



救急・集中治療領域における 超音波検査の活用

～ Point-of-Care 超音波～

大阪大学医学部附属病院 高度救命救急センター
吉矢 和久



救急・集中治療領域における 超音波検査の活用

～ Point-of-Care 超音波～

大阪大学医学部附属病院 高度救命救急センター 吉矢 和久



超音波検査は長年、検査室で熟練した医師や検査技師が据え置き型の超音波診断装置を用い時間をかけ詳細な評価を行うものであった。

しかしながら超音波診断装置の普及・進歩とともに、エコーはより簡便に、誰もが手軽に行える診断ツールとなり、いわゆる“聴診器”的な存在となった。

ベッドサイドで繰り返し、リアルタイムな評価が可能となり、今ではPoint-of-Care超音波として普及しつつある。

VenueTM
for the **CRITICAL MOMENT**

救急現場での超音波検査の位置づけ

救急領域では、1990年代の欧米で救急医、外傷医がPoint-of-Care超音波をいち早く取り入れ、FAST (Focused Assessment of Sonography for Trauma)¹⁾が普及し、その後肺エコーを取り入れたEFAST (Extended FAST)²⁾へとつながった。外傷以外にも、FATE protocol (Focus Assessed Transthoracic Echo)³⁾、Blue protocol (Bedside Lung US in Emergency)⁴⁾、RUSH exam (Rapid Ultrasound for Shock and Hypotension)⁵⁾、FALLS protocol (Fluid Administration Limited by Lung Sonography)⁶⁾など、心エコー、肺エコー、血管エコーなどを組み合わせて循環評価、急性呼吸不全の鑑別、ショックの鑑別を行うPoint-of-Care超音波が普及しつつある。

よくよく振り返ってみると我々の救命救急センターでも、Point-of-Care 超音波という言葉が使われるようになる以前から、ベッドサイドで繰り返し超音波検査を行い、その都度輸液量を変更し、CT検査を追加してリアルタイムに治療につなげてきた。

心拍出量、下大静脈径、左室拡張末期径などの測定から循環血液量・心拍出量の変化やショックの鑑別診断につなげ、

外傷症例においては救急初療室での胸腔内・腹腔内・心嚢の液体貯留の評価を行い、集中治療室に入った後も外傷後出血の経時的評価を行ってきた。循環モニタリングとしての超音波検査、外傷後のショックの鑑別として超音波検査は救急医にとってはいつしか聴診器をはるかに超える有用な診断ツールとなった。それが近年、外傷初期診療におけるFAST、ショック鑑別に用いるRUSH exam、FALLS protocolのように診断ツールとして整理されることにより、臨床現場にも、教育にも活用され、より洗練されたものになってきた。

このような超音波検査の診断ツールとしての普及は、診断装置としての進歩に負うところも大きい。各メーカーから発売されている超音波診断装置は格段に進歩を遂げ、様々な領域に特化した高性能な装置から、軽量化・小型化が進んだ携帯型の簡便な装置まで多種多様な装置が開発されている。救急領域でも、詳細な心機能の評価をするときには高性能の機種を、ベッドサイドで簡単に下大静脈を評価するときなどには携帯型装置を用いるなど、ニーズに合わせ幾つかの診断装置を駆使して、Point-of-Care 超音波を実践している。しかしながら、これまで救急領域に特化した超音波診断装置というものは存在せず、常に様々な問題点に頭を悩ませてきた。



救急領域における超音波診断装置の課題

まず一番の問題点は、救急部門ではとにかく超音波診断装置が壊れやすいことである。急いでいる、移動が多いなどの理由からだと思うが、通常では考えられない壊れ方をしばしば経験する。よくある破損としては、

- 車輪で踏みつけられるコードの破損。電源コード、LANケーブルならまだしもプローブコードの破損は高額の出費になる
- ぶつけることによる本体の破損。特にLANケーブルやプローブのソケットなどでぶつかりのあるところの破損が多い
- キーボードに水、血液などが入ることによる破損

などが挙げられる。超音波診断装置は繊細で壊れやすい機種が多いが、救急部門で使用する装置の要件として丈夫さは必須条件である。

その他の重要な要件としては、

- 起動に時間がかからない
- バッテリー駆動が長時間使用可能である
- 操作性が煩雑でない
- 画面が見やすい。電気を暗くすることができない状況も多く、多くの眼でその場で情報を共有することも多いため
- 立位でも使いやすい設計である

などが挙げられる。このような丈夫さ、機能性、操作性の要件を満たす装置はこれまで存在しなかった。そんな中、最近GEヘルスケアから救急向けの超音波診断装置Venue®が発売された。この装置は救急初療室での使用、ベッドサイドでのリアルタイムエコーなどまさに救急の現場での超音波の利用をスムーズにすることが期待される。

実際に使用した感想として、

- ① プローブのコードを装置で踏んで破損することがないような設計になっている
- ② 立ち上がり早い
- ③ 電源コードなしで長時間使用可能である
- ④ 直感的操作が可能なタッチパネルである
- ⑤ 見やすい大型モニターを使用している
- ⑥ 立位を前提とした設計になっている

と前述した課題をほぼすべて克服するものとなっている。

更にVenue®では新しく手元で操作が可能なボタンプローブが搭載された。これによりエコーガイド下穿刺や術中操作などの清潔操作時などに、第三者の手を煩わせることなくfreezeボタンが押せ、gain、depthの変更、カラードップラーへの変更などが可能となった。



RUSH exam & FALLS protocol

RUSH exam (Rapid Ultrasound for Shock and Hypotension examination) とは、ショックの原因をエコーを用いて系統的に鑑別する方法である。救急・集中治療領域においてショックの鑑別は古くから非常に重要な課題であり、現在でも持続的な血行動態モニタリングなどを駆使して診断を行っているのが現状である。RUSH examではエコーを用いることにより侵襲的なモニタリングデバイスを使用することなく、誰でも簡単にベッドサイドで診断することができるという利点がある。RUSH examでは、3つのステップを順番に評価していくことにより2分以内に迅速にショックの原因を鑑別する。

ステップ1ではPump機能として、心エコーにより心嚢液貯留、左室収縮力、右室負荷といった3つの所見を確認する。これにより心タンポナーデによる閉塞性ショック、心原性ショック、肺塞栓によるショックを鑑別できる。ステップ2ではTank機能として血管内ボリュームの評価を行う。下大静脈径、胸腔内・腹腔内液体貯留、肺エコーによるLung Sliding (図1)とB-lineの評価を行い、循環血液量減少性ショック、緊張性気胸による閉塞性ショック、肺水腫や胸腹水の評価を行う。最後にステップ3でPipe機能として大血管の評価を行う。胸腹部大動脈瘤や大動脈解離の評価、深部静脈血栓症の評価を行い、大動脈解離や大動脈瘤破裂によるショック、肺塞栓症によるショックを鑑別する (図2)。

図1 肺エコー

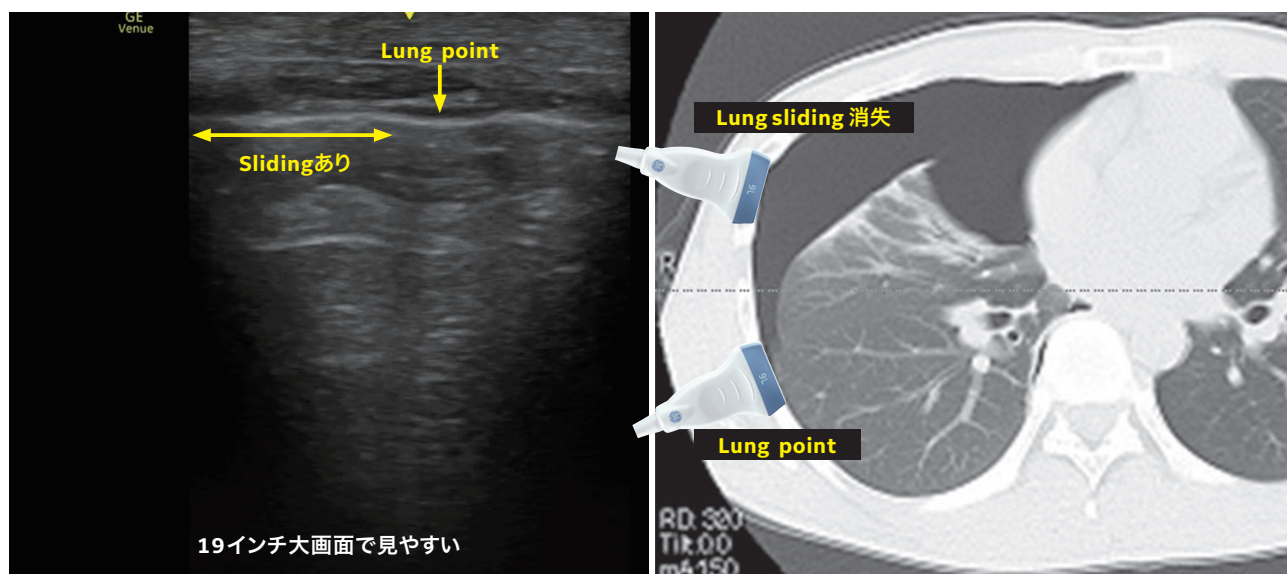


図2 RUSH exam (文献5より改変)

各種ショック時の超音波検査所見

	循環血液量 減少性ショック	心原性 ショック	閉塞性 ショック	血液分布 異常性ショック
Pump	心収縮亢進 心室腔狭小化	心収縮低下 心室腔拡大	心収縮亢進 心嚢液貯留 心タンポナーデ	心収縮亢進(敗血症早期) 心収縮低下(敗血症晩期)
Tank	IVC虚脱 頸静脈虚脱 胸腔内液体貯留	IVC拡張 頸静脈怒張 Lung rockets(肺水腫)	IVC拡張 頸静脈怒張 Lung sliding消失(気胸)	IVC径 正常～軽度虚脱 腹腔内液体貯留(腹膜炎) 胸腔内液体貯留(膿胸)
Pipes	腹部大動脈瘤 大動脈解離	異常なし	DVT	異常なし

RUSH examに加え、輸液負荷に対する反応や肺エコーでの肺水腫の所見からショックの鑑別を行うのがFALLSプロトコルである。図3のようにRUSH examに加えて輸液負荷に対する反応とB-lineの評価により、ショックの鑑別を行う。

AUTO機能を活用し、迅速により客観的に

超音波検査はベッドサイドで繰り返し行うことによりリアルタイムな評価が可能であるため循環モニタリングとして非常に有用である。しかしながら、必ずしも熟練した施行者が行うわけではなく、検者による誤差も多く、また、ベッドサイドで時間

をかけずに施行するため精度や客観性に問題がある、などの問題点が指摘されている。一方、Point-of-Care超音波としては、誰がいつ行っても迅速に客観的データとなりすぐに治療にフィードバックできることが重要である。Venue®にはこの問題を克服するために新たな機能が搭載された。それが、①左室流出路速度から心収縮力を測定するAutomated VTI (Velocity time integral) (図4)、②下大静脈径とその呼吸性変動を自動計測するAutomated IVC (図5)、③肺の水分量を反映するB-lineを自動的に計測できるAutomated B-line (図6) の3つのAUTO機能である。これにより誰が行っても、心機能、血管内ボリューム、呼吸機能データを客観的に計測できるよう

図3 FALLS-protocol (文献6より改変)

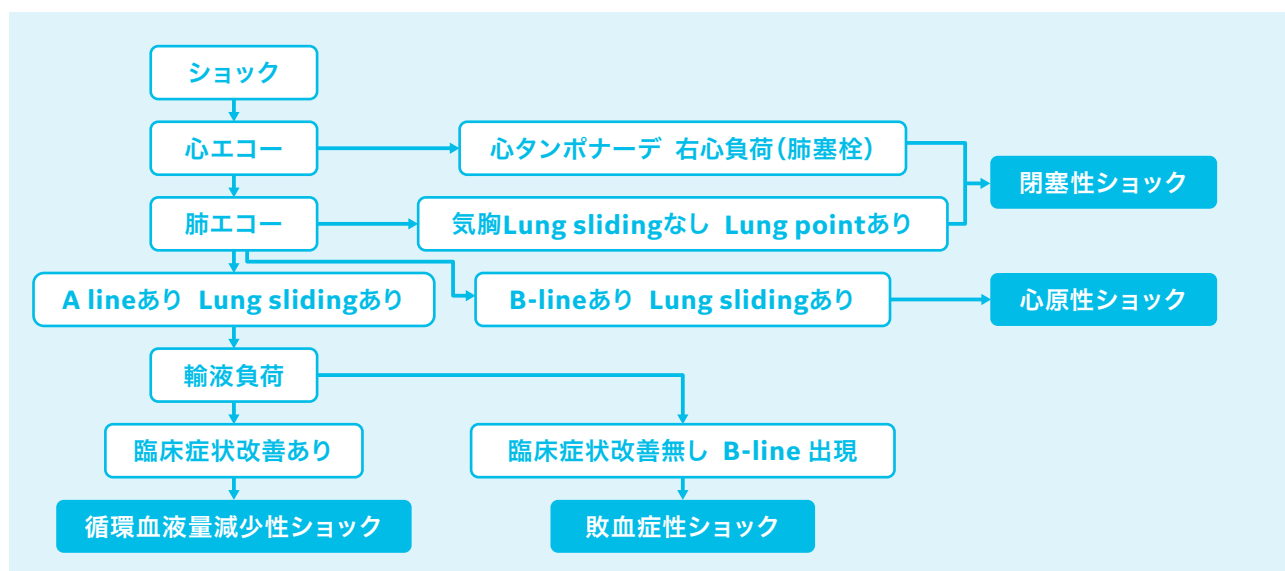
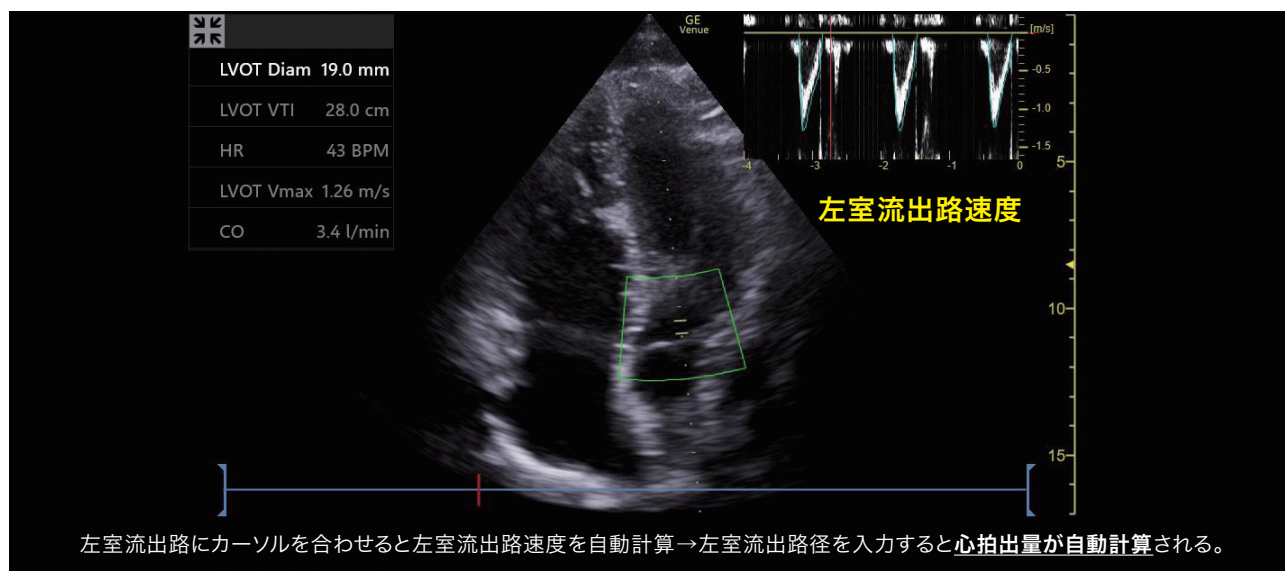


図4 Automated VTI



になり、迅速に客観的に評価できることが期待できる。

実際、心拍出量の算出には、左室流出路を3チャンバーまたは5チャンバービューで描出しその部位の画面をタッチするだけで簡単に心拍出量が計測され、下大静脈径とその呼吸性変動に至っては下大静脈の長軸さえ描出すれば下大静脈が自動的に認識され計測が行われる。肺エコーにおいても Automated B-lineのボタンをタッチすればB-lineが自動認識、自動計測される。しかも画面が非常に見やすく、各計測はタッチパネル形式の画面をタッチするだけで良い。実際、当施設で検者を変えて測定してもほぼ同じ結果が得られ、迅速に客観的データを得ることができた。

今後の可能性

Venue®の登場により救急領域で使用する超音波診断装置に、これまで追及されてきた高性能、軽量化・小型化、使いやすさなどに加えて、丈夫さとスピード感といった要素が加わった。更にはVenue®に搭載されたAUTO機能により、超音波において課題とされていた術者による誤差、データの客観性が大きく改善される可能性があり、超音波は新たなステージに入ったように思われる。将来的にはこのAUTO機能により計測できるパラメーターを更に拡充させることにより、Point-of-Care超音波として可能性が広がる可能性があるのではないだろうか。

図5 Automated IVC

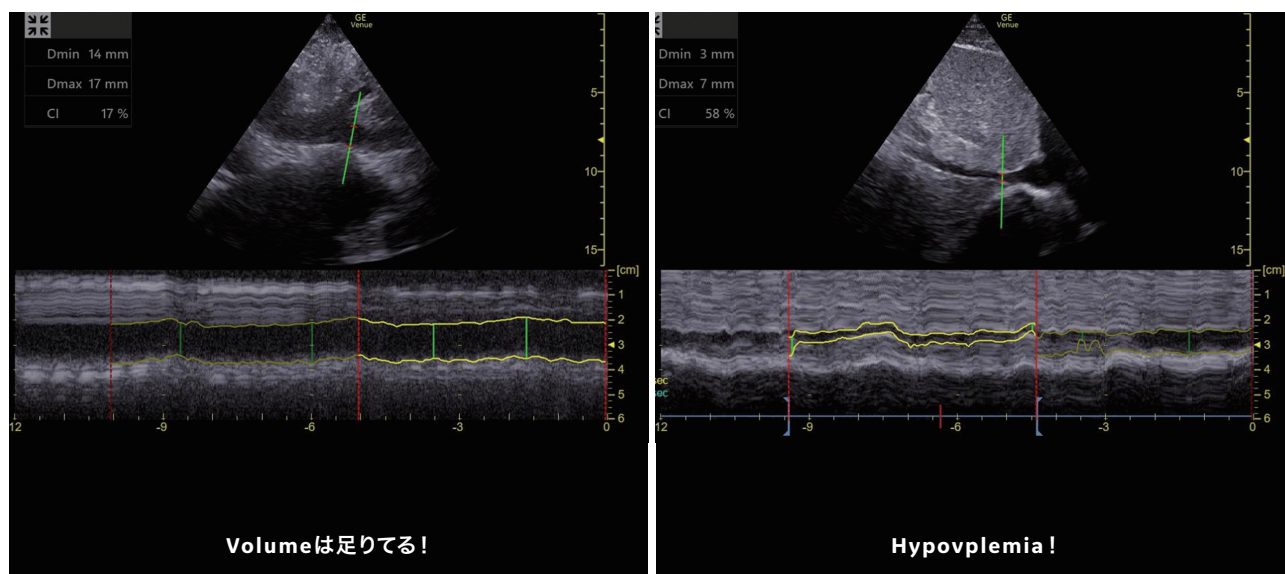
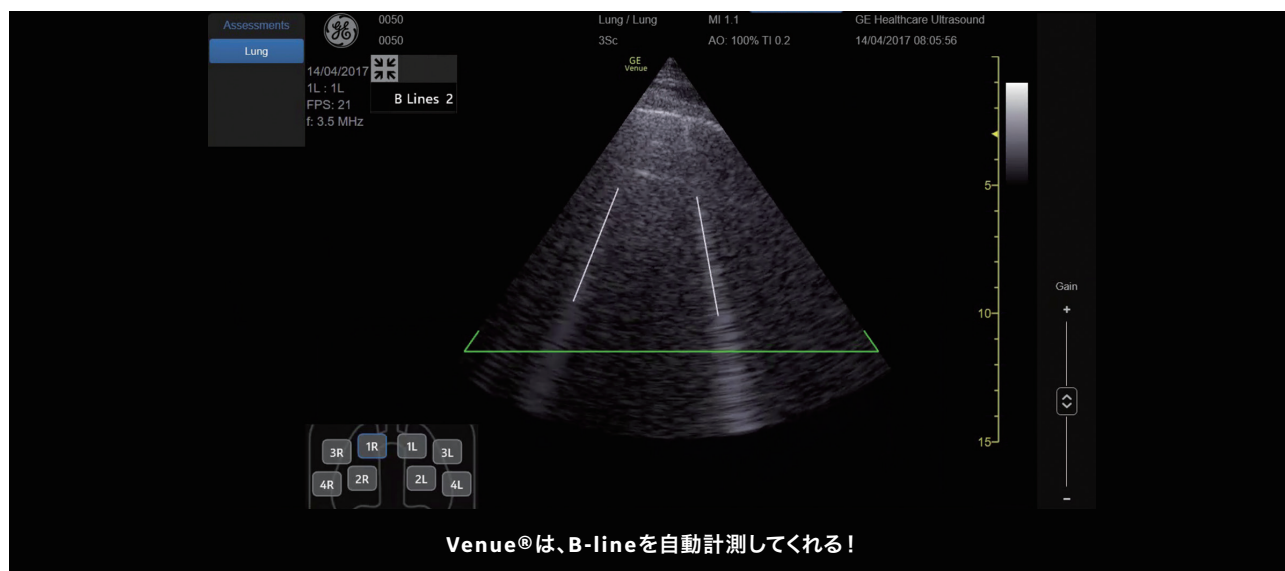


図6 Automated B-line



参考文献

- 1) Rozycki GS, Shackford SR. Ultrasound what every trauma surgeon should know. J Trauma 1996; 40: 1-4.
- 2) Kirkpatrick AW, et al. Handheld thoracic sonography for detecting post-traumatic pneumothoraces the extended focused assessment with sonography for trauma (EFAST). J Trauma 2004; 57: 288-295.
- 3) Jensen MB, Sloth E, Larsen KM, Schmidt MB. Transthoracic echocardiography for cardiopulmonary monitoring in intensive care. Eur J Anaesthesiol 2004, 21:700-707.
- 4) Lichtenstein D, Mezière G. Relevance of Lung Ultrasound in the Diagnosis of Acute Respiratory Failure-The BLUE Protocol. CHEST 2008; 134:117-125.
- 5) The RUSH exam: Rapid Ultrasound in Shock in the evaluation of the critically ill. Emerg Med Clin North Am. 2010; 28: 29-56.
- 6) Lichtenstein D. Fluid administration limited by lung sonography: the place of lung ultrasound in assessment of acute circulatory failure (FALLS-protocol). Expert Rev Respir Med 2012; 6: 155-162.

GEヘルスケア・ジャパン

カスタマー・コールセンター 0120-202-021

www.gehealthcare.co.jp



<医療機器認証番号>

製造販売 GEヘルスケア・ジャパン株式会社

販売名称 汎用超音波診断装置 Venue

医療機器認証番号 229ABBZX00055000号

9L-Dプローブ 医療機器認証番号:218ABBZX00058000

※9L-Dプローブは9Lプローブの類型です。

※使用者の経験に基づく記載であり、GEヘルスケア・ジャパン株式会社が
仕様値として保証するものではありません。

記載内容は、お断りなく変更することがありますのでご了承ください。

Rev.1.0 8K-BK-C1(CL-KE) JB61469JA Bulletin D74A7