

Kardiales Rotations- und Relaxationsverhalten nach Vorderwandinfarkt

*Eike Nagel, Matthias Stuber, *Matyas Lakatos, *Otto M. Hess, Peter Boesiger

*Abteilung für Kardiologie und Institut für Biomedizinische Technik und Informatik, Universität und ETH, Zürich

Einleitung

Nach Vorderwandinfarkt kann sowohl eine Abnahme der systolischen Pumpfunktion, als auch eine Verminderung der diastolischen Kammerfüllung beobachtet werden. Myocardial Tagging basiert auf Magnetresonanztomographie und ermöglicht die nicht-invasive Markierung spezifischer Myokardbereiche. Anhand der Verformung der als Streifen oder Gitterlinien auf dem Herzmuskel aufgetragenen Markierungen (= "Tags") ist eine exakte Analyse der regionalen Wandbewegung und des kardialen Rotations- und Relaxationsverhaltens möglich.

Eine Verbesserung der ursprünglichen SPAMM-Technik (SPAtial Modulation of Magnetization) (1) wurde durch die Subtraktion zweier Messungen mit komplementärem Tagging-Puls (Complementary SPAtial Modulation of Magnetization = CSPAMM) (2), der Verwendung variabler Flip-Winkel bei der Bildgewinnung und der Benutzung eines Atemschemas erreicht. Diese Verbesserungen führten zu einem größeren Signal-zu-Rausch Verhältnis und einem deutlich verlängerten Tag-Kontrast von mehr als 1000 ms. Dies erlaubt - im Gegensatz zu anderen Tagging Techniken - die Analyse der Systole und Diastole. Zusätzlich beinhaltet die Subtraktionstechnik ein Schichtverfolgungsverfahren, so daß während der Herzkontraktion und -relaxation immer die identische Myokardstruktur abgebildet wird, auch wenn sich die Schicht aus der ursprünglichen Abbildungsebene entfernt.

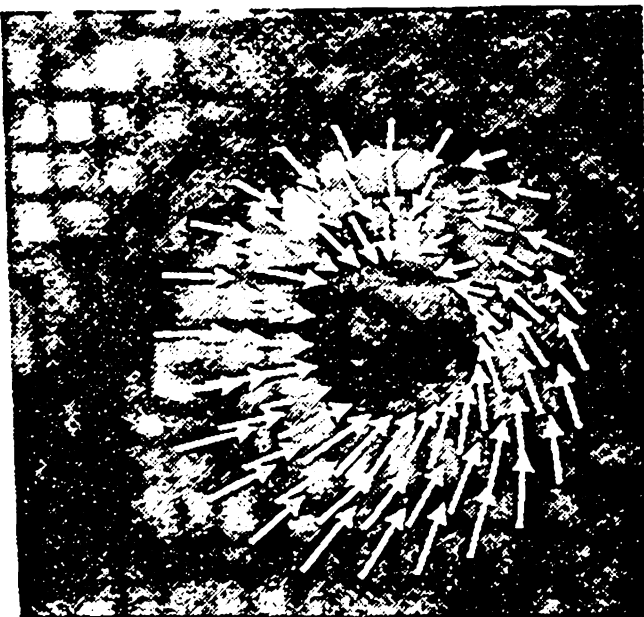


Abb. 1: Endsystolischer apikaler Kurzachsenschnitt bei einem Patienten nach Vorderwandinfarkt. Rotation und Kontraktion sind anterolateral deutlich verändert.

Methodik

Zehn Probanden (28 ± 7 Jahre, Herzfrequenz 69 ± 8 / Min.) und 13 Patienten nach Anterolateralwandinfarkt (60 ± 8 Jahre, Herzfrequenz 72 ± 13 / Min.) wurden in die Studie eingeschlossen. Bei 3 der Patienten nach Anterolateralwandinfarkt lag angiographisch ein Vorderwandaneurysma vor.

Alle Patienten wurden auf einem 1.5 Tesla Tomographen (Philips Gyroscan ACS II) unter Verwendung einer Herzsple in Bauchlage untersucht. Das linksventrikuläre Myokard wurde enddiastolisch (= 34 ms nach der R-Welle) in 3 Kurzachsenschnitten (apikal, äquatorial und basal) mit einem rechtwinkligen Tagging-Gitter (Gitterabstand = 8 mm) markiert (Abb. 1). Die zeitliche Auflösung betrug 35 ms (16 Herzphasen pro Herzzyklus), die räumliche Auflösung $1.4 \times 1.4 \text{ mm}^2$ bei einer Schichtdicke von 6 - 8 mm. Zur Reduktion von Bewegungsartefakten wurde ein Atemschema verwendet, bei dem der Patient regelmäßig atmet und jeder vierte Herzschlag während einer kurzen Atempause in Expiration zur Bildgewinnung genutzt wird. Die Untersuchungsdauer betrug ca. 12 Minuten pro Schicht, die Echozeit (TE) 5.7 ms und die Repetitionszeit (TR) 3400 ms.

Die kardiale Rotation und Verkürzung (Abb. 2) wurde anhand der Bewegung der Gitterpunkte analysiert. Die prozentuale Veränderung der Ventrikelfläche wurde in jeder Bildebene bestimmt.

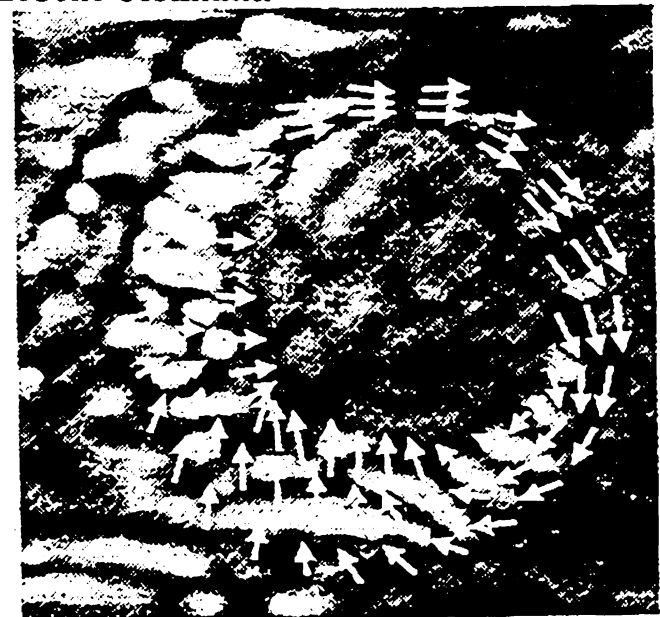


Abb. 2: Apikaler Kurzachsenschnitt bei einem Patienten mit Vorderwandaneurysma. Beachten Sie die entgegengesetzt gerichtete Herzrotation bei diesem Patienten.

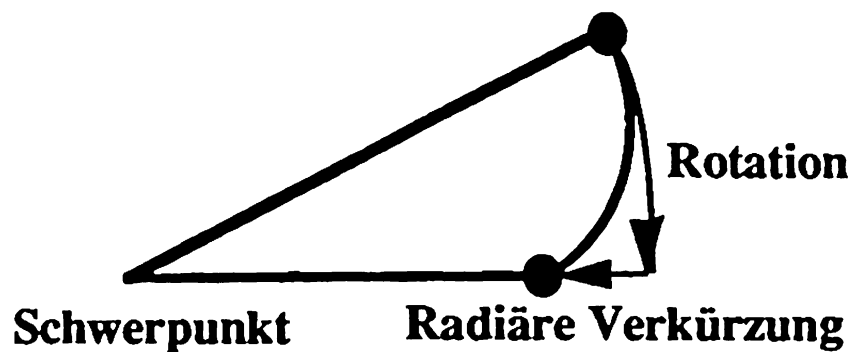


Abb. 3: Rotation und Verkürzung

Ergebnisse

Der linke Ventrikel vollführt während der Systole nicht nur eine nach innen gerichtete radiäre Verkürzung, sondern auch eine Rotation um die Herzachse. Dabei rotiert die Herzbasis systolisch im Uhrzeigersinn ($-2.6 \pm 1.8^\circ$) und die Herzspitze im Gegenuhrzeigersinn ($7.3 \pm 2.7^\circ$). Es entsteht eine Auswringbewegung (= "wringing motion") der Herzkammer. Während der Diastole wird diese Verwringung durch eine schnelle Rückstellbewegung, die der Füllung des Ventrikels vorangeht, ausgeglichen (= "untwisting") (Abb. 5).

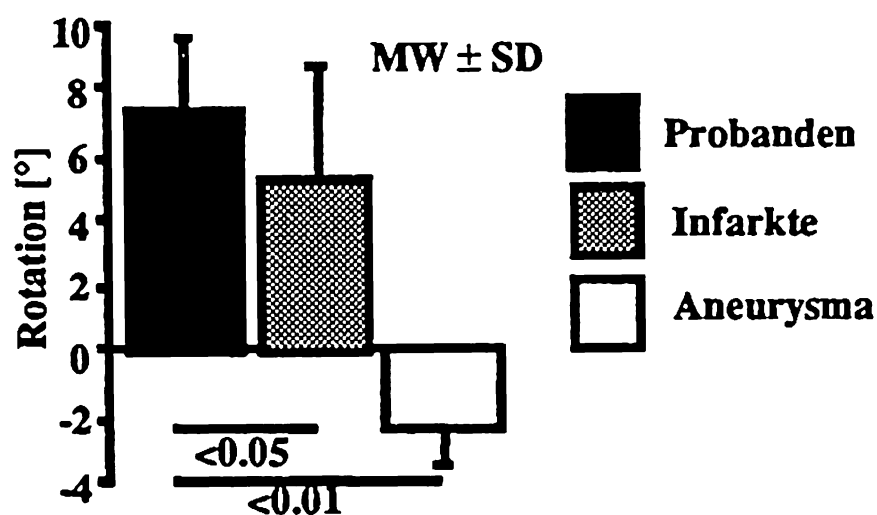


Abb. 4: Maximale systolische apikale Rotation

Nach Anterolateralwandinfarkt kann eine signifikante Reduktion der apikalen Rotation ($5.5 \pm 3.4^\circ$, $p < 0.05$) und Kontraktion beobachtet werden (Abb. 4), wobei das physiologische Bewegungsmuster erhalten bleibt (Abb. 1 + 5). Bei Vorliegen eines Vorderwandaneurysmas ist das physiologische Bewegungsmuster völlig aufgehoben, es tritt eine entgegengesetzte (im Uhrzeigersinn gerichtete) Rotation der Herzspitze auf (-2.2 ± 1.4 , $p < 0.01$ vs. Probanden, $p < 0.05$ vs. Infarkt) (Abb. 2 + 5). Die Amplitude der Herzrotation und die Auswurfraction sind linear korreliert ($r = .81$) (Abb. 6). Die diastolische Rückrotation ist bei Patienten nach Vorderwandinfarkt verspätet und verlangsamt.

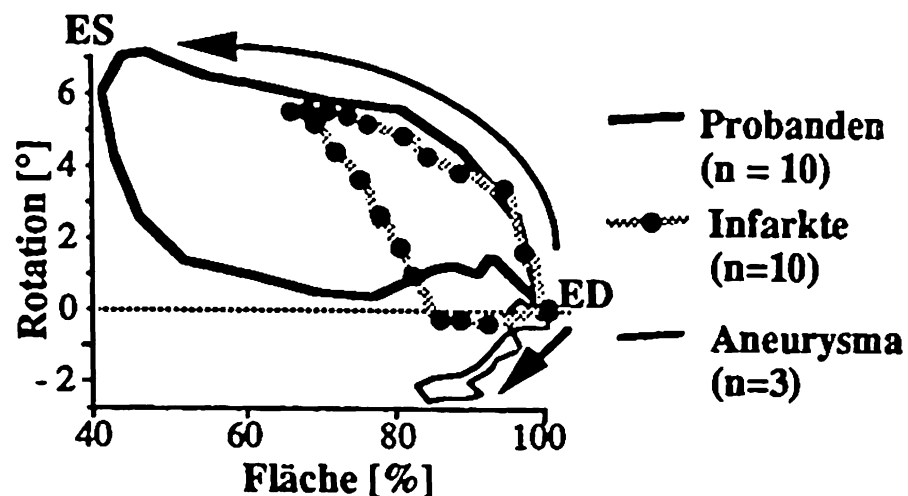


Abb. 5: Rotations - Flächen Diagramm. Bei Patienten mit Anterolateralinfarkt ist die systolische Rotation und Ejektion vermindert und die diastolische Rückrotation deutlich verspätet und verlangsamt. Bei Vorliegen eines Vorderwandaneurysmas ist die Rotation entgegengesetzt gerichtet.

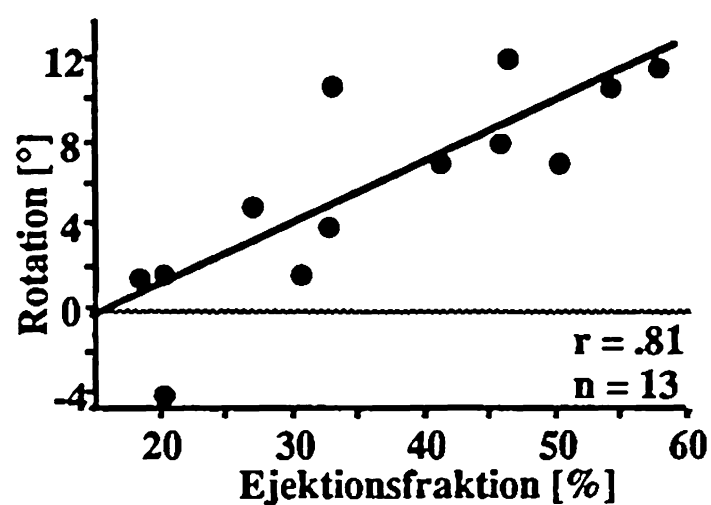


Abb. 6: Apikale Rotation und Ejektionsfraction

Schlußfolgerungen

Die Markierung des Myokards mit MR Myocardial Tagging erlaubt eine differenzierte Erfassung des kardialen Bewegungsablaufs bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit, was mit den bisherigen bildgebenden Verfahren nicht möglich war. Dies eröffnet neue Perspektiven in der Diagnostik und Behandlung dieser Krankheit.

Nach Anterolateralinfarkt ist die systolische Rotation vermindert und bei Auftreten eines Vorderwandaneurysmas völlig aufgehoben. Damit verlieren diese Patienten einen wichtigen Mechanismus zur Druckgenerierung und Kammerentleerung. Die diastolische Rückrotation ist verspätet und verlangsamt. Dies erklärt das Auftreten einer diastolischen Dysfunktion bei diesen Patienten.

Literatur:

1. Axel L, Dougherty L. Heart wall motion: Improved method of spatial modulation of magnetization for MR imaging. *Radiology* 1989;172:349-50.
2. Fischer SE, McKinnon GC, Maier SE, Boesiger P. Improved myocardial tagging contrast. *Magn Reson Med* 1993;30:191-200.