

Kardiologie
<https://doi.org/10.1007/s12181-023-00596-2>
Angenommen: 9. Januar 2023

© The Author(s), under exclusive licence to Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023



Erkennung von Myokardinfarkt Narben mit MRT: Geht dies auch ohne Kontrastmittel?

Florian von Knobelsdorff
KIZ – Kardiologie im Zentrum, München, Deutschland

Originalpublikation

Zhang Q, Burrage MK, Shanmuganathan M et al (2022) Artificial intelligence for contrast-free MRI: scar assessment in myocardial infarction using deep learning-based virtual native enhancement. *Circulation* 146(20):1492–1503. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.122.060137>.

Die Gewebeanalyse des Myokards ist eine der wesentlichen Stärken der kardialen MRT (CMR). Insbesondere die Erkennung von fokaler Fibrose im linksventrikulären Myokard mithilfe der kontrastmittelverstärkten Late-Gadolinium-Enhancement(LGE)-Technik hat sich als exakte und robuste Methode herausgestellt. Selbst sehr kleine Narbenareale, die z. B. der Szintigraphie und Echokardiographie entgehen können, lassen sich so identifizieren. Diese können je nach Muster auf eine koronare Herzkrankheit hinweisen, den Verdacht auf eine Kardiomyopathie oder entzündliche Herzkrankheit lenken oder zur Risikostratifizierung im Kontext von ventrikulären Arrhythmien herangezogen werden.

Technisch wird für die LGE-Technik ein Gadolinium-haltiges Kontrastmittel intravenös verabreicht. Nach einer Wartezeit von ca. 5–10 min werden die LGE-Bilder aufgenommen. Meist wird pro Atempause eine Schicht abgebildet, insgesamt werden etwa 10 bis 15 Schichten aufgenommen, wobei die Aufnahmeparameter (Inversionszeit) manuell adjustiert werden müssen. Oft sind Zusatzaufnahmen zur Unterscheidung von echten Pathologien und Artefakten notwendig. Insgesamt ist die

sorgfältig angewandte LGE-Technik also zeitaufwendig.

Neben dem Zeitaufwand der LGE-Technik hat die notwendige MRT-Kontrastmittelgabe ein – wenn auch nur geringes – Risiko einer Unverträglichkeitsreaktion, einer nephrogenen systemischen Sklerose sowie von zerebralen Ablagerungen unklarer Relevanz. Daher gilt die Empfehlung, die kleinstmögliche Menge Kontrastmittel zu verwenden und vorzugsweise kontrastmittelfreie Techniken einzusetzen [1].

Die kontrastmittelfreie Darstellung von Narben im Myokard ist daher ein wichtiges wissenschaftliches Gebiet. Für *diffuse* Fibrose hat sich das native (= kontrastmittelfreie) T1-Mapping etablieren können – auch in Ermangelung einer Alternative, da *diffuse* Fibrose mit der LGE-Technik nicht gut erfasst werden kann. Auch *fokale* Fibrose kann mit dem nativen T1-Mapping erkannt werden. Allerdings reicht die diagnostische Genauigkeit des nativen T1-Mappings für *fokale* Fibrose nicht an die kontrastmittelverstärkte LGE-Technik heran.

In der hier vorgestellten und in *Circulation* publizierten Studie wird das sog. „*virtual native enhancement*“ (VNE) untersucht. Dabei wird, basierend auf nativen Cine-Bildern (Bildserien des Herzens zur Beurteilung der Herzmorphologie und der Bewegung des Myokards) und nativen T1-Maps, unter Zuhilfenahme von künstlicher Intelligenz ein LGE-ähnliches Bild konstruiert, das Infarkt Narben erkennen lassen soll. Das VNE wurde mit echten LGE-Bildern als Goldstandard verglichen.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Zusammenfassung der Studie

Die Studie wurde an der Universität in Oxford durchgeführt. Aus vorhandenen Bilddatenbanken wurden Patienten mit chronischer Myokardinfarkt Narbe ausgewählt, von denen vollständige Bilddaten zu T1-Maps, Cine-Bildern und LGE-Bildern in vergleichbaren Kurzachsenschnitten verfügbar waren.

Es wurden 775 Patientendatensätze mit 3002 Bildtriplets (T1-Map, Cine, LGE) für das Training des Analysealgorithmus zur Erzeugung der VNE-Bilder verwendet. Die Details, wie aus den Originalbildern VNE-Bilder erzeugt werden, können der Originalpublikation entnommen werden [2, 3]. Der Prozess basiert auf einer Deep-Learning-Methode, d. h. ein computerbasiertes, hierarchisches Analysesystem verarbeitet und wichtet die Inputdaten, erlernt Muster, passt durch das anwachsende Wissen und den Abgleich von Input, Output und Goldstandard die Analyse an, sodass schließlich ein vielschichtiges, neurales Netzwerk entsteht, das die gestellte Aufgabe optimal erfüllen soll (Stichwort: „generative adversarial networks“) [4].

Nachdem der Analysealgorithmus definiert war, wurde dieser an den Bilddatensätzen von 68 weiteren Patienten (mit 291 Bildtriplets aus T1-Maps, Cine, LGE) getestet. Dazu bepunkteten geblindete CMR-Experten die Bildqualität der VNE- und LGE-Bilder (Skala von 0–100) und erfassen visuell das Ausmaß der Infarkt Narbe in beiden Techniken. Zudem wurden das Ausmaß und die Transmuralität der Infarkt Narbe (semi)automatisch quantifiziert.

Die Originalpublikation enthält anschauliche Bildbeispiele mit korrespondierenden VNE- und LGE-Bildern, die die Übereinstimmung der Infaktdarstellung bei kleiner, großer und multifokaler Narbe illustrieren. Beim Vergleich der Bildqualität erzielten die VNE-Bilder einen höheren Punktwert als die LGE-Bilder (78 ± 6 vs. 67 ± 5). Die semiautomatische Quantifizierung des Ausmaßes der Infarkt Narbe (als % des linksventrikulären Myokards) stimmte zwischen VNE- und LGE-Bildern gut überein ($R = 0,89$; ICC $0,94$; Bias $-0,01\%$; 95 %-Konfidenzintervall $\pm 10,9\%$). Auch die Quantifizierung der Transmuralität der Infarkt Narbe (als % der Wanddicke) zeigte eine gute Übereinstimmung ($R = 0,84$; ICC

$0,90$; Bias $1,52\%$; 95 %-Konfidenzintervall $20,9\%$). Im visuellen Vergleich der VNE- und LGE-Bilder stellten CMR-Experten bei 17 % Diskrepanzen fest, u. a. wegen nicht-identischer Schichtposition, eingeschränkter Bildqualität und Artefakten. Es fiel u. a. auf, dass die VNE-Bilder sehr kleine Narben und subendokardiale Narben bei dünner Myokardwand nicht anzeigten. Bei 14 Patienten erkannten die VNE-Bilder eine im LGE-Bild gesicherte Infarkt Narbe nicht oder nur zu einem kleineren Ausmaß. Wiederum gab es keinen Fall, bei dem das VNE-Bild eine Infarkt Narbe anzeigte, die im LGE-Bild nicht vorhanden war (Sensitivität 77 %, Spezifität 100 %).

Zusätzlich wurde die Methode im Schweine-Infarktmodell ($n = 2$) untersucht, und VNE, LGE und Histopathologie wurden verglichen. Die visuelle Einschätzung und Quantifizierung des Infarktausmaßes zeigten eine gute Übereinstimmung zwischen den Methoden.

Die Autoren fassten zusammen, dass bei Patienten mit Infarkt Narben VNE und LGE eine hohe Übereinstimmung zur Narbendetektion aufwiesen. Sie schlussfolgerten, dass VNE eine „paradigm shifting, artificial intelligence based technology for the future of CMR“ sei. Sie erlaube, Scanzeit und Kosten einzusparen und so den Zugang zu CMR zu erleichtern.

Kommentar des Autors

Die Arbeitsgruppe aus Oxford hat wiederholt entscheidende wissenschaftliche Erkenntnisse zur Optimierung der CMR hervorgebracht, zuletzt insbesondere im Bereich des nativen T1-Mappings. Mit der hier vorgestellten Technik, aus etabliertem Bildmaterial mit künstlicher Intelligenz Informationen zu gewinnen, die auf konventionelle Weise nicht erkennbar wären, leisten die Wissenschaftler einen weiteren wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung der CMR. Mit der VNE-Technik wäre Kontrastmittel zur Narbendetektion verzichtbar, und die Scanzeit könnte um 30–40 % verkürzt werden.

Trotz dieses Enthusiasmus müssen Limitationen berücksichtigt werden, ehe die Technik in der Praxis Anwendung finden kann: In die Studie gingen nur Bilddatensätze ein, die einer sorgfältigen Qualitätskontrolle entsprachen; die übr-

gen wurden ausgeschlossen. Ob die VNE-Technik auch bei wechselnder Bildqualität in der klinischen Routine eine ähnliche Übereinstimmung mit LGE-Bildern erzielt, ist unklar. Zudem war die Testkohorte aus 68 Patienten mit Myokardinfarkt relativ klein, und eine Kontrollgruppe ohne Myokardinfarkt gab es nicht. Die diagnostische Ungenauigkeit der VNE-Technik bei kleinen, subendokardialen Infarkt Narben sowie bei Infarkt Narben ohne begleitende Wandbewegungsstörung ist klinisch relevant. Eine Sensitivität von 77 % ist eine ordentliche Basis bei der Entwicklung einer neuen Bildgebungstechnik, jedoch nicht praxistauglich, insbesondere da die LGE-Technik als Goldstandard einfach verfügbar ist. Weiterentwicklungen des Deep-Learning-Algorithmus werden erforderlich sein, um die diagnostische Genauigkeit zu erhöhen. Außerdem ist noch unklar, wie genau die VNE-Technik nichtischämische Fibrose z. B. bei Myokarditis oder Kardiomyopathien erkennen kann, die meist intramural ist und oft nicht zu Wandbewegungsstörungen oder Wandausdünnungen führt. Schließlich gibt es auch aufseiten der LGE-Technik Weiterentwicklungen. Moderne Sequenzen können das komplette Myokard in wenigen Sekunden gut kontrastiert abbilden und sind oft zur Infaktdetektion ausreichend, sodass der Zeitaufwand reduziert werden kann [5].

Fazit für die Praxis

Die kontrastmittelverstärkte Late-Gadolinium-Enhancement(LGE-)Technik bleibt der Goldstandard der MRT-basierten Infaktdetektion. Kleinste subendokardiale Infarkt Narben sowie fokale, nichtischämische Fibrose lassen sich damit erkennen. Die hier vorgestellten Ergebnisse sind ein „proof of concept“ der Virtual-Native-Enhancement(VNE)-Technik. Dabei wird durch künstliche Intelligenz aus kontrastmittelfreien MRT-Bildern ein Narbenbild erzeugt. Praxistauglichkeit hat diese neue Technik heute noch nicht. Es ist jedoch denkbar, dass Weiterentwicklungen der einbezogenen Bilddaten und des Analysealgorithmus die diagnostische Genauigkeit steigern und so die VNE-Technik in der Zukunft ein schnelles und kostengünstiges Narbenscreening ermöglichen wird.

Korrespondenzadresse



Prof. Dr. Florian von Knobelsdorff

KIZ – Kardiologie im Zentrum
Eisenmannstr. 4, 80331 München, Deutschland
von-knobelsdorff@kiz-muenchen.de

Interessenkonflikt. F. von Knobelsdorff gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Kramer CM, Barkhausen J, Bucciarelli-Ducci C, Flamm SD, Kim RJ, Nagel E (2020) Standardized cardiovascular magnetic resonance imaging (CMR) protocols: 2020 update. *J Cardiovasc Magn Reson* 22:17
2. Zhang Q, Burrage MK, Shanmuganathan M, Gonzales RA, Lukaschuk E, Thomas KE et al (2022) Artificial intelligence for contrast-free MRI: scar assessment in myocardial infarction using deep learning-based virtual native enhancement. *Circulation* 146:1492–1503
3. Kwong RY, Jerosch-Herold M (2022) Artificial intelligence to extract endogenous tissue characteristics: has the future free from gadolinium contrast arrived? *Circulation* 146:1504–1506
4. von Knobelsdorff F (2020) Arzt oder künstliche Intelligenz: Wer wertet ein Herz-MRT präziser aus? *Kardiologie* 14:126–129
5. Muehlberg F, Arnhold K, Fritschi S, Funk S, Prothmann M, Kermer J et al (2018) Comparison of fast multi-slice and standard segmented techniques for detection of late gadolinium enhancement in ischemic and non-ischemic cardiomyopathy—a prospective clinical cardiovascular magnetic resonance trial. *J Cardiovasc Magn Reson* 20:13