

第1世代のフォトンカウンティング検出器 CT による
左室細胞外容積解析による心筋障害評価
—新世代 CT による左室心筋障害の定量評価の進歩—
Gilberto J Aquino, et al. Radiology. 2023 Apr;307(2):e222030.

背景

フォトンカウンティング (Photon Counting Detector: PCD)CT は、新しい半導体検出器を有す革新的 CT であり、近年 (本邦でも)臨床使用が可能となった。包括的なスペクトルデータを獲得可能なために旧来型 CT と比較して画質改善が期待されるが、これによる心筋障害を示唆する心筋細胞外容積 (Extracellular Volume: ECV) 定量化について、従来からの標準とされる MRI の所見と比較し、その有用性を評価した研究は乏しい。

目的

第1世代の PCD CT によって左室 ECV 解析を行い、従来からの基準とされる MRI における T1 mapping 法での計測値と比較し、その有用性を検証する。

方法

この単1施設前向き研究では、2021年7月から2022年1月の間に、PCD CT による心臓撮影と同日に、心臓 MRI における造影前後の T1 マッピング撮影および遅延造影撮像を受けた症例を対象とした。各検査間で左室全体平均と左室区域別の ECV を、Single Energy PCD CT (SECT) (単一 X 線照射による旧来型撮影法)、Dual Energy PCD CT (DECT) (二種類の X 線照射によって、濃度分解能を高めて造影剤検出力等を上げる新しい撮影法)、および MRI により評価し、これら所見を比較した。

結果

本検討には成人症例 29 名 (54±17 歳、男性 15 名)が参加した。症例背景としては、冠動脈疾患疑いないし既往の症例 (n=3)、心不全 (n=4)、大動脈弁狭窄症 (n=1)、先天性心疾患 (n=1)、弁腫瘍 (n=1)、非虚血性心筋症 (n=20)が含まれた。非虚血性心筋症には、拡張型心筋症、不整脈性心筋症、心筋炎、サルコイドーシス、全身性強皮症等が含まれた。症例の Body Mass Index は 28.3 kg/m² だった。

MRI での平均左室 ECV は 31.0±5.8% (23.2 - 43.1%)だった。DECT 撮影と SECT 撮影の ECV 計測値には強い相関を認めた (r = 0.91、P < 0.001)。

MRI と比較して、DECT 撮影では区域別および全体平均の ECV 定量値について強い相関 (r = 0.82 および 0.91、どちらも P < 0.001) を示したが、ECV を約 2%過大評価した。SECT 撮影でも ECV 定量値は MRI と良好な相関 (r = 0.87 および 0.94、どちらも P < 0.001) を示したが、ECV を 3%過小評価した。

ECV 解析においては、SECT 撮影の際は、単純画像、遅延造影画像の 2 つのデータセットが必要だが、Dual Energy 撮影の場合は単純画像が不要で、計算上は後者で被ばく線量は 40% 低減可能だった (それぞれ 10.1mGy vs 16.8mGy、 $P < 0.001$)。

結論

フォトンカウンティング CT による、定量的細胞外液量解析を用いた心筋組織性状評価結果は、従来からの基準とされる MRI と強い相関を示した。

COMMENTS

フォトンカウンティング CT は、新しい半導体検出器を搭載した、旧来型 CT とは全く異なる革新的 CT である。近年臨床使用も可能となり、2022 年からは本邦でも臨床使用が開始された。

旧来型の CT に搭載される固体シンチレーション検出器においては、吸収された X 線は固体シンチレータで可視光に変換され、この光は各検出器セル裏面のフォトダイオードによって電気信号に変換される。一方で、フォトンカウンティング CT では、X 線のフォトン直接電気信号に変換することが可能となった。これに伴い、旧来型検出器では散乱光を回避するため、検出器のピクセル間に隔壁が必要だったが、フォトンカウンティング検出器ではその必要がない。そのため、検出器をより小さいサブピクセルに分割した上でフォトンの検出が可能となり、空間分解能が大幅に向上した。

また、フォトンカウンティング検出器は、フォトンのエネルギーレベルに加えて、個々のフォトンが作り出す電荷を直接カウントすることが可能となり、線量利用効率が大幅に向上した。これらの新技術によって、撮影時の放射線量と造影剤が低減できる。

左室心筋障害評価の標準は心臓 MRI だが、その撮影や評価が難しいことや、検査時間が長いために検査枠の問題等から、本邦では心臓 CT の約 10 分の 1 程度と非常に少ない。このため、心不全パンデミック時代に突入した現在、実臨床における心筋障害評価の需要は MRI だけでは当分は充足困難と予想され、CT による安定的な心筋障害検出は循環器診療において至上命題である。

今回画期的な新型 CT であるフォトンカウンティング CT が登場し、旧来型 CT による心筋障害評価の問題点だった、被ばくと低診断精度の両者を改善し、CT による心筋障害検出に新たな展望が開けたことは非常に大きいインパクトをもたらしたと言える。

千葉大学医学部附属病院 循環器内科
高岡 浩之