

# 手引き書

—呼吸器内視鏡診療を安全に行うために—

日本呼吸器内視鏡学会

安全対策委員会編

(Ver. 5.0)

2024 年 ○月改

## 〈序 文〉

手引き書—呼吸器内視鏡診療を安全に行うために— 第5版改訂にあたって

日本呼吸器内視鏡学会安全対策委員会

委員長 伊豫田明

手引き書「気管支鏡検査を安全に行うために」は、日本呼吸器内視鏡学会安全対策委員会によって作成され、2005年にホームページ上に公開された後、2010年に第2版「手引き書—気管支鏡診療を安全に行うために」、2013年に第3版「手引き書—呼吸器内視鏡診療を安全に行うために—」、2017年に第4版「手引き書—呼吸器内視鏡診療を安全に行うために—」へと改訂されてきました。第1版の37ページから第4版の59ページへと内容が増加しており、それだけ留意すべき事項が増加していることを示しています。

今回は第4版から「鎮静」と「気管支鏡の洗浄・消毒」については指針が別に独立して作成されたため本手引き書から項目としてはなくなっています。そして新たな項目として

「抗血栓薬（抗血小板薬・抗凝固薬）服用中患者の扱い」「気管支鏡と感染対策」「放射線被ばく」が加わり、近年の診療の高度化とともに増加した留意事項について解説いただくとともに「局所麻酔下胸腔鏡検査の安全対策と合併症」が第3版から復活する形となりました。特に第4版の発行から今回の改訂までにCOVID-19のパンデミックを経験することによって、感染対策がより一層大事になっていますため「気管支鏡と感染対策」を作成していただき、抗血栓薬の種類の増加は、出血の危険性のある気管支鏡検査にその影響は直結し、出血のリスクを評価するとともに、内服薬の中止を含めた検査計画を立てることが望ましいために本手引き書では、第4版で「気管支鏡検査前の安全対策」として述べられていた抗血栓薬服用中患者の取り扱いについて、新たに項を設けて解説することとしました。さらには放射線を使用している診療科で働く人々にとって、放射線防護の訓練と自身の放射線被ばく線量に関してモニタリングが必要ですが診断手技あるいはインターベンションにおいてX線使用の十分な教育がなされていない現状から「放射線被ばく」を追加しました。したがってページ数は11項目78ページと大幅に増えています。

本手引き書は、基本的にこれまでの第1版から第4版の内容を医療環境の変化を踏まえて修正しながら改訂しています。今回は第4版から約7年ぶりの改訂となっており、その間にさらに呼吸器内視鏡の環境も変化し、クライオ生検等の新しい手技も行われるようになってきたため留意すべき事項も増えています。また、新規薬剤の登場や、薬剤の供給停止などにより、例えばリドカインアレルギーを有する場合の対処方法なども留意が必要になってきています。

診療の環境が変化していく中でも呼吸器内視鏡診療を安全に行うために本改訂版がこれまでと同様に呼吸器内視鏡実施施設における指標となり、第1、2、3、4版改訂時と同様に有意義に利用していただければ幸いです。

〈目 次〉

|                                                      |    |       |
|------------------------------------------------------|----|-------|
| 1 呼吸器内視鏡診療の体制.....                                   | 4  | 伊豫田明  |
| 2 気管支鏡検査前の安全対策.....                                  | 8  | 杉尾賢二  |
| 3 抗血栓薬（抗血小板薬・抗凝固薬）服用中患者の扱い.....                      | 14 | 野津田泰嗣 |
| 4 気管支鏡と感染対策.....                                     | 21 | 猶木克彦  |
| 5 気管支鏡検査（・治療）中、検査後の安全対策（検体取り扱いにおける安全対策を含む。）<br>..... | 26 | 谷本安   |
| 6 放射線被ばく.....                                        | 31 | 井上貴子  |
| 7 気管支鏡検査の合併症と対策.....                                 | 37 | 東陽子   |
| 8 気管支鏡治療の合併症と対策.....                                 | 46 | 東陽子   |
| 9 特殊病態下の安全対策.....                                    | 55 | 井上貴子  |
| 10 集中治療室での（気管支鏡検査の）安全対策.....                         | 64 | 松本 勲  |
| 11 局所麻酔下胸腔鏡検査の安全対策と合併症.....                          | 73 | 野津田泰嗣 |

鎮静、気管支鏡の洗浄・消毒については別指針を参照

## 1 呼吸器内視鏡診療の体制

東邦大学外科学講座呼吸器外科学分野 伊豫田明

### 要約

- ・気管支鏡の適応は拡大しており、施設状況によってスタッフ、機器、環境は十分に検討されるべきである。
- ・検査の安全性が重視され、以前よりも外来のみで行う施設より、入院を併用して行う施設が増加している。
- ・モニタリングなど安全に検査を施行する体制を整えるべきである。

### 1. はじめに

気管支鏡の適応は拡大しており、病変の性状、各施設の技術やスタッフ数によって適応症例の選択は異なっている<sup>1</sup>。したがって、呼吸器内視鏡の診療体制について、こうあるべきと限定するのは難しく、各施設状況によって異なるが、その際に気管支鏡専門医制度は大変参考になる。「気管支鏡の進歩と普及に即応して、その知識と技能の向上を図るとともに、気管支鏡を使用して行う診療の進歩と発展を促し、公共の福祉に貢献することを目的とする」として2004年6月に日本呼吸器内視鏡学会気管支鏡専門医制度の基盤が構築された<sup>1</sup>。専門医は、知識と技術、人格の涵養、患者中心の診療、多職種との連携、リサーチマインドの修得などが重視され、その育成システムは、気管支鏡診療体制にとって大変参考になる<sup>1</sup>。本項目では、呼吸器内視鏡診療体制の現況を中心に記載する。

### 2. 検査の施行

2016年の気管支鏡全国調査では、100%外来主体の検査を行っている施設が約6.8%、外来/入院の比率が70%/30%で行っている施設が18.6%、50%/50%が6.8%、30%/70%が25.6%、100%入院で行っている施設が42.2%と2010年調査に比べ<sup>2</sup>、100%外来で行っている施設が減少した<sup>3</sup>。出血性素因のない気管支鏡検査は、基本的に外来で検査を実施することが可能である。施設状況や検査後の管理体制を考慮して、施設ごとに検査時の体制を整備することが望ましい<sup>4</sup>。入院が必須となる状況としては、中止できない抗凝固薬を使用中の患者で、ヘパリン置換が必要な場合、検査後の合併症の可能性が高い症例の気管支鏡検査（HOT導入後の間質性病変の評価、気道過敏性が高い患者の気管支鏡検査、高齢のために咳嗽反射の低下が予想される患者、など）には入院の上で十分な注意を持って検査を施行する必要がある<sup>4</sup>。

### 3. 検査を施行する場所が備える環境

気管支鏡検査を行う状況はさまざまであり、一概に必要なものとは言えない。また、処置として気管支鏡を施行する状況もさまざまであり、検査室だけではなく、時には手術室、病棟、集中治療室などもあることから、それぞれの状況に合わせて環境を整える必要がある。第4版では特に、結核を中心とした感染症診療について強調している。必要な環境について以下に列挙する。

①抗酸菌感染症の診療に気管支鏡を用いることを考慮すると、十分な換気能力が必要である。病院の施設基準としては、日本医療福祉設備協会規格の設定した病院設備設計ガイドライン（空調設備編）<sup>5</sup>の中に記載があり、感染症を含む患者の診療をする部屋では1時間の換気回数が12回以上（12ACH（air change per hour））、手術室などの清潔操作を必要とする部屋では換気回数を15回以上（15ACH）に保つ必要があるとされている。換気能力の基準は海外でも状況は同様で、米国建築家協会のガイドライン（The American Institute of Architects Academy of Architecture for Health）では、気管支鏡検査を行う部屋は陰圧とし、12ACHが必要であると記載してある。これは主に結核菌による汚染と検査者側の曝露を最小限にするためであり、検査者側はN95マスクを装着する必要がある。換気条件を満たす場合でも、感染症の疑いのある症例の検査の順番を最後に回すなどの配慮が必要である。換気能力が十分でない部屋での検査が必要な場合には、汚染空気の流出を防ぎ、検査者を保護する目的から、ポータブルHEPAフィルター付き空気清浄機などを用いる必要がある<sup>5, 6</sup>。

②TBLBなど末梢肺野病変の検体採取を行う場合には、エックス線透視下に生検を行うことが基本である<sup>1</sup>。最近は末梢病変へのアプローチの方法が進歩し、またすりガラス病変や小さな病変などのように透視で確認ができない症例では、必ずしも透視が必要ではない。しかし、感染症や間質性肺疾患の診療に気管支鏡を用いる場合には部位の確認に透視が必須である。また、気管支鏡検査後の気胸や血胸の合併症の診断をする上でも透視を用いることが安全な診療につながるため、必須の設備と考えられる<sup>4</sup>。2016年の全国調査では60.3%の施設でX線透視設備を用いて気管支鏡検査が行われている<sup>3</sup>。

③吸引の設備は2系統を備えることが望ましい。気管支鏡に接続する吸引とは別に、口腔内の分泌物を吸引して気道を清浄に保持するために1系統の吸引装置が必要である。

④記録については、電子媒体を用いて記録ができることが望ましい。電子カルテの導入により、画像の記録と保管は環境が整備されてきている。動画での記録は、記録容量の制限と記録媒体の保管の制約があり、現況では標準的な仕様は存在しない。

⑤室内に救急カートを備えることも必要である<sup>1, 4</sup>。

### 4. モニタリング機器

気管支鏡診療では、薬剤投与、気管支鏡の挿入、検査処置に伴い呼吸・循環動態に変化

が生じ、検査中には SpO<sub>2</sub> の低下がみられる<sup>1</sup>。BTS ガイドライン（2013 年）では心拍数、呼吸数、血圧、経皮的動脈血酸素飽和度を繰り返し測定することとしている<sup>7</sup>。不整脈のリスクのある患者には、心電図モニターを装着し、静脈ラインは鎮静開始前から検査後バイタルが安定するまで維持することが推奨される<sup>1</sup>。

## 5. 監査

BTS のガイドライン（2013 年）では、気管支鏡診療を行う施設は定期的に気管支鏡の適応、精度、合併症、患者満足度について監査を受けることが望ましいとされている<sup>7</sup>。本邦の現状では、気管支鏡診療では気管支鏡専門医制度において、認定施設、関連施設であれば、更新時に自己施設の実績を外部（専門医認定委員会）に評価を求めることになる<sup>1</sup>。

## 6. 検査スタッフ

気管支鏡検査・治療にあたってチーム医療は重要である<sup>1</sup>。施設の状況に応じて、検査時の術者、助手、記録などを分担して行い、そのほかに看護師、放射線技師、検体を扱う臨床検査技師の参加が望ましい<sup>4</sup>。気管支鏡では、組織検体、細胞診検体、遺伝子診断検体、感染症診断検体など、多種類の検体が採取される。また、迅速細胞診（rapid on-site cytologic evaluation:ROSE）として、診断結果や採取検体の質を検査中に知ること、方針の決定に寄与する可能性があるため、病理医、細胞検査士の協力も重要である<sup>1</sup>。

## 7. 検査機器

気管支ビデオスコープ、気管支ファイバースコープ、ハイブリッド気管支鏡、自家蛍光気管支鏡、超音波気管支鏡などの機種が存在する<sup>1</sup>。使用用途によって使い分けられるが、専門医のトレーニングの中にこれらの機器の習熟が含まれてくることを予測して、設備の計画を立てることが勧められる。

## 8. 新たな手技に関する機器

普及しつつある新しい手技に使用される機器として、2016 年全国調査<sup>3</sup> では、外径 4.2 mm 以下の気管支鏡は 78.9%、3 mm 以下の気管支鏡は 42.6%、convex 型気管支腔内超音波装置は 68.1%の日本呼吸器内視鏡学会認定施設および認定関連施設で使用されていた。蛍光気管支鏡 31.2%、NBI（narrow band imaging）装置 47.3%、radial 型気管支腔内超音波装置の使用率は thick 型 32.6%、thin type 51.7%であった。

## 9. 教育

2016 年全国調査<sup>3</sup> では、EBUS-TBNA についてシニアフェローがハンズオンセミナー

に参加した施設が 51%、フェローが参加した施設が 55.2%であった。

#### <参考文献>

1. 気管支鏡テキスト第3版 日本呼吸器内視鏡学会 医学書院 2019
2. Asano F, Aoe M, Ohsaki Y, et al. Deaths and complications associated with respiratory endoscopy: a survey by the Japan Society for Respiratory Endoscopy in 2010. *Respirology*. 2012; 17: 478-85
3. Horinouchi H, Asano F, Okubo K, et al. Current status of diagnostic and therapeutic bronchoscopy in Japan: 2016 national survey of bronchoscopy. *Respir Investig*. 2019;57:238-44
4. 手引書－気管支鏡検査を安全に行うために－. 日本呼吸器内視鏡学会安全対策委員会, 編 Ver. 4.0. 2017.
5. 一般社団法人日本医療福祉設備協会規格. 病院設備設計ガイドライン (空調設備編) 病院空調設備の設計・管理指針 (HEAS-02-2013). 日本医療福祉設備協会, 編集. 2013: 95, 102-3
6. The American Institute of Architects Academy of Architecture for Health, The Facility Guidelines Institute with assistance from the U.S. Department of Health and Human Services. *Guidelines for Design and Construction of Hospital and Health Care Facilities*. Washington D.C.: The American Institute of Architects Press; 2001
7. 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): i1-i44.



## 2 気管支鏡検査前の安全対策

大分大学医学部呼吸器・乳腺外科学講座 杉尾賢二

### 要約

- ・気管支鏡検査は一定の侵襲を伴う検査法であり、気管支鏡検査に伴う合併症発生の予測と予防のため、的確な術前評価が必要である。
- ・説明と同意には、検査目的と内容、治療方針への影響、合併症などをわかりやすく説明することが重要で、緊急時を除き文書で取得する。

### 1. はじめに

気管支鏡検査は一定の侵襲を伴う検査法ではあるが、外傷や気道異物などで急な検査・処置を要する場合もあり、明らかに禁忌とされる症例は少ない。気管支鏡そのものによる気道占拠による気道狭窄が起こり、動脈血酸素分圧の低下はしばしば認められる。さらに各種処置による動脈血酸素分圧低下や出血、呼吸器・循環器合併症のリスクもある。気管支鏡検査前にはこれらの合併症の発生の予測と予防のため、的確な術前評価をしておく必要がある。

本項では検査前の、問診、一般的な検査項目、呼吸器、循環器、凝固系、感染症の検査前評価、前投薬、抗菌薬の投与、同意文書の取得などについて述べる。

### 2. 問診

主訴、症状の推移、既往歴、基礎疾患の有無、投薬内容などを聴取する。呼吸器疾患、循環器疾患、脳血管疾患、肝疾患などの合併、抗血栓薬の内服、局所麻酔薬に対するアレルギーの有無については特に注意して聴取する。基礎疾患を有する場合、呼吸器疾患では気管支喘息、COPDの有無について、循環器疾患や脳血管疾患では、不整脈、狭心症の既往、抗血栓薬内服の有無について必ず確認する。肝疾患や血液疾患では、凝固異常の有無や出血傾向についての問診が重要である。

### 3. 基礎疾患に対する注意点

2013年のBritish Thoracic Society (BTS)のガイドライン<sup>1</sup>では特殊病態として、気管支喘息、COPD、虚血性心疾患、高齢者、免疫抑制状態が挙げられている。

気管支鏡検査により気管支攣縮が発症することは稀ではあるが、気道過敏性が亢進している患者の検査では、気道攣縮を起こすことがあると報告されている。気管支喘息は気管支鏡の禁忌ではないが、可能な限り喘息をコントロールしておくべきである。気管支鏡検査後の1秒量の低下は、気管支喘息患者と健常者では一般的には差がないとされているが、気道過敏性が亢進している患者では、気道攣縮を起こすことがあり、1秒



量の著明な低下を認めることもある。症状が重い喘息患者では、気管支鏡検査の後にステロイドが必要になることがある。気管支拡張薬の前投薬は、検査時の 1 秒量の低下率は改善しないが、検査前の 1 秒量を改善させるので推奨されている。

年齢によって気管支鏡検査の適応が制限されることはない<sup>1</sup>。しかし、気管支鏡検査を 60 歳以上の患者に行うと、虚血性の心電図変化が発生しやすく、不整脈の出現や動脈血酸素分圧の低下が起こりうる。心筋梗塞後の患者においては、虚血、不整脈、循環動態の変動などのリスクを上昇させる。活動性の心筋虚血では気管支鏡は行わないほうが望ましい。心筋梗塞の発症後は 4～6 週以降に検査を延期すべきで、このころになると合併症の危険性は低下するとされる。急性心筋梗塞を発症後の患者への検査では、十分な酸素投与、心電図モニター、SpO<sub>2</sub>モニター、鎮静が必要である。

気管支鏡の重大な合併症に出血があげられる。特に、出血傾向のある患者や腎不全、血液疾患、悪性リンパ腫、HIV 感染症などを有する患者では出血に対する注意が必要である。このような患者では、血小板数をはじめ血液凝固能検査や凝固因子などの測定を行うことが推奨され、必要と判断されれば補正する。このような出血リスクが高い患者において組織検査が必要な時は、生検のかわりにブラッシングや BAL を考慮する。抗血栓薬を内服している患者では、

内服薬の中止が可能か否かを処方医に確認することが望ましい[参考：次項の抗血栓薬（抗血小板薬・抗凝固薬）服用中患者の扱い]。

#### 4. 気管支鏡検査前に推奨される血液検査

- 1) 血液一般検査
- 2) 生化学検査（肝機能、腎機能、その他）
- 3) 炎症反応（CRP）

血液検査と凝固能検査は患者のリスクに応じて行うことが望ましい<sup>2,3</sup>。肝機能異常がある場合は、潜在的な凝固能異常の可能性があるため、血液凝固能の検査が推奨される。2016 年アンケート調査<sup>4</sup>によると、血液一般検査と生化学検査は 90.0%の施設で全例に行われ、9.7%の施設では症例に応じて行われている。CRP 上昇などの炎症所見があれば、検査の必要性和炎症の沈静化を待つのとどちらが重要かを判断する。少なくとも BAL などの発熱をきたす可能性のある手技は延期することが望ましい。

#### 5. 気管支鏡検査前に推奨される呼吸機能検査

- 1) 肺機能検査（VC、%VC、FEV1、FEV1%など）
- 2) パルスオキシメトリ（SpO<sub>2</sub>）
- 3) 動脈血ガス分析（PaO<sub>2</sub>、PaCO<sub>2</sub>、pH など）

気管支鏡検査中は PaO<sub>2</sub> が 20Torr 程度低下するとされ、低酸素血症が起こる可能性がある。特に、肺病変を持つ患者では著しい低酸素血症をきたすことがあるために、検査

前の呼吸機能の評価が推奨される。低酸素血症を伴う COPD 症例では高炭酸ガス血症を伴っていることがあり、酸素投与により  $\text{PaCO}_2$  が上昇することがあるので、1 秒率が 50%以下または 1 秒量が 1L 以下の重症 COPD 患者では、術前に動脈血ガス分析を行い  $\text{PaCO}_2$  を測定しておくことが推奨される<sup>2)</sup>。胸部 X 線写真や CT でびまん性陰影がある場合や COPD では、肺活量 (VC、%VC)、1 秒率 (FEV1%)、1 秒量 (FEV1) などの肺機能検査を実施しておくことが望ましい。

2016 年アンケート調査<sup>4)</sup>によると、22.9%の施設で全例に、68.8%の施設で症例に応じて、呼吸機能検査が行われている。動脈血ガス分析は、5.3%の施設で全例、79.4%で症例に応じて行われ、95.4%の施設で全例にパルスオキシメータにより  $\text{SpO}_2$  が測定されている。気管支鏡検査中には、 $\text{SpO}_2$  が 90%以上を維持するように酸素を投与することが望ましい。

## 6. 気管支鏡検査前に推奨される循環器機能の評価

### 1) 心電図、心エコー検査

不整脈は気管支鏡検査の最も多い合併症の 1 つである。気管支鏡検査は低酸素血症による不整脈を惹起し、さらに心筋虚血を起こしやすいとされている。そのため心電図検査にて心疾患の有無をチェックしておくことが望ましいが、ルーチン検査とはされていない。心電図は 64.6%の施設で全例に、32.8%で症例に応じて行われている<sup>4)</sup>。必要に応じて、心エコー検査を行う。

## 7. 気管支鏡検査前に推奨される血液凝固能の評価

### 1) PT

### 2) APTT

### 3) 血小板数

観察のみを目的とする症例では、特に基礎疾患がなければ血液凝固系の検査は不要である。2010 年アンケート調査<sup>5)</sup>では、血液凝固能の検査は 64.5%の施設で全例に、32.0%で症例に応じて行われている。

尿毒症、免疫抑制状態、肝機能異常、血小板減少症、肺高血圧などの凝固異常を合併しやすい症例では、血液凝固能を評価しておくことが望ましい。生検を予定する場合には、血小板数をはじめ、PT、APTT などの血液凝固系の測定が推奨される。

## 8. 感染症の評価

### 1) HBV、HCV、HIV、梅毒検査

### 2) インフルエンザ、COVID-19 (発熱症例)

### 3) 喀痰検査、インターフェロン $\gamma$ 遊離試験 (肺結核疑い症例)

気管支鏡検査は飛沫感染予防策に基づいて行われることが推奨される。スタッフの安

全対策、器具の確実な消毒のためには、検査前に HBV、HCV、HIV、梅毒検査を調べておくことも有用であるが、患者の同意が必要な場合がある。2016 年アンケート調査<sup>4</sup>では、81.2%の施設で術前に HBV、HCV のスクリーニングが行われており、梅毒検査は 64.0%で全例に行われていた。発熱患者では、同意のうえ、インフルエンザ、COVID-19 の検査が推奨される。

胸部 X 線写真で肺結核が疑われる症例では喀痰検査を施行し、排菌しているか否かを確認する。インターフェロン  $\gamma$  遊離試験が参考になる場合もある。排菌していない症例でも肺結核の可能性があれば気管支鏡検査の順番を最後にするとともに、必要に応じて N95 マスク着用の準備をしておく。2016 年アンケート調査<sup>4</sup>では、喀痰抗酸菌検査は 16.0%の施設で全例に行われ、ツベルクリン反応は 18.0%、インターフェロン  $\gamma$  遊離試験は 76.7%で症例に応じて行われていた。

## 9. 食事制限

咽喉頭麻酔時または気管支鏡検査時の反射性嘔吐を避けるため、検査前 4 時間程度の絶食が必要である。水分は、検査 2 時間前までは摂取可である。

## 10. 硫酸アトロピンの前投与

BTS のガイドラインでは、硫酸アトロピンの投与は必須とはされていない<sup>1</sup>。また、硫酸アトロピンは緑内障や重症不整脈の患者には禁忌とされている。サルコイドーシスではブドウ膜炎を発症することがあり、気管支鏡の前処置に硫酸アトロピンを使用する時は、急性緑内障の発症に十分注意する。

硫酸アトロピンは気道分泌量の低減、徐脈や気管支収縮予防に有用な前投薬と考えられていたが、最近は有用性に対して否定的な報告が多い。気管支鏡検査は患者に対する苦痛が多く、反射などを抑制するために硫酸アトロピンが使用されてきたものと思われる。2006 年アンケート調査<sup>6</sup>では、92%の施設で使用されていたが、2010 年の調査<sup>5</sup>では、31.2%で全例使用、41.8%で症例を選択して使用、2016 年の調査<sup>4</sup>では、8.8%で全例使用、43.3%で症例を選択して使用との結果であり、明らかに使用頻度は減少している。欧米でも使用頻度は減少しており、英国では 29%、米国では 62%の施設が使用している。

気管支鏡ガイドライン策定委員会の報告<sup>7</sup>によると、本邦では前投薬として硫酸アトロピン、塩酸ヒドロキシジン、硫酸アトロピン+塩酸ヒドロキシジンを使用する施設が多い。検査時の不快は塩酸ヒドロキシジン、硫酸アトロピン+塩酸ヒドロキシジンを使用した症例に多い。同報告によれば、ミダゾラムや塩酸ペチジンなどの鎮静薬を使用して短時間の検査に努めることが、苦痛が少ない検査のために有効とされる。

2009 年報告の 1,000 例が登録された抗コリン薬の効果を検討した比較試験<sup>8</sup>では、気道分泌量は、グリコピロレートでは減少したがアトロピンでは変化しなかった。咳嗽、

苦痛、酸素飽和度の変化、気道分泌液量の減少などの変化はなかったが、抗コリン薬の前投薬により血圧と心拍数が有意に増加した。これらの結果から、抗コリン薬は不要であるばかりでなく、有害の可能性があると結論した。その他の無作為比較試験でも、分泌量や合併症発生率に有意差はなかったと報告されている<sup>9,10</sup>。

これらの結果から、現在では硫酸アトロピンは臨床的利益がなく、血行動態へのリスクを増加させる可能性も示唆されており、その投与は推奨できない。

## 11. 検査時の抗菌薬の使用

検査後の発熱は通常気管支鏡下の観察では稀であるが、肺生検やBALを行った場合には10～30%の患者に生じる。しかし、ほとんどの症例では菌培養は陰性であり感染を意味するものではなく、予防的抗菌薬投与は一般的に不要である<sup>1</sup>。無脾症、人工弁移植術後、心内膜炎の既往を有する患者などでは投与が推奨されている。2016年アンケート調査<sup>4</sup>では、予防的抗菌薬の使用をしている施設は54.8%で、そのうち全例に行っている施設は31.9%、症例を選択して使用している施設が68.1%であった。投与時期は気管支鏡検査後が88.7%であった。

気管支鏡検査時に抗菌薬を投与した比較試験のうち、Kanazawa<sup>11</sup>は、913例を、3日間アジスロマイシン（ジスロマック®）500 mg/日、3日間セフカペンピボキシル（フロモックス®）300 mg/日、無投与の3群で比較し、アジスロマイシン群で有意に気道感染症の発症が少なかったと報告した。この結果により、アジスロマイシンは気管支鏡検査に続発する気道感染症の予防に有効であると結論した。一方、Parkら<sup>12</sup>は、143例をアモキシシリン/クラブラン酸投与群と非投与群に分けて、検査後の発熱について検討した結果、アモキシシリン/クラブラン酸は気管支鏡検査後の発熱を減少させないと結論した。両者は検討項目、使用する抗菌薬、試験デザインなどが異なる臨床研究である。

経鼻的、経口的のどちらの挿入でも気管支鏡に鼻腔や口腔内の細菌が付着し<sup>13</sup>、下気道に挿入されるため、下気道感染症のリスクの可能性はある。したがって、気管支鏡検査における抗菌薬の使用は、症例ごとの易感染性、気道病変の程度や種類、感染を合併した時の難治性などに応じて判断すべきと思われる。特に、気道が閉塞や狭窄している症例での肺生検やBALなどの検査後は、気道粘膜の浮腫による閉塞・狭窄の増悪によって感染を引き起こすことがあるので、抗菌薬の投与を考慮する。年齢、基礎疾患やEBUS-TBNA、TBLBなどの検査手技によっても抗菌薬の投与を考慮する。

## 12. 同意文書（IC）の取得

文書による説明と同意書の取得は、緊急時を除き必須である。意識低下などで本人から同意が取れない場合には家族から取得する。緊急時には家族に電話で説明し同意を得ることが望ましく、その旨をカルテに記載する。説明と同意には、検査目的と内容、治

療方針への影響、合併症などをわかりやすく説明することが重要で、気管支鏡検査の忍容性を高めることにもなる。学会のホームページに掲載された各種説明書を参考にされたい。

#### <参考文献>

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: i1-i44.
2. Roizen MF. Cost-effective preoperative laboratory testing. *JAMA*. 1994; 271: 319-21.
3. Yoshida N, Oki K, Sugie T, et al. Complications after transbronchial biopsies in lung cancer cases. *J Jpn Soc Bronchol*. 1991; 13: 242-8.
4. Horinouchi H, Asano F, Okubo K, et al. Current status of diagnostic and therapeutic bronchoscopy in Japan: 2016 national survey of bronchoscopy. *Respir Investig*. 2019; 57: 238-44.
5. Asano F, Aoe M, Ohsaki Y, et al. Deaths and complications associated with respiratory endoscopy: a survey by the Japan Society for Respiratory Endoscopy in 2010. *Respirology*. 2012; 17: 478-85.
6. Niwa H, Tanahashi M, Kondo T, et al. Bronchoscopy in Japan: a survey by the Japan Society for Respiratory Endoscopy in 2006. *Respirology*. 2009; 14: 282-9.
7. Fujisawa T, Kaneko N, Ikeda N, et al. Proposal for safe bronchoscopy which considers patient satisfaction based on a bronchoscopic examination questionnaire. *J Jpn Soc Resp Endoscopy*. 2011; 33: 3-11.
8. Malik JA, Gupta D, Agarwal AN, et al. Anticholinergic premedication for flexible bronchoscopy: a randomized, double-blind, placebo-controlled study of atropine and glycopyrrrolate. *Chest*. 2009; 136: 347-54.
9. Cowl CT, Prakash UB, Kruger BR. The role of anticholinergics in bronchoscopy. A randomized clinical trial. *Chest*. 2000; 118: 188-92.
10. Williams T, Brooks T, Ward C. The role of atropine premedication in fiberoptic bronchoscopy using intravenous midazolam sedation. *Chest*. 1998; 113: 1394-8.
11. Kanazawa H. Efficacy of azithromycin administration in prevention of respiratory tract infection after bronchoscopic biopsy: a randomized, controlled trial. *Respirology*. 2007; 12: 70-5.
12. Park JS, Lee CH, Yim JJ, et al. Impact of antibiotic prophylaxis on postbronchoscopy fever: a randomised controlled study. *Int J Tuberc Lung Dis*. 2011; 15: 528-35.
13. 澁川紀代子、大崎能伸、佐々木高明、他. 気管支鏡の感染対策と予防－気管支鏡挿入経路による分離菌の検討－. *気管支学*. 2006; 28: 628-32.



### 3 抗血栓薬（抗血小板薬・抗凝固薬）服用中患者の扱い

東北大学病院 呼吸器外科 野津田 泰嗣

#### 要約

- ・抗血栓薬服用中の患者の気管支鏡検査においては、検査前に予定した検査手技に伴う出血のリスクを評価することが肝要である。
- ・多くの気管支鏡手技が出血高リスクであり、抗血栓薬の中止、減量、ヘパリン置換を、施設のマニュアルに基づいて行うことが望ましい。

#### 1. はじめに

気管支鏡検査は侵襲の大きい検査法ではあるが、明らかに禁忌とされる症例は少ない。気管支鏡検査において循環・呼吸状態の変動をきたしうる重要な合併症として、出血の危険性があげられる。特に、抗血栓薬を内服し出血傾向のある患者では、血液凝固能及び検査による出血のリスクを評価するとともに、内服薬の中止が可能であるか処方医に確認し、検査計画を立てることが望ましい。本手引き書では、第4版で「気管支鏡検査前の安全対策」として述べられていた抗血栓薬服用中患者の取り扱いについて、新たに項を設けて解説することとした。

#### 2. 抗血小板薬と抗凝固薬

本手引き書において抗血栓薬とは抗血小板薬（アスピリン、チエノピリジン誘導体等）と抗凝固薬（ワルファリン、ヘパリン、タビガトラン等）を合わせた総称とする。

抗血小板薬は循環血液中の血小板を非活性状態に保ち、血小板相互の凝集を生じさせないために使用される。血管腔内で血小板血栓が形成される一連の過程のある段階で、その反応を阻害することで最終的な血小板血栓の形成を抑制する薬物が抗血小板薬である。

抗凝固薬は血液凝固系のいずれかの凝固因子の阻害作用を有する薬物を指し、古典的な抗凝固薬としては、ワルファリンとヘパリンが、また近年ではトロンビンまたはXa因子の直接阻害薬であるDOAC (direct oral anticoagulants)があげられる。

主な抗血小板薬および抗凝固薬について、表1に示す。

#### 3. 気管支鏡検査時の出血リスク評価

抗血小板療法、抗凝固療法を受けている患者の気管支鏡検査を行う場合、検査に伴う出血のリスクを評価する。「非心臓手術における合併症疾患の評価と管理に関するガイドライン」において、気管支鏡下生検は抗血栓薬の継続不可である出血高リスク手技に分類されている<sup>1</sup>。また、「抗血栓薬服用者に対する消化器内視鏡診療ガイドライン」で

は、出血危険度による消化器内視鏡の分類を行っており、多くの観血的処置が出血高危険度に分類されている<sup>2, 3</sup>。気管支鏡検査において、手技別にリスクを検討したエビデンスは存在しないが、消化器内視鏡に準じて考えれば、観察、BAL およびマーキングは出血低リスクで、抗血栓薬は継続可で、中止する場合は当日のみとし、検査直後より再開する。一方で、粘膜病変の擦過、生検、末梢病変の擦過、生検、クライオ生検、EBUS-TBNA、高エネルギー装置を用いた治療などのいずれの手技でも、狭い気道に出血すると重篤な合併症につながる危険が高いこと、直達止血は困難であることから、出血高リスクとし、抗血栓薬の中止、減量、ヘパリン置換、または検査の延期を検討する。また、出血低リスクと評価したものの、検査中に出血リスクの高い処置が必要となった場合は、一旦検査を終了し、出血高リスクに準じて再検査を計画する。

出血リスクからみた手技の分類について、表 2 に示す。

#### 4. 抗血小板薬と抗凝固薬の休薬時のリスク

抗血小板療法、抗凝固療法を受けている患者が観血的処置を受ける場合は、薬剤継続による出血性合併症と、中断による血栓症・塞栓症の相反する重篤な転帰をとることがある。前項でも述べた通り、多くの気管支鏡手技が出血高リスクであり、抗血栓薬の中止、減量、ヘパリン置換が必要となることから、抗血栓薬の中断に伴う血栓塞栓症のリスク評価が重要となる。2010 年の調査では抗血小板薬、抗凝固薬の休薬による血栓塞栓症が 8 例報告されており、0.008%の発症率であった<sup>4</sup>。手術時に抗血小板薬と抗凝固薬の中止を考慮する時は、中止時の血栓症発症のリスクを評価することが推奨されている。表 3 は抗血小板薬（アスピリン、クロピドグレル、シロスタゾール）中止時の血栓症リスク、表 4 は抗凝固薬（ワルファリン、DOAC）中止時の血栓症リスク、表 5 は心房細動患者における脳梗塞発症リスク評価の指標である CHADS<sub>2</sub> スコアを示す。薬剤の中には中止、継続について明らかなエビデンスがないものもある。これまで明らかなエビデンスがないにも関わらず、外科手術に際してはワルファリンを休薬してヘパリン置換することが経験的に行われていた。しかし、「2020 年改訂版不整脈薬物療法ガイドライン」では BRIDGE 試験<sup>5</sup>の結果を踏まえて、ワルファリンおよび DOAC の休薬を要する出血高リスクの外科的手術・処置の際には、ヘパリン置換は不要とされた。一方、表 4 に示す通り、僧帽弁狭窄症や機械弁置換術後および血栓塞栓症リスクが非常に高い患者においてはワルファリン休薬時のヘパリン置換は考慮すべきとされ、DOAC の場合はヘパリン置換を考慮してもよいとされた<sup>6</sup>。

#### 5. 抗血小板療法、抗凝固療法が行われている場合

BTS の 2013 年のガイドラインでは、抗血栓薬（抗血小板薬/抗凝固薬）を使用している患者での気管支鏡検査は、出血量を有意に増加させると記載されている<sup>7</sup>。しかし、この状態での出血は制御可能であるとされている。気管支粘膜生検や TBLB を計画す



る時は、クロピドグレルは7日前から中止し、低用量アスピリンは継続してよいと記載されている。

我が国での気管支鏡検査での現状は厳格である。2016年の調査では、抗血小板薬を使用している患者では、95.1%の施設で休薬して生検を施行している。抗凝固薬に関しては、26.9%が休薬のみで、69.9%が休薬かつヘパリン置換を行ってから生検を施行していた。したがって2010年の調査に比較して、休薬期間において生検すると回答した施設はほぼ同等の割合であった。また、抗血栓薬の休薬または変更に際して、施設で定められたマニュアルに基づいて行っている施設は、22.6%であり、65.7%は医師が各々の症例に応じて対応し、気管支鏡検査を行っていた<sup>8</sup>。

また実臨床においては、複数の併存疾患を有しているため、抗血栓薬を2～3剤併用している患者にしばしば遭遇する。こうした患者の抗血栓薬の継続もしくは中断に伴う出血リスク、血栓リスクのバランス評価と気管支鏡検査の延期を含めた対応については、当該併存疾患の専門医に気管支鏡検査前によく相談し、決定することが重要である。

## 6. 抗血小板薬と抗凝固薬の中止法

薬剤の中止期間については、薬剤ごとに特性を考慮してあらかじめ中止期間を設定しておくといよい。表1に代表的な抗血小板薬と抗凝固薬の手術時における中止期間の目安を示す。気管支鏡検査では消化器内視鏡と出血した際のリスクが異なるので、症例ごとに術前の血栓形成と出血のリスクの兼ね合いを評価した上での対策が必要と思われる。行われる検査のリスクに応じて抗血栓薬の中断の可否を検討し、抗血栓薬の中止が可能であれば薬剤リストの中止期間を参考にして検査予定日から逆算して薬剤を中止する。抗血栓薬が中止できず、ヘパリンに変更が必要な例では、内服中止翌日からヘパリン持続点滴を行い、処置の6時間前にヘパリン点滴を中止する。ヘパリンへの変更が必要でない例では、抗血栓薬を継続する。検査前にAPTT、PT-INR、D-dimer、FDP、AT IIIなどの凝固線溶系の検査を適宜行う。

### 1) ヘパリン置換の方法：典型的な例

抗血栓薬を中止してヘパリン置換をする場合、施設によりいろいろな方法が用いられている。代表的な置換の方法としては以下のものが参考になる。この方法は、抗凝固薬を中断してヘパリンを使用する際に複数の施設が採用している方法である。抗血小板薬を中断してヘパリン置換する場合にはより簡便な方法を採用している施設もあるので、各施設で判断して採用されたい。

例1：ヘパリンNaを200 U/kg/24 hrで持続点滴する。体重50 kgではヘパリンNa 10,000 U=10 ccを40 ccの生理食塩水で溶解して総量50 ccとして、1時間に2 ccで持続点滴する。検査前のAPTTは、投与前の2倍を目標にして投与速度を調節する。

例2：60 kg以下でヘパリンNa 12,000 U=12 ccを24時間の持続点滴で開始して、

APTT が投与前の 2 倍になるように調節する。

いずれも、ヘパリンの開始時期については処置の 4 日前より開始して、APTT を指標に調節することとし、遅くとも検査・処置の 1 日前には開始することが望ましい。

処置・検査を行う 6 時間前にヘパリンを中止して検査、処置を行い、止血が確認されれば、検査・処置後 4～6 時間してからヘパリンを再開する。抗血小板薬、抗凝固薬の再開が可能と判断した時点でヘパリンをテーパリングする。

## 2) 抗血栓薬の休薬方法

図 1 には手術時の抗血小板薬の休薬方法、図 2 には手術時のワルファリン休薬方法で、それぞれヘパリン置換が必要になった場合の例を示す<sup>9)</sup>。これらを参考に、施設ごとに検査の侵襲度に応じた対策を検討することが望まれる。

## <参考文献>

1. 2022 年度合同研究班報告. 非心臓手術における合併心疾患の評価と管理に関するガイドライン (2022 年改訂版). 2022.
2. 藤本一眞、藤城光弘、加藤元嗣、ほか. 抗血栓薬服用者に対する消化器内視鏡診療ガイドライン. 日本消化器内視鏡学会雑誌. 2012;54:2075-102.
3. 加藤元嗣、上堂文也、掃本誠治、ほか. 抗血栓薬服用者に対する消化器内視鏡診療ガイドライン. 直接経口抗凝固薬 (DOAC) を含めた抗凝固薬に関する追補. 日本消化器内視鏡学会雑誌. 2017;Vol.59(7).
4. Asano F、Aoe M、Ohsaki Y、et al. Deaths and complications associated with respiratory endoscopy: a survey by the Japan Society for Respiratory Endoscopy in 2010. *Respirology*. 2012;17:478-86.
5. Douketis JD、Spyropoulos AC、Kaatz S、et al. BRIDGE Investigators: Perioperative bridging anticoagulation in patients with atrial fibrillation. *N Engl J Med*. 2015;373:823-33.
6. 2020 年度合同研究班報告. 不整脈薬物療法ガイドライン (2020 年改訂版). 2020.
7. Du Rand IA、Blaikley J、Boaton R、et al. British Thoracic Society guideline for diagnostic flexible bronchoscopy in adults: accredited by NICE. *Thorax*. 2013;68(Suppl 1):i1-i44.
8. Horinouchi H、Asano F、Okubo K、et al. Current status of diagnostic and therapeutic bronchoscopy in Japan: 2016 national survey of bronchoscopy. *Respir Investig*. 2019;57:238-44.
9. 2008 年度合同研究班報告. 循環器疾患における抗凝固・抗血小板療法に関するガイドライン (2009 年改訂版). 2009.
10. Gage BF、Waterman AD、Shannon W、et al. Validation of clinical classification schemes for predicting stroke: Results from the National Registry of Atrial Fibrillation.

JAMA. 2001;285:2864-70.

表 1. 周術期抗血栓薬休薬期間の目安

| 分類    | 一般名                    | 主な商品名    | 拮抗薬     | 休薬期間            |
|-------|------------------------|----------|---------|-----------------|
| 抗血小板薬 | チクロピジン塩酸塩              | パナルジン    | ー       | 10日             |
|       | アスピリン                  | バイアスピリン  | ー       | 7日              |
|       | 【配合剤】アスピリン・ランソプラゾール    | タケルダ     | ー       |                 |
|       | 【配合剤】アスピリン・ボノブラザン      | キャブピリン   | ー       |                 |
|       | 【配合剤】アスピリン・ダイアルミニート    | パファリンA81 | ー       |                 |
|       | クロビドグレル硫酸塩             | ブラビックス   | ー       |                 |
|       | 【配合剤】クロビドグレル硫酸塩・アスピリン  | ゴンブラビン   | ー       |                 |
|       | プラスグレル塩酸塩              | エフィエント   | ー       | 5日              |
|       | イコサペント酸エチル             | エパデール    | ー       |                 |
|       | チカグレロル                 | ブリリント    | ー       |                 |
|       | シロスタゾール                | プレタール    | ー       | 2日              |
|       | ジラゼブ塩酸塩                | コメリアン    | ー       |                 |
|       | トラビジル                  | ロコルナール   | ー       |                 |
|       | ベラプロストナトリウム            | プロサイリン   | ー       | 1日              |
|       | リマプロストアルファデクス          | オバルモン    | ー       |                 |
|       | サルゴグレラート塩酸塩            | アンブラーグ   | ー       |                 |
|       | オザグレルナトリウム             | カタクロット   | ー       |                 |
| 抗凝固薬  | ワルファリンカリウム             | ワーファリン   | ビタミンK製剤 | 5日              |
|       | ダビガトランエチキシラートメタンスルホン酸塩 | ブラザキサ    | プリズバインド | Ccrに依りて<br>2～4日 |
|       | リバーロキサパン               | イグザレルト   | オンデキサ   | 2日              |
|       | アビキサパン                 | エリキュース   | オンデキサ   |                 |
|       | エドキサパントシル酸塩水和物         | リクシアナ    | オンデキサ   |                 |
|       | フォンダパリヌクスナトリウム         | アリクストラ   | ー       | 4日              |

(2023年4月 東北大学病院 医薬品安全管理室作成を一部改変)

- 中止期間については、治療の目安とする。
- 各薬剤の効果には変動がありPT-INRやAPTTなどによる効果判定を適宜行う必要がある。
- 参照各ガイドライン
  - Regional Anesthesia in the Patient Receiving Antithrombotic or Thrombolytic Therapy: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Evidence-Based Guidelines (Fourth Edition)
  - 抗血栓薬服用者に対する消化器内視鏡診療ガイドライン（日本消化器内視鏡学会）（2012年版）（2017年追補版）
  - 非心臓手術における合併心疾患の評価と管理に関するガイドライン2022（日本循環器学会、日本心臓病学会）
- 薬剤の投与は、手術や侵襲的処置後、患者の臨床状態に問題がなく出血がないことを確認してから、可及的速やか（注1）に再開する。  
（注1）止血確認した段階の当日夕方または翌日朝から、そのほか、サプリメント、食品などによる影響については、凝固・線溶系の検査で判断する。

表 2. 出血危険度による気管支鏡検査の分類（参考）

| 出血低リスク：抗血栓薬継続可                                                                         | 出血高リスク：抗血栓薬継続不可                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 原則として、抗血栓薬を継続しながら検査を行い、中止する場合は当日のみとし、検査直後より再開する。                                       | 抗血栓薬の継続は不可であり、抗血栓薬の中止、ヘパリン置換、または検査の延期を検討する。                       |
| 観察<br>Bronchoalveolar lavage (BAL)<br>マーキング（色素注入、ICタグ等）<br>気管支充填術<br>気管支拡張術<br>ステント留置術 | 粘膜病変の擦過、生検<br>末梢病変の擦過、生検<br>クライオ生検<br>EBUS-TBNA<br>高エネルギー装置を用いた治療 |

- 1) 様々な検査を、便宜上、一括りとしたが、症例ごとに検査のリスク評価を行う必要がある。
- 2) 出血低リスクと評価したものの、検査中に出血リスクの高い処置が必要となった場合は、一旦検査を終了し、出血高リスクに準じて再検査を予定する。
- 3) 参照各ガイドライン
  - (1) 抗血栓薬服用者に対する消化器内視鏡診療ガイドライン（日本消化器内視鏡学会）（2012年版）（2017年追補版）
  - (2) 非心臓手術における合併心疾患の評価と管理に関するガイドライン2022（日本循環器学会、日本心臓病学会）

## 4 気管支鏡と感染対策

北里大学医学部呼吸器内科学 猶木克彦

### 要約

- ・内視鏡および処置具の適切な洗浄・消毒・滅菌を行う必要がある。
- ・デイスポーザブル製品を可能な限り使用することが望ましい。
- ・N95 マスク、ガウン、帽子、ゴーグルなどを前処置の段階から装着し、すべての患者が感染源になりうるとして standard precaution により検査を行う。

### 1. はじめに

気管支鏡と感染対策で問題となるのは、スコープ本体・処置具を介する被検者間の感染、被検者から検査スタッフへの感染、院内汚染である。近年では COVID-19 のパンデミックを経て、感染対策がより一層大事になっている。本稿は気管支鏡テキスト第 3 版<sup>1</sup>、これまでの手引き書<sup>2-3</sup>とともに最近の文献を参照しながら改訂しているが、手引書の他の項目も参考にして総合的に感染対策をすることが望まれる。なお、今回の改訂にあたり、日本呼吸器内視鏡学会が 2016 年に行った 532 施設に対するアンケート調査の結果も付記している<sup>4-5</sup>。

### 2. 内視鏡及び処置具による被験者間の感染対策

気管支鏡施行に際して留意すべき被検者間の感染は、痰や気道内病原体によるものと、機器・処置具に付着した血液・体液を介するものとがある。すでに感染が判明しているか、もしくは感染症が疑われる患者では検査を後に回すという対策がとられるが、それだけでは不十分である。全ての被験者に感染症が存在すると考え、器具の洗浄・消毒・滅菌を行う必要がある。器具の洗浄・消毒・滅菌に関しては、本学会から発出される「気管支鏡の洗浄・消毒の指針（2024）」を参照されたい。

近年ではデイスポーザブル製品が多く使用されている。無菌組織内に直接進入する生検鉗子、細胞診用ブラシ、TBAC 針など感染の危険性が高いと認識されるものはデイスポーザブル製品の使用が望ましい。鉗子栓や吸引ボタンは構造上、十分な洗浄に手間がかかり滅菌を必要とするため、デイスポーザブル製品を可能な限り使用し感染リスクを低減することが望ましい<sup>6</sup>。リユース製品を使用する際には、取扱説明書に従った洗浄・消毒・滅菌が必要である。2016 年全国アンケート調査では、デイスポーザブルの生検鉗子を使用している施設は 78.4%であった<sup>5</sup>。

### 3. 医療スタッフの感染対策



被検者は常に感染源になる危険性があると認識して、前処置時・検査中・検査後においても感染対策を疎かにしてはいけない。病状、発熱・咳・痰の有無、既往症、胸部X線所見、検査値異常（WBC、CRP、梅毒反応、HBV・HCV など）を確認しておく必要がある。COVID-19 の流行期においては、流行状況に応じて検査前に全例 COVID-19 の検査を施行することや、発熱者との接触歴、症状の有無を確認して検査の延期を検討することが行なわれた<sup>9</sup>。明らかに肺および気道感染が疑われる症例では気管支鏡検査に伴う咳嗽により病原体の飛散が生じることを念頭において感染防御対策を立てる必要があるが、COVID-19、インフルエンザ、肺結核を含め、検査の偽陰性も考慮し、原則はすべての検査において standard precaution で行うべきである。COVID-19 罹患患者では、延期できる場合には感染性が減弱するまで数週間は気管支鏡検査を延期することや CT ガイド下生検など医療スタッフの曝露が気管支鏡よりも軽減される方法が考慮される<sup>10</sup>。結核を疑われる患者においては、喀痰検査や胃液検査などの代替検査での菌の検出を十分に行った上で気管支鏡検査の適応を検討する。

### 1) 経気道感染

COVID-19 のパンデミック以前では結核が最大の問題であった。気管支鏡検査中の結核患者が飛散させる菌量は極めて多く感染の危険性が高く、ガーゼマスクや外科用マスクは不適當であり、N95 微粒子用マスクが医療スタッフ用として推奨される<sup>6</sup>。このマスクは1ミクロン以下の粒子の95%以上を捕集し、結核菌の大きさが2~4ミクロンであることと密着性の良さから気管支鏡検査スタッフの結核感染防止に適する。さらに COVID-19 感染対策としても有用であり、流行期・地域では常時使用することが推奨されている<sup>7</sup>。N95 マスク以外ではガウン、帽子、ゴーグルなどの個人防護具（personal protective equipment, PPE）は前処置の時点から装着することが必要である。N95 マスクは8時間程度の継続もしくは繰り返し使用は容認されるが、その条件として1) 破損していない、呼吸をするのに抵抗がある、汚染していない、2) エアロゾル産生手技や密接な接触の後には廃棄する、3) マスクに触る前後に適切に手洗いをしている、ことが挙げられ、気管支鏡終了後には廃棄することが勧められる<sup>7</sup>。個人防護具（PPE）は適切な着脱手順に従うことが重要であり、スタッフへの教育は必須である<sup>10</sup>。COVID-19 流行期において気管支鏡前の COVID-19 検査を必須としなかった施設でも、N95 マスクを必須とした上でガウン、帽子、ゴーグル、サージカルマスクを使用した場合、医療スタッフへの COVID-19 感染は認められなかったとの報告がある<sup>11</sup>。結核や COVID-19 といった感染症は、病院内での集団感染発生の危険性があるため、気管支鏡スタッフは常に感染防御には留意すべきである。また、スタッフは体調の確認とともに、定期健康診断時に胸部X線検査を受ける必要がある。

院内感染を防止するためには消化器内視鏡室と分けて専用検査室にすることが望ましい。また、気管支鏡検査室の室内空気圧を外部に対して陰圧とすることが望

まれる。部屋やベッドシートなどは、咳嗽が激しい患者の検査後にはアルコールなどでの消毒が望ましい。

2016 年全国アンケート調査<sup>5</sup>では、結核を含む喀痰細菌学的検査を全例に行う施設は 16.0%であったが、症例を選んで行う施設は 80.8%であった。結核に関して IGRA 検査を全例に行う施設は 3.3%、症例を選択して行う施設は 73.4%であった。感染防除として、マスク着用は 100%であり、そのうち常時 N95 マスクを使用していると答えた施設は 17.7%であったが COVID-19 パンデミック後は増加していると考えられる。手袋、ガウン、フェイスシールドを全例で着用するのはそれぞれ 99.3%、47.0%、25.5%であった。

## 2) その他の経路による感染

針刺し事故の予防のためにも生検鉗子、TBAC 針その他の処置具は、全てデイスポーザブルとすることが望ましい。また処置や洗浄に際しては、手袋、ガウン、防水エプロンなどの装着が必要である。スタッフは HB ワクチン接種など自己防衛を行う必要がある。

2016 年全国アンケート調査<sup>5</sup>では、血清梅毒反応、HBV 抗原、HCV 抗体、HIV 抗体を全例で検査をする施設はそれぞれ 64.0%、81.2%、80.5%、14.4%であった。

## 4. COVID-19 の管理における気管支鏡

明らかな COVID-19 重症患者における気管支鏡検査に関して、その必要性、注意点などが報告されている<sup>10,12-15</sup>。常に必要性和リスク（医療者への感染、患者への負担）を検討して実施の可否を決定する。COVID-19 患者の管理は複雑であるが、以下のような場合に気管支鏡が有用な可能性がある。1) 気道分泌物による気管気管支閉塞（細菌感染の合併、人工呼吸器関連肺炎）、2) 血痰の出現、3) 気管切開患者における気道浄化、合併症の確認、4) 気管挿管チューブ抜去の可能性の評価、5) COVID-19 関連肺アスペルギルス症の診断、などである。COVID-19 患者における気管支鏡検査のシステマティックレビューによると、人工呼吸患者での気管支鏡の合併症は軽微で、頻度も少なかったとの報告があり<sup>14</sup>、最も多い合併症は一過性の低酸素血症 ( $\text{SpO}_2 < 90\%$ ) であった。一方で、非侵襲的陽圧換気が必要な重篤な低酸素血症の患者においては、挿管管理が必要となる重篤な低酸素血症を引き起こすリスクがあるとされており、注意が必要である。

## 5. おわりに

気管支鏡被検者は全て感染源となる危険性があると認識して気管支鏡およびその周辺機器の洗浄・消毒・滅菌には細心の注意を払うべきである。医療スタッフも自身および周囲スタッフへの感染防御について留意するとともに、検査室の換気・清潔<sup>8</sup>にも注意

を払う必要がある。

#### <参考文献>

1. 気管支鏡テキスト 第3版、日本呼吸器内視鏡学会編、医学書院、2019年3月.
2. 手引書－気管支鏡検査を安全に行うために－. 日本呼吸器内視鏡学会安全対策委員会, 編 Ver. 4.0. 2017.
3. 手引書－気管支鏡検査を安全に行うために－. 日本呼吸器内視鏡学会安全対策委員会, 編 Ver. 3.0. 2013.
4. Asano F, Aoe M, Ohsaki Y, et al. Deaths and complications associated with respiratory endoscopy: a survey by the Japan Society for Respiratory Endoscopy in 2010. *Respirology*. 2012; 17: 478-85.
5. Horinouchi H, Asano F, Okubo K, et al. Current status of diagnostic and therapeutic bronchoscopy in Japan: 2016 national survey of bronchoscopy. *Respir Investig*. 2019; 57: 238-44.
6. 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): i1-i44.
7. Wahidi MM, Shojaee S, Lamb CR, et al. The Use of Bronchoscopy During the Coronavirus Disease 2019 Pandemic: CHEST/AABIP Guideline and Expert Panel Report. *Chest*. 2020; 158: 1268-81.
8. The American Institute of Architects Academy of Architecture for Health, The Facility Guidelines Institute with assistance from the U.S. Department of Health and Human Services. *Guidelines for Design and Construction of Hospital and Health Care Facilities*. Washington D.C.: The American Institute of Architects Press; 2001.
9. Steinfert DP, Herth FJF, Irving LB, et al. Safe performance of diagnostic bronchoscopy/EBUS during the SARS-CoV-2 pandemic. *Respirology*. 2020; 25: 703-8.
10. Pritchett MA, Oberg CL, Belanger A, et al. Society for Advanced Bronchoscopy Consensus Statement and Guidelines for bronchoscopy and airway management amid the COVID-19 pandemic. *J Thorac Dis*. 2020; 12: 1781-98.
11. Abbas HK, Alzghoul BN, Jaber JF, et al. Low Risk of COVID-19 Infection Among Bronchoscopy Suite Personnel in a Hospital Without Preprocedural Outpatient Testing Mandate. *Chest*. 2021; 160: 1565-7.
12. Piro R, Casalini E, Livrieri F, et al. Interventional pulmonology during COVID-19 pandemic: current evidence and future perspectives. *J Thorac Dis*. 2021; 13: 2495-509.
13. Houston SA, Gu Y, Vandemoortele T, et al. Bronchoscopy during the COVID-19 pandemic: A Canadian Thoracic Society Position Statement update. *Canadian Journal of Respiratory, Critical Care, and Sleep Medicine*. 2022; 337-43,

14. Saha BK, Chaudhary R, Saha S, et al. Bronchoscopy During Coronavirus Disease 2019 Pandemic: A Bronchoscopist's Perspective. *Crit Care Explor.* 2021; 3(9):e0522.
15. Guidance on bronchoscopy (Last update 22/4/2022) in COVID-19: information for the respiratory community, British Thoracic Society. (accessed on 12, Mar, 2024)  
<https://www.brit-thoracic.org.uk/quality-improvement/covid-19/covid-19-information-for-the-respiratory-community/>

## 5. 気管支鏡検査（・治療）中、検査後の安全対策（検体取り扱いにおける安全対策を含む）

国立病院機構南岡山医療センター 呼吸器・アレルギー内科 谷本 安

### 要約

- ・経口挿入、経鼻挿入ともに、出血のリスクが高い場合や、処置のために気管支鏡の出し入れを行うことが予想される場合には、気管支鏡ガイド下に気管チューブを挿管することを考慮する。
- ・気管支鏡検査中には、心拍数、血圧、酸素飽和度（SpO<sub>2</sub>）を繰り返し記録することが望ましく、特にSpO<sub>2</sub>は全ての患者で持続的にモニタリングすることが勧められる。また、不整脈の高リスク患者の場合には、心電図モニターも装着する。
- ・生検施行後1～2時間後に胸部X線写真を撮影する。気管支鏡検査の合併症（発熱、生検後の遅発性気胸など）とその対処法を書面で十分に説明する。
- ・気管支鏡検査で鎮静を受けた患者は、検査後一定時間は車の運転を行わないなど、検査後の注意事項について、検査前に書面で説明と同意を得ておく。
- ・気管支鏡検査は咳を誘発する操作や検体採取によって、検査や検体の処理に関わる全てのスタッフに感染のリスクを伴うことに留意し、患者情報の共有に努める。

### 1. はじめに

気管支鏡検査は一定の侵襲を伴う検査法ではあるが、明らかに禁忌とされる症例は少ない。検査前には、基礎疾患の把握や呼吸・循環機能、凝固系、感染症の評価を行って、術中に起こり得る合併症の発生の予測と予防のため、的確な術前評価をしておく必要がある。検査時には、気管支鏡自体による気道占拠や各種処置によって低酸素血症や不整脈、出血のリスクがあり、本稿では気管支鏡検査中と検査後の安全対策について述べる。また、検体取り扱いにおける安全対策についても言及する。

### 2. 気管支鏡検査中の安全対策

#### 1) 気管支鏡の挿入経路

2016年アンケート調査では、気管支鏡はほとんどの施設・症例で経口挿入されており（70%以上の症例で経口挿入 94.9%、ほぼ全例で経鼻挿入 3.2%）、安全対策として気管内挿管をしている施設は12.0%であった<sup>1</sup>。細径・極細径気管支鏡は、鼻腔に与えるダメージが少なく咽頭反射も一般的に軽いため、今後の使用の増加に伴って経鼻挿入を選択する機会も増すものと考えられる。

経口挿入、経鼻挿入ともに、出血のリスクが高い場合や、処置のために気管支鏡

の出し入れを行うことが予想される場合には、気管支鏡ガイド下に気管チューブを挿管することを考慮する<sup>2</sup>。

## 2) 検査中のモニタリングと記録

気管支鏡検査中に患者は声による意思表示ができないため、モニタリングを十分に行って異常事態を的確に察知することが安全のために重要である。

BTSガイドライン（2013年）では、全ての患者で検査前・検査中・検査後に心拍数、血圧、経皮的動脈血酸素飽和度（SpO<sub>2</sub>）を繰り返し測定することが推奨されている（Grade D）<sup>3</sup>。特にSpO<sub>2</sub>は低酸素血症を評価するのに正確で非侵襲的な方法であり<sup>4-6</sup>、検査中は持続的にモニタリングされることが望ましい（Grade C）<sup>3</sup>。不整脈を呈する患者の頻度は、検査中・検査後に増加することが示されており<sup>7-9</sup>、酸素投与の有無とは有意な相関ないとする報告<sup>7</sup>や心室性不整脈が酸素飽和度低値と相関するとの報告<sup>9</sup>がある。BTSガイドライン（2013年）では、心電図（ECG）モニターは不整脈の高リスク患者の場合に装着することが推奨されている（Grade D）<sup>3</sup>。また、このような患者においては、SpO<sub>2</sub>、心拍数や血圧を良好な値に保つことが望ましい（Grade D）。

SpO<sub>2</sub>、心拍数や血圧は測定された場合、記録として診療録あるいは検査報告書に記載する。SpO<sub>2</sub>やECG持続モニタリングの記録も保存されることが望ましいが、少なくとも検査前後を含めた間欠的な記録を残す必要がある。2016年アンケート調査でのモニタリング施行率は、SpO<sub>2</sub> 100%、血圧（間欠的測定）96.3%、ECGモニター 82.1% であった<sup>1</sup>。

## 3) 酸素投与

一般的な酸素療法の原則に従って、検査中・検査後を通じてSpO<sub>2</sub>を少なくとも90%（PaO<sub>2</sub>で約60 torr）以上に保つことが望ましく、概ね2~3L/分の酸素投与で低酸素血症を効果的に改善する<sup>6</sup>。BTSガイドライン（2013年）では、SpO<sub>2</sub>値が4ポイントを超える低下、あるいは90%未満となる低下が遷延する（1分を超える）場合に酸素投与が推奨されている（Grade D）<sup>3</sup>。2016年アンケート調査では、全例に投与している施設が39.2%、必要な場合に酸素を投与している施設が残りの60.8%であった<sup>1</sup>。ただし、検査前に血中炭酸ガス濃度の増加がみられる患者では、酸素投与や鎮静剤投与が炭酸ガスの貯留をもたらす危険があり、鎮静剤投与は避けるべきであり酸素投与も慎重に行う。

## 4) 静脈路の確保

鎮静剤を使用する場合は必ず、また使用しない場合でも検査中から検査後（回復室で鎮静状態から回復するまで）まで静脈路の確保が望ましい。2016年アンケート



ト調査では鎮静剤使用の有無にかかわらず静脈路を確保している施設が76.0%であった。また、49%の施設で鎮静剤の経静脈投与がルーチンに行われていた<sup>1</sup>。

#### 5) 救急カート

気管支鏡検査時には、呼吸停止、ショック、リドカイン中毒、致死的不整脈などの救急処置を必要とする状況が発生する可能性を念頭に置いて、検査室に救急カートを常備しておく必要がある。2016年アンケート調査では98.8%の施設で救急カートが準備され、74.6%の施設で除細動器あるいはAEDが検査室に設置されていた<sup>1</sup>。

### 3. 気管支鏡検査後の安全対策

#### 1) 胸部X線写真

肺生検を施行した患者においては、BTSガイドライン（2013年）では患者が症状を訴えたり、臨床的に気胸が疑われるときに胸部X線写真を撮影することが推奨されている（Grade D）<sup>3</sup>。我が国では医療事情の違いもあり、多くの施設で生検後1～2時間で胸部X線写真の撮影が行われている<sup>2</sup>。2016年アンケート調査では、全例で撮影している施設が43.5%、症例（肺生検施行例など）を選択して撮影している施設が40.2%、透視下でのチェックにとどめている施設が14.3%、気胸を疑う症状がなければこれらを行わない施設が2.1%であった<sup>1</sup>。

#### 2) 患者・家族への対応・説明

肺生検を施行した患者においては、生検後2時間以上経過してから発症する遅発性気胸も稀ではなく、その対処法も含めて書面で十分に説明する（Grade D）<sup>3</sup>。気管支鏡検査で鎮静を受けた患者は、検査後一定時間は車の運転や重要な判断を要する仕事は避けるなど、検査後の注意事項について、検査前に書面で説明と同意を得ておく<sup>2</sup>。また、抗菌薬の投与は発熱や肺炎を予防しないとされており

（Grade B）<sup>3</sup>、気管支鏡検査後の発熱についてはその対処法も含めて書面で十分に説明する（Grade C）<sup>3</sup>。なお、EBUS-TBNAにおいては、頻度は低いものの縦隔炎を含む重症感染症のリスクがあり<sup>10</sup>、その予防は今後の課題である。

### 4. 検体取り扱いにおける安全対策

気管支鏡検査は咳を誘発する操作や検体採取によって、検査に関わるスタッフに感染のリスクがあることに留意する。

具体的には、結核を疑う患者、結核が否定されていない患者でエアロゾルが発生するような検査や処置を行う場合には、N95マスクの着用や検査室の換気を含めた空気感染対策が必要である。EBUS-TBNA施行時に迅速細胞診（ROSE）で検査室に入る検

査技師も含めて、検査に関わるスタッフ全員に患者の情報が共有されていることが重要である。

また、針刺しによる血液・体液曝露防止のため、術者や介助者は針生検後の針の取り扱いに細心の注意を払う。鉗子生検後、鉗子から採取組織を取り出す場合に用いる注射針についても針刺しが起こらないように注意する。BTSガイドライン（2013年）では、刃先のある鋭利な注射針ではなく、刃先のない針（ブラント針など）や滅菌したプラスチック製楊枝の使用が推奨されている（Grade D）<sup>3</sup>。組織が微小で取り出しにくい場合には、濾紙を鉗子先端で噛んで付着させる方法もある。

さらに、検査室の検体処理の際に曝露する可能性のある病原体、特に結核菌、非結核性抗酸菌やアスペルギルスなどの検出が想定される場合、その他、コクシジオイデスなどの輸入真菌症が疑われる場合には、必ず検査室に連絡する<sup>2</sup>。

#### <参考文献>

1. Horinouchi H, Asano F, Okubo K, et al. Current status of diagnostic and therapeutic bronchoscopy in Japan: 2016 national survey of bronchoscopy. *Respir Investig*. 2019; 57: 238-44.
2. 気管支鏡テキスト. 日本呼吸器内視鏡学会, 編集. 第3版. 東京: 医学書院; 2019.
3. 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): i1-i44.
4. Yildiz P, Özgül A, Yılmaz V. Changes in oxygen saturation in patients undergoing fiberoptic bronchoscopy. *Chest*. 2002; 121: 1007-8.
5. Maranetra N, Pushpakom R, Bovornkitti S. Oxygen desaturation during fiberoptic bronchoscopy. *J Med Assoc Thai*. 1990; 73: 258-63.
6. Milman N, Faurschou P, Grode G, et al. Pulse oximetry during fiberoptic bronchoscopy in local anesthesia: frequency of hypoxaemia and effect of oxygen supplementation. *Respiration*. 1994; 61: 342-7.
7. Schiffman PL, Westlake RE, Fourre JA, et al. Arterial oxygen saturation and cardiac rhythm during transoral fiberoptic bronchoscopy. *J Med Soc N J*. 1982; 79: 723-6.
8. Payne CB Jr, Goyal PC, Gupta SC. Effects of transoral and transnasal fiberoptic bronchoscopy on oxygenation and cardiac rhythm. *Endoscopy*. 1986; 18: 1-3.
9. Katz AS, Michelson EL, Stawicki J, et al. Cardiac arrhythmias. Frequency during fiberoptic bronchoscopy and correlation with hypoxemia. *Arch Intern Med*. 1981; 141: 603-6.
10. Asano F, Aoe M, Ohsaki Y, et al. Complications associated with endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration: a nationwide survey by the Japan

Society for Respiratory Endoscopy. *Respir Res.* 2013; 14: 50.

## 6 放射線被ばく

大阪国際がんセンター 井上貴子

### 要約

・「職業被ばく」について実効線量で5年間100mSvかつ1年間で最大50mSvを被ばく線量の上限値とする。

・最も注力すべきは「発生源のコントロール」であり、発生装置の条件設定や撮影手法の検討、次いで遮蔽板などの適切な利用による作業管理である。

・防護衣は被ばくを90%以上軽減することができるため必ず着用する。手技の際に透視台の近傍に立つ術者と医療スタッフは水晶体の被ばく低減のために防護メガネを着用する。

### 1. はじめに

本安全指針は国際放射線防護安全委員会（ICRP）の勧告<sup>1,2</sup>及び日本医学放射線学会を中心に作成された「放射線安全に係るガイドライン」<sup>3</sup>を参照し、呼吸器内視鏡検査について作成した。放射線を利用する際には前述のガイドラインを確認し対応することが求められる。

放射線を使用している診療科で働く人々にとって、放射線防護の訓練と自身の放射線被ばく線量に関してモニタリングが必要である。このような診療科以外では診断手技あるいはインターベンションにおいてX線使用の十分な教育がなされていない<sup>1,2</sup>。特にX線透視装置は従事者や患者に比較的高い被ばくを生じさせる可能性がある。

### 2. 医療放射線の安全衛生管理の原則

放射線を医療スタッフが安全に利用する原則は、労働安全衛生管理の5管理に準ずる。

- 1) 放射線に係る安全管理体制の院内での構築・放射線QA委員会等の設置や統括安全管理責任者、実務担当者の配備
- 2) 放射線診療室内やその周辺の放射線量の計測、個人線量計を用いた実効線量や等価線量の個人モニタリング等の作業環境管理
- 3) 放射線診療の手技毎の手順書の作成や防護用具の整備を行う作業管理
- 4) 放射線診療従事者を対象として、一般健康診断に追加する特殊健康診断の実施による健康管理
- 5) 放射線診療に従事する者への配置前と定期的教育訓練

### 3. 被ばく管理の基本と法令

ICRP の 2007 年の勧告<sup>12</sup>では、「職業被ばく」について実効線量で 5 年間 100mSv かつ 1 年間で最大 50mSv を被ばく線量の上限值としている。

放射線に関して医療スタッフが確認すべき法令に、放射線同位元素等の規制に関する法律 (RI 法)、医療法、労働安全衛生法の電離放射線障害防止規則 (電離則) 等がある。保健所は医療法第 25 条第 1 項に基づく立ち入り検査を実施し適正な管理を行っているかを検査する。

### 4. 放射線被ばくによる健康被害について

電離放射線の健康への影響は 2 つのタイプに分類される。

#### 1) 組織反応 (数週間から 1 年程度で確認される影響)

皮膚紅斑、脱毛、白内障、不妊症、循環器疾患などが報告されている。組織反応のしきい値は通常非常に高いため、適切な放射線防護が実施されていれば、これらのしきい値に達しない。呼吸器内視鏡検査における皮膚紅斑、脱毛、不妊はほとんど報告されていない。しかし、放射線性白内障は X 線を使ったインターベンションに関与している従事者に見られることが報告されている。低線量の電離放射線に被ばくした集団での水晶体混濁のリスクを示唆する研究がある<sup>4</sup>。

#### 2) 確率的影響 (発現するまでに年単位または十年単位の時間がかかる可能性がある影響)

がんや遺伝的影響がこれにあたる。

臓器線量が >100mGy となると発がん効果が高くなる。非常に低い線量であつてもリスクは存在すると仮定される。防護を達成する最善の方法は被ばくの最適化と、放射線被ばくの低減、かつ臨床的有用性の担保である。

### 5. 放射線を安全に利用するために必要な事項<sup>3</sup>

最も重要なのは発生装置の条件設定や撮影手法の検討、次いで遮蔽版などの適切な利用による作業の管理である。これらで十分なコントロールができない時に保護具の利用を検討することが、労働安全衛生管理の基本となる。

#### 1) 防護衣の着用

放射線を遮る割合は、鉛を基準 (鉛当量) として表示され、0.25mm と 0.35mm の鉛当量の防護衣がある。一般的に使用する放射線の強さでは、0.25 mm で検査室内に散乱する放射線を 90%、0.35 mm では 95% 遮蔽する能力を持っている。遮蔽する能力が上昇する分、重量が増すことになるため、各自の診療内容に合わせて防護衣のタイプ (セパレートタイプ・背面が空いたエプロンタイプ等) を選択する。

ネックガードは甲状腺と頸髄の被ばく軽減に効果がある<sup>5</sup>。しかし、成人の場合甲状腺は放射線の影響を強く受ける臓器ではないため、各自の被ばく線量に応じて、無理のない範囲で着用する。

## 2) 防護メガネの着用

従来は被ばくによる水晶体の微小混濁が視力低下にまで発展するとは考えられていなかったが、最近になり視力障害性白内障へ進行する場合があることが検証され、現在は微小混濁のしきい値 0.5Gy を放射線による水晶体障害のしきい線量として採用している。

基本的には後述の遮蔽版の利用が推奨されるが、呼吸器内視鏡では術者と患者の立ち位置上、遮蔽版の利用が難しいことが多い。そのため、手技の際に透視台の近傍に立つ術者と医療スタッフは防護メガネを着用することが望ましい<sup>6</sup>。

水晶体の等価線量限度は 2021 年の改正施行後は 1 年間で最大 50mSv、5 年で 100mSv となっている。適切な防護具の利用や被ばくに配慮した透視技術を用いることで、水晶体の線量は 20mSv 以下に抑えられる。個人線量計を用いた測定方法でこれを超えた従事者は、その時点で 5 年間管理の対象者とし、5 年間で 100mSv を超えないように管理する。労働安全衛生規則第 596 条では、保護具は同時に作業をする従事者の人数と同数以上を備え、常時有効かつ清潔に保持することを事業者に求めているので、安全衛生管理上も、必要な人数分以上の防護メガネを備えておくことが求められる。

## 3) 遮蔽版の利用

患者の臥床するテーブルよりも上方に X 線管がある場合は、放射線防護用掛布を装着することで散乱線を遮蔽できる<sup>7</sup>。端が患者の体表に到達するように調節する。患者の臥床するテーブルよりも下方に X 線管がある場合は、患者の体調が許せば、患者の身体の上で照射範囲外に放射線防護用掛布をかけるか防護衣をかけることで散乱線を遮蔽できる。また L 字遮蔽板の利用は一定の効果がある<sup>8</sup>。

## 4) 立ち位置への配慮

患者に照射した X 線はほとんどが患者体内に吸収され、一部が受像機に到達して画像となる。その他は患者体内で散乱を繰り返した後に散乱線として体外に放出される。この散乱線により医療スタッフは被ばくする。散乱線の量は場所によるムラがあり、X 線管側が高くなるため医療スタッフは出来るだけ X 線管から 1.5m 以上離れるよう配慮する。

## 5) 手指の被ばくへの配慮



ほとんどの透視装置には、被写体の大きさに応じて自動的に画質を調整する自動調節機能があるため、術者や介助者の手が患者の上に乗ると装置は体厚の大きな被写体になったと判断して自動的に X 線量を増加させる。やむを得ず直接線下に術者や介助者の手指が入った場合には、可能な限り医療スタッフの手の被ばくが低減できるような手段を講じる（低いパルスレート、照射時間の短縮など）。

#### 6) パルスレート

透視時の X 線照射は連続ではなく、間欠的なパルス透視である。1 秒間に放射線が照射される数をフレーム数またはパルスレート (f/秒) と呼ぶ。パルスレートが低いほどパルスの間隔が空くため、画像はコマ飛びしたように見にくくなるが、放射線量は減る。最近では「動き補正」などのデジタル処理技術の発達により低いパルスレートを選択する施設が増えている。常に鮮明な透視画像を求めるのではなく、支障のない範囲でこまめにパルスレートを下げるように心がける。診療放射線技師が透視線量の管理を担当する施設では事前に術者が診療放射線技師と許容できるパルスレートを打ち合わせることが必要である。

#### 7) エックス線撮影

X 線撮影は透視の 10 倍程度の線量になるため、可能な限り検査台から離れ、できれば室外に退避する。

#### 8) 「絞り」の活用

X 線管前面のコリメーターに内蔵されている「絞り」を使用して撮影範囲の調整を行う。「絞り」を使用しないことは目的外の臓器への被ばくを意味する。患者線量の低減だけでなく、患者からの散乱線による術者の被ばく低減にも繋がる。効果的な「絞り」を行うために、観察を要する範囲を事前に照射を担当するスタッフと共有することが重要である。

#### 9) 拡大透視とデジタルズーム

通常の拡大透視は小さな範囲を鮮明に画像化できるが、患者に照射する線量が増加する。多用すると皮膚線量の増加となる。単位容積あたりの患者被ばくは増えるが照射される面積は小さくなるため、術者への散乱線はそれほど多くならないが、皮膚障害を回避するためにも拡大透視の使用には配慮が必要である。画像を画素ごとに単純に拡大するデジタルズームは多少解像度は落ちるが、通常の拡大透視ほど線量は増加しないため、積極的な利用を推奨する。

#### 10) 手技時の線量記録

検査・治療の終了時に装置に表示されている線量値や透視時間（min）を電子カルテや RIS に記録する。線量値とは患者照射基準点での空気カーマ（mGy）、面積線量（Gy-cm<sup>2</sup>）などである。手技毎の線量を記録することで医療スタッフが線量を意識するようになり、線量低減の啓発になると報告されている<sup>1)</sup>。

#### 11) 手技内容の共有

当日の手技の概略を、術者が医療スタッフに事前に共有する。検査・治療の行程が事前に用意されれば、適切な遮蔽版・防護メガネ、照射範囲の事前準備により検査時間の短縮につながる。

#### 12) 患者線量低減と術者の線量低減の関係

患者の線量を低減させる行為は、患者からの散乱線を低減による従事者の被ばく低減につながる。特に以下の4項目は効果的な手法である。

- A) X線受像器を出来るだけ患者に近づける。
- B) 透視時間を短く、透視する場面を限定する。
- C) 透視のパルスレートを画質が許容される範囲で出来るだけ低レートにする。
- D) 照射野を必要な範囲に絞る。

### 6. 個人モニタリング

線量測定は適切な方法で実施する必要がある。管理区域に立ち入る場合、一時的に立ち入る場合も含めて全ての医療者が胸または腹部に放射線測定器を装着しなくてはならない。防護衣などを使用する場合は、不均等被ばくであるため体幹部及び末端部のそれぞれについて最も多く放射線にさらされるおそれのある部位に装着することが必要である。放射線非専門部門においては個人モニタリングが必要とされているにもかかわらず、個人線量計の不使用または規則に従わない使用が依然として多くの病院で主要な問題の一つとなっている<sup>9)</sup>。

#### <参考文献>

1. Rehani MM、Ciraj-Bjelac O、Vano E、et al. ICRP Publication 117. Radiological protection in fluoroscopically guided procedures performed outside the imaging department. Ann ICRP. Dec 2010;40(6):1-102. doi:10.1016/j.icrp.2012.03.001
2. 日本アイソトープ協会. ICRP publ.103 国際放射線防護委員会の2007年勧告.5.10 線量限度、. 2007. [https://www.icrp.org/docs/P117\\_Japanese.pdf](https://www.icrp.org/docs/P117_Japanese.pdf)
3. 公益財団法人日本医学放射線学会. 医療スタッフの放射線安全に係るガイドライン～水晶体の被ばく管理を中心に～. <https://www.jaam.jp/info/2020/files/info-20201009.pdf>

4. Valentin J. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. *Ann ICRP*. 2000;30(2):7-67. doi:10.1016/S0146-6453(01)00004-5
5. Zuguchi M、 Chida K、 Taura M、 Inaba Y、 Ebata A、 Yamada S. Usefulness of non-lead aprons in radiation protection for physicians performing interventional procedures. *Radiat Prot Dosimetry*. 2008;131(4):531-4. doi:10.1093/rpd/ncn244
6. Vano E. Occupational radiation protection of health workers in imaging. *Radiat Prot Dosimetry*. Apr 2015;164(1-2):126-9. doi:10.1093/rpd/ncu354
7. Kurihara T、 Itoi T、 Sofuni A、 et al. Novel protective lead shield and pulse fluoroscopy can reduce radiation exposure during the ERCP procedure. *Hepatogastroenterology*. May 2012;59(115):709-12. doi:10.5754/hge11764
8. 飯田 泰、 茶島 光、 清水 満、 田村 鋒. 血管撮影領域における術者に対する放射線防護. 原著論文. *日本放射線技術学会雑誌*. 2001.12 2001;57(12):1548-55.
9. Balter S、 Hopewell JW、 Miller DL、 Wagner LK、 Zelefsky MJ. Fluoroscopically guided interventional procedures: a review of radiation effects on patients' skin and hair. *Radiology*. Feb 2010;254(2):326-41. doi:10.1148/radiol.2542082312

## 7 気管支鏡検査の合併症と対策

東邦大学医学部 外科学講座呼吸器外科学分野 東 陽子

### 要約

- ・気管支鏡検査により発生する合併症は軽微なものが多いが、重篤な合併症をきたす可能性を常に念頭に置いて実施する必要がある。
- ・頻度の高い合併症として、気胸、出血、感染/肺炎、低酸素血症が挙げられる。
- ・気管支鏡検査を安全に実施するためには、検査前の正確なリスク評価、検査中のモニタリング、検査後合併症の早期発見・対応が重要である。

### 1. はじめに

気管支鏡検査は、頻度は低いが重大な合併症を引き起こす可能性がある。2009 年に Facciolo らが報告した 20,986 例を対象とした大規模調査では、合併症が 1.1%に起こり、死亡率は 0.02%であった<sup>1</sup>。本邦における 2016 年度の 98,497 例に対する全国調査では、合併症の発症率は 1.84%、死亡は 0.011%と報告されている<sup>2</sup>。合併症は患者の予後や診療に影響を及ぼすため、適切な対策が重要である。本章では、気管支鏡検査に伴い発生する重要な合併症についてまとめた。

### 2. 低酸素血症

低酸素血症の評価には、経皮的動脈血酸素飽和度連続測定（パルスオキシメトリ）が正確で、無侵襲であり、必須である<sup>3-5</sup>。低酸素血症は気管支鏡検査の際によく観察され、鎮静の深さと関係し、声帯通過とともに認められる<sup>3,6-8</sup>。座位での検査で低下し、吸引操作によっても影響を受ける<sup>9,10</sup>。座位では仰臥位より 4%以上、および SpO<sub>2</sub> 90%以下の低下が起こる確率は 2 倍になるとの報告がある<sup>6</sup>。検体採取手技（BAL>洗浄>ブラシ>生検）により低酸素血症をきたす（BAL の 89%、洗浄の 44%、ブラシの 15%、生検の 10%に認められる）が、検査前の酸素飽和度は予測因子とはならない<sup>11</sup>。酸素投与を行わない患者にベンゾジアゼピン系の鎮静を行った場合、気管支鏡施行前に低酸素血症を認めたのは 38%であったが、80%以上の患者に気管支鏡検査手技施行中に低酸素が認められ、検査を終了後も低酸素血症が残る症例は 60%であると報告されている<sup>5</sup>。SpO<sub>2</sub> が 85%以下の低酸素血症を呈する割合は同様に、検査前 10%、検査中 35%、検査後 15%であった。経鼻、経口の挿入経路で低酸素血症の起こる頻度に変化はなかった。

多くの低酸素血症は一過性で酸素投与は不要<sup>12</sup>だが、酸素投与を行うことで低酸素血症を予防することが可能である<sup>5,8,13</sup>。びまん性肺疾患の患者に BAL と生検を行う場合も、通常の酸素投与で低酸素血症を防ぐことができる。気管支鏡検査中に酸素が必要と

なる割合は 1 秒量やピークフローに依存しており、これらの異常値を認める患者において、酸素需要の増加や低酸素血症の発生率上昇が認められると報告されている<sup>7,12</sup>。一方で、BAL の注入量と低酸素血症の発症率には関連がないことが示されている<sup>14,15</sup>。気管支鏡検査中の酸素飽和度の下限については報告が無い。4 L/分の酸素投与を行っても不整脈の発症率には影響がなく<sup>5,13,16</sup>、気管支鏡検査中の低酸素血症と不整脈の発生頻度の関連も認められていない<sup>10</sup>。

低酸素血症は 2~3L の鼻カヌラによる酸素投与で軽減できる<sup>5</sup>。低酸素性呼吸不全（呼吸数 35 回以上、 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \text{ ratio} < 200$ ）では、高流量ベンチュリマスクよりは非侵襲的陽圧換気のほうが低酸素血症の解消に有効である<sup>17</sup>。BAL を行った後の低酸素血症の遷延については 2 時間続くとの研究結果があるが、どの程度酸素投与を継続するかについては明確になっていない<sup>18-20</sup>。

以上から、気管支鏡検査中の低酸素血症は頻度が高いが多くは一過性であり、遷延する場合には慎重な対応が必要となる。低酸素血症は、座位での検査、鎮静薬投与時、1 秒量またはピークフローが低下している患者、検査前より酸素需要を要している患者で発生しやすい。検査中の経鼻あるいは経口カヌラによる 2L/分以上の酸素投与は、酸素飽和度の低下値を抑えることができるが、持続する高度な酸素飽和度低下症例（ $\text{SpO}_2$  の低下  $> 4\%$  または  $\text{SpO}_2 < 90\%$ ）が適応となり、酸素療法のガイダンスの原則に沿って酸素飽和度の目標値を設定する。低酸素血症に関連する合併症の危険性は、 $\text{SpO}_2$  のベースライン値、呼吸機能、併存疾患、鎮静、気管支鏡手技に関連する。よって、検査前にリスク因子の正確な評価を行い、適切なモニタリングのもとで気管支鏡検査を実施する事が重要である。

### 3. 循環器合併症

本邦における 2016 年の気管支鏡全国調査では、気管支鏡を用いた鉗子生検中に発生した循環器合併症（気管支鏡検査中の重篤な循環動態の変化により対応を要したものは 0.06%で、ガイドシースの使用有無で有意差はみられなかった<sup>2</sup>。

気管支鏡検査中の低酸素血症は頻脈（基準値の 40%増加）と血圧上昇（30%増加）、心係数の増加（17~32%増加）による心負荷と関連している<sup>10,21-23</sup>。心筋虚血との関連も示唆されており、気管支鏡検査中のダブルプロダクト（心拍数×収縮期血圧）は無症候性の心筋虚血に近似するとの報告があり、特に高血圧を有する患者で多く認められる<sup>10,21,22</sup>。気管支鏡検査中の収縮期血圧と心拍数の増加に加え、患者背景として高齢、重喫煙者において ST-T 変化や右脚ブロックなどの心電図変化との関連が示されている<sup>23</sup>。また、60 歳以上の患者の約 20%で心臓負荷の兆候が認められる。

### 4. 不整脈

気管支鏡施行中は不整脈が増加することが知られている<sup>13,16,24</sup>。洞性頻脈と心房性また



は心室性期外収縮は、気管支鏡検査前、検査中または検査後に最も高頻度にみられる不整脈である。心室性不整脈（ほとんどは心室性期外収縮、二段脈または三段脈）はファイバーが声帯を通過する際に最も高頻度にみられ、低酸素飽和度に関連している。3分の1の症例においては、3時間以上にわたって酸素飽和度が検査前に比べて低下した状態が持続する。気管支鏡検査中の心筋虚血は、酸素飽和度よりもむしろ心拍数ならびに血圧に関連する。また心筋虚血は加齢ならびに重喫煙と相関する。急性心筋梗塞発症後30日以内の気管支鏡検査は5%の死亡率であるため、明らかな虚血の兆候がなく、臨床的な妥当性が十分に存在する場合にのみ気管支鏡検査が可能である<sup>25</sup>。

以上より、不整脈が予想される場合には酸素飽和度、心拍数、血圧は最適に管理されるべきである。検査後も適切なモニタリングがなされるべきである。British Thoracic Society (BTS) のガイドラインでは鎮静を行う前に静脈ラインを確保し、退院まで維持されるべきであるとしている<sup>26</sup>。

## 5. 出血

本邦の2016年全国調査では<sup>2</sup>、気管支鏡を用いた鉗子生検により重篤な出血（300ml以上の出血あるいは輸血を要したものを）を0.45%に認め、出血は気管支鏡検査による死亡原因の最多を占めていた。ガイドシースの使用有無によって出血の発生率を比較すると、ガイドシースを用いた症例で有意に発症率が低下していた（0.29% vs 0.58%）。EBUS-TBNAにおいては出血が合併症の中で最も頻度が高く、0.40%に認められた。海外では、気管支鏡検査における重篤な出血の発生率は0.26%と報告されている<sup>1</sup>。近年多く施行されているクライオ生検は、従来の鉗子生検と比較して有意に大きな検体が採取できる分、生検時の出血に注意を要する。末梢肺病変の生検では、従来の鉗子生検と比較して中等度の出血は多いが全て制御可能だった<sup>27</sup>。また、びまん性肺疾患に対するクライオ生検時の重篤な出血の発症率は報告によりばらつきがあり0～10%とされている<sup>28</sup>。

出血の危険因子として、生検の種類、凝固障害、血小板数、ヘモグロビン値、クレアチニン値が挙げられるが、確実ではない。高度の出血を呈した症例の大半は凝固能が正常で危険因子を有しておらず、血小板数と凝固能検査からは検査中の出血を予測できないという報告もある<sup>29</sup>。骨髄移植を受けた血小板数 $50,000/\mu\text{l}$ 以下の症例において、気管支鏡検査による出血は6.9%で認められたが、出血は軽微であった<sup>30</sup>。一方、透析症例や透析未導入の腎不全症例では、鉗子生検とTBNAによる合併症の発生率が8%に達すると報告されている<sup>31</sup>。肺移植を受けた症例は頻回に肺生検を行うため、検査中の出血を認める事が多い。気管支鏡検査中の大量出血のリスク因子として、TBLB検査、長時間の検査、高齢者のほかに肺移植症例も示されている<sup>32</sup>。その他、腎細胞癌、甲状腺癌の気道内転移では血流が豊富で大量出血を引き起こしやすいので、安易に生検を行わないことが重要である。大量出血の処置は軟性気管支鏡よりも硬性鏡のほう



が有利であり、易出血性の可視病変の場合にはいざとなれば硬性鏡が行える状況下で生検を行ったほうが安全である。外科手術を必要とする大量咯血症例において、事前に硬性鏡処置を行ったほうが死亡率は低いとされている<sup>33</sup>。

クロピドグレル内服中の症例における気管支鏡下生検時の出血は、クロピドグレル単剤内服で 89%、アスピリンとの併用内服で 100%と高率に認められた<sup>34</sup>。あらゆる気管支鏡手技において出血は多かったものの、気管支鏡による手技で全例止血可能で、クロピドグレル輸血を要する重篤な出血と死亡は稀と報告されている<sup>34</sup>。

以上から、凝固異常をきたす危険因子がある場合には凝固能、血小板数、ヘモグロビン値の測定を行うべきである。血小板数 $>20,000/\mu\text{l}$ であればBALは施行できるが、気管支鏡を使用した生検が予定されている場合には、検査血小板輸血の必要性を血液内科と協議する<sup>26</sup>。抗血栓薬の休薬期間については、別項「抗血栓薬服用中患者の取り扱い」を参照されたい。

気管支鏡検査中の出血の 90%は自然止血あるいはアドレナリンや血管収縮薬（エピネフリンなど）の局所投与によって止血可能である<sup>35</sup>。クライオ生検では気管支鏡の出入れが多いことから、挿管し止血用バルーンをあらかじめ留置して出血に備えることが望ましい。

## 6. 気胸

気管支鏡検査後の気胸は、生検鉗子が臓側胸膜に達してこれを破ると起こるとされている。また、最近頻用されているEBUS-TBNAでは、縦隔リンパ節などの穿刺を行う際に、穿刺針が縦隔側の胸膜に達することにより気胸が起こる。海外の報告では、気管支鏡検査全体における気胸の発生率は0.1~0.16%と低値であるが<sup>1,36</sup>、TBLB後は1~6%と発症率が上昇し<sup>1,36-38</sup>、びまん性肺疾患の診断を目的としたTBLBでは9%とさらに高率になる<sup>38-41</sup>。本邦の2016年全国調査では、鉗子生検後の気胸の発症率は0.7%で、気管支鏡検査による合併症の中で最も頻度が高かった<sup>2</sup>。また、2010年の全国調査におけるEBUS-TBNA後の気胸の発生率は0.03%と報告されている<sup>42</sup>。気管支鏡後の気胸のうち40%は検査後2時間以上経過してから発生し、40~70%は胸腔ドレナージを必要とする<sup>36-38,43</sup>。発生率は年齢、生検数に比例して上昇すると報告されている<sup>39</sup>。気胸の発症を回避するためには、X線透視で胸膜と鉗子の距離を確認すること、患者に胸痛がないのを確認してから生検することが重要である。両側気胸を起こすと呼吸状態が悪化するため、生検は両側から行ってはならない。また、肺気腫や間質性肺炎を合併している症例では気胸を発症しやすいため十分に注意を払う。

BTSのガイドラインでは、症状がない場合の生検直後の胸部X線写真撮影の意義は低い<sup>38,39,44</sup>としている。検査後の胸部X線写真の撮影のタイミングは施設ごとの医療事情にもよるが、検査後1時間もしくは入院中なら検査翌日に撮影する場合が多い。気胸がみられた場合の対応は、自然気胸の場合と同様である。

## 7. 発熱と感染

気管支鏡検査では、① 検査により機器に付着した血液や体液による感染、② 口腔～上気道通過による常在菌の下気道への散布、③ 気管支閉塞や狭窄を伴う病変の生検などの理由から、検査後に発熱を認める場合がある。この発熱が、検査の反応ではなく感染を伴うか否かで対応は異なる。小規模の解析ではあるが、海外では 気管支鏡後の発熱が 5～10%の頻度で起こると報告されている<sup>45,46</sup>。また、本邦の 2016 年の全国調査における鉗子生検後の肺炎は 0.46%で、気胸、出血に次いで多い頻度で認められた<sup>2</sup>。気管支鏡検査後の発熱は通常 40℃以下で平均 14 時間持続するが、胸部 X 線写真上の浸潤影は伴わない<sup>46</sup>。

BAL では、注入した滅菌生理食塩水が肺内に残留するため、検査の約 8 時間後（4～24 時間）に発熱を 13%に認めるという報告がある<sup>46-48</sup>。感染兆候（38℃以上の発熱、好中球増多、CRP、fibrinogen、炎症性サイトカインの増加）を伴う場合が多いが、菌血症の発症はみられていない<sup>45,46,49</sup>。一方、本邦における EBUS-TBNA では 0.19%で検査後に感染症をみとめ、内訳は縦隔炎 7 例、肺炎 4 例、心内膜炎 1 例、嚢胞感染 1 例、敗血症 1 例であった<sup>42</sup>。EBUS-TBNA は頻度は低いが重篤な感染症のリスクがあり、術者に対する教育プログラムが重要である。

気管支鏡検査後の菌血症は 6～8%に認めるのみで<sup>45,50</sup>、多くはコアグラゼ陰性または陽性ブドウ球菌、非溶血性あるいはβ溶血性連鎖球菌、Citrobacter 属、Klebsiella 属によるものである。抗菌薬の予防的投与を行っても、発熱、肺炎、炎症性サイトカインの反応を止める事はできないと考えられており<sup>49,51</sup>、気管支鏡検査時の心内膜炎に対する予防投与は必要ないことが、2008 年 3 月に発表された英国医療技術評価機構のガイダンスで示された<sup>52</sup>。BTS の 2013 年のガイドラインにおいても、気管支鏡前の抗菌薬投与により心内膜炎、気管支鏡後の発熱、肺炎を予防することはできないと記載されている<sup>26</sup>。一方、予防的抗菌薬投与が EBUS-TBNA 施行後の感染症の発症を抑制できるかどうかについては研究報告が少なく、今後の課題と考えられる。

したがって、患者に対して気管支鏡後の発熱に関してインフォームドコンセントの中で十分な説明を行い同意を得ることが必要であり、発熱が認められた場合には適切な管理を行うことが重要である。

## 8. 気管支喘息

別項「特殊病態下の安全対策」を参考にされたい。

### <参考文献>

1. Facciolo N, Patelli M, Gasparini S, et al. Incidence of complications in bronchoscopy. Multicentre prospective study of 20,986 bronchoscopies. Monaldi Arch Chest Dis.

- 2009;71:8-14.
2. Horinouchi H, Asano H, Okubo K, et al. The Incidence of Hemorrhagic Complications Was Lower With the Guide Sheath Than With the Conventional Forceps Biopsy Method Results of Bronchoscopy in the 2016 Nationwide Survey by the Japan Society for Respiratory Endoscopy. *J Bronchol Intervent Pulmonol*. 2020;27:253–8.
  3. Yildiz P, Özgül A, Yılmaz V. Changes in oxygen saturation in patients undergoing fiberoptic bronchoscopy. *Chest*. 2002;121:1007-8.
  4. Maranetra N, Pushpakom R, Bovornkitti S. Oxygen desaturation during fiberoptic bronchoscopy. *J Med Assoc Thai*. 1990;73:258-63.
  5. Milman N, Faurschou P, Grode G, et al. Pulse oximetry during fiberoptic bronchoscopy in local anaesthesia: frequency of hypoxaemia and effect of oxygen supplementation. *Respiration*. 1994;61:342-7.
  6. van Zwam JP, Kapteijns EF, Lahey S, et al. Flexible bronchoscopy in supine or sitting position: a randomized prospective analysis of safety and patient comfort. *J Bronchology Interv Pulmonol*. 2010;17:29-32.
  7. Attaran D, Towhidi M, Amini M, et al. The relationship between peak expiratory flow rate before bronchoscopy and arterial oxygen desaturation during bronchoscopy. *Acta Medica Iranica*. 2008;46:95-8.
  8. Meghjee SP, Marshall M, Redfern EJ, et al. Influence of patient posture on oxygen saturation during fibre-optic bronchoscopy. *Respir Med*. 2001;95:5-8.
  9. Arai T, Hatano Y, Komatsu K, et al. Real-time analysis of the change in arterial oxygen tension during endotracheal suction with a fiberoptic bronchoscope. *Crit Care Med*. 1985;13:855-8.
  10. Lundgren R, Häggmark S, Reiz S. Hemodynamic effects of flexible fiberoptic bronchoscopy performed under topical anesthesia. *Chest*. 1982;82:295-9.
  11. Fang WF, Chen YC, Chung YH, et al. Predictors of oxygen desaturation in patients undergoing diagnostic bronchoscopy. *Chang Gung Med J*. 2006;29:306-12.
  12. Jones AM, O'Driscoll R. Do all patients require supplemental oxygen during flexible bronchoscopy? *Chest*. 2001;119:1906-9.
  13. Schiffman PL, Westlake RE, Fourre JA, et al. Arterial oxygen saturation and cardiac rhythm during transoral fiberoptic bronchoscopy. *J Med Soc N J*. 1982;79:723-6.
  14. Van Vyve T, Chanez P, Bousquet J, et al. Safety of bronchoalveolar lavage and bronchial biopsies in patients with asthma of variable severity. *Am Rev Respir Dis*. 1992;146:116-21.
  15. Pirożyński M, Sliwiński P, Zieliński J. Effect of different volumes of BAL fluid on arterial oxygen saturation. *Eur Respir J*. 1988;1:943-7.

16. Payne CB Jr, Goyal PC, Gupta SC. Effects of transoral and transnasal fiberoptic bronchoscopy on oxygenation and cardiac rhythm. *Endoscopy*. 1986;18:1-3.
17. Antonelli M, Pennisi MA, Conti G, et al. Fiberoptic bronchoscopy during noninvasive positive pressure ventilation delivered by helmet. *Intensive Care Med*. 2003;29:126-9.
18. Cole P, Turton C, Lanyon H, et al. Bronchoalveolar lavage for the preparation of free lung cells: technique and complications. *Br J Dis Chest*. 1980;74:273-8.
19. Sharma GD, Bansal SK, Kashyap S, et al. Effect of fiberoptic bronchoscopy on arterial blood gases and cardiac rhythm at a moderate altitude of 2250 meters. *J Assoc Physicians India*. 1999;47:1056-9.
20. Hendy MS, Bateman JR, Stableforth DE. The influence of transbronchial lung biopsy and bronchoalveolar lavage on arterial blood gas changes occurring in patients with diffuse interstitial lung disease. *Br J Dis Chest*. 1984;78:363-8.
21. Markou NK, Kanakaki MC, Boutzouka E, et al. Fluctuations in gas exchange and cardiovascular parameters during flexible bronchoscopy. *J Bronchol*. 1999;6:241-6.
22. Ouellette DR, Diaz J. Elevation of the double product during flexible bronchoscopy: effects of uncontrolled hypertension and the use of  $\beta$ -blockade. *J Bronchol*. 2008;15: 73-7.
23. Davies L, Mister R, Spence DP, et al. Cardiovascular consequences of fibreoptic bronchoscopy. *Eur Respir J*. 1997;10:695-8.
24. Katz AS, Michelson EL, Stawicki J, et al. Cardiac arrhythmias. Frequency during fiberoptic bronchoscopy and correlation with hypoxemia. *Arch Intern Med*. 1981;141:603-6.
25. Dweik RA, Mehta AC, Meeker DP, et al. Analysis of the safety of bronchoscopy after recent acute myocardial infarction. *Chest*. 1996;110:825-8.
26. 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): i1-i44.
27. Schuhmann M, Bostanci K, Bugalho, A, et al. Endobronchial ultrasound-guided cryobiopsies in peripheral pulmonary lesions: a feasibility study. *Eur Respir J*. 2014;43:233-9.
28. Lentz RJ, Argento AC, Colby TV, et al. Transbronchial cryobiopsy for diffuse parenchymal lung disease: a state-of-the-art review of procedural techniques, current evidence, and future challenges. *J Thorac Dis*. 2017;9:2186-203.
29. Bjørtuft O, Brosstad F, Boe J. Bronchoscopy with transbronchial biopsies: measurement of bleeding volume and evaluation of the predictive value of coagulation tests. *Eur Respir J*. 1998;12:1025-7.
30. Weiss SM, Hert RC, Gianola FJ, et al. Complications of fiberoptic bronchoscopy in

- thrombocytopenic patients. *Chest*. 1993;104:1025-8.
31. Mehta NL, Harkin TJ, Rom WN, et al. Should renal insufficiency be a relative contraindication to bronchoscopic biopsy? *J Bronchol*. 2005;12:81-3.
  32. Diette GB, Wiener CM, White P Jr. The higher risk of bleeding in lung transplant recipients from bronchoscopy is independent of traditional bleeding risks: results of a prospective cohort study. *Chest*. 1999;115:397-402.
  33. Shigemura N, Wan IY, Yu SC, et al. Multidisciplinary management of lifethreatening massive hemoptysis: a 10-year experience. *Ann Thorac Surg*. 2009;87:849-53.
  34. Ernst A, Eberhardt R, Wahidi M, et al. Effect of routine clopidogrel use on bleeding complications after transbronchial biopsy in humans. *Chest*. 2006; 129:734-7.
  35. Kozak EA, Brath LK. Do "screening" coagulation tests predict bleeding in patients undergoing fiberoptic bronchoscopy with biopsy? *Chest*. 1994;106:703-5.
  36. Pue CA, Pacht ER. Complications of fiberoptic bronchoscopy at a university hospital. *Chest*. 1995;107:430-2.
  37. Colt HG, Matsuo T. Hospital charges attributable to bronchoscopy-related complications in outpatients. *Respiration*. 2001; 68: 67-72.
  38. Milman N, Faurschou P, Munch EP, et al. Transbronchial lung biopsy through the fibre optic bronchoscope. Results and complications in 452 examinations. *Respir Med*. 1994;88:749-53.
  39. Izbicki G, Shitrit D, Yarmolovsky A, et al. Is routine chest radiography after transbronchial biopsy necessary?: A prospective study of 350 cases. *Chest*. 2006;129:1561-4.
  40. Ibrahim AS, Allangawi MH, Sattar HA, et al. Indications, diagnostic yields and complications of transbronchial biopsy over 5 years in the State of Qatar. *Saudi Med J*. 2005;26:641-5.
  41. Hue SH. Complications in transbronchial lung biopsy. *Korean J Intern Med*. 1987;2:209-13.
  42. Asano F, Aoe M, Ohsaki Y, et al. Complications associated with endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration: a nationwide survey by the Japan Society for Respiratory Endoscopy. *Respir Res*. 2013;14:50.
  43. Ahmad M, Livingston DR, Golish JA, et al. The safety of outpatient transbronchial biopsy. *Chest*. 1986;90:403-5.
  44. Milam MG, Evins AE, Sahn SA. Immediate chest roentgenography following fiberoptic bronchoscopy. *Chest*. 1989;96:477-9.
  45. Sharif-Kashani B, Shahabi P, Behzadnia N, et al. Incidence of fever and bacteriemia following flexible fiberoptic bronchoscopy: a prospective study. *Acta Med Iran*.

2010;48:385-8.

46. Um SW, Choi CM, Lee CT, et al. Prospective analysis of clinical characteristics and risk factors of postbronchoscopy fever. *Chest*. 2004;125:945-52.
47. Huang YC, Bassett MA, Levin D, et al. Acute phase reaction in healthy volunteers after bronchoscopy with lavage. *Chest*. 2006;129:1565-9.
48. Georgiades G, Myrianthefts P, Venetsanou K, et al. Temperature and serum proinflammatory cytokine changes in patients with NSCLC after BAL. *Lung*. 2003;181:35-47.
49. Park JS, Lee CH, Yim JJ, et al. Impact of antibiotic prophylaxis on postbronchoscopy fever: a randomised controlled study. *Int J Tuberc Lung Dis*. 2011; 15:528-35.
50. Yigla M, Oren I, Bentur L, et al. Incidence of bacteraemia following fiberoptic bronchoscopy. *Eur Respir J*. 1999;14:789-91.
51. Haynes J, Greenstone MA. Fiberoptic bronchoscopy and the use of antibiotic prophylaxis. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1987;294:1199.
52. Centre for Clinical Practice at NICE. Prophylaxis against infective endocarditis (CG64). London: National Institute for Health and Care Excellence (NICE);2008.



## 8 気管支鏡治療の合併症と対策

東邦大学医学部 外科学講座呼吸器外科学分野 東 陽子

### 要約

- ・気管支鏡治療は即効性のある有効な治療法であるが、気道処置に伴う合併症により重篤な病状をきたすリスクを伴っている。
- ・治療には多様なデバイスが用いられるが、共通する代表的な合併症として出血、気道損傷、気道熱傷、呼吸不全が挙げられる。
- ・気管支治療の実施に際しては、デバイスごとの特徴や注意すべき合併症をふまえ対策を立てるとともに、手技の向上を図ることが肝要である。

### 1. はじめに

近年の機器の進歩より、様々なデバイスが気管支鏡治療において臨床使用可能となっている。気管支鏡治療を安全かつ有効に実施するためには、デバイスごとの特徴を把握し、合併症を予想し事前に対策を立てておくことが重要である。本章では、代表的な治療的気管支鏡手技における合併症と対策について述べる。

### 2. 高出力レーザー治療

高出力エネルギーであるレーザーの光を目的とする病変部分に照射し、組織の昇華（蒸散）、焼灼（熱凝固）、壊死によって気道内の腫瘍切除や狭窄部の拡大を行う治療法である。

現在用いられているレーザー光（発生装置）は、Nd-YAG レーザー、DIODE 半導体レーザー、Ho-YAG レーザーなどがある。

レーザーによる組織の昇華効果は非常に強く、瘢痕による良性狭窄などに対しても効果があるが、その長期的効果について Rahman らが、115 例（うち 98 例にレーザー治療を施行）の長期フォローをまとめて、良好な成績を報告している<sup>1</sup>。また、良性疾患に対するレーザー治療の応用として、気管支鏡下に肺膿瘍壁をレーザーで穿破し、気道内に排膿する治療も報告されている<sup>2</sup>。一方、悪性疾患による気道狭窄に対するレーザー治療の評価として Amjadi らは、気道開存率のみならず患者の QOL の面からも有効であると報告している<sup>3</sup>。

2016 年気管支鏡全国調査では、高出力レーザー治療による合併症発症率は 4.44% で<sup>4</sup>、過去の報告でも約 5% の頻度で発生している<sup>5</sup>。治療の実施に際しては、組織内温度の上昇により重篤な合併症の危険性を絶えず伴う事を念頭に置き治療を実施する必要がある。レーザー光線は直進しピンポイントで凝固・蒸散するので誤発射すると正常組織を損傷しうる。高出力レーザー治療において特に注意すべき合併症として、以下 4 項

目が挙げられる。

- 1) 気管支穿孔：レーザー出力を低めに設定し照射することが肝要である。また、患者の呼吸や咳嗽反射などに対応しながら病巣への正確なレーザー照射を心掛ける。気管支穿孔を起こすと、縦隔気腫、縦郭肺炎、気胸などの重篤な病態に陥る可能性がある。
- 2) 出血・血管穿孔：レーザー焼灼により血管を損傷し穿孔すると大出血をきたす場合がある。出血リスクの高い病変に治療を実施する際は、出血対応の容易な硬性気管支鏡下での照射が望ましい。また、大出血に速やかに対応できるよう救急カートも準備しておく。施行医は低出力での照射を心掛け、周囲大血管の解剖学的位置関係を熟知しておく必要がある。
- 3) 急性呼吸不全・肺炎：組織焼灼に伴い発生した煤煙を大量に吸入すると気管支喘息発作様の重篤な呼吸不全が発生しうる。患者の呼気時に合わせた焼灼を心掛け、吸引チャンネルから常に煤煙吸引を行うことが予防に必要である。また、スネアや硬性気管支鏡など他のデバイスによる腫瘍減量を併用し、レーザー焼灼時間の短縮を図ることもリスク軽減に繋がる。
- 4) 発火：高濃度酸素投与下でのレーザー照射は発火による気道熱傷や器機への着火を起こす可能性がある。レーザー照射中の酸素濃度は必ず  $\text{FiO}_2$  0.4 以下に設定する。
- 5) 瘢痕狭窄：広範な焼灼を行った場合などに、数か月後の経過で遅発性の肉芽や瘢痕形成により気道狭窄をきたす場合があり、気管支鏡による定期的な内腔観察を行い早期に対応を図る。

高出力レーザーを使用する際、散乱波などで患者や医療従事者に眼障害や皮膚障害を発生させる可能性があるため、レーザー管理区域は囲い等により他の区域と区画し、ステッカー等の標識により明示することが厚生労働省より「レーザー光線による障害防止対策要綱」において義務付けられている。

### 3. 光線力学的治療法 (photodynamic therapy : PDT)

PDT は腫瘍親和性光感受性物質と低出力レーザー光による光線力学的反応によって活性酸素を生じ、変性・壊死による細胞効果を示す治療である。中心型早期肺癌だけでなく、気道閉塞を伴うような進行肺癌に対しても適用されている。現在、肺癌に対して PDT を行う際には、光感受性物質としてタラポルフィンナトリウム(レザフィリン®)、低出力レーザーとして PD レーザが承認されている。低出力レーザーを使用する際も、レーザー管理区域は囲い等により他の区域と区画し、ステッカー等の標識により明示する必要がある。

PDT により出血や肺炎をきたす事は極めて稀であり、2016 年の気管支鏡全国調査でも

治療による重篤な合併症や死亡はみられなかった<sup>4</sup>。また、進行肺癌による気道狭症例に対する PDT の報告でも、重篤な合併症は認めていない<sup>6</sup>。気管支鏡処置に直接関連したものではないが、PDT に特有の合併症として 90% の割合で日光過敏症が認められ、治療後 2～3 週間は直射日光を回避する必要がある。

#### 4. アルゴンプラズマ凝固 (argon plasma coagulation : APC)

高周波電流によりイオン化されたアルゴンプラズマを用いて局所を凝固する方法で、止血や気道内の腫瘍の凝固、それによる狭窄部の拡大を行う治療法である。レーザーによる治療と比較して、効果の深達度が浅く、組織を昇華する効果は低い、穿孔の危険性は比較的少ない。アルゴンガスの併用により局所の酸素濃度は低くなるため異常発火の危険性もレーザー治療と比較して低い。2016 年気管支鏡全国調査における合併症発症率は 0.61% で、死亡例も認めていない<sup>4</sup>。

APC を用いた治療は、止血凝固効果に優れ、気管支壁の接線病変にも効果的に照射できること、高出力レーザーと比較して機器が比較的安価であることから、近年使用される頻度が多くなっている<sup>7</sup>。しかし、効果深達度が浅いといっても膜様部など壁の薄い場所の病変に対しては穿孔に、さらに高濃度の酸素吸入時の異常発火などには注意が必要である。また、アルゴンプラズマのガス流により病巣部よりガスが血管内に流入し、治療後に空気塞栓を発症する可能性があることが、動物実験<sup>8</sup>や臨床症例<sup>9</sup>で報告されており注意が必要である。

2023 年 7 月 米国にて気管支内視鏡とレーザー治療機器または APC を併用した治療を行った際、気管支内で気管支内視鏡が燃焼する事例が発生したことに対応し、Olympus Corporation of the Americas より自主的な注意喚起が出された。本事例の原因として、プローベ先端位置の確認不足や酸素供給下での実施が考えられたため、日本呼吸器内視鏡学会ホームページにおいてレーザー/APC による焼灼時の以下の留意点について改めて注意喚起している。

- ・ プローベをマーキング部位が見えるようにしっかりと出した状態で施行する。
- ・ 対象物に近づけすぎない。
- ・ 間欠的に、出力時間に留意して短時間の焼灼を心掛ける。
- ・ 酸素供給中に焼灼治療をしない。
- ・ 使用説明書、添付文書に記載されたことに十分留意して使用する。

使用可能なレーザーの種類についてはメーカーが取扱説明書改訂中のため、注意喚起文書に記載されたことに十分留意して使用する。

#### 5. マイクロ波凝固療法 (microwave coagulation therapy : MCT)

マイクロ波によって誘導された分子の振動により、局所に熱を生じさせる。その熱によ

る組織の切開、蒸散、凝固によって気道内の腫瘍の切除や狭窄部の拡大を行う治療法である。マイクロ波が周波数 2,450MHz に対して高周波治療に用いられる周波数が 4～80MHz と違いがあるが、発熱原理はほぼ同じである。

2010 年の気管支鏡全国調査<sup>10</sup>では治療による死亡はなく、合併症も報告されていない。注意すべき合併症として、出血、気道熱傷、呼吸不全のほか、稀であるが気道穿孔、瘻孔形成、縦隔気腫、空気塞栓がある。

気管支鏡下に使用可能なマイクロ波電極は、腫瘍への穿刺が可能な needle 型と、側面の凝固に使いやすい bowl 型の 2 種類（それぞれ太さ 2.4mm、1.8mm）があったが、より凝固範囲が広い長球 bowl 型電極が開発された<sup>11</sup>。瀬戸らは、マイクロ波による治療が、高濃度酸素投与下でも異常発火を起こす危険性が少なく、機器も比較的安価なことより、安全性・治療効果からも優れていると報告している<sup>12</sup>。

## 6. 高周波治療

熱による組織の切開、蒸散、凝固によって気道内の腫瘍の切除や狭窄部の拡大を行う治療法であり、原理は電気メスと同様である。2010 年の気管支鏡全国調査<sup>10</sup>では治療による死亡はなく、合併症としては気胸 0.45%、呼吸不全 0.91%であった。注意すべき合併症は出血で、1.7%の頻度で起こると報告されている<sup>13</sup>。また、気道内の発火による気道熱傷にも留意が必要で、正常な気管気管支軟骨へのダメージを与えないよう注意する。また、稀ではあるが心臓に近い部位で使用すると心室細動が起こることがある。高周波治療に用いる器具は、レーザー治療に用いるものよりも一般に安価で小型であることから、気道内腫瘍の焼灼に関し最近では前者が好んで用いられる傾向にある<sup>14</sup>。Tremblay らは、気道内病変の 238 回の診断的気管支鏡下生検において、高周波鉗子を用いたいわゆるホットバイオプシーは、通常の生検鉗子を用いた場合よりも出血をきたす頻度が少なく、なおかつ生検標本の病理診断率を損なうことがなかったことを報告しており<sup>15</sup>、治療のみならず診断的ツールとしての有用性も示されている。

## 7. 硬性気管支鏡

気管支鏡のうち挿入部が屈曲しないものの総称で、1966 年に軟性鏡が開発されてからは診断に用いられることは稀になり、現在の主な適応は中枢気道狭窄に対するレーザー焼灼、バルーン拡張、ステント留置などの内視鏡治療である。レーザーファイバー、鉗子、吸引チューブなどを同時に挿入できる利点がある。

硬性気管支鏡の使用には全身麻酔が必要であるが、麻酔法は施設ごとに異なり、筋弛緩薬投与有無についても一定の見解はない。合併症の多くは麻酔や治療手技に関連し、硬性気管支鏡の挿入手技自体に関連するものは稀である。最も頻度が高い合併症は咽頭痛だが、通常数日で軽快する。その他、硬性気管支鏡による咽頭・舌・歯牙・気管の損傷、声帯浮腫、喉頭痙攣などがある。American College of Chest Physicians により行わ

れた悪性中枢気道狭窄症例に対する大規模な多施設共同レジストリ研究では、硬性気管支鏡を用いた内視鏡的治療の合併症発症率は 3.4%、重篤合併症は 0.5%に認められた<sup>16</sup>。硬性気管支鏡による治療を安全に実施するには、十分なトレーニングによる施行医の技術向上と、麻酔医をはじめとするメディカルスタッフとの緊密な連携が重要である。

## 8. 気道ステント

気道ステント留置は、気道狭窄や瘻孔に伴う症状を速やかに改善させるだけでなく、悪性疾患に対する追加治療への橋渡しとしての役割を担っている。特に緊急性の高い重篤な病態においては第一選択となる治療法である。治療の実施には高度な内視鏡的手技を要するが、個人の手技の習熟度や経験に委ねられており、標準的な治療手技も確立していないのが現状である。日本呼吸器内視鏡学会では、安全なステント留置の普及のため気道ステント診療指針<sup>17</sup>を作成しており、こちらも参考にされたい。

気道ステント挿入による合併症には、ステントの移動・逸脱、出血、喀痰貯留、肉芽形成、気道閉塞、感染、咯血、疼痛、咳嗽などが挙げられる。過去の報告では、シリコンステントについては移動・逸脱が 9～22%、肉芽形成が 0～20%、分泌物貯留が 3～10%に認められている<sup>18-20</sup>。また、金属ステントでは移動・逸脱が 0～18%、肉芽形成が 3～24%、分泌物貯留が 0～13%、再狭窄が 1～52%と報告されている<sup>21-27</sup>。本邦の 2016 年気管支鏡全国調査では、気道ステント留置による重篤な合併症発生率は 3.54%で、死亡例は認めなかった<sup>4</sup>。2010 年の全国調査<sup>10</sup>では、シリコンステント挿入による死亡はなく、重篤合併症として肺炎/胸膜炎、気管支喘息、呼吸不全をそれぞれ 0.40%に認めた。金属ステント挿入では合併症を 1.3%に認め、うち出血 0.22%、肺炎/胸膜炎 0.43%、呼吸不全 0.43%、気道閉塞 0.22%で、出血により 1 例が死亡していた（治療的気管支鏡全体の 0.03%、金属ステント留置の 0.22%）。また、合併症の程度にばらつきはあるが、欧米では約 20%以上の合併症発症率が報告されている<sup>28</sup>。また、合併症に関連する因子として、ハイブリッドステントは感染症、シリコンステントは移動・逸脱のリスクが高く、シリコンステントと下気道感染は肉芽形成のリスクを高めるという報告もある<sup>29,30</sup>。

気道ステント挿入による合併症の予防には、適切なステントのサイズ選択に加え、去痰剤やネブライザーによる気道浄化を図ることが重要である。また、留置期間が長くなるほどステント関連合併症をきたしやいため、定期的な内腔観察やメンテナンスが必要となる。特に良性気道狭窄例では、ステントの交換や洗浄、肉芽除去などの追加処置を要する症例が多いことに留意する<sup>20</sup>。

## 9. 異物除去

気道異物は、3 歳以下の小児と高齢者に多く発生し、内視鏡的摘出が基本的な治療であ



る。2010年の気管支鏡全国調査<sup>10</sup>では、治療に軟性鏡のみを用いた症例が97.2%と多く、硬性鏡（＋軟性鏡）を用いた症例は3.8%であった。合併症は2.2%にみられ、内訳は気胸0.15%、出血（300mL以上または輸血を要したもの）1.8%、肺炎/胸膜炎0/15%、呼吸不全0.15%で、治療による死亡はなかった。

小児の気道異物12,979例の最近のレビューによると<sup>31</sup>、ナッツなどの有機物が異物の81%を占めていた。診断法としては、従来硬性鏡が“gold standard”であったのに対し、CT、バーチャル気管支鏡、軟性鏡が用いられることが多くなってきたとされている。異物除去の合併症としては、喉頭浮腫・気管支攣縮、気胸などのほか、低酸素血症による心停止や虚血性脳症なども報告されている。気道異物による死亡率は0.42%で、来院時に既に窒息状態であった患者が多くを占めるが、来院時安定していた患者における気管支鏡施行中の低酸素や気道損傷による死亡も報告されており、注意を要する。近年、水分を含む異物に対しクライオを用いた除去が行われているが、異物除去時の合併症についてのまとまった報告はなく、今後症例を集積する必要がある。

## 10. エタノール注入

エタノール自身が強い組織固定作用を持っており、局所にエタノールを注入することにより止血、腫瘍組織の凝固壊死が期待され、気道内の腫瘍の除去や狭窄部の拡大を行う治療法である。2010年全国気管支鏡調査<sup>10</sup>では治療による死亡はなく、合併症として肺炎と気管支喘息ともに0.72%で認められた。

エタノール注入療法はレーザー治療のような即効性はないが、強力な組織固定作用により止血、腫瘍増殖抑制効果がある。局注するため一時的に気道狭窄は増悪するが、1カ所の注入量を0.3mL程度、1回の使用総量を3～4mLに制限し、2～3日後壊死した組織を除去することの繰り返しで狭窄を解除する<sup>32</sup>。壁外性の狭窄病変などには適さないが、易出血性の気管支内病変には効果的である。局注したエタノールの気道内漏出により、咳嗽を誘発する。また、全身麻酔筋弛緩薬併用下に肺末梢にエタノールを注入すると出血性肺炎が惹起されることが報告されており、注意が必要である<sup>33</sup>。また、気管支瘻に対して、瘻孔周辺組織にエタノールを注入し瘻孔を閉鎖することができたとする報告もある<sup>34</sup>。

### <参考文献>

1. Rahman NA, Fruchter O, Shitrit D, et al. Flexible bronchoscopic management of benign tracheal stenosis: long term follow-up of 115 patients. J Cardiothorac Surg. 2010;5:2.
2. Shlomi D, Kramer MR, Fuks L, et al. Endobronchial drainage of lung abscess: the use of laser. Scand J Infect Dis. 2010;42:65-8.
3. Amjadi K, Voduc N, Cruysberghs Y, et al. Impact of interventional bronchoscopy on quality of life in malignant airway obstruction. Respiration. 2008;76:421-8.



4. 日本呼吸器内視鏡学会ホームページ気管支鏡説明書（改訂第2版）  
[https://www.jsre.org/modules/medical/index.php?content\\_id=4](https://www.jsre.org/modules/medical/index.php?content_id=4)
5. 古川欣也：気管支内視鏡検査の画像所見のABC治療① 気管支鏡下焼灼法. 呼吸 2011; 30:237-44.
6. Furukawa K, Okumura T, Yamamoto H, et al. Effectiveness of Photodynamic Therapy and Nd-YAG Laser Treatment for Obstructed Tracheobronchial Malignancies. *Diagn Ther Endosc.* 1999;5:161-6.
7. Tremblay A, Marquette CH. Endobronchial electrocautery and argon plasma coagulation: a practical approach. *Can Respir J.* 2004;11:305-10.
8. Feller-Kopman D, Lukanich JM, Shapira G, et al. Gas flow during bronchoscopic ablation therapy causes gas emboli to the heart: a comparative animal study. *Chest.* 2008;133: 892-6.
9. Reddy C, Majid A, Michaud G, et al. Gas embolism following bronchoscopic argon plasma coagulation: a case series. *Chest.* 2008;134:1066-9.
10. Asano F, Aoe M, Ohsaki Y, et al. Deaths and complications associated with respiratory endoscopy: a survey by the Japan Society for Respiratory Endoscopy in 2010. *Respirology.* 2012;17:478-85.
11. 杉本幸弘, 千場博, 藤井慎嗣, 他. 癌による主気管支閉塞で生じた一側完全無気肺に対してマイクロ波腫瘍凝固療法により一葉以上の含気を回復した11例の検討. 気管支学. 2008;30:56-7.
12. 瀬戸貴司, 千場博, 内村明光. マイクロウェーブ内視鏡電極“長球型”TE-24BLの気道内腫瘍凝固術への応用経験. 気管支学. 2004;26:39-42.
13. Boxem T, Venmas B, Postmus P, et al. Nd-YAG laser vs bronchoscopic electrocautery for palliation of symptomatic airway obstruction: a cost-effectiveness study. *Chest.* 1999; 116:1108-12.
14. Beamis JF Jr. Interventional pulmonology techniques for treating malignant large airway obstruction: an update. *Curr Opin Pulm Med.* 2005;11:292-5.
15. Tremblay A, Michaud G, Urbanski SJ. Hot biopsy forceps in the diagnosis of endobronchial lesions. *Eur Respir J.* 2007;29:108-11.
16. Ost DE, Ernst A, Grosu HB, et al. Complications Following Therapeutic Bronchoscopy for Malignant Central Airway Obstruction Results of the AQUIRE Registry. *CHEST* 2015;148:450-71.
17. 古川欣也, 沖昌英, 白石武史, 他. 日本呼吸器内視鏡学会 気道ステント診療指針作成ワーキング・グループ. 気道ステント診療指針—安全にステント留置を行うために—. 気管支学. 2016;38:463-72.
18. Dumon JF. A dedicated tracheobronchial stent. *Chest.* 1990;97:328-32.

19. Bolliger CT, Probst R, Tschopp K, et al. Silicone stents in the management of inoperable tracheobronchial stenoses. Indications and limitations. *Chest*. 1993;104:1653-9.
20. Iyoda A, Auma Y, Sano A, et al. Long-term outcomes in patients with benign central airway stenosis or obstruction following stenting, *World Acad Sci J*. 2020;2:20.
21. Chan AL, Juarez MM, Allen RP, et al. Do airway metallic stents for benign lesions confer too costly a benefit? *BMC Pulm Med*. 2008;8:7.
22. Miyazawa T, Yamakido M, Ikeda S, et al. Implantation of ultraflex nitinol stents in malignant tracheobronchial stenoses. *Chest*. 2000;118:959-65.
23. Madden BP, Loke TK, Sheth AC. Do expandable metallic airway stents have a role in the management of patients with benign tracheobronchial disease? *Ann Thorac Surg*. 2006;82:274-8.
24. Saad CP, Murthy S, Krizmanich G, et al. Self-expandable metallic airway stents and flexible bronchoscopy: longterm outcomes analysis. *Chest*. 2003;124:1993-9.
25. Lemaire A, Burfeind WR, Toloza E, et al. Outcomes of tracheobronchial stents in patients with malignant airway disease. *Ann Thorac Surg*. 2005;80:434-8.
26. Gottlieb J, Fuehner T, Dierich M, et al. Are metallic stents really safe? A long-term analysis in lung transplant recipients. *Eur Respir J*. 2009;34:1417-22.
27. Iyoda A, Auma Y, Sano A, et al. Long-term survival of airway silicone stents in patients with central airway stenosis or obstruction due to thoracic malignancy. *Gen Thorac Cardiovasc Surg*. 2021;69:1303-7.
28. Bolliger CT, Mathur PN, Beamis JF, et al. ERS/ATS statement on interventional pulmonology. European Respiratory Society/American Thoracic Society. *Eur Respir J*. 2002;19:356-73.
29. Ost DE, Shah AM, Lei X, et al. Respiratory infections increase the risk of granulation tissue formation following airway stenting in patients with malignant airway obstruction. *Chest*. 2012;141:1473-81.
30. Grosu HB, Eapen GA, Morice RC, et al. Stents are associated with increased risk of respiratory infections in patients undergoing airway interventions for malignant airways disease, *Chest*. 2013;144:441-9.
31. Fidkowski CW, Zheng H, Firth PG. The anesthetic considerations of tracheobronchial foreign bodies in children: a literature review of 12, 979 cases. *Anesth Analg*. 2010;111: 1016-25.
32. 藤沢武彦, 山口豊, 本郷弘昭, 他. 中枢気道内悪性腫瘍に対するエタノール注入療法の効果. *気管支学*. 1986; 8: 251-7.
33. 澤祥幸, 吉田勉, 生駒哲朗, 他. ビデオ内視鏡を用いた気管支内悪性腫瘍に対する経気管支エタノール注入療法の検討. *癌と化学療法*. 1999;26:1865-8.

34. Takaoka K, Inoue S, Ohira S. Central bronchopleural fistulas closed by bronchoscopic injection of absolute ethanol. *Chest*. 2002;122:374-8.

## 9 特殊病態下の安全対策

大阪国際がんセンター 呼吸器内科 井上貴子

### 要約

- ・気管支喘息患者では、気管支拡張薬の吸入を考慮すべきである。重症気管支喘息患者ではステロイド薬（経口、静注）の使用を検討する。
- ・COPD の患者は正常な肺機能を有する患者と比較して危険が大きいため、気管支鏡検査前に呼吸機能の精査及び治療介入を検討する。鎮静中の低酸素や炭酸ガス貯留に注意する。
- ・活動性の心筋虚血患者では気管支鏡検査は避けるべきであり、心筋梗塞後少なくとも4～6週以降に延期すべきである。
- ・免疫不全患者の気管支鏡検査では、酸素飽和度の低下、1秒量の低下、出血に注意する。

### 1. はじめに

気管支鏡検査を施行される患者が、対象の呼吸器疾患以外に様々な特殊な病態を有することも多い。個々の患者の状態に応じた安全対策を講じるべきである。2013 年の British Thoracic Society (BTS) の診断的軟性気管支鏡のガイドラインでは特殊病態として喘息、COPD、虚血性心疾患、咯血、高齢患者、免疫抑制状態が挙げられ、気管支鏡を施行する際の安全策が示されている。本稿では BTS ガイドラインを参考に本邦の状況も踏まえて、特殊病態における気管支鏡検査の安全対策について述べる。

### 2. 喘息患者

気管支鏡施行後、喘息患者の 10% に呼吸器症状が出現する。特に、気管支肺胞洗浄 (BAL) を行くと気管支鏡単独よりも症状が出やすい。喘息患者に気管支鏡検査、特に BAL を行う場合には、可能な限りコントロールしておくべきであり、気管支鏡検査前に気管支拡張薬の吸入を考慮する。

本学会の 2016 年アンケート調査では、気管支喘息発作の危険性のある症例に気管支鏡検査を行う時は、87.9% の施設で気管支拡張薬やステロイドを使用するとし、残りの 12% は使用していないとしている<sup>1</sup>。

喘息のコントロールの状態は喘息症状（日中および夜間）の有無、増悪治療薬の使用の有無、運動を含む活動制限の有無、呼吸機能（1 秒量及び PEF）、PEF の日（週）内変動の有無、増悪（予定外受診、救急受診、入院）の有無を確認して評価しそれに応じて気管支鏡検査前治療を検討する<sup>2</sup>。

喘息患者に対して行う気管支鏡検査の安全性について、基礎的あるいは臨床的に研究が行われてきた。喘息患者における気管支鏡施行後の 1 秒量の減少率は 10～26% と報告されている<sup>3-5</sup> が、健常人と比較して有意差を認めないとの報告が多い<sup>4, 6, 7</sup>。健常成

人において減少率は9～17%であると報告されており<sup>4, 5</sup>、20%を超えるという報告もある<sup>8</sup>。しかし、気道過敏性が亢進している患者の気管支鏡検査で気道攣縮を起こすことがあり、1秒量の著しい減少を認めることもある<sup>5, 9</sup>。特にBALでは1秒量の減少が起こり得る<sup>6, 8</sup>。

気管支鏡検査後の有害事象の発生率は、何をもって有害事象とするか、また検査の内容の違いにもよるが、3.5～12%に起こるとされている<sup>4, 7, 9-11</sup>。重症喘息患者では、検査後の合併症にステロイド製剤（経口、静注）の投与が必要となることが多い<sup>8</sup>。また、多くの研究で1秒量を増やすために気管支拡張薬の検査前使用が行われている<sup>5, 8-10</sup>。気管支拡張薬の投与は1秒量の減少率を低下させることはないが、検査前に1秒量のベースラインを高くすることで、検査直後の1秒量の絶対値を増加させる効果がある。BTSガイドラインでも、喘息患者では術前の気管支拡張薬投与が推奨されている。気管支鏡検査時の鎮静に用いられる薬剤（鎮静薬と鎮痛薬）の中でフェンタニルは添付文書上で喘息患者に使用禁忌である。ミダゾラムは安全に使用することができる。プロポフォールは気管支拡張作用があり喘息患者の麻酔導入に使用されるが、気管支攣縮を誘発した報告があるため注意を要する<sup>2</sup>。

### 3. COPD

COPDの患者に気管支鏡検査を行う場合、検査前に十分な治療を行っておく。COPDを有する患者の気管支鏡検査は、正常な肺機能を有する患者と比較して危険が大きいと考えられる。特に、重症COPD ( $30\% \leq FEV_1 < 50\%$ )、最重症COPD ( $FEV_1 < 30\%$ )の患者では、合併症のリスクが高くなると報告されている<sup>12</sup>。対照群の0.6%に比べてCOPDの患者では5%に合併症（肺炎、呼吸不全、酸素飽和度の低下）が生じていた<sup>11</sup>。高炭酸ガス血症を伴う患者のうち、77%はCOPDである患者群で気管支鏡検査の安全性に関する研究が行われており<sup>13</sup>、30%の患者で酸素飽和度の低下が起こり、55%の患者で喘鳴を認め、20%の患者で検査が途中で中止された。また、中程度以上のCOPD患者において、サルブタモールの事前吸入が気管支鏡施行後の1秒量にどのような効果を与えるかについて無作為化試験が行われ、サルブタモール吸入群とプラセボ吸入群で有意差を認めなかった<sup>14</sup>。この試験では9%の患者に酸素飽和度の低下を認めたが、その頻度にも群間で有意差は認めなかった。合併症の発生率に関する研究でも、すべての対象患者が検査前に2.5 mgのサルブタモールの吸入を行っていたが、合併症発生率は9%で、その内訳は血痰・喀血5%、気胸2%、気管支攣縮2%であったと報告されている<sup>15</sup>。BTSのガイドラインでは、気管支鏡施行前のサルブタモールの吸入はCOPD患者での合併症発生率を変化させないとしている。

COPD患者を鎮静する時には注意が必要である。低酸素血症を伴うCOPD患者では高炭酸ガス血症を伴っていることがあり、酸素投与により $PaCO_2$ が上昇することがある。重症COPD患者では、術前に動脈血ガス分析を行って $PaCO_2$ を測定しておくことが

推奨される。検査後も酸素飽和度が 90%以上に保たれることが望ましいが、検査前に  $\text{PaCO}_2$  の上昇がみられる患者では、酸素投与は慎重に行う。また鎮静薬の投与も炭酸ガスの貯留をもたらす危険があるので、慎重に行う。パルスオキシメトリによる酸素飽和度よりも経皮的二酸化炭素分圧のほうが早く呼吸抑制を検出できるため、酸素飽和度に加えて経皮的二酸化炭素分圧もモニターすることを考慮する。

#### 4. 虚血性心疾患患者

心筋梗塞後の患者において、気管支鏡検査は虚血、循環動態の変動、不整脈、さらなる虚血発作などの危険性を上昇させる。活動性の心筋虚血では気管支鏡検査は避けるべきであり、心筋梗塞発症後は少なくとも 4~6 週以降に延期すべきである。心疾患を有しハイリスクと考えられる患者および心筋梗塞発症後の患者に気管支鏡検査を行う場合は、循環器内科医の協力を仰ぐべきである。

20 例の急性心筋梗塞後の患者に気管支鏡検査を行った結果をまとめた後方視的研究があり、気管支鏡検査は心筋梗塞発症後平均 12 日で行われていた<sup>16</sup>。この研究では検査中にも急性心筋虚血を発症した 1 人が死亡している。また、coronary care unit で行われた気管支鏡検査をまとめた別の後方視的研究では、心筋梗塞後の患者とそれ以外の患者との間に合併症発生に差を認めなかったとの報告もある<sup>17</sup>。

急性心筋梗塞を発症した後の患者の検査では十分な酸素の投与を行い、検査中・検査後を通じて経皮酸素飽和度を少なくとも 90% ( $\text{PaO}_2$  で約 60 torr) 以上に保つことが望ましい。鎮静下に行い、心電図のモニタリングが必要である。心筋梗塞の発症 4~6 週後になると、合併症の危険性は低下するとされる。米国周術期ガイドラインでは心筋損傷を生じる急性のイベントが起きた後、4~6 週間は待機手術を行わないことが推奨されている<sup>18</sup>。これと同様に考えると、気管支鏡検査も心筋梗塞発症後少なくとも 4~6 週以降に延期すべきであろう。

BAL を行う場合は、洗浄液の注入でさらに低酸素血症をきたすことがあり、そのため心臓や脳の虚血性疾患を合併する可能性がある。術前に動脈血液ガス分析による評価を行い、術中はパルスオキシメトリによる経皮酸素飽和度のモニターと酸素吸入を行う。BAL 後も注入液の残存により低酸素血症が持続することがあるので、注意が必要である。

#### 5. 咯血患者

血痰の精査のために気管支鏡検査を行うことがある。CT 検査は診断に重要であり、気管支鏡検査を行う前に必ず行うべきである。異常所見が認められなくとも、咯血が持続したり、肺癌の可能性が高い場合には気管支鏡検査を考慮すべきである。胸部 CT 撮影後に行う気管支鏡検査の役割を評価する研究が 2 つある。正常な CT 画像や単純写真であっても、203 例中 80%に出血部位を同定できたとしている<sup>19</sup>。別の 200 例を調べ



た報告でも、CT が正常でも 0.5%に気管支鏡的診断が可能であったとしている<sup>20</sup>。

## 6. 高齢者

高齢というだけでは気管支鏡検査の禁忌とはならない。しかしながら、高齢者では併存疾患を有することが多く、気管支鏡検査のリスクが高くなる。いくつかの報告では高齢者も合併症の発生率の上昇を起こすことなく気管支鏡検査を受けることができるとしているが<sup>21-23</sup>、前向き観察研究において、合併症として気胸と一過性低血圧の頻度が年齢とともに増加することが示唆されている<sup>24</sup>。80 歳以上の患者に対する気管支鏡検査の安全性に関する研究では、高い合併症発生率（11.5%）と高い死亡率（1.2%）が報告されている。さらに高齢者は気管支鏡検査後に人工呼吸器管理を受ける頻度が高かった<sup>25</sup>。

高齢者ではミダゾラムの代謝が低下しており、副作用が出やすいので注意する。麻酔深度は被検者への声かけに対する応答性で判断するが、パルスオキシメトリによる酸素飽和度よりも経皮的二酸化炭素分圧のほうが早く呼吸抑制を検出できるため、酸素飽和度に加えて、可能であれば経皮的二酸化炭素分圧もモニターすることが望ましい。また高齢者においては、施行後に一晩入院観察を行うか、翌朝まで異常が生じないかどうか家族が注意することが望ましい。

## 7. 免疫不全患者

免疫抑制状態にある患者に呼吸器系の異常が生じた場合、気管支鏡検査は有力な診断手段である。しかしながら、これらの患者にとっては気管支鏡検査と診断のための手技をリスクなしに行うことはできず、気管支鏡検査を施行する前に危険性について検討すべきである。BAL は合併症の基準をどこに置くかで異なるが、0~49%の合併症発症率が報告されており、死亡例の報告がある<sup>26-32</sup>。BAL に伴う主な合併症は酸素飽和度低下と 1 秒量の減少、出血である。

骨髄移植後の免疫抑制状態の患者を含む調査で、シース付きブラシによる検体採取は BAL に比較して有意に合併症の発生率が高かったとの報告<sup>28</sup>が、BTS のガイドラインで引用されている。これは血液凝固異常の有無と関連していたと考えられている。また、TBLB も BAL 単独よりも気胸や出血、酸素飽和度低下などの合併症発生率が高かったとの報告がある<sup>29, 31</sup>。

気管支鏡を用いて検体を採取した症例と非侵襲的な検体採取を行った症例の間で最終的な死亡率を比較した研究が 3 つあり、気管支鏡によるサンプル採取によって死亡率が有意に低下することを示すことはできなかった<sup>27, 28</sup>。一方、ある研究では、早期に気管支鏡検査を行って診断目的の検体採取を行うと、晩期に行った症例と比較して、死亡率が減少することを示唆している<sup>32</sup>。

以上より、免疫不全患者において非侵襲的な検査で診断がつかない場合、気管支鏡下の

BAL によって診断情報を得ることを考慮してもよいと考えられる。TBLB やブラシによる検体採取にはより慎重を期すべきである。

肺移植を受けた患者では、TBLB によって同種移植片の拒絶を診断するための重要な情報が得られる。しかしながら、肺移植患者では TBLB で 25 ml を超える出血の危険性が 44% と肺移植以外の患者よりも高く、5.4% で手技を途中で中止したとの報告がある<sup>33</sup>。大規模な調査では、相当量の出血が 25%<sup>34</sup> あるいは 13%<sup>35</sup> の患者で生じていたが、出血をどのような基準にするかによってばらつきが生じている。一方、最大規模の調査では、肺移植患者における気管支鏡はほかの患者と比較してリスクは高いことを示唆し、合併症の発生率は 0.7% と報告している。ただし、この報告では TBLB を行った患者はわずか 57% であったことに留意が必要である<sup>36</sup>。他の報告では高い合併症発生率が報告されており、その発生率は 4.8% から 22% に分布している<sup>34, 35</sup>。主な合併症は過度の鎮静と気胸、出血であった。

## 8. 血小板数減少を認める患者

血小板減少は従来侵襲的処置を行う際の出血を増加させる危険因子と考えられてきた。出血は気道粘膜への内視鏡の接触や生検後に起こることがある。また、鼻粘膜出血のリスクも高い。血小板数の少ない患者における気管支鏡検査の安全性に関するデータは乏しいが BTS のガイドラインでは、通常気管支鏡検査を行う際は最低血小板数 20,000/mm<sup>3</sup> 以上、BAL を行う際は 50,000/mm<sup>3</sup> 以上であることが推奨されている<sup>37</sup>。また、米国臨床腫瘍学会(ASCO)では、腫瘍性疾患に対する気管支鏡検査は生検の有無にかかわらず最低血小板数 50,000/mm<sup>3</sup> 以上を推奨している<sup>38</sup>。ただし、20,000/mm<sup>3</sup> 以下の患者における気管支鏡検査の出血のリスクが生じるという科学的根拠は存在しない。血小板数が 100,000/mm<sup>3</sup> 以下の患者に対する呼吸器内視鏡検査 150 例の出血のリスクを検討した後方視的観察研究では、輸血を行った上で検査を行う場合に出血のリスクは上昇しないことが報告されている<sup>39</sup>。

## 9. リドカインアレルギーを有する患者

気管支鏡検査前の喉頭・気管内、気管支鏡挿入後の気管・気管支の表面麻酔は安全に気管鏡検査を行うために必要不可欠な処置である。これまでリドカインアレルギーを有する患者に対してはエステル型局所麻酔薬であるテトラカインを用いて局所麻酔を行っていたが同薬剤が 2023 年 5 月をもって本邦では製造販売中止となったため代替可能な薬剤がない。このような現状においてはリドカインアレルギーを有する患者に対する気管支鏡検査は全身麻酔下で施行することを提案する。

ただし、歯科治療などの際に自覚症状を訴える患者は多いが、真のアレルギー患者は稀で、心理要因または添加されている保存剤や血管収縮薬が原因であることが多いことに注意が必要である<sup>40</sup>。

# <参考文献>

1. Horinouchi H、Asano F、Okubo K、et al. Current status of diagnostic and therapeutic bronchoscopy in Japan: 2016 national survey of bronchoscopy. *Respir Investig*. May 2019;57(3):238-244. doi:10.1016/j.resinv.2018.12.007
2. 一般社団法人日本アレルギー学会喘息ガイドライン専門部会. 喘息予防・管理ガイドライン 2021. 株式会社協和企画; 2021.
3. Van Vyve T、Chanez P、Bousquet J、et al. Safety of bronchoalveolar lavage and bronchial biopsies in patients with asthma of variable severity. *Am Rev Respir Dis*. Jul 1992;146(1):116-21. doi:10.1164/ajrccm/146.1.116
4. Djukanovic R、Wilson JW、Lai CK、et al. The safety aspects of fiberoptic bronchoscopy, bronchoalveolar lavage, and endobronchial biopsy in asthma. *Am Rev Respir Dis*. Apr 1991;143(4 Pt 1):772-7. doi:10.1164/ajrccm/143.4\_Pt\_1.772
5. Kariyawasam HH、Aizen M、Kay AB、et al. Safety and tolerability of three consecutive bronchoscopies after allergen challenge in volunteers with mild asthma. *Thorax*. Jun 2007;62(6):557-8. doi:10.1136/thx.2006.073775
6. Rankin JA、Snyder PE、Schachter EN、et al. Bronchoalveolar lavage. Its safety in subjects with mild asthma. *Chest*. Jun 1984;85(6):723-8. doi:10.1378/chest.85.6.723
7. Humbert M、Robinson DS、Assoufi B、et al. Safety of fiberoptic bronchoscopy in asthmatic and control subjects and effect on asthma control over two weeks. *Thorax*. Jul 1996;51(7):664-9. doi:10.1136/thx.51.7.664
8. Moore WC、Evans MD、Bleecker ER、et al. Safety of investigative bronchoscopy in the Severe Asthma Research Program. *J Allergy Clin Immunol*. Aug 2011;128(2):328-36 e3. doi:10.1016/j.jaci.2011.02.042
9. Elston WJ、Whittaker AJ、Khan LN、et al. Safety of research bronchoscopy, biopsy and bronchoalveolar lavage in asthma. *Eur Respir J*. Sep 2004;24(3):375-7. doi:10.1183/09031936.04.00063003
10. Tapanainen L、Lindqvist A、Halme M、et al. Investigative bronchoscopy and endobronchial biopsy is well tolerated in hyperreactive asthma patients. *Respir Med*. Jun 2002;96(6):466-8. doi:10.1053/rmed.2002.1304
11. Peacock AJ、Benson-Mitchell R、Godfrey R. Effect of fiberoptic bronchoscopy on pulmonary function. *Thorax*. Jan 1990;45(1):38-41. doi:10.1136/thx.45.1.38
12. Christina R. Bellinger、Irtaza Khan、Arjun B、et al. Bronchoscopy Safety in Patients With Chronic Obstructive Lung Disease. *J Bronchol Intervent Pulmonol*. 2017;24:98-103
13. Stolz D、Pollak V、Chhajed PN、et al. A randomized, placebo-controlled trial of

- bronchodilators for bronchoscopy in patients with COPD. *Chest*. Mar 2007;131(3):765-72. doi:10.1378/chest.06-2308
14. Hattotuwa KL、 Gizycki MJ、 Ansari TW、 et al. The effects of inhaled fluticasone on airway inflammation in chronic obstructive pulmonary disease: a double-blind、 placebo-controlled biopsy study. *Am J Respir Crit Care Med*. Jun 15 2002;165(12):1592-6. doi:10.1164/rccm.2105025
  15. Dweik RA、 Mehta AC、 Meeker DP、 et al. Analysis of the safety of bronchoscopy after recent acute myocardial infarction. *Chest*. Sep 1996;110(3):825-8. doi:10.1378/chest.110.3.825
  16. Dunagan DP、 Burke HL、 Aquino SL、 et al. Fiberoptic bronchoscopy in coronary care unit patients: indications、 safety、 and clinical implications. *Chest*. Dec 1998;114(6):1660-7. doi:10.1378/chest.114.6.1660
  17. Fleisher LA、 Beckman JA、 Brown KA、 et al. ACC/AHA 2007 guidelines on perioperative cardiovascular evaluation and care for noncardiac surgery: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Revise the 2002 Guidelines on Perioperative Cardiovascular Evaluation for Noncardiac Surgery): developed in collaboration with the American Society of Echocardiography、 American Society of Nuclear Cardiology、 Heart Rhythm Society、 Society of Cardiovascular Anesthesiologists、 Society for Cardiovascular Angiography and Interventions、 Society for Vascular Medicine and Biology、 and Society for Vascular Surgery. *Circulation*. Oct 23 2007;116(17):e418-99. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.185699
  18. Ozgul MA、 Turna A、 Yildiz P、 et al. Risk factors and recurrence patterns in 203 patients with hemoptysis. *Tuberk Toraks*. 2006;54(3):243-8.
  19. Thirumaran M、 Sundar R、 Sutcliffe IM、 et al. Is investigation of patients with haemoptysis and normal chest radiograph justified? *Thorax*. Oct 2009;64(10):854-6. doi:10.1136/thx.2008.108795
  20. O'Hickey S、 Hilton AM. Fibreoptic bronchoscopy in the elderly. *Age Ageing*. Jul 1987;16(4):229-33. doi:10.1093/ageing/16.4.229
  21. Macfarlane JT、 Storr A、 Wart MJ、 et al. Safety、 usefulness and acceptability of fibreoptic bronchoscopy in the elderly. *Age Ageing*. May 1981;10(2):127-31. doi:10.1093/ageing/10.2.127
  22. Knox AJ、 Mascie-Taylor BH、 Page RL. Fibreoptic bronchoscopy in the elderly: 4 years' experience. *Br J Dis Chest*. Jul 1988;82(3):290-3. doi:10.1016/0007-0971(88)90071-x
  23. Hehn BT、 Haponik E、 Rubin HR、 et al. The relationship between age and process of care and patient tolerance of bronchoscopy. *J Am Geriatr Soc*. Jul 2003;51(7):917-22.

doi:10.1046/j.1365-2389.2003.51303.x

24. Rokach A, Fridlender ZG, Arish N, et al. Bronchoscopy in octogenarians. *Age Ageing*. Nov 2008;37(6):710-3. doi:10.1093/ageing/afn127
25. Glazer M, Breuer R, Berkman N, et al. Use of fiberoptic bronchoscopy in bone marrow transplant recipients. *Acta Haematol*. 1998;99(1):22-6. doi:10.1159/000040710
26. Azoulay E, Mokart D, Rabbat A, et al. Diagnostic bronchoscopy in hematology and oncology patients with acute respiratory failure: prospective multicenter data. *Crit Care Med*. Jan 2008;36(1):100-7. doi:10.1097/01.CCM.0000295590.33145.C4
27. Dunagan DP, Baker AM, Hurd DD, et al. Bronchoscopic evaluation of pulmonary infiltrates following bone marrow transplantation. *Chest*. Jan 1997;111(1):135-41. doi:10.1378/chest.111.1.135
28. Hofmeister CC, Czerlanis C, Forsythe S, et al. Retrospective utility of bronchoscopy after hematopoietic stem cell transplant. *Bone Marrow Transplant*. Nov 2006;38(10):693-8. doi:10.1038/sj.bmt.1705505
29. Feinstein MB, Mokhtari M, Ferreira R, et al. Fiberoptic bronchoscopy in allogeneic bone marrow transplantation: findings in the era of serum cytomegalovirus antigen surveillance. *Chest*. Oct 2001;120(4):1094-100. doi:10.1378/chest.120.4.1094
30. Jain P, Sandur S, Meli Y, et al. Role of flexible bronchoscopy in immunocompromised patients with lung infiltrates. *Chest*. Feb 2004;125(2):712-22. doi:10.1378/chest.125.2.712
31. Shannon VR, Andersson BS, Lei X, et al. Utility of early versus late fiberoptic bronchoscopy in the evaluation of new pulmonary infiltrates following hematopoietic stem cell transplantation. *Bone Marrow Transplant*. Apr 2010;45(4):647-55. doi:10.1038/bmt.2009.203
32. Diette GB, Wiener CM, White P, Jr. The higher risk of bleeding in lung transplant recipients from bronchoscopy is independent of traditional bleeding risks: results of a prospective cohort study. *Chest*. Feb 1999;115(2):397-402. doi:10.1378/chest.115.2.397
33. Chhajed PN, Glanville AR. Management of hypoxemia during flexible bronchoscopy. *Clin Chest Med*. Sep 2003;24(3):511-6. doi:10.1016/s0272-5231(03)00050-9
34. McWilliams TJ, Williams TJ, Whitford HM, et al. Surveillance bronchoscopy in lung transplant recipients: risk versus benefit. *J Heart Lung Transplant*. Nov 2008;27(11):1203-9. doi:10.1016/j.healun.2008.08.004
35. Smith L, Singer JP, Hayes M, et al. An analysis of potential risk factors for early complications from fiberoptic bronchoscopy in lung transplant recipients. *Transpl Int*. Feb 2012;25(2):172-8. doi:10.1111/j.1432-2277.2011.01392.x
36. Hopkins PM, Aboyoun CL, Chhajed PN, et al. Prospective analysis of 1, 235

- transbronchial lung biopsies in lung transplant recipients. *J Heart Lung Transplant*. Oct 2002;21(10):1062-7. doi:10.1016/s1053-2498(02)00442-4
37. Du Rand IA, Blaikley J, Booton R, et al. British Thoracic Society guideline for diagnostic flexible bronchoscopy in adults: accredited by NICE. *Thorax*. Aug 2013;68 Suppl 1:i1-i44. doi:10.1136/thoraxjnl-2013-203618
  38. Schiffer CA, Anderson KC, Bennett CL, et al. Platelet transfusion for patients with cancer: clinical practice guidelines of the American Society of Clinical Oncology. *J Clin Oncol*. Mar 1 2001;19(5):1519-38. doi:10.1200/JCO.2001.19.5.1519
  39. Nandagopal L, Veeraputhiran M, Jain T, et al. Bronchoscopy can be done safely in patients with thrombocytopenia. *Transfusion*. Feb 2016;56(2):344-8. doi:10.1111/trf.13348
  40. Nakamura Y. [Anaphylaxis Guideline]. *Arerugi*. 2018;67(1):17-23. doi:10.15036/arerugi.67.17



## 10 集中治療室での（気管支鏡検査の）安全対策

金沢大学呼吸器外科学 松本 勲

### 要約

- ・集中治療室（ICU）の患者における診断や治療に気管支鏡の使用が拡大している。
- ・ICU で気管支鏡を用いる患者は、重い併存疾患、合併症があり、気管内挿管・人工呼吸管理下にあることも多く、気管支鏡を用いた検査や治療の安全性には十分留意する必要がある。
- ・ICU の患者に対して気管支鏡検査を行う際には、患者の全身状態を把握し、人工呼吸や補助呼吸を調整し、十分なモニタリングを行う必要がある。
- ・気管支鏡検査の利益がリスクを上回る場合に行い、経験豊富な医師が行うことが望ましい。

### 1. はじめに

集中治療室（ICU）で気管支鏡が診療に用いられ、近年その使用法が拡大している。ICU で気管支鏡検査を必要とする患者は気管内挿管・人工呼吸管理下にあることが多く、重い併存疾患、合併症があることが多い。ICU での気管支鏡診療における安全性・注意点を解説する。

### 2. 気管支鏡の選択

ICU で用いる気管支鏡は、気管支鏡の外径、挿管チューブの種類・サイズを考慮して選択する。挿管チューブの内径は気管支鏡の太さの制限となり、気管支鏡のチャンネル孔径が吸引の制限となる。気管内挿管されていない患者の気管断面積に対する気管支鏡断面積の占める割合は10～15%であるが、気管内挿管患者では、内径9mmの挿管チューブに通常用いられる外径5.9mmの気管支鏡を挿入する場合約40%、内径7mmの挿管チューブでは約70%、気道が塞がれることになる。このため、気管支鏡検査中の換気不全に注意を要する。肺実験モデルにおいて、人工呼吸中に気管支鏡を行う場合、挿管チューブの内径が気管支鏡の外径より2mm以上大きければ、換気量を維持し、auto-PEEPの発生を最小限に抑えることができるという報告もある<sup>1)</sup>。

気管支鏡の挿入には潤滑剤が必要で、気管切開チューブから気管支鏡を引き抜く時にチューブのエッジによる気管支鏡損傷に注意する。

### 3. 集中治療室における気管支鏡の適応

ICU では軟性気管支鏡が診断・治療など様々な目的に用いられる。診断目的としては、感染症の診断、限局性またはびまん性肺浸潤・急性間質性肺疾患の診断、気道出

血・気道の開存・気道損傷・気道熱傷の評価、気管切開または気管内チューブ・気道ステントの位置確認、移植肺またはその他の胸部外科手術後の評価などである。治療目的としては、気道 toilet、無気肺または肺虚脱の管理、気道内出血の止血、異物除去、気管支鏡下挿管、経皮的気管切開、気管支鏡ガイド下局所薬物治療などである。

#### 1) 人工呼吸器装着中の感染症診断

人工呼吸器関連肺炎（VAP）が疑われる場合に、経気管支鏡的に培養検体を採取できる。人工呼吸管理下の感染症診断に対する気管支鏡の有用性は多く報告され、培養検体を安全に採取できる。気管支鏡と吸引カテーテルなどを用いた非侵襲的な検体採取方法を比較した研究では、両群で死亡率に有意差はみられず、人工呼吸管理期間、ICU 在室日数、抗菌薬変更回数に差を認めなかった<sup>2,3</sup>。

最近の主要なガイドラインでは、VAP の診断へのアプローチが異なっている。ATS/ IDSA ガイドラインでは、気管内吸引サンプルの使用が推奨されているが<sup>4</sup>、International ERS/ESICM/ESCMID/ALAT ガイドラインでは、診断精度の向上のために気管支鏡検査下の下部気道サンプル使用が提唱されており<sup>5</sup>、一定の見解はない。最近の VAP の診断精度に関するシステマティックレビュー/メタアナリシス（SR/MA）では、気管内吸引：感度 75.7%（95%信頼区間[CI]：51.5-90.1）、特異度 67.9%（95%CI：40.5-86.8）で、気管支鏡下サンプリング法では、検体保護ブラシ：感度 61.4%（95%CI：43.7-76.5）、特異度 76.5%（95%CI：64.2-85.6）、気管支肺胞洗浄：感度 71.1%（95%CI：49.9-85.9）、特異度 79.6%（95%CI：66.2-85.9）であった。これらの VAP 診断精度は高くなく、単独の方法に依存すると誤診や不必要な抗菌薬の使用につながる可能性があるとしている<sup>6</sup>。

COVID-19 感染患者では、診断に気管支肺胞洗浄（BAL）が有用であり、気道 toilet を行う機会が多い。処置の際には個人用保護具として、手袋、長袖ガウン、フィルター式防塵マスクまたは N99 マスク、目と顔の保護具（フルフェイスシールド/バイザーまたはポリカーボネート製の安全メガネ）が推奨されている。フード付きの電動空気清浄呼吸器を使用する場合もある<sup>7</sup>。COVID-19 パンデミック中に行われた、気管支鏡検査を行う病院スタッフの感染リスクの分析<sup>8</sup>では、次のように安全管理された気管支鏡下 BAL はスタッフへの感染リスクが最小限に抑えられるとした。すなわち、1) 必要不可欠な人員のみで行う。2) 気管支鏡アダプタの着脱のための回路の開放時間を最小化する。気管内挿管チューブのクランプと人工呼吸器の吸気管の切り離し。3) 深い鎮静と非動化で咳を最小限に抑える。4) 使い捨て気管支鏡の使用、である。

#### 2) 集中治療室における気管支肺胞洗浄/経気管支生検/経気管支針生検/クライオ生検

Steinberg らは、急性呼吸窮迫症候群（ARDS）の診断基準を満たした人工呼吸

器管理症例（FIO<sub>2</sub> 1.0 で PaO<sub>2</sub> < 80mmHg、虚血性心疾患合併例、気道内圧上昇例、挿管チューブ内径 < 7mm の症例を除く）110 例に対し気管支鏡検査と BAL を行ったところ、気管支鏡施行後 1 時間での酸素化増悪はみられず、ARDS 患者に対する気管支鏡検査と BAL は比較的安全に施行できると報告した<sup>9</sup>。

原因不明の肺浸潤を調査するために BAL/経気管支肺生検（TBLB）を行った人工呼吸器管理患者 38 例の後ろ向き研究<sup>10</sup>では、BAL/TBLB により 28 例（74%）で診断可能となり、24 例（63%）で治療方針が変更された。合併症は、気胸 9 例、出血（35mL 以下）4 例、一過性低血圧 2 例に発生したが、手技関連死亡例はなかった。遅発性 ARDS の患者では、11 例中全例で検査後ステロイド治療が開始され、4 例（36.4%）が気胸を発症した。したがって、遅発性 ARDS 患者を除く原因不明の肺浸潤像を伴う人工呼吸器患者に対する BAL/TBLB は診断的および治療的に行う意義があるとした。

ICU で人工呼吸器を装着しながら経気管支針生検（TBNA）を受けた 8 例の患者の後ろ向き研究<sup>11</sup>では、CT で検出された腫大リンパ節に対し TBNA を行ったところ、TBNA による合併症は認めず、5 例（63%）で病理学的確定診断がなされ、治療方針が変更された。人工呼吸器管理患者であっても症例を選択すれば TBNA は有用であるとした。

人工呼吸器管理下にある急性呼吸不全患者 10 例における経気管支肺クライオ生検（TBLC）の feasibility study<sup>12</sup>では、全例で病理診断が可能で、合併症は気胸 1 例のみで輸血、死亡症例はなかった。このため、TBLC は人工呼吸器管理の急性呼吸器疾患患者においても実行可能な手技であるが、経験豊富な呼吸器科医が行う必要があるとした。また、人工呼吸器管理を必要とする重症の肺移植レシピエントに対し TBLC を行った 89 例における、生検鉗子群 28 例、1.9mm クライオプローブ群 31 例、2.4mm クライオプローブ群 30 例を比較する Randomized Controlled Trial（RCT）<sup>13</sup>では、人工呼吸器管理下の重症肺移植レシピエントに対し 2.4mm クライオプローブを用いた TBLC は安全に肺組織サンプルを採取できるとしている。

### 3) 無気肺の治療

人工呼吸管理患者の気管支内分泌物貯留を吸痰・洗浄することで無気肺の治療に使われる。慢性閉塞性肺疾患急性増悪のため気管挿管された患者を対象に、通常の気管吸引と気管支鏡による吸引とを比較した RCT<sup>14</sup>では、気管支鏡吸引群で人工呼吸日数の短縮、再挿管率の低下、入院期間の短縮、人工呼吸器関連肺炎の発生率の低下を示した。本 RCT は症例数が少なく、単一疾患が対象であるため、気管支鏡使用を routine とすることについては結論を出すことはできない。また、肺葉切除後人工呼吸管理となった患者で気管支鏡使用による無気肺予防の効

果は理学療法と同等とされ<sup>15</sup>、肺葉切除後の挿管管理で気管支鏡吸痰は必要でない。

#### 4) 喀血/出血の診断、治療

生命を脅かす喀血に対する最適な診断アプローチについてはコンセンサスが得られていない。挿管患者で、チューブ内から出血を認める場合に出血源の同定と範囲の確認に気管支鏡を使用する。人工呼吸管理患者 80 例で喀血コントロールにおける気管支鏡と CT の有用性を検討した研究<sup>16</sup>で、出血源特定は気管支鏡で 71 例 (89%)、HRCT で 64 例 (80%) ( $p>0.3$ ) で、気管支鏡と HRCT 両方を用いた場合は 96%であった。このうち、喀血の原因については、気管支鏡で 2 例のみ、HRCT では 49 例で診断可能であった。以上から人工呼吸管理下の患者の喀血/出血診断の第一選択検査は CT である可能性がある。

喀血のコントロールには、Nd:YAG レーザーまたはアルゴンプラズマ凝固などの局所レーザー療法も選択肢の一つとされる。ただし、気管支鏡下レーザー療法は、発火の可能性があるため、 $\text{FIO}_2 > 0.40$  を必要とする患者には使用できない<sup>16</sup>。

生命を脅かす喀血を制御するためには軟性気管支鏡にこだわらず、硬性気管支鏡、外科手術、血管塞栓術など、代替の喀血制御法を考慮すべきである。

#### 4. 集中治療室における気管支鏡検査に必要な準備および禁忌

集中治療室の重症患者では酸素化不良、電解質異常、凝固異常、不整脈などを合併するため、気管支鏡検査の利益がリスクを上回る場合に検査に臨む。Guerreiro da Cunha Fragoso ら<sup>17</sup>は、ICU での気管支鏡検査の絶対的禁忌を、非協力的な患者、患者の拒否、気管支鏡医/チームの経験不足、適切な設備/機器の欠如、処置中に適切な酸素供給を維持できない場合とした。相対的禁忌またはリスクの高い状況としては、重度の低酸素血症、急性冠動脈症候群（不安定狭心症または心筋梗塞発症後 4 週未満）、制御されていない不整脈、制御不能な気管支痙攣、重度の肺膨張（ $\text{auto-PEEP} \geq 15\text{cmH}_2\text{O}$ ）、重症肺高血圧症、出血素因、頭蓋内圧亢進症、慢性腎不全、肺膿瘍、免疫抑制状態とした。

PT 時間延長、APTT 延長、フィブリノゲン減少、血小板減少など凝固障害時の生検は危険である。ICU 在室中の患者に対する気管支鏡検査は合併症リスクが高いため、リスク因子となり得る項目（人工呼吸器の設定、凝固能、心機能など）を検査しておく。重症患者は局所麻酔薬による中毒症状もきたしやすく、経静脈的な鎮静を考慮すべきである。人工呼吸管理下で重度の血小板減少症（血小板数  $< 50,000/\mu\text{L}$ ）の患者 37 例に対して気管支鏡検査（BAL 33 例、TBLB 5 例、気管支洗浄 2 例）を施行した報告<sup>18</sup>では、気管支鏡検査関連死亡が 2 例 (5.4%) あり、うち 1 例は二次性の気道



出血であった。また、処置を必要としない気管気管支出血を 32% に認めた。一般的には、単純な気道の検査であれば血小板数  $50,000/\mu\text{L}$  以上、TBLB には  $75,000/\mu\text{l}$  以上、BAL には  $20,000/\mu\text{L}$  以上が望ましいとされる<sup>17</sup>。

## 5. モニタリング

心電図モニター、動脈ラインを用いた連続的動脈圧測定、マンシェットによる非観血的血圧測定、パルスオキシメーターによる経皮的動脈血酸素飽和度 ( $\text{SpO}_2$ )、呼気終末二酸化炭素濃度 ( $\text{EtCO}_2$ ) 測定などを使用する。心拍数、血圧、 $\text{SpO}_2$  のアラームを適切に設定し、不測の事態が発生した場合は気管支鏡検査を終了する。

気管支鏡検査、BAL は肺のコンプライアンスと気道抵抗性を悪化させ、低酸素症と頻脈の悪化を誘発するが臨床的には問題にならない範囲である<sup>19</sup>。ただし、ARDS 患者に対して行った気管支鏡検査と BAL の研究<sup>20</sup>では、気管支鏡検査により  $\text{PaO}_2$  が 30% 以上低下した症例が 35% に認められた。人工呼吸管理患者の気管支鏡検査後の気胸は、経気管支生検が行われなくても起こりうる<sup>9</sup>。このような処置中の生理学的変化を綿密にモニタリングし速やかに対処することが必要である。

## 6. 人工呼吸器の設定と非侵襲的換気療法下の気管支鏡

人工呼吸管理下では気管支鏡検査開始前に、100%酸素を投与して血中酸素飽和度を上昇させ、検査中も 100%酸素を投与する。プレッシャーサポートベンチレーションや調節/換気モードなどの自発呼吸をトリガーとする換気モードでは検査中確実に換気できないため、強制換気モードとする。気道内圧の上昇は換気量確保のために容認し、換気回数も増やして対応する。挿管チューブと人工呼吸器の接続には、換気しながら気管支鏡を挿入できるフリップトップタイプの Swivel 式コネクターを使用する。挿管されていない低酸素血症患者に対して気管支鏡検査を行う場合には、持続陽圧呼吸法 (CPAP) または非侵襲的換気 (NIV) が有用とされる。

Maitre らは、通常の酸素投与 (COT) と CPAP の有用性を比較する RCT を行い<sup>21</sup>、酸素化不良患者 ( $n=30$ ) の気管支鏡検査時に COT に加えて CPAP を付加すると、COT 単独群と比較して  $\text{SpO}_2$  の低下が抑えられ (CPAP:  $95.7 \pm 1.9\%$  vs COT:  $92.6 \pm 3.1\%$ ,  $p=0.02$ )、6 時間以内の呼吸不全が少なく (CPAP: 0 vs COT: 5 回,  $p=0.03$ )、後の人工呼吸器による補助換気の必要性も低下した。

気管支鏡における高流量鼻カニューレ酸素投与 (HFNC) の有効性に関する RCT の SR/MA<sup>22</sup>では、低酸素症の発生率において、COT 群よりも HFNC 群の方が低かった (リスク比 0.25、95%CI: 0.14-0.42)。処置中の  $\text{SpO}_2$  最低値において、HFNC 群は COT 群よりも有意に高かった (加重平均差: 7.12、95%CI: 5.39-8.84)。処置終了時の  $\text{PaO}_2$  において、HFNC 群は COT 群よりも有意に高かった (加重平均差: 20.36、95%CI: 0.30-40.42)。酸素飽和度の低下による気管支鏡検査の中断発生率、検査終了

時の  $\text{PaCO}_2$  および  $\text{EtCO}_2$ 、処置後の挿管率は両群間で有意差はなかった。以上から、HFNC は気管支鏡検査を受ける患者の低酸素症発生率を低下させ、酸素化を改善する可能性があるとした。

Simon らは、気管支鏡検査を行う急性低酸素血症性呼吸不全の患者 40 例を対象に HFNC と NIV を比較する RCT を行った<sup>23</sup>。酸素濃度において、NIV 群は HFNC 群より有意に高かった。HFNC 群 2 例で低酸素血症が進行し気管支鏡検査を継続できず、1 例で NIV を必要とした。気管支鏡検査後 24 時間以内に挿管された患者は、NIV 群：3 例、HFNC 群 1 例であった ( $p=0.29$ )。このため、中等度から重度の低酸素血症の患者においては、気管支鏡検査前、検査中、検査後の酸素化に関して、NIV は HFNC より優れていたとした。しかし、NIV を要する患者は気管支鏡検査のハイリスク群であり、検査後に挿管管理が必要になる可能性を考慮して習熟した医師が挿管/人工呼吸管理の準備をして臨むべきである。

頭蓋内圧亢進のリスクのある患者の気管支鏡検査は、頭蓋内圧を上昇させることが報告されており<sup>24-26</sup>、慎重に行わなければならない。頭部外傷患者では気管支鏡検査時に鎮静と筋弛緩薬を用いて行い、手技中の  $\text{CO}_2$  貯留やその他の原因による頭蓋内圧の突発的な上昇に備えて、頭蓋内圧のモニタリングが必要である。頭部外傷患者における気管支鏡検査中の人工呼吸器を介した過換気を評価する RCT では、過換気群と非過換気群で頭蓋内圧のピーク値に有意差は認められなかったが、ベースラインの頭蓋内圧に戻る時間が短縮される可能性が示された<sup>24</sup>。また、気管支鏡検査によって頭蓋内圧は上昇するが脳髄液圧が維持されることが示唆されている<sup>25, 26</sup>。

## 7. 鎮静

集中治療患者に対する気管支鏡検査では適切な鎮静と鎮痛を行うべきであり、患者の状態に応じて気管支鏡検査中に用いる鎮静薬の種類・深度を決定する。アルフェンタニルやフェンタニルなどの合成麻薬は、咳嗽を抑制し鎮痛効果も深い。ベンゾジアゼピンやプロポフォールを使用することでも鎮静ができる。プロポフォールは人工呼吸患者の鎮静には非常に優れた薬剤であるが、呼吸抑制や心血管系抑制が起こりやすく、経験と専門知識が必要である。人工呼吸管理患者では少量の鎮静薬で十分な場合があり、リドカインなどの局所麻酔薬を経気管支鏡的に投与して、気管支鏡検査を行う。腎不全、肝機能障害、うっ血性心不全を合併する患者では、局所麻酔薬の副作用に注意しながら使用する。

人工呼吸管理下での気管支鏡検査 107 例における鎮静薬の研究報告では<sup>27</sup>、気管支鏡検査後に 14 例で酸素分圧が有意に低下 ( $\text{FIO}_2=0.8$  で  $\text{PaO}_2<60\%$  に低下) し、多変量解析で ARDS の有無と人工呼吸器とのファイティングが相関した。患者がファイティングしない程度の適切な鎮静が人工呼吸器管理患者の気管支鏡検査中の低酸素症の予防に役立つ可能性があるとした。Gao らは、ICU 患者に対する気管支鏡検査での鎮



静におけるデクスメデトミジンとミダゾラムの有効性を後方視的に比較した<sup>28</sup>。デクスメデトミジン群 72 例とミダゾラム群 76 例の比較で、鎮静と気管支鏡の総時間はミダゾラム群で有意に短く ( $p<0.001$ )、プロポフォールを必要とする患者の割合は低かった ( $p<0.001$ )。有害事象（気管支痙攣、咳、酸素飽和度の低下など）の発生率はデクスメデトミジン群で有意に高かった（それぞれ  $p=0.007$ 、 $0.014$ 、 $0.008$ ）。検査医の満足度スコアはミダゾラム群で有意に高かった ( $p=0.030$ )。ミダゾラムとデクスメデトミジンの併用により、デクスメデトミジン単独投与と比較して、鎮静効果の向上、有害事象の発生率の低下、および気管支鏡検査医の満足度スコアの高さが示された。以上の薬剤については非挿管時には保険適用に注意し、各施設で使用に関する検討を必要とする。

#### <参考文献>

1. Lawson RW, Peters JI, Shelledy DC. Effects of fiberoptic bronchoscopy during mechanical ventilation in a lung model. *Chest*. 2000; 118: 824-31.
2. Berton DC, Kalil AC, Cavalcanti M, et al. Quantitative versus qualitative cultures of respiratory secretions for clinical outcomes in patients with ventilator-associated pneumonia. *Cochrane Database Syst Rev*. 2008;4:CD006482.
3. Berton DC, Kalil AC, Teixeira PJ. Quantitative versus qualitative cultures of respiratory secretions for clinical outcomes in patients with ventilator-associated pneumonia. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012;1:CD006482.
4. Kalil AC, Metersky ML, Klompas M, et al. Management of Adults With Hospital-acquired and Ventilator-associated Pneumonia: 2016 Clinical Practice Guidelines by the Infectious Diseases Society of America and the American Thoracic Society. *Clin Infect Dis*. 2016; 63: e61–e111.
5. Torres A, Niederman MS, Chastre J, et al. International ERS/ESICM/ESCMID/ALAT guidelines for the management of hospital-acquired pneumonia and ventilator-associated pneumonia: Guidelines for the management of hospital-acquired pneumonia (HAP)/ventilator-associated pneumonia (VAP) of the European Respiratory Society (ERS), European Society of Intensive Care Medicine (ESICM), European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases (ESCMID) and Asociación Latinoamericana del Tórax (ALAT). *Eur Respir J*. 2017; 50: 1700582.
6. Fernando SM, Tran A, Cheng W, et al. Diagnosis of ventilator-associated pneumonia in critically ill adult patients-a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2020; 46: 1170-9.
7. Patrucco F, Failla G, Ferrari G, et al. Bronchoscopy during COVID-19 pandemic, ventilatory strategies and procedure measures. *Panminerva Med*. 2021; 63: 529-38.

8. Gao CA, Bailey JI, Walter JM, et al. Bronchoscopy on intubated patients with COVID-19 is associated with low infectious risk to operators. *Ann Am Thorac Soc.* 2021; 18: 1243–6.
9. Steinberg KP, Mitchell DR, Maunder RJ, et al. Safety of bronchoalveolar lavage in patients with adult respiratory distress syndrome. *Am Rev Respir Dis.* 1993; 148: 556–61.
10. Bulpa PA, Dive AM, Mertens L, et al. Combined bronchoalveolar lavage and transbronchial lung biopsy: safety and yield in ventilated patients *Eur Respir J.* 2003; 21: 489–94.
11. Ghamande S, Rafanan A, Dweik R, et al. Role of transbronchial needle aspiration in patients receiving mechanical ventilation. *Chest* 2002; 122: 985–9.
12. Chang CH, Ju JS, Li SH, et al. Feasibility and Safety of Transbronchial Lung Cryobiopsy for Diagnosis of Acute Respiratory Failure with Mechanical Ventilation in Intensive Care Unit. *Diagnostics (Basel).* 2022; 12: 2917.
13. Loor K, Culebras M, Sansano I, et al. Lung allograft transbronchial cryobiopsy for critical ventilated patients: a randomised trial. *Eur Respir J.* 2023; 61: 2102354.
14. Qiao Z, Yu J, Yu K, et al. The benefit of daily sputum suction via bronchoscopy in patients of chronic obstructive pulmonary disease with ventilators: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore).* 2018; 97: e11631.
15. Jaworski A, Goldberg SK, Walkenstein MD, et al. Utility of immediate postlobectomy fiberoptic bronchoscopy in preventing atelectasis. *Chest.* 1988;94: 38–43.
16. Kathuria H., Hollingsworth H.M., Vilvendhan R., et al. Management of life-threatening hemoptysis. *J. Intensiv. Care.* 2020; 8: 1–9.
17. Guerreiro da Cunha Fragoso E, Gonçalves JM. Role of fiberoptic bronchoscopy in intensive care unit: current practice. *J Bronchology Interv Pulmonol.* 2011; 18: 69–83.
18. Kim YH, Suh GY, Kim MH, et al. Safety and usefulness of bronchoscopy in ventilator-dependent patients with severe thrombocytopenia. *Anaesth Intensive Care.* 2008; 36: 411–7.
19. Klein U, Karzai W, Zimmermann P, et al. Changes in pulmonary mechanics after fiberoptic bronchoalveolar lavage in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med.* 1998; 24: 1289–93.
20. Trouillet JL, Guiguet M, Gibert C, et al. Fiberoptic bronchoscopy in ventilated patients. Evaluation of cardiopulmonary risk under midazolam sedation. *Chest.* 1990; 97: 927–33.
21. Maitre B, Jaber S, Maggiore SM, et al. Continuous positive airway pressure during fiberoptic bronchoscopy in hypoxaemic patients A randomized double-blind study using a new device. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000; 162: 1063–7.

22. Su CL, Chiang LL, Tam KW, et al. High-flow nasal cannula for reducing hypoxemic events in patients undergoing bronchoscopy: A systematic review and meta-analysis of randomized trials. *PLoS One*. 2021; 16: e0260716.
23. Simon M, Braune S, Frings D, et al. High-flow nasal cannula oxygen versus non-invasive ventilation in patients with acute hypoxaemic respiratory failure undergoing flexible bronchoscopy—a prospective randomised trial. *Crit Care*. 2014; 18: 712.
24. Previgliano IJ, Ripoll PI, Chiappero G, et al. Optimizing cerebral perfusion pressure during fiberoptic bronchoscopy in severe head injury: effect of hyperventilation. *Acta Neurochir Suppl* 2002; 81: 103–5.
25. Kerwin AJ, Croce MA, Timmons SD, et al. Effects of fiberoptic bronchoscopy on intracranial pressure in patients with brain injury: a prospective clinical study. *J Trauma*. 2000; 48: 878-83.
26. Peerless JR, Snow N, Likavec MJ, et al. The effect of fiberoptic bronchoscopy on cerebral hemodynamics in patients with severe head injury. *Chest*. 1995; 108: 962-5.
27. Trouillet JL, Guiguet M, Gibert C, et al. Fiberoptic bronchoscopy in ventilated patients. Evaluation of cardiopulmonary risk under midazolam sedation. *Chest*. 1990; 97: 927-33.
28. Gao Y, Kang K, Liu H, et al. Effect of dexmedetomidine and midazolam for flexible fiberoptic bronchoscopy in intensive care unit patients: A retrospective study. *Medicine (Baltimore)*. 2017; 96 (25): e7090

## 11 局所麻酔下胸腔鏡検査の安全対策と合併症

東北大学病院 呼吸器外科 野津田 泰嗣

### 要約

・胸水貯留をきたす様々な疾患の鑑別として、局所麻酔下胸腔鏡による胸膜生検が施行されることがある。

・盲目的な経皮的生検法に比べて、局所麻酔下胸腔鏡による胸膜生検は診断率が高い。また、全身麻酔下での胸膜生検に比べて、簡便かつ安全性が高い。

### 1. はじめに

胸水貯留を来す疾患は呼吸器疾患のみならず、全身性疾患など多岐にわたる。原因疾患を診断する目的で、胸水穿刺による胸水検査や胸膜生検などが施行される。胸膜生検に関しては、以前の盲目的な経皮的針生検法では診断率に限界があったが、近年の胸腔鏡を用いた直視下生検の普及に伴い、診断率は飛躍的に向上するようになった。胸腔鏡は、外科医が行う全身麻酔下胸腔鏡と、主に呼吸器内科医が行う局所麻酔下胸腔鏡（以下、局麻下胸腔鏡と略す）とに分けられる。前者は全身麻酔下での片肺換気状態で施行されるため、麻酔機器などの設備が必要であるとともに患者には全身麻酔のリスクが加わる。一方、局麻下胸腔鏡は、簡便かつ安全で、低侵襲な検査法として位置づけられている。その手技は、胸腔内へのポート（フレキシブルトロッカー）挿入、胸水排液、胸腔内観察、壁側胸膜生検、胸腔ドレーン留置を一連の操作として施行する。この中で、胸腔内観察、壁側胸膜生検以外の手順は胸水貯留例に対する胸腔内ドレーン留置術と基本的に同じである<sup>1</sup>。壁側胸膜の生検方法について、従来の生検鉗子による病理組織診断のほかに、クライオ生検による病理組織診断を行う施設もあるが、凍結法による胸膜生検は、現時点では保険適用外であり、各施設での適応外使用のための委員会において議論をお願いし、施設で使用を認めていただく必要がある。また、その事項を局麻下胸腔鏡の説明同意書に記入し、患者に説明の上、同意を取るようにすることが勧められる。本学会の2016年アンケート調査では、局麻下胸腔鏡を保有し、かつ使用している施設は全国195施設（45.6%）であった<sup>2</sup>。局麻下胸腔鏡で使用する胸腔鏡について、2010年のアンケート調査によれば、大半の症例でセミフレキシブル胸腔鏡が用いられていた<sup>3</sup>。

局麻下胸腔鏡の適応、検査前・中・後の安全対策や感染対策、合併症などに関しては、気管支鏡と共通する部分も多く、またWebサイトから簡単にアクセス・入手が可能である<sup>4</sup>。また、本学会では局麻下胸腔鏡用の患者への説明書をホームページ上に用意しているので、局麻下胸腔鏡施行の際には、ぜひ使用していただきたい<sup>5</sup>。

## 2. 適応と非適応

局麻下胸腔鏡の主な目的は、胸水貯留症例に対して胸腔内観察と胸膜生検を行い、診断を確定することである。対象疾患は、癌性胸膜炎、悪性胸膜中皮腫、結核性胸膜炎などが中心となる。これらの疾患は、生検による病理診断が重要な役割を果たすこと、早期診断とそれに続く早期治療が治療成績と患者の quality of life (QOL) の向上とにつながることから、局麻下胸腔鏡の最も有用性の高い疾患と考えられる。さらに、治療を目的とした適応には、胸膜癒着術（タルク散布）、難治性気胸の治療、急性膿胸における癒着解除とドレナージなどがあげられる<sup>6</sup>。

一方、非適応（禁忌）に関しては、胸腔局所の状態と心肺機能を含めた全身的要因によって判断される。具体的には、胸腔内ポート挿入不能の胸膜肥厚や高度で広範囲に及ぶ胸膜癒着、高度の呼吸機能障害、重篤な低酸素血症、虚血性心疾患や難治性不整脈、不安定な血行・循環動態、難治性咳嗽、肺高血圧症、仰臥位もしくは側臥位の体勢保持不能、出血性素因、止血・凝固能異常、薬剤過敏症、原疾患進行によって予後不良が予測される状態、などがあげられる<sup>7, 8</sup>。

しかしながら、重篤な呼吸不全状態であっても、その原因が大量胸水貯留や緊張性気胸に起因し、虚脱肺が再膨張することによってガス交換の改善効果が予想される場合に限っては、局麻下胸腔鏡の適応がある。また、無症候性の少量胸水貯留例もしくは多房性胸水貯留例では、リスクと得られる利益とを比較し、全身麻酔下胸腔鏡の適応を考慮する。

検査の実施に関しては、胸部 X 線写真、胸部 CT、体外超音波診断装置などによる胸水貯留および胸膜肥厚の把握、動脈血ガス分析、心電図などによる心肺機能の評価に加えて、全身状態を考慮して、実施可能であるか否かを総合的に判断する。検査の施行時期に関しては、これまで、胸水穿刺による胸水検査によっても確定診断が得られなかった症例を対象とする傾向にあった。しかしながら、微生物検査や細胞診検査の結果が判明するまでには数日間を費やすこと、細胞診陽性率は 60～70%程度にとどまること、悪性胸膜中皮腫では病状の進行によって胸膜肥厚増悪とともに胸水減少をきたす症例も存在することなどから、臨床的に悪性腫瘍や結核に起因する胸水が疑われる場合には、胸水貯留の診断が得られた早期の段階から、局麻下胸腔鏡の適応を考慮すべきであると考ええる。

## 3. 合併症とその対策

手技の安全性は、基本的に術者である呼吸器内科医の技術・技能と注意深い患者の観察に依存する。本学会の2010 年アンケート調査では、総施行件数 1、563 件中 24 件（1.54%）の合併症が報告された<sup>3</sup>。合併症の内訳は、出血 13 件、



気胸 5 件、呼吸器感染症 3 件、呼吸不全 2 件、穿孔 1 件であった<sup>3</sup>。以下に、主な合併症をあげ、その対策についても言及する。

## 出血

輸血や外科的処置を必要とするような大量出血の頻度は極めて胸膜からの出血が問題となるのは、主に非隆起型の胸膜病変の場合である。肥厚のない胸膜では、肋間動静脈が壁側胸膜から透見可能であるため、これらの血管を避けて生検する。胸膜が肥厚している症例では、血管損傷が少ないとされるが、鉗子で肋骨の位置を確認して、血管の存在が予想される部位からの生検は避ける。肋間動静脈は胸膜下の胸内筋膜（endothoracic fascia）よりも深層を走行するため、生検の深度はこの層を超えないように留意する<sup>9</sup>。胸膜癒着のある症例では、癒着組織内に血管増生があり剥離時に出血の危険性があるので、原則的に剥離や生検操作を行わない。通常、生検後の出血は、軽微で自然に止血するが、止血しない場合や肋間動静脈を損傷した場合は、出血部位を圧迫するか、もしくは高周波電気メスなどを用いて焼灼し止血する。本学会の 2010 年アンケート調査では、生検に際して高周波電気メスを用いている施設は 18 施設（9.8%）のみで、同生検件数も 63 件（4.0%）に過ぎなかった。この中で、高周波電気メス非使用生検では、13 件（1.05%）の出血が合併症として報告されているが、高周波電気メス使用生検では合併症の報告はなく、高周波電気メスを使用した生検の安全性が示唆された<sup>3</sup>。

しかしながら、動脈性出血に対する止血操作は容易ではないため、動脈性出血や血管系を損傷する危険性の高い処置は行うべきではない。万一の動脈性出血などの危険性を想定して呼吸器外科医とも密接に連携をとり、緊急時の協力体制を確立しておくことが重要である。

## 疼痛

有効な局所麻酔と十分な鎮静とによって、患者が不快感を自覚することはほとんどないとされる。癌性胸膜炎や悪性胸膜中皮腫などの肥厚した胸膜病変では生検時に疼痛を感じることは少ないが、正常組織に近い胸膜では生検時に疼痛を伴うことが多い。

生検時の疼痛緩和に、2% リドカインの生検部位への散布や胸膜直下への注入が行われる場合がある。

## 低酸素血症状

術中の低酸素血症の原因としては、麻酔による呼吸中枢抑制、健側肺を下にした側臥位の体勢保持、患側肺の虚脱などが考えられる。胸水貯留によって患側肺がある程度虚脱している症例が多いため、胸腔が大気圧に開放されても動脈血酸素分圧の低下は軽度である。通常、経鼻的に酸素 2～3L/分を投与して、パ



ルスオキシメーターで酸素飽和度をモニタリングする。

### **不整脈**

軽度の洞性頻脈を除いて、術中の不整脈出現は稀である。

### **血圧低下**

大量胸水排液に関連した体液減少によって、術中に血圧低下をきたす危険性が懸念される。硫酸アトロピン注（0.25～0.8 mg）が、血管迷走神経反射を介した血圧低下を抑制することで推奨される報告もあるが、本剤がルーチンの前投薬として必要か否かは明確ではない。検査中は、心電図、血圧、酸素飽和度を持続的に測定することで心肺機能をモニタリングする。不整脈、軽度の血圧低下、低酸素血症などの合併症は、酸素投与や補液によって回避される。

### **気胸**

局麻下胸腔鏡では、臓側胸膜からは生検しないこと、高度の胸膜癒着がある症例は適応外とすることから、気胸発症のリスクは少ない。しかしながら、胸水貯留量が少ない症例や胸膜癒着例では、胸腔穿刺時に肺実質を損傷する危険性があるので、検査前に穿刺する体位で体外超音波診断装置を用いて、穿刺部位の胸壁の厚さや胸膜癒着の有無、胸水の局在部位、胸水内フィブリン析出や器質化の程度、大血管、心臓、横隔膜などの周辺臓器との位置関係とその呼吸性変動を確認しておくことが望ましい。

### **再膨張性肺水腫**

大量胸水貯留によって肺が高度に虚脱している症例では、胸水排液後に再膨張性肺水腫を発症する危険性もあるので、検査前日までにある程度の胸水を排液しておくことが望ましい。また、検査時に大量の胸水を排液した症例では、ドレナージチューブのクランプを少しずつ開放し、段階的に肺を再膨張させることで再膨張性肺水腫の予防に努める。肺水腫は検査後 30 分から数時間以内に発症することが多いため、この時間帯は慎重に経過を観察する必要がある。再膨張性肺水腫を発症した場合は、副腎皮質ステロイド、利尿薬、好中球エラスターゼ阻害薬投与にて治療を行う。

### **皮下気腫**

トロッカー挿入部位は胸腔鏡操作などによって組織が挫滅し、検査後に皮下気腫をきたす場合がある。皮下気腫は通常、軽微でドレナージからの吸引が適切に行われれば自然に軽快するが、検査後のドレナージチューブはやや太めのサイズを選択し、挿入部の結紮は十分に行うことで皮下気腫の予防に努める。

### **術後発熱**

37.5～38.5℃の発熱が術後数日間持続することがある。これは、必ずしも感染を意味するものではなく、一過性の炎症性組織反応に由来する可能性が高いと

される。

### 創部感染

術中の正確な清潔操作、胸腔ドレナージチューブ挿入部位の定期的な観察と消毒、ガーゼ交換などで創部を清潔に保つことによって、創部感染が問題となる場合は少ない。検査時、既に胸腔ドレナージチューブが挿入されている場合は、感染予防のために同じ挿入孔を使用せず、改めて別の部位から穿刺およびポート挿入を行う。一般的に、検査後の抗菌薬投与の必要性はないとされる。

### 膿胸

稀な合併症ではあるが、長期間のドレナージチューブ留置後や気管支胸腔瘻に続発して発症する可能性がある。欧米からは、652 例中 12 例（2%）の発症が報告されている<sup>7</sup>。

### 腫瘍胸壁播種

晩期の合併症として腫瘍細胞、特に中皮腫細胞の胸腔鏡挿入部への播種が問題となる場合がある。これを回避するために、胸腔鏡挿入部への予防的放射線照射が推奨されてきたが、その有効性に関しては未だ論議の余地を残すところである<sup>10</sup>。

## 4. 死亡率

1980 年代に報告された局麻下胸腔鏡の死亡率は 0.01～0.09% と極めて低い<sup>7</sup>、気管支鏡下生検の死亡率（0.22～0.66%）とほぼ同程度の 0.24% との報告もある<sup>11</sup>。局麻下胸腔鏡の対象疾患やその実施目的によっても死亡率は異なることが推察される。本学会の 2010 年アンケート調査では、局麻下胸腔鏡に関連した死亡例の報告はみられなかった<sup>3</sup>。

### <参考文献>

1. 鎢木孝之、内海啓子、橋本幾多、ほか。局所麻酔下胸腔鏡施行時の安全性の検討。気管支学。2006; 28: 582-4.
2. Horinouchi H, Asano F, Okubo K, et al. Current status of diagnostic and therapeutic bronchoscopy in Japan: 2016 national survey of bronchoscopy. Respir Investig. 2019;57:238-44.
3. Asano F, Aoe M, Ohsaki Y, et al. Deaths and complications associated with respiratory endoscopy: A survey by the Japan Society for Respiratory Endoscopy in 2010. Respiriology. 2012;17: 478-85
4. 石井聡、鎢木孝之、武政聡浩、ほか。「局所麻酔下胸腔鏡検査」-手技実施のための

- 留意点-. オリンパス株式会社医療従事者向け On-Demand Library.  
<https://www.olympusprofed.com/jp/pulm/bronchoscopy/27204/>
5. 局所麻酔下胸腔鏡検査説明書. 日本呼吸器内視鏡学会ホームページ.  
[https://www.jsre.org/modules/medical/index.php?content\\_id=8](https://www.jsre.org/modules/medical/index.php?content_id=8)
  6. 石井芳樹. 局所麻酔下胸腔鏡の適応とその限界. 気管支学. 2004;26:322-25.
  7. Loddenkemper R, Mathur PN, Noppen M, et al. Medical Thoracoscopy/Pleuroscopy:Manual and Atlas. New York: Thieme; 2011:58-64
  8. Michaud G, Berkowitz DM, Ernst A. Pleuroscopy for diagnosis and therapy for pleural effusions. Chest. 2010;138:1242-46.
  9. 笹田真滋.局所麻酔下胸腔鏡.気管支学.2008;30:293-99.
  10. Davies HE, Musk AW, Lee YC. Prophylactic radiotherapy for pleural puncture sites in mesothelioma: the controversy continues. Curr Opin Pulm Med. 2008;14:326-30.
  11. Boutin C, Viallat JR, Cargnino P. Thoracoscopy. In: Chretien J, ed. The pleura in health and disease. New York: Marcel Dekker; 1985:587-621.