

Schichtprofilmessungen bei Anregung mit halben Pulsen für die MR-Bildgebung mit ultrakurzen Echozeiten (UTE)

Felix Staehle, Sonia Nielles-Vallespin, André Bongers, Lothar Rudi Schad

Deutsches Krebsforschungszentrum, Abteilung Medizinische Physik in der Radiologie, Heidelberg

Zusammenfassung

Zur Erzeugung ultrakurzer Echozeiten bei UTE-Bildgebung mit $TE < 100 \mu s$ spielt die Anregung mit halben HF-Pulsen, die zum ersten Mal 1991 sowohl theoretisch als auch experimentell beschrieben wurde, eine wesentliche Rolle. In der vorliegenden Studie wurden Messungen zur Bestimmung der Schichtprofile durchgeführt, die mit halben Pulsen erzeugt wurden, und ein Vergleich mit den entsprechenden Schichtprofilen der ursprünglich ganzen Pulse angestellt. Außerdem wurde die These überprüft, ob die Verwendung von möglichst kurzen Pulsen von Vorteil ist, um Relaxationsprozesse während des Pulses zu minimieren. Im Rahmen dieser Messungen konnte keine Abhängigkeit des Schichtprofils von der Dauer der Rampe des Schichtselektionsgradienten gemessen werden.

Schlüsselwörter: UTE-Bildgebung, halbe Pulse, Schichtprofil

Slice profile measurements of half pulse excitation for MR-imaging with ultra-short echo times (UTE)

Abstract

Half pulse excitation plays an important role in imaging with ultra-short echo times (UTE imaging) of the order of $TE < 100 \mu s$. Based on half RF-pulses this method was theoretically modeled and experimentally applied in 1991 for the first time. Following this work, measurements of slice profiles produced by half pulses were performed and results were compared to the slice profiles produced by the original full pulse. Furthermore, the hypothesis was tested that short RF pulses may be of advantage in minimizing the relaxation effects during the pulse. Within the scope of these measurements no dependency of slice profile on the pulse duration could be found.

Keywords: UTE imaging, half pulse excitation, slice profile

Einleitung

Die ersten Bildgebungssequenzen, die mit sehr kurzen TE-Zeiten unter $500 \mu s$ einhergingen, wurden zum ersten Mal 1991 von Bergin et al. [1] entwickelt und auf das Lungenparenchym angewandt. Dabei spielte die erstmalige Anwendung der Anregung mit halben Pulsen eine wichtige Rolle. Solche Protonendichte-gewichteten Sequenzen mit sehr kurzen Echozeiten werden als UTE-Sequenzen (Ultrashort Echo-Time) bezeichnet.

Es kann angenommen werden, dass biologische Gewebe heterogen sind und deshalb aus verschiedenen Komponenten mit unterschiedlichen T_2 -Zeiten bestehen [8]. Biologische Gewebe, die überwiegend aus Materialien mit kurzen T_2 -Zeiten von einigen Millisekunden oder weniger bestehen und deshalb mit der UTE-Methode besser sichtbar gemacht werden können, sind z. B. Knochen, Sehnen und Bänder. Auch in der Natriumbildgebung wäre die Verwendung von halben Pulsen interessant, weil dort mit Echozeiten unter einer Millisekunde gemessen werden muss, um die kurzen T_2 -Komponenten abbilden zu können.

Die theoretischen Grundlagen für die Anregung mit halben Pulsen wurden bereits 1987 von Ngo und Morris gelegt [5], die durch Symmetriebetrachtungen von HF-Pulsen einen Formalismus entwickelten, der die theoretische Herleitung der Anregung mit halben Pulsen für beliebige Flipwinkel erlaubt. Ein besseres Verständnis der Anregung mit halben Pulsen ermöglichte ein k-Raum-Formalismus zur HF-Anregung nach Pauly und Nishimura [6, 7].

Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht die Untersuchung der mit der UTE-Methode erzeugten Schichtprofile. Dabei soll gezeigt werden, dass die Schichtprofile, die mit der Methode der halben Pulse erzeugt werden, sehr gut mit den Schichtprofilen übereinstimmen, die mit dem entsprechenden ganzen Puls aufgenommen werden.

Material und Methoden

Schichtanregung mit halben Pulsen

Die Anregung mit halben Pulsen kann am einfachsten im k-Raum-Formalismus nach Pauly und Nishimura [7] verstan-

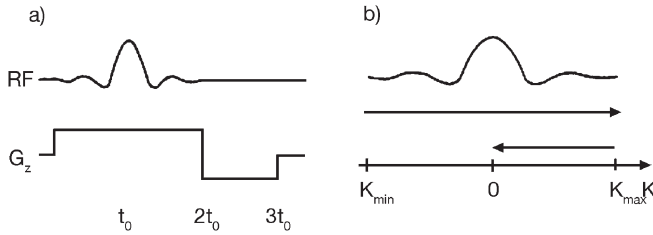


Abbildung 1 Konventionelle Schichtanregung: (a) zeigt den HF-Puls und Schichtselektionsgradienten G_z im zeitlichen Verlauf. In (b) deuten die Pfeile den Verlauf von $k(t)$ an. Die betrachtete Anregung startet bei $t = 0$, bei $t = t_0$ ist das Maximum des Sinc-Pulses erreicht, $t = 2t_0$ markiert das Ende des Pulses und den Beginn des Rephasierers, $3t_0$ das Ende des Rephasierers (entnommen aus [7]).

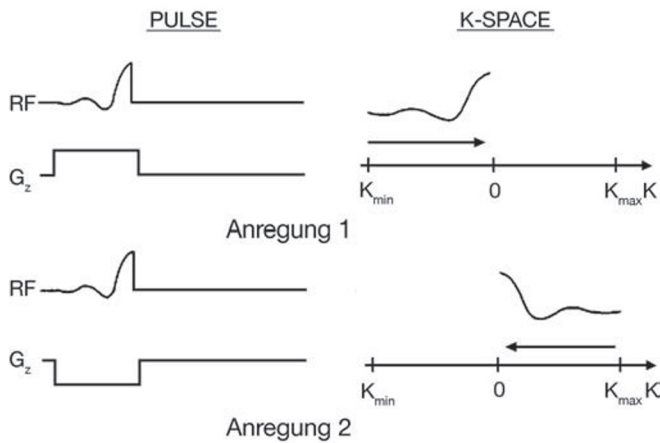


Abbildung 2 Selektive Schichtanregung mit halben Pulsen: Links sind die HF-Pulse (RF) und Schichtselektionsgradienten schematisch dargestellt, rechts die dazu korrespondierenden k -Raum-Trajektorien (entnommen aus [7]).

den werden. Wie dort gezeigt ist, beginnt bei einer gewöhnlichen schichtselektiven Anregung die k -Raum-Trajektorie bei einem $k_{\min}$, durchläuft den Ursprung während des Maximums des HF-Pulses, erreicht ein $k_{\max}$ und kehrt wegen des Rephasiergradienten zum Ursprung zurück (Abb. 1).

Die Schichtanregung mit halben Pulsen ist in Abbildung 2 gezeigt. Die erste Anregung beginnt bei $k_{\min}$ und endet im k -Raum-Zentrum beim Maximum des HF-Pulses. An diesem Punkt kann sofort der Readoutgradient gefahren und deshalb auf den Rephasierer verzichtet werden. Die zweite Anregung beginnt bei $k_{\max}$ und endet im Ursprung. Die Schichtanregungen sind bis auf das Vorzeichen des Schichtselektionsgradienten identisch. Danach kann derselbe Readoutgradient gefahren und mit der Datenakquisition begonnen werden. Schließlich werden beide Datensätze addiert. Unter Vernachlässigung des T_2 -Zerfalls und der chemischen Verschiebung ist das resultierende Signal identisch mit dem einer konventionellen Anregung.

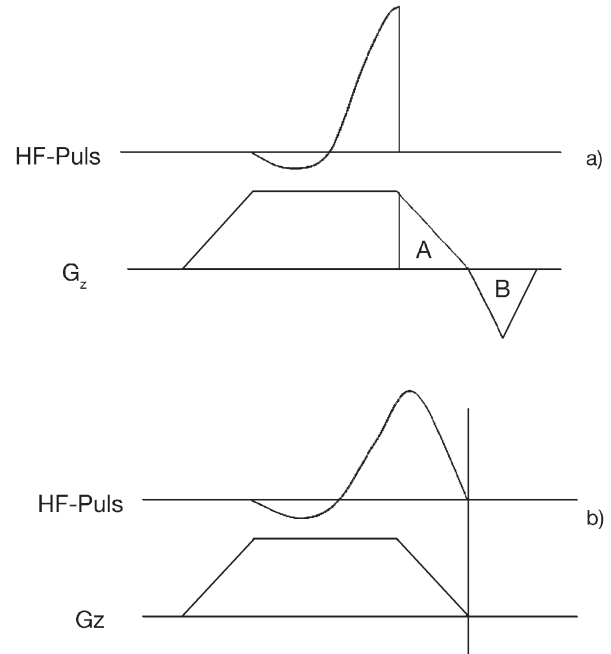


Abbildung 3 Schematische Darstellung der beiden möglichen Implementierungen der Schichtanregung mit halben Pulsen: Methode (a) verwendet einen Rephasierer. Methode (b) kann auf den Rephasierer unter Verwendung eines VERSE-transformierten Pulses verzichten.

Da ein Kernspintomograph immer eine endliche Gradienten-Schaltzeit (Slew Rate) hat, kann die Schichtanregung nicht wie in Abbildung 2 implementiert werden. Es muss berücksichtigt werden, dass der Schichtselektionsgradient eine bestimmte Zeit benötigt, um heruntergefahren zu werden. Dazu gibt es zwei Möglichkeiten [7]: Wie in Abbildung 3a gezeigt, kann der Schichtselektionsgradient mit dem exakt halbierten Puls kombiniert werden. Dann wird ein Rephasierer der Fläche B benötigt, um die Dephasierung der Magnetisierung während der Rampe A zu kompensieren. Dabei muss das Gradientenmoment B exakt so groß sein wie A. Der Nachteil dieser Methode bei der UTE-Bildgebung ist, dass auch bei Ausnutzung der maximalen Slew Rate während der Gradientenabschnitte A und B immer Zeit vergeht, während der die Magnetisierung zerfallen kann, bevor mit der Auslese begonnen wird.

Eine verbesserte Methode ist in Abbildung 3b gezeigt. Dort wird der HF-Puls noch während der Rampe A des Schichtselektionsgradienten gefahren, so dass auf eine Rephasierung verzichtet werden kann. Den modifizierten Puls erhält man durch die Verwendung der so genannten VERSE-Methode [2]. Dabei bleibt unter Vernachlässigung von T_2 -Relaxation und Offresonanzeffekten die Form des Schichtprofils erhalten. Offresonanzeffekte führen zu einer Verschlechterung des Schichtprofils, wie in Simulationen von Pauly und Nishimura [6, 7] gezeigt wurde.

In der Regel müssen VERSE-Transformationen numerisch durchgeführt werden. In diesem Fall ist die Gradienten-

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/1888231>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/1888231>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)