

1 基本事項

1.1 スコープの構造と保管

- 気管支ビデオスコープの先端には **CCD (charged coupled device)** が装着される。CCD の小型化には限界があるため、先端に光ファイバーを装着し、スコープ内に CCD を備え付ける **ハイブリッドスコープ** が一般的である。
- スコープにはオリーブオイルやワセリンなどの石油系の潤滑剤はなるべく使わない（被膜が剥がれる）。
- スコープの保管中は**紫外線照射**を避ける。
- スコープ使用後は、**200mL** 以上の酵素洗浄剤を吸引したあと、**10 秒**空気を吸引する。
- スコープの洗浄液は、**グルタラル製剤**（取り扱いが容易だが芽胞に弱い）、**フタラル製剤**（抗酸菌の殺菌力に優れる）、**過酢酸**（さらに抗酸菌の殺菌力が強いが、通常の自動洗浄消毒装置では扱えない）。
- 滅菌法として、スコープ本体は**オートクレーブ**は使用不可！（高温になるため）

1.2 硬性鏡

- 硬性鏡の適応は、大量咯血、中枢気道狭窄、気管内腫瘍（core out が可能！）、**良性気道狭窄**（特に瘢痕性狭窄）、気管内異物、気管支インターベンション。
- 硬性鏡による気管支損傷は**膜様部**に起こりやすく、特に硬性鏡の径と気管支径が一致しないとき、軸がずれたときに起きやすい。
- 硬性鏡の処置中（特に中枢気道狭窄）で窒息しそうなときは、先に腫瘍末梢までφ 4-6mm のチューブを挿入しておきカフを膨らませておくと、末梢側への血液のたれこみを予防できる。

1.3 安全対策

- リドカイン（局所麻酔）による有害事象は**アレルギー反応**と**局所麻酔薬中毒**があり、前者では遅延型アレルギー性皮膚炎の頻度が高い。
- リドカイン中毒は用量依存性であり、総投与量 **7mg/kg** または血中濃度 **5 μg/mL** を超えると出現しやすいとされる。初期症状は不安、興奮、血圧上昇などの**交感神経優位**で、振戦、痙攣に至る。
- 特に**肝不全**患者でリドカイン中毒が起こりやすい（腎不全、心不全もリスク）。
- $\text{Plt} > 2$ 万であれば BAL は施行できるが、TBB/TBLB を行う場合は血小板輸血を考慮する（必須ではない）。
- 低用量アスピリンは継続していても **TBB/TBLB** まで施行可能。クロピドグレルは **7 日前**から中止する。
- 低用量アスピリン以外の抗血栓薬を継続していても、**観察**と **BAL** は施行可能。
- 抗血栓薬のヘパリンブリッジを行う場合の目安は **200U/kg/d**、目標 APTT はヘパリン投与前の **2 倍**で、検査の **6 時間前**に中止する。
- 食事は BFS4 時間前まで、飲水は **2 時間前**まで。気道分泌抑制を目的としたアトロピン投与は、routine には推奨されない。
- 不整脈、とくに心室性不整脈はファイバーが**声帯**を通過するときに最も高頻度で起きる。心筋虚血を回避するために、(SpO₂ よりもむしろ) **心拍数**および**血圧**の維持に務める。
- BFS 後の発熱（post bronchoscopy fever）の頻度が高い処置は **BAL** で、平均 **8 時間後**にみられる。
- BFS 施行前の ABx の予防投与は不要（検査後の心内膜炎、肺炎、発熱を予防しない）。**EBUS-TBNA** は重篤な感染を誘発しうるため、検討しても良い（routine に行く必要はない）。
- 心筋梗塞発症後の BFS は、少なくとも **4-6 週**以降に延期して行う。
- 高齢者における呼吸抑制は、SpO₂ よりも**経皮的 CO₂ 分圧**の方が鋭敏に検出できる。

1.4 準備・処置

- 局所麻酔は 1% リドカインの噴霧が基本で、鼻腔内の局所麻酔は 2% リドカインゲルを用いる。
- ミダゾラムは 1mg/mL で使用し、初回投与量の極量は <70 歳で 5mg, >70 歳で 2mg. オピオイドの使用は official に推奨されている。

1.5 全身麻酔

- 硬性鏡の施行においては、処置により換気が頻回に中断されるため、原則として完全静脈麻酔（TIVA）で管理する（鎮痛 + 鎮静 + 筋弛緩薬）。
- プロポフォールを用いる場合、麻酔維持に必要な血中濃度は 2-5 μ g/mL で、target-controlled infusion (TCI) 機能に対応したシリンジポンプを用いる。
- 気道狭窄が強く、自発呼吸を残して処置を行う場合も TIVA が妥当だが、吸入麻酔の選択肢がある。まずセボフルランで導入し、処置前に半減期の長いイソフルランに変更する。
- 自発呼吸が残っている場合の換気は、手押しによる陽圧換気が原則である。
- ガスが排出される気道径が確保できた場合のみ、ジェットベンチレーションを行うが、その場合の換気条件は、呼吸回数 20-30/min, 駆動圧 18-25mmHg, 吸気時間 30%。

2 気管支鏡の観察項目

2.1 解剖

- 内視鏡的層別分類は、内側から**上皮層**（上皮＋基底膜）、**上皮下層**（上皮化血管、縦走襞）、**壁内層**（平滑筋、軟骨）、**壁外層**の4つである。
- 縦走襞は**上皮下層の深部の弾力線維**であり、輪状襞は**壁内層の平滑筋**である。
- 気管膜様部の縦走襞は主に右側に走行し、一部は**右上葉支から右 B2**に連続するが、左主気管支にはこの構造はみられない。
- 気管支の分岐異常は、**過剰分岐**、**分岐欠如**、**転位気管支**に分類される。
- 過剰気管支で有名なのは**副心臓支**（中間幹の内側から縦隔側に向かって分岐）。
- 肺外気管支は、**主気管支**、**中間幹**、**葉気管支**（中葉枝を除く）。
- 肺内気管支では、軟骨が飛び石状になるため、**縦走襞**が全周性にみられるようになり、かつ**輪状襞**が全周性に観察される。
- 軟骨は、気管で**16-20**個、右主気管支（1.5-2cm）で**6-8**個、左主気管支（4cm）で**9-12**個。

2.2 所見

- 気管支表面の白色調の変化は**萎縮性気管支炎**、**腫瘍の上皮直下への進展**、**貧血**で認める。
- 気管支内腔における黒褐色の色調変化は**上皮下の炭粉沈着**を反映する。
- 気道狭窄のうち、外からの圧排＋内腔内にも所見を認めるものは**混合性狭窄**である。
- 気道狭窄のうち、ステント治療の適応から外れるのは**腔内性狭窄**である。
- 機能的狭窄は**気管・気管支軟化症**、**excessive dynamic airway collapse (EDAC)**などの支持組織の異常による。
- 隆起性変化のうち、>2mmの高さを**結節**と呼ぶ。<2mmの変化は**平坦性変化**と呼ぶ。
- 平坦性変化のうち、「肥厚」は**気管支分岐部**における所見として用いる。**Sq**が代表的である。
- 平坦性変化のうち、気管支表面の凹凸不整な変化を**顆粒状（凹凸不整）**とよぶ。肺癌などの悪性疾患のほか、**サルコイドーシス**でも認める。
- 平坦性変化のうち、上皮組織の欠損による**陥凹性変化**は、**気管支結核**、**Sq**の一部で認める。
- 上皮下血管の増生は、**肺癌のリンパ節転移**、**縦隔腫瘍**、**サルコイドーシス**、**SVC 症候群**などでみられる。
- 軟骨・軟骨輪の増生性変化は、**気管気管支骨軟骨形成症**で認める。

2.3 腫瘍の深達度診断

- **上皮下血管の消失**がある場合、腫瘍は**上皮層**に存在する。
- 腫瘍の表面の色調変化がある場合、少なくとも腫瘍は**上皮下層**以浅にある。特に、上皮下浅層まで及べば縦走襞が**消失**する。
- 腫瘍が壁内層に広く浸潤する場合、**輪状襞**は消失し、場合によって**縦走襞の圧縮強調**がみられる。**Ad**、**SCLC**に典型的であり、切除範囲は慎重に決定する！
- bridging fold は、**壁外層**または**壁内層**から圧排を受けることで、縦走襞が盛り上がって見える所見である。bridging fold の途中で縦走襞が断裂していれば、**上皮下浅層**までの進展を意味する。
- 壁内層または壁外層の腫瘍が気管・気管支壁に浸潤しているか判断したい場合、**EBUS**を使う。上皮を主体とした病変で境界がわかりにくい場合、**AFI**や**NBI**を用いる。

3 処置と検体処理

3.1 R-EBUS

- R-EBUS を用いて**中枢側**の気管支壁の深達度診断を行う場合、プローブをバルーンシースで膨らませて空気を抜き、超音波画像を得る。
- 膜様部は3層構造、そのほかの肺外気管支と肺内気管支は5層構造。
- 肺外気管支の5層構造は、内側から境界エコー (high)、上皮下組織 (low)、気管支軟骨の内側縁 (high)、気管支軟骨 (low)、気管支軟骨の外側縁 (high)。気管支軟骨より浅い病変で PDT が有効なので、**第4層 (気管支軟骨のローエコー)**を拾うことが大切。
- EBUS-GS による生検回数は**5-6回**でピークに近づく。

3.2 EBUS-TBNA

- TBNA スコープを食道に挿入することも可能で、EUS-B-FNA と呼ぶ。 **#8, #9** は EUS-B-FNA の絶対適応で。 **#5, #7** の一部も EUS-B-FNA でしか生検できないことがある。
- 腫瘍のリンパ節ステージングでは、**3 station** 以上の生検が必須で、その中に**#4R, #4L, #7**を含める。
- リンパ節の左右の血管は、**#2R** が **SVC-BCA**, **#4R** が **Az-SVC**, **#4L** が **PA-Ao**。
- EBUS-TBNA の穿刺において**陰圧は必須ではない**。ROSE をしない場合、同一部位に対して最低**3回**は穿刺する。
- 転移のないリンパ節は、形状は楕円形、辺縁は**不明瞭**で、内部は中心部の**高エコー**を伴い、内部血流は**少なく**、リンパ節門の血流が観察される。逆に、転移性のリンパ節は**気管支動脈**からの流入血管を認める。

3.3 AFB (Autofluorescence bronchoscopy：自家蛍光気管支鏡)

- AFB は普通の BFS では気管支壁に紛れて見逃してしまうような、**早期癌病変**を見つけるモダリティである。
- **青色** (420-460nm) の励起光を気管支の正常部に照射すると、**緑色** (480-520nm) の自家蛍光が発生するが、腫瘍部ではこの波長の自家蛍光が減弱するので、正常部とのコントラストを増幅して観察できる。
- AFB の偽陽性となるのは**慢性炎症**や**血管の増生**である。

3.4 NBI (Narrow band imaging：狭帯域光観察)

- NBI は**毛細血管**を強調することで、特に **Sq** のような多段階発癌の様子を推定できる。
- 気管支の正常部は**青色**と**緑色**の光を反射するが、逆に Hb はこれらの色を吸収する (特に青色を強く吸収する)。
- 上皮～上皮下表層の血管像が**茶色**で、表層下のやや深い血管が**緑色～シアン色**に見える。
- 気管支 Sq は、**squamous dysplasia**, **ASD (angiogenic squamous dysplasia)**, **CIS (carcinoma in situ, 上皮内癌)**, 微小浸潤癌、浸潤癌と進展していく。
- NBI において、微細な血管網の増生、蛇行がみられたら、**squamous dysplasia** または **ASD** を考える。点状血管があれば **ASD** 以上で、いよいよらせん型・スクリー型血管がみられると **CIS** 以上と考える。
- 富士フィルムは**キセノンランプ**を光源とする **FICE (flexible spectral imaging color enhancement)** があり、NBI と同様に粘膜面、血管の所見が強調される。

3.5 その他のモダリティ

- 超細径気管支鏡は外径 **3.5mm** 以下で、処置チャンネルは **1.7mm** が主流となっている。基本は経鼻挿管で、カフなしφ 5mm のチューブを先に挿入しておく。
- **EMN (electromagnetic navigation)** は、位置センサーを内蔵したガイドシースをスコープに通した状態で、リアルタイムなスコープの先端位置を再構成画像上に描出する。位置センサーが目標位置に到達したらセンサーを抜いてガイドシースを残し、あとは普通の生検と同じ。
- **CLE (confocal laser endomicroscopy)** は、末梢型肺腫瘍において、ROSE と同じような細胞観察を、BFS 越しに行う。細径シースにミニプローブ (φ 1.4mm) を挿入して腫瘍まで誘導したのち、**フルオレセイン**を注射して観察する。
- OCT は**上皮層と上皮下層**までは観察できるので、末梢の CIS の診断などに応用可能。

3.6 検体採取と処理

- TBB/TBLB は検体採取終了後、**2-3 分**は wedge し、検査 **2 時間後**に Xp 撮影。
- キュレットは中枢気道病変でスコープのアングルを目一杯使っても到達できない部位の擦過も可能である。
- 気管支洗浄を行うときは**リドカイン**はなるべく使用しない (殺菌作用があるため)。
- クライオプローブの外径はφ 2.4mm と φ 1.9mm が一般的。末梢肺病変の生検を行う場合、φ 1.1mm のプローブで気管支鏡を抜かずに生検する (miniCryo) も有望。
- 細胞診検体 (特に TBNA 検体) の場合、血液成分が多いので、**スライドガラスを擦り合わせて**検体を伸ばす。ただし組織の挫滅に注意する (SCLC など)。
- 普通の細胞診は **95% エタノール**を用いて湿固定し、Papanicolaou 染色を行う。**乾燥**を避ける。
- 細胞診検体を遺伝子検査に使う場合、擦過器具を**生食**または**リン酸緩衝食塩液 (PBS)**で洗ったものを保管する。
- ROSE を行う場合は、よく乾燥させて、**diff-Quik** や **CytoQuick** などの簡易法で染色する。May-Giemsa 染色と同様の見え方になる。
- DNA, RNA の解析には、基本的には**凍結保存 (液体窒素)**が best。遺伝子解析を行うだけなら **10% 中性緩衝ホルマリン溶液**で **6-48 時間**固定して、FFPE (ホルマリン固定パラフィン包埋) でも OK。ホルマリン固定を長時間行くと DNA の断片、修飾が起こる。
- PD-L1 は FFPE 薄切後 **6 週以内**に検査する。
- 生検体での検査が必要なのは **FCM**, **染色体分析**, **T 細胞/B 細胞受容体遺伝子の遺伝子解析**。
- ホルマリン固定の検体で OKなのは、**FISH**, **PCR**, **NGS**。

4 疾患

4.1 喉頭～気管腫瘍

- 乳頭腫は喉頭または気管～気管支に発症する（HPV6/11 と関連）。気管乳頭腫は扁平上皮性、腺上皮性、混合型の3つに分かれる。癌化するのは扁平上皮性。
- 喉頭癌の前癌病変として喉頭白板症があり、CIS との鑑別は声帯の可動性や異常血管の有無に注目する。
- 喉頭癌の頻度は声門、声門上、声門下の順。
- 声帯ポリープは見た目は普通のポリープで、逆にポリープ様声帯は声帯全体が浮腫む。
- 気管腫瘍で上皮下血管が拡張 ▶ 平滑筋腫、軟骨腫、カルチノイド、多形腺腫。
- 平滑筋腫のマーカーはα-SMA、カルデスモン、筋原性のマーカーはデスミン、HHF35（鑑別として GIST があるが、GIST はこれらは陰性）。
- 気管腫瘍で有茎状 ▶ 脂肪腫。
- 気管～気管支腫瘍で S-100 蛋白陽性 ▶ 顆粒細胞腫または神経原性腫瘍。
- 顆粒細胞腫はその名の通り BFS 所見は凹凸不整（顆粒状）。悪性転化したり重複癌のメルクマールになる。
- 気管腫瘍で「硬く生検困難」▶ 軟骨腫、脂肪腫（表面の被膜が硬いので）。
- 腺様嚢胞癌は組織学的には唾液腺型腫瘍であり、管腔型より充実型で予後不良。
- 気管支腫瘍は良性と分かっている内視鏡的治療（YAG，スネア）。逆に外科的治療の条件は、①悪性の可能性あり、②腫瘍による気道閉塞が高度、③気管支壁への腫瘍浸潤。例外的に多形腺腫は BFS で治療が完結できる！

4.2 気管支～肺の悪性腫瘍

- ポリープ型の悪性腫瘍の鑑別として早期 Sq，大細胞癌，多形腺腫，平滑筋肉腫。
- ★内視鏡的早期肺癌の基準：気管から亜区域枝*1までに限局，腫瘍の末梢辺縁が内視鏡的に可視，長径 <2cm，組織学的に Sq。
- 内視鏡的早期肺癌は平坦型，結節型，早期ポリープ型に分類される。平坦型において CIS の可能性が高いのは浸潤範囲 <10mm。
- 進行 Sq は粘膜型，粘膜下型，壁外型に分類される。
- SCLC は上皮下型または壁内型で多彩な病像を呈するが，前者であれば上皮下血管の消失，後者であれば縦走襞の圧縮強調を伴う。
- 甲状腺癌の気管浸潤は気管壁に接して易出血性の発赤を認める。食道癌の気管浸潤はどちらかというと亜全周性の病変になることが多い。
- 肺転移の鑑別で，CK7+CK20+ なら尿路上皮癌，膀胱癌，CK7-CK20+ なら大腸癌，CK7-CK20-なら肝細胞癌，前立腺癌，腎細胞癌。
- メラノーマの気管転移は気管支内腔のポリープ状の発育で，表面は青みを帯びた黒色調のことが多い（ただし転移病変がメラニンを含まないことはよくある）。
- 肺癌以外の気管支悪性腫瘍で，完全切除が可能なのは平滑筋肉腫と多形腺腫。
- 出血しやすい悪性腫瘍 ▶ 腎癌の気管支転移。

4.3 結核

- 喉頭結核で最も多いのは声帯 > 喉頭蓋 > 仮声帯で，肉芽腫型が多い。

*1 つまり B1a まで。

- 気管・気管支結核の定義は、「**区域気管支**^{*2}より中枢側の気管・気管支の結核性粘膜病変」で、**左主気管支**に好発する。
- 気管支結核の内視鏡分類（荒井分類）：早期病変は **Type II（粘膜内結節型）** である。白苔を伴う潰瘍形成がある場合は **Type III（潰瘍型）** で、隆起性潰瘍であれば **Type IIIb**。
- 結核の治癒過程に入ると **Type IV（肉芽型）** になり、最終的に **Type V（瘢痕型）** になる。狭窄を伴う場合は **Type Vb**。
- 結核性リンパ節炎が気管支内に穿破すると **Type LN** で、古典的には小児・若年成人に多い。

4.4 真菌感染症

- ABPM での病理では **Charcot-Leyden 結晶**（好酸球性炎症を反映するタンパク質が結晶化）が特徴的。
- PCP の BALF では**卵円形嚢子**がクラスターで観察されれば確定。

4.5 アレルギー・間質性肺疾患

- 喘息患者のうち、好中球性の気道炎症が強い場合は **Th17** が関与する。ステロイド抵抗性の重症喘息では **Th2/Th17 positive** の細胞増生がある。
- 喘息患者の BALF では LT, PG, TX, ヒスタミン, **トリプターゼ**などのメディエーターに加えて、**TGF-β1** や **bFGF** の増加がみられる。
- HP では夏型を除いて CD4/CD8 比は**上昇**。CHP でも**上昇**。
- 他に CD4/CD8 比の上昇は **MTX 肺炎**, **サルコイドーシス**, **慢性ベリリウム肺**。
- 血管炎のうち GPA は BFS の可視範囲において発赤, 腫脹を広範囲に認める。**声門下狭窄**も 17% に認める。
- 血管炎の BALF は, MPA は特徴的な所見はなく, GPA は **Ny ++**, **Eo+**, EGPA では **Eo ++**。
- 名前の通り, GPA の病理では**肉芽腫→壊死**, **血管炎**がすべて揃う。MPA の病理は基本的に肉芽腫はない。

4.6 サルコイドーシス

- サルコイドーシスの BFS 所見：**上皮下血管の増生**（いわゆる network formation）と、上皮組織の混濁による**上皮下血管の消失**のどちらもあり！内腔の**顆粒状変化**は若年層に多い。
- サルコイドーシスの I 期は **BHL**, II 期は **BHL+ 肺陰影**, III 期は**肺陰影 alone**, IV 期は**肺線維化**（LN → 肺実質と炎症が移行する）。

4.7 アミロイドーシス

- アミロイドーシスの BFS 所見では、**ブランク**または**隆起性病変**が飛び飛びに見られることに加えて、**血管増生**が目立ち、大出血することもある！
- 気管・気管支アミロイドーシスでは **AL** が多く、全身性アミロイドーシスの気道病変として現れる場合は **AA** が多い。進行例では気管支狭窄が起こり得る。
- 肺野結節型のアミロイドーシスは AA, AL のいずれでも起こる。
- びまん性 AL 型アミロイドーシスの肺病変として**びまん性肺胞隔壁アミロイドーシス**があり、小葉間隔壁の肥厚など IP like な画像所見を呈する。

^{*2} つまり B1 まで。

4.8 稀な疾患

- LCH は進行すると組織中の Langerhans 細胞は消失する。細気管支周辺に **stellate fibrotic scar** を認める。BALF では CD4/CD8 は**低下**。
- 石綿肺の BALF において肺癌発症リスクを高める所見として **BALF 1mL あたり石綿小体が 5 本以上**がある。
- 珪肺の BALF では **Ly+** を認め、CD4/CD8 比は**低下**する。
- 溶接工肺は、BALF または TBLB で**鉄染色陽性の Mph** を認める。
- PAP の BALF では、**顆粒状の無構造物質**の沈着と、**泡沫状 Mph** がみられ、これらは Papanicolaou 染色で**ライトグリーン**に染まる。
- PAP の病理所見では、末梢気腔内に**弱好酸球性細顆粒状物質**を認め、これは **PAS** 染色で陽性、**SP-A** にも陽性である。随伴所見として、末梢気腔内に**大型泡沫細胞**が集積する。
- LAM の BALF では**ヘモジリン貪食像**を伴う **Mph** の増加を認める。LAM 細胞は平滑筋の性質を持つので **HMB-45** が陽性であれば確定診断（ただし LAM 細胞は集塊で認めるので、すべての TBLB 検体で見られるわけではない）。LAM 細胞は **PgR** が陽性のものもある。
- LAM では血清で **VEGF-D** の上昇が診断に有用（保険未収載）。
- 気管支結石は、古典的には**結核**や**ヒストプラズマ**との関連が重要。**管内性**（気管支内部で発育）または**管外性**（気管支周囲リンパ節の気管支内穿孔）。

4.9 気管・気管支骨軟骨形成症（TO）

- 気管・気管支骨軟骨形成症（TO）は、気道の**粘膜下組織**に、骨・軟骨組織が異所性に増生する。
- 好発部位は**気管近位部～中間部**で、**主気管支**くらいまで病変がある。ただし、**膜様部**には病変はない。
- TO の組織所見は**扁平上皮化生**と、骨・軟骨、石灰化、**骨化領域の造血骨髓**をみる。
- CT で多発石灰化病変を認めた場合、鑑別診断は**再発性多発軟骨炎**、**サルコイドーシス**、**アミロイドーシス**、**乳頭腫**などが主な鑑別となる。

4.10 気管・気管支軟化症

- 気管・気管支軟化症（TBM）は高度の咳発作の反復によっても起こるが、secondary に起こるものとして**軟骨損傷**、**気管・気管支結核**、**再発性多発軟骨炎**、**Mounier-Kuhn 症候群**^{*3}がある。
- TBM では BFS 所見から**刀鞘型**と**三日月型**に分類される。第 1～3 度までであり、咳嗽時の内腔狭窄が **<50%** であれば第 1 度、**>75%** であれば第 3 度。
- TBM の治療は薬物治療 + **NPPV**。手術する場合は**膜様部外固定**、**膜様部縫縮術**。
- EDAC（過度の動的気道虚脱：excessive dynamic airway collapse）の原疾患は**喘息**または **COPD** であり、膜様部の張力が低下し、呼気時に膜様部が過伸展して前方に偏位する。

4.11 血管疾患

- 気管支動脈の正常径は **1.5mm** 以下だが、気管支動脈隆を伴った血管は **2-3mm** に拡張していることが多い。
- 気管支動脈瘤の原因として、血管疾患に加えて**気管支拡張症**、**CF**、**珪肺**、**感染症（結核や梅毒）**があり得る。
- 気管支動脈瘤は **PV** への**シャント**がなくても良いが、気管支蔓状血管腫は**気管支動脈**から「**PA** または **PV**」へのシャントの存在が必須である。

^{*3} 気管気管支の内腔が異常に拡張する稀な疾患で、しばしば慢性呼吸器感染症を伴う。

- 気管支蔓状血管腫はその R → L シャントの特性から、**奇異性脳塞栓**や**脳膿瘍**の原因になる。

4.12 気道熱傷と気道外傷

- 上気道型気道熱傷は**喉頭**より上→**窒息**。下気道型気道熱傷は**気管**より下→肺実質障害による**低酸素血症**。
- 肺実質障害の予測は CXp が有効で、**肺紋理の増強**→**すりガラス影**→**浸潤影**と進むに従って重症。
- BFS による気道熱傷の重症度分類は、**スス沈着**、**気道分泌**、**気道狭窄**の程度によってグレード 1～3 に分類され、グレード 3 では**炎症による組織脆弱性**、グレード 4 では**粘膜の脱落**や**内腔の閉塞**を認める。
- 急性肺障害（ALI）は内視鏡的分类と関連し、**グレード 2** 以上でハイリスク。
- 気道熱傷の喉頭浮腫は **24 時間**がピーク。晩期合併症は気管軟化症、気管狭窄、**無名動脈気管瘻 (innominate fistula)** がある。気管狭窄は**気管挿管**の反復回数、期間と相関する。
- 頸部気道の損傷は鋭的外傷、胸部気道の損傷は鈍的外傷によって起こる。
- 胸部気道の損傷の原因は、受傷時の**声門の反射的閉鎖**による急激な気道内圧の上昇（→**膜様部**が損傷）、胸部が前後から潰される（→**気管分岐部**が損傷する）。実際には**気管分岐部の上下 2cm** の損傷が最も多い。
- 気道外傷は、I 度（裂傷）、II 度（不完全断裂）、III 度（完全断裂）に分類される。
- 気管損傷が疑われる場合の挿管は、必ず **BFS ガイド**下に行う！重度の気道損傷は開胸手術の適応で、**単純閉鎖**または**端々吻合**を行う。

5 気管支鏡治療

5.1 止血処置

- 大出血の場合は出血側（患側）を下にして、健側への片肺挿管を行う。
- Nd:YAG レーザーは**易出血性腫瘍の表面の凝固**は可能だが、**大血管の破綻**には無力。
- APC は出血面に対して凝固止血能が高く、Nd:YAG レーザーと比較して深達度が浅い。
- 高濃度酸素投与下でも使用できるのは**マイクロ波凝固療法**、**クライオ**、**PDT**。片肺挿管のときはなんとなく酸素 100% にしてる気がするのでマイクロ波凝固装置は相性が良い気がする……。

5.2 エタノール注入

- 中枢気道の狭窄、閉塞には **99.5% エタノール（無水エタノール）** を腫瘍内に注入して、腫瘍組織の脱水固定による凝固壊死と、血管の収縮、変性による止血を期待する。ただし即効性はない。
- エタノールの 1 回の注入量は **0.1-0.5mL** で、処置 1 回あたりの極量は **3mL**。
- 注入して数日後にもう一度 BFS による観察を行い、凝固壊死部位を関して除去する。

5.3 レーザー治療

- 適応は**気管から亜区域気管支の入口部**までの中枢気道であり、マイクロ波凝固療法と異なり水分の少ない組織（**カフノステノーシス**、**気管支結核による瘢痕**）にも適応可。
- 機械的切除の併用により効率が上がるため、**硬性鏡**下の施行も選択肢である。
- 従来は Nd:YAG レーザーが使用されていたが、現在は**高出力ダイオードレーザー**が一般的である。照射対象から **5-10mm** 離して、**40-50W** の出力で **1-2 秒**おきの分割照射を行う。
- 全集型や隆起型に関しては中心部、または狭窄の強い部位から焼灼し、有茎型は基部の焼灼（およびそれによる切断）を狙う。
- マイクロ波凝固療法と同じく、高周波スネアで腫瘍減量を行い、残存腫瘍にレーザーで処理、という手もある。
- 処置時の合併症として、ピンポイント照射による**気管支穿孔**および**血管穿孔**（致命的！！）、組織焼灼時の煤煙による**呼吸不全**がある。スネアや core out を併用し、可能な限り照射時間を短縮する。
- 長期的な合併症として、レーザー照射によって熱変性による**瘢痕狭窄**を起こす。

5.4 PDT

- **ポルフィリン関連化合物**（**レザフィリン®**、664nm に吸収スペクトルがある）と低出力レーザー（PD レーザ®、664nm、**赤色**）を組み合わせ、選択的な殺細胞効果をもたらす。中心型早期肺癌に対する根治的治療、進行肺癌に対する姑息的治療の両方に適応がある。
- ★中心型早期肺癌の定義：**区域気管支**より中枢に位置し、癌の浸潤が組織学的に**気管支壁**を超えず、リンパ節転移および遠隔転移がない。^{*4}
- ★PDT の適応がある中心型早期肺癌：**腫瘍長径 <10mm^{*5}**、深達度が**上皮下層**まで。ただし、腫瘍長径 >10mm であっても、内視鏡的に末梢側の辺縁が確認できれば PDT 施行可。
- レザフィリン投与後、**約 10 秒後**から **SpO2 低下**（SpO2 モニターの赤色光とレザフィリンが干渉するため）。
- レザフィリン投与後 **4-6 時間後**にレーザー照射を施行する。
- PDT の照射条件は、**100J/cm2**、**120mW** で **11 分 7 秒**。

^{*4} （再掲）内視鏡的早期肺癌：気管から亜区域枝までに限局、腫瘍の末梢辺縁が内視鏡で可視、長径 <2cm、組織学的に Sq. see §4.2.

^{*5} 腫瘍長径 <10mm で、内視鏡的に平坦型であれば CIS の可能性が高い。see §4.2.

- PDT 中はスコープ操作に注意し**出血**を防ぐ (Hb に赤色光が吸収されて PDT 効率が落ちる)。
- PDT 終了後、**AFB** で観察すると、もし癌が残っている場合は、癌病巣内の**レザフィリン**が励起されて、**赤色光**を発生する (**Photo-dynamic diagnosis: PDD**)。
- PDT は**気管支穿孔**のリスクがきわめて小さく、RT と異なり**繰り返しの治療**が可能で、**HOT** 使用中の患者にも適応がある。
- レザフィリン使用後、1 週間程度は**直射日光**を避ける。
- 進行肺癌に対する PDT は、Nd:YAG レーザーと比べて腫瘍退縮までの時間は**長い**が、再狭窄までの期間は Nd:YAG レーザーと比べて**数ヶ月長い**。

5.5 高周波治療と APC

- 高周波を発生する器具を病変部に誘導して、焼灼による凝固止血や、組織の切開を行う治療を総称して高周波治療と呼ぶ。
- 高周波治療の装置には、**接触型**と**非接触型**があり、APC は後者、それ以外は前者である。
- 接触型の高周波治療では、焼灼 (凝固止血) と切開のバランスが異なる器具を使い分ける。
- 高周波ナイフ (いわゆる「電気メス」とほぼ同義) : **切開**がメインで、熱により焼灼も行えるので、切開による出血を減らせる。**瘢痕性狭窄**によって生じる**膜様組織**の処置には適するが、壁に垂直に当てると気管支壁穿通のリスクが大きくなる。
- 高周波スネア : **切開**と**焼灼**を同時に担う。ポリープ状の腫瘍は完全にスパッと切ると大出血するので、切開しながら焼灼するのが best。
- ホットパイオプシー鉗子 : 生検のタイミングで通電して**焼灼**し、出血を抑える。
- 高周波凝固子 : 先端が半球状になっており、刃がないので、基本は**焼灼**のみである。ただし、電圧設定を高くすることで、接触面で爆発的な蒸散を起こし、結果的に腫瘍の体積を減らす (削り取る) ことができる。
- APC はプローブの先端から出力されるイオン化したアルゴンガスを用いて焼灼を行う。焼灼・凝固された組織抵抗が高くなったところよりも、未治療の組織抵抗が低い方へ流れるので、電流を側面や隅々まで有効に焼灼できるし、気管支壁の穿孔のリスクが小さい。
- APC に切離、切開のパワーはないが、高周波凝固子と同じ理屈で、局所的な蒸散によって腫瘍減量をはかることも可能である。
- APC の熱の深達距離は、**2 秒で 2mm**。
- その上で、焼灼による凝固止血の方法として**ソフト凝固** (低温で深いところまで確実に焼灼・凝固させるので**深めの血管の処理**に有効)、**フォースド凝固** (一般的な焼灼、イメージは強火で表面を炙る)、**スプレー凝固** (広範囲をシャワーのように焼灼、毛細血管など面状の出血のコーティングのイメージ)。
- まず **20W** 程度で、正常粘膜へのダメージをテストする。
- 禁忌は**植え込み式除細動器**、**ペースメーカー**と、酸素濃度を **40%** 未満に下げられない場合。

5.6 マイクロ波凝固療法

- マイクロ波によって**組織中水分子**を振動させて、腫瘍組織を凝固させる。高濃度酸素投与下でも処置が可能。
- 組織内水分量が少ない病態 (**カフステノーシス**や**気管支結核**による**瘢痕性狭窄**) と、外圧性の気道狭窄には適応外である。
- プローブへの凝固壊死組織の付着を少なくするために**解離電流**を用いることもあるが、**AF** のリスクのため気道には使用できない。そもそも解離電流は**ペースメーカー**には絶対禁忌。
- プローブが硬いので**上葉枝**には使用できない。
- 凝固条件は、出力 **40-60W** で、**数秒~10 秒**を 1 回として繰り返す。むしり取るときに出血のおそれあり。
- レーザーと同じく、高周波スネアで腫瘍減量を行い、残存腫瘍にマイクロ波凝固療法で処理、という手もある。

5.7 放射線治療：腔内照射

- 気管支腔内照射は、**内視鏡的早期肺癌**に対して適応がある。
- 緩和照射を除き、1回線量の上限は **6Gy**。
- 早期肺癌に対しては、外照射 **40Gy**+ 腔内照射 **6Gy*3回** (週1回) = 58Gy。
- それ以外の肺癌に対しては、外照射 **60Gy**+ 腔内照射 **6Gy * 2-3回** (週1回)。
- 緩和照射では、**10Gy**の単回照射で、基本的に外照射の併用は**行わない**。
- イントラルミナルカテーテル (ILC) の外側に**アプリケータ**を通し、アプリケータの先端近くの2つのウイングが開いた状態を確認して、腔内照射を行う。

5.8 ゴールドマーカー留置術

- ゴールドマーカーは **4個**留置し、胸壁から **1cm** 以内、病変の中心から **5cm** 以内かつ辺縁から **3cm** 以内、マーカー同士は **2cm** 以上離す。
- ゴールドマーカーが脱落しやすい部位は**左上葉**。

5.9 気道ステント留置術

- 良性気道狭窄には**シリコンステント**を用いる (長期留置は望ましくなく、金属ステントは抜去不可能のため)。外科的治療ができればそれが best。
- 食道気管支瘻や気管縦隔瘻には **covered type** の**金属ステント**を用いる (密閉性が高い)。
- 硬性鏡の使用が必須なのは**シリコンステント**で、金属ステントやハイブリッドステントは軟性鏡でも挿入可。
- 声門直下の狭窄には **T チューブ**を用いるが、外科的な気管孔作成が必要。
- Yステントは気管分岐部のみならず、右上幹-中間幹 (#11s)、左上幹-下幹 (#11L) の病変にも対応できる。
- 金属ステントは covered type であっても、両端に長さ **7.5mm** の膜のない部分があり、金属部分が上皮や肉芽に覆われるので、抜去は不可。

5.10 気管支サーモプラスチック (BT)

- BTの術前準備として、術前3日～翌日まで PSL50mg/d を内服し、**手技当日**、**気管支拡張薬吸入後の FEV_{1.0}**が、**平時の 85% 以上**を確認する。
- **右下葉**、**左下葉**、**両側上葉**の3回に分けて、**3週間**以上の間隔を空けて行う。
- **右中葉**は気管支が長く中葉症候群の発症リスクのため、BTは行わない。
- 末梢側から **10秒**ずつ通電を与えて、**5mm** ずつ引きながら通電を繰り返す。内径が **10mm** を超える場合、プローブが気管支面に接触できないので、処置は不可能。
- 治療後は、処置気管支の壁肥厚、気管支周囲の consolidation、無気肺がみられるが、3週間でおおむね消失する。

5.11 COPD の内視鏡的治療

- COPD に対する気管支鏡的肺容量減量術 (BLVR) は、**一方向弁**または**形状記憶コイル**を用いる。
- BLVR の適応条件は、**禁煙**が絶対条件で、%FEV1 が **20-45%**、%RV >175%、%RV/TLC >58%、6分間歩行距離が **100-500m**。
- 主な除外基準として、気管支拡張症、**胸部手術後**、PaCO₂>60Torr、PaO₂<45Torr、%DLco<20%。
- BLVR が施行できるためには、側副換気がないことが前提であり、CT で葉間胸膜が **95%** であれば OK、

80-95% は borderline.

5.12 小児の気管支鏡

- 処置孔を持った最小径の軟性鏡は、外径 2.8mm、鉗子口 1.2mm で、硬性鏡は外径 7mm、内径 6.5mm. これらを組み合わせることで、異物鉗子も入れることができる.
- ラリンジアルマスクの使用で気道径を確保する（テキスト内でもばらついているが、**2 歳**以上または **5kg** 以上なら使用可能）.
- 小児の肺外気管支は柔らかく、特に**左主気管支**の閉塞には要注意.

5.13 その他の処置

- EWS は難治性気胸に対する処置で、責任気管支を葉支→区域支→亜区域支の順に 15-20 秒バルーンで閉塞させ、ドレーンからの気腫が現症（消失）すればその部分を詰める.
- 気管支瘻の閉鎖には、まずフィブリン糊などで病変部を塞ぎ、その上から **PGA シート**や**シリコン**を詰める. 瘻孔の大きさが **8mm** を超える場合、一般的には BFS による閉鎖は不可能.
- 異物除去は**バルーンカテーテル**を末梢に誘導して中枢気管支に引きずり出すのが簡便.
- 挿管によって処置に使える内腔が狭小化するため、特に小児、高齢者では**ラリンジアルマスク**を利用した方が良い.

5.14 外科的治療

- 輪状軟骨の**腹側**は部分切除可能、背側まで及んでいても、片側であれば同側の**反回 N 麻痺**はきたすものの切除・端々吻合が可能である.
- 気管の端々吻合の技術的限界は **10 軟骨輪 (5cm)** .
- 気管分岐部の切除を行う場合、気管と健側の主気管支を端々吻合するか、**double-barrel 再建**または **Montage 再建**を行う.
- 気管・気管分岐部形成では、退院までは **1 週間**おきに BFS を行う. 吻合線より末梢側の気管支壁の虚血は**術後 7-12 日目**に起きやすく、吻合部の血流が完成するのは **2 週間**、最終的な治癒に **7 週間**はかかる.
- 術後の喀痰は**術後 1 日目**から増加し、**術後 5 日目**頃から減少する. 咳ができれば痰が自力排泄できる可能性があるため、場合によっては**リドカインスプレー**を使わず、**リドカインゼリー**を鼻腔に塗った状態で経鼻でスコープを挿入し吸痰するという手もある.