

1. X線動態画像による血流解析の最新動向と将来展望

山崎 誘三 九州大学大学院医学研究院臨床放射線科学分野

肺循環の評価は、肺塞栓症、肺高血圧症、心不全などさまざまな心肺疾患の診断と治療において重要である。近年、胸部X線動態撮影 (dynamic chest radiography: DCR) による肺血流評価法が開発され、造影剤や放射性同位元素を用いることなく、低被ばくで肺血流評価が可能となってきた。X線動画撮影システムは、フラットパネルディテクタ (FPD) とパルスX線発生装置を組み合わせたもので、毎秒15フレームの高時間分解能でX線を連続的にパルス照射し、X線動画画像を取得する。Japanese Journal of Radiologyに掲載された胸部領域の最新技術のトピックを集めたレビューにおいても、人工知能 (AI) 技術や立位CT, photon counting CTと並んで紹介されている注目の技術である¹⁾。本稿では、DCRの技術的基盤の確立から臨床応用まで、近年の重要な研究成果を中心に概説する。

DCR スキャンプロトコルの改良と最適化

DCRの臨床実装において、画質と被ばく線量のバランスを最適化することはきわめて重要である。Journal of Applied Clinical Medical Physicsに発表された研究では、DCRのスキャンプロトコル改良について詳細な検討が行われた²⁾。

本検討では、いずれの体格においてもS値が3000程度となるように、body mass index (BMI) に応じた最適な撮影条件が検討された。新プロトコルで

は、 $BMI < 17$, $17 \leq BMI < 20$, $20 \leq BMI < 23$, $23 \leq BMI < 26$, $26 \leq BMI < 29$, $29 \leq BMI < 32$, $BMI \geq 32$ という7段階に区分しており、従来の3段階の区分よりも画質の均一化が測られ、被ばく量も減少した。定量評価のため、ピクセル値の解析を行うに当たり画質の均一化は重要であり、意義の高い検討である。本論文で提唱された改良プロトコルを以下に紹介する (表1)。

正常基準値の確立と体位による変化

DCRでは、肺血流シンチグラフィ同様に、全肺を100%として各領域の分布割合を表示することが可能である。これによって、視覚的に指摘困難な異常や肺血流の不均一分布の検出に役立つ。ただし、実際に臨床応用するためには、健常者における正常基準値の確立が不可欠である。British Journal of Radiologyに発表された研究では、健常ボランティアを対象に、臥位と立位における肺血流分布の基準値が詳細に検討された³⁾。

1. 健常者における血流分布の特徴

健常者45名 (平均年齢34歳、男性24名、女性21名) を対象とした検討では、表2のような肺血流の基準値が報告された。過去に肺血流シンチグラフィで検討された基準値と比較すると、特に左下肺で明らかに値が小さく、DCRでは心臓や横隔膜の背側の血流を評価でき

ないことが一因と考えられた。このことは逆に、DCRでは従来のモダリティで報告されているものは適応できないことを意味し、本研究の意義は高い。

2. 体位による血流分布の変化

さらに、本検討では、同一症例における立位と臥位での血流分布の変化を比較している。立位を臥位と比較すると、重力の影響により下肺野への血流が増加する傾向が観察された。この体位による変化は生理学的に妥当であり、DCRが重力による血流分布の変化を適切にとらえていることを示している。また、この生理的な変化は肺高血圧症などの病的な状態では消失することが報告されており、疾患の発見に役立つ可能性がある。

仮想単純X線画像作成技術の開発

DCR肺血流画像は、X線画像において見られる異常陰影の影響を受けるため、胸部単純X線写真 (chest radiography: CR) との対比が不可欠である。DCR連続画像は低線量で撮影されているため、肺病変の評価のためには別途CRを撮影する必要があった。Radiographyに発表された研究では、DCRから得られたX線動画を処理し、診断に有用な仮想CRを生成する技術が開発、検討された⁴⁾。仮想CRは、実際に撮影されたreal CRと比較して、以下の5項目の視認性において同等もしくは優