

2. 回診車で広がるX線動態画像の最新動向と将来展望

宮崎 裕也 戸田中央総合病院麻酔科

胸部X線動態撮影(dynamic chest radiography: DCR)は、従来の単純X線撮影に呼吸動態解析を加えた画像検査であり、肺の形態だけでなく呼吸の動きを可視化できる点に特徴がある。本邦では2018年から臨床使用され^{1), 2)}、従来の静止画像の評価に対して呼吸動態を解析するという新たな機能的視点をもたらした。これにより、肺の動きや換気分布を定量的に把握でき、診断・治療の新たな指標として期待されている。2022年には回診用ポータブル装置による撮影が実現し、ベッドサイドで動的情報を得る環境が整った。

ICUでは患者移動が困難で診断モダリティが制限される一方、呼吸不全は多様かつ重症で、判断に緊急を要するという特有の状況がある。2023年の本誌でも、そのような現場におけるDCRの有用性が大きく期待されていた^{1), 2)}。Maurizio Cèらによる最近のレビュー³⁾では、ポータブルDCRの登場を背景に、ICU領域での活用可能性が包括的にまとめられ、集中治療の現場で呼吸動態を評価する新たなX線検査として注目されている。

国内でも2024年以降、急性呼吸窮迫症候群(acute respiratory distress syndrome: ARDS)に対する呼気終末陽圧(positive end-expiratory pressure: PEEP)効果や虚脱再開通(tidal recruitment)の可視化、肺移植術後の横隔膜運動評価、小児呼吸不全の換気解析、周術期の呼吸肺うっ血の検出などの報告があり、重症患者に対する機能評価への応用が広がっている^{4)~12)}。こうした臨床応用の進展を受け、DCRは「未来の技術」から、

日常診療で使われる「現実の臨床ツール」へと移行しつつある。

筆者は集中治療領域において、従来の形態評価中心の検査では説明できなかった病態を、DCRの呼吸動態から把握できた症例を複数経験した。本稿では、それらのうち代表的な3例を提示し、ICUにおけるDCRの臨床的意義と活用の方性について考察する。

症例提示

1. 症例1: DCRの呼吸性肺野濃度変化(respiratory changes in lung density: RCLD)により低酸素血症の要因を可視化～ARDS～

1) DCR実施までの経緯

80歳代、敗血症を契機に酸素化が悪化し、人工呼吸を開始した。第1病日にPEEPは10cmH₂Oに設定したが、PaO₂/F_iO₂(P/F)比は82と低値で、重度ARDSに該当した。一方、胸部単純X線写真(図1)では両肺に浸潤影を認めるものの軽度で、肺全体の浸潤影の広がりや濃度を点数化し重症度を定量的に示す肺水腫X線評価スコア(radiographic assessment of lung edema: RALEスコア)¹³⁾は、最大48点中わずか14点と低値であった。ARDSの重症度と画像所見が一致せず、低酸素血症の要因を明らかにする目的でDCRを実施した。

2) 呼吸性肺野濃度変化(RCLD)の増大が、低酸素血症の一因

DCRでは呼吸に伴って肺野濃度が増大する(RCLD)のが通常だが、本症例ではその変動が増大し、吸気に比べて呼気時の濃化が顕著であった(図2 a, b)。この所見は、呼気時に肺の虚脱や無気肺が進行していることを示唆し、重度の低酸素血症の一因と考えられた。そこで、呼気時の肺虚脱を改善する目的で、PEEPを14cmH₂Oへ増加した。翌日(第2病日)にはP/F比は276へ改善し、DCRでも呼気時の濃度増加が抑えられ、過大だったRCLDの変動が是正された(図2 c, d)。

3) RCLDの客観的評価

RCLDの視覚評価は主観的になりやすいが、DCRでは数値化により客観的評価が可能である。DCRでは、肺野の透過性をピクセル値として記録する。この値を時間軸にプロットすると、呼吸に同期した波状変化として表現できる(図3)。その変動幅を吸気終末のピクセル値で割った指標がΔ pixel value%で、RCLDの変動が大きいほどΔ pixel value%の値も高くなる^{12), 14)}。

さらに、Δ pixel value%は肺全体だけでなく、上・中・下肺野など任意の区域で局所比較が可能である(図4 a)。過去の研究を参考にすると、健常者のΔ pixel value%は、上肺野8.2%、中肺野9.2%、下肺野14.4%と算出される¹⁵⁾。本症例では右上・中・下肺野でそれぞれ14.3%、20.8%、30.9%と高値だったが、PEEP増加後には5.4%、