

Erfassung von Herzparametern mittels schichtverfolgender, bildgebender Magnetresonanz

M. Stuber, S.E. Fischer, M.B. Scheidegger, P. Boesiger

Institut für Biomedizinische Technik und medizinische Informatik der Universität und der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, Schweiz

Einführung:

Während der Systole bewegt sich die basale Ebene des menschlichen Herzens lateral um ca. 2cm in Richtung Apex, septal um ca. 1cm. Konventionelle Magnetresonanz-Schichtbildverfahren erfassen jedoch lediglich ortsfeste Schichten, durch welche sich das Herz hindurchbewegt. Um in einem Kurzschnitt in den verschiedenen Herzphasen immer dasselbe Gewebe abzubilden, muß eine ausgewählte Schicht verfolgt werden können. Eine früher veröffentlichte Schichtverfolgungs-Strategie, die sogenannte 'Slice Isolation' [1], sättigt zwei Schichten oberhalb und unterhalb der ausgewählten Schicht. Die nachfolgende, bildgebende Sequenz bildet dann nur den gewünschten Bereich ab, falls das Timing der gewebe-spezifischen Relaxationszeit T_1 angepaßt ist. Diese Technik hat jedoch den Nachteil, daß die Unterdrückung des Signals außerhalb der gewünschten Schicht nur für ein bestimmtes Gewebe und lediglich auf einen fixen Zeitpunkt optimiert werden kann. Deshalb bleibt unerwünschtes Gewebe wie z.B. Fett über den ganzen Herzzyklus sichtbar, wobei dessen Bildintensität sogar verstärkt wird. Zudem eignet sich dieses Verfahren nur bedingt für Abbildungen mehrerer Herzphasen.

Eine neue Methode, erlaubt eine ausgewählte Schicht des Herzens (Kurzschnitt) für mehrere Herzphasen während des ganzen Herzzyklus schichtverfolgt abzubilden. Dabei wird ein Maximum an Kontrast zwischen Blut und Muskel erreicht.

Methoden:

Unmittelbar nach der R-Zacke des EKG's wird eine dünne, abzubildende Schicht des Herzens mit einem

schichtselektiven 180-RF-Puls gesättigt (Fig.1,a). Mit einer herkömmlichen Gradienten-Echo-Sequenz (Fig.1,b) wird danach eine dickere Schicht während

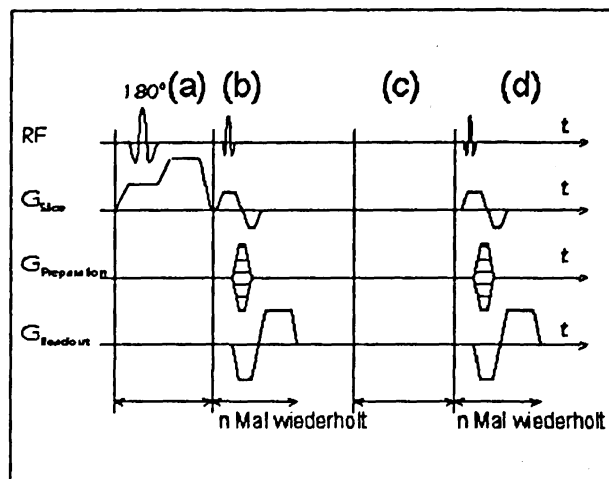


Fig.1 Sequenz Slice Following

mehrerer Herzphasen abgebildet. Dieselbe Sequenz wird ein zweites Mal ohne anfänglichen, schichtselektiven Sättigungspuls wiederholt (Fig.1,c&d). Aus der

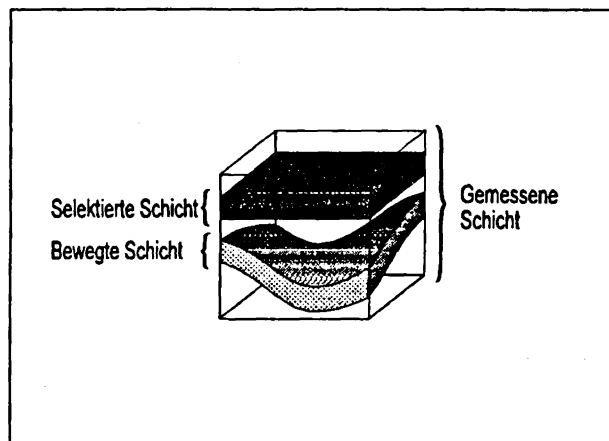


Fig.2 Schichtmodell

Subtraktion dieser beiden Messungen resultiert ein Bild, das nur die anfänglich selektierte Schicht

enthält, sofern sich diese nicht aus der dickeren, abgebildeten Schicht herausbewegt hat (Fig.2). Damit man für alle gemessenen Herzphasen eine konstante Helligkeit des Muskels im Bild erhält, müssen die Pulswinkel der bildgebenden Sequenz (Fig.1 b,d) optimiert werden. Subtraktionstechniken, welche Information im Gewebe speichern, verlangen eine modifizierte Pulswinkeloptimierung [2], da der Zerfall der gespeicherten Information durch die bildgebende Sequenz beschleunigt wird. Die Rekursion $\alpha_k = \arctan(\sin(\alpha_{k+1}) * e^{-\Delta t/T_1})$ führt dabei zur gewünschten, konstanten Intensität eines bestimmten Gewebes für alle gemessenen Herzphasen.

(α = RF-Pulswinkel; Δt = Zeit zwischen den Herzphasen; T_1 = Zeitkonstante der longitudinalen Relaxation der Magnetisierung eines bestimmten Gewebes).

Diese Schichtverfolgungs-Sequenz wurde auf einem 1.5T Philips Gyroscan S15/ACSII Ganzkörper-Magnetresonanz-Tomographen implementiert. Mehrere Probanden und Patienten wurden mittels konventioneller Bildgebung und mittels Schichtverfolgung in ei-

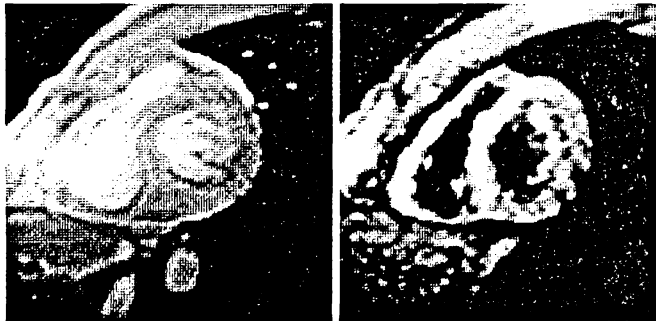


Fig.3 Basal, ohne Slice Following Fig.4 Basal mit Slice Following

ner basalen und äquatorialen Herzebene gemessen. Mit einem repetitiven Breathhold-Schema wurden Bewegungsartefakte die von der Atmung herrühren unterdrückt. Pro Schicht wurden 7 oder 8 Herzphasen beginnend mit der Enddiastole aufgenommen. Das Zeitintervall zwischen den einzelnen Messungen betrug 100 oder 120 ms. Bei normaler Herzfrequenz fällt somit das vierte Bild etwa auf die Endsystole, das letzte Bild auf die Middiastole.

Resultate:

Die Messungen die mit der neuen Schichtverfolgungs-Technik durchgeführt wurden, zeigen das ganze Myokard inklusive des rechten Ventrikels in jeder der

gemessenen Herzphasen. Das Fettsignal verschwindet aufgrund der Pulswinkeloptimierung und die Intensität des Myokards bleibt in allen gemessenen Herzphasen konstant. Die beiden Fig. 3 und 4 zeigen je einen Kurzschnitt durch das Herz eines Patienten mit Aortenstenose in einer basalen Schicht 500ms nach der R-Zacke des EKG. Sie stellen die fünften von insgesamt 7 gemessenen Herzphasen dar. Das Bild auf der linken Seite (Fig.3) wurde konventionell mit einer Multi Heart Phase-fähigen Gradienten-Echo-Sequenz (d.h. ohne Schichtverfolgung) abgebildet. Die Abbildung auf der rechten Seite (Fig.4) wurde mit Hilfe der beschriebenen Schicht-Verfolgungs Technik aufgenommen. In Fig.4 ist deutlich zu sehen, daß der Kontrast zwischen Muskel und Blut gegenüber der Fig.3 wesentlich verbessert ist. Im Bild ohne Schichtverfolgung kann die absteigende Aorta (Fig.3 unten, Mitte) beobachtet werden, welche in Fig.4 nicht mehr sichtbar ist, da sich das Blut bereits aus der dicken Messschicht (Fig.2) herausbewegt hat. Weiter kann der rechte Ventrikel auf der linken Abbildung nicht deutlich erkannt werden, wogegen das Bild auf der rechten Seite einen klar erkennbaren rechten Ventrikel zeigt.

Schlußfolgerungen:

Parameter wie Herzwanddicke, Kammerdurchmesser und Auswurfrate des Herzens können mittels Techniken, bei denen das selektierte Gewebe in Schichtselektions-Richtung verfolgt wird, sowohl im linken wie auch im rechten Ventrikel zuverlässig bestimmt werden. Konstante Intensität des Muskelgewebes und unterdrücktes Fettsignal vereinfachen eine automatisierte Segmentierung der beiden Herzkammern wesentlich. Interpretationsfehler, die dadurch zustandekommen, dass sich das Gewebe durch eine ortsfeste Schicht hindurchbewegt, können vermieden werden.

Referenzen:

- [1] W.J. Rogers et. al., Circulation, 84(2),721 (1991)
- [2] S.E. Fischer, Mc Kinnon, G.C. et al., Magn. Reson. Med., in press, 1993