

# AMCoR

Asahikawa Medical University Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

日本臨床麻酔学会誌 (2012.03) 32巻2号:176～181.

近未来DAM  
2013年困難気道の基礎と臨床 気道・呼吸管理における超音波の役割

鈴木昭広, 田中博志

気道・呼吸管理における超音波の役割

鈴木 昭広\*1、田中 博志\*2

\*1 旭川医科大学 救命救急センター

\*2 同 麻酔科蘇生科

## 要旨

近年の超音波技術の発展に伴い、従来は観察が困難であった気道や肺の超音波観察が容易になってきた。それに伴い、超音波を用いた気道・呼吸管理を麻酔、救急、集中治療に応用する試みが増えてきている。本稿では、その中から①気道の観察、②挿管困難の予測、③気胸の検出、④気管挿管の確認、⑤胃内容残存の評価に関する話題を取り上げて紹介する。

## キーワード

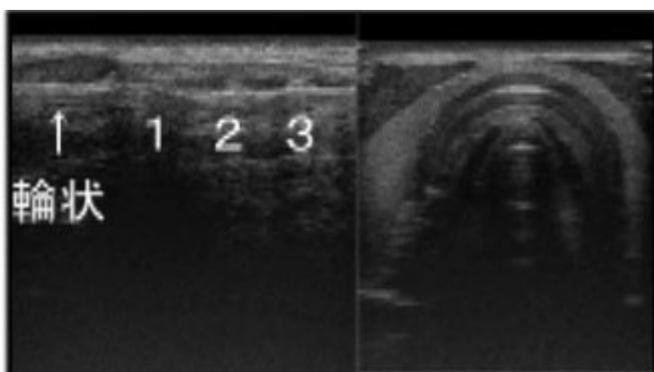
①超音波 ②挿管困難 ③気胸 ④挿管確認 ⑤フルストマック

近年、麻酔科医にとって、超音波を用いた診療は極めて一般的となり、必須のテクニックとなってきた。経食道エコーは周術期経食道エコー認定医 (JB POT) や、米国超音波学会 (National board of echocardiography : NBE) の PTeEXAM などの資格試験を目指す者が多く、当旭川医大でも NBE 合格者 7 名、JB POT 合格者 24 名を擁し、エコーの資格取得は若手の一つの登竜門に位置づけられている。一方、実務においても、エコー下中心静脈穿刺・神経ブロックなどで超音波を利用する機会はもちろん多い。超音波は気体を通過しないため、従来は空気を含む気道や肺などの構造物の診断には向いていないと考えられていた。しかし、麻酔科医が得意とする気道・呼吸管理においても、超音波が非常に有用なツールとして利用可能であることが明らかになりつつある。本シンポジウムでは、数ある論文の中から、麻酔科医にとって有用と考えられるごく基本的なテクニックを紹介したい。

### 気道を超音波で見る

ご存じの通り、超音波で気体成分を観察することはできない。これは、 $Z = \rho \cdot C$  ( $Z$ は音響インピーダンス、 $\rho$ は媒質の密度、 $C$ は音速) で表せるインピーダンスにおいて、気体と軟部組織間の音響インピーダンス差が極めて大きく、超音波のほとんどが境界面で反射してしまうことによる。その分、気体成分の外殻を観察することは可能である。図に超音波で観察した気道を示す(図 1)。

図 1 気道の B モード画像



- 左 頸部正中縦断像。大きな輪状軟骨と、第 1～第 3 気管輪が観察できる
- 右 頸部正中短軸像。リング状の気管軟骨の前面が観察できる

最近でこそ超音波機器の性能向上が著しく、かなり明瞭な画像が得られるようになり、気道周囲の観察が容易になったものの、悪条件で観察を繰り返してエビデンスを構築してきた先人の努力には誠に頭が下がる思いである。

近年、中心静脈穿刺の前には解剖を把握し、無用な穿刺の繰り返しを防ぐ目的で最低限超音波によるプレスキャンを行うことが推奨されている (もちろん、より安全確実な穿刺にはガイド下穿刺が推奨される)<sup>1)</sup>。当救命救急センターでは、この考えを気道管理にも広げ、入院患者に対して経皮的気管切開や輪状甲

状靱帯穿刺を行う際には穿刺前に超音波で穿刺部周囲の解剖の把握を行っている。異常血管などをスクリーニングし、異常を認めれば小切開を加えた上で気管前面を露出して電気メスでの止血処置を行うかどうかの判断根拠とし、セルジンガー法のみには頼らないようにしているほか、もし第 2/3 気管輪の同定が難しいような短頸の患者では耳鼻科医による気管切開を行うようにしている。2009 年のシンポジウムで大分大学の内野先生が、経皮的に輪状甲状靱帯を穿刺したはずの事例で実際には舌骨から逆行性に上方にカニューレが留置された事例を紹介していたが<sup>2)</sup>、プレスキャンの施行により、穿刺部位の誤りなどのリスク軽減が図れると考えている。

挿管困難ガイドラインでは、換気も挿管もできない状況では輪状甲状靱帯の穿刺、切開を行うことが推奨されている。しかし、麻酔科医が実際にこの手技を行うことは極めて稀であり、常に正しく手技を施行できるとは限らない。実際に、体表の解剖学的ランドマークを指標に輪状甲状靱帯を同定させ、穿刺部を決定させる調査を行った場合、正しく同定できたのは 30%で、靱帯中央部にマークをおき、正確な穿刺を行える可能性がある医師の割合はわずかに 11%にすぎなかったという報告がある<sup>3)</sup>。万一の際に正しい手技を行うためにも、術前診察の一環として輪状甲状靱帯を含めた気道解剖の超音波によるスクリーニングを行い、気道観察のスキルを鍛えておきたい。

超音波を用いた挿管困難予測は可能か？

麻酔科医は日常的に気管挿管を行う立場にあり、すぐれた技術を持ち、維持できる職種である。しかし、熟練した麻酔科医であっても時に挿管が困難な事例に遭遇する。これは一般に挿管時に用いられる直視型喉頭鏡の限界である。近年は間接視技術を用いた喉頭鏡の出現により、挿管困難の多くが容易に解決されつつある。従来のマッキントッシュ型喉頭鏡は、長い使用実績の中で沢山のエビデンスを構築し、挿管困難予測の方法が各種考案されている。詳細は過去に刊行されている寺井先生のレビューを参考されたい<sup>4)</sup>。肥満が喉頭展開困難および挿管困難の予測因子となるかどうかに関しては今だにcontroversialであるが、少なくとも頸周囲長 (neck circumference) の増加は喉頭展開・挿管の困難性を増すとされている<sup>5)</sup>。頸周囲長は軟部組織量を反映することから、Ezriらは超音波で軟部組織を定量評価することでマッキントッシュ型喉頭鏡での挿管困難を予測できないかと考えた<sup>6)</sup>。EzriらはBody Mass Index: BMI>35 越えのエスニック系肥満患者 50 名を対象に、前頸部にエコープローブを当てて喉頭までの距離を 3 点計測して平均距離を算出し、Cormack grade 3 以上の喉頭展開困難との関連性を調査した。その結果、エコーでの軟部組織平均距離は喉頭展開困難群では  $28 \pm 2.7 \text{ mm}$  に対し、喉頭展開が容易な群では  $17.5 \pm 1.8 \text{ mm}$  と明らかな違いを認め、超音波による軟部組織評価により喉頭展開を予測できるとした。これに対し、同僚のKomatsuらは、アフリカ系アメリカ人で同様の予測が行えるかどうかを検証した。予測に反して、Komatsuらの結果では喉頭展開困難と軟部組織平均距離は関連性を認めない結果となった<sup>7)</sup>。なぜ結果の違いが出たかに関しては、身長・体重、BMIに対する頸軟部組織の分布に人種による違いがあるためではないかと考察している。日本人などアジア人でどのような結果

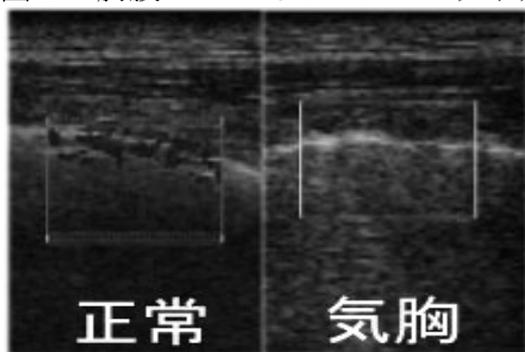
が出るか、検証が待たれるところである。

超音波で気胸の評価を行えるか？

超音波ガイド下の神経ブロックの中でも、腕神経叢ブロックは急速に普及している技術のひとつといえる。超音波ガイド下の中心静脈穿刺では、エコーで針先をしっかりと描出しないと、針先端が思わぬ深度に達して合併症をおこすことが知られている。これはそのままガイド下神経ブロックにも当てはまるが、2010年にBhatiaらは鎖骨上アプローチによる超音波ガイド下神経ブロックで気胸をおこした事例を報告している<sup>8)</sup>。非常に残念なのは、ブロックを行った医師が、気胸の検索を超音波で行ってはいないことである。せっかく超音波が利用できる状態にあるのであれば、自分の行った手技の結果を見届けるために、超音波で肺の状態を観察することをお勧めする。当院では施行前の解剖学的異常の確認のプレスキャンとあわせ、穿刺後の肺観察をポストスキャンとしてルーチンに実施することを推奨している<sup>9)</sup>。さらに、救急外来などで呼吸苦を訴える患者において、胸部X線撮影前に速やかな気胸診断が可能となる<sup>10)</sup>。聴診など主観に頼る評価と比較し、超音波は画像情報を周囲のスタッフと共有でき、しかも低侵襲で短時間に行えることが利点である。気胸の検出能力の向上には実際に気胸に遭遇することが不可欠となるが、麻酔科医は開胸手術を通して人工的な気胸状態に遭遇する機会を常に得ている。当教室の田中博志らは、開胸手術中の人工的気胸状態に着目し、気胸前後の超音波所見を観察し、気胸検出の超音波テクニックのトレーニングに利用する方法を検討している。

正常な肺においては、超音波プローブを肋間にあてて観察した場合、呼吸性に胸膜が地滑りのように動く lung sliding 現象が認められる。わかりにくい場合にはパワードプラを使用すれば、動きを伴う胸膜部分がカラーで増強される power sliding sign が得られる (図2)。

図2 胸膜レベルでのパワースライディング観察



肺の観察時には、肺実質ではなく、胸膜を観察する。

左 正常肺では地滑りのような臓側胸膜の左右の動きが認められ、パワードプ  
ラで増強される。

右 気胸時には壁側胸膜と空気の間で超音波が反射するため、臓側胸膜の動き  
が見られなくなる。

また、Mモードを使用すると、動きのない胸壁の軟部組織は横縞、動きを伴う胸膜と肺側は砂をまき散らしたような図が得られる。あたかも波と砂浜のように見えることから、**seashore sign** と呼ばれる (図3左)。肺水腫や病的肺など、肺実質に水分を多く含む患者においては、画像いっぱいまでのびる **comet tail artifact** が見られ、呼吸性に動く様子が見られる。一方、気胸の場合には、胸膜の動きが認められず、**lung sliding** が消失するほか、Mモードでは画面がバーコードのように見える (図3右)。

図3 Mモードでの肺の観察

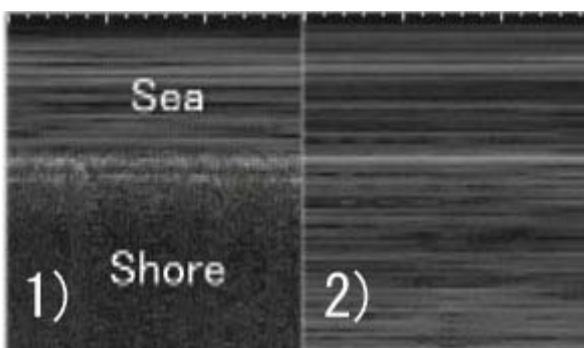


図2のように胸膜を観察している際に、Mモードを使用してみる。

1) 健常肺では動きのない軟部組織と、動きを伴う臓側胸膜以遠とで明確な違いが現れる。あたかも波打ち際を境に海と砂浜が分かれるように見え、**Seashore sign** と呼ばれる。

2) 一方、気胸では動きがなく、すべてが海のように見える。これは別名バーコードサインとも呼ばれる。

また、当然パワードプラに反応せず、**power sliding**は消失する。また、軟部組織と空気の境界面が強反射体となり、多重反射が認められやすい。但し、多重反射は痩せた患者など胸壁が薄い患者では正常でも認められる事に注意が必要である。また、気胸の進展度に関しては、第2肋間鎖骨中線、第4肋間前腋窩線、第6肋間中腋窩線、第6肋間後腋窩線の4点で観察すると、**Kircher**の虚脱率とよく相関するという報告がある<sup>11)</sup>。癒着肺などでは所見が必ずしも得られないなどの制約があるが、胸壁近くで各種の穿刺を行う麻酔科医にとって、気胸検出のエコー技術は知っておいて損はないと考えられる。

#### 超音波を用いた気管挿管の確認

これまで紹介した気道と肺の描出ができれば、気管挿管の超音波による確認も容易である。気管挿管直後の適正留置の確認には、①チューブの声門通過を目視、②胸郭の挙上を目視、③チューブ内の水蒸気による曇りを目視、④聴診上の呼吸音の聴取、⑤聴診で胃泡音を除外、⑥食道検出装置による二次確認、⑦呼気中の二酸化炭素の検出による二次確認などがある。近年の蘇生ガイドラインでは心停止患者においてはカプノグラフィーを用いた確認が、チューブの位置確認並びに胸骨圧迫の質の評価に重要だとされている。

しかし、⑥、⑦は挿管の確認はできても、深さの確認までは行えない。④の呼吸音の聴取は片肺換気を検出しうるが、そもそも呼吸音による挿管確認は、こと初心者の挿管においては非常に不確実であることが示されている。経験が未熟な場合、聴診確認は30%失敗する、というデータがある<sup>12)</sup>。

最も簡単な解決策は、エアウェイスコープなどの間接声門視認型喉頭鏡を用いて声門視認性を高め、適切な深さで留置し、かつその情報を他の医療従事者と共有できることである。しかし、もし声門観察に失敗した場合にも、超音波を用いれば、両肺の動き・両横隔膜の動き・あるいは小児であれば声門内にチューブが留置されているかどうかを確認できる。Marciniakらは、月齢48±37ヶ月の小児30名で胸骨切痕上で気管と気管輪を観察し、ついで声門を観察し、挿管後は気管厚壁のshadowが増強され、食道挿管時は気管の脇にチューブの高輝度エコーが見られること、パワードプラを用いたpower slidingの両側比較で、片肺換気を否定できることを示している<sup>13)</sup>。Galcianoは超音波による確認法(平均17.1秒)は、胸部XP撮影(平均14分)に比べて有意に早く確実であるとしている<sup>14)</sup>。成人においても同様の取り組みが、主に救急・プレホスピタル領域で積極的に行われている。

#### 胃内容と誤嚥リスクの評価

麻酔科医にとってストレスの多い導入のひとつに、フルストマックの緊急手術があげられよう。明らかに嘔吐している場合はよいが、判断に迷うのが最終食事摂取から6時間経過している外傷、などではないだろうか。アメリカ麻酔科学会の術前のガイドラインでも、不安、緊張、痛み、肥満、妊娠、緊急症例などでは胃内容の停滞時間が修飾され、6時間の禁飲食時間があっても安全性は担保されないことを示唆する但し書きがある。胃内容の残存はこれまでCTなどを撮影しないと把握しにくかったが、超音波を利用した評価の方法が提案されている。

Perlasらは、心窩部に縦にコンベックスプローブをあてて観察すると、液体のみならず固形物の存在を評価できる可能性を示し、さらに胃antrum部のcross sectional areaを計測すると胃内容量と相関が認められ、300mlくらいまでの残留が類推できることを示した。今後、内容量の評価に応じて導入方法を検討することができる可能性を示し、有用なテクニックとして期待できる。

今回のシンポジウムでは20分という講演時間の都合ですべてを紹介することはできなかったが、気道、呼吸管理に関しては他にも各種のテクニックがあり、エコーになじみのある麻酔科医であれば、すぐにでも使える技術となる。挿管困難対策のみならず、日常業務に利用して、各人のスキルアップにつながれば幸いである。と同時に、この分野は新しいリサーチテーマが盛りだくさんの領域である。臨床研究を行うにあたり、麻酔科医の環境は非常に恵まれており、新しいエビデンスを発信されることを期待している。

本内容の要旨は第30回 日本臨床麻酔科学会 徳島市のシンポジウム、**近未来のDAM:2013年困難気道の基礎と臨床**にて発表した。

## 【引用文献】

- 1) Suzuki A, Kunisawa T, Sasakawa T, et al. Unexpected internal jugular vein obstruction revealed by ultrasound surface scan before central catheter insertion. *Anesth Analg* 107:347-348, 2008
- 2) 内野 哲哉。緊急（CICV時）の外科的気道確保—麻酔科医の立場から—日臨麻会誌 30 : 593-602、2010
- 3) Elliott DS, Baker PA, Scott MR et al. Accuracy of Surface Landmark Identification for Cannula Cricothyrotomy. *Anaesthesia* 65: 889-4, 2010
- 4) 寺井岳三、気道確保困難に役立つ気道の解剖学。日臨麻会誌 30: 333-41,2010
- 5) Brodsky JB, Lemmens HJ, Brock-Utne JG et al. Morbid obesity and tracheal intubation. *Anesth Analg* ;94: 732-6, 2002
- 6) Ezri T, Gewürtz G, Sessler DI et al. Prediction of difficult laryngoscopy in obese patients by ultrasound quantification of anterior neck soft tissue. *Anaesthesia* 58:1111-4. 2003
- 7) Komatsu R, Sengupta P, Wadhwa A et al. Ultrasound quantification of anterior soft tissue thickness fails to predict difficult laryngoscopy in obese patients. *Anaesth Intensive Care* 35 :32-7. 2007
- 8) Bhatia A, Lai J, Chan VW, Brull R. Case Report: Pneumothorax as a Complication of the Ultrasound-Guided Supraclavicular Approach for Brachial Plexus Block. *Anesth Analg* 111:811-2, 2010
- 9) Suzuki A, Kishi M, Kurosawa A et al. Post scan: Another role of ultrasound for central venous catheter insertion. *J Anesth* 24:488-9., 2010
- 10) 鈴木昭広、稲垣 泰好、笹川 智貴、相沢 圭、藤田 智、小北 直宏、郷 一知。自然気胸の診断と初期対応に体表エコーが有用であった1症例。救急医学 34 : 495-7、2010
- 11) 三澤賢治、西智史、西田保則、ほか。超音波による自然気胸の重症度判定の試み。日呼外会誌 24: 8-11:2010
- 12) Knapp S, Kofler J, Stoiser B et al. The assessment of four different methods to verify tracheal tube placement in the critical care setting. *Anesth Analg* 88:766-70, 1999
- 13) Marciniak B, Fayoux P, Hébrard A et al. Airway Management in Children: Ultrasonography Assessment of Tracheal Intubation in Real Time? *Anesth Analg* 108: 461-5, 2009
- 14) Galcinao J, Bush AJ, Godambe SA, et al. Use of Bedside Ultrasonography for Endotracheal Tube Placement in Pediatric Patient: A Feasibility Study. *Pediatrics* 120:1297-303, 2009
- 15) Perlas A, Chan VWS, Lupu CM et al. Ultrasound Assessment of Gastric Content and Volume. *Anesthesiology* 111:82-9, 2009

## Abstract

### Ultrasonography for the Airway Management

Akihiro Suzuki \*1 and Hiroshi Tanaka \*2

\*1 Department of Emergency Medicine and Critical Care, Asahikawa Medical University

\*2 Department of Anesthesiology and Critical Care Medicine, Asahikawa Medical University

Recent advancement of the ultrasound technology allow anesthesiologists to evaluate the airway and respiratory conditions. Author introduce US techniques for 1) evaluation of the airway, 2) Prediction of the difficult intubation, 3) Diagnosis of the pneumothorax after central venous cannulation or nerve block, 4) Confirmation of the tracheal tube placement, 5) Evaluation of the gastric contents in this article.