

# The role of cardiac magnetic resonance in cardiovascular disease management and updates on some new techniques

Bui Vinh Ha<sup>1,2</sup>, Nguyen Thi Thu Hoai<sup>1</sup>, Van Duc Hanh<sup>1</sup>

Pham Manh Hung<sup>1,2</sup>, Nguyen Ngoc Quang<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Vietnam National Heart Institute, Bach Mai Hospital

<sup>2</sup> Hanoi Medical University

► **Correspondence to**

Dr. Bui Vinh Ha  
Vietnam National Heart Institute,  
Bach Mai Hospital  
Department of Cardiology, Hanoi  
Medical University  
Email: vinhhabui2507@gmail.com

► Received 11 January 2024

Accepted 18 January 2024

Published online 20 January 2024

**To cite:** Bui VH, Nguyen TTH,  
Van DH, et al. *J Vietnam Cardiol*  
2024;**107S**(1):176-181

## ABSTRACT

Cardiac magnetic resonance (CMR) is an advanced imaging technique designed to evaluate cardiovascular morphology, heart function, and tissue characteristics. CMR is applicable in cardiomyopathies, cardiac ischemia, arrhythmogenic cardiomyopathy, congenital heart disease, pericardial diseases, and cardiac tumors. It is considered a non-invasive biopsy providing essential information about myocardial tissue characteristics. This article reviews the current role of CMR in prognostic assessment and strategic treatment for cardiovascular diseases. Additionally, it provides updates on novel techniques and the application of Artificial Intelligence (AI) in the cardiac imaging diagnostics.

**Keywords:** Cardiac magnetic resonance, prognosis, cardiovascular treatment, new advances.

## Vai trò của cộng hưởng từ tim trong điều trị bệnh tim mạch và cập nhật một số kỹ thuật mới

Bùi Vinh Hà<sup>1,2</sup>, Nguyễn Thị Thu Hoài<sup>1</sup>, Văn Đức Hạnh<sup>1</sup>

Phạm Mạnh Hùng<sup>1,2</sup>, Nguyễn Ngọc Quang<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Viện Tim mạch Việt Nam, Bệnh viện Bạch Mai

<sup>2</sup> Trường Đại học Y Hà Nội

► **Tác giả liên hệ**

ThS.BS. Bùi Vinh Hà  
Viện Tim mạch Việt Nam,  
Bệnh viện Bạch Mai  
Bộ môn Tim mạch, Trường Đại học  
Y Hà Nội  
Email: vinhhabui2507@gmail.com

► Nhận ngày 11 tháng 01 năm 2024

Chấp nhận đăng ngày 18 tháng 01 năm 2024

Xuất bản online ngày 20 tháng 01 năm 2024

**Mẫu trích dẫn:** Bui VH, Nguyen  
TTH, Van DH, et al. *J Vietnam  
Cardiol* 2024;**107S**(1):176-181

## TÓM TẮT

Chụp cộng hưởng từ (CHT) tim là một biện pháp thăm dò hình ảnh tiên tiến giúp đánh giá tốt hơn về cấu trúc tim, chức năng tim và đặc tính mô cơ tim. CHT tim được chỉ định trong bệnh lý cơ tim, bệnh tim thiếu máu cục bộ, bệnh cơ tim gây rối loạn nhịp, bệnh lý tim bẩm sinh, bệnh màng ngoài tim, các khối u tim. CHT tim được coi như một biện pháp sinh thiết không xâm lấn cung cấp các thông tin quan trọng về đặc điểm mô cơ tim. Bài báo này hệ thống lại vai trò hiện tại của CHT tim trong đánh giá tiên lượng và điều trị một số bệnh lý tim mạch. Ngoài ra, chúng tôi cũng cập nhật những kỹ thuật mới và triển vọng ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) của lĩnh vực chẩn đoán hình ảnh tim mạch.

**Từ khóa:** Cộng hưởng từ tim, tiên lượng, điều trị bệnh tim mạch, kỹ thuật mới.

## MỞ ĐẦU

Cộng hưởng từ tim bắt đầu được sử dụng vào những năm 1980 đã góp phần vào những tiến bộ đáng kể trong lĩnh vực tim mạch và phẫu thuật tim mạch cho người lớn và trẻ em. Cộng hưởng từ tim cung cấp hình ảnh chính xác về cấu trúc, chức năng, đặc điểm tưới máu, sống còn và đặc tính mô cơ tim. So với các phương thức chẩn đoán hình ảnh tim mạch khác như siêu âm tim qua thành ngực, siêu âm tim qua thực quản, thông tim hoặc chụp cắt lớp vi tính, cộng hưởng từ cho hình ảnh chất lượng cao, đáng tin cậy, không có bức xạ, không xâm lấn và đã được chứng minh là đủ để chẩn đoán, tiên lượng và đưa ra quyết định điều trị. Trong những năm qua, cộng hưởng từ tim tiếp tục được hoàn thiện bằng các kỹ thuật mới. Chúng tôi trình bày trong khuôn khổ bài báo này vai trò hiện tại của CHT tim trong đánh giá tiên lượng, trong điều trị một số bệnh tim mạch, cập nhật một số kỹ thuật cùng với ứng dụng lâm sàng và triển vọng sử dụng trí tuệ nhân tạo trong lĩnh vực này.

## VAI TRÒ HIỆN TẠI CỦA CHT TIM TRONG ĐÁNH GIÁ TIÊN LƯỢNG VÀ ĐIỀU TRỊ MỘT SỐ BỆNH TIM MẠCH

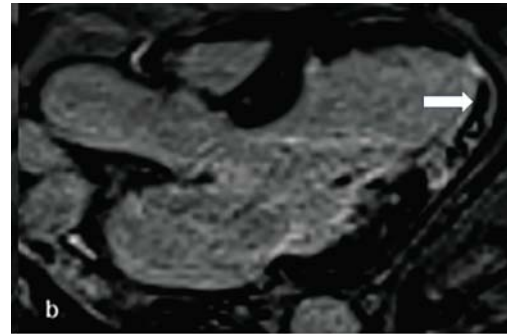
### Bệnh tim thiếu máu cục bộ

#### Hội chứng vành cấp

So với siêu âm tim, CHT tim phát hiện tốt hơn rối loạn vận động vùng và định lượng chính xác hơn phân suất tống máu thất trái. CHT tim đánh giá được mức độ phù nề và vùng cơ tim có nguy cơ cao dựa vào thời gian T1, T2 và thể tích ngoại bào (ECV). Thì ngấm thuốc muện phát hiện được các vùng tắc nghẽn vi mạch (microvascular obstruction) (Hình 1). Tắc nghẽn vi mạch là một dấu hiệu tiên lượng xấu. Ngoài ra, CHT tim giúp đánh giá sống còn cơ tim dựa vào tỷ lệ vùng ngấm thuốc muện so với độ dày thành tim. Đây là triệu chứng rất có giá trị để quyết định chiến lược tái tưới máu.

#### Hội chứng vành mạn

Nghiên cứu so sánh giữa siêu âm tim (thành ngực, thực quản) và CHT tim đã chứng minh tính ưu việt của CHT trong chẩn đoán huyết khối buồng tim. Sự hiện diện của sẹo nhồi máu cơ tim được phát hiện chính



**Hình 1.** Thì ngấm thuốc muện (DE): vùng tắc vi mạch (đen) trong vùng hoại tử xuyên thành.

(Nguồn: Hunter Frederiksen et al. Intechopen 2023)

xác nhất bằng cộng hưởng từ tim. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng những vùng sẹo dưới nội tâm mạc này có thể dễ dàng bị bỏ sót trên hình ảnh chụp SPECT. Sẹo xuyên thành cho thấy cơ tim không còn khả năng hồi phục và xác định bệnh nhân ít có khả năng cải thiện chức năng tim dù được tái thông mạch vành.

#### Đánh giá thiếu máu cơ tim ở bệnh nhân đau ngực.

CHT tim stress với chất gây giãn mạch (adenosine) trong thì tưới máu phát hiện được những vùng giảm tín hiệu với chất đối quang từ (gadolinium). Đây là những vùng thiếu máu cơ tim. Các nghiên cứu như CE MARC cho thấy tính chất không thua kém của CHT stress so với SPECT trong phát hiện vùng thiếu tưới máu. Các nghiên cứu như SPINS làm rõ giá trị tiên lượng của CHT tim stress: những bệnh nhân có thì tưới máu bình thường và không có sẹo nhồi máu cơ tim trong thì ngấm thuốc muện tỷ lệ sống còn không có biến cố tim mạch là 99,3% trong thời gian trung bình là 5,5 năm.

#### Bệnh cơ tim không do thiếu máu

Hệ thống phân loại bệnh cơ tim hiện nay của Hiệp hội Tim mạch Hoa Kỳ phân biệt giữa bệnh cơ tim nguyên phát (chỉ ảnh hưởng đến tim) và bệnh cơ tim thứ phát là một phần của bệnh hệ thống (ảnh hưởng đến nhiều cơ quan). CHT tim có lợi thế hơn hẳn trong đánh giá các bệnh cơ tim khi cung cấp thông tin về đặc tính mô cơ tim.

#### Bệnh cơ tim tiên phát

##### Bệnh cơ tim phì đại

CHT tim không bị giới hạn về hình ảnh, xác định

được vị trí và mức độ phì đại của tất cả các thành tim, chuyển động ra trước của van hai lá trong thì tâm thu (SAM) gây tắc nghẽn đường ra thất trái, phình thành tim (đặc biệt là vùng mỏm) và các biến đổi hình thái liên quan đến van hai lá và tổ chức dưới van. Vùng xơ hoá điển hình thường nằm giữa thành tim, ở vùng tiếp giáp thất trái- thất phải hoặc ở vách liên thất. Sự xuất hiện của vùng xơ hoá gia tăng nguy cơ rối loạn nhịp thất. Cập nhật khuyến cáo xử trí bệnh cơ tim phì đại của hội tim mạch Châu Âu 2023, khi vùng xơ hoá lan rộng trên 15% cần được xem xét cấy máy phá rung tự động (ICD) dù bệnh nhân có nguy cơ đột tử thấp hoặc trung bình.

#### **Bệnh cơ tim thất phải gây rối loạn nhịp (ARVC)**

Đây là bệnh cơ tim loạn nhịp di truyền đặc trưng bởi vùng xơ và mỡ hoá thay thế do mất tế bào cơ tim, chủ yếu ảnh hưởng đến thất phải, dẫn đến rối loạn nhịp thất, tăng nguy cơ đột tử và suy tim. Do những hạn chế về hình ảnh của siêu âm qua thành ngực, CHT tim là chỉ định ưu tiên để tiếp cận bệnh cơ tim nguy hiểm này. Triệu chứng trên CHT tim bao gồm: phì đại đường ra thất phải, giãn thất phải, rối loạn vận động vùng, rối loạn chức năng tâm thu và các vùng xơ hoá, mỡ hoá khu trú mô cơ tim. Trong những năm gần đây, tiến bộ trong phân tích sức căng cơ tim (strain) bằng CHT giúp chẩn đoán phân biệt với các bệnh lý khác như nhịp nhanh thất nguồn gốc tại đường ra thất phải, hội chứng Brugada. Giảm sức căng (strain) trên CHT cả thất phải và thất trái là biểu hiện của bệnh cơ tim thất phải gây rối loạn nhịp. Các kỹ thuật mới như chụp phân tách mỡ- nước và lập hình ảnh 3D độ phân giải cao vùng ngấm thuốc có tiềm năng tăng cường độ nhạy trong chẩn đoán xác định bệnh lý này.

#### **Bệnh cơ tim thứ phát**

##### **Bệnh cơ tim nhiễm Amyloid (Amyloidosis)**

Bệnh amyloidosis đặc trưng bởi sự tích lũy các sợi protein không tan trong chất nền ngoại bào. Dù không phải tiêu chuẩn vàng trong chẩn đoán xác định, CHT tim phát hiện được các tổn thương chính của bệnh hoặc loại trừ chẩn đoán. Thâm nhiễm cơ chất bất thường dẫn đến tăng thời gian T1, thể tích ngoại bào (ECV). Thì ngấm thuốc muộn cho thấy các vùng xơ hoá lan toả dưới nội mạc hoặc xuyên thành.

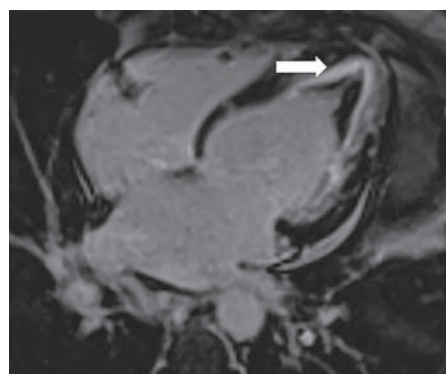
Thể tích ngoại bào (ECV) có giá trị tiên lượng độc lập nguy cơ tử vong của bệnh.

##### **Sarcoidosis**

Sarcoidosis là bệnh u hạt gây tổn thương cơ tim, có thể dẫn đến suy tim, block nhĩ thất, rối loạn nhịp thất và đột tử. Chẩn đoán sarcoidosis tim là một thách thức vì các triệu chứng lâm sàng thường giống bệnh tim khác. Hiện nay, phương thức hình ảnh tốt nhất để phát hiện sarcoidosis là chụp PET và CHT tim. CHT tim đánh giá mức độ viêm dựa vào giá trị T1 mapping; T2 mapping và phát hiện được các vùng xơ hoá (sẹo) cơ tim. Vùng xơ hoá liên quan đến gia tăng các rối loạn nhịp thất. CHT tim phát hiện và định lượng gánh nặng sẹo xơ hoá, từ đó dự báo được nguy cơ rối loạn nhịp nguy hiểm và xác định được các bệnh nhân cần cấy ICD.

##### **Xơ hoá dưới nội mạc cơ tim (EMF)**

Thuộc nhóm bệnh cơ tim hạn chế do tổn thương lớp nội mạc cơ tim và hình thành sẹo xơ hóa sau đó. Vùng xơ hoá phát hiện trên CHT tim là bằng chứng đáng tin cậy để chẩn đoán bệnh. Hình ảnh điển hình là vùng ngấm thuốc muộn dưới nội tâm mạc chủ yếu ở vùng mỏm tim, có huyết khối nằm phía trên hay còn được gọi là dấu hiệu "V kép". Dấu ấn này có dạng ba lớp bao gồm cơ tim bình thường, vùng nội mạc và một lớp huyết khối (Hình 2). CHT tim có giá trị tiên lượng. Gia tăng gánh nặng xơ hoá nội mạc trên 19 mL/m<sup>2</sup> trên CHT có liên quan trực tiếp đến suy giảm khả năng gắng sức và tăng tỷ lệ tử vong.



**Hình 2.** Thì ngấm thuốc muộn: xơ hoá nội mạc vùng mỏm kèm huyết khối (Nguồn: Hunter Frederiksen et al. Intechopen 2023)

### Bệnh van tim

CHT tim cho hình ảnh toàn diện về hình thái van và cho phép đánh giá định lượng mức độ hở/ hẹp van tim. Hình ảnh động (Cine sequences) để đánh giá hoạt động van và phát hiện bất thường dòng chảy. Lập bản đồ vận tốc (phase-contrast velocity encoded sequences) giúp định lượng vận tốc tối đa và phân suất dòng hở, từ đó quyết định chiến lược điều trị cho bệnh nhân, đặc biệt trong trường hợp chất lượng hình ảnh của siêu âm không đảm bảo. CHT đánh giá rất tốt các ảnh hưởng huyết động của tổn thương van tim như thay đổi chức năng tâm thu, thể tích tâm thất (quá tải thể tích), hoặc thay đổi độ dãn thành tim và tăng áp lực đổ đầy (quá tải áp lực). CHT dòng chảy 4D là một kỹ thuật mới cho phép đo vận tốc dòng chảy ở cả ba hướng. Phương pháp này đánh giá lưu lượng dòng chảy (shunt, phân suất dòng hở) cả ở tim và mạch máu lớn chính xác hơn CHT dòng chảy 2D tiêu chuẩn.

### Bệnh màng ngoài tim

CHT tim là công cụ tốt để đánh giá và theo dõi các bệnh lý màng ngoài tim khác nhau như viêm màng ngoài tim, tràn dịch màng ngoài tim và viêm màng ngoài tim co thắt. Hình ảnh động (cine sequences) xác định mức độ tràn dịch, phát hiện dấu hiệu giạt vách liên thất. Hình ảnh trên T2-STIR xác định mức độ phù nề. Thì ngấm thuốc muộn cho thấy tình trạng viêm hoặc xơ hóa. Hình ảnh trong thì tưới máu; trên T1 và T2 weight được sử dụng để xác định tính chất khối bất thường có thể là nguyên nhân gây tràn dịch màng tim. Nghiên cứu gần đây đã đưa ra các kỹ thuật mới giúp định lượng mức độ ngấm thuốc muộn trên màng ngoài tim, triển vọng cho những ứng dụng lâm sàng tiềm năng trong tương lai. Dùng CHT tim để phân biệt giữa viêm màng ngoài tim đang hoạt động và viêm mạn tính (dẫn đến viêm màng ngoài tim co thắt) rất quan trọng vì chiến lược điều trị khác nhau.

### Rối loạn nhịp thất

Máy phá rung tự động (ICD) được sử dụng để phòng ngừa đột tử tiên phát ở bệnh nhân có bệnh tim thiếu máu cục bộ và không do thiếu máu có nguy cơ cao. Tuy nhiên, một tỷ lệ những bệnh nhân này không có bất kỳ rối loạn nhịp tim nguy hiểm nào

sau khi cấy ICD, dẫn đến yêu cầu phân tầng nguy cơ tốt hơn. Định lượng vùng xơ hoá cơ tim (vùng ngấm thuốc muộn) trên CHT đã được chứng minh là có giá trị tiên lượng trong xác định những bệnh nhân có nhiều khả năng được hưởng lợi từ cấy ICD. Bệnh nhân đã có rối loạn nhịp thất nguy hiểm mà căn nguyên chưa rõ ràng, CHT tim cần được chỉ định để phát hiện đặc điểm bất thường của cơ tim như phù nề, hoại tử, sẹo xơ hoá. Các nghiên cứu sâu hơn đang được tiến hành để xác định tỷ lệ xơ hoá có ý nghĩa và đặc điểm của vùng xơ hoá biểu thị sự gia tăng chất nền gây rối loạn nhịp tim.

### MỘT SỐ TIẾN BỘ MỚI

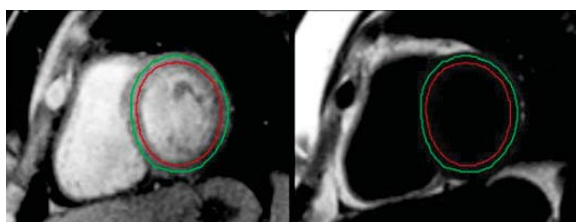
Phần này trình bày một số kỹ thuật mới của CHT tim và ứng dụng lâm sàng, vai trò của trí tuệ nhân tạo trong mục tiêu phát triển hơn nữa lĩnh vực này.

#### Lập bản đồ (mapping) trên CHT tim

Lập bản đồ cơ tim và kỹ thuật đánh dấu (CMR Fingerprinting) tiếp tục được phát triển. Những cải tiến về kỹ thuật dựng ảnh, khử nhiễu và tăng độ chính xác đã mở rộng vai trò của T1 mapping và T2 mapping trong phát hiện sớm các bất thường mô cơ tim từ giai đoạn chưa có triệu chứng lâm sàng. Kỹ thuật Fingerprinting gần đây đã được phát triển để có thể lập bản đồ T1 và T2 trong một lần một lần quét ảnh và bệnh nhân chỉ cần nín thở một lần. Các ứng dụng bổ sung bao gồm đo tỷ lệ mỡ để hiểu rõ hơn đặc điểm sẹo hoá cơ tim do nhồi máu, mang lại hiểu biết về tiên lượng bệnh tốt hơn, từ đó có chiến lược điều trị phù hợp.

#### Kỹ thuật VARPRO (VARPRO sequences)

Kỹ thuật chụp phân tách nước VARPRO sequences (hình 3) đã được chứng minh là phương pháp tin cậy để đánh giá mức độ tích mỡ cơ tim. Ở bệnh nhân béo phì kèm đái tháo đường, gia tăng gánh nặng tích mỡ cơ tim có tương quan độc lập với gia tăng mức độ xơ hoá cơ tim lan toả từ trước khi bệnh nhân có triệu chứng suy tim. Kỹ thuật này giúp phát hiện rất sớm tổn thương cơ tim trên bệnh nhân đái tháo đường, từ đó mở ra triển vọng cho các phương pháp điều trị đặc hiệu mới bên cạnh các biện pháp truyền thống.



**Hình 3.** Định lượng gánh nặng tích mỡ cơ tim bằng VARPRO sequences (Nguồn: Dong X et al. *Int J Cardiovasc Imaging* 2022)

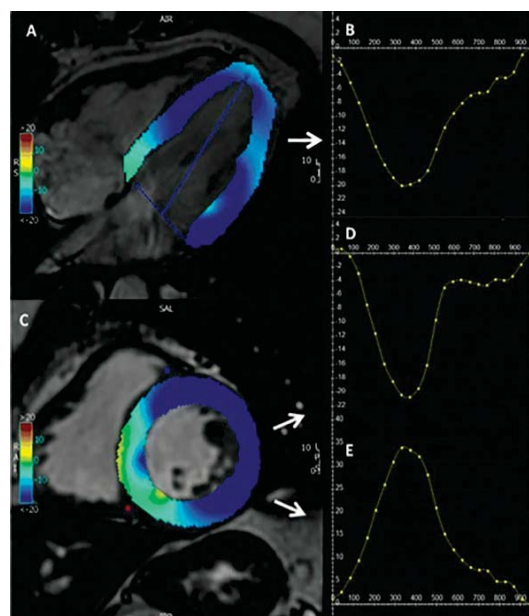
### CHT tim stress

CHT tim stress hiện tại dùng các chất gây giãn mạch (Adenosine). Khó khăn trong thực hiện CHT gắng sức thể lực liên quan đến chi phí lắp đặt thảm chạy tương thích với máy CHT và yêu cầu nhanh chóng đưa bệnh nhân vào máy chụp tại đỉnh gắng sức. Hạn chế nữa là chuyển động quá mức của toàn bộ cơ thể và hô hấp khi gắng sức thể lực gây nhiễu ảnh. Một kỹ thuật mới đang được nghiên cứu đó là CHT sử dụng thiết bị tương thích để bệnh nhân vẫn tiến hành được gắng sức thể lực tư thế nằm. So với CHT tim stress dùng chất giãn mạch, CHT gắng sức về thể lực an toàn hơn và cung cấp thông tin chính xác hơn về chức năng và mức độ thiếu máu cục bộ cơ tim. Về phiên giải kết quả, hiện tại hầu hết các trung tâm đều sử dụng ước tính trực quan vùng khiếm khuyết chất đối quang từ trong thì tưới máu. Những công cụ mới (đánh giá định lượng) đang được nghiên cứu để giúp đánh giá khách quan hơn.

### Đánh giá sức căng cơ tim (strain)

Đánh giá sức căng cơ tim (strain) bằng cộng hưởng từ (CMR Feature tracking/ CMR- FT) là một kỹ thuật nhiều hứa hẹn (Hình 4). Tương tự như trên siêu âm, CHT phát hiện được các bất thường liên quan đến sức căng cơ tim, đây là dấu hiệu giúp chẩn đoán sớm rối loạn chức năng tim; góp phần chẩn đoán xác định một số bệnh cơ tim và cũng đã được chứng minh là một yếu tố dự báo tỷ lệ tử vong. Tuy nhiên, thiếu tiêu chuẩn để chuẩn hóa giữa các nhà cung cấp và thiếu các giá trị tham chiếu của sức căng cơ tim trên CHT là những hạn chế nổi bật. Một kỹ thuật mới khác đang phát triển là CHT mã hóa biến dạng nhanh (CMR fast-SENC) có thể đánh giá khả năng hoạt động

của cơ tim với kết quả tương đương kỹ thuật Feature tracking (CMR- FT).



**Hình 4.** CMR feature tracking. Mặt cắt trục dài 4 buồng SSFP cine (a), đường cong sức căng dọc (b). Mặt cắt trục ngắn SSFP cine (c), đường cong sức căng chu vi (d) và xuyên tâm (e). (Nguồn: Scartteria et al. *Heart Failure Review* 2020)

### Trí tuệ nhân tạo (AI) và machine learning (ML)

Trí tuệ nhân tạo (AI) đang nhanh chóng trở thành một trong những lĩnh vực phát triển nhanh nhất của chẩn đoán hình ảnh. Đây là phương pháp sử dụng các thuật toán thông minh để giải quyết các vấn đề phức tạp. Machine learning (ML) là một nhánh của AI, cho phép máy tính liên tục cải thiện khả năng nhận dạng mẫu và đưa ra kết luận. Mặc dù các ứng dụng lâm sàng của AI và ML vẫn đang được nghiên cứu và cần thời gian để được công nhận, thì việc triển khai các nguồn lực này sẽ thay đổi đáng kể tương lai. Đáng chú ý nhất là AI sẽ góp phần đáng kể vào việc thu thập dữ liệu, tăng tốc xử lý hình ảnh, mở rộng số liệu để gia tăng hiệu quả của CHT tim trong chẩn đoán và điều trị, đồng thời tăng khả năng tiếp cận. Đã có rất nhiều ví dụ về hệ thống do ML tạo ra cho phép tăng đáng kể thời gian xử lý hình ảnh trong chụp CHT mạch máu, tái tạo hình ảnh 3D vùng

ngấm thuốc muộn toàn bộ cơ tim, giảm nhiễu ảnh do hô hấp, giảm thời gian ngừng thở trong thu ảnh, và lập bản đồ T1, T2 nhanh chóng, đơn giản hơn. Các phép đo thể tích trong tim được tạo tự động từ hệ thống ML và được sử dụng để phân tầng nguy cơ bệnh nhân hẹp van động mạch chủ nặng. Các phương pháp dùng ML để phát hiện sẹo nhồi máu cơ tim không sử dụng thì ngấm thuốc muộn, bệnh nhân không phải tiêm thuốc đối quang từ. Có một số hạn chế liên quan đến AI và ML trong CHT tim do tính mới của lĩnh vực này. Đầu tiên, ML yêu cầu một cơ sở dữ liệu rất lớn. Cần chi phí cao để nâng cấp hạ tầng cho phép các hệ thống và mô hình này hoạt động. Tóm lại, dù còn hạn chế, AI và ML trong CHT tim đang tiếp tục được cải thiện và mang ý nghĩa quan trọng trong tiếp cận chẩn đoán dựa vào phân tích tự động về hình ảnh.

## KẾT LUẬN

CHT tim là một thăm dò hình ảnh toàn diện, cung cấp thông tin về cấu trúc, chức năng, dòng chảy và quan trọng nhất là cho phép thăm dò đặc tính của mô cơ tim trong cơ thể sống (in vivo). Vai trò hiện tại của CHT tim trong tiên lượng và quyết định điều trị là không thể phủ nhận. Có rất nhiều tiến bộ trong kỹ thuật và các nghiên cứu đánh giá đang diễn ra trong tất cả các lĩnh vực của CHT tim, giúp bác sĩ lâm sàng tiếp cận dễ dàng và đúng đắn hơn nhiều bệnh lý tim mạch.

## XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả không có xung đột lợi ích trong bài báo này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Leiner T, Bogaert J, Friedrich MG, et al. SCMR Position Paper (2020) on clinical indications for cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2020;22(1):76. doi:10.1186/s12968-020-00682-4
2. Arbelo E, Protonotarios A, Gimeno JR, et al. 2023 ESC Guidelines for the management of cardiomyopathies. *Eur Heart J.* 2023;44(37):3503-3626. doi:10.1093/eurheartj/ehad194
3. Malik N, Mukherjee M, Wu K, et al. Multimodality Imaging in Arrhythmogenic Right Ventricular Cardiomyopathy. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2022;15(2):e013725. doi:10.1161/CIRCIMAGING.121.013725
4. Bissell MM, Raimondi F, Ait Ali L, et al. 4D Flow cardiovascular magnetic resonance consensus statement: 2023 update. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2023;25(1):40. doi:10.1186/s12968-023-00942-z
5. Wang TKM, Ayoub C, Chetrit M, et al. Cardiac Magnetic Resonance Imaging Techniques and Applications for Pericardial Diseases. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2022;15(7):e014283. doi:10.1161/CIRCIMAGING.122.014283
6. Ge Y, Antiochos P, Seno A, et al. Diagnostic Impact and Prognostic Value of Cardiac Magnetic Resonance in Patients With Ventricular Arrhythmias. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2023;16(12):1536-1549. doi:10.1016/j.jcmg.2023.04.008
7. Carrabba N, Amico MA, Guaricci AI, et al. CMR Mapping: The 4th-Era Revolution in Cardiac Imaging. *Journal of Clinical Medicine.* 2024;13(2):337.
8. Jaubert O, Cruz G, Bustin A, et al. T1, T2, and Fat Fraction Cardiac MR Fingerprinting: Preliminary Clinical Evaluation. *J Magn Reson Imaging.* 2021;53(4):1253-1265. doi:10.1002/jmri.27415
9. Dong X, Strudwick M, Wang WY, et al. Impact of body mass index and diabetes on myocardial fat content, interstitial fibrosis and function. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2023;39(2):379-390. doi:10.1007/s10554-022-02723-8
10. Siry D, Riffel J, Salatzki J, et al. A head-to-head comparison of fast-SENCE and feature tracking to LV long axis strain for assessment of myocardial deformation in chest pain patients. *BMC Med Imaging.* 2022;22(1):159. doi:10.1186/s12880-022-00886-3
11. Argentiero A, Muscogiuri G, Rabbat MG, et al. The Applications of Artificial Intelligence in Cardiovascular Magnetic Resonance-A Comprehensive Review. *J Clin Med.* 2022;11(10):2866. doi:10.3390/jcm11102866