

研究速報

非対称サンプリングによる Short TE グラディエントエコー法

大阪大学医学部放射線医学教室

藤田 典彦 原田 貢士 桜井 康介
中西 克之 金 尚元 小塚 隆弘

（平成2年2月20日受付）

（平成2年4月11日最終原稿受付）

A Short TE Gradient-Echo Sequence Using Asymmetric Sampling

Norihiko Fujita, Kohshi Harada, Kosuke Sakurai, Katsuyuki Nakanishi,
Shyogen Kim and Takahiro Kozuka

Department of Radiology, Osaka University Medical School

Research Code No. : 501.9

Key Words : Short TE, Gradient-Echo, Asymmetric sampling

We have developed a gradient-echo pulse sequence with a short TE less than 4 msec using a data set of asymmetric off-center sampling with a broad bandwidth. The use of such a short TE significantly reduces T_2^* dephasing effect even in a two-dimensional mode, and by collecting an off-center echo, motion-induced phase dispersion is also considerably decreased. High immunity of this sequence to these dephasing effects permits clear visualization of anatomical details near the skull base where large local field inhomogeneities and rapid blood flow such as in the internal carotid artery are present.

はじめに

近年、小さいフリップ角を用いて繰り返し時間を短縮しうるグラディエントエコー法（GE法）は、シネ画像、息止め撮像、3次元撮像等に臨床応用されてきている。しかし、GE法は局所磁場不均一に鋭敏なため、 T_2^* dephasingによる信号低下や画像の歪みが生じ、頭蓋底などの磁化率の大きく異なる組織を含む部位の撮像には適さない。この短所を克服するために、エコー時間（TE）の短縮、3次元あるいは4次元撮像等の方法が提案されている¹⁾。我々は、広帯域、非対称サンプリングを用いる事により、TEが4msec以下の2次元GE法を、全身用1.5TMR装置（Magnetom, Siemens）上で作成し、頭蓋底部の良好な画像を得たので報告する。

方 法

通常のGE法（Fig. 1a）では、信号のピークがサンプリング時間（Ts）の中心となる様に読み取り磁場勾配（Gr）の dephasing 部分は設定される。Fig. 1bに、広帯域、非対称サンプリングを用いたGE法を示す。サンプリング時間を短縮し、Nyquistの関係に応じてGrを大きくする事により、Gr方向の空間分解能はFig. 1aと同等である。この広帯域サンプリングに加えて、Grの dephasing 部分を短くする事により、 α° RFパルス中心より信号ピークまでの時間、すなわちTEの短縮が得られる。実際には、サンプリング時間3,840msec、信号のピークをTs/4だけサンプリング中心よりずらせ、768msecあるいは1,280msecの短いRFパルスを用いる事により、TEが4

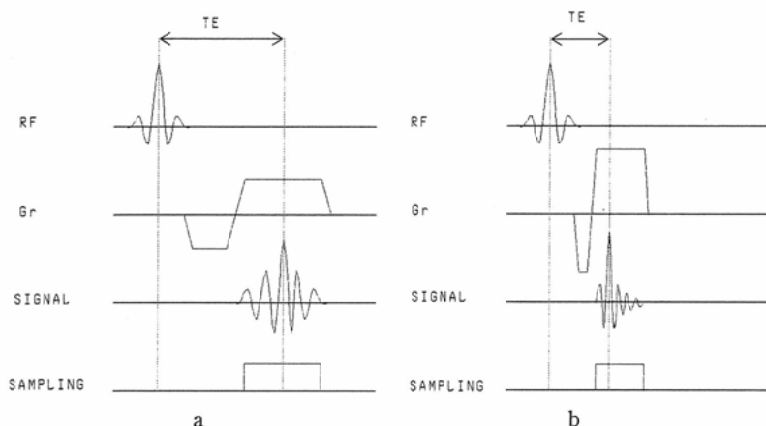


Fig. 1 A conventional gradient-echo sequence using symmetric sampling (1a) and a gradient-echo sequence with short TE using asymmetric sampling and broad bandwidth (1b).

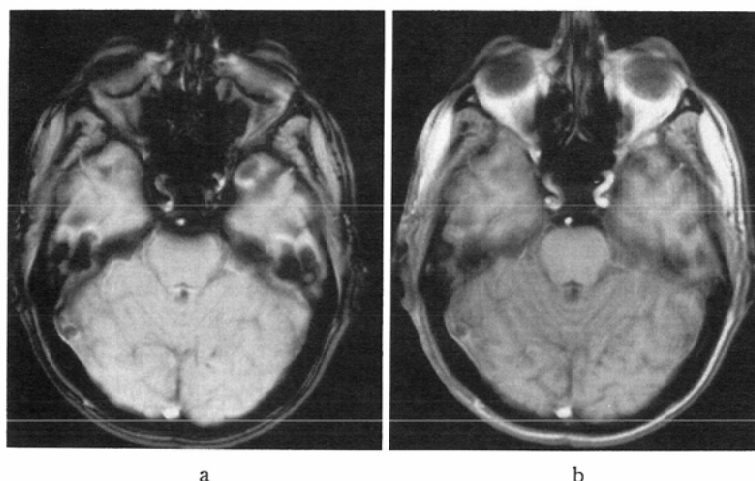


Fig. 2 Axial T_1 weighted images of the skull base: Velocity compensated FLASH (TE=12 msec) (2a) and short TE FLASH (TE=3.65 msec) (2b). Imaging parameters except for TE are the same as follows: Matrix size=192×256, FOV=21cm, slice thickness=7mm, TR=150 msec, flip angle=60°, and NEX=2. An RF pulse of 768msec is used for short TE FLASH.

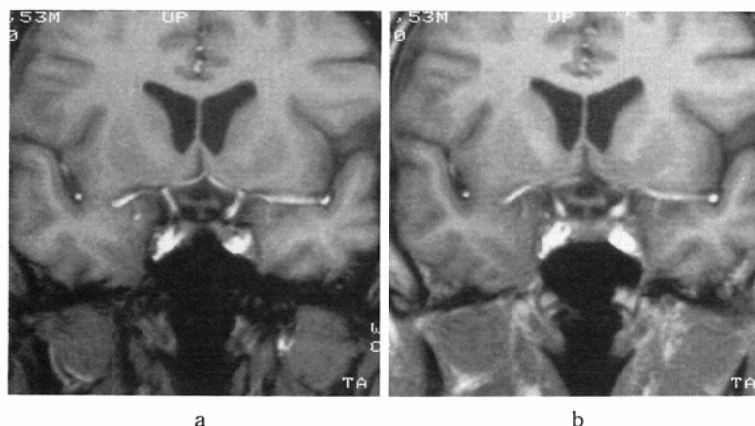


Fig. 3 Coronal T_1 weighted images of the pituitary gland: Velocity compensated FLASH (TE=12msec (3a) and short TE FLASH (3.91msec) (3b). Imaging parameters except for TE are the same as follows: Matrix size=192×256, FOV=20cm, slice thickness=5mm, TR=200msec, flip angle=90°, and NEX=2. To obtain a thinner slice thickness of 5mm, a longer RF pulse of 1,280msec is used for short TE FLASH.

msec 以下の FLASH 法 (Fast Low Angle Shot)²⁾を作成した。使用した磁場勾配は最大10 mT/m, 立ち上がりおよび降下時間は0.5msecである。

結果および考察

Fig. 2 に頭蓋底部 T_1 強調横断像を示す。通常の FLASH 法 (TE=12msec) では磁場不均一による信号低下が著明である。この為、速度に対する re-

phasing を用いているにもかかわらず、内頸動脈の海綿静脈洞部は不明瞭である。Fig. 2b は、広帯域、非対称サンプリングを用いた FLASH (TE = 3.65 msec) 像である。TE が短い為に、 T_1 コントラストは Fig. 1a と比べて優れており、スピンエコー法による T_1 強調像に匹敵し、磁場不均一による信号低下も殆ど認めない。短い TE、Gr の dephasing 部分の短縮により、動きに起因する位相変化は速度及び加速度以上の高次の項まで小さい³⁾。磁場の不均一および動きに起因する信号低下が共に小さい為に、内頸動脈の海綿静脈洞部は明瞭に描出されている。Fig. 2b において、読み取り磁場方向（左右方向に一致）に Gibbs ringing artifact が認められる。非対称サンプリングによって、Gibbs ringing artifact 及び空間分解能の低下が起こる事は知られているが、読み取り磁場匀配方向のマトリクス数を $2n$ とした場合、 $T_s/4$ 以内の off-center サンプリングでは空間分解能はマトリクス数 n の場合より良いとされている⁴⁾。Fig. 3 に下垂体冠状断像を示す。通常の FLASH 法 (Fig. 3a) では蝶形骨洞内の空気と下垂体との間の強い磁場不均一の為に、下垂体下部は無信号となっているが Short TE FLASH 法 (Fig. 3b)

では下垂体全体が明瞭に認められる。

結 論

広帯域、非対称サンプリングを用いた 2 次元 Short TE FLASH 法によって、従来の 2 次元 FLASH 法では困難とされる頭蓋底部の解剖学的構造を明瞭に描出しえた。動き及び磁場不均一による信号低下が共に抑制されるこの方法は、MR Angiography、高速 T_1 強調像、造影剤を使用した dynamic study 等広範な応用が期待される。

文 献

- 1) Haacke EM, Tkach JA, Parrish TB: Reduction of T_2^* dephasing in gradient field-echo imaging. Radiology 170: 457-462, 1989
- 2) Hasse A, Frahm JD, Matthaei W, et al: FLASH imaging: Rapid NMR imaging using low flip angle pulses. J Magn Reson 10: 363-368, 1986
- 3) Nishimura DG, Macovski A, Jackson JJ, et al: Magnetic resonance angiography by selective inversion recovery using a compact gradient echo sequence. Magn Reson Med 8: 96-103, 1988
- 4) Haacke EM: The effects of finite sampling in spin-echo or field-echo magnetic resonance imaging. Magn Reson Med 4: 407-421, 1987