

核磁共振成像在急诊应用进展

吴彩军 何新华

核磁共振成像 (nuclear magnetic resonance imaging, MRI), 是继 CT 后医学影像学的又一重大进步。自上世纪八十年代应用以来, 它以极快的速度得到发展。其基本原理是将人体置于特殊的磁场中, 用无线电射频脉冲激发人体内氢原子核, 引起氢原子核共振, 并吸收能量。在停止射频脉冲后, 氢原子核按特定频率发出射电信号, 并将吸收的能量释放出来, 被体外的接受器收录, 经电子计算机处理获得图像。由于它彻底摆脱了电离辐射对人体的损害, 又有参数多, 信息量大, 可多方位成像, 以及对软组织有高分辨力等突出的特点, 从它一问世便引起各界学者的重视, 无论是设备的改进、软件的更新及升级, 还是对全身各部位器官的诊断作用的研究, 发展相当快, 目前已经成熟, 被广泛用于临床疾病的诊断, 其适应证检查几乎涵盖了人体全身各个系统与组织, 而且对一些特殊病变的诊断成为必不可少的检查方法。可以说: “Thanks to MRI, a once rare condition becomes common”^[1]。

随着 MRI 技术和设备的不断普及, MRI 在临床中的应用也逐步从对特殊疑难疾病的“高精尖”的诊疗应用发展到对普通常见疾病的“早发现”, MRI 在急诊医学影像学检查中所占的地位逐步受到重视。在一项以学院型医院急诊科的单中心研究发现, 在过去的 5 年中, 急诊影像学检查 MRI 所占比例出现了稳步的上升, 而 CT 检查则呈现出逐年下降的趋势^[2]。

1 MRI 在急诊颅脑病变的应用

MRI 对颅脑病变诊断的优越性已经被研究所证实, 尤其是对短暂脑缺血发作以及微小颅脑卒中病灶的检测较 CT 具有明显的优势^[3]。脑 MRI 结合脑血管核磁共振成像可以用来评估蛛网膜下腔出血, 脑动脉瘤, 颅内静脉血栓和血管炎^[4-5]。

1.1 急诊 MRI 的应用提高了年轻脑卒中患者早期诊断的准确性

急性缺血性卒中的年轻患者漏诊或者误诊率在 14% 或者更高, 可造成更长时间的身体与心理上的伤害^[6], 所以,

对于年轻急性缺血性卒中的患者更早更准确的诊断有着更为重要的临床意义: 一方面可以为静脉溶栓或者介入干预治疗提供依据^[7]; 另外一方面可以使得患者更早地进入卒中治疗监护病房获得正规、系统的精细化治疗而获得最大的远期预后获益^[8]。研究显示, 在急诊对于出现神经系统异常体征或者神志状态、行为活动出现异常的年轻患者, 如果没有禁忌证, 及早进行 MRI 的检查可以明显提高缺血性卒中诊断的准确性, 而且在年龄小于 35 周岁的患者中可以降低误诊^[7]。由于急性缺血性卒中的年轻患者漏诊或者误诊都可能对患者造成不可逆转的致死或者致残, 所以对于急诊室中任何怀疑到缺血性卒中可能存在的年轻患者, 均应尽早进行 MRI 检查。

1.2 MRI 在急诊 CT 颅脑检查阴性出血性疾病中的价值

一般情况下, 颅脑急性出血性疾病的诊断在临床上更多的是依靠简便快捷的 CT 检查, 但是在一些特殊出血性疾病的情况下, CT 具有一定的局限性。比如蛛网膜下腔出血 (SAH), CT 检查诊断阳性率在 24 h 内为 90%, 如果超过 1 周则降低到 50%, 同样 SAH 的漏诊与误诊对患者带来的后果可能是致命的^[9]。而 MRI 对于出血性疾病的诊断的准确性较 CT 也具有明显的优越性, 尤其是利用 MRI 中的梯度回波成像技术显像, 可以更加明确的对一些急诊颅脑 CT 检查阴性出血性疾病做出确切诊断^[10]。

1.3 MRI 对急性缺血性脑血管病脑血流动力学的评估

急性缺血性脑血管病的基础往往是脑血流动力学发生了改变, 可以说由于脑血流动力学发生异常改变后缺血性卒中才会发生^[11]。所以对于急诊早期发生短暂性脑缺血的患者或者急诊 MRI 检查阴性结果的患者, 尽早同时进行脑血流动力学 (脑血流速和脑血流量) 以及脑代谢 (脑组织的氧代谢) 的定量与准确测定, 可以更早的发现脑缺血性疾病发生的潜在可能^[12]。由于 MRI (非增强) 检查不需要外源性的放射性物质辅助即可完成相关的脑血流动力学的检查, 所以在急诊可能具有广泛的未来应用前景。虽然到目前为止, 关于脑血流动力学与脑组织代谢的 MRI 影像检查主要还是集中在慢性的缺血性脑血管疾病, 急诊相关研究较少, 最主要的一个重要原因就是该项检查需要的时间较长。但是, 随着检测手段的不断改进和检测方法的逐步

标准化,快速而且有效的分析软件包可能植入到 MRI 机器中,从而实现检查时间的大幅减少,有利于急诊对短暂脑缺血患者进行尽早的脑血流和脑代谢的评估^[13]。

1.4 MRI 对急诊卒中患者病情阶段的评估

急诊所接诊治疗的脑卒中患者,不是绝对的都是急性 24 h 内起病的患者。尤其是在三级甲等综合大型医院,往往有不同等级医院的患者进行急诊转诊。如何准确的评估患者发生卒中病情的程度,如何把握患者在急诊就诊时卒中脑组织病理生理状况,对急诊医师而言具有一定的难度。MRI 在急诊的又一应用就是对卒中病灶进行可以进行判断:在不明确疾病发生发展时间的情况下,可以对卒中病灶进行辅助判断。MRI 可从发生卒中后的血管再生,神经元细胞的轴突生长等方面对发生卒中的脑组织进行病情进展的判断^[14-15]。所以, MRI 可以从疾病的进程上对脑卒中疾病发生后进行不同病理生理阶段的监测:包括卒中的发生,进展以及病灶的修复与组织的再生重塑^[16]。

2 MRI 在急诊急性胸痛疾病中的应用

在急诊,以急性胸痛为主诉的患者是需要引起急诊医

师特别重视的,因为这些胸痛的患者潜在的病因往往是致命的,如急性冠脉综合征,急性主动脉夹层破裂,肺动脉栓塞等,需要迅速的做出诊断和治疗^[17]。在急诊急性胸痛疾病诊断的辅助检查中, MRI 已经逐步成为了一项重要的辅助检查,而且与急诊 CT 血管造影等检查手段比较,具有独特的优势。

2.1 MRI 在急诊急性冠脉综合征中的应用

对于急诊疑似或者确诊的急性冠脉综合征的患者,目前急诊室常用的检查治疗方法是冠状动脉介入检查治疗或者溶栓治疗。但是,对于不适合进行介入或者溶栓治疗的急性冠脉综合征患者(如对增强造影剂明确过敏或者存在消化道出血倾向的患者),进行 MRI 检查可能是在急诊的最佳辅助检查手段之一。对急性冠脉综合征患者进行急诊 MRI 检查,能够得到更多的影像学信息:胸廓与纵隔,左心室局部与整体的功能,心肌水肿、缺血,心肌细胞坏死和瘢痕等。表 1 是一个标准的 MRI 在急诊急性冠脉综合征患者中的应用^[18]。急诊 MRI 对急性冠脉综合征患者进行检查,较超声心动图具有自己独特的优势,可在疾病发生发展的早期阶段即可发现,便于临床进行早期干预治疗。

表 1 怀疑急性心源性胸痛患者(均已进行心电图检查且无阳性发现)行 MRI 检查建议

序列类型	方向	可获得的信息
T2 加权梯度回波序列	形态 横轴	心脏大小,心包厚度和渗出,纵隔大血管,胸膜渗出,肺脏渗出浸润
平衡稳态自由运动序列	功能 左心室长轴和短轴	左心室整体与局部功能
T2 加权序列	水肿 左心室长轴和短轴	心肌水肿
T1 加权饱和和回收超速梯度回波序列	一级灌注 左心室短轴	静息灌注,微血管阻塞(“无复流”)
T1 加权反转恢复梯度回波序列	延迟增强 左心室长轴和短轴	心肌坏死,心肌水肿,心肌瘢痕

已经有研究发现, MRI 检查对部分急诊心电图未有诊断急性心肌梗死的急诊胸痛患者可以发现心肌梗死,而且该研究认为 MRI 是急性冠脉综合征最强的预测指标,如果能够结合临床资料其诊断的效能会更大^[19]。虽然 MRI 在急诊急性冠脉综合征中的应用具有一定的限制(只能检查不能进行干预治疗,需要的检查时间较长,检查的影像结果需要进行后期处理与专业医师进行解读等)^[20],但是在急诊介入治疗等操作结束以后进行 MRI 检查可得到更多的心脏信息^[21]。

2.2 MRI 对急诊急性心肌炎的诊断

急性心肌炎在急诊胸痛患者中准确诊断的准确率较低,这与心肌炎疾病本身的特点具有很大的关系。即使是心内膜活检,研究报道对心肌炎诊断的敏感度仅有 35% ~ 50%, 特异度仅有 78% ~ 89%; 如果按照 Dallas 标准对病毒基因的检测,其敏感度仅有 38%, 特异度有 80% ~ 100%^[22]。但是, MRI 在诊断急性心肌炎却具有一定的优势。而且也有较多的研究发现, MRI 不仅可以对心肌炎做出诊断,而且可以做出排除,所以对急诊疑似急性心肌炎的患者 MRI 检查不仅避免了心脏介入或者穿刺检查带来的

创伤,而且诊断效能也是最高的^[23-25]。

2.3 MRI 在急诊肺动脉栓塞患者中的应用

急诊肺动脉栓塞的迅速准确的诊断仍然是急诊医师面临的一个挑战,如果没有影像学证据的支持,由于肺动脉栓塞症状与体征的非特异性,临床诊断较为困难。目前,急诊诊断肺动脉栓塞最常用的是 CT 肺血管造影检查。相对于 CT 肺血管造影检查,采用 MRI 进行急诊肺动脉栓塞的影像学检查手段尚未在急诊得到更多的应用。由于采用 MRI 进行的肺动脉栓塞临床研究较少,所以在相关的指南建议中认为 MRI 对该病的诊断价值尚不明确。但是,一项短病程(小于 10 min)的 MRI 诊断肺动脉栓塞的研究发现,结合血管造影的 MRI 检查,对肺动脉栓塞的诊断敏感度达到 100%^[26]。所以, MRI 对急诊急性肺动脉栓塞的患者进行诊断检查目前还仅仅局限于对 CT 造影检查存在禁忌的患者^[27-28]。

2.4 MRI 对急诊急性主动脉夹层破裂的诊断

主动脉夹层破裂病死率较高,是急诊胸痛患者最为凶险的急症之一。在对主动脉夹层破裂辅助检查中, MRI

(包括增强) 诊断的准确性是不容置疑的。由于 MRI 检查的时效性, 所以在 2010 年相关指南的修订中, 对于 MRI 诊断主动脉夹层破裂检查的建议也仅仅是“补充或者候选”^[29]。虽然, MRI 诊断主动脉夹层破裂需要进行增强对比以提高诊断的准确率, 但是, 也有研究发现, 即使是在非增强的条件下, MRI 在减少了检查所需要的时间的前提下, 也能对主动脉夹层破裂做出较高的诊断率^[30-31]。同样的, 对于急诊疑似主动脉夹层破裂的患者如果存在进行放射性 CT 增强造影检查的禁忌证如造影剂过敏, 孕妇等, MRI 是第一选择。

3 MRI 在急诊肺气肿患者中的诊断意义

慢性阻塞性肺疾病急性发作在急诊呼吸困难患者病因分类中位居前列, 急诊医师对这些患者肺部功能的评估往往根据患者的临床表现和一些既有的辅助检查结果^[32]。理想情况下, 对长期慢性阻塞性肺疾病以及肺气肿患者制定急诊治疗方案应该基于患者肺脏的形态和功能改变程度。目前, 在急诊进行的肺气肿患者的影像学检查中, 肺部 CT 检查占据了绝对优势的比例^[33]。但是, 近年来 MRI 凭借独特的自身优势(较好的组织对比度, 在不应用放射性物质的前提下可以获得肺组织病理生理变化信息等)在急诊也有一定的应用进展。尤其是功能型 MRI 检查技术可以对肺脏的血流、灌注、气体交换、呼吸运动等进行详细的监测和分析^[34-36]。所以, 对于急诊肺气肿患者在病情相对稳定的前提下及时进行肺 MRI 检查, 不仅可以对患者肺组织形态进行评估, 而且可以及时获得患者肺功能参数, 对急诊治疗具有临床指导意义。但是, 就目前急诊临床实践中对此类型的患者普遍进行 MRI 检查, 条件尚不具备。

4 MRI 在急诊外伤患者中的应用

急诊外伤患者, 往往具有病情明显, 致伤原因明确等特点。结合患者的致伤特点以及快速而且便捷的放射线检查(X线或者CT), 患者疾病的严重缓急程度往往能够得到准确的判断和评估。但是, 在某些特殊的情况下, MRI 则成为急诊外伤患者不可或缺的重要检查手段。

4.1 MRI 对急诊颈椎外伤的诊断意义

急诊外伤患者如果怀疑颈椎存在伤害, 对其进行准确的评估和急诊处理是至关重要的, 否则有造成患者高位截瘫的风险。对于外伤后神志清醒的患者, 相关指南对颈椎损伤如何进行急诊治疗已经做出了详尽的建议, 但是对于神志受到影响的患者, 如何对患者进行颈椎的制动保护, 只能通过影像学检查予以辅助^[37-38]。虽然 CT 对颈椎损伤在急诊已经得到了广泛的应用而且具有一定的垄断地位, 但是有研究发现急诊如果仅仅使用 CT 检查对颈椎外伤进行诊断或者排除, 容易对颈部存在的具有临床意义的软组织损伤漏诊, 所以对此类患者进行 MRI 检查在急诊具有一定的必要性^[39-40]。需要明确的是, 不是所有发生颈椎损伤

的患者都无一例外地需要进行颈椎 MRI 的检查, 研究认为, 对于存在局限性的神经系统异常而无法用已经明确的损伤病因子以解释的颈椎损伤患者在 CT 检查阴性的前提下, 颈椎 MRI 检查是第一首选^[41]。

4.2 MRI 在急诊急性髌骨骨折中的应用

据估计, 到 2050 年, 世界范围内发生髌骨骨折的患者将达到 730 万到 2 130 万之多^[42]。如果对急性的髌骨骨折诊断与治疗发生延误 24 h, 就会造成病死率成倍的上升^[43]。急诊急性髌骨骨折诊断的影像学检查手段包括有 X 线平片, CT 以及 MRI。越来越多的研究支持利用 MRI 检查技术对可能潜在的髌骨骨折进行探查, 而且研究发现其诊断急性髌骨骨折的敏感度达到 100%, 特异度达到 93% ~ 100%^[43]。同时, 即使是患者不存在急性髌骨骨折, 急诊进行 MRI 检查可以明确是否存在非骨折性原因(如肌肉撕裂, 感染等)导致的髌骨疼痛^[44], 而且对患者的住院时间以及远期预后都可以带来益处^[45]。

5 MRI 在急诊其他外科性疾病中的应用

化脓性髓关节炎在进行抽吸治疗之前进行 MRI 检查有助于提高诊断的准确性, 而且降低了重复操作与治疗的可能性^[46]。急诊腰痛与季肋区疼痛的患者流行病学统计发现, 在急诊进行的影像学检查中, MRI 出现逐年上升的趋势, 其原因主要是由于 MRI 检查手段在急诊的逐步普及和 MRI 较急诊其他影像学检查手段较高的特异度与敏感度^[47]。另外, MRI 在妇科急诊中也有较为广泛的应用, 包括对妇科急诊常见的卵巢出血, 异位妊娠, 肿瘤破裂, 卵巢扭转等疾病的影像学确诊都有着较高的诊断价值, 在急诊临床中具有广泛的应用前景^[48]。

6 结语

急诊是临床科室中疾病种类与疾病表现最为复杂的科室, 由于其患者危、重、急和潜在致命疾病风险的特点, 对急诊医师提出了最大的挑战。在实际的急诊工作中, 快速、简便、精确的辅助检查手段历来是急诊一线医师的左膀右臂。就目前 MRI 在急诊的应用时效性而言, 尚不能满足临床常见急症疾病所需要的“简单”、“快速”等要求, 尤其对于急危重患者进行急诊的 MRI 检查具有局限性。另外, 急诊 MRI 检查从患者医疗花费上与 CT 比较也显昂贵。但是, 随着 MRI 检查技术和设备的不断更新与进步, MRI 检查的优越性在急诊将会更多的显现, MRI 自身的一些短处将逐步得到修正, 在急诊的应用将得到更多的延伸和发展。

参 考 文 献

- [1] Aktas-Kocar Y. Thanks to MRI, a once rare condition becomes common [J]. JAAPA, 2012, 25 (12): 65-66.
- [2] Quaday KA, Salzman JG, Gordon BD. Magnetic resonance imaging

- and computed tomography utilization trends in an academic ED [J]. *Am J Emerg Med*, 2014, 32 (6): 524-528.
- [3] Chalela JA, Kidwell CS, Nentwich LM, et al. Magnetic resonance imaging and computed tomography in emergency assessment of patients with suspected acute stroke: a prospective comparison [J]. *Lancet*, 2007, 369 (9558): 293-298.
- [4] Forster A, Gass A, Kern R, et al. Brain imaging in patients with transient ischemic attack: a comparison of computed tomography and magnetic resonance imaging [J]. *Eur Neurol*, 2012, 67 (3): 136-141.
- [5] Moreau F, Asdaghi N, Modi J, et al. Magnetic resonance imaging versus computed tomography in transient ischemic attack and minor stroke: the more you see the more you know [J]. *Cerebrovasc Dis Extra*, 2013, 3 (1): 130-136.
- [6] Kuruvilla APB, Rajamani KSC. Factors associated with misdiagnosis of acute stroke in young adults [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2011, 20 (6): 523-527.
- [7] Bhattacharya P, Nagaraja N, Rajamani K, et al. Early use of MRI improves diagnostic accuracy in young adults with stroke [J]. *J Neurol Sci*, 2013, 324 (1/2): 62-64.
- [8] Smith EE, Hassan KA, Fang J, et al. Do all ischemic stroke subtypes benefit from organized inpatient stroke care? [J]. *Neurology*, 2010, 75 (5): 456-462.
- [9] Gijn JV, Rinkel GJE. Subarachnoid haemorrhage: diagnosis, causes and management [J]. *Brain*, 2001, 124 (2): 249-278.
- [10] Lee SW, Choi SH, Hong Y, et al. Effects of magnetic resonance imaging diffusion gradient recalled echo on a patient with an intracranial hemorrhage presenting to the emergency department [J]. *Eur J Emerg Med*, 2006, 13 (2): 117-118.
- [11] Derdeyn CP, Videen TO, Yundt KD, et al. Variability of cerebral blood volume and oxygen extraction: stages of cerebral haemodynamic impairment revisited [J]. *Brain*, 2002, 125 (3): 595-607.
- [12] Zipfel GJ, Sagar J, Miller JP, et al. Cerebral hemodynamics as a predictor of stroke in adult patients with Moyamoya disease: a prospective observational study [J]. *Neurosurg Focus*, 2009, 26 (4): E6.
- [13] Donahue MJ, Strother MK, Hendrikse J. Novel MRI approaches for assessing cerebral hemodynamics in ischemic cerebrovascular disease [J]. *Stroke*, 2012, 43 (3): 903-915.
- [14] Liu Z, Zhang RL, Li Y, et al. Remodeling of the corticospinal innervation and spontaneous behavioral recovery after ischemic stroke in adult mice [J]. *Stroke*, 2009, 40 (7): 2546-2551.
- [15] Zhang J, Wang Y, Wang G, et al. Clinical factors in patients with ischemic versus hemorrhagic stroke in East China [J]. *World J Emerg Med*, 2011, 2 (1): 18-23.
- [16] Jiang Q, Zhang ZG, Chopp M. MRI of Stroke Recovery [J]. *Stroke*, 2010, 41 (2): 410-414.
- [17] Loewe C. Acute chest pain: a purely clinical problem or a question for radiology? [J]. *Radiologe*, 2008, 48 (5): 448-456.
- [18] Hunold P, Bischoff P, Barkhausen J, et al. Acute chest pain: The role of MR imaging and MR angiography [J]. *Eur J Radiol*, 2012, 81 (12): 3680-3690.
- [19] Kwong RY, Schussheim AE, Rekhraj S, et al. Detecting acute coronary syndrome in the emergency department with cardiac magnetic resonance imaging [J]. *Circulation*, 2003, 107 (4): 531-5377.
- [20] Yao H, Sun T, Wan Y, et al. Domestic versus imported drug-eluting stents for the treatment of patients with acute coronary syndrome [J]. *World J Emerg Med*, 2014, 5 (3): 175-181.
- [21] Breuckmann F, Nassenstein K, Bruder O, et al. Cardiac magnetic resonance imaging in the diagnosis of acute coronary syndrome. Basics and clinical value [J]. *Herz*, 2008, 33 (2): 129-135.
- [22] Liu PP, Yan AT. Cardiovascular magnetic resonance for the diagnosis of acute myocarditis: prospects for detecting myocardial inflammation [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 45 (11): 1823-1825.
- [23] Friedrich MG, Strohm O, Schulz-Menger J, et al. Contrast media-enhanced magnetic resonance imaging visualizes myocardial changes in the course of viral myocarditis [J]. *Circulation*, 1998, 97 (18): 1802-1809.
- [24] McCrohon JA, Moon JC, Prasad SK, et al. Differentiation of heart failure related to dilated cardiomyopathy and coronary artery disease using gadolinium-enhanced cardiovascular magnetic resonance [J]. *Circulation*, 2003, 108 (1): 54-59.
- [25] Mather AN, Fairbairn TA, Artis NJ, et al. Diagnostic value of CMR in patients with biomarker-positive acute chest pain and unobstructed coronary arteries [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2010, 3 (6): 661-664.
- [26] Kluge A, Luboldt W, Bachmann G. Acute pulmonary embolism to the subsegmental level: diagnostic accuracy of three MRI techniques compared with 16-MDCT [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2006, 187 (1): W7-14.
- [27] Ersoy H, Goldhaber SZ, Cai T, et al. Time-resolved MR angiography: a primary screening examination of patients with suspected pulmonary embolism and contraindications to administration of iodinated contrast material [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2007, 188 (5): 1246-1254.
- [28] Fink C, Henzler T, Shirinova A, et al. Thoracic Magnetic Resonance Imaging Pulmonary Thromboembolism [J]. *J Thorac Imaging*, 2013, 28 (3): 171-177.
- [29] Hundley WG, Bluemke DA, Finn JP, et al. ACCF/ACR/AHA/NASCI/SCMR 2010 expert consensus document on cardiovascular magnetic resonance: a report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents [J]. *Circulation*, 2010, 121 (22): 2462-2508.
- [30] Gebker R, Goma O, Schnackenburg B, et al. Comparison of different MRI techniques for the assessment of thoracic aortic pathology: 3D contrast enhanced MR angiography, turbo spin echo and balanced steady state free precession [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2007, 23 (6): 747-756.

- [31] Krishnam MS, Tomasian A, Malik S, et al. Image quality and diagnostic accuracy of unenhanced SSFP MR angiography compared with conventional contrast-enhanced MR angiography for the assessment of thoracic aortic diseases [J]. *Eur Radiol*, 2010, 20 (6): 1311-1120.
- [32] Rabe KF, Hurd S, Anzueto A, et al. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: GOLD executive summary [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2007, 176 (6): 532-555.
- [33] Lee SM, Seo JB, Hwang HJ, et al. Thoracic magnetic resonance imaging for the evaluation of pulmonary emphysema [J]. *J Thorac Imaging*, 2013, 28 (3): 160-170.
- [34] Wielputz M, Kauczor HU. MRI of the lung: state of the art [J]. *Diagn Interv Radiol*, 2012, 18 (4): 344-353.
- [35] Mathew L, Kirby M, Etemad-Rezai R, et al. Hyperpolarized (3) He magnetic resonance imaging: preliminary evaluation of phenotyping potential in chronic obstructive pulmonary disease [J]. *Eur J Radiol*, 2011, 79 (1): 140-146.
- [36] Kirby M, Svenningsen S, Owrangi A, et al. Hyperpolarized 3He and 129Xe MR imaging in healthy volunteers and patients with chronic obstructive pulmonary disease [J]. *Radiology*, 2012, 265 (2): 600-610.
- [37] Hoffman JR, Mower WR, Wolfson AB, et al. Validity of a set of clinical criteria to rule out injury to the cervical spine in patients with blunt trauma. National Emergency X-Radiography Utilization Study Group [J]. *N Engl J Med*, 2000, 343 (2): 94-99.
- [38] Mobbs RJ, Stoodley MA, Fuller J. Effect of cervical hard collar on intracranial pressure after head injury [J]. *ANZ J Surg*, 2002, 72 (3): 389-391.
- [39] Brown CV, Foulkrod KH, Reifsnyder A, et al. Computed tomography versus magnetic resonance imaging for evaluation of the cervical spine: how many slices do you need? [J]. *Am Surg*, 2010, 76 (8): 365-368.
- [40] Menaker J, Stein DM, Philp AS, et al. 40-slice multidetector CT: is MRI still necessary for cervical spine clearance after blunt trauma? [J]. *Am Surg*, 2010, 76 (2): 157-163.
- [41] Tan LA, Kasliwal MK, Traynelis VC. Comparison of CT and MRI findings for cervical spine clearance in obtunded patients without high impact trauma [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2014, 120 (5): 23-26.
- [42] Moroni A, Hoque M, Waddell J, et al. Surgical treatment and management of hip fracture patients [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2014, 134 (2): 277-281.
- [43] Wright AT, Chong ST, Kielear AZ, et al. Emergency Evaluation of Acute Hip Fractures: Role of MRI and Orthopedic Intervention [J]. *Contemporary Diagnostic Radiology*, 2014, 37. et al. Emergency evaluation of acute hip fractures: role of MRI and orthopedic intervention [J]. *Contemporary Diagnostic Radiology*, 2014, 37 (12): 1-6.
- [44] Bunner L, Eshlian-Oates L. Hip fractures in adults [J]. *Am Fam Physician*, 2003, 67 (3): 537-542.
- [45] Nachtrab O, Cassar-Pullicino VN, Lalam R, et al. Role of MRI in hip fractures, including stress fractures, occult fractures, avulsion fractures [J]. *Eur J Radiol*, 2012, 81 (12): 3813-3823.
- [46] Gottschalk HP, Moor MA, Muhamad AR, et al. Improving diagnostic efficiency: analysis of pelvic MRI versus emergency hip aspiration for suspected hip sepsis [J]. *J Pediatr Orthop*, 2014, 34 (3): 300-306.
- [47] Hyams ES, Korley FK, Pham JC, et al. Trends in imaging use during the emergency department evaluation of flank pain [J]. *J Urol*, 2011, 186 (11): 2270-2274.
- [48] Nishino M, Hayakawa K, Iwasaku K, et al. Magnetic resonance imaging findings in gynecologic emergencies [J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2003, 27 (4): 564-570.

(收稿日期: 2015-06-12)

(本文编辑: 郑辛甜)