

Machine Learning to Optimize the Echocardiographic Follow-Up of Aortic Stenosis

ASのエコーフォローアップを最適化する機械学習

Sanchez-Puente et al. **JACC Cardiovasc Imaging**. 2023;16(6):733-744.

背景

軽度～中等度の大動脈弁狭窄症（AS）の進行は個人差があり、定期的な心エコー検査で重症度を評価する必要がある。この研究では、機械学習を利用して軽度～中等度 AS 症例における最適心エコーフォロー期間を予測可能か検証した。

方法

軽度～中等度の AS 患者が 1 年後、2 年後、3 年後に重度 AS を発症するかどうかを予測する機械学習モデルを作成し、その有用性を検証した。モデルを作成するため、まず 3 次施設（第 1 施設）における連続した軽度～中等度の AS 患者 1,638 人の心エコー検査 4,633 件を入手した。外部検証のためのコホートは独立した 3 次施設（第 2 施設）から、1,533 人の軽度～中等度の AS 患者の心エコー検査 4,531 件を収集した。学習モデルを作成するための心エコー所見として、大動脈弁最大血流速度、大動脈弁平均血流速度、大動脈弁速度時間積分（VTI）、年齢、左室質量、僧帽弁 E 波の減速の傾き、左室駆出率、左室一回拍出量、左室流出路平均血流速度、左室拡張末期容積の 10 個の変数を選択した。また、この機械学習結果を基に心エコーフォローの最適時期を予測させ、欧米ガイドラインにおける推奨フォローアップ時期（米国では、無症状の重度 AS で 6-12 ヶ月ごと、中等度 AS で 1-2 年ごと、軽度 AS で 3-5 年ごと、欧州では、重度 AS で 6 ヶ月ごと、軽度および中等度 AS で 1 年ごと）と比較した。モデルの構築にはプログラム言語として Python、ライブラリとして scikit-learn、AS の予測に関しては XGBoost を用いた。

結果

内部検証のための第 1 施設の全 1,638 症例（73 ± 11 歳、男性 52.4%）において、1,124 例（68.6%）は軽度 AS、514 例（31.4%）は中等度 AS を認め、同症例の全 2,995 件のフォロー心エコーのうち 581 件（19.4%）で重度 AS に進行を認めた。このうち 231 件（39.8%）は 1 年後、192 件（33%）は 2 年後、158 件（27.2%）は 3 年

後に重度 AS に進行した。内部検証において、この機械学習モデルは 1、2、3 年後に重度 AS への進行を高精度に予測可能で、それぞれの Receiver Operating Characteristics (ROC) 解析における Area Under the Curve (AUC) は 0.90、0.92、0.92 だった。一方で、外部検証のための第 2 施設の全 1553 症例 (77 ± 11 歳) において、792 例 (51.7%) は軽度 AS、741 例 (48.3%) は中等度 AS を認め、同施設の全 2998 件のフォロー心エコーのうち 808 件 (27%) で重度 AS に進行した。このうち 397 件 (49.1%) は 1 年後、244 件 (30.2%) は 2 年後、167 件 (20.7%) は 3 年後に重度 AS に進行を認めた。外部検証においても、この学習モデルは 1、2、3 年後の重度 AS への進行を高精度に予測可能で、ROC 曲線の AUC はそれぞれ 0.85、0.85、0.85 だった。外部検証コホートでモデルをシミュレーションした結果、欧米のガイドラインと比較して、1 年あたりの不必要な心エコー検査をそれぞれ 49%、13% (1 症例あたり 2.2 件、1.3 件) 削減することができた。

結論

機械学習により、軽度～中等度の大動脈弁狭窄症患者における、フォロー心エコー検査の最適タイミングが個別に予測可能である。欧米ガイドラインと比較して、このモデルは不要なフォロー心エコーの削減が可能である。

コメント

この研究ではモデル開発のための学習データの心エコー所見の中に、左室質量や僧帽弁 E 波の減速の傾きなど弁口面積算出に直接関係しないデータが含まれていたことは大変興味深い。

日本循環器学会によれば、2022 年の経胸壁心エコーの件数は日本全国で 590 万件を上回り、当院でも年々増加傾向にある。2020 年改訂版弁膜症治療のガイドラインでは、米国と同様に、無症候性大動脈弁狭窄症患者に対する心エコーフォローアップの頻度の目安は軽度で 3～5 年ごと、中等度で 1～2 年ごと、重度で 6～12 カ月ごととされている。しかし、適切な治療介入のタイミングを逃さないことも重要であり、実臨床ではより短い間隔でフォローする場合も多い。機械学習により、フォローアップのタイミングを個別化することができれば、検査件数やそれに伴う医療費の増加を抑えつつ、適切な時期に治療介入できると期待される。