

Diagnosis of Cardiac Amyloidosis on Echocardiography Using Artificial Intelligence

AI を用いた心エコー図検査による心アミロイドーシスの診断

Adam Ioannou et al. Circ Cardiovasc Imaging. 2026;19: e018991

背景

心エコー図検査での心アミロイドーシス (cardiac amyloidosis: CA) の診断は、心アミロイドーシスと、心室肥厚をきたす他の疾患との鑑別が難しい場合がある。本研究は(1) 既報の多項目心エコー指標スコアに人工知能 (artificial-intelligence: AI) による計測値を導入して CA を検出する性能を評価すること、(2) 動画に基づき CA を判定する AI によるディープラーニングモデルを開発・検証することを目的とする。

方法

研究は計 5776 例 (CA 群 2756 例, 対照群 3020 例) の患者を対象に実施された。トレーニングデータセットにはイギリス・国立アミロイドーシスセンターと台湾・馬偕記念病院の患者データ (CA 群 2241 例, 対照群 2130 例) が用いられた。外部テストデータセットはアメリカ・デューク大学ヘルスシステム (Duke University Health System: DUHS) の症例 (CA 群 334 例、左室肥大症例の対照群 668 例)、および日本・国立循環器病研究センター (National Cerebral and Cardiovascular Center: NCV) の症例 (CA 群 181 例、左室肥大症例の対照群 222 例) が用いられた。左室肥大症例の対照群には、高血圧、肥大型心筋症、大動脈弁狭窄症、慢性腎臓病が含まれた。

多項目心エコー指標スコアは、イギリス・国立アミロイドーシスセンターをはじめとする複数の専門医療機関のデータを用いて開発されたものである。AI ソフトウェア (Us2.ai、シンガポール) により、外部テストデータセットの症例に対し自動で心エコー画像の解析を行い、その測定値を用いて、ガイドラインに準拠した多項目心エコー指標スコアが算出された。スコアの定義は、相対的壁厚 $>0.6=3$ 点、 $E/e' >11=1$ 点、三尖弁環収縮期移動距離 ≤ 19 mm=2 点、長軸方向ストレイン $\geq -13\%=1$ 点、中隔の心尖部/心基部ストレイン比 $>2.9=3$ 点で算出され、スコアが低いほど感度が高く、スコアが高いほど特異度が高くなり、感度と特異度のバランスが最も良くなるとされる閾値は 6 点である。

動画に基づき CA を判定するディープラーニングモデルは、心エコー図検査における心尖部四腔像の動画を一心拍ごとに解析するものである。各動画に対して CA 検出の確率スコアを算出し、全ての心拍でのスコアの平均を患者レベルのスコアとして算出する。患者レベルのスコアが上限のカットオフ値 0.80 を超える場合は CA 疑い (陽性)、下限のカットオフ値 0.45 を下回る場合は陰性と分類する。これらの閾値の間のスコアは判定保留とみなされる。これらの閾値は、内部検証に基づき感度と特異度のバランスを取って設定された。今回はトレーニングデータセットを用いてこのモデルのトレーニングを行い、その後外部

テストデータセットを対象に解析を行った。

結果

AI による計測を用いて算出された多項目心エコー指標スコアは、DUHS のコホートでは 1002 例中 610 例 (60.9%) で算出可能であり、閾値 ≥ 6 点の診断精度 79.5% (感度 75.4%、特異度 81.5%) であった。NCVC コホートでは 403 例中 296 例 (73.4%) で算出可能であり、閾値 ≥ 6 点の診断精度 79.7% (感度 81.6%、特異度 78.1%) を達成した。多項目心エコー指標スコアを含むすべての解析とレポート作成までにかかる時間は 1 検査あたり平均 116 秒であった。

ディープラーニングモデルは、内部検証コホートおよび内部テストコホートにおいて、陽性判定の精度はそれぞれ 96.2% (感度 96.8%、特異度 95.7%) と 95.8% (感度 97.3%、特異度 94.3%) であった。同モデルの外部検証での診断精度は、DUHS コホートで 87.5% (感度 86.6%、特異度 87.9%)、NCVC コホートで 88.4% (感度 92.3%、特異度 85.3%) であった。さらに、サブグループ解析にて、このディープラーニングモデルを用いて CA と他の左室肥厚をきたす疾患が鑑別可能かを検証した。その結果、CA vs 高血圧 (AUC 0.92 [95% CI: 0.91–0.94])、CA vs 肥大型心筋症 (AUC 0.91 [95% CI: 0.87–0.94])、CA vs 大動脈弁狭窄症 (AUC 0.93 [95% CI: 0.90–0.95])、CA vs 慢性腎臓病 (AUC 0.93 [95% CI: 0.91–0.95]) と、いずれの検証においても良好に鑑別可能であることが示された。解析にかかる時間は 1 動画あたり 0.83 秒で、レポート作成にかかる時間は 1 検査あたり 68 秒であった。

また、ディープラーニングモデルは AI 計測による多項目心エコー指標スコアと比較して、より多くの患者を分類することができ、診断精度はより良好であった (AUC 0.93 [95% CI: 0.91–0.95] vs AUC 0.88 [95% CI: 0.85–0.90]; $P < 0.001$)。

結語

AI による計測値から算出された多項目心エコー指標スコアおよびディープラーニングモデルは、世界的に多様なコホートにおいて CA 患者を良好に同定でき、特にディープラーニングモデルにおいてより優れた性能が示された。

コメント

心エコー図検査の領域においては、解析の補助ツールとして AI の活用が以前から試みられており、本国でも AI を用いた超音波画像解析ソフトウェアが市場展開されている。AI を用いた解析ソフトウェアの使用により、診断の精度を維持しながらレポート作成までにかかる時間を短縮し、検査効率の向上が図れることも報告されており¹⁾、これらのソフトウェアの活用は今後も拡大していくものと思われる。

本研究は、心アミロイドーシスを疑う心エコー図検査所見の検出において、AI による解析の有用性を示したものである。心アミロイドーシスは、心臓の間質にアミロイド線維が沈

着し、形態的かつ機能的な異常をきたす病態で、近年新たな治療薬の開発も進んでいることから、早期発見の重要性が高まっている疾患である。その診断において、心エコー図検査は診断基準にも含まれる重要な検査のひとつであり、日本循環器学会発行の『2020 年版 心アミロイドーシス診療ガイドライン』でも経胸壁心エコー図検査における M モード法・断層心エコー法・組織ドプラ法・ストレイン法などがクラス I の推奨で記載されている。心エコー図検査は、臨床では早い段階で実施されることが多く、両心室の壁肥厚・長軸方向の収縮異常・拡張障害などの特徴的所見を見逃さないことが早期発見には重要だが、専門性を要する解析を手動で行うには時間がかかることが問題点として上げられる。本研究では、AI による解析を活用することで高い診断精度と検査効率の向上が両立可能であることを示唆している。AI の解析に耐えうる良好な検査画像の取得など、検査実施にあたっての技術的な研鑽を継続しつつ、新たな知見の活用により、拡大する心エコー図検査の需要への対応が期待される。

文責：八島 聡美

1) Y Hirata et al. Journal of Echocardiography (2024) 22:162–170