

超速自旋回波序列(TSE) 在颅脑 MR 常规诊断中的实际应用 Praktische Anwendung von Turbo-Spinecho- Sequenzen in der MR-Routinediagnostik des Zërbrums

F. Fellner, N. Obletter, J. Trenkler, C. Fellner

1986 年 Hennig 等提出了一种称为 RARE(弛豫增强快速采集)具有自旋回波特征的快速序列。与传统的自旋回波序列相反, SE 序列为每次 90° 激发一次付里叶变换,而 RARE 则为每次激发获取多次付里叶变换或者“多回波”,且 RARE 序列具有重 T_2 对比,故这种序列被用于所谓“MR 脊髓造影”和“MR 尿路造影”,这种鲜明的 T_2 对比很适用。

作为众所周知的快速自旋回波(FSE)序列常规核自旋断层基本技术的发展,此项技术有许多同义词,如快速自旋回波及超速自旋回波,过去曾有许多文献对这项新技术在 1.5T 场强的扫描仪上进行了评价,新近的研究是在 1.0T 场强的扫描仪上对其价值进行评估的。

序列设置和技术要求

传统的 SE 序列是在一次 90° 激励脉冲和一次 180° 脉冲翻转后一个选定的回波时间 TE 所持续的一段恢复周期 TR,在此回波时间点接收信号到编码器进行一次付里叶变换,一幅 192×256 矩阵的图像必需经 192 次 TR 周期的时间,所以欲获得质子密度(PD-)和 T_2 加权的图像约需 8~12 分钟的时间,

TSE 序列是一个 90° 脉冲激励之后多个

180° 脉冲翻转的 TR 周期的应用,因此每一 TR 周期内有多个回波并有各种回波时间及不同的相位编码获得,基于这一原因 TSE 并不象 SE 序列的 TE 时间所设定的那样,故人们形象地称之为“有效回波时间”(TE_{eff}),由这些特有的回波时间获得信号,使得 k-空间充满的平均付里叶变换的信号-和对比度比特别重要。每次 TR 周期的回波次数被称为“回波群长度”(ETL:echo train Length),典型的回波次数在 3 和 16 之间。

TSE 序列要求现代 MR 扫描仪一方面具有尽可能高的梯度场和尽可能短的梯度转换时间,另一方面应具有主动屏蔽梯度以保证良好涡流补偿,因此 TSE 技术可获得检测时间短而图象质量好的效果。

TSE 序列的对比度

RARE 序列及 1.5T 场强下的 FSE 序列,由于较高的回波群长度而有清晰的 T_2 对比,然而此序列可能没有真正的质子密度权重,那么脑脊液周围的室旁脑组织只能显示较低信号。在颅脑的核自旋断层中,无论是强 T_2 对比还是假性质子密度对比的显示,对于脑室旁结构和皮质下癌变的确认则可能出现困难。新近的研究是在 1.0T 场强的设备(Magnetom“Impact” Siemens)上通过选择合适的序列和检测参数进行的。应用 TSE 序列,不仅可以获得真正的质子密度对比像,而

Institut für Strahlendiagnostik, Klinikum Ingolstadt, Krumenauersitr. 25, 85049 Ingolstadt, Germany

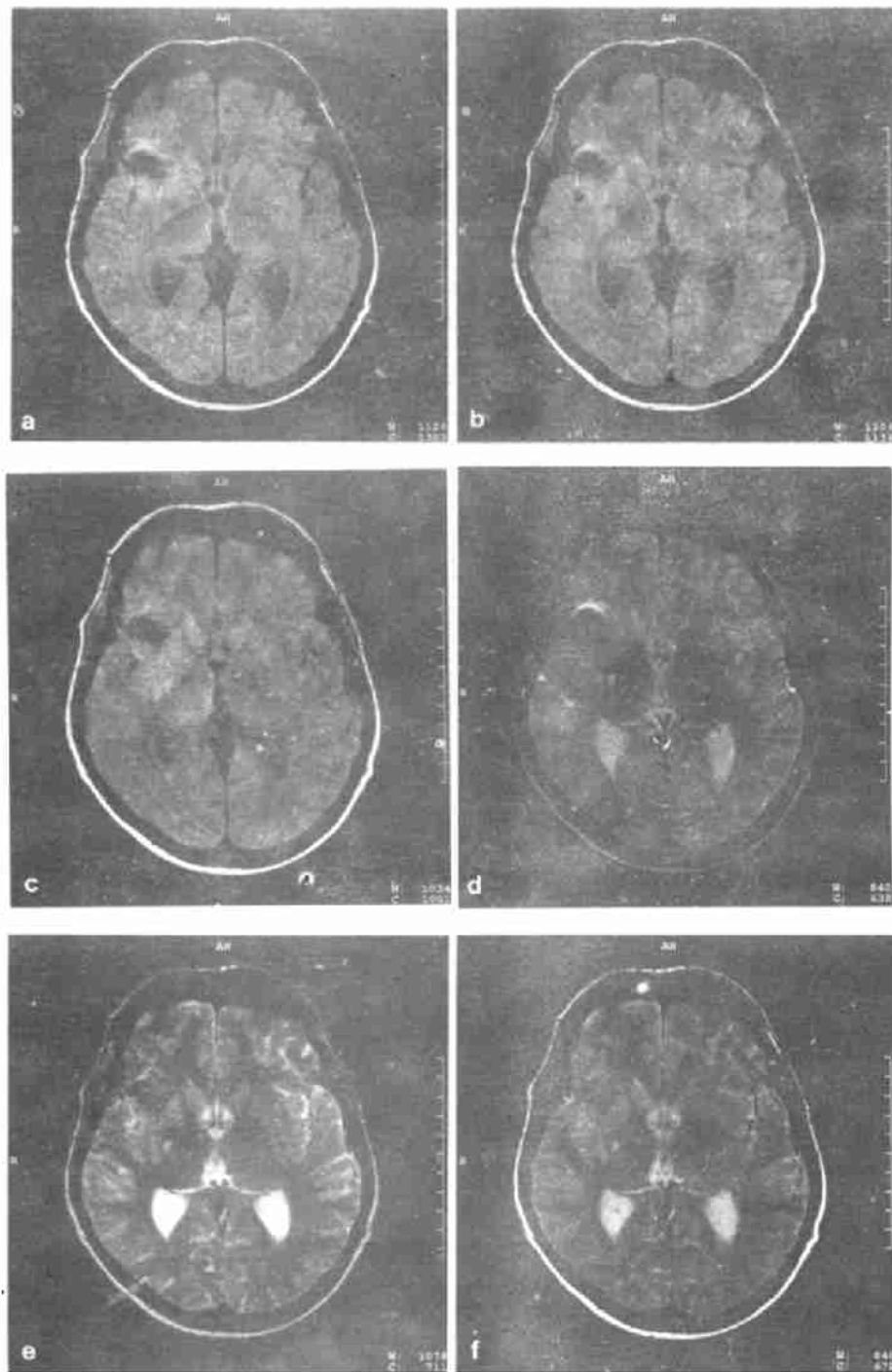


图1 局部小缺血病变和动脉瘤患者, TSE序列质子密度加权,尤其在TSE双回波与SE相似,TSE序列 T_2 加权采样病变的对比度与SE序列相似,磁化伪影(动脉瘤)在TSE序列 T_2 加权像上清晰显示。

- a) SE、质子密度、轴位;
- b) TSE、质子密度、轴位;
- c) TSE、双回波、质子密度、轴位;
- d) SE、 T_2 加权、轴位;
- e) TSE、 T_2 加权、轴位;
- f) TSE、双回波、 T_2 加权、轴位。

且还可获得清晰的 T_2 对比像。

MR扫描仪梯度场强的建立达 10mT/m (与SE序列相反),只能通过插入如前所述原单回波TSE序列建立对比度,若梯度场强达 15mT/m ,且转换时间在 1ms 内,则更短的回波时间成为可能,那么在双回波(DE)

TSE序列上获取理想对比度的图像也就迎刃而解。

TSE序列与传统SE序列的特点比较

解剖结构与流动现象 颅内灰白质的解

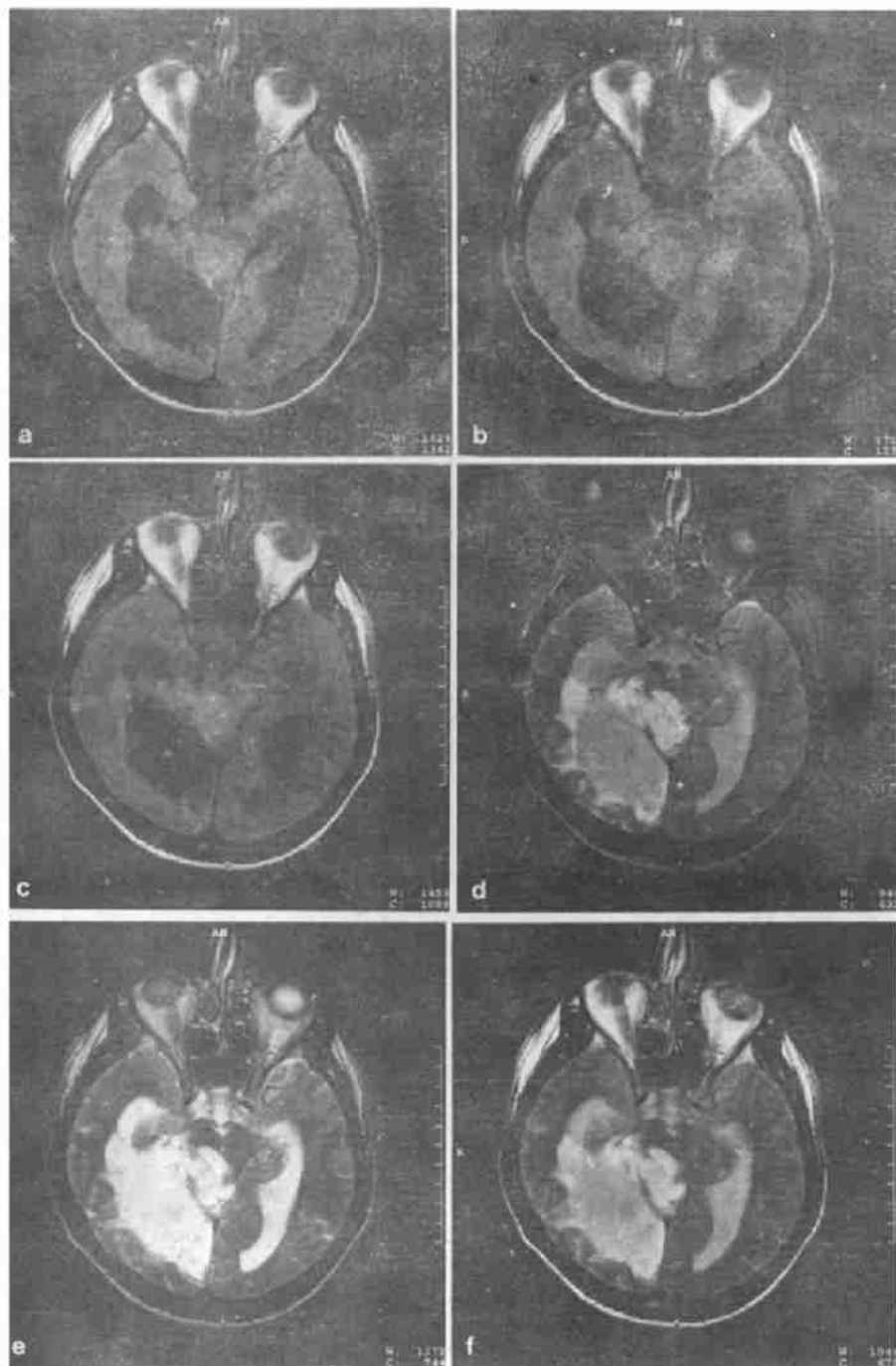


图2 星形细胞瘤术后复发患者,肿瘤显示在所有序列中均有相同的表现,辨别肿瘤囊性、实体部分以及水肿组织则有不同的表现。 T_2 加权采样时略缩短的回波时间。图d用80ms,图f用85ms。

- a) SE、质子密度、轴位;
- b) TSE、质子密度、轴位;
- c) TSE、双回波、质子密度、轴位;
- d) SE、 T_2 加权、轴位;
- e) TSE、 T_2 加权、轴位;
- f) TSE、双回波、 T_2 加权、轴位。

剖结构在 TSE 序列和 SE 序列中的显示几乎具有相同的对比度(图1)。基底神经节,尤其是含铁的神经核团在 TSE 序列 T_2 加权像与 SE 比较,周围脑组织对比略小(图2),而质子密度加权像上两者没有区别。

TSE 对血管的分辨显示较差,此现象与

TSE 序列时相位编码方向上多个倾斜角度有关。

TSE 序列在 T_2 加权采样时比 SE 序列具有较少的流动伪影(图3),这是通过 TSE 技术中对称的序列设置在一个 TR 周期得到均匀回波复相(even-echo-rephasing)以及对

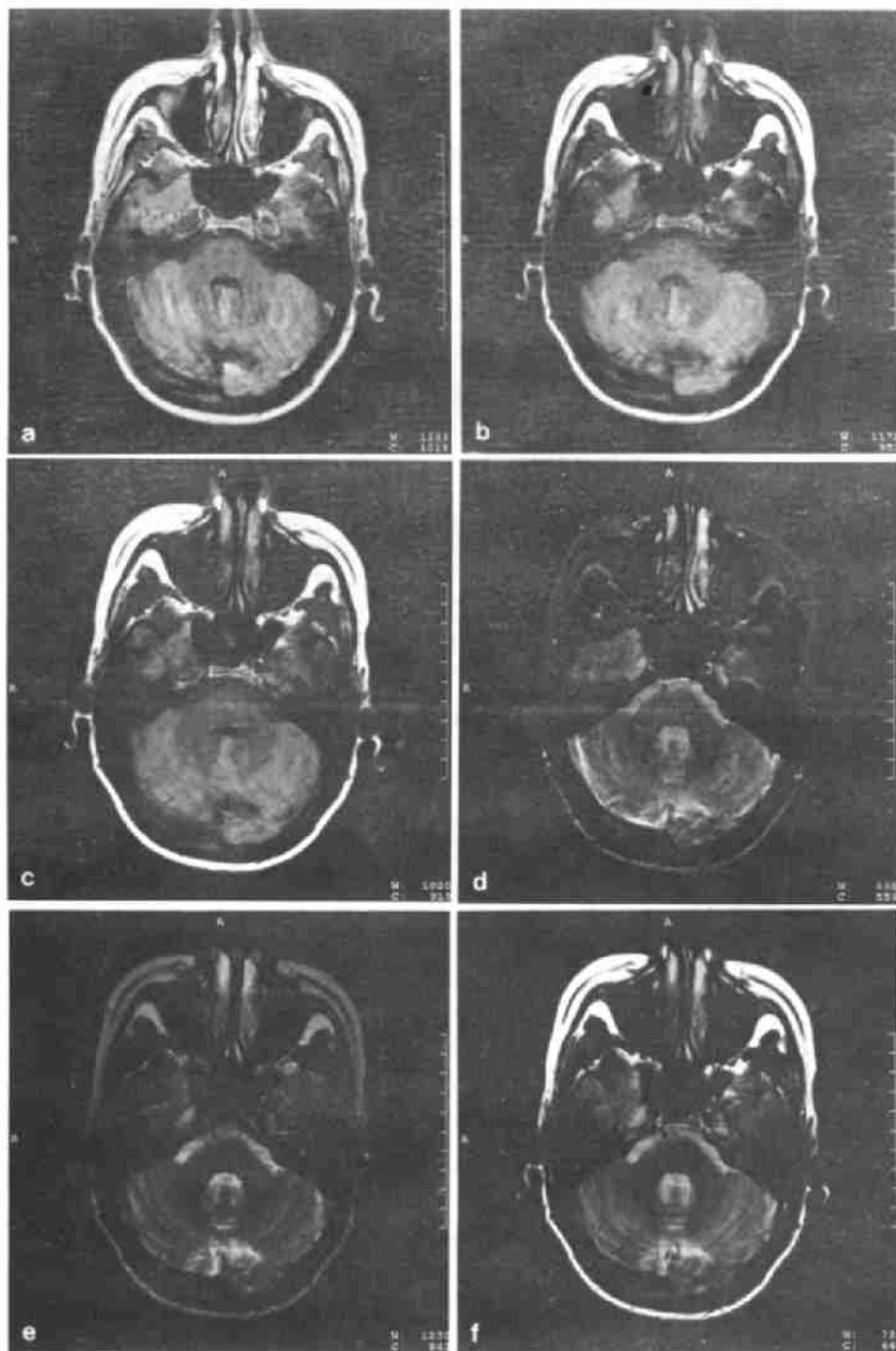


图3 流动伪影在TSE序列T₂加权采样时明显减少,尤其在TSE序列单回波上。

- a) SE、质子密度、轴位;
- b) TSE、质子密度、轴位;
- c) TSE、双回波、质子密度、轴位;
- d) SE、T₁加权、轴位;
- e) TSE、T₂加权、轴位;
- f) TSE、双回波、T₂加权、轴位。

称的多回波序列获得的。

病理学改变 值得注意的是,TSE序列质子密度采样较传统的质子密度加权有更好的病变对比显示(图1),首先是显示细小病变,如微细结构缺血病变。TSE序列的质子密度加权像大概都具有T₂效应,即通过此序

列的迟发回波,然而这种T₂效应并不太强,因为它会给真正的质子密度对比造成假象,此外,这种现象具有磁传递效应,TSE序列从本质上要较SE序列产生的图像更为清晰。磁传递效应可使含水量少的结构如髓质和皮质产生信号丢失,这样就可与富水结构

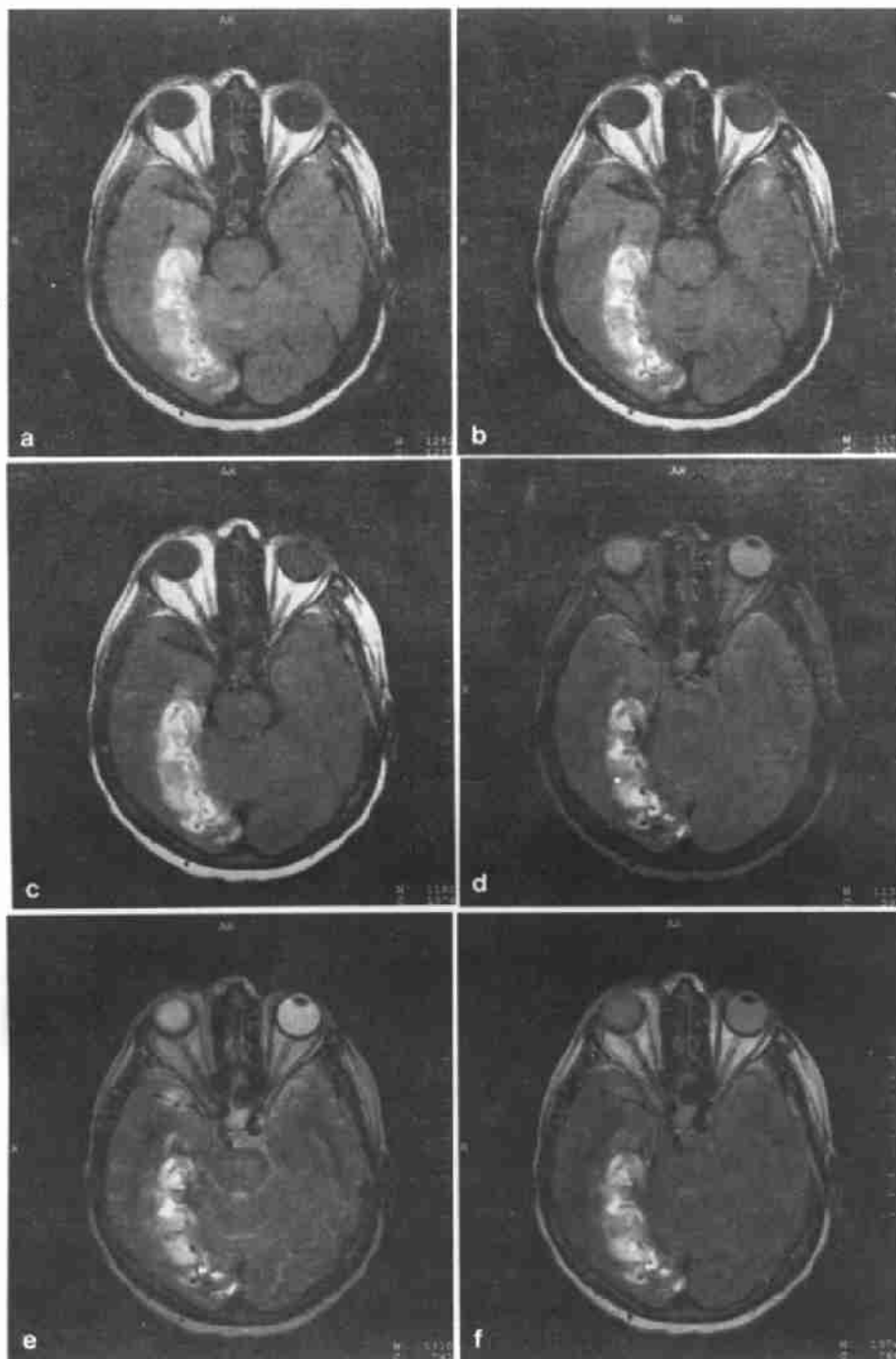


图4 右侧大脑后动脉供血区的出血性梗塞患者,正铁血红蛋白在所有的序列中有相同的表现,TSE序列与SE序列相比,含铁血黄素在 T_2 加权采样中对比减低。

- a) SE、质子密度、轴位;
- b) TSE、质子密度、轴位;
- c) TSE、双回波、质子密度、轴位;
- d) SE、 T_2 加权、轴位;
- e) TSE、 T_2 加权、轴位;
- f) TSE、双回波、 T_2 加权、轴位。

如脑脊液及病变进行比较,对小病变(如微血管病和小梗塞),TSE序列的 T_2 加权采样比SE序列的 T_2 加权采样略为逊色,然而借此并不降低诊断的可靠性(图1)。

肿瘤和梗塞(没有血液成分和钙化)可由此两种序列作一比较,血肿表现为不同的对

比度,在正铁血红蛋白期间,TSE和SE采样所显示之对比度几乎相同。在含铁血黄素沉积时TSE序列 T_2 加权采样的显示对比差,这是因为TSE序列 T_2 加权采样含铁分解产物高信号采集的限制,以及含铁血黄素所致信号降低导致对比减弱(图4)。

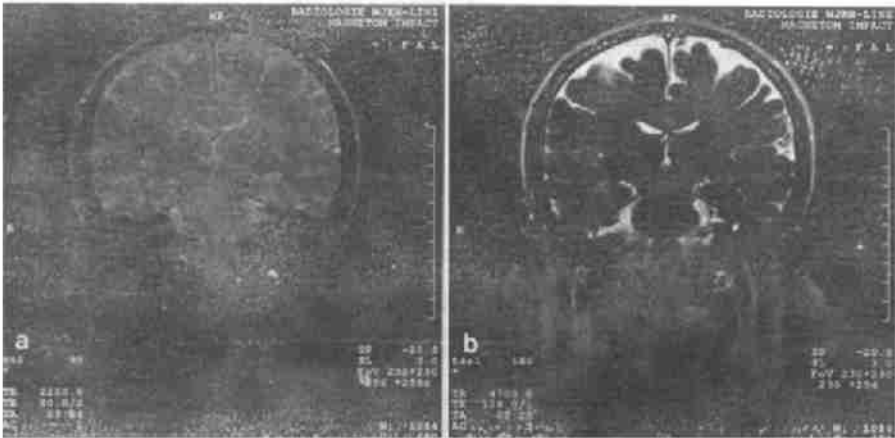


图5 小脑桥脑角在冠状位薄层扫描(3mm)的表现,在液体与脑干间有较好的对比。TSE序列T₂加权采样与SE序列对照,流动伪影明显减少。
a) SE、T₂加权、冠状位; b) TSE、T₂加权、冠状位。

钙化也会遇到这种现象,因此在TSE序列T₂加权采样中是较难分辨的。

TSE 序列提供的应用优势

TSE 序列在常规诊断中可缩短达 50% 的检测时间,在短小时内 TSE 可完成多方位T₂加权采样,所以可在矢状面上显示胼胝体病变,如多发生硬化或小的靠近中线部位的

病灶以及畸形肿瘤也有较好的分辨。冠状面显示其优点为辨别颞叶病变与非对称的解剖结构(侧脑室颞角),以及对肿瘤的精确局部解剖学定位是有益的。

人们只需 2 分多钟的检测时间即可获得 19 层图像。其它可应用较长的回波群序列,故检测时间可以在 1 分钟内获取图像,不过越大的回波群长度越使得T₂对比变得强烈。强T₂对比对于显示较细小的及被液体

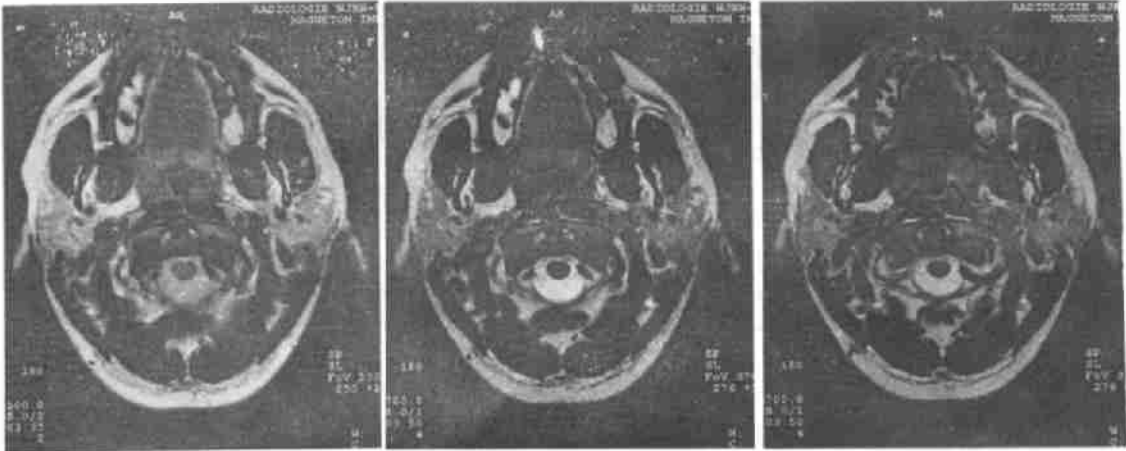


图6 通过高分辨TSE序列T₂加权薄层技术使得上颈髓伪影明显减少而得到很好的颅颈移行区的解剖结构。
a) TSE、T₂加权、轴位、6mm 层厚; b)和c) TSE、T₂加权、轴位、3mm 层厚。

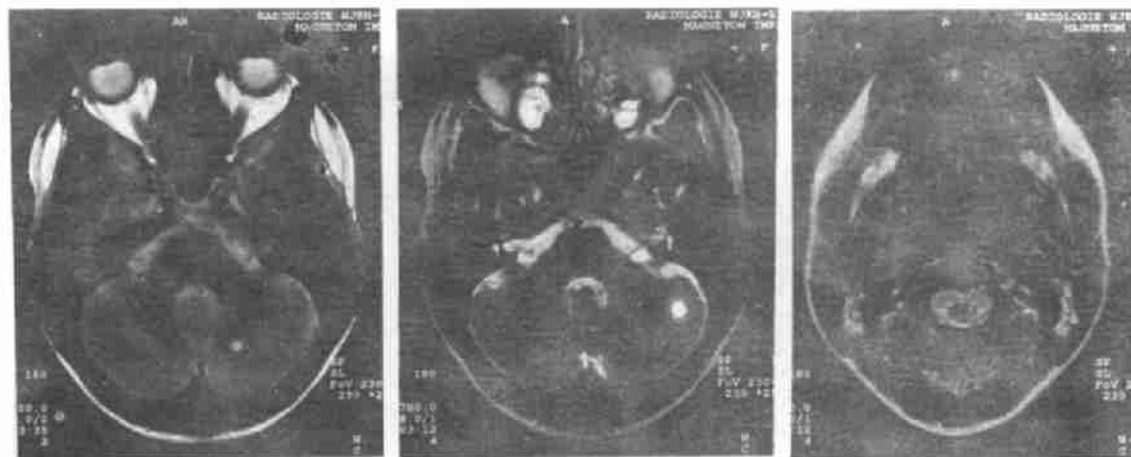


图7 播散性脑脊髓炎患者,脑干脱髓鞘病灶在TSE序列重 T_2 加权使用4mm层厚,上颈椎左侧斑块得到充分显示。

a) TSE、双回波、 T_2 加权,轴位,6mm层厚; b)和c) TSE、 T_2 加权,轴位,4mm层厚。

包绕的结构(如前庭耳蜗神经)有优势(图5),为了获得高质量的图象就是要使用薄层(2~3mm)扫描、多次平均(3~4);传统的 T_2 加权序列采集 256^2 矩阵、3次平均的图象,约需30分钟,而应用TSE序列采用适当的检测参数则只需要2分25秒的检测时间。

TSE序列另一个优点是采用大的成像矩阵从而提高图像分辨率,一个TSE序列用3mm的层厚、4次平均及 276×512 的矩阵只需不到4分钟的体测时间;相应传统的序列则约需1小时30分钟的采集时间。TSE序列高分辨 T_2 加权对脑干的研究具有独到之处(图6),若以传统的序列用长时间检查将导致细微移动伪影,这对脑干病变的研究非常不利,若增加层厚达5~6mm,无论是传统序列还是TSE序列,都可能把流动现象误认为病变,这些缺点可以通过TSE序列的补偿应用以及减少流动伪影等方法解决。

图7显示的是一位患有播散性脑脊髓炎患者的脱髓鞘病灶TSE序列 T_2 加权图像,4mm层厚、4次平均允许显示伪影的上段脊

髓轴位成像。人们能通过常规颅脑的检查得出多发性硬化脊髓受累的形象。

结 论

在颅脑MR常规诊断中,TSE序列基于其技术使检测时间较SE序列大大缩短(约从10分钟缩至3分钟)成为可能,通过现代硬件,梯度场强达到15mT/m,转换时间在1ms内,TSE双回波序列,真正的质子密度及 T_2 对比的建立亦成为可能,此外TSE序列的特殊应用,重 T_2 加权解决了颅颈移行区及脑干组织结构的显示。

TSE序列的一个最大的进展就是缩短了核自旋断层的检测时间,同时还达到了较好的图像质量和更高的图像分辨率之目的。

同济医科大学附属协和医院

彭振军 译

罗汉超 校

Röntgenpraxis, 1995, 48: 291-297

(1996-04-05 收稿)