

呼吸器画像診断の常識を変えるX線動態画像

—形態を写す静止画像と生理学を反映する動的画像

工藤 翔二 公益財団法人結核予防会 理事長 / 日本医科大学 名誉教授



本講演では、呼吸器画像診断の歴史を踏まえ、今までの常識を変える胸部X線動態画像の可能性と期待について述べる。

呼吸器診断学の歴史

呼吸器診断学の先人たちは、解剖せずに肺の中を知る方法を模索し、1761年の打診法の開発、1816年の聴診器の発明へつながった(図1)。そして、1895年のX線の発見により胸部画像診断が始まるが、1920年代には相当に普及していたことがうかがえ、胸部単純X線写真が呼吸器診断において重要な役割を担うようになった。

胸部画像診断は、形態をより細かく見たいという要望に応じて、胸部単純X線写真から胸部CT、高分解能CTへと発展してきた。高分解能CTでは肺の二次小葉の構造まで分析できるようになり、さらに高分解能化が進んでいる。“形態を反映した”，より高精細な画像へと発展してきたのが、呼吸器画像診断の歴史の基本的な流れである。

肺循環への重力の影響と静的画像

一方で、胸部単純X線写真には“生理学を反映する”要素もある。重力の影響を受ける肺は、立位撮影において、健常者では肺門より上方の血管は視認にくく、これに関しては、J. B. Westが

1962年に著した教科書において、静水圧のモデルを用いて説明がなされている¹⁾(図2)。

静的な画像において、例えばうつ血性心不全に陥ると、上行する血管も視認できるようになり、生理学的情報を反映した情報も含まれていることがわかる。

胸部X線動態画像の印象

コニカミノルタから初めて胸部X線動態画像の紹介を受けた際の印象は、まず、当然ながら換気とともに動いており、心臓の拍動や横隔膜の動きがよくわかると感じた(図3)。そして、立位撮影であるため重力の影響を受けた生理的情報を反映し、吸気と呼気で濃度が変わること像を得られる。これらの特徴から、換気と血流の分離ができるのではないかと考えた。

呼吸生理学で特に重要なのが、ガス交換の生理学である。J. B. Westの教科書に掲載された“立位で測定された換気血流比(\dot{V}_A/\dot{Q}_C)”のマッピングは、過去55年間にわたり呼吸生理学のcentral dogmaとしてあり続けているが、これまで誰も検証することができなかつた。しかし、X線動態画像により、この検証ができる可能性があると考えられる。

胸部X線動態画像への期待

胸部X線動態画像による横隔膜や胸

郭の動きの可視化は、呼吸リハビリテーションの効果測定や横隔神経麻痺、慢性閉塞性肺疾患(COPD)の診断に有用である^{2), 3)}ほか、立位で血流分布と換気分布を観察することで、血栓性肺疾患、COPDの局所分布異常、うつ血性心不全、などの診断が可能になるだろう⁴⁾。

胸部X線動態画像は、日本発の技術であり、論文も日本から出始めている今、世界に先駆けて日本が一挙にリードしていくべき領域であると考える。

●参考文献

- 1) West, J. B. : Regional differences in gas exchange in the lung of erect man. *J. Appl. Physiol.*, **6**, 893 ~ 898. 1962.
- 2) Yamada, Y., Ueyama, M., Abe, T., et al. : Time-Resolved Quantitative Analysis of the Diaphragms During Tidal Breathing in a Standing Position Using Dynamic Chest Radiography with a Flat Panel Detector System (“Dynamic X-Ray Phrenicography”) ; Initial Experience in 172 Volunteers. *Acad. Radiol.*, **24**・4, 393 ~ 400, 2017.
- 3) Hida, T., Yamada, Y., Ueyama, M., et al. : Decreased and slower diaphragmatic motion during forced breathing in severe COPD patients ; Time-resolved quantitative analysis using dynamic chest radiography with a flat panel detector system. *Eur. J. Radiol.*, **112**, 28 ~ 36, 2019.
- 4) Yamada, Y., Ueyama, M., Abe, T., et al. : Difference in the craniocaudal gradient of the maximum pixel value change rate between chronic obstructive pulmonary disease patients and normal subjects using sub-mGy dynamic chest radiography with a flat panel detector system. *Eur. J. Radiol.*, **92**, 37 ~ 44, 2017.



図1 呼吸器診断学の歴史

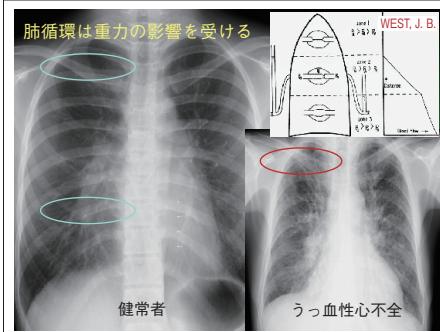


図2 肺循環への重力の影響

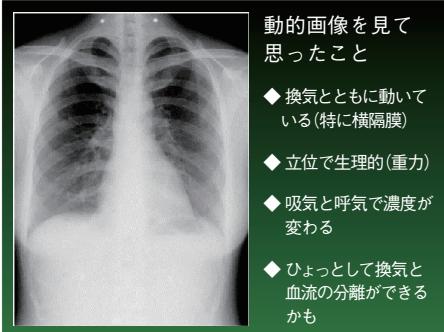


図3 胸部動態画像の印象