

周術期の循環動態評価における肺超音波検査の有用性

The Utility of Lung Ultrasonography in Cardiac Perioperative Hemodynamic Monitoring

増田 孝広¹⁾, 舘岡 一芳²⁾, 松井 康二²⁾, 遠山 裕樹²⁾, 櫻井 行一²⁾

Takahiro Masuda

Kazuyoshi Tateoka

Koji Matsui

Yuki Toyama

Koichi Sakurai

Key Words : 肺超音波検査, 血行動態モニタリング, 超音波スクリーニング検査, 心臓手術周術期管理

はじめに

超音波検査は簡便かつ低侵襲に施行でき、感度、特異度にも優れるため、今日さまざまな領域で用いられている。だが、超音波には空気中で著しく減衰し、伝導速度が低下する性質があるため、組織に空気を多く含む肺は伝統的に超音波検査に適さない臓器とされてきた¹⁾。

しかし近年、超音波検査で積極的に肺を評価しようとする報告が救急医学や集中治療医学などの領域で現れており、これまでに気胸²⁾、肺挫傷³⁾、肺水腫⁴⁾⁵⁾、急性呼吸窮迫症候群⁶⁾などの肺病変の評価が試みられている。特に、病態の速やかな評価が要求される救急医学では、病院前診断で肺超音波検査がスクリーニングに有用であるとの認識が広まりつつあり⁷⁾、肺超音波検査の重要性が増大している。

肺病変における超音波検査の知見が蓄積される一方で、より最近では肺超音波検査を循環動態の指標として活用しようとする研究も現れ、これまでに肺動脈楔入圧を予測する試みが報告されている⁸⁾。従来、集中治療医学では循環動態は専ら肺動脈カテーテルを中心とした侵襲的なデバイスで評価されてきたが、そうしたデバイスの使用は重大な合併症発生のリスクを無視できない。肺超音波検査によって簡便、迅速に循環動態の予測が可能となれば、临床上も有用と考えられる。そこで我々は、心臓手術周術期症例に対して肺超音波検査を施行することにより、循環動態評価における肺超音波検査の有用性を検討した。

対象・方法

症例：当院で冠動脈バイパス術を施行した5例に肺超音波検査を施行した。

評価手順：肺超音波検査は従来の報告に記載されている評価方法をそのまま用いた¹⁾(図1, 図2)。まず、M-modeで胸膜下肺組織の呼吸性移動を確認し、呼吸性移動を認めた場合をlung-sliding陽性とした。次にB-modeで二つのアーチファクト、A-lineとB-lineの有無を評価した。A-lineは、肺の領域に胸膜と平行に描出される線状のアーチファクトである⁸⁾。A-lineは胸膜下に間質性の滲出液貯留や炎症などの病変が存在しないことを示唆する。走査にてA-lineのみを認める場合をA-line predominantとした。B-lineは、胸膜に対して垂直に描出され、A-lineを消去する放射線状のアーチファクトである⁸⁾。B-lineは臓側胸膜下の間質性の滲出液貯留や炎症などの病変を示唆する。B-lineを少なくとも1本認める場合をB-line predominantとした。

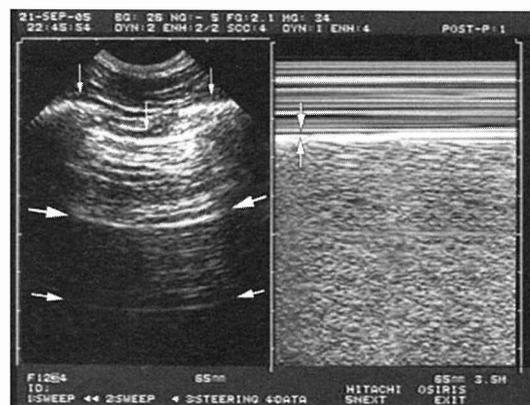


図1 正常肺の肺超音波検査所見の例(文献1)より引用)。左：胸壁から胸膜までの距離に等しい間隔で、胸膜に平行なアーチファクトを認める(A-line, 水平方向の矢印)。垂直方向の矢印は、肋骨と胸膜を示す。右：胸膜下の肺の移動を示す所見(lung-sliding)。矢印は胸膜を示す。

¹⁾名寄市立総合病院 研修医

Resident, Nayoro City General Hospital

²⁾名寄市立総合病院 麻酔科

Department of Anesthesia, Nayoro City General Hospital

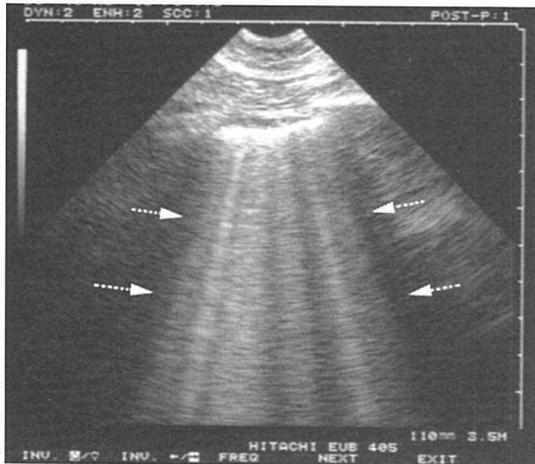


図2 胸膜下の滲出液などの病変を示唆する所見(文献1)より引用). 胸膜に垂直な放射線状のアーチファクト(B-line)を認める. 本来点線矢印の部分に認められるべきA-lineが, B-lineによって消失している.

手術前評価: 手術前の肺超音波検査は, 麻酔導入後, 十分な鎮静が得られ, 気管挿管され人工呼吸管理中の症例に対し施行した. 検査は全例仰臥位で施行した. 機器はSonosite社のMicroMAXX™を用い, 探触子はマイクロコンベックスプローブを用いた. 左右の鎖骨中線上, 第4肋間をアコースティックウインドウとして, 最初にlung-slidingを評価し, 次いでA-line predominantであるか, B-line predominantであるかを評価した. 同時に, 橈骨動脈カテーテルと肺動脈カテーテル(Swan-Ganz catheter,®7.5F, Edwards Lifescience)により種々の循環動態の指標を測定した. 動脈血ガス分析, 経皮的酸素飽和度もあわせて測定した.

手術後評価: 手術前評価を行った全例に対して, 手術前評価の24時間後に肺超音波検査を施行した. 機器や操作方法は手術前の肺超音波検査と同様に行った. 橈骨動脈カテーテル, 肺動脈カテーテルによる循環指標に加え, 動脈血ガス分析, 経皮的酸素飽和度も同様に測定した.

結果

5例のうち4例が男性, 1例が女性であった. 手術は2例が待機手術, 3例が臨時手術であった. 手術後評価の時点で, 3例が抜管されており, 2例が人工呼吸管理中であった.

全例に対して手術前評価, 手術後評価を施行した(表1). 左右の肺の評価に要した時間はそれぞれの症例につき1分以内であった.

5例の肺超音波所見と血圧, 肺動脈圧, 肺動脈

楔入圧は表1の通りであった. 今回の結果, 全ての症例で手術前後を問わずlung-sliding陽性であり, A-line predominantであった(図3, 図4).

性別 定期・臨時	男性 定期	男性 臨時	女性 臨時	男性 臨時	男性 定期
術前 lung-sliding	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
predominant	A-line	A-line	A-line	A-line	A-line
BP(mmHg)	138/72	127/51	82/60	92/55	98/64
PAP(mmHg)	30/18	39/20	30/14	36/29	16/7
PAWP(mmHg)	16	22	11	24	8
術後 lung-sliding	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
predominant	A-line	A-line	A-line	A-line	A-line
BP(mmHg)	124/71	95/71	107/62	116/50	108/62
PAP(mmHg)	20/13	22/14	24/10	26/14	20/8
PAWP(mmHg)	9	7	10	8	7

表1 5例の特性, 肺超音波所見, および血圧(Blood Pressure ; BP), 肺動脈圧(Pulmonary Artery Pressure ; PAP), 肺動脈楔入圧(Pulmonary Artery Wedge Pressure ; PAWP).

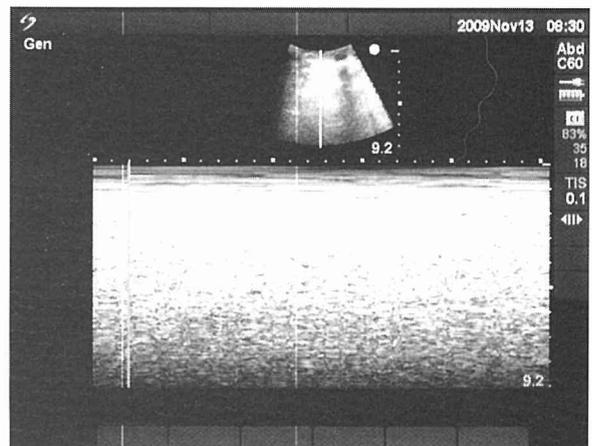


図3 今回の症例での肺超音波検査の所見例(2例目手術前右肺). lung-sliding陽性とした.

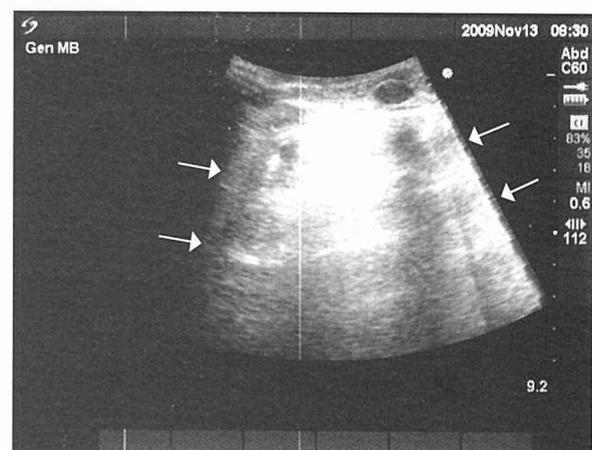


図4 今回の症例での肺超音波検査の所見例(2例目, 手術前右肺). 矢印の部分にA-lineを認めるが, B-lineは明らかでない. A-line predominantとした.

考察

全ての症例で手術前後、肺の左右を問わず、lung-sliding陽性であり、A-line predominantであった。今回対象となった症例には手術前に肺疾患を指摘されていた症例は1例もなく、肺病変のない症例の肺超音波検査としてこれは妥当な結果といえる。実際に、血液ガス分析や経皮的酸素飽和度でも拡散能の低下や酸素化の不良を認めず、肺超音波検査所見と矛盾しなかった。こうしたことから、肺病変の評価としての肺超音波検査は、これまでの報告と一致していると考えられる。

一方、循環動態の評価は、これまでの報告と我々の結果に相違を認めた。Lichtensteinらは、集中治療室(ICU)で管理されている症例を対象に、肺超音波検査所見と肺動脈楔入圧との関係を検討し、肺動脈楔入圧のカットオフ値を18mmHgとするとB-line predominantの特異度が増加すると報告している⁸⁾。しかし我々は肺動脈楔入圧と肺超音波所見との相関関係を見出せず、すべての症例でA-line predominantであった。この相違の理由として、我々の症例の均一性が考えられる。Lichtensteinらの研究は、ICU管理下に肺動脈カテーテルを挿入した全症例を対象としており、その疾患は多岐にわたり、非均一的であった。一方、我々は冠動脈バイパス術の周術期症例のみを対象とし、疾患の全例が虚血性心疾患であった。このような症例の均一性が、これまでの結果との相違を導いた可能性がある。

また、手術前検査が手術室で行われたことも相違の理由のひとつに挙げられるかもしれない。今回の症例は、2例が待機手術、残る3例は当院到着後直ちに緊急手術が施行された。待機手術症例は、手術前に水分摂取の管理が行われ、肺超音波検査でB-lineが出現しえなかったものと考えられる。緊急手術症例では、肺動脈楔入圧の高値や、肺動脈圧の上昇を認めた例はあったが、肺水腫を疑う臨床像は認めなかった。発症から手術開始までが短期間であったために、B-lineが出現する前に手術前評価が行われたものと考えられる。

このように考えると、心臓手術周術期の肺超音波検査は、ICU管理における肺超音波検査とは異なる特性を持っているのかもしれない。心臓手術周術期のプロトコルに絞り、より多くの症例を検討することで、これまで議論されてきた、ICU管理における肺超音波検査の有用性とは異なる、新しい観点からの肺超音波検査の有用性が議論でき

るだろう。

ところで、これまでの肺超音波検査は質的評価が中心であり、我々も質的評価のみを扱ったが、最近では呼吸状態や循環動態を肺超音波検査で量的に評価しようとする研究が現れている。Aglicolaらは、B-lineの本数と肺動脈楔入圧に正の相関関係を見出している⁹⁾。我々の結果ではB-lineを認めなかったため、この報告について直接議論することはできないが、B-lineと肺動脈楔入圧との定量的な関係を議論することは、肺超音波検査を通じてより詳細な循環動態の評価を行うためには重要と考えられる。我々の結果から量的評価について議論するためには、より多くの症例からの知見の蓄積が必要かもしれない。肺超音波検査の所見をいかに定量化するかという課題は今後さらに議論されるであろう。

これまで、心臓手術周術期の血行動態の評価は、もっぱら肺動脈カテーテルを中心とした侵襲的なデバイスを通じて行われてきた。肺超音波検査で得られる知見は肺動脈カテーテルのそれと比較すると限定的で、量的評価は検討が不十分な状況である。今後もなお、肺動脈カテーテルによる血行動態の把握は必要であろうが、緊急手術症例の手術前評価に代表されるように、迅速な評価が必要となる状況では、低侵襲で、両側の肺評価を1分以内に施行できる肺超音波検査は特に有用と考えられる。今回は5例という限られたサンプルサイズを通じた議論であるが、今後症例数を充実させ、知見を集約し、より詳しい循環動態の評価法を議論することが、今後の課題といえよう。

おわりに

周術期における循環動態の迅速な質的評価の方法として、肺超音波検査は有用であった。肺超音波検査による循環動態の量的評価、心臓手術周術期症例の評価法についての議論には、今後の十分な症例の蓄積が必要である。

文 献

- 1) Lichtenstein DA, Meziere GA : Relevance of Lung Ultrasound in the Diagnosis of Acute Respiratory Failure. The BLUE Protocol. *Chest*, 134 : 117-125. 2008.
- 2) Lichtenstein DA, Menu Y : A Bedside Ultrasound Sign Ruling Out Pneumothorax in the Critically Ill. *Chest*, 108 : 1345-1348. 1995.
- 3) Soldati G, Testa A, Silva FR, et al.: Chest Ultrasonography in Lung Contusion. *Chest*, 130 : 533-538. 2006.
- 4) Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P, et al.: The Comet-tail Artifact. An Ultrasound Sign of Alveolar-Interstitial Syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*, 156 : 1640-1646. 1997.
- 5) Fagenholz PJ, Gutman JA, Murray AF, et al.: Chest Ultrasonography for the Diagnosis and Monitoring of High-Altitude Pulmonary Edema. *Chest*, 131 : 1013-1018. 2007.
- 6) Lichtenstein DA, Goldstein I, Mourgeon E, et al.: Comparative Diagnostic Performances of Auscultation, Chest Radiography, and Lung Ultrasonography in Acute Respiratory Distress Syndrome. *Anesthesiology*, 100 : 9-15. 2004.
- 7) Noble VE, Lamhaut L, Capp R, et al.: Evaluation of a thoracic ultrasound training module for the detection of pneumothorax and pulmonary edema by prehospital physician care providers. *BMC Medical Education*. 9 : 3, 2009
- 8) Lichtenstein DA, Meziere GA, Lagoueyte JF, et al.: A-Lines and B-lines. Lung Ultrasound as a Bedside Tool for Predicting Pulmonary Artery Occlusion Pressure in the Critically Ill. *Chest*, 136 : 1014-1020. 2009.
- 9) Aglicola E, Bove T, Oppizzi M, et al.: "Ultrasound Comet-Tail Images" : A marker Of Pulmonary Edema. A Comparable Study With Wedge Pressure And Extravascular Lung Water. *Chest*, 127 : 1690-1695. 2005.