

## 空気塞栓症

### ◆事例◆

48歳、男性。持続血液ろ過透析（CHDF）中の患者の回路交換を行う際、空気で返血を行った。返血回路のストッパーを外し、流速を落とし注意して返血するつもりでいたが、一瞬目を離れた間に空気が体内に入ってしまった。量は分からない。患者は咳き込みとともに「息が苦しい」と訴えている。意識清明、血圧 120/80 mmHg、心拍 90/分、5L/分酸素投与下で SpO<sub>2</sub>92% と低下している。

### A. 基本的事項

#### 【早期発見のポイント】

空気塞栓を来たす機序があったかどうかと、他疾患の鑑別、症状から見た重症度の把握が必要である。

1) バイタルサインのチェック、SpO<sub>2</sub> のチェック。

2) 空気塞栓を来たす原因のチェック：脱血不良による透析回路内の空気発生や、回路内側管からの輸液・輸血・薬剤投与や側管の遮断が不十分なことによる空気の回路内混入はよくありえる事象である。空気で辺血操作を行う場合や、辺血操作を生理食塩水で行っていてもアラームを解除しポンプで行う場合など、空気誤入の可能性が高くなり、過去に事故も起こっている。

空気塞栓の可能性が高いと思われる場合には、すぐに左側臥位・低頭位をとり、十分な酸素投与とともに、心エコー、CT 等による確定診断の準備を進める。

3) 下記のチェックを行い、他の原因鑑別を進めるとともに心電図・必要な検査（血ガス分析、採血検査、トロポニンT、画像検査を含む）を依頼する。

①体表の確認（紅い皮膚、蕁麻疹はないか ←アレルギー）

②声かけにより普通にしゃべれるか？口腔内の確認。吐物、吐血が貯留していないか？（気道の開通）

③呼吸様式：呼吸補助筋を用いた努力用呼吸・鎖骨上窩の陥凹（上気道の閉塞）。頸静脈の怒張（心不全）。

④呼吸音の確認。気管・気管支の喘鳴・狭窄音（アレルギー）、湿性ラ音（誤嚥、心不全）。

⑤心音の変化：水車が回るような音、洗濯をするような音（空気塞栓）。ギャロップ・リズム（心不全）。

⑥胸部単純X線、心エコー、CT 等による空気の確認（空気塞栓）、誤嚥の確認、心不全の確認。

【発見時に行うべき対応処置】

- 1) 空気流入の原因除去と流入路の遮断
- 2) 体位：低頭位・左側臥位（Trendelenburg /left lateral decubitus 体位）
- 3) 呼吸管理：酸素投与（重症と判断すればリザーバー付酸素マスク 10L/分）、人工呼吸管理（気管挿管、NPPV）
- 4) 循環管理：輸液、カテコラミン
- 5) 可及的に注入空気の吸引
- 6) 高圧酸素療法（HBO）
- 7) 塞栓部位に対する治療（脳塞栓：エダラボンなど）

【必要な備え】

空気塞栓の予防は、手技の理解と安全手技の遵守である。脱血不良による透析回路内の空気発生時の対応法、透析回路内側管からの輸液・輸血・薬剤投与は原則しないこと、回路側管の遮断を再確認、辺血操作の安全手技確認は、透析業務に関わるものすべてに徹底すべきである。

また、空気塞栓が起こった場合には、一般的なモニタリング装置、救急カート（挿管セットやバックバルブマスクなどの呼吸管理器具と蘇生用薬剤）、酸素、人工呼吸器、中心静脈ルート、カテコラミンは最低限準備しておく。必要であれば経皮的心肺補助装置（Percutaneous cardiopulmonary support:PCPS）をスタンバイさせる。

右心系に入った空気を右心系にとどめ、脳や諸臓器に流出させないことが重要である。そのためには、右上側臥位（左側臥位）にして、さらに頭部を低くするのが有効です。可能ならば上大静脈・右房に貯留した空気の部位に中心静脈カテーテルを進めて、これを吸引するとよい。空気の量が少ない場合は経過観察で問題なく軽快し得る。（流入空気の危険量を参考）

塞栓場所・重症度によっては HBO が有効なことが多いので、HBO 可能な施設を把握しておく。

**参考文献**

- 1) Toung TJK, Rossberg MI and Hutchins GM: Volume of air in a lethal venous air embolism. Anesthesiology Feb 2001 94:360-361.
- 2) Natal BL and Dotty CI: Venous air embolism.  
<http://emedicine.medscape.com/article/761367-overview>
- 3) Fein AM, Kamhols S and Ost D, eds: Pulmonary embolism. Respiratory Emergencies. Hodder Arnold, London, 2006; P318.

- 4) Bhullar IS and Block EJ: Vascular cannulation. Civetta, Tayler & Kirby' s Critical care, 4<sup>th</sup> ed, Gabrielli A, Layon AJ and Yu M eds, Wolters Kluwer/ Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2009: p423.

#### 【原因】

様々な外科手技、医療処置、外傷により、動脈・静脈から空気が流入し起こる。医原性のものが少なくないので注意を要する。

- 輸液・輸血ラインからの空気注入

自然落差では起こらない。輸液ポンプやショックに対する急速輸液・急速輸血など圧力をかけて輸液・輸血を行った、CT や血管造影の際にルートやカテーテル内の空気抜きが不十分のまま造影剤を注入してしまった、輸液セット・輸血セット交換時に空気抜きが不十分であった、プラスチック製血液バッグを折りまげて接続してしまったなど、医原性に空気を誤注入してしまったとの報告は少なくない。

- 透析

脱血不良による透析回路内の空気発生や、回路内側管からの輸液・輸血・薬剤投与や側管の遮断が不十分なことによる空気の回路内混入はよくありえる事象である。空気で辺血操作を行う場合、辺血操作を生理食塩水で行っていてもアラームを解除しポンプで行う場合など、空気誤入の可能性が高くなり、過去に事故も起こっている。

- 手術の合併症

気腹による手術操作（腹腔鏡下胆嚢摘除術など）を加えることにより術中の損傷血管から空気が血管内に流入することがある。心臓手術、血管手術、肺手術、経カテーテル血管内手術などで起こりうる、

- 中心静脈ルート（鎖骨下、内頸静脈）穿刺時

鎖骨下静脈穿刺や内頸静脈穿刺の際、脱水や出血性ショックなどによる循環血液量減少が著しい場合、吸気の際に空気を吸い込むことがよく見られる。息止めをしてもらってから挿入する、吸い込みを意識しながら行うなどの注意が必要である。

- 気管支鏡検査後

- 開放性血管損傷・気胸を伴う肺血管損傷

- 減圧症

#### 【流入空気の危険量】（文献 1・2・4）

Bhullar らは致死量を 100ml/秒で 300~400ml 以上としている。Toung らは犬で 7.5

ml/kg、兎 0.55ml/kg、成人 200～300ml(はっきりしないが)としている。Natal らは 20ml の静注で合併症は起こり、2～3ml の脳循環への注入で致死的、右前下行枝 0.5ml 注入で心室細動が起こり、静脈塞栓でショックまたは心停止が起こるのは 5ml/kg 以上としている。経静脈空気塞栓は 20ml 以上で危険、200ml 以上で重篤と認識すべきであろう。

- 点滴ラインの途中に多少空気が入ってしまった。 → no problem
- 薬剤を注入する際、少量空気が入ってしまった。 → no problem
- 20ml → 危ない！
- 200～400ml → 心停止！

## B. 解説

【病態】(文献1、ほか)

- V/Q mismatch (空塞塞栓による肺動脈血流低下⇒換気血流比の不均等)による低酸素血症
- 肺胞内皮の化学的活性化をもたらす、補体、フリーラジカル、炎症性メディエーターを産生される。その結果、気管支攣縮や非心原性肺水腫を生じる。
- 大量の空気が静脈に入ると、心臓内の血液に気泡を生じ、引き続いてポンプ作用の効率が低下し、心不全へとつながる。
- 肺塞栓症・脳塞栓症・全身の塞栓症を併発

【頻度】(文献2)

米国の報告によると、中心静脈カテーテル留置例の 1/47～1/3000、インターベンション放射線領域の報告では中心静脈カテーテル留置・抜去に伴い 0.13%、脳神経外科関連 10～80%、重症肺水腫に至るのは 4～14%と推測されている。

【臨床症状】(文献1、ほか)

卵円孔が開存している患者だと、静脈塞栓の冠動脈や脳循環への塞栓が最も重大である。卵円孔の開存がない場合は大部分の空気は肺がフィルターとなるが、大きな空気塊や持続する空気塞栓では動脈に到達することがある。症状は呼吸困難、喘鳴、胸痛、興奮・不穏、混迷、頻脈、低血圧、mill wheel murmur (水車が回る音；右心室で空気がかき回される音) や洗濯をするような音 (washboard type of sound) の聴取などがある。重症例では低酸素血症、高炭酸血症、心不全、心停止を来す。

- 循環不全：ショック、心停止、心不全、不整脈
- 呼吸不全：低酸素血症、頻呼吸、胸内苦悶感、呼吸困難
- 中枢神経症状：意識障害、痙攣、麻痺など
- 全身塞栓症状：腹痛、四肢痛、虚血症状など

#### 【診断】（文献1～4、ほか）

空気塞栓が起こりえる状況と臨床症状から本症を疑うことが重要である。あわせて、上記症状を来たす各種疾患・病態の鑑別が必要である。

- 心音の変化
  - 水車が回るような音（mill wheel murmur）
  - 洗濯をするような音（washboard type of sound）
- 胸部単純X線検査で肺水腫や心腔内空気の確認（空気と液体の鏡面像（ニボー））を認めることがある。心臓超音波検査で bubble が確認される。状態が許せば、胸部 CT scan での心腔内空気の確認が最も確実である。
- 身体所見の迅速チェック（生理学的異常の有無）
  - (ア) 気道は開通しているか？（普通に声がでているか？）
  - (イ) 呼吸状態（見て、聞いて、触って、叩いて）
    - ① 見て
      - 頸部：頸静脈の怒張、気管の変位、呼吸補助筋を使用した努力呼吸
      - 胸部：呼吸様式、胸郭の挙上（緊張性気胸？）、胸郭の挙上不良（無気肺）、呼吸回数、左右差
    - ② 聞いて：呼吸音の左右差（気胸？ 喘息？ アレルギー？ 心不全？ 肺炎？）
    - ③ 触って：皮下気腫、圧痛、胸郭の動揺
    - ④ 叩いて：鼓音、濁音
  - (ウ) 循環状態：冷や汗、冷感、脈拍微弱、蒼白などの臨床症状、バイタルサインチェック
  - (エ) 意識状態と瞳孔：Glasgow Coma Scale、Japan Coma Scale、瞳孔径、対光反射
  - (オ) 体温、体表の異常
- 一般検査：心電図、血ガス分析、トロポニン T、血液検査一般
- 画像検査：胸部単純X線、心エコー、CT、MRI

#### 【緊急処置】（文献1～4）

空気塞栓と認識したら、低頭位・左側臥位(Trendelenburg /left lateral decubitus 体位)にして 100%酸素を投与する。中心静脈ルートが右房近くに留置されていたら空気吸引を試み

る。高圧酸素療法が適応となる時がある。痙攣が出ていれば抗けいれん薬を投与する。

- 空気流入の原因除去
- 体位：左側臥位・低頭位
  - 根拠：体位を左側臥位・低頭位とするのは？
    - 気泡を右心房内に留め、脳・全身へ飛ぶのを予防
    - 中心静脈ルートから吸引、時に右室穿刺による吸引
- 呼吸管理：酸素投与、人工呼吸管理
- 循環管理：輸液、カテコラミン
- 可及的に注入空気の吸引
- 重篤な場合、心肺蘇生法
- 高圧酸素療法：血管内の気泡の溶解促進・脳塞栓治療
- 塞栓臓器の治療（脳塞栓、肺塞栓など）

#### 参考文献

- 1) Toung TJK, Rossberg MI and Hutchins GM: Volume of air in a lethal venous air embolism. Anesthesiology Feb 2001 94:360-361.
- 2) Natal BL and Dotty CI: Venous air embolism. <http://emedicine.medscape.com/article/761367-overview>
- 3) Fein AM, Kamhols S and Ost D, eds: Pulmonary embolism. Respiratory Emergencies. Hodder Arnold, London, 2006: P318.
- 4) Bhullar IS and Block EJ: Vascular cannulation. Civetta, Taylor & Kirby's Critical care, 4<sup>th</sup> ed, Gabrielli A, Layon AJ and Yu M eds, Wolters Kluwer/ Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2009: p423.