

縮小肺切除区域同定目的の経気管支的送気直後に死亡した肺癌事例

キーワード：肺癌、縮小肺切除術、気管支穿刺経気管支的送気法、空気塞栓症

1. 事例の概要

70歳代 男性

患者は左肺上葉異常陰影を指摘され、PET-CT 検査で肺癌が疑われた。肺気腫による肺機能低下があり、縮小肺切除（左 S2 区域切除）を実施した。左第 5 肋間開胸下左肺上葉に腫瘤を認め、術中迅速針生検で肺癌と確定診断後、区域の支配肺動静脈を切離処置完了した。切除区域同定のため気管支鏡による送気を試みるも困難で、直視下気管支穿刺法による送気に変更した。22 G 留置針穿刺にて圧縮空気注入直後に心停止し、蘇生術に反応せず死亡した。

2. 結論

1) 経過

気管支肺炎の診断にて入院。胸部 CT（コンピューター断層撮影）検査にて左上葉の異常陰影を指摘された。画像上の特徴から肺癌の疑いがあり PET-CT 検査を施行した。異常陰影に FDG の集積（SUV max. 5.8）が認められ擦過細胞診では陰性の結果であったが、肺癌が強く疑われ診断の確定と治療を目的とした手術予定で入院した。肺気腫による低肺機能（1 秒量：880 mL）があり、術式は標準的な肺葉切除ではなく縮小肺切除（左 S2 区域切除術）が予定され手術が行われた。硬膜外麻酔併用全身麻酔、右側臥位にて手術開始した。

左側方切開を置き、第 5 肋間で開胸した。第 6 肋骨を背側において約 1 cm 切離。第 7 肋間中腋窩線からカメラポートを挿入し、胸腔鏡補助とした。癒着軽度、胸水はほぼ認めず、胸膜播種なし、肺はびまん性に気腫状変化を呈していた。左肺上葉に腫瘤を認め、術中迅速針生検の病理組織診断結果、肺癌であった。肺気腫による著明な低肺機能のため、区域切除を選択した。葉間から切除予定領域の肺動脈を自動縫合器にて切離。また同領域の気管支を確認し、テーピング施行。肺門腹側にて同領域の肺静脈を結紮切離した。さらに葉間において同気管支と並走する肺静脈を結紮・切離した。肺実質の切除ラインを確定させるために、気管支鏡による同領域気管支への送気を試みたが、気管支鏡操作が困難であったため断念し経気管支鏡的な切除予定肺区域への送気に替えて術野からの気管支穿刺法による送気を試みることにした。このため同気管支を根部で遮断後、その末梢に 22 G 留置針を刺入させ（刺入操作は 2 回行われた。1 回目は気管支腔内に留置できていないと判断し、抜去後に刺入部をかえて 2 回目を行った。）圧縮空気を注入させた。切除予定領域の含気が確認された直後に著明な徐脈が出現した。アトロピン投与、開胸創からの直接心臓マッサージ、アドレナリン投与、中心静脈ラインを確保したうえでのカテコラミン持続投与を施行。その後、手術室から ICU に移動し蘇生に努めたが心拍は再開せず、徐脈発生から 2 時間後死亡確認がなされた。

2) 解剖結果

【主病変】

左肺上葉原発 混合型小細胞癌（adenocarcinoma または small cell carcinoma）

【副病変】

直接死因

- ① 空気塞栓症（全身血管内）
- ② 左肺出血、上葉 著明、下葉 中等度
- ③ 肺気腫 中等度
- ④ 胸水 左 200 mL 血性、右 50 mL 淡血性
- ⑤ 大動脈粥状硬化症、中等度
- ⑥ 虫垂切除術後状態

左肺は無気肺状を呈し、左肺上葉に 2 cm×2 cm の胸膜陥入像を認める。右肺（重量 290 g）は、高度に気腫状を呈している。左肺は、肺門部背側から葉間にかけて胸膜が裂開されており、後上葉動脈、全区域動脈・肺尖動脈および上舌動脈、下舌動脈が剖出され、後上葉動脈は切離されている。また、後上葉静脈は結紮されている。

後上葉動脈に伴走する後区域気管支後上葉支には 1 mm 未満の穿刺痕 2 箇所が認められる。末梢の穿刺痕は、後区域気管支後上葉支を貫通し、後区域気管支後上葉支に伴走する肺静脈に穿通している。心嚢内において心臓の大動脈起始部は拡張し、大動脈内には泡沫を混じる溶血した赤色流動性血液が認められ、肺動脈内においても泡沫を混じる赤色流動性血液を認める（空気塞栓の所見）。心臓左右心房および左右心室は高度に拡張している。

3) 死因

肺癌を疑う病巣は左上葉に存在し、腫瘍径は 13 mm であった。生検を兼ねた手術は左第 6 肋骨を 1 cm 切断する左第 5 肋間側方開胸で行われた。まず、左 S 1+2 区域に存在する肺結節の術中迅速針生検を行った。その結果、肺癌と診断している。肺気腫による低肺機能のため標準的な肺葉切除術は行わず、肺切除量の縮小を意図する S 2 区域切除術を開始した。手術は、肺動脈、肺静脈の切離処理を行ったあと切除肺区域の同定のために S 2 区域に空気を送気すべく経気管支鏡的送気を試みたが気管支鏡の操作上の困難さから完遂出来ず、代替法として術野から当該気管支を同定しそこに針を刺し穿刺部位から経気管支的に送気する方法が選択された。使用した穿刺針は 22 G スーパーキャスである。B 2 気管支中枢側を閉鎖遮断したのち、この針を当該気管支末梢側に 2 回穿刺した。2 回目の穿刺後圧縮空気を送気直後に患者は徐脈になり心停止を来たした。この経過と死後全身 CT 所見および解剖所見（肺静脈末梢に穿刺痕あり・肺動脈には穿刺痕認めず）から死因は肺静脈内圧縮空気送気による空気塞栓症による心停止である事が推測される。肺静脈中枢側は事前に結紮切離されており左心房との交通は中枢側で遮断されているが、末梢肺静脈（葉間にて切離した肺静脈）とまだ分離されていない肺区域間には相互に交通する区域間肺静脈が存在する可能性があり、穿刺された肺静脈末梢から送気された空気は区域間交通静脈を經由し他の上葉肺静脈を通り左心房へ流入する可能性がある。左心系へ流入した空気は速やかに冠動脈へ流れ空気塞栓として血流を阻害し心停止に至らしめたものと推測される。同時に、圧縮空気は脳血管へも流れ空気塞栓による脳血管の血流閉塞障害を併発したと思われる。また、送気された圧縮空気は肺毛細血管を通じて逆行性に右心系へも送気された可能性があると推測される。

以上、手術中の急変および死亡に至った直接原因は圧縮空気の血管内送気による全身性血管内空気塞栓症に基づくものと考えられる。

4) 医学的評価

初診から入院加療した際に指摘された左肺の異常陰影に関する一連の診断の組み立てに誤りはない。新たに発見された胸部異常陰影は小さなものであり、まず経過観察を行ない腫瘍サイズや形状の変化を観察している。観察期間中に陰影の増大はみられなかったが肺癌を疑い次に PET-CT 検査が行われた。この PET-CT 検査では陰影に異常集積がみられ肺癌が疑われ、気管支鏡検査を施行した診断過程は正しい。気管支鏡検査では肺癌の確定診断が得られなかったため最終的に外科的生検（異常陰影の診断確定とそれに続く治療を意味する）が選択された。原発性肺癌と診断した場合には肺切除を行う治療方針を提示しており、担当医の説明の後、同意を得て診断確定と治療を兼ねた外科的生検（手術）が行われたものと思われる。低肺機能に対して、術中に原発性肺癌と診断が確定すれば肺葉切除は行わないが縮小肺切除を行う方針をとった。肺機能温存の観点からみれば、標準的肺葉切除術を行う事は困難であり、外科治療を行うのであれば縮小肺切除（区域切除あるいは部分切除）以外には無いと思われ、肺癌と診断した場合には肺切除を行う治療方針を説明し同意を得ているのであれば治療方針決定に関して問題は無い。

手術指導医は卒後 30 年以上の呼吸器外科専門医であり、手術技量に問題は無く、指導的助手として術者に区域切除を遂行させる手術技量はあったと思われる。それにもかかわらず患者の術中死亡という重大な結果を招いた原因は通常施行している経気管支鏡的送気法が困難であり、これまで行った事の無い気管支穿刺による肺内送気法を急遽応用したことにある。

解剖結果からは、穿刺針が当該気管支を穿刺貫通し気管支に近接する肺静脈に入ったことが推測され、そこから注入された圧縮空気は血管内へ送気され空気塞栓症を発生し心停止を招いたものと考えられる。

今回術者・指導医が行った方法と同じではないが Kamiyoshihara らが発案し butterfly needle 法は優れた肺区域同定法として外科系医学雑誌に掲載されており、本法と同様に行えば良好な結果が得られたものと思われる。今回患者の死を招く結果となったのは、気管支穿刺による送気法が肺内送気法として適切でなかったからではなく、この方法が初めて行なわれたことに原因が求められる。特定の手技に精通している施設と同等の結果を得るには、他施設では手技に習熟する期間（learning curve）が必要と思われる。ただ、区域間が完全に分離されていない場合は隣接する区域間静脈の交通が残存している可能性があり、たとえ区域肺静脈中枢側を処理（切断）していても末梢肺静脈から送気された空気は交通する区域間静脈を通じて隣接区域静脈を經由して左心系へ流入する可能性がある。butterfly needle 法またはこれに準ずる肺内送気法は優れた区域同定法であるが、施行者は常にこの点を認識しておく必要がある。初めて行う手技であれば、術者・指導医は施行に際してより慎重であるべきであったかと思われる。今回は区域血管が既に切離された状態にあり手術を途中で中止することは出来ない。肺が虚脱した状態では難しいが、次善策として、経気管支送気にこだわらず標的病巣を含む仮定の区域ラインを想定した肺切除も行い得たのではないかとと思われる。

心停止後 1 時間以上の心蘇生が試みられたが心拍再開はみられなかった。この間に行われた急

変時対応に問題はなかった。診療中の患者急変時の応援体制は麻酔科（3名）、循環器内科（2名）が診療科を越えて応援できる体制であり、異状死の死因についての検討を行うため、外部第三者も交えての院内事故調査委員会が患者死亡翌日には設置されており、リスクマネジメントの観点からは問題なく、術前の担当医と患者とのコミュニケーションはとれていたと思われる。

3. 再発防止への提言

本事例のポイントとなる手術段階、すなわち、肺血管の処理を終え、手術は切除区域の同定に進み、経気管支鏡的に切除予定肺区域に送気しようとしたが困難であり、通常法を断念した。そこで、初めて行う穿刺針を用いた術野からの気管支穿刺肺内送気法が選択されたが、結果として穿刺針が当該気管支を穿刺貫通し、気管支に近接する肺静脈に入り、そこから圧縮空気が血管内へ送気され、空気塞栓症を発生させる結果を招いた。術者及び指導医が選択した気管支穿刺による肺内送気法が初めて行なわれた手技であり、習熟していなかったことに問題点があったのではないと思われる。

今後、切除区域同定の手段として経気管支鏡的送気法が不可能な場合は、気管支直接穿刺を行わず当該の区域気管支を切断した後に気管支断端から慎重に送気する方法をとることが重要であろう。更に、可能であれば気管支穿刺による肺内送気法に習熟している施設での手技見学ならびに手技指導を受け、気管支穿刺による肺内送気法に習熟することが再発の防止に有効と思われる。また、手技見学等が難しいのであれば Kamiyoshihara が誌上で述べている以下のコメントを参考にし、より慎重に操作する事が大切であろう。

区域切除を行う時に標的領域を同定するために用いる 23 G butterfly needle 法で 53 例行っているが空気塞栓の合併症は経験していない。私達は以下の点に注意して行っている。

- ①標的領域の血管は手術操作の最初に切離する。
- ②次に、標的気管支を同定したら常に気管支を切離する。次に、断端を糸かピンセットで持ち上げる。その次に、気管支断端から針を挿入する。この時、針は気管支の長軸に沿って挿入するよう注意する。
- ③使用するガスは常に 100%酸素で注入針は 23 G butterfly needle である。
- ④区域気管支断端からのガス注入は 500 mL-1500 mL までとし、肺の過膨張を来たさない注入量にとどめている。
- ⑤もし、血管の穿刺が懸念される場合は 23 G butterfly needle に代えてバルーン付きの細いカテーテルを使用する。

(参 考)

○地域評価委員会委員（14名）

評価委員長	日本呼吸器外科学会
臨床評価医	日本内科学会
臨床評価医	日本泌尿器科学会
臨床評価医	日本内科学会
臨床評価医	日本内科学会
解剖執刀医	日本法医学会
解剖担当医	日本病理学会
臨床立会医	日本呼吸器外科学会
有識者	弁護士
有識者	弁護士
有識者	市民団体代表
総合調整医	日本病理学会
総合調整医	日本呼吸器外科学会
調整看護師	モデル事業地域事務局

○評価の経緯

地域評価委員会を 2 回開催し、その後において適宜、電子媒体にて意見交換を行った。

○参考文献

Mitsuhiro Kamiyoshihara, et al. The selected segmental inflation technique for pulmonary segmentectomy : Pros and Cons. J Thoracic Cardiovasc Surg. 2012 ; 143 : 990-1