciendo ventilación, y son preferidos en compresión extrínseca maligna. Las desventajas incluyen dificultad en reposicionamiento post-colocación y potencial para fragmentación durante intento de remoción(46).

Los stents híbridos (Dumon Dynamic Y-stent) combinan silicona con refuerzos metálicos anteriores simulando anillos traqueales nativos, preservando membrana posterior flexible. Requieren laringoscopia directa y pinzas especializadas para posicionamiento preciso(47).

Cuadro comparativo: stents de silicona versus metálicos

Característica	Silicona (Dumon)	Metálicos Cubiertos
Acceso de inserción	Rígido exclusivamente	Flexible o rígido
Removibilidad	Excelente (pinzas standard)	Difícil (fragmentación posible)
Migración	Frecuente (20-30%)	Rara (<5%)
Formación de granulación	Mínima en cuerpo, presente en extremos	Presente, especialmente en márgenes
Tapones mucosos	Frecuentes (20%)	Menos frecuentes (<10%)
Relación diámetro interno/externo	Baja (compromete ventilación)	Alta (favorable para ventilación)
Ingrowth tumoral	No ocurre	No (cubiertos), Sí (no cubiertos)
Fractura estructural	No (silicona resiliente)	Posible (material metálico)
Conformación a tortuosidad	Limitada (rígida)	Excelente (flexible)
Costo	Menor (\$1,500-2,500)	Mayor (\$3,500-5,500)
Reposicionamiento	Sí (fácil con pinzas)	Limitado o imposible
Indicación en patología benigna	Primera línea	Contraindicado (excepto dehiscencia)
Indicación en patología maligna	Segunda línea	Primera línea (cubiertos)
Durabilidad esperada	3-6 meses	6-12 meses

5.1. Técnica de colocación y retiro: protocolo estandarizado seguro

El protocolo de colocación de stent requiere medición precisa de longitud y diámetro de estenosis mediante tomografía de tórax y fluoroscopia. Frecuentemente se colocan marcadores radio-opacos externos (paperclips) sobre pared anterior de tórax bajo visión fluoroscópica que correspondan a puntos proximales y distales de estenosis, permitiendo referencia durante despliegue posterior(48).

La dilatación previa de estenosis severa puede ser necesaria utilizando balón o incisiones radiales con láser, asegurando que el lumen sea suficiente para paso de sistema de despliegue de stent. La inserción de alambre guía 0.035 pulgadas se realiza bajo visualización broncoscópica directa y confirmación fluoroscópica, mediante técnica modificada de Seldinger con el alambre pasado a través de estenosis hacia pulmón distal(49).

El despliegue del stent debe realizarse bajo control fluoroscópico simultáneo con visualización directa broncoscópica cuando sea posible. Para stents silicona, éstos se cargan en aplicador rígido específicamente diseñado con despliegue bajo visión directa, permitiendo ajustes de posición mediante pinzas especializadas antes de liberación final. Para stents metálicos, el despliegue ocurre sobre alambre-guía utilizado como eje de referencia, con sistemas específicos de liberación (asa, sheath retráctil) que varían según fabricante(50).

La verificación post-colocación inmediata es crítica: confirmación de posición correcta en relación a landmarks anatómicos, permeabilidad adecuada del lumen interior, ausencia de oclusión de ostia adyacentes (particularmente crítico en stents bifurcados tipo Y), y hemostasis adecuada del sitio de acceso.

El protocolo de retiro depende del tipo de stent: stents silicona se remueven utilizando pinzas rígidas bajo visión directa con tracción gentil desde los extremos. Los stents metálicos requieren técnicas especializadas incluyendo asa extractora, canastilla de removimiento, o crioterapia con sonda a -89°C para facilitar retiro(51). El seguimiento imagenológico y endoscópico debe realizarse cada 3 a 6 meses mientras stent permanece in situ, con limpiezas periódicas de secreciones acumuladas y evaluación de migración, granulación en extremos, y signos de obstrucción recurrente.

6. Punción Transbronquial: agujas de schieppati y wang en estadificación ganglionar

La punción transbronquial de ganglios mediastinales y lesiones centrales constituye técnica diagnóstica valiosa para estadificación de malignidades pulmonares y mediastinales, especialmente cuando se integra con ultrasonografía endobronquial (EBUS). Existen dos sistemas de aguja principales utilizados, cada uno con características técnicas y rendimiento diagnóstico específico(52).

La aguja Schieppati es de calibre 19 gauges, operando mediante aspiración manual utilizando jeringa convencional para generar presión negativa. Permite acceso a nódulos mediastinales en estaciones ganglionares clasificadas según IASLC: 4R (paratraqueal derecho), 4L (paratraqueal izquierdo), 7 (subcarinal), 10R (lobar derecho), 10L (lobar izquierdo), 11R e 11L (nódulos hiliares). La técnica requiere localización previa del ganglio objetivo mediante tomografía o EBUS, identificación del sitio de punción entre vías bronquiales adyacentes, traversía transmural de pared bronquial con aguja bajo visión directa endoscópica, aspiración de material celular con jeringa manteniendo presión negativa, y retiro controlado de aguja con presión negativa mantenida(53).

La aguja Wang es de calibre 21 a 22 gauges, operando con sistema de vacío automático que genera presión negativa más consistente y controlada que aspiración manual. Ofrece menor traumatismo mucoso comparado con aguja Schieppati, rendimiento citológico superior permitiendo procesamiento de bloque celular con fijación óptima, y mejor tolerancia por pacientes. Es preferida particularmente en nódulos menores a 2 centímetros donde traumatismo tisular debe minimizarse(54).

El rendimiento diagnóstico varía significativamente según características de lesión: sensibilidad de 85 a 95% en lesiones >2 centímetros con integración de EBUS, sensibilidad menor (55-67%) en patología benigna o lesiones pequeñas, especificidad >99% para identificación de malignidad cuando presente. Las complicaciones incluyen sangrado autolimitado, neumotórax (<1%), infección excepcional(<0.1%)(55).

El procesamiento de muestras incluye citología inmediata en sitio para confirmación de material diagnosticable (valoración por citólogo), bloque celular para tinciones histoquímicas adicionales, estudios inmunohistoquímicos, y análisis molecular incluyendo mutaciones EGFR, traslocaciones ALK, y expresión de PD-L1 en neoplasias malignas diagnosticadas(56).

7. Seguimiento y vigilancia: protocolo de control post-intervención

El seguimiento post-procedural requiere evaluación estructurada en múltiples puntos temporales para detección de complicaciones y monitoreo de eficacia terapéutica. El seguimiento inmediato (24 a 48 horas post-procedimiento) incluye evaluación clínica exhaustiva para detectar complicaciones tempranas: presencia de hemoptisis (severidad y duración), edema laríngeo manifestado por estridor o voz ronca progresiva, disnea progresiva desproporcionada a obstrucción residual(57).

La radiografía de tórax post-procedimiento es esencial para descartar complicaciones iatrogénicas: neumotórax (frecuencia <5%), enfisema subcutáneo, infiltrados parenquimatosos nuevos sugestivos de aspiración, o cambios de posición anormal de prótesis si fue colocada. La verificación de posición y permeabilidad inicial de stent (si aplicable) debe confirmarse mediante radiografía en proyecciones anteroposterior y lateral(58).

La vigilancia de pacientes con stents requiere broncoscopias de control cada 3 a 6 meses: limpieza de secreciones mucoides acumuladas que pueden comprometer ventilación, evaluación de migración de stent (cambio de posición proximal o distal), granulación excesiva en extremos de stent con potencial para stenosis, y signos de obstrucción recurrente por crecimiento tumoral residual(59).

La tomografía de tórax de control debe realizarse en intervalos estandarizados: 1 mes, 3 meses, 6 meses y 12 meses post-procedimiento. Evaluación permite documentación de reestenosis, complicaciones parenquimatosas (neumonía post-obstructiva, atelectasia residual), extensión tumoral en casos malignos, y viabilidad de pulmón distal(60).

Los indicadores clínicos para reintervención incluyen reobstrucción sintomática definida como luz <50% con recurrencia de síntomas respiratorios, migración de stent requiriendo reposicionamiento, granulación obstructiva refractaria a tratamiento conservador, o desarrollo de complicaciones como infección crónica o fístula. Aproximadamente 30 a 40% de pacientes requieren procedimiento adicional durante período de seguimiento de un año(61).

La coordinación con oncología es crítica en casos malignos: integración de radioterapia externa y quimioterapia sistémica debe optimizarse aprovechando la ventana de permeabilidad lograda por intervención endoscópica. La evaluación de calidad de vida debe realizarse utilizando escalas validadas (escala de disnea de Borg para síntomas respiratorios, cuestionarios HRQOL - health-related quality of life - para impacto funcional global) para cuantificar beneficio clínico logrado por intervención(62).

8. Conclusiones: la broncoscopia rígida como herramienta salvadora

La broncoscopia rígida representa el procedimiento fundamental salvadora para obstrucción de vía aérea central aguda amenazante, manteniendo posición privilegiada dentro del arsenal terapéutico de la neumología intervencionista contemporánea. Su aplicabilidad abarca tanto emergencias vitales requiriendo intervención inmediata como procedimientos electivos planificados, con igual eficacia en patología benigna y maligna(63).

El procedimiento requiere entrenamiento formal especializado riguroso, infraestructura institucional completa con equipamiento múltiple (diversos tamaños de broncoscopios, sistemas de ventilación jet, equipo de láser, sistemas fluoroscópicos), y disponibilidad permanente de equipo multidisciplinario experimentado (neumología intervencionista, anestesiología, cirugía torácica, cuidados intensivos) para manejo efectivo de complicaciones agudas potencialmente letales(64).

Los resultados clínicos demuestran eficacia significativa: éxito técnico (restauración de permeabilidad >50%) ocurre en 85 a 90% de procedimientos, mejoría clínica sintomática se logra en 50 a 60% de pacientes, mortalidad procedural es <2% en centros experimentados comparado con 6% cuando se utiliza fibrobroncoscopia exclusiva para patología crítica(65). Estas cifras subrayan la importancia del entrenamiento especializado y la experiencia acumulada en logro de resultados óptimos.

Las técnicas complementarias disponibles (láser de Nd, electrocoagulación, coagulación con plasma de argón, crioterapia, balones de dilatación, microdesbridador, múltiples tipos de prótesis) permiten construcción de abordaje terapéutico completamente personalizado según características específicas de cada lesión: tamaño, vascularización, grado de friabilidad, extensión proximal-distal, y patrón de obstrucción (endoluminal vs extrínseco vs mixto)(66).

La integración multidisciplinaria con oncología, radioterapia y cirugía torácica es esencial particularmente en patología maligna, donde broncoscopia rígida sirve frecuentemente como intervención paliativa que restaura calidad de vida permitiendo posteriormente administración de terapias sistémicas. El monitoreo riguroso post-procedural con evaluación clínica, endoscópica e imagenológica seriada asegura detección temprana de complicaciones y reestenosis, permitiendo reintervención oportuna(67).

En conclusión, la broncoscopia rígida permanece como herramienta indispensable en medicina moderna para restauración de permeabilidad de vía aérea central comprometida, siendo el fundamento sobre el cual se construye la especialidad moderna de neumología intervencionista. Su aplicación prudente, cuidadosa y basada en juicio clínico sólido continúa salvando vidas en contextos de emergencia y mejorando significativamente calidad de vida en pacientes con patología obstructiva crónica.

9. Bibliografía

1. Killian G. [Historical development of bronchoscopy]. *Arch Klin Chir.* 1897;53:537-546.
2. Ikeda S. Flexible bronchofiberscope. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1966;75(4):990-1003.
3. Cheng GZ, Wahidi MM. Multimodality approach to benign central airway obstruction. In: *Bronchoscopy*. Philadelphia: Elsevier; 2023. p. 157-175.
4. Díaz-Agero Álvarez P, Canseco González F, Gil Alonso JL. Indicaciones y técnica de la broncoscopia rígida. *Rev Esp Anesthesiol Reanim.* 2019;66(1):53-68.
5. Boiselle PM, Ernst A. Recent advances in central airway imaging. *Chest.* 2002;121(5):1651-1660.
6. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26(2):319-338.
7. American Society of Anesthesiologists. ASA Physical Status Classification System. *Anesth Analg.* 2015;136(1):12-16.

8. Ost DE, Ernst A, Lei X, et al. Diagnostic yield and complications of bronchoscopy for peripheral lung lesions. Results of the AQUIRE registry. *Am J Respir Crit Care Med*. 2016;193(1):68-77.
9. Sjöstrand U. High frequency positive pressure ventilation (HFPPV): A review. *Crit Care Med*. 1980;8(6):345-356.
10. Valvassori D, Barsi P. Accidental pneumomediastinum following high frequency jet ventilation. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1987;96(1):71-73.
11. Ernst A, Eberhardt R, Wahidi M, et al. Diagnosis and management of central airway obstruction. *Chest*. 2017;151(6):1524-1541.
12. Mathur PN, Wolf KM, Busk MF, et al. Fiberoptic bronchoscopic cryotherapy in the management of tracheobronchial stenosis. *Chest*. 1996;110(3):718-723.
13. Fortin C, Aubin M, Cloutier R, et al. Complications of rigid bronchoscopy. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1989;98(12):912-915.
14. Arroliga AC, Matthay MA. The role of bronchoscopy in febrile mechanically ventilated patients. *Crit Care Clin*. 2004;20(2):237-251.
15. Mehta AC, Dasgupta A. Transbrochial needle aspiration. *Clin Chest Med*. 2010;31(3):543-560.
16. Chhajed PN, Tamm M. Airway obstruction and management. *Swiss Med Wkly*. 2007;137(21-22):302-308.
17. Bolliger CT, Sutedja TG, Strausz J, et al. Therapeutic bronchoscopy with immediate effect: laser, electrocautery, argon plasma coagulation and stents. *Eur Respir J*. 2006;27(6):1258-1271.
18. Klinnert K, Yessayan L, Mallin M, et al. Airway management complications in critically ill patients. *Crit Care Med*. 2010;38(5):1287-1293.
19. Kapoor BS, Chávez JA, Vazquez-Sequeiros E, et al. Fiberoptic endoscopic evaluation of swallow. *AJR Am J Roentgenol*. 2011;196(1).
20. Hirshberg B, Biran I, Glazer M, et al. Hemoptysis: etiology, evaluation, and outcome in 67 patients. *Chest*. 1997;112(2):440-444.
21. Dumon JF. A new tracheobronchial prosthesis. *Chest Surg Clin N Am*. 1996;6(2):237-246.
22. Ayed AK. Tracheobronchial stenting: Indications, complications and outcomes. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2008;16(5):396-400.
23. Cooper JD, Todd TR, Ilves R, et al. The role of laser therapy in tracheobronchial stenosis. *Ann Thorac Surg*. 1985;40(4):326-330.
24. Hartmann B, Keel M, Lucciarini P, et al. Balloon dilation of benign tracheobronchial stenoses. *Respiration*. 1997;64(3):185-190.
25. Prasad R, Garg S, Singh A, et al. Rigid bronchoscopy in foreign body aspiration. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2009;61(2):116-119.
26. Doms CA, Verbeken EK, Belmans A, et al. Cryotherapy: a new therapeutic option for benign stenosis of the airways. *Chest*. 2006;130(1):150-154.
27. Murthy SC, Razzouk A, Atay SM, et al. Endotracheal debridement: an emerging technique for refractory endobronchial obstruction. *Ann Thorac Surg*. 2010;89(5):1429-1435.
28. Minnich DJ, Bryant AS, Wei B, et al. Benign tracheobronchial stenosis: management and outcomes. *Ann Thorac Surg*. 2007;84(2):609-614.
29. Perrella SL, Sabiston DC Jr, Tyson RR, et al. Mitomycin C in benign bronchial stenosis. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1994;107(1):215-220.
30. Banerjee A, Rao BN, Khanna R. Foreign body aspiration in children: a review of 102 cases. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 1988;15(2):141-149.
31. Tan HKK, Brown ZA, McGill T, et al. Airway foreign bodies (FB): A 10-year review. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2000;122(1):63-67.
32. Sinha A, Sharma M, Gupta N. Rigid bronchoscopy for foreign body removal in children. *Indian J Pediatr*. 2008;75(6):577-580.
33. Harton D, Sinha UK. Endoscopic diagnosis and management of laryngeal and tracheal stenosis. *Am J Otolaryngol*. 2000;21(1):19-25.
34. Ramirez D, Mathur R, Amin S, et al. Complications of endobronchial biopsy: single center review. *Respiration*. 2012;84(2):104-108.

35. Eberhardt R, Herth FJ. Stent placement in benign and malignant disease. *Respiration*. 2011;81(3):190-204.
36. Freitag L, Tekolf E, Steveling H, et al. Management of malignant esophageal stenosis by endoscopic stenting. *Gastrointest Endosc*. 1995;41(1):50-55.
37. Barbier F, Essai M, Pommier B, et al. Endobronchial carcinoma extending to the distal intrabronchial airways. *Chest*. 2012;141(4):1067-1070.
38. Ost DE. Therapeutic bronchoscopy for malignant central airway obstruction. *Clin Chest Med*. 2010;31(3):607-617.
39. Mehta AC, Dasgupta A. Airway stents. *Clin Chest Med*. 2010;31(3):505-520.
40. Odell DD, Schipper PH, Moua T, et al. Long-term outcomes of metal stent placement for benign central airway obstruction. *Ann Thorac Surg*. 2014;98(3):1966-1973.
41. Simmons BP, Regelman WE, Chan KK, et al. Complications of therapeutic bronchoscopy. *J Bronchology*. 1997;4(3):215-221.
42. Matlock A, Grubbs DS. Endoscopic cryotherapy: expanding applications. *Thorac Surg Clin*. 2013;23(2):229-240.
43. Folch E, Mehta S. Interventional bronchoscopy for treatment of central airway obstruction. *Semin Respir Crit Care Med*. 2014;35(6):750-764.
44. Argento AC, Smith SB. Stent placement. In: *Bronchoscopy*. Philadelphia: Elsevier; 2023. p. 101-135.
45. Dumon JF, Shapshay SM, Bolliger CT, et al. Principles for safety in diagnostic and therapeutic endoscopic procedures. *Eur Respir J*. 2003;22(4):690-696.
46. Marchetti G, Casoni GL, Garuti G, et al. Airway stenting for malignant diseases. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2008;69(1):19-26.
47. Ernst A, Wahidi MM, Read CA, et al. Interventional pulmonology procedure guidelines. *Chest*. 2016;149(1):141-170.
48. Murthy SC, Mohsen H, Majure DM, et al. Resection of benign tumors of the trachea and central bronchi. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2007;134(6):1468-1471.
49. Musani AI, Colt HG. Endobronchial therapy for proximal airway obstruction in nonsmall cell lung cancer. *Am J Respir Crit Care Med*. 2004;169(6):643-649.
50. Polisi PJ. Silicone stents in the treatment of tracheal stenosis. *Laryngoscope*. 2002;112(1):1-6.
51. Prakash UB, Offord KP, Stubbs SE. Bronchoscopy in North America: the ACCP survey. *Chest*. 1991;100(4):1048-1052.
52. Wang KP. Transbronchial needle aspiration for diagnosis of lung cancer. *Chest*. 1990;98(3):549-555.
53. Herth FJ, Eberhardt R, Vilmann P, et al. Real-time endobronchial ultrasound guidance for transbronchial needle aspiration. *Eur Respir J*. 2006;27(6):1196-1201.
54. Nakajima T, Yasufuku K, Suzuki M, et al. Endobronchial ultrasound with transbronchial needle aspiration for diagnosis and staging of lung cancer. *Lung Cancer*. 2007;56(3):341-347.
55. Deng Y, Jiang Y, Yang J, et al. Diagnostic accuracy of endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration for mediastinal lymph node staging in lung cancer: a meta-analysis. *Oncotarget*. 2017;8(45):79075-79088.
56. American College of Chest Physicians. Guidelines for bronchoscopy and the procurement of bronchial biopsy specimens. *Chest*. 2000;117(4):1034-1041.
57. Ravasini R, Testoni PA. Endoscopic management of tracheobronchial strictures. *World J Gastroenterol*. 2012;18(25):3285-3292.
58. Dumartino M, Teixeira LR, Coelho RF, et al. Benign bronchial stenosis: long-term results. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;62(1):25-31.
59. Palma JH, Fiorelli A, Carbone R, et al. Rigid bronchoscopy for full endoscopic re-exploration in central airway stenosis. *J Thorac Dis*. 2014;6(6):642-650.
60. Dumas JL, Cazaban-Complexe MC, Arrivé L, et al. Benign long strictures of the central airways: Follow-up after endoscopic bougienage. *Eur Radiol*. 1996;6(5):579-583.
61. Gaissert HA, Grillo HC, Mathisen DJ, et al. Temporary and permanent restoration of airway continuity with the right mainstem bronchus. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002;123(1):78-84.

62. Finch D, Edwards J. Airway stents for benign and malignant disease. *Curr Opin Pulm Med*. 2011;17(4):313-318.
63. Ernst A, Herth FJF. Principles and Practice of Interventional Pulmonology. New York: Springer; 2012. p. 245-289.
64. Beamis JF Jr, Shapshay SM, Wallam DM, et al. Endobronchial management of airway stenosis. *Otolaryngol Clin North Am*. 2000;33(1):93-118.
65. Shapshay SM, Beamis JF Jr. Endoscopic management of airway stenosis. *Laryngoscope*. 1999;109(4):544-557.
66. Chhajed PN, Baty F, Pless M, et al. Outcome of treated chronic tracheal stenosis. *Thorax*. 2006;61(5):437-442.
67. Sutedja TG, Brandts BT, Harmon GD, et al. Cryo-probe ablation of early-stage endobronchial lung cancer. *Lung Cancer*. 1996;15(3):311-318.

14. Métodos de ablación

Las técnicas de ablación endobronquial representan el fundamento terapéutico de la neumología intervencionista contemporánea, permitiendo destrucción tisular de lesiones obstructivas que comprometen la permeabilidad de las vías aéreas centrales(1). Estas modalidades de intervención se clasifican en dos categorías fundamentales según su mecanismo de acción temporal: técnicas de ablación rápida, que ejercen efecto terapéutico de manera inmediata mediante generación de energía térmica, y técnicas de ablación diferida, que inducen muerte celular mediante mecanismos biológicos que requieren 24 a 72 horas para expresar su máximo potencial destructivo(2,3).

Las técnicas de ablación rápida incluyen láser de Nd (neodimio-itrio-aluminio-granate), electrocoagulación y coagulación con plasma de argón (APC), todas generando calor instantáneo que produce vaporización, carbonización o coagulación tisular(1). Las técnicas de ablación diferida comprenden crioterapia con nitrógeno líquido o dióxido de carbono y terapia fotodinámica (PDT), que inducen muerte celular mediante cristalización intracelular-extracelular o generación de especies reactivas de oxígeno respectivamente(2,3,4).

La selección apropiada entre estas modalidades depende de características lesionales específicas, patrón de obstrucción (endoluminal, compresión extrínseca o mixto), localización en el árbol bronquial, disponibilidad de equipamiento, entrenamiento del operador y contexto clínico de urgencia versus procedimiento electivo(5).

1. Técnicas de ablación rápida: fundamentos fisiopatológicos

Principios Generales de Energía Térmica

Las técnicas de ablación rápida comparten el principio fundamental de conversión inmediata de energía (electromagnética o térmica) en destrucción tisular mediante elevación de temperatura local(1,5). La magnitud de daño tisular es directamente proporcional al cuadrado de la corriente aplicada multiplicada por la resistencia tisular, según la ley de Ohm modificada para aplicaciones biológicas(6). La resistencia tisular está determinada por vasculatura, contenido acuoso y densidad tisular, variando significativamente entre tumores friables versus fibrosos.

Un principio crítico común a todas las técnicas térmicas es la restricción de FiO_2 a máximo 40% para prevención de ignición de fuego en vía aérea, requiriendo comunicación cerrada con anestesia durante toda maniobra ablativa(7,8).

1.1. Electrocoagulación: mecanismo y aplicación

Fundamentos Físicos

La electrocoagulación (también denominada electrofulguración, diatermia, o electrocirugía) utiliza corriente eléctrica de alta frecuencia para generar calor destructivo en tejido tumoral mediante tres mecanismos principales(8):

1. **Efecto Electrolítico:** Alteración de enlaces químicos por energía eléctrica aplicada
2. **Efecto de Capacitancia:** Cambio del potencial eléctrico de estructuras locales, estimulando nervios y músculos (con potencial para arritmias)
3. **Efecto Térmico:** Conversión de corriente eléctrica en calor por resistencia tisular, siendo el mecanismo dominante en ablación(8)

El aumento de temperatura es matemáticamente: $T = I^2 \times R \times t$, donde I es corriente aplicada, R es resistencia tisular, y t es duración de aplicación. Esto explica por qué reducción del área de contacto (concentración de corriente) produce calentamiento exponencialmente mayor(6).

Modos de Coagulación Diferenciados

Coagulación Blanda: Aplicación de <200 voltios sin arcos eléctricos, contacto directo del electrodo con tejido, utilizado exclusivamente para hemostasis sin carbonización(8)

Coagulación Forzada: Generación de arcos eléctricos con ≥ 500 voltios, contacto mantenido con tejido, permitiendo vaporización profunda sin efectos de corte(8)

Coagulación en Spray: Arcos eléctricos prolongados sin contacto directo, altos voltajes, causando destrucción y carbonización extensa—utilizado para resección de áreas grandes(8)

Indicaciones Clínicas

La electrocoagulación es efectiva para lesiones intraluminales de vías aéreas centrales, tanto malignas como benignas(8). En tumores malignos, restauración de permeabilidad aérea se logra en >80% de pacientes con mejoría sintomática en >70%(8). Una serie de 17 pacientes con malignidades traqueobronquiales localmente avanzadas demostró reapertura inmediata de vía aérea en 89% de casos, con 11 pacientes obteniendo restauración de >75% del diámetro normal(8).

Para tumores carcinoides endobronquiales, erradicación completa se logró en 73% de pacientes tratados con electrocoagulación(8). En lesiones benignas, incluyendo granuloma, hamartomas, papilomas y lipomas, una serie de 38 pacientes mostró 89% de éxito procedural (42 de 47 procedimientos)(8).

Ventajas y Limitaciones

Ventajas:

- Costo significativamente menor comparado con láser
- Disponibilidad de múltiples configuraciones de electrodo (probe romo, cuchillo, fórceps, snare)
- Efectividad comparable a láser Nd en hemostasis
- Compatible con broncoscopia flexible y rígida
- Versatilidad en tamaño de lesiones tratables

Limitaciones:

- Requiere grounding pad del paciente (riesgo de quemadura si contacto insuficiente)
- Interferencia con marcapasos cardíacos e implantes cardiovasculares (necesita reprogramación a modo asincrónico)
- Carbonización de electrodo reduce potencia entregada
- Capacidad hemostática variable según humedad del sitio (sangrado dificulta coagulación)
- Generadores antiguos sin control preciso pueden producir daño impredecible(8)

Complicaciones

Las complicaciones de electrocoagulación ocurren en aproximadamente 2-5% de procedimientos(8):

- **Perforación de vía aérea:** Por aplicación profunda demasiado próxima a pared bronquial, resultando en neumomediastino o neumotórax
- **Destrucción cartilaginosa:** Pérdida de sostén estructural, con posterior malacia o estenosis secundaria
- **Incendio de vía aérea:** Riesgo aumentado con $\text{FiO}_2 > 40\%$, ignición de tubos endotraqueales o prótesis de silicona
- **Sangrado:** Penetración de probe en tumor causando hemorragia (generalmente autolimitada por termocoagulación)
- **Neumonía por aspiración:** Por aspiración de contenido postobstructivo
- **Shock eléctrico/quemaduras:** Con equipamiento no apantallado o mal groundeo
- **Fibrilación ventricular:** Si aplicación próxima al corazón o interferencia con marcapasos

1.2. Argón Plasma (APC): coagulación no-contacto

Mecanismo Fisiopatológico

La coagulación con plasma de argón utiliza ionización de gas argón para generar plasma que transmite energía térmica a distancia, sin necesidad de contacto directo del instrumento con tejido(9,10). El proceso involucra:

Ionización del Argón: Gas argón es ionizado por microonda de alta frecuencia, generando plasma a temperatura aproximada de 700°C

Transmisión de Energía: El plasma viaja a lo largo de trayectorias de menor resistencia hacia el tejido, produciendo coagulación en contacto

Coagulación Superficial: El efecto es predominantemente superficial (penetración 1-3mm), preservando estructuras profundas comparado con láser(9)

La característica de no-contacto es ventajosa en presencia de sangrado activo, porque la superficie mojada de tumor sangrante no interfiere con transmisión de plasma como ocurre con electrocauterio contacto(9).

Indicaciones Clínicas

APC es particularmente indicado para hemostasis de lesiones grandes sangrantes, especialmente cuando sangrado activo dificulta hemostasis con técnicas contacto(9). Es también efectivo en tumores friables polipoides donde coagulación superficial es preferible a vaporización profunda(10).

Ventajas de APC

- **Operación no-contacto:** Efectiva incluso con sangrado activo
- **Penetración superficial:** Menor riesgo de perforación transmural comparado con láser
- **Versatilidad de geometría:** Plasma viaja según líneas de menor resistencia, permitiendo coagulación de geometrías irregulares
- **Compatible con FiO₂ elevada:** Comparado con cauterio/láser, APC puede usarse con FiO₂ hasta 50% sin significativamente aumentado riesgo de ignición(9)
- **Sin requerimientos especiales de seguridad:** No requiere eyewear de protección óptica como láser
- **Costo moderado:** Menos costoso que sistemas de láser

Limitaciones y Complicaciones

- **Penetración insuficiente para lesiones profundas:** Máxima penetración ~3mm, limitando eficacia en tumores bulky
- **Falta de efecto mecánico:** A diferencia de snare electrocauterio, APC no corta o reseca tejido—solo coagula
- **Perforación de vía aérea:** Aunque menor riesgo que láser, still posible si aplicación prolongada
- **Requiere electricidad:** Como electrocoagulación, requiere grounding y puede interferir con marcapasos(9)

1.3. Láser nd:yag: técnica de referencia en ablación rápida

Principios Ópticos y Físicos

El láser Nd (neodimio-itrio-aluminio-granate) emite luz con longitud de onda 1064 nanómetros, con tres propiedades que lo hacen superior para broncoscopia(11):

Monocromático: Longitud de onda única permite transmisión eficiente por fibra óptica

Coherente: Rayo altamente enfocado con divergencia mínima

Colimado: Haz permanece angosto sobre distancia, permitiendo aplicación precisa

La interacción con tejido resulta en conversión a energía térmica, produciendo coagulación (penetración 5-15mm) y vaporización simultánea(11). La penetración más profunda comparada con APC (~1-3mm) permite tratamiento de tumores bulkier pero incrementa riesgo de perforación(11).

Los parámetros típicos y técnica para láser Nd broncoscópico incluyen(11):

- Potencia: 20-40 W
- Duración de pulso: 0.4-1 segundo
- Distancia: Iniciación con 0.4-1 cm desde tejido objetivo
- Orientación: Eje paralelo al eje bronquial para minimizar riesgo de perforación
- La técnica dominante utilizada es "coagulación seguida de debulking mecánico" iterativo, donde:
 - Coagulación de tumor con láser a baja potencia
 - Debridement mecánico con fórceps o snare
 - Repetición hasta lograr permeabilidad aérea adecuada

Esta aproximación es superior a vaporización de alto poder directo, reduciendo penetración profunda no deseada y complicaciones(11).

Indicaciones y Eficacia

En una serie de casi 1400 procedimientos con láser en 1000 pacientes (64% con obstrucción aérea maligna), mejora significativa en tamaño de luz aérea se observó en >90% de pacientes con tumores bronquiales malignos(11). Cuando combinado con radioterapia, demostró mejora de supervivencia en pacientes con carcinoma inoperable comparado con radioterapia sola(11).

En el registro multicéntrico AQUIRE de 1115 procedimientos terapéuticos en 947 pacientes con obstrucción aérea maligna, láser fue utilizado en 24% de casos, logrando éxito técnico en 93% (definido como <50% obstrucción residual), con mejoría sintomática clínica en 48%(11).

Ventajas de Láser Nd

- **Mayor penetración de tejido:** Permite tratamiento de tumores bulkier (5-15mm penetración)
- **Excelente hemostasis:** Coagulación y vaporización simultánea
- **No afecta dispositivos cardíacos:** Transmisión óptica no interfiere con marcapasos/AICD
- **Menor carbonización de instrumento:** Comparado con cauterio, menor acumulación en punta
- **Larga historia de uso:** Décadas de experiencia clínica, perfil de seguridad bien caracterizado
- **Compatible con múltiples accesos:** Fibra flexible permite uso por broncoscopia flexible y rígida

Desventajas y Complicaciones de Láser

- **Costo elevado:** Sistema de láser significativamente más costoso que electrocoagulación o APC
- **Requiere eyewear de protección:** Gafas de seguridad específicas para longitud de onda obligatorias para todo personal
- **Riesgo de perforación:** Penetración profunda (5-15mm) aumenta riesgo de perforación transmural si se aplica en axis no-paralelo o duración prolongada(11)
- **Riesgo de fuego de vía aérea:** Requiere $FiO_2 \leq 40\%$
- **Limitado en presencia de sangrado:** Aunque mejor que APC, sangrado pesado puede dificultar coagulación por absorción de energía
- **Complicaciones hemorrágicas:** Sangrado inmediato (por penetración) o diferido (por perforación posterior)
- **Daño óptico:** Riesgo de quemadura ocular si gafas inadecuadas
- La complicación más temida es perforación de vía aérea posterior (6 o'clock position), que ocurre en <1% pero requiere intervención quirúrgica urgente(11).

2. Técnicas de ablación diferida: mecanismos biológicos retardados

2.1. Crioterapia: necrosis celular diferida

Mecanismo Fisiopatológico de Daño por Congelación

La crioterapia induce muerte celular mediante cristalización intra-extracelular, utilizando temperaturas extremadamente bajas (-89°C con nitrógeno líquido, -79°C con dióxido de carbono) generadas por expansión rápida de gas licuado bajo alta presión (Efecto Joule-Thomson)(2,3,4).

El mecanismo de muerte celular comprende dos fases:

Fase Inmediata (Congelación):

Cristales de hielo intracelular dañan orgánulos (mitocondrias, retículo endoplásmico)

Deshidratación celular por formación de cristales extracelulares

Formación de microtrombos vasculares, produciendo isquemia tisular

90% de muerte celular se logra si tejido es enfriado rápidamente a -40°C a razón de -100°C por minuto(2)

Fase Diferida (Post-descongelación):

Edema tisular progresivo durante 24-72 horas

Extensión de necrosis hacia tejido circundante

Desprendimiento de tejido necrótico resultando en defecto luminal

Una característica distintiva: tejidos con alto contenido acuoso (tumor, nervios, granulación, endotelio) son susceptibles a daño crioterapéutico, mientras cartílago bronquial (bajo contenido acuoso) está relativamente preservado(2,3). Esta selectividad tisular es ventajosa en comparación con técnicas térmicas.

Técnica Procedural: el procedimiento involucra ciclos repetidos de congelación-descongelación(2,3):

Avance de Criosonda: Criosonda flexible 2.4mm o 1.9mm se avanza a través del canal de trabajo del broncoscopio

Activación: Con pedal foot, se activa flujo de criógeno (nitrógeno o CO₂), causando formación rápida de bola de hielo alrededor de la punta

Ciclos Freeze-Thaw: Ciclos alternados de congelación (~30 segundos) y descongelación (~30 segundos) se aplican

Espaciamiento: Cada área de aplicación se localiza ~5mm distante de la última, creando sobreposición para asegurar cobertura completa

Para aplicaciones de crioextracción (extracción de cuerpos extraños, coágulos, mucus plugs):

La crioonda se adhiere al tejido/objeto durante congelación

El broncoscopio y sonda se remueven en bloque rápidamente

Descongelación ocurre en solución salina a la cabecera, permitiendo desprendimiento de la muestra

Ventajas Técnicas de Crioterapia

- **Preservación de cartílago:** Relativo sparing de cartílago bronquial debido a bajo contenido acuoso, previniendo malacia comparado con técnicas térmicas(2,3)
- **Acceso a vías aéreas distales:** Sonda flexible permite acceso a lóbulos superiores y bronquios distales difíciles de alcanzar con broncoscopia rígida(2)
- **Compatible con oxigenación elevada:** A diferencia de láser/electrocoagulación, crioterapia puede realizarse con FiO₂ elevada sin riesgo de ignición(2)
- **Sin equipamiento de seguridad especial:** No requiere gafas de protección óptica como láser(2)
- **Costo de equipamiento inferior:** Sistema de crioterapia menos costoso que sistemas láser(2)
- **Extracción de cuerpos extraños:** Capacidad única de adherirse a objetos para remoción en bloque—especialmente efectiva para cuerpos extraños orgánicos (alimentos, aspirados con alto contenido acuoso) versus objetos metálicos/plásticos(2)

Desventajas y Limitaciones

- **Efecto Diferido:** El máximo efecto terapéutico ocurre 24-72 horas post-procedimiento, contraindicando uso en emergencias de obstrucción crítica aérea(2,3)
- **Necesidad de Reintervención:** A menudo requiere repetición de procedimientos para máximo beneficio, incrementando carga al paciente
- **Potencial para Hemorragia Tardía:** Aunque raro, sangrado puede presentarse 24-48 horas post-procedimiento si necrosis tisular penetra vasos(2)
- **Daño Tisular Impredecible:** El grado de necrosis depende de velocidad de congelación, temperatura alcanzada, duración de ciclos—varía entre operadores y lesiones

2.2. Terapia fotodinámica (pdt): especies reactivas de oxígeno

Mecanismo de Muerte Celular Fotosensibilizado

La PDT opera mediante principio de fotosensibilización de células malignas, catalizada por inyección previa de porfimer sódico (Photofrin) 48 horas antes del procedimiento(12). El mecanismo involucra:

Inyección de Fotosensibilizador: Porfimer sódico 2 mg/kg IV se inyecta 48 horas previo a broncoscopia, concentrándose selectivamente en células malignas (mecanismo no completamente dilucidado, propuesto: receptores de lipoproteína de baja densidad aumentados, pH tumoral disminuido, macrófagos en microambiente)(12)

Activación Lumínica: 48 horas después, luz roja (625-630nm) de 200 J/cm se entrega mediante difusor cilíndrico posicionado en contacto con lesión(12)

Transición de Estado Energético: Luz causa transición de moléculas de porfimer a estado excitado triplete (de estado fundamental singlete), generando especies reactivas de oxígeno (oxígeno singlete, radicales libres)(12)

Apoptosis Celular: Las especies reactivas de oxígeno causan daño directo a DNA, proteínas, membranas mitocondriales, resultando en muerte celular programada

Características Clínicas de PDT

- **Penetración Tisular:** Máxima penetración 4-6mm, limitando eficacia a lesiones intraluminales sin extensión profunda(12)

- **Efecto Diferido Pronunciado:** Muerte celular ocurre 48 horas post-activación, requiriendo broncoscopia de seguimiento obligatoria para desbridamiento de tejido necrótico(12). Sloughing significativo en 7% de casos puede causar obstrucción aérea grave, contradiciendo uso en obstrucción crítica(12).
- **Duración de Fotosensitización Prolongada:** Porfimer es retenido en piel 6-8 semanas post-inyección, causando fotosensibilidad severa—pacientes requieren protección UV rigurosa(12).

Indicaciones y Resultados

PDT se utiliza en dos contextos clínicos:

1. Intención Curativa (Carcinoma in Situ):

En estudio japonés de 204 pacientes con 264 lesiones de cáncer de pulmón de estadio temprano tratadas con PDT (1980-2005), respuesta completa (CR) según tamaño de lesión fue(12):

Lesiones <0.5cm: CR 94.6%

Lesiones 0.5-1cm: CR 93.5%

Lesiones 1-2cm: CR 80%

Lesiones >2cm: CR 44.1%

Para lesiones <1cm con margen distal visible, CR alcanzó 91.6%. Importantly, supervivencia a 5 años para lesiones <1cm fue 57.9%, atribuido a fragilidad de pacientes (no candidatos quirúrgicos), falleciendo principalmente de otras causas(12).

2. Paliación de Síntomas (Obstrucción Maligna):

En estudio de Moghissi con 100 pacientes con cáncer avanzado inoperable (73% estadio IIIa, 10% IV), mejoría funcional fue dramática: pre-PDT, 43 pacientes tenían escala WHO ≤ 2 , post-PDT 87 pacientes alcanzaron WHO ≤ 2 (12). FEV1 aumentó 0.28L y FVC 0.43L. Aunque supervivencia no fue mejorada significativamente (solo status funcional fue independientemente significativo en análisis multivariante), mejoría de quality of life fue notable(12).

Complicaciones de PDT

- **Fotosensibilidad severa:** Porfimer retenido en piel 6-8 semanas, causando quemaduras solares significativas en 5-28% de casos(12)
- **Obstrucción aérea post-sloughing:** 7% de casos experimentan obstrucción aérea significativa 48 horas post-activación(12)
- **Hemoptysis amenazante:** Rara pero potencial si lesión <1cm de vaso mediastinal mayor(12)
- **Estenosis bronquial:** Si tratamiento overlapp con mucosa normal(12)

2.3. Braquiterapia pulmonar

La braquiterapia pulmonar es un tratamiento de radioterapia interna que consiste en colocar material radiactivo directamente en o cerca del tumor en los pulmones. Este enfoque permite administrar altas dosis de radiación de manera localizada, minimizando la exposición del tejido sano circundante. Es especialmente útil en casos de cáncer de pulmón inoperable, mejorando el control local del tumor y la calidad de vida del paciente. Puede realizarse de forma ambulatoria y suele requerir menos visitas al hospital en comparación con la radioterapia externa.

Cuadro comparativo entre las principales técnicas de ablación rápida vs diferida

ASPECTO CLÍNICO	TÉCNICAS RÁPIDAS	TÉCNICAS LENTAS
	(Láser, Electrocauterio, APC)	(PDT, Crioterapia)
TIEMPO DE EFECTO	Inmediato (minutos a pocas horas)	Diferido (24-72 horas)
MECANISMO GENERAL	Energía térmica directa coagula/vaporiza	Destrucción celular bioquímica/criogénica
APROPIADO PARA EMERGENCIAS	SÍ – Obstrucción crítica aguda, hemoptisis masiva	NO – Requiere estabilización previa
POTENCIAL CURATIVO	Solo paliativo – Control de síntomas	Altamente curativo en lesiones tempranas seleccionadas
RESPUESTA COMPLETA TUMORES <1 cm	Láser 90-94% (pero paliativo)	PDT 90-94% con intención curativa; Crioterapia 75-90% mejoría
POTENCIAL SUPERVIVENCIA A LARGO PLAZO	Mediana 5-7 meses (estadio IIIA con Láser)	PDT estadio 0: 5-años 57.9%; Crioterapia +RT: mediana 397 vs. 144 días solo RT
PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN	Láser 5-15 mm; APC 2-3 mm; Electrocauterio variable	PDT 4-6 mm; Crioterapia selectiva tumor (preserva cartílago)
PRESERVACIÓN DE CARTÍLAGO	Riesgo de daño cartilaginoso	Excelente preservación – Cartílago resistente por bajo agua
LESIONES IDEALES	Lesiones endoluminales, pediculadas, protrusivas	Lesiones intraluminales, < 1-1.5 cm, in situ
LIMITACIONES ANATÓMICAS	Lesiones sesiles difíciles para Láser; APC mejor	Limitadas a vía aérea central, lesiones distales posibles
PROCEDIMIENTOS NECESARIOS	1-2 típicamente	Múltiples (PDT mín. 2-3, Crioterapia 2-4)
REQUERIMIENTOS FiO_2	$FiO_2 \leq 40\%$ obligatorio (riesgo fuego)	Crioterapia segura en FiO_2 elevado; PDT flexible
PROTECCIÓN NECESARIA	Láser: gafas especiales; Electrocauterio: placa tierra; APC: grounding	Sin protecciones especiales (excepto estándar)
COSTO RELATIVO	Láser: muy alto; Electrocauterio: bajo; APC: moderado	PDT: muy alto; Crioterapia: moderado
RIESGO DE PERFORACIÓN	Láser alto, Electrocauterio moderado, APC bajo	Bajo (preservación estructural)
RIESGO DE FUEGO AIRWAY	Sí – requiere $FiO_2 \leq 40\%$	Crioterapia: No; PDT: No
SEGURIDAD EN PACEMAKERS	Láser: seguro; Electrocauterio: REQUIERE programación; APC: REQUIERE programación	Seguro en ambas
TASA COMPLICACIONES GENERAL	3-8%	5-7%

COMPLICACIONES PRINCIPALES	Hemorragia 3-8%, perforación, insuficiencia respiratoria, fuego	PDT: fotosensibilidad 6-8 sem., obstrucción slough 7%; Crioterapia: edema
MEJORÍA SINTOMÁTICA REPORTADA	Láser >90% técnica, Electrocauterio 71%, APC en hemostasia >99%	PDT mejora de 43 a 87 en WHO; Crioterapia 75-90% mejoría síntomas
ÉXITO TÉCNICO (REGISTRO AQUIRE)	93% técnico, 48% clínico	No incluidos pero datos de series similares
IDEAL PARA HEMOPTISIS	APC >99% efectividad	Crioterapia puede contribuir pero rara vez primaria
IDEAL PARA ESTENOSIS BENIGNA	Electrocauterio con bisturí	Crioterapia puede ser adyuvante
IDEAL PARA CARCINOMA IN SITU	No (sin curación)	PDT es único con potencial curativo
IDEAL PARA TUMORES GRANDES >2cm	Láser/Electrocauterio como debulking	Crioterapia como multimodal
RECOMENDACIÓN CLÍNICA	Primera línea para urgencias y hemoptisis	Complementaria para control local optimizado

3.Consideraciones de seguridad críticas

Restricción Universal de FiO₂

Las técnicas térmicas rápidas (láser, electrocoagulación, APC) requieren FiO₂ ≤40% para prevenir ignición catastrophal de vía aérea(7,8,9). Comunicación cerrada con anestesia es obligatoria: el broncoscopista debe verbalmente ordenar reducción de FiO₂ a X%, anestesista confirma verbalmente la meta alcanzada antes de activación de instrumento(7).

Crioterapia y PDT **no tienen restricción de FiO₂**, permitiendo oxigenación liberal en pacientes con compromise de hipoxemia(2,12).

Interferencia con Dispositivos Cardíacos

Electrocoagulación y APC utilizan corriente eléctrica que puede desactivar o causar malfunction de marcapasos e ICD(8,9). En pacientes con tales dispositivos:

- Requerir reprogramación a modo **asincrónico** antes del procedimiento
- Si paciente intolerancia modo asincrónico, **contraindicado uso de electrocoagulación/APC**
- Láser, crioterapia y PDT son **seguros** porque transmiten energía por mecanismos no-eléctricos(8,9,11)

4.Conclusiones

Las técnicas de ablación endobronquial han revolucionado el manejo de obstrucción aérea maligna y benigna, permitiendo restauración de permeabilidad aérea con morbilidad mínima en comparación a cirugía abierta. Las técnicas de ablación rápida (láser Nd, electrocoagulación, plasma de argón) son fundamentales en contextos de emergencia, proporcionando reapertura inmediata de vía aérea comprometida. Las técnicas de ablación diferida (crioterapia, PDT) ofrecen ventajas únicas: crioterapia preserva estructuras cartilaginosas y permite extracción de cuerpos extraños; PDT ofrece posibilidad de curación en carcinoma in situ temprano.

La selección óptima requiere evaluación integrada de:

- **Tipo lesional:** Tamaño, morfología (polipoide vs sesil), vascularización, localización
- **Contexto de urgencia:** Emergencia vs electivo
- **Patrón de obstrucción:** Endoluminal vs compresión extrínseca
- **Disponibilidad:** Equipamiento institucional, entrenamiento del operador
- **Consideraciones especiales:** Dispositivos cardíacos, status respiratorio, comorbilidades

La tendencia moderna es hacia **integración multimodal personalizada**, donde múltiples técnicas se combinan de manera sinérgica en sesiones sucesivas o simultáneas, optimizando resultados clínicos mientras se minimizan complicaciones.

5. Bibliografía

1. Lazarus DR. Rapid ablative techniques. In: *Rigid Bronchoscopy and Interventional Procedures*. Philadelphia: Elsevier; 2023. p. 77-87.
2. Dorry M, Pannu J. Delayed ablation techniques: Photodynamic therapy and cryotherapy. In: *Bronchoscopy and Interventional Pulmonology*. Philadelphia: Elsevier; 2023. p. 89-97.
3. Colt HG. Endobronchial electrocautery. In: *UpToDate* (Web-based resource). Last updated Sep 14, 2022.
4. Mazur P. Cryobiology: The freezing of biological systems. *Science*. 1972;168(3934):939-949.
5. Bolliger CT, Mathur PN, Beamis JF, et al. ERS/ATS statement on interventional pulmonology. *Eur Respir J*. 2002;19(3):356-373.
6. Barlow DE. Endoscopic applications of electrosurgery: a review of basic principles. *Gastrointest Endosc*. 1982;28(2):73-76.
7. Ernst A, Silvestri GA, Johnstone D, American College of Chest Physicians. Interventional pulmonary procedures: Guidelines from the American College of Chest Physicians. *Chest*. 2003;123(5):1693-1717.
8. Sutedja G, van Kralingen K, Schramel FM, Postmus PE. Fibreoptic bronchoscopic electrosurgery under local anaesthesia for rapid palliation in patients with central airway malignancies: a preliminary report. *Thorax*. 1994;49(12):1243-1246.
9. Morice RC, Ece T, Ple S, et al. Endobronchial argon plasma coagulation for treatment of hemoptysis and tumors. *Chest*. 2002;121(3):674-683.
10. Hayata Y, Kato H, Konaka C. Photodynamic therapy with hematoporphyrin derivative in early and intermediate lung cancer. *Chest*. 1982;81(3):269-277.
11. Cavaliere S, Foccoli P, Farina PL. Nd laser bronchoscopy: An effective treatment for malignant airway obstruction. *Chest*. 1988;94(4):738-743.
12. McCaughan JS, Williams TE. Photodynamic therapy for endobronchial malignancies. *Semin Surg Oncol*. 1995;11(5):368-375.
13. Ernst A, Feller-Kopman D. Bronchoscopic cryotechniques in adults. In: *Rigid Bronchoscopy and Advanced Bronchoscopic Techniques*. Philadelphia: Elsevier; 2023. p. 120-138.
14. Alcántar-Zavala E, Bullara G, García-Latundí J, et al. Argon plasma coagulation in endobronchial lesions: Results of a prospective observational study. *Respir Med*. 2008;102(5):735-741.
15. Davison JM, Zamah NM. Electrosurgery: principles, biologic effects and results in female reproductive surgery. *Glob Libr Women's Med*. 2015. ISSN 1756-2228; DOI 10.3843/GLOWM.10021.
16. van Boxem TJ, Venmans BJ, Schramel FM, et al. Radiographically occult lung cancer treated with fibreoptic bronchoscopic electrocautery: a pilot study. *Eur Respir J*. 1998;11(1):169-172.
17. Nishio M, Endoh H, Tanaka N. Endobronchial electrocautery with a wire snare apparatus in a patient with a pacemaker. *Chest*. 1998;113(3):839-841.
18. Sagawa M, Sato M, Takahashi H, et al. Electrosurgery with a fiberoptic bronchoscope and a snare for endotracheal/endobronchial tumors. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1998;116(2):177-183.
19. Sutedja T, Schramel FM, Smit HJ, Postmus PE. Bronchoscopic electrocautery as an alternative for ND-YAG laser in patients with intraluminal tumor. *Eur Respir J*. 1996;9 Suppl 23:259S.
20. Doooms CA, Verbeken EK, Belmans A, et al. Cryotherapy: a new therapeutic option for benign stenosis of the airways. *Chest*. 2006;130(1):150-154.

15. Broncoscopia fuera de la sala de broncoscopia

La broncoscopia flexible representa una herramienta diagnóstica y terapéutica de incalculable valor en el ámbito de la medicina crítica, que trasciende los confines de la sala de endoscopia respiratoria tradicional para abarcar espacios como la unidad de cuidados intensivos (UCI), las unidades de cuidados intermedios, el quirófano y los servicios de urgencias. Aunque esta técnica goza de un excelente perfil de seguridad en manos de operadores debidamente capacitados, con tasas de mortalidad que oscilan entre 0,01 y 0,04% y complicaciones entre 0,08 y 0,8%, su ejecución fuera del ambiente controlado de la endoscopia conlleva desafíos técnicos, organizacionales y clínicos que reclaman un dominio exhaustivo de la metodología, una vigilancia incesante y la implementación de protocolos rigurosos [1–4].

La prevalencia de utilización de la broncoscopia en entornos críticos varía sustancialmente según la especialidad y características de la unidad; mientras que en unidades coronarias se reportan frecuencias tan bajas como 0,5% de los pacientes ingresados, en unidades de cuidados intermedios respiratorios esta cifra asciende hasta el 23% [5,6]. Esta heterogeneidad refleja tanto las variaciones en la patología de base como la disponibilidad de recursos y la experiencia del equipo médico. La máxima prioridad en la realización de cualquier procedimiento invasivo debe ser la de *primum non nocere*; de esta suerte, en pacientes con insuficiencia respiratoria de cualquier etiología, deben extremarse todas las medidas de seguridad, puesto que se ha documentado la aparición de complicaciones hemodinámicas, alteraciones del intercambio gaseoso y modificaciones de la mecánica respiratoria [3,6,7]. Particularmente, la realización de un lavado broncoalveolar (LBA) puede conllevar perturbaciones del intercambio gaseoso de duración prolongada—hasta 24 horas después de la finalización del procedimiento [8].

1.Consideraciones Técnicas y de Equipamiento

1.1. Tubo Endotraqueal y Características del Broncoscopio

El principal riesgo que puede derivarse de la realización de broncoscopia en pacientes con insuficiencia respiratoria es el agravamiento de la hipoxemia. Se ha observado que la introducción del broncoscopio produce un incremento en la resistencia de la vía aérea, disminución de la ventilación alveolar y alteración de la relación ventilación/perfusión [9]. En pacientes intubados, la introducción del dispositivo a través del tubo endotraqueal (TE) puede alterar significativamente parámetros ventilatorios y provocar cambios hemodinámicos en el intercambio de gases [3,7].

Según datos del estudio de Lucena et al., la broncoscopia realizada en UCI se lleva a cabo en el 32% de los pacientes con respiración espontánea y oxigenoterapia, frente al 68% que se encuentran bajo ventilación mecánica invasiva o no invasiva [6]. De esta realidad clínica se desprende la necesidad imperiosa de mantener un equilibrio delicado entre el diámetro del TE—que debe ser lo suficientemente amplio para permitir el paso del broncoscopio mientras preserva la ventilación adecuada—y la selección de un broncoscopio cuyo canal sea competente para las técnicas requeridas.

En pacientes no intubados, el broncoscopio ocupa únicamente el 10-15% del área de la sección transversal de la tráquea [9]. Sin embargo, en pacientes intubados, un broncoscopio con diámetro externo de 5,7 mm ocupa el 40% de un TE de 9 mm, el 51% de un TE de 8 mm y el 66% de un TE de 7 mm, con las consiguientes repercusiones fisiopatológicas [9]. En consecuencia, el TE debe ser mayor en al menos 2,0 mm que el diámetro exterior del broncoscopio para mantener un volumen adecuado y minimizar el desarrollo de autoPEEP [10]. Si el calibre fuera insuficiente y su cambio no fuera viable, existe la posibilidad de introducir el broncoscopio externamente, a lo largo del tubo, penetrando en la tráquea mediante el espacio anterior entre las cuerdas vocales y deshinchando parcialmente el manguito distal. Esta aproximación técnica ofrece la ventaja adicional de permitir la visualización de la pared traqueal por encima del manguito, elemento de particular valor cuando existe sospecha de patología en dicha localización [9].

Especial atención merecen las cánulas de traqueostomía, que por su rigidez tienden a dañar el broncoscopio, particularmente durante la extracción del dispositivo, cuando el borde rígido del extremo de la cánula puede erosionar la cubierta del instrumento [1]. La lubricación del broncoscopio mediante gel hidrosoluble o espray de silicona facilita su deslizamiento a través del tubo o cánula, reduciendo la posibilidad de traumatismo [1].

1.2. Ajustes de la Ventilación Mecánica Invasiva

La introducción del broncoscopio a través del tubo endotraqueal reduce el diámetro interno mientras genera presiones intratraqueales que pueden oscilar entre 5 mm de agua (PEEP basal) hasta 10-20 cmH₂O. Este incremento exponencial de presiones eleva sustancialmente el riesgo de barotrauma con neumotórax subsecuente, razón por la cual habitualmente se trabaja sin PEEP, en especial cuando el TE presenta diámetro inferior a 8 mm. No obstante, esta supresión de la presión positiva al final de la espiración puede inducir parados de hipoxemia, hipoventilación alveolar y atrapamiento aéreo secundario a la elevación de la autoPEEP [10].

El incremento de la presión intratrapetal conlleva una disminución de la PaO₂ de hasta el 40% por debajo de los valores basales, en consecuencia de la reducción del volumen corriente y de la PEEP [10]. Aunque esta caída típicamente es transitoria y se revierte con celeridad, se recomienda enfáticamente la preoxigenación con FiO₂ al 100% durante cinco minutos previos al procedimiento, con mantenimiento durante la realización del mismo y en el período de recuperación inmediata [1]. Concomitantemente, se debe asegurar una ventilación adecuada mediante el ajuste de los parámetros del ventilador: el límite de presión debe incrementarse para garantizar la administración de un volumen tidal adecuado en cada ciclo respiratorio, aumentando la frecuencia del ventilador si resulta necesario [1].

Para la realización de broncoscopia en pacientes intubados, se recomienda el uso de un conector giratorio especial denominado adaptador en T que presenta un diafragma perforado a través del cual se inserta el broncoscopio, preservando la ventilación continua, el mantenimiento de PEEP, y evitando la fuga aérea. Esta modalidad reviste particular importancia cuando se realiza broncoscopia en pacientes con hipoxia preexistente [1].

Previamente a la realización del procedimiento, es primordial lograr niveles adecuados de sedación y analgesia. En el caso de pacientes intubados, debe valorarse además la posibilidad de administrar relajantes musculares. Incluso con la administración de estos fármacos, es imprescindible colocar la pieza dental protectora del broncoscopio en intubaciones por vía oral, dado que el costo de esta protección es marginal comparado con los costos exponenciales de reparar un broncoscopio dañado [9].

1.3. Ventilación Mecánica No Invasiva

Los pacientes que requieren ventilación mecánica no invasiva (VMNI) previamente a una broncoscopia deben ser considerados de alto riesgo, con probabilidad significativa de requerir intubación posterior al procedimiento. Por esta razón, se recomienda que la técnica sea realizada por un broncoscopista experimentado en un entorno dotado de capacidad para manejar complicaciones e instaurar ventilación mecánica invasiva de forma inmediata, tal como la UCI o unidades de cuidados intermedios [11].

Es fundamental que el inicio de la VMNI en un paciente previamente no ventilado se establezca al menos 15-20 minutos antes de la broncoscopia [12]. Aunque no existen estudios comparativos robustos entre diferentes modalidades de VMNI, se recomienda comenzar con presión inspiratoria (IPAP) de 14-15 cm de agua y presión espiratoria (EPAP) de 5 cm de agua, recomendando una presión de soporte de 10 cm para sistemas bipresión y de 5 cm cuando se utilice CPAP, salvo que parámetros diferentes hubieran sido previamente establecidos [12]. La FiO₂ debe permitir una saturación de oxígeno superior al 90%; la frecuencia respiratoria debe situarse entre 4-8 respiraciones por minuto en modo S/T (spontaneous/timed), con relación inspiración/espiración determinada por las características del paciente (generalmente 1:2 ó 1:3 en pacientes obstructivos).

Se ha demostrado que el uso de CPAP con oxígeno es superior al oxígeno aislado durante la broncoscopia en pacientes hipóxicos, mejorando el volumen minuto y disminuyendo la probabilidad de atelectasias subsecuentes, previniendo así la desaturación y el fallo respiratorio que conduciría a la necesidad de ventilación invasiva [12]. La interfase debe permitir el paso del broncoscopio y una ventilación correcta con mínimas fugas; la mascarilla facial es la más extensamente utilizada, disponiendo actualmente de modelos con dos orificios—uno para la conexión del ventilador y otro para la entrada del broncoscopio.

El tiempo de procedimiento debe mantenerse en el mínimo indispensable para lograr el objetivo clínico, estimándose como óptimo un rango de 5-8 minutos [6,13]. Se recomienda evitar la realización de biopsias transbronquiales dado su mayor riesgo de sangrado y neumotórax [14,15]. Tras la finalización, se recomienda mantener la VMNI con parámetros similares a los previos durante un mínimo de 15-90 minutos [12].

Las complicaciones pueden incluir desaturación, sangrado, mala colaboración y agitación inherentes a cualquier broncoscopia. Sin embargo, existen dos complicaciones particulares de los pacientes con VMNI: la distensión gástrica—que incrementa el riesgo de broncoaspiración—y la reducción de la capacidad residual funcional secundaria a presión abdominal generada por distensión intragástrica, produciendo colapso alveolar tipo restrictivo [12]. Ante hipoxemia, se aumentará la EPAP de 2 en 2 cm de agua hasta lograr saturación superior al 90%, sin exceder 10 cm de agua, pues presiones superiores generan mayor riesgo de distensión gástrica e intolerancia [1]. Si persiste la hipoxemia, se incrementará la FiO₂. Ante hipercapnia, se aumentará la IPAP hasta máximo 25 cm de agua, ajustando la EPAP para evitar rebreathing. La incapacidad de mantener una SaO₂ superior al 85% constituye indicación para intubación si se plantea broncoscopia [12].

1.4. Monitorización Continua

La monitorización continua del paciente es práctica habitual en UCI y debe mantenerse durante y después de la broncoscopia para detectar complicaciones, incluyendo neumotórax aunque no se haya realizado biopsia [1]. Ante desaturaciones importantes, se recomienda retirar el broncoscopio de forma intermitente de la vía aérea, especialmente si la exploración se prolonga más allá de cinco minutos [9]. En pacientes con traumatismo craneoencefálico o lesiones intracraneales, la monitorización de la presión intracraneal (PIC) es esencial. Se ha demostrado que la broncoscopia aumenta la PIC; sin embargo, se desconoce la magnitud clínica de este efecto en la evolución del paciente. Aunque la PIC aumenta significativamente durante el procedimiento, la presión de perfusión cerebral aparentemente se mantiene [16,17].

La capnografía endotraqueal resulta de inestimable valor para detectar caídas en la ventilación por minuto causadas por la presencia del broncoscopio, facilitando la evitación de complicaciones y permitiendo el reajuste ventilatorio una vez finalizado el procedimiento [1]. Si durante la broncoscopia se evidencian alteraciones en la monitorización, debe valorarse la retirada inmediata del broncoscopio y la reanimación del paciente, sopesando posteriormente los beneficios frente a los riesgos de continuación [9].

2. Indicaciones Diagnósticas y Terapéuticas

2.1. Manejo del Colapso Lobar y Atelectasias

La broncoscopia constituye una intervención de utilidad demostrada en el tratamiento del colapso lobar en pacientes intubados que no han respondido a tratamientos convencionales como fisioterapia respiratoria y cambios posturales, presentando tasas de éxito que oscilan entre el 79-89% de los casos [1]. Su eficacia es, no obstante, más limitada en presencia de atelectasias subsegmentarias o cuando existe broncograma aéreo en la radiografía de tórax [15].

La técnica recomendada consiste en succión dirigida local utilizando un broncoscopio de canal ancho, combinado con lavados repetidos de solución salina fisiológica en emboladas de 5-10 ml previos a la aspiración, o bien mediante el uso de mucolíticos [1]. El objetivo fundamental es la aspiración de secreciones retenidas, cuya obstrucción de las vías aéreas predispone a infecciones nosociales graves. Aunque se ha propuesto que la broncoscopia podría ser útil en la prevención de atelectasias en pacientes postoperados de cirugía torácica—particularmente post-lobectomía—, estudios subsecuentes han demostrado que en estos enfermos los tratamientos con fisioterapia y succión resultan suficientes, no siendo la broncoscopia profiláctica ni el lavado útiles para prevenir atelectasia postlobectomía [1].

En ciertas ocasiones, la causa de la atelectasia no reside en el acúmulo de secreciones sino en la impactación de un cuerpo extraño: material alimentario tras broncoaspiración, o fragmentos dentarios derivados de intubación orotraqueal traumática. En tales circunstancias, la broncoscopia flexible, auxiliada por instrumentos como pinzas especializadas o crioonda, resulta altamente eficaz en la extracción de estos cuerpos extraños. Raramente será necesario recurrir a broncoscopia rígida, pero esta opción debe permanecer en el repertorio técnico del broncoscopista experimentado.

2.2. Diagnóstico y Manejo de Hemoptisis

El mínimo sangrado endotraqueal durante aspiración traqueal de rutina representa un hallazgo común y puede ser resultado de erosiones del epitelio traqueal. No obstante, cuando este sangrado se torna persistente o excesivo, resulta imperativo realizar broncoscopia para identificar el origen y valorar opciones terapéuticas endoscópicas [1].

Las alternativas terapéuticas incluyen la irrigación local con suero salino fisiológico frío o la aplicación de adrenalina al 1:20.000, en alícuotas de 2-3 ml (1 ml en 19 ml de solución salina fisiológica) [9]. Si se ha formado un coágulo, la criosonda facilita su extracción. Aunque la broncoscopia puede utilizarse en el tratamiento de hemoptisis en pacientes ventilados, la evidencia de su eficacia es limitada, requiriéndose la consideración de recursos locales y técnicas alternativas viables, tales como broncoscopia rígida, intervención quirúrgica o radiología intervencionista, según la situación clínica específica [19,20].

En los casos en que el sangrado no procede de la mucosa traqueobronquial, deben emplearse otras técnicas de localización, como tomografía computarizada (TC) o técnicas de radiología vascular. Un estudio comparativo evidenció que con asistencia broncoscópica el punto de sangrado se localizó en el 89% de los casos; mediante TC en el 80%; y considerando ambas técnicas en conjunto, en el 96% de los casos. No obstante, respecto a la causa final de la hemoptisis, la broncoscopia identificó solamente el 4%, mientras que la TC detectó el 96% [1]. Por consiguiente, es probable que la TC sea la prueba diagnóstica inicial en presencia de hemoptisis en pacientes ventilados, quedando la broncoscopia para circunstancias específicas o en aquellas en que la TC no identificara la causa subyacente.

2.3. Toma de Muestras Microbiológicas

Para la obtención de muestras microbiológicas en pacientes ventilados con sospecha de neumonía asociada al ventilador (NAV) se han descrito tanto técnicas no invasivas—cepillados ciegos—como técnicas más invasivas realizadas mediante broncoscopia, incluyendo lavado broncoalveolar (LBA) y cepillo telescópico dirigido [21].

Se ha documentado que la broncoscopia con LBA en pacientes bajo ventilación mecánica se asocia con empeoramiento significativo de la oxigenación, con reducción de la relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ de 80-86% desde los valores basales, independientemente del volumen de suero utilizado. Adicionalmente, el LBA se ha relacionado con incremento de la presión arterial media, de la presión media de la arteria pulmonar y del CO_2 en pacientes ventilados [8]. Aunque en general la tolerancia al LBA es adecuada, se ha documentado un descenso en la oxigenación arterial durante el procedimiento, riesgo que se minimiza mediante incremento transitorio de la FiO_2 durante y después del procedimiento.

Estudios recientes sugieren que las técnicas broncoscópicas invasivas no son superiores a técnicas menos invasivas como estrategia diagnóstica en pacientes ventilados con sospecha de NAV, sin que su realización se traduzca en mejoría de resultados clínicos relevantes—mortalidad, estancia en UCI, días ventilados [21]. En consecuencia, las estrategias diagnósticas no invasivas dirigidas—aspiración con catéter ciego—deben utilizarse como primera línea de preferencia ante la broncoscopia en pacientes ventilados con sospecha de NAV. Únicamente cuando estas técnicas no invasivas no identifican organismo responsable debe considerarse la broncoscopia [1].

2.4. Otras Aplicaciones en el Entorno Crítico

Evaluación de la Posición y Estado del Tubo Endotraqueal

La broncoscopia resulta útil para valorar la colocación del tubo, que en ocasiones se localiza demasiado distalmente, alojándose en un bronquio principal—generalmente el derecho—con el consiguiente defecto ventilatorio contralateral. En otras instancias, el tubo se orienta inadecuadamente en la tráquea, dirigiéndose hacia una pared y causando traumatismo de la mucosa traqueal mediante la sonda de aspiración [9]. Finalmente, presiones muy elevadas durante la ventilación con frecuencia indican obstrucción del extremo distal del tubo por secreciones y/o coágulos [1].

Valoración de la Mucosa Traqueobronquial y Prevención de Estenosis

Las lesiones laringotraqueales secundarias a vía aérea artificial son frecuentes pero en su mayoría evolucionan favorablemente, a excepción de las estenosis traqueales establecidas, cuya frecuencia varía de 0,5% a 11,7% [1]. En pacientes portadores de traqueostomía con estenosis subglótica, debe realizarse exploración retrógrada a través del traqueostoma, pero también desde una vía superior—nasal u oral—para visualizar la laringe y el extremo proximal de la estenosis [22].

Para minimizar las lesiones de la mucosa traqueal, se recomienda utilizar tubos endotraqueales equipados con manguitos de baja presión y gran volumen [9,13].

Traqueostomía Percutánea con Control Endoscópico

El control endoscópico durante la traqueostomía percutánea disminuye el tiempo procedural y es capaz de prevenir complicaciones graves descritas con la técnica a ciegas, tales como neumotórax, enfisema subcutáneo y falsa vía paratraqueal [23]. Esta modalidad guiada ha cobrado auge creciente en entornos críticos donde la expertise quirúrgica puede ser limitada.

Obtención de Muestras para Enfermedad Pulmonar Intersticial Difusa

La biopsia transbronquial puede considerarse en pacientes intubados para diagnóstico histológico de enfermedad pulmonar intersticial difusa (EPID); sin embargo, el riesgo de complicaciones que requieren drenaje—neumotórax—así como hemorragia y arritmias es significativamente más elevado que en pacientes no intubados, aunque hasta la fecha no se han atribuido muertes al procedimiento [1]. Para minimizar riesgos, se recomienda mantener al paciente momentáneamente en apnea durante la biopsia [1,10].

Dado el carácter de procedimiento de elevado riesgo, debe realizarse una evaluación rigurosa del balance riesgo-beneficio, siendo crucial usar la biopsia transbronquial con extrema cautela en pacientes intubados/ventilados, considerando que el rendimiento diagnóstico es deficiente (menor a 50%) y el potencial de daño significativo [1].

Manejo de Escenarios Específicos: Pacientes Quemados

Los pacientes con lesiones por inhalación térmica o química enfrentan riesgos únicos durante procedimientos broncoscópicos. La inhalación de humo y productos tóxicos genera quemaduras de la mucosa respiratoria, con producción de edema progresivo, necrosis de epitelio ciliar y acúmulo profuso de detritos carbonáceos que obstruyen las vías aéreas [24,25]. En estos pacientes, la broncoscopia es frecuentemente indicada tanto para valoración del grado de lesión inhalatoria como para manejo terapéutico mediante aspiración de secreciones carbonizadas y nebulización de mucolíticos [24].

Las consideraciones técnicas en quemados son particularmente rigurosas: debe garantizarse sedación profunda y analgesia robusta para evitar reflejos de tos que exacerben el edema, realizándose la maniobra con monitorización exhaustiva de la saturación de oxígeno y con readiness inmediato para intubación de emergencia ante cualquier signo de deterioro. La preoxigenación debe ser prolongada dado el alto riesgo de desaturación rápida [24,25].

Manejo de Sangrado Intraoperatorio y Complicaciones Hemorrágicas

El manejo de la hemoptisis en contexto de procedimiento broncoscópico requiere estrategia escalonada. Ante sangrado activo identificado durante broncoscopia, las opciones terapéuticas incluyen irrigación local con solución salina helada, que produce vasoconstricción local, o aplicación de agentes vasoconstrictores como adrenalina diluida. En casos refractarios, técnicas como coagulación con argón plasma, láser Nd o crioterapia pueden ser consideradas, aunque su aplicación en ambiente crítico puede ser limitada [19,20].

Para sangrados persistentes no controlables broncoscópicamente, debe considerarse embolización angiográfica selectiva, que ofrece tasas de control inicial superiores al 90% en múltiples series [19]. El bloqueo con balón mediante un tubo endotraqueal con balón doble lumen también puede ser opción temporal para aislar el sitio sangrante mientras se organiza intervención definitiva [26].

La corrección de coagulopatía es esencial, ya que estudios demuestran que disfunción de coagulación o trombocitopenia hace los procedimientos de biopsia sustancialmente más peligrosos en pacientes intubados, asociándose con daño potencial significativo, incluyendo mortalidad [24].

Traqueostomía Percutánea bajo Guía Broncoscópica: Protocolos y Consideraciones

La traqueostomía percutánea constituye procedimiento frecuente en pacientes críticos que requieren soporte ventilatorio prolongado [27]. Aunque tradicionalmente realizada a ciegas mediante técnica de Seldinger, la incorporación de guía broncoscópica, especialmente mediante broncoscopia flexible, ha revolucionado su seguridad al permitir visualización directa del sitio de punción, prevención de complicaciones vasculares y confirmar posición adecuada del estoma [23].

La técnica de traqueostomía percutánea con control broncoscópico comienza con cateterización anterior de la vía aérea, permitiendo palpación digital del cartílago cricoides para localizar los espacios interanulares entre anillos traqueales, típicamente entre el segundo y tercero o tercero y cuarto

espacios. Bajo visualización broncoscópica directa, se realiza la punción percutánea, visualizándose la penetración de la aguja a través de la pared traqueal anterior. Una vez confirmada la correcta ubicación, se introduce una guía, seguida por los dilatadores sucesivos, bajo visión endoscópica continua que asegura alineación satisfactoria y previene lesiones de estructuras adyacentes [23,27].

Las ventajas de esta aproximación guiada incluyen: (1) reducción de complicaciones vasculares por lesión de vasos tiroideos o arteria carótida; (2) prevención de falsa vía paratraqueal; (3) visualización de estructura anular posterior evitando lesión de esófago; (4) confirmación de penetración correcta antes de dilatación progresiva; (5) reducción de tiempo procedural [23,27]. Las complicaciones reportadas en series convencionales a ciegas—neumotórax, enfisema subcutáneo, hemorragia importante—son substancialmente reducidas con guía endoscópica [23].

Los protocolos recomendados especifican la necesidad de asistencia simultánea de broncoscopista y cirujano, comunicación continua durante el procedimiento, y confirmación de posición adecuada mediante sutura de traqueostomía bajo visualización broncoscópica antes de retirar el broncoscopio. En pacientes con anatomía cervical distorsionada—cicatrices por quemaduras, obesidad severa, o patología cervical previa—la guía broncoscópica deviene prácticamente mandatoria [27].

3.Precauciones y Contraindicaciones

Las contraindicaciones para broncoscopia realizada fuera del ambiente habitual son esencialmente idénticas a aquellas aplicables a broncoscopia en sala de endoscopia, sin que existan actualmente contraindicaciones específicas para realización fuera de técnicas endoscópicas. No obstante, toda broncoscopia ejecutada fuera del entorno controlado conlleva riesgo elevado de complicaciones, requiriéndose análisis cuidadoso del balance riesgo-beneficio, particularmente en pacientes críticamente enfermos que constituyen grupo de muy alto riesgo para procedimientos invasivos [1].

La trombocitopenia y disfunción de coagulación hacen los procedimientos de biopsia substancialmente más peligrosos en intubados versus no intubados. Un estudio documentó dos muertes asociadas al procedimiento (5,4%), una secundaria a hemorragia significativa de vías respiratorias [24]. En general, aunque la broncoscopia en pacientes con plaquetas bajas es factible tras corrección, se asocia con daño potencial importante [1].

El neumotórax puede ocurrir incluso sin realización de biopsia por el simple incremento de presiones en el tubo endotraqueal [1]. Por consiguiente, antes de cualquier broncoscopia—pero especialmente en intubados ventilados—debe realizarse sopesamiento exhaustivo de beneficios versus riesgos [1].

4.Conclusiones y Recomendaciones Finales

La broncoscopia flexible realizada fuera de la sala de endoscopia representa herramienta indispensable en medicina crítica cuando es utilizada apropiadamente. Los siguientes principios sintetizan el manejo óptimo:

1. **En broncoscopia de paciente intubado**, son imperativos: monitorización continua, tubo endotraqueal mayor de 7,5 mm de diámetro, FiO₂ de 100%, ausencia de PEEP, aspiraciones de corta duración, y protección bucal en intubaciones orales, con selección cuidadosa del diámetro externo del broncoscopio acorde al dispositivo de soporte de vía aérea [1].
2. **En pacientes con presión intracraneal** documentada o sospechada, la broncoscopia debe realizarse con precaución, considerando monitorización de PIC e interpretación cuidadosa de los cambios observados [16,17].
3. **Para atelectasias y hemoptisis**, la broncoscopia puede considerarse en circunstancias específicas de alivio de colapso lobar en intubados ventilados, y en hemoptisis cuando TC previa ha sido no diagnóstica [1].
4. **En diagnóstico de neumonía asociada a ventilador**, las estrategias no invasivas dirigidas—aspiración con catéter ciego—deben ser primera línea. Broncoscopia se reserva para cuando técnicas no invasivas no identifiquen organismo responsable [1,21].
5. **Sedación y analgesia adecuadas** son mandatorias en todo paciente sometido a broncoscopia en UCI, siendo crítico alcanzar nivel en el que el paciente no se oponga al ventilador, previniendo así hipoxia durante procedimiento [1].
6. **En pacientes con hipoxia severa** sometidos a VMNI, CPAP con soporte de oxígeno puede considerarse para prevenir desaturación y requerimiento subsecuente de ventilación invasiva.

7. Cuando VMNI es requerida preproceduralmente, el procedimiento debe realizarse en entorno donde intubación y soporte ventilatorio sean inmediatamente accesibles [1,12]. La ejecución de broncoscopia fuera de la sala de endoscopia representa reto técnico y organizacional que demanda expertise, vigilancia incesante, adherencia a protocolos rigurosos y una filosofía de seguridad maximalista. Solo así puede aprovecharse plenamente el potencial diagnóstico y terapéutico de esta invaluable herramienta en beneficio del paciente crítico.

5. Bibliografía

- [1] Barclay RP, Srinivasan R, Medina-Morales LF. Flexible bronchoscopy in the intensive care unit. *Curr Opin Crit Care*. 2019;25(1):54–60.
- [2] Tobin MJ, Alex CG, Kaplan RL. Fibronectin and fibrinogen fragments associated with airway inflammation. *Respiration*. 1994;61(Suppl 1):31–37.
- [3] Dellinger RP. Blood gases: ABCs of interpretation. *Curr Opin Crit Care*. 1995;1(3):183–186.
- [4] White PF, Schlobohm RM, Pitts LH, Lindauer JM. A randomized study of drugs for preventing increases in intracranial pressure during endotracheal suctioning. *Anesthesiology*. 1982;57(2):242–246.
- [5] Srinivasan R, Kotamraju S, Kaul N, Govindarajan A. Fiber optic bronchoscopy in critically ill patients: role of a simple technique. *Crit Care*. 2009;13(3).
- [6] Lucena CM, Riojas-Alquicira MJ, Morales-Riojas G. Bronchoscopy in the ICU: indications, complications and outcomes. *Rev Invest Clin*. 2011;63(1):5–13.
- [7] Carron M, Freo U, Zorzi M, Ori C. Hypoxaemia during flexible bronchoscopy in critically ill patients: effects on cognition and vital parameters. *Crit Care*. 2013;17(6).
- [8] Valipour A, Kreuzer A, Koller H, Czako M, Burghuber OC. Bronchoscopy with bronchoalveolar lavage in febrile ICU patients with suspected lower respiratory tract infection. *Wien Klin Wochenschr*. 2007;119(1–2):12–18.
- [9] Langdorf MI, Anderson AS, Emerman CL, Barsan WG. Flexible bronchoscopy in critical care. *Am J Emerg Med*. 1994;12(5):557–563.
- [10] Seneff MG, Zimmerman JE, Knaus WA, Wagner DP, Draper EA. Predicting the duration of mechanical ventilation. The importance of disease and patient characteristics. *Chest*. 1996;110(2):469–479.
- [11] Sowmeyan S, Marini JJ. Haemodynamic consequences of mechanical ventilation. *Eur Respir Mon*. 2005;11:131–147.
- [12] Navalesi P, Frigerio P, Moretti MP, Somma G, Christini L, Pona B, et al. Rate of reintubation in mechanically ventilated neurosurgical and trauma patients: evaluation of a systematic approach to weaning and extubation. *J Trauma*. 2002;52(5):973–979.
- [13] Brochard L, Rauss A, Benito S, Conti G, Mancebo J, Rekik N, et al. Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994;150(4):896–903.
- [14] Britt EJ, Caplan ES, Chastre J, Fagon Y. Ventilator-associated pneumonia. *Semin Respir Infect*. 1990;5(3):161–170.
- [15] Duncan SR, Negrin RS, Gooley TA, Hansen JA. Unrelated donor marrow transplantation in patients with chronic myeloid leukemia in the chronic phase: a long-term follow-up of a phase II randomized trial. *Blood*. 1997;89(10):3636–3649.
- [16] March K, Mitchell P, Grady S, Gale J. Effect of backrest position on intracranial pressure and cerebral perfusion pressure in traumatically brain-injured adults. *J Neurosci Nurs*. 1990;22(6):375–381.
- [17] Stocchetti N, Maas AI, Chieregato A, van der Plas AA. Hyperoxia and brain tissue oxygen tensions after human traumatic brain injury. *J Neurosurg*. 2005;103(4):658–666.
- [18] Lamm WJ, Graham MM, Albert RK. Mechanism by which the prone position improves oxygenation in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994;150(1):184–193.
- [19] Cabal CM, Thomassen MJ. Pulmonary hemoptysis: an update on the causes of a life-threatening symptom. *Postgrad Med*. 1992;91(4):125–129.
- [20] Hirshberg B, Biran I, Glazer M, Kramer MR. Hemoptysis: etiology, evaluation, and outcome in a tertiary referral center. *Chest*. 1997;112(2):440–444.
- [21] Kollef MH, Ward S. The influence of mini-BAL cultures on patient outcomes: implications for the diagnosis of ventilator-associated pneumonia. *Chest*. 1998;113(2):412–420.

- [22] Hagen JA, DeMeester SR, Peters JH, Chandrasoma P, DeMeester TR. Curative resection for esophageal adenocarcinoma: analysis of 100 en bloc esophagectomies. *Ann Surg.* 1996;224(4):518–525.
- [23] Griggs WM, Myburgh JA, Worthley LI. A prospective comparison of a percutaneous tracheostomy technique with standard surgical tracheostomy. *Intensive Care Med.* 1991;17(5):261–265.
- [24] Mackie DP, Spoelder EJ, Paauw RJ, Bosmans JM, van Hoof JP. Optimal medical management of burn inhalation injury. *Crit Care Res Pract.* 2013;2013:821612.
- [25] Latenser BA. Critical care of the burn patient: the first 48 hours. *Crit Care Med.* 2009;37(10):2819–2826.
- [26] Conlan AA, Hurwitz SS, Braimbridge MV. Massive hemoptysis. Review of 123 cases. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1983;85(1):120–124.
- [27] Ciaglia P, Firsching R, Syniec C. Elective percutaneous dilatational tracheostomy. A new simple bedside procedure; preliminary report. *Chest.* 1985;87(6):715–719.

16. Anexos

ANEXO 1. Desinfectantes de alto nivel: ventajas y desventajas

Desinfectante	Ventajas	Desventajas
Glutaraldehído	✓ - Estable 14 días. ✓ - No daña los equipos. ✓ - Económico.	✗ - Lenta actividad esporicida. ✗ - Sensibilizante e irritante para ojos, piel y tracto respiratorio. ✗ - Tóxico para el medio ambiente. ✗ - Fijador de biofilm. ✗ - Caras medidas de seguridad.
Ortho-phthalaldehído (OPA)	✓ - Estable 7-14 días. ✓ - No daña los equipos. ✓ - No emite emanaciones nocivas.	✗ - Actividad esporicida lenta. ✗ - Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio. ✗ - Pocos datos sobre exposición a largo plazo. ✗ - Pocos datos acerca de su comportamiento sobre el biofilm.
Ácido Peracético (APA)	✓ - Estable entre 1 y 14 días, según fórmula. ✓ - Alta actividad esporicida. ✓ - Sustancia ecológica. ✓ - Posibilidad de monitorizar la concentración.	✗ - Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio. ✗ - Fuerte olor a vinagre. ✗ - La compatibilidad con los equipos depende del pH y la temperatura. ✗ - Es posible la fijación de proteínas.
Dióxido de Cloro	✓ - Estable entre 7 y 14 días. ✓ - Alta actividad esporicida.	✗ - Irritante para ojos, piel y tracto respiratorio. ✗ - Fuerte olor a cloro. ✗ - Se han comunicado casos de daño a los equipos. ✗ - Restricción para compuestos clorados en algunos países.
Agua Electrolizada Ácida	✓ - Alta actividad esporicida. ✓ - No irritante. ✓ - Toxicidad mínima. ✓ - Muy barato.	✗ - Rápida desactivación. ✗ - Problemas de compatibilidad con algunos equipos. ✗ - Posible fijación de proteínas. ✗ - Restricción para compuesto clorado en algunos países. ✗ - Disminución del efecto bactericida en presencia de materia orgánica.

Anexo 2. Limpieza de material no crítico^o

Aparataje	Frecuencia de desinfección	Desinfectante recomendado
Después de cada procedimiento		
Procesadores Monitores Cables y electrodos Tensiómetro Capnógrafo Manómetros Sondas ecográficas Camillas y sillones Mesas y encimeras	Después de cada procedimiento	• Hipoclorito de sodio (lejía) • Amonios cuaternarios • Cloruro de didecildimetilamonio
Diariamente		
Carros de medicación Ordenadores y teclados Teléfonos Suelos	Diariamente	• Hipoclorito de sodio (lejía) • Amonios cuaternarios • Cloruro de didecildimetilamonio
Semanalmente		
Aparatos no usados Carro de parada	Semanalmente	• Hipoclorito de sodio (lejía) • Amonios cuaternarios
Mensualmente		
Paredes Armarios altos Cristales	Mensualmente	• Hipoclorito de sodio (lejía) • Amonios cuaternarios
Anualmente		
Filtros del aire	Anualmente	• Cambios de filtros

Tabla 1. Procesado y transporte de muestras para Anatomía Patológica

 TIPO DE MUESTRA  BRONCOASPIRADO (BAS)	INSTRUCCIONES 1. Enviarlo sin aditivo. 2. Introducir la muestra en solución conservante tamponada con base de metanol, 30 cc de solución Cytolyt®, sistema ThinPrep®. Remitir al laboratorio lo antes posible; fuera del horario laboral conservar a 4 °C.
 TIPO DE MUESTRA  LAVADO BRONCOALVEOLAR (BAL)	INSTRUCCIONES 1. Enviarlo sin aditivo. 2. Introducir la muestra en solución conservante tamponada con base de metanol, 30 cc de solución Cytolyt®, sistema ThinPrep®. Remitir al laboratorio lo antes posible; fuera del horario laboral conservar a 4 °C.
 TIPO DE MUESTRA  CEPILLADO BRONQUIAL	INSTRUCCIONES Existen dos opciones: • 1. El material obtenido se extiende en los portaobjetos y posteriormente se introducen los cristales en el contenedor de portaobjetos que contiene alcohol 96° para fijarse. ⁸ • 2. Se puede realizar un lavado del cepillo en un bote que contenga solución PreservCyt® para su posterior procesamiento en citología líquida. ⁹
 TIPO DE MUESTRA  PUNCIÓN ASPIRACIÓN CON AGUJA FINA (PAAF) GUIADA POR ECOBRONCOSCOPIA (EBUS) O ECOENDOSCOPIA (EUS)	INSTRUCCIONES Existen dos opciones: • 1. Una vez extendido el material en los portaobjetos, se introducen los cristales en el contenedor de portaobjetos que contiene alcohol 96° para fijarse. ⁸ • 2. El material obtenido para bloque celular debe ser expulsado en una solución de formol (formaldehído tamponado 10%).
 TIPO DE MUESTRA  BIOPSIA BRONQUIAL, BIOPSIA PULMONAR TRANSBRONQUIAL Y CRIOMPIASIAS	INSTRUCCIONES Existen dos opciones: • 1. Las biopsias pulmonares sin fijar se introducen en tubos estériles con 1 ml de suero fisiológico. • 2. Los fragmentos tisulares se introducen en un recipiente con formol (formaldehído tamponado al 10%). ¹⁰

■ Tabla 1. Procesado y transporte de muestras para Anatomía Patológica

Tabla 2. Procesado y transporte de muestras para Microbiología

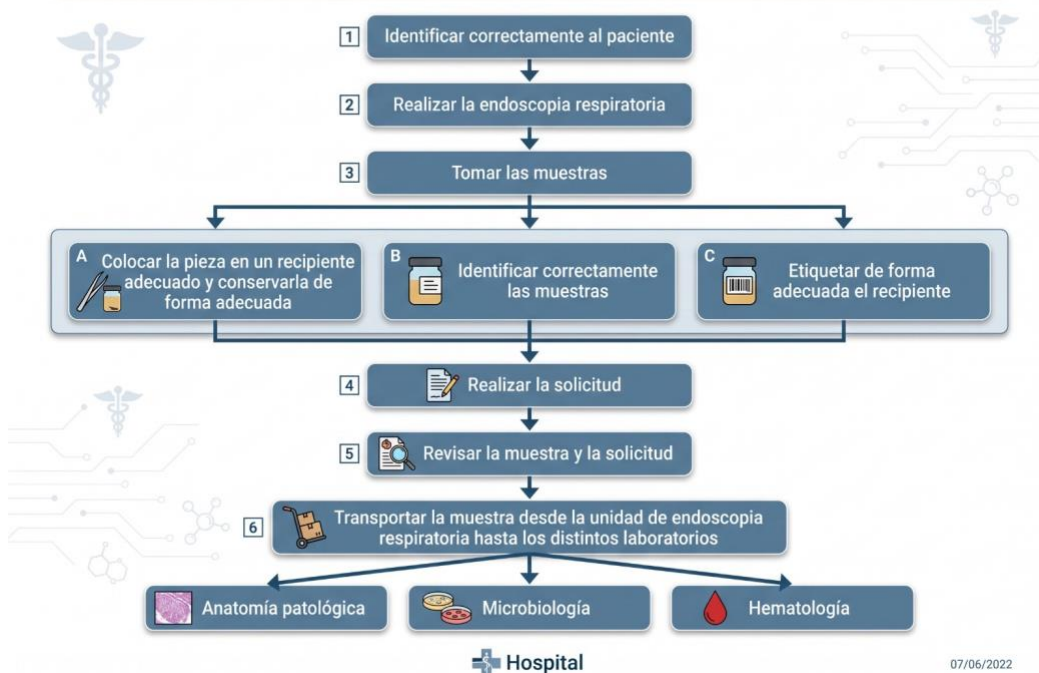
 MUESTRAS DE LAVADO Y ASPIRADO BAS (Broncoaspirado), BAL (Lavado Broncoalveolar), y Lavado Protegido Introducir la muestra en un bote estéril y llevar al laboratorio de microbiología de forma rápida, con demora inferior a una hora; si no es posible, guardar refrigeradas entre 2 y 8 °C. ^{7,10}	  PAAF Y BIOPSIAS PAAF (Punción Aspiración con Aguja Fina) guiada por EBUS (Ecobroncoscopia) o EUS (Ecoendoscopia) El aspirado de la punción se introduce en un tubo estéril sin aditivo, arrastrando la muestra con suero fisiológico. Llevar al laboratorio de microbiología de forma rápida (no demorar más de 1 hora). De no ser posible, guardarlas entre 2 y 8 °C. ⁷
 MUESTRAS CON CEPILLO Catéter protegido o microbiológico Una vez obtenida la muestra, cortar el cepillo con tijeras estériles e introducirlo en un tubo estéril con 1 ml de suero salino. Transporte rápido. Si no es posible, conservar la muestra entre 2 y 8 °C hasta su procesamiento. ⁷	MUESTRAS DE TEJIDO Biopsias bronquiales, pulmonares transbronquiales y Criobiopsias Las biopsias pulmonares sin fijar se introducen en tubos estériles con 1 ml de suero fisiológico.

Tabla 3. Procesado y transporte de muestras para Citometría de Flujo (inmunofenotipo)

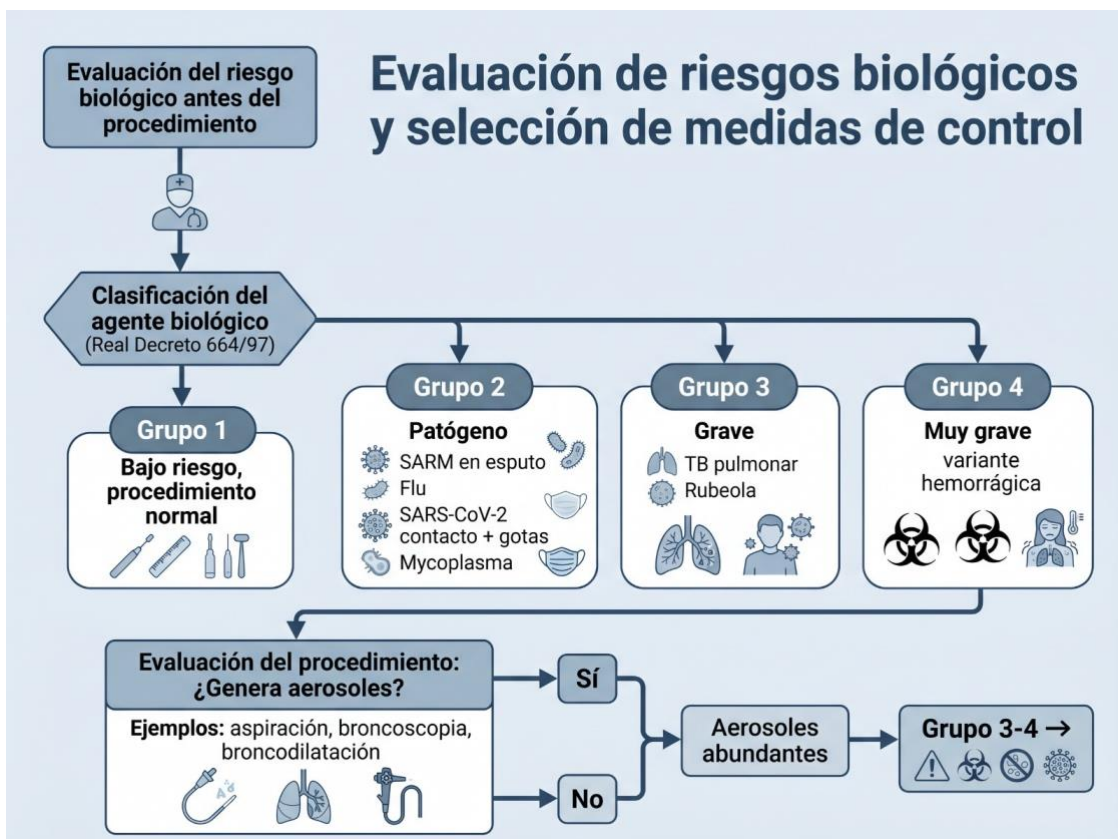
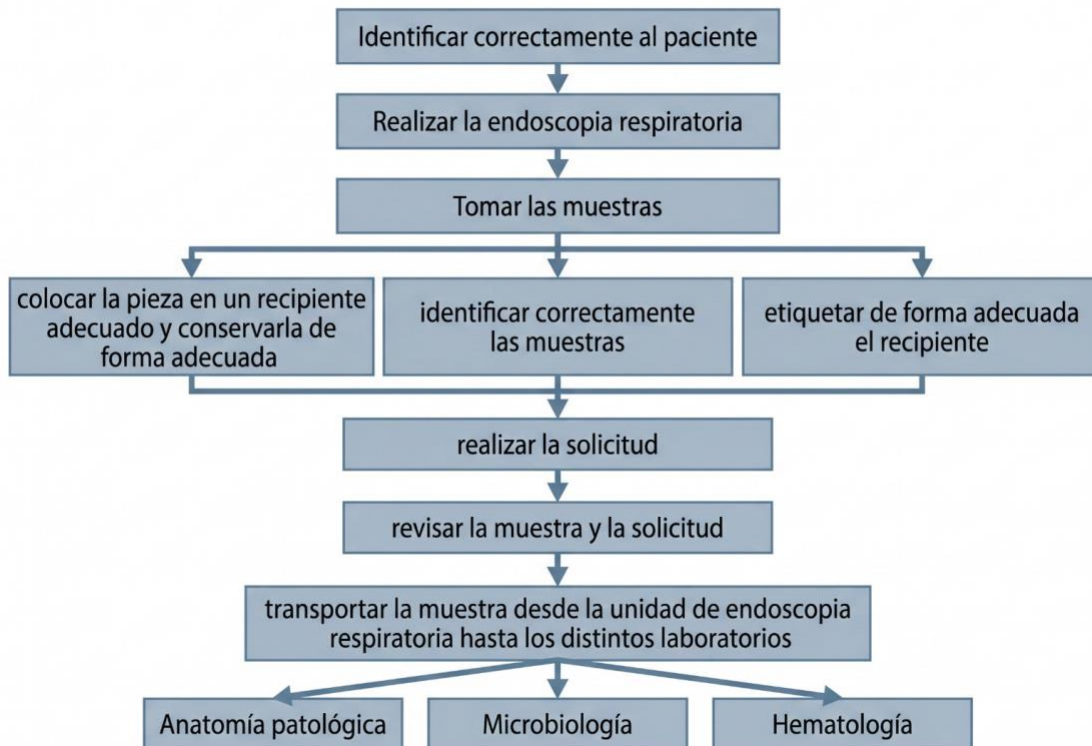
LAVADO BRONCOALVEOLAR (BAL)	
	 introducir las muestras en un bote sin aditivos para estudios de citometría de flujo;
	 enviar al laboratorio para procesamiento en menos de 2 horas. ¹¹
PUNCIÓN ASPIRACIÓN CON AGUJA FINA (PAAF) GUIADA POR ECOBRONCOSCOPÍA (EBUS) O ECOENDOSCOPIA (EUS)	
 EBUS o EUS 	Existen tres opciones:
	1  transporte inmediato al laboratorio de citometría de flujo sin ningún aditivo;
	2  introducir el resultado de la PAAF en un tubo Eppendorf con 1 ml de suero fisiológico;
	3  introducir el resultado de la PAAF en un tubo sin aditivo y añadir solución estabilizante TransFix® (0,2 ml por muestra), lo que permite utilizar la muestra hasta 10 días después en muestras conservadas entre 2 y 8 °C.

 HOSPITAL DE ESPAÑA

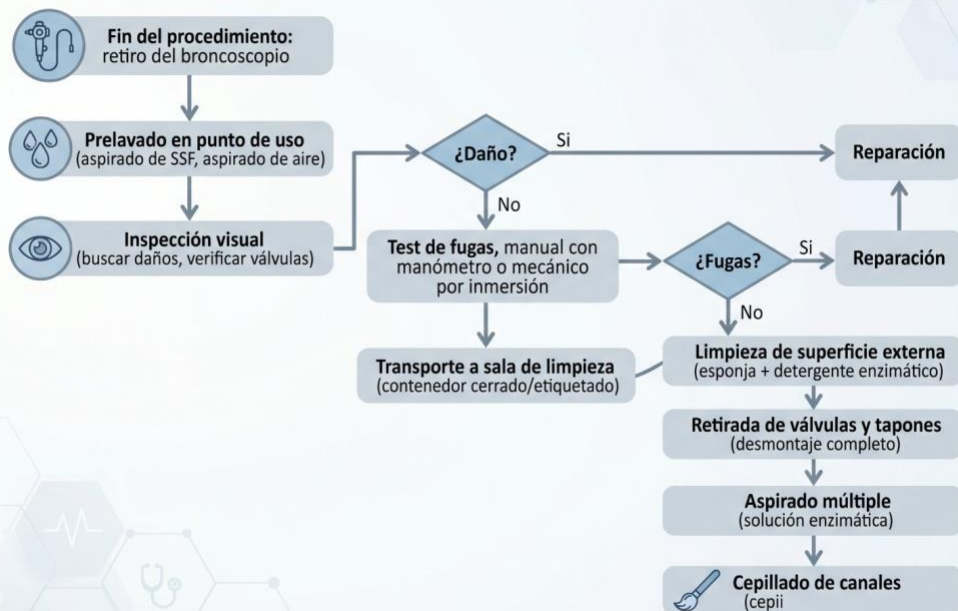
CIRCUITO SEGURO DE IDENTIFICACIÓN, CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS



Circuito seguro de identificación, conservación y transporte de muestras



Protocolo de desinfección de broncoscopios



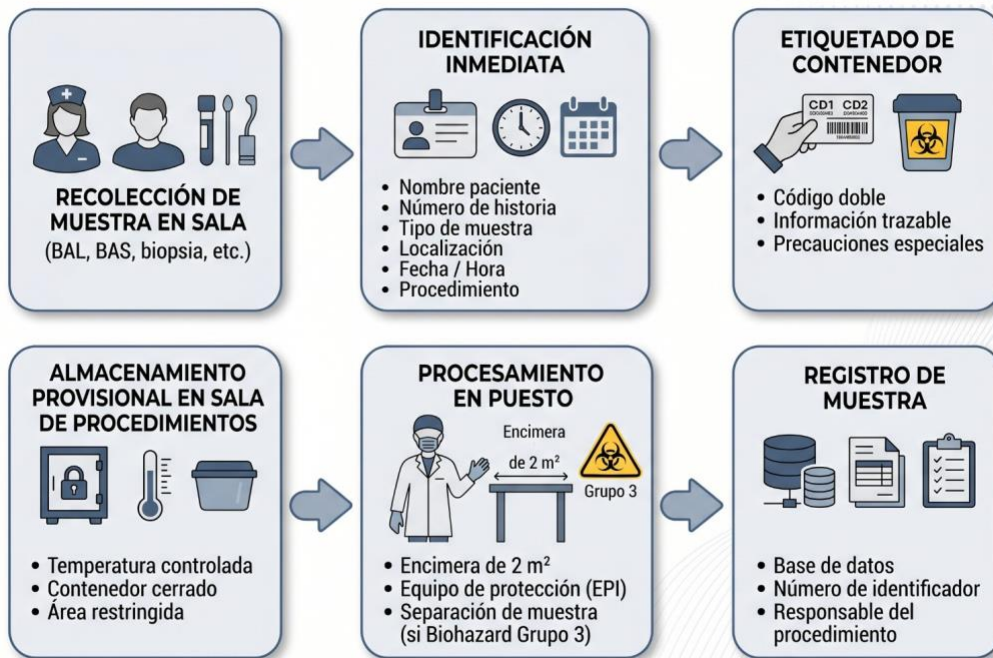
www.infografica



EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL: COLOCACIÓN Y RETIRO



'MANEJO DE MATERIAL BIOLÓGICO Y CADENA DE CUSTODIA'



Procesado y transporte de muestras para Anatomía Patológica



BRONCOASPIRADO (BAS)

PROTOCOLOS:

- **Muestra Sin Aditivo:** Enviar la muestra sin aditivo.
- **Solución Conservante:** Introducir la muestra en solución conservante tamponada con base de metanol, 30 cc de solución Cytolyt®, sistema ThinPrep®.

INDICACIONES GENERALES: Remitir al laboratorio lo antes posible.
Fuera de horario laboral: Conservar a 4 °C en el frigorífico.



LAVADO BRONCOALVEOLAR (BAL)

PROTOCOLOS:

- **Muestra Sin Aditivo:** Enviar la muestra sin aditivo.
- **Solución Conservante:** Introducir la muestra en solución conservante tamponada con base de metanol, 30 cc de solución Cytolyt®, sistema ThinPrep®.

INDICACIONES GENERALES: Remitir al laboratorio lo antes posible.
Fuera de horario laboral: Conservar a 4 °C en el frigorífico.



CEPILLADO BRONQUIAL

PROTOCOLOS:

- **Fijación en Portaobjetos:** El material obtenido se extiende en los portaobjetos y posteriormente se introducen los cristales en el contenedor de portaobjetos que contiene alcohol 96° para fijarse.
- **Procesamiento en Citología Líquida:** Se puede realizar un lavado del cepillo en un bote que contenga solución PreservCyt® para su posterior procesamiento en citología líquida.



PUNCIÓN ASPIRACIÓN CON AGUJA FINA (PAAF) GUIADA POR ECOBRONCOSCOPÍA (EBUS) O ECOENDOSCOPÍA (EUS)

PROTOCOLOS:

- **Fijación en Portaobjetos:** Una vez extendido el material en los portaobjetos, se introducen los cristales en el contenedor de portaobjetos que contiene alcohol 96° para fijarse.
- **Bloque Celular:** El material obtenido para bloque celular debe ser expulsado en una solución de formol (formaldehído tamponado 10%).



BIOPSIA BRONQUIAL, BIOPSIA PULMONAR TRANSBRONQUIAL Y CRIOBIOPSIAS

PROTOCOLOS:

- **Biopsias Sin Fijar:** Las biopsias pulmonares sin fijar se introducen en tubos estériles con 1 ml de suero fisiológico.
- **Fijación de Fragmentos Tisulares:** Los fragmentos tisulares se introducen en un recipiente con formol (formaldehído tamponado 10%).

‘Procesado y transporte de muestras para Microbiología’

BIOPSIA BRONQUIAL, BIOPSIA PULMONAR TRANSBRONQUIAL Y CRIOBIOPSIAS

Las biopsias pulmonares sin fijar se introducen en tubos estériles con 1 ml de suero fisiológico.



CATÉTER PROTEGIDO O MICROBIOLÓGICO

Una vez obtenida la muestra, se corta el cepillo con tijeras estériles y se introduce en un tubo estéril que contenga 1 ml de suero salino. El transporte al laboratorio de microbiología debe realizarse de forma rápida. Si no es posible, se debe conservar la muestra entre 2 y 8 °C hasta su procesamiento.



BRONCOASPIRADO (BAS), LAVADO BRONCOALVEOLAR (BAL), LAVADO PROTEGIDO

Se introduce la muestra en un bote estéril y se lleva al laboratorio de microbiología de forma rápida, con una demora inferior a una hora. De no ser posible, las muestras deben guardarse refrigeradas entre 2 y 8 °C.



PUNCIÓN ASPIRACIÓN CON AGUJA FINA (PAAF) GUIADA POR ECOBRONCOSCOPÍA (EBUS) O ECOENDOSCOPÍA (EUS)

El aspirado de la punción se introduce en un tubo estéril sin aditivo arrastrando la muestra con suero fisiológico.



El resultado de PAAF debe llevarse al laborat de microbiología de forma rápida, no debe demorarse más de 1 hora. De no ser posible, deben guardarse las muestras entre 2 y 8 °C.