

Efficacy of Dynamic Chest Radiography for Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension

胸部 X 線動態撮影による CTEPH 検出の有用性

Yamasaki Y, Abe K, Kamitani T, et al. *Radiology* 2023;306(3) doi:10.1148/radiol.220908

背景：

慢性血栓塞栓性肺高血圧症 (Chronic thromboembolic pulmonary hypertension; CTEPH) は肺塞栓症の合併症で、肺高血圧症 (pulmonary hypertension; PH)の主要な原因である。未治療では予後不良だが、肺動脈内膜摘除術 (Pulmonary endarterectomy; PEA)やバルーン肺動脈形成術 (Balloon pulmonary angioplasty; BPA)、肺血管拡張薬で改善が見込めるため早期診断が重要である。

PH における慢性肺塞栓の評価として換気血流 (V/Q)シンチグラフィが第一選択とされるが、実施できる施設が限られること、放射性同位元素の供給不安、患者の被ばくが課題である。

胸部 X 線動態撮影 (Dynamic chest radiography; DCR)は、フラットパネルディテクタとパルス X 線を用い、7~10 秒の息止め中の X 線透過性の経時変化から、造影剤や RI なしで肺血流を可視化する技術であるが、PH 患者における CTEPH 検出能は検証されていなかった。

目的：

PH 患者において、CTEPH の検出能を DCR と V/Q シンチグラフィで比較すること。

方法：

単施設・後ろ向き観察研究で、2019 年 12 月から 2021 年 7 月に臥位で DCR を施行された PH 患者を対象とした。除外基準は V/Q シンチグラフィ実施が DCR 実施の前後 2 か月を超える、DCR と V/Q シンチグラフィの間に PEA/BPA を実施、胸部手術歴がある、画質不良であるものとした。診断は右心カテーテルと肺動脈造影を含む画像検査をもとに肺循環専門チームにより行われ、CTEPH 群と非 CTEPH 群に分類された。

DCR の撮像は、臥位正面、フレームレート 15fps、7-10 秒の吸気息止めの上、従来の X 線装置に加えフラットパネルディレクター (AeroDR fine; Konica Minolta)、パルス X 線発生装置 (RADspeed Pro; Shimadzu)を使用して行われた。動態灌流画像はコニカミノルタ社のプロトタイプのワークステーションを使用し作成された。

V/Q シンチグラフィは SPECT/CT システムを使用し、仰臥位でテクネチウム-99m マクロ凝集アルブミン (^{99m}Tc -MAA)を静脈内投与し、5 分後にクリプトン-81m (^{81m}Kr)ガスによる換気下で、プラナー画像と SPECT 撮像を行った。

DCR の読影は胸部放射線科医 2 名、V/Q シンチグラフィの読影は核医学医 2 名が臨床情報を伏せて独立に行い、胸部単純写真で正常な領域に楔状の灌流欠損が 1 つ以上あ

れば CTEPH と判定した。また DCR とプラナー画像の灌流欠損の度合いを比較するため、両肺野を上・中・下に分割し、欠損数を 0-6 でスコアリングした。

DCR と V/Q シンチグラフィの CTEPH 診断における感度、特異度、正診率、AUC を 2 群間で比較した。

結果：

DCR を施行された 350 例のうち 81 例が PH の診断となり、除外基準に該当した 31 例を除いた 50 例を解析した。CTEPH は 29 例、非 CTEPH は 21 例で、診断能は下表の通りとなった。AUC に有意差はなかった ($P=0.85$)

指標	DCR	V/Q シンチグラフィ
感度	97% (28/29)	100% (29/29)
特異度	86% (18/21)	86% (18/21)
PPV / NPV	90% / 95%	91% / 100%
正診率	92% (46/50)	94% (47/50)
AUC (95%CI)	0.92 (0.79–0.97)	0.93 (0.78–0.98)

DCR と V/Q シンチグラフィの総合判定は実質的な一致 ($\kappa = 0.79$ 、一致率 0.9)を示した。

検出された灌流欠損領域は DCR が 112/300、V/Q が 128/300 で DCR の方が少ない傾向 ($P = 0.30$)があり、領域別では右中肺野のみ有意に DCR で少なかった(22 vs 29、 $P = 0.03$)。被ばく線量は DCR の入射表面線量が 1.6 mGy、V/Q の推定実効線量が 3.3 mSv であった。

結論：

本研究では、DCR は CTEPH 検出において V/Q シンチグラフィと同等の有用性を示した。DCR は V/Q の低コストな代替になり得るが、臨床での確認には前向き研究が必要である。

コメント：

DCR 撮像では造影剤や RI が不要、撮影時間が極めて短時間、一般撮影室で実施可能と、導入・運用のハードルが低いことが大きなメリットである。また V/Q シンチグラフィが使用できない施設や、腎機能障害・造影剤アレルギーのある患者へのスクリーニングとしての運用が期待できる。本研究はサンプル数が比較的少なく、単施設における研究で読影者も同一施設であり、異なる施設・読影者での再現性に関しては不明であるものの、CTEPH 評価において DCR が高い診断能を示す可能性を示した。

DCR の研究開発は 2003 年頃から始まり¹⁾、同撮影法による心収縮能評価、肺機能評価、肺血流評価への有用性が 2008 年頃から相次いで本邦より報告された²⁾³⁾⁴⁾。2018

年 11 月に実用化されて以降、DCR が COPD における肺機能検査の効果的な代替手段となる可能性が示され⁵⁾たり、肺塞栓症評価に関する報告が大幅に増加しており、近年非常に注目されている撮像技術である。極めて侵襲性の低い検査である DCR は、CTEPH のみならず急性肺塞栓症を含む肺循環評価へと応用が広がりつつある⁶⁾⁷⁾⁸⁾。造影剤や RI を用いない簡便さを生かし、より多くの患者に肺血流評価の機会を提供し得る技術として、今後のエビデンスの蓄積が待たれる。

参考文献：

- 1) 田中利恵, 真田茂, 鈴木正行, 他. 胸部動画像を対象とした呼吸性動態の定量化. 医用画像情報会誌 2003; 20(1):13-19.
- 2) Tanaka R, et al. Radiol Phys Technol. 2008;1(1):27-32. DOI: 10.1007/s12194-007-0003-0)
- 3) Tanaka R, et al. Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi. 2009 Jun 20;65(6):738-44. DOI: 10.6009/jjrt.65.738
- 4) Tanaka R, et al. Int J Comput Assist Radiol Surg. 2009 Sep;4(5):449-55. DOI: 10.1007/s11548-009-0364-4.
- 5) Yu D, et al. Radiology. 2025 Dec;317(3):e251296. doi: 10.1148/radiol.251296.
- 6) Miyatake H, et al. Circ J. 2021 Mar 25;85(4):400. doi: 10.1253/circj.CJ-20-1259.
- 7) Wandtke JC, et al. Radiology [editorial]. 2023 Mar;306(3):e222507. doi: 10.1148/radiol.222507.
- 8) Yamasaki Y, et al. Eur J Radiol Open. 2024 Oct 5;13:100602. doi: 10.1016/j.ejro.2024.100602.