

亀田徹氏らによる「B ラインを用いた point-of-care 超音波による心原性肺水腫の評価」(超音波医学 2018;45:125-135) を拝読して

亀田徹氏らによる「B ラインを用いた point-of-care 超音波による心原性肺水腫の評価」を興味深く拝読した。救急領域で「胸膜ラインから減衰することなく真っ直ぐに画面最深部まで伸び、lung sliding と同調して動く高輝度多重アーチファクト」と定義される超音波 B ライン (以下, B ライン) について, 亀田氏は「空気を含む消化管でみられる ring-down artifact に相当すると思われる」と述べている。

消化管ガスから深部方向に減衰することなく真っ直ぐに伸びる ring-down artifact の成因を実験的に検討したのは, Cooperberg¹⁾である。彼が行ったのは, 2.25 MHz から 10 MHz の周波数のプローブを用いて, 振盪した石鹼水に含まれる泡を, 水中やゼラチン中などの様々な条件下で超音波的に観察するというものである。その結果, 4つの気泡に周囲と底面とを取り囲まれた「fluid collection」と呼ばれる液体貯留域の形状が, 「horn- or bugle-shaped」と呼ばれるラッパ状をしている場合に, その内部で共振が起こって, それがプローブ方向に放射されるためにこのアーチファクトが生じるという仮説を提唱している。しかしながら, 一般に共振現象が起こるためには, 超音波振動子の固有周波数から導き出される波長もしくは半波長と, このラッパ状をした開放端の液体貯留域のサイズとがピタリと合う必要がある。彼の行った 10 MHz プローブを用いての観察実験では, その液体貯留域の大きさは, 高さ 1.6 mm, 最小幅 0.26 mm であったとされ, プローブから発振される超音波の理論上の波長とは一致せず, 疑問が残る。

救急領域では Fig. 7 の画像に示されたように, 心原性肺水腫の病態変化にともなって B ラインの消長することが経験されている。亀田氏は治療前の Fig. 7 a を, B ラインの癒合像と表現しているが, 幅広い B ラインと表現してもふさわしいような画像である。治療 8 時間後の Fig. 7 b には 2 本の B ラインとともに, 胸壁浅部に, 胸膜エコーコンプレックスからの多重反射像 (いわゆる A ライン) がみられるようになっていく。この変化は, ring-down artifact の成因と関連付けて考えることに意義があると思われる。Cooperberg が推測するように, 特

有なラッパ状の形態をした液体貯留域内で生じる超音波の共振のためにこのアーチファクトが生じるのなら, Fig. 7 a のような肺水腫の極期で, 肺胞内の含気は減少し, 周囲肺組織等の水腫が増強している状態では, これらの共振現象は抑制される方向にあり, Fig. 7 b のように治療が進んで肺胞内の含気が増加して周囲肺組織等の水腫が減少した時にこそ, 出現しやすくなると考えられる。

そうした推論をもとにもう一度肺水腫の極期の像である Fig. 7 a をみると, 幅広い高エコー帯は 1 肋間全域を覆うように深部までびまん性に広がっており, 「胸膜ラインを起点に, レーザービームのように減衰することなく深部に達する」という B ラインの定義を満たすほどの幅の狭い直線性も認めないことから, その成因には ring-down artifact に加えて, 水腫肺における超音波の透過性亢進にかかわる, なんらかの因子が関与した可能性も考えられる。

亀田氏も述べているように, 「気泡の大きさと隣接する組織との関係で生じ, 成因の実証には至っていない」とされる ring-down artifact とともに, これまた「病理学的観点からの成因の解明がなされているとは言い難い」B ラインの消長という現象を, sonographic-pathophysiologic correlation の観点から, 一層検討することが望まれる。

文 献

- 1) Avruch L, Cooperberg PL. The ring-down artifact. J Ultrasound Med. 1985; 4: 21-8.

函館渡辺病院循環器内科
水関 清

Received on April 24, 2018; Accepted on May 7, 2018

水関 清氏の論評に対する回答

貴重なご意見を頂き感謝申し上げます。頂きましたご意見に対して回答致します。

Avruch と Cooperberg らは一連の実験を通じて, ring-down artifact の成因は「共振」であるという仮説を提唱しているのは周知の通りです¹⁾。しかしながら, お示しいただきました通り, ring-down artifact を共振現象で説明するには無理がございます。我々は基礎実験を通じ, ring-down artifact の成因について検討を行っている段階ですが, 彼らが提示した 4 つの気泡に取り囲まれた特殊

B ラインを用いた point-of-care 超音波による心原性肺水腫の評価 (超音波医学 2018;45:125-135)

亀田 徹, 小林 英夫, 山田 博胤, 谷口 信行

J-STAGE. Advanced published. date: August 21, 2018