

磁共振成像的质量控制及参数优化

薛正和¹, 王永峰², 赵一冰^{2*}

作者单位:

1. 河南省偃师市人民医院CT、MRI室, 偃师 471900
2. 中国医科大学附属第一医院放射科, 沈阳 110001

通讯作者:

赵一冰, E-mail: zhaoyibing1985@163.com

收稿日期: 2013-06-20

接受日期: 2013-08-19

中图分类号: R445.2

文献标识码: A

DOI:10.3969/j.issn.1674-8034.2013.06.009

薛正和, 王永峰, 赵一冰. 磁共振成像的质量控制及参数优化. 磁共振成像, 2013, 4(6): 441-444.

[摘要] MR成像是多参数成像的一种检查技术, 其原理复杂, 质量控制受多种因素制约。在实践中, 以MR的成像原理、各成像参数的特点及其相互之间的制约关系为依据, 以获得优质MR图像为目的进行参数优化。在硬件的安装、调试上, 确保各项参数指标均在合格的范围内。在扫描技术上, 对各个成像参数加以优化、组合、灵活应用。在较短的检查时间内获得优质的MR图像, 为疾病的诊断提供科学的依据。

[关键词] 磁共振成像; 质量控制

Magnetic resonance imaging quality control and parameter optimization

XUE Zheng-he¹, WANG Yong-feng², ZHAO Yi-bing^{2*}

¹CT, MRI Room, Yanshi City People's Hospital, Yanshi 471900, China

²Department of Radiology, the First Hospital of China Medical University, Shenyang 110001, China

*Correspondence to: Zhao YB, E-mail: zhaoyibing1985@163.com

Received 20 June 2013, Accepted 19 Aug 2013

Abstract Magnetic resonance imaging is a multiple parameter imaging examination technology, Its principle is complex, Quality control is conditioned by many factors. In practice, with MRI imaging principle, imaging parameters on the basis of the characteristics and the relations among each other, In order to obtain high quality magnetic resonance image for the purpose of parameter optimization. On the hardware installation, commissioning, Ensure all parameters are within the scope of the qualified. On the scanning technology, The various imaging parameters optimization, portfolio, flexible application. In a relatively short time get the high quality magnetic resonance imaging examination. Provide scientific basis for the diagnosis of the disease.

Key words Magnetic resonance imaging; Quality control

随着科技的发展和计算机软硬件技术的逐步提升, 医学影像技术在临床上的应用越来越广泛。MRI检查具有软组织对比分辨率最高, 无创伤、无射线辐射危害, 信息量大, 可直接行任意方位层面成像等特点, 可实现“一站式”检查^[1]。临床医师通过MR图像对患者的疾病进行诊断, 除了和医师本人的临床经验有关外, 还与图像中所包含的信息量密切相关。优质的MR图像应具有高信噪比(SNR)、高对比度、高分辨率、精确定位等特点, 同时图像中应没有伪影、变形、不均匀和模糊, 能准确地显示解剖结构和病理改变, 为临床诊断提供有价值的信息。MR图像质量的好坏受多种因素制约, 掌握好各种制约因素之间的关系, 对于做好MR成像的质量控制, 提高该项检查

在临床上的应用价值非常重要。图像质量的好坏可以用多个指标来表征, 但最主要的是对比度、空间分辨率和SNR^[2], MRI检查是否成功, 应以能否获得满意的图像质量为标准。这一目标的达到既与设备的硬件有关外, 又与使用的扫描序列、扫描参数的选择有关。为了获得良好的图像质量, 除了确保MR硬件设备的各项性能指标均符合标准外, 需要做的就是根据患者的特点及临床上的要求制定出好的扫描方案与成像参数。因此, 通过对MR成像的各种参数进行优化是最直接、最有效、最可靠的提高图像质量的方法。如何提高MRI的检查质量, 使各种检查参数均处于最优状态, 最终获得充分满足诊断要求的优质MR图像, 是MRI检查的最终目的。

1 硬件设备的质量控制

影响MR成像质量的因素繁多且彼此相互制约,如磁场强度、梯度场强度、梯度切换率、射频性能、线圈通道技术等均会影响图像的质量。因此在选购MR设备时,要经过严格论证,选择性能卓越、配置合理、符合自己医院诊疗特点的先进设备,是整个MRI检查质量控制的基础。MR设备系高精密度医学影像设备,它对其环境及空间位置的要求是十分严格。首先,在场地的选择上,要远离较大的移动的金属物品,同时还要与其他的大型检查设备保持适当的距离,以免影响主磁场的均匀性。为了防止外界无线电波干扰MRI信号,在设备安装前要做好机房的射频屏蔽和磁屏蔽。其次,临床工程师需要对房间的屏蔽及机器的各项性能进行严格的检测验收,例如:主磁场的均匀性、梯度系统的稳定性、线圈的SNR、射频校正等,确保各项参数指标都在合格范围内方可投入使用。

2 扫描技术的质量控制

MR成像是一种多序列多参数多方位的成像技术^[3],成像参数众多,且关系错综复杂。在进行MRI检查时,我们不仅要熟悉SNR、对比度、空间分辨率、均匀性、几何失真、伪影、模糊等参数。还要了解其间的相互影响、制约关系,熟练掌握各种脉冲序列和参数的变化对图像造成的影响,并能够根据疾病特点及诊断需要灵活的应用这些脉冲序列和参数。

2.1 SNR

SNR是指图像的信号强度与背景随机噪声强度之比值。 $SNR = SI_{组织} / SD_{背景}$,其中SI组织为ROI信号强度平均值,SD背景为背景信号的标准差。这里要强调的是绝对SNR与相对SNR,由工程人员利用水模进行测量的是绝对SNR。而在扫描界面中显示的则是相对SNR (relative SNR, Rel SNR),其本身并不代表真正的SNR高低,Rel SNR的意义在于随参数调整,相对于初始设置SNR的变化。图像SNR是医用MRI系统性能的重要指标,是各种认证机构对MR设备准入认证进行技术评判的量化指标,也是MR机生产厂商提供性能自我评价,尤其是线圈性能的方法依据^[4]。MR图像SNR与多种因素有关,磁场的强度、射频线

圈的质量、屏蔽效果、线圈调节、像素大小、重复时间、回波时间、反转时间以及片层厚度、层间隔、视野(FOV)大小、矩阵、信号采集次数、成像参数的选择等因素均会影响SNR^[5]。

2.1.1 体素

体素越大SNR越高。这是因为在单位体积内同类质子的数量越多,产生的信号越强,缺乏质子的地方为无信号区^[6]。体素大小与层厚、FOV和采集矩阵的设置有关。因此可以通过增加层厚、增加FOV、减小采集矩阵的方法来增加体素的大小。

2.1.2 相位编码步数(Ny)

与采集矩阵有关的相位编码步数对SNR的影响较复杂^[7]。这是因为相位编码步数对SNR的影响与像素的改变有关。如果保持像素值不变,增加相位编码步数,则图像的SNR增加,但是扫描时间延长;若保持FOV不变,增加相位编码步数,SNR下降而空间分辨率升高。

2.1.3 接收带宽

接收带宽是指MR系统采集MR信号时所接收的信号频率范围,它与SNR之间为反向关系。这是因为带宽越大,噪声越多,而信号几乎不变,因此SNR下降。所以减少带宽可使SNR增加,但是减小带宽也会产生其他负面影响,如化学位移伪影增加、图像对比度下降、回波时间(TE)加长、扫描层数减少、扫描时间延长等。

2.1.4 信号激励次数(NEX)

是指数据采集的重复次数,即在k空间里每一相位编码数据被重复采样的次数。SNR与激励次数的平方根成正比。如果图像的SNR较低,可以通过增加NEX的方法解决,但同时也会增加扫描时间。一般的成像序列通常需要2个或2个以上的NEX,而快速成像序列尤其是屏气采集序列的NEX往往是1甚至<1(部分k空间技术)。

2.1.5 重复时间(TR)

TR是决定信号强度的一个因素。TR越长,各种组织中的质子可以有充分的时间弛豫,使纵向磁化矢量增加,信号强度也随之增加。TR短时,仅有部分纵向磁化矢量得到恢复,所以信号强度减少。因此,增加TR时,SNR高;减少TR时,SNR降低。但是,通过增加TR来提高MR图像的SNR是有限的,如果使用特别长的TR采集信号,SNR则变化微弱。这是因为TR足够长的时候,使

纵向磁化矢量基本完全恢复,再增加TR纵向磁化矢量也不会超过其最大值。而且使用长TR还会使扫描时间增加,因此在设置扫描参数的时候应考虑到图像的对比度特性与合理的扫描时间的权重关系。

2.1.6 回波时间(TE)

TE是横向磁化矢量衰减的时间,也就是射频脉冲开始至回波信号产生的时间间隔,它决定进动质子失相位的多少。TE越长,采集信号前横向磁化的衰减量就越多,回波幅度越小,产生的信号量也越少,SNR就会下降。TE越短,横向磁化矢量衰减量就越少,回波幅度越高,因而SNR较高。

2.1.7 反转角

在射频脉冲的作用下,组织的宏观磁化矢量偏离其平衡状态的角度称为反转角。反转角度的大小和射频脉冲的能量有关。反转角越小,纵向磁化转变为横向磁化的量就越小,产生的信号越弱,SNR就越低。SE序列使用 90° 射频脉冲,纵向磁化基本都转变为横向磁化,而梯度回波脉冲序列,因使用的是小于 90° 的射频脉冲,纵向磁化只能部分转变为横向磁化。因此,SE脉冲序列获得的信号更强,SNR也更高。

2.1.8 层间距

扫描时所选择的层间距越大,SNR就越高。这是因为,层间距减少或无层间距,会产生层面干扰噪声,从而使SNR下降。所以,在不影响病灶检出的情况下应适当设置层间距,以提高SNR。目前,在新型的MR仪器上由于脉冲准确性和梯度精确度的提高,层间干扰已经明显减弱,可采用 $<1\text{ mm}$ 的层间距。

2.1.9 回波链

每个TR周期中一次 90° 激发后所产生和采集的回波数目。主要用于FSE、IR和EPI序列中。FSE序列在一次 90° 脉冲后施加多次 180° 相位重聚脉冲,即一个TR周期内,由多次 180° 脉冲组成的回波链,用不同相位编码梯度场各产生一个回波,在一个k空间每次填充多条线,使成像时间成倍缩短,因此回波链也被称为快速成像序列的时间因子。回波链越长,扫描时间越短,但SNR也越低,允许扫描的层数也减少。

2.2 空间分辨率

空间分辨率是指影像设备系统对组织细微解剖结构的显示能力,它用可辨的线对LP/cm或最

小圆孔直径(mm)数表示。空间分辨率大小既与MRI系统的磁场强度、梯度场强的绝对均匀度有关,又与FOV范围的大小及扫描所用的层厚有关^[8-9]。人为的因素主要是由所选择的体素大小决定的。图像的空间分辨率是二维像素对三维体素信息的反映能力,因此图像的空间分辨率是体素体积的函数。即:图像的空间分辨率 $\propto 1/\text{体素体积}=\text{采集矩阵}/\text{FOV}\times\text{层厚}$ 。

在实际工作中,为了保证有足够的空间分辨率,一般应选择较薄的层面进行扫描。但是,层厚的变薄将使SNR下降,同时又会增加部分容积效应的影响。可见,提高空间分辨率与削弱部分容积效应及增加SNR的要求是矛盾的,这种情况下往往用增加激励次数等措施来获得理想的图像。

2.3 对比度

是指图像上两个相邻区域信号强度的相对差别,它不仅取决于被检组织的固有特性,还取决于选择的各种参数,其中脉冲序列、脉冲参数和对比增强剂(Gd-DTPA)是影响图像对比度的三个主要因素。组织的固有特性:即组织的T1值、T2值、质子密度、运动等的差别,差别大者则对比度较大,对比越好。如果组织间的固有差别很小,即便检查技术用得最好,对比度也很小。成像技术:包括场强、所用序列、成像参数等,合理的成像技术可提高对比度。人工对比:有的组织间的固有特性差别很小,可以利用对比剂的方法增加两者间的对比度,提高病变检出率^[2]。所以只有合理的调用扫描序列,正确的使用脉冲参数,才能增加组织对比度,进而识别解剖结构和病理改变。

2.4 均匀度

均匀度是指图像上均匀物质信号强度的偏差。偏差越大说明均匀度越低。均匀度包括信号强度的均匀度、SNR均匀度、CNR均匀度。影响信号均匀性的因素主要有静磁场的均匀性,射频场的均匀性,梯度场的涡流补偿效果、梯度脉冲的校准及图像处理等方法^[10]。在实践中,只有正确使用脉冲序列及参数才能够消除图像信号的不均匀度,避免伪影、变形失真等现象的产生。如在MR扫描过程中,由于某种原因导致信号不均匀甚至出现伪影、变形。要及时正确的判断产生该现象的原因,通过改变视野,施加局

部匀场,手工调节中心频率等方法来抑制此现象。所以要正确认识信号不均匀现象产生的原因及各种伪影的图像特征,并能够及时地予以调整、纠正,才能提高检查质量和效果。

2.5 伪影

与其他医学影像技术相比,MR成像是出现伪影最多的一种影像技术^[11]。所谓伪影,是指在扫描或信息处理中,由于某些原因导致图像中出现了一些人体本身不存在的,与实际解剖结构不相符的信号,致使图像质量下降或产生变形的影像,也称假影或鬼影。大致可分为图像处理相关的伪影、硬件相关的伪影、患者相关的伪影、环境相关的伪影。影响图像几何畸变率的因素包括主磁场的均匀性和梯度场的线性^[10]。在实践中,可以通过改变相位编码方向,改变FOV大小,施加局部匀场,使用流动补偿及预饱和技术,增加相位过采样,放置电解质辅助垫等方法来减弱或消除伪影。所以只有正确地认识各种伪影的特殊表现及产生的原因,才能够才能有效地抑制至或消除伪影提高图像质量。

3 总结

MRI检查是多参数成像,原理比较复杂,所涉及的技术颇多,很多因素都会影响其检查质量。成像质量的好坏既与机器的性能有关,又与受检组织的弛豫特性、病变组织的化学性质密不可分。因此,选择适当的扫描技术参数是保证检查质量至关重要的一环,在MRI的众多序列参数中可分为两大类:一类是在序列中可以直接加以定义的参数,称为初级参数。如TR、TE、TI、FOV、反转角等。第二类叫做二级参数或导出参数。有图像对比度、空间分辨率、SNR以及成像时间等^[12]。导出参数一般由初级参数限定的,因而不可直接进行设定。这就要求必须熟悉各种成像序列的基本原理,最大限度的开发和利用MRI机软件功能,针对不同的患者采用不同的扫描方案,同时根据不同的临床需要设定不同的扫描序列,操作人员应该充分了解每一个序列的临床价值以及在显示不同病变时的能力,有时正是通过这些序列实现鉴别诊断。同时还要做到对各种扫描技术参数进行有机的组合,在参数调整过程中一定要树立全局观念,在图像质量众多参数

指标中,在保证图像有足够的SNR前提下,以获得最佳的对比度更为重要,因为它会直接影响病变的检出率^[13]。设定更合理的参数组合,是提高SNR、克服噪声与伪影的关键,也是取得优质的MRI图像的重要保证。

参考文献 [References]

- [1] Li KC. Chinese medical magnetic resonance industry and technology development present situation. *Chin J Magn Reson Imaging*, 2011, 2(1): 5-6.
李坤成. 中国医用磁共振产业和技术发展现状. *磁共振成像*, 2011, 2(1): 5-6.
- [2] Yang ZH, Feng F, Wang XY. *Magnetic resonance imaging technology guide*. Beijing: People's military medical press, 2007: 424-426.
杨正汉, 冯逢, 王霄英. *磁共振成像技术指南*. 北京: 人民军医出版社, 2007: 424-426.
- [3] Zhao XP. *The principle of magnetic resonance imaging system and its application*. Beijing: Science Press, 2000: 407-422.
赵喜平. *磁共振成像系统的原理及其应用*. 北京: 科学出版社, 2000: 407-422.
- [4] Huang YT, He CM. Evaluation Methodology of MRI SNR. *Chin J Magn Reson Imaging*, 2012, 3(2): 149-152.
黄艳图, 何超明. 磁共振成像信噪比的评价方法. *磁共振成像*, 2012, 3(2): 149-152.
- [5] Kang LL, Yu XE. MRI image signal-to-noise ratio influence factors analysis. *Radiology, Practice*, 2001, 16(6):404.
康立丽, 余晓镔. MRI图像信噪比影响因素分析. *放射学实践*, 2001, 16(6): 404.
- [6] Lei FZ, Zhang TP. Magnetic resonance technology parameters and the video signal is discussed. *Chin med imag technol*, 2003, 19(9): 1241-1241.
雷福章, 张台平. 磁共振技术参数与影像信号的探讨. *中国医学影像技术*, 2003, 19(9): 1241-1241.
- [7] Kang LL, Lu WG, Yu XE, et al. MRI scanning parameters and the signal-to-noise ratio relation of experimental study. *Chin J Radiology*, 2003, 37(3): 225-227.
康立丽, 卢广文, 余晓镔, 等. MRI扫描参数与信噪比关系的实验研究. *中华放射学杂志*, 2003, 37(3): 225-227.
- [8] Jung Y, Jashnani Y, Kijowski R, et al. Consistent non-cartesian off-axis MRI quality: calibrating and removing multiple sources of demodulation phase errors. *Magn Reson Med*, 2007, 57(1): 206-212.
- [9] Edelman RR, Hesselink JR. *Clinical magnetic resonance imaging*. Philadelphia: Saunders, 1990: 20-23.
- [10] AAPM. *Acceptance testing and quality assurance procedures for magnetic resonance imaging facilities*. Maryland: AAPM, 2010:14-20.
- [11] Han ZC, Liu J, Feng W. MRI detection parameters and quality control. *China Metrology*, 2007, (8): 56-59.
韩志成, 刘剑, 冯伟. MRI的检测参数和质量控制. *中国计量*, 2007, (8): 56-59.
- [12] Hashemi RH, Bradley WG Jr, Lisanti CJ. *The basics of MRI*. Baltimore: Williams & Wilkins, 2004: 153-165.
- [13] Matt A, Bernstein, Kevin F. *Handbook of MRI Pulse Sequences*. Burlington: Elsevier Academic Press, 2004: 312-323.