

## Analysis of magnetic susceptibility in acute cerebral ischemia using quantitative susceptibility mapping

HONG Julu<sup>1</sup>, LI Hui<sup>2</sup>, SHEN Xiaoming<sup>1</sup>, LU Ruiliang<sup>1</sup>,  
HE Xiaohong<sup>1</sup>, ZHOU Xinhan<sup>1</sup>, GAO Mingyong<sup>1\*</sup>

(1. Department of Radiology, 2. Radiotherapy Department of Tumor Center, the First People's Hospital of Foshan, Affiliated Foshan Hospital of Sun Yat-sen University, Foshan 528000, China)

**[Abstract]** **Objective** To analyze the changes of susceptibility in acute cerebral ischemia (ACI) using quantitative susceptibility mapping (QSM). **Methods** Twenty-three patients with ACI who met the criteria underwent conventional brain MR and QSM scan, and the susceptibility maps were obtained with QSM post-processing software in image processing workstation. According to DWI images, ROIs were manually drawn on lesions of ACI to obtain magnetic susceptibility on susceptibility map, including cortical gray matter (CGM), subcortical white matter (SWM), caudate (CA), globus pallidus (GP), putamen (PU), thalamus (TH), substantia nigra (SN), dentate nucleus (DN) and pons (PO). Then magnetic susceptibility of contralateral position was obtained. According to whether cerebral microbleeds (CMBs) were observed, the ACI patients were divided into CMBs group and non-CMBs group. The magnetic susceptibility of groups and different ROIs of ACI and the contralateral area were compared statistically. **Results** There was significant difference in magnetic susceptibility between CMBs group [ $(79.04 \pm 52.25) \times 10^{-9}$  ppd] and non-CMBs group [ $(-4.01 \pm 44.57) \times 10^{-9}$  ppd;  $Z = -3.297$ ,  $P = 0.001$ ). The difference of magnetic susceptibility between the lesion side and the contralateral side [ $(-12.10 \pm 16.75) \times 10^{-9}$  ppd] was statistically significant in CMBs group ( $Z = -3.296$ ,  $P = 0.001$ ), but not in non-CMBs group (contralateral side [ $(1.61 \pm 32.77) \times 10^{-9}$  ppd;  $Z = -0.157$ ,  $P = 0.875$ ). According to the location of ROIs, magnetic susceptibility had statistical differences only in PO, CGM and contralateral side ( $Z = -2.023$ ,  $-3.130$ ,  $P = 0.043$ ,  $0.002$ ). **Conclusion** QSM can be used to quantitatively analyze magnetic susceptibility of ACI lesions and find CMBs, therefore is helpful to guiding treatment.

**[Key words]** Susceptibility mapping; Magnetic resonance imaging; Magnetic susceptibility; Brain ischemia

DOI:10.13929/j.1003-3289.201706151

## 基于定量磁敏感成像的急性缺血性脑卒中磁化率分析

洪居陆<sup>1</sup>, 李慧<sup>2</sup>, 申小明<sup>1</sup>, 卢瑞梁<sup>1</sup>,  
贺小红<sup>1</sup>, 周新韩<sup>1</sup>, 高明勇<sup>1\*</sup>

(1. 佛山市第一人民医院 中山大学附属佛山医院医学影像科, 2. 肿瘤中心放疗科, 广东 佛山 528000)

**[摘要]** **目的** 采用定量磁敏感成像(QSM)分析急性缺血性脑卒中(ACI)的磁化率变化。**方法** 对符合纳入标准的 23 例 ACI 患者行常规头颅 MR 和 QSM 扫描, 通过工作站 QSM 软件行图像后处理, 根据有无脑微出血灶(CMBs), 将 ACI

**[基金项目]** 广东省医学科学技术研究基金(A2017231)、佛山市医学类科技攻关项目(2016AB002431)、佛山市医学重点专科培育项目(Fspy3-2015013)。

**[第一作者]** 洪居陆(1982—), 男, 广东雷州人, 硕士, 副主任医师。研究方向: 腹部及神经系统影像诊断。E-mail: hongjulu2001@163.com

**[通信作者]** 高明勇, 佛山市第一人民医院 中山大学附属佛山医院医学影像科, 528000。E-mail: gmyong163@163.com

**[收稿日期]** 2017-06-28 **[修回日期]** 2017-11-25

分为 CMBs 组和无 CMBs 组。以 DWI 图为参考,于磁敏感图病灶处手工勾画 ROI,包括皮层灰质(CGM)、皮层下白质(SWM)、尾状核(CA)、苍白球(GP)、壳核(PU)、丘脑(TH)、黑质(SN)、齿状核(DN)、桥脑(PO),获得病灶磁化率,并通过镜像方式获得对侧镜像区磁化率。对不同组别和 ROIs 分别与对侧镜像区的磁化率进行统计学分析。**结果** CMBs 组  $[(79.04 \pm 52.25) \times 10^{-9} \text{ppd}]$  和无 CMBs 组  $[-(4.01 \pm 44.57) \times 10^{-9} \text{ppd}]$  病灶磁化率差异有统计学意义 ( $Z = -3.297, P = 0.001$ )。CMBs 组病灶侧与对侧  $[-(12.10 \pm 16.75) \times 10^{-9} \text{ppd}]$  的磁化率差异有统计意义 ( $Z = -3.296, P = 0.001$ ), 无 CMBs 组病灶侧与对侧  $[(1.61 \pm 32.77) \times 10^{-9} \text{ppd}]$  的磁化率差异无统计学意义 ( $Z = -0.157, P = 0.875$ )。根据 ROI 的位置,仅 PO 和 CGM 磁化率与对侧的差异有统计学意义 ( $Z = -2.023, -3.130, P = 0.043, 0.002$ )。**结论** QSM 可定量分析 ACI 磁化率,发现 CMBs,有助于指导治疗。

**[关键词]** 磁敏感成像;磁共振成像;磁化率;脑卒中

**[中图分类号]** R743.3; R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2018)02-0185-05

急性缺血性脑卒中 (acute cerebral ischemia, ACI) 亦称为急性脑梗死,是严重威胁人类健康和生命的常见病和多发病,死亡/残疾率为 33.4%~44.6%,需加强早期诊断、治疗、康复和预防再发<sup>[1]</sup>。静脉溶栓疗法是公认的治疗 ACI 最有效的方法,但最严重的并发症是症状性颅内出血,ACI 出血性转化 (hemorrhagic transformation, HT) 发生率约 8.50%~30.00%,其中有症状者约 1.5%~5.0%<sup>[2]</sup>,病死率高达 66.7% 以上<sup>[3]</sup>。对治疗过程中 ACI HT 的监控,目前临床主要采用 SWI 技术<sup>[4-5]</sup>,其中定量磁敏感成像 (quantitative susceptibility mapping, QSM)<sup>[6]</sup> 可以对脑微出血 (cerebral microbleeds, CMBs) 和 HT 定量分析。本研究采用 QSM 技术定量分析 ACI 病灶磁化率,探讨其临床应用价值。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 收集 2017 年 1 月—6 月我院临床怀疑 ACI 而行急诊常规 MR 平扫的 42 例患者,年龄 26~86 岁,平均  $(61.9 \pm 14.4)$  岁。纳入标准:①病灶在  $b = 1\ 000 \text{ s/mm}^2$  DWI 图像上呈高信号;②完成 QSM 扫描;③QSM 重组图像无移动伪影。排除标准:①患者躁动,无法配合检查;②病灶在  $b = 1\ 000 \text{ s/mm}^2$  DWI 图像上呈等信号或低信号;③QSM 重组图像有移动伪影。最终纳入 23 例 ACI 患者,男 17 例,女 6 例,年龄 26~86 岁,平均  $(60.7 \pm 15.8)$  岁,病灶位于左侧 9 例,右侧 14 例。随访时间 5~15 天,以出院时间为最终节点,临床根据病情需要复查 CT。本研究经我院医学伦理委员会批准,患者均签署 MR 检查知情同意书。

**1.2 仪器与方法** 采用 GE Discovery 750W 3.0T 超导 MR 扫描仪,8 通道标准头线圈。每周使用 MR 水模 (GE 编号 2152220 REV4, MRS SPHERE) 对常规序列及 QSM 序列扫描 1 次,以保证图像质量一致。嘱患者仰卧,以楔形海绵垫固定其头部。轴位扫描平

行于胼胝体嘴与压部最低点连线,扫描序列及参数: T1W-FLAIR, TE 22.7 ms, TR 2 508 ms, TI 794 ms, 回波链长度 8, NEX 2.0, 扫描时间 119 s, 矩阵  $320 \times 256$ ; T2W FSE 序列, TE 117.1 ms, TR 4 944 ms, 回波链长度 32, NEX 1.5, 扫描时间 64 s, 矩阵  $416 \times 416$ ; T2W FLAIR 序列, TE 95.2 ms, TR 9 000 ms, TI 2 475 ms, 回波链长度 16, NEX 1.0, 扫描时间 153 s, 矩阵  $256 \times 256$ 。DWI 采用 EPI 序列, TE 77.3 ms, TR 4 880 ms, 回波链长度 1, NEX 2.0, 扫描时间 64 s,  $b = 0, 1\ 000 \text{ s/mm}^2$ , 矩阵  $130 \times 160$ ; 层数 20 层, 层厚 5.0 mm, 层间距 1.0 mm, FOV  $24.0 \text{ cm} \times 24.0 \text{ cm}$ 。QSM 序列: 复制常规序列轴位扫描的倾斜度, FA  $12^\circ$ , TE 3.1、6.5、9.8、13.1、16.4、19.7、23.1、26.4、29.7、33.0、36.3、39.7、43.0、46.3、49.6、52.9 ms, TR 84.3 ms, NEX 0.7, 扫描时间 378 s, 层数 50 层, 层厚 2 mm, 无层间距, FOV  $25.6 \text{ cm} \times 25.6 \text{ cm}$ , 矩阵  $256 \times 256$ 。

**1.3 图像分析** 将薄层图像导入 GE AW4.6 工作站 Functool 软件 (9.4.05 版) QSM 模块, 设置阈值为 0.06, 于回波数为“14、15、16”后处理图像中, 获得软组织分辨率高、组织对比度良好的磁敏感图和相位图。在 QSM 序列回波数为 16 的幅度图上, 选择  $b = 1\ 000 \text{ s/mm}^2$  的 DWI 图像高信号区域, 勾画 ROI, 获得病灶磁化率, 并在对侧相应位置获得同样大小的镜像 ROI 和磁化率, 见图 1、2。ROI 包括皮层灰质 (cortical gray matter, CGM)、皮层下白质 (subcortical white matter, SWM)、尾状核 (caudate, CA)、苍白球 (globus pallidus, GP)、壳核 (putamen, PU)、丘脑 (thalamus, TH)、黑质 (substantia nigra, SN)、齿状核 (dentate nucleus, DN)、脑桥 (pons, PO)。ROI 面积需小于 DWI 图像所示高信号病灶区域, 且直径  $\leq 10 \text{ mm}^2$ , 如病灶面积大, 累及 CGM、SWM、基底核灰质核团, 则各区域分别勾画 ROI, 并确

保每个 ROI 局限于特定区域。根据磁敏感图上病灶是否为高信号(即 CMBs),将病灶 ROI 分 2 组,即高信号组(CMBs 组)和等或低信号组(无 CMBs 组)。

由 1 名经 QSM 后处理应用培训的高年资医师完成 ROI 勾画,另由 1 名资深影像医师核对数据,如有异议,经协商重新勾画 ROI。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 17.0 统计分析软件,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示。采用单样本 K-S 检验正态性检验。病灶与对侧磁化率的比较采用配对 Wilcoxon 符号秩和检验。两组磁化率的比较采用配对 Wilcoxon 符号秩和检验;并根据病灶累及区域,如 CGM、SWM、基底核团等,分别对病灶侧与对侧磁化率采用配对 Wilcoxon 符号秩和检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

不同性别、年龄 ACI 患者差异无统计学意义( $t = -0.506$ ,  $P = 0.618$ )。23 例 ACI 患者中,共测量 77 个 ROI 病灶的磁化率;CMBs 组 7 例(7/23, 30.43%),ROI CMBs 发生率为 18.18%(14/77),分别位于 CGM、SWM、PO,其中 CGM 发生率为 45.45%(10/22),SWM 发生率为 6.67%(2/30),PO 发生率为 40.00%(2/5)。

ACI 病灶磁化率 $[(11.09 \pm 55.92) \times 10^{-9}$  ppd]与对侧 $[-0.88 \pm 30.86) \times 10^{-9}$  ppd]比较差异无统计学意义( $Z = -1.907$ ,  $P = 0.057$ )。CMBs 组 $[(79.04 \pm 52.25) \times 10^{-9}$  ppd]和无 CMBs 组 $[-4.01 \pm 44.57) \times 10^{-9}$  ppd]病灶磁化率差异有统计学意义( $Z = -3.297$ ,

表 1 不同位置病灶与对侧磁化率的对比( $\bar{x} \pm s$ )

位置	磁化率( $\times 10^{-9}$ ppd)		Z 值	P 值
	病灶侧	对照侧		
GP(n=5)	20.74±40.24	15.77±50.72	-0.405	0.686
CA(n=5)	13.63±11.21	27.48±31.99	-0.405	0.686
PU(n=4)	23.70±32.84	57.10±24.61	-1.826	0.068
SN(n=2)	21.10±0.71	51.90±61.80	-0.447	0.655
TH(n=4)	14.31±3.69	20.06±13.06	-1.095	0.273
PO(n=5)	17.46±40.58	-30.58±22.53	-2.023	0.043
CGM(n=22)	50.53±62.45	-3.74±13.16	-3.130	0.002
SWM(n=30)	-17.39±50.72	-15.37±17.72	-0.422	0.673

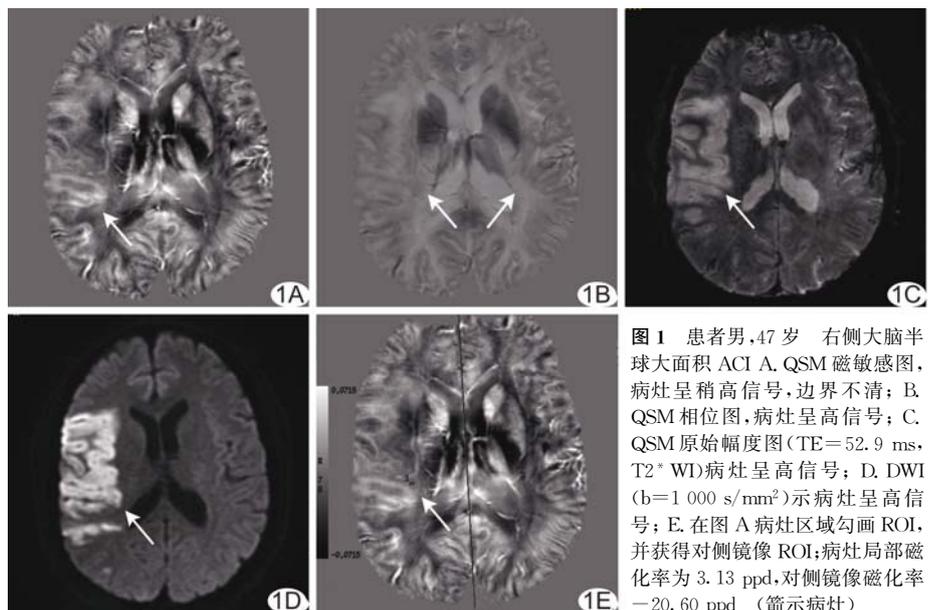


图 1 患者男,47 岁 右侧大脑半球大面积 ACI A. QSM 磁敏感图,病灶呈稍高信号,边界不清; B. QSM 相位图,病灶呈高信号; C. QSM 原始幅度图(TE=52.9 ms, T2\* WI)病灶呈高信号; D. DWI (b=1 000 s/mm<sup>2</sup>)示病灶呈高信号; E. 在图 A 病灶区域勾画 ROI,并获得对侧镜像 ROI;病灶局部磁化率为 3.13 ppd,对侧镜像磁化率 -20.60 ppd (箭示病灶)

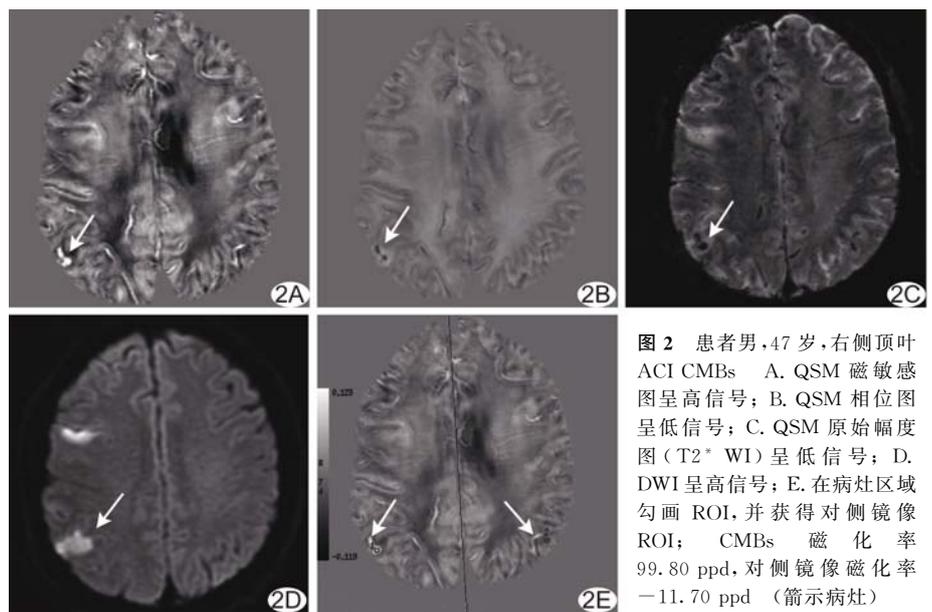


图 2 患者男,47 岁,右侧顶叶 ACI CMBs A. QSM 磁敏感图呈高信号; B. QSM 相位图呈低信号; C. QSM 原始幅度图(T2\* WI)呈低信号; D. DWI 呈高信号; E. 在病灶区域勾画 ROI,并获得对侧镜像 ROI; CMBs 磁化率 99.80 ppd,对侧镜像磁化率 -11.70 ppd (箭示病灶)

$P=0.001$ )。CMBs 组病灶侧与对侧  $[(-12.10 \pm 16.75) \times 10^{-9} \text{ppd}]$  的磁化率差异有统计意义 ( $Z=-3.296, P=0.001$ )，无 CMBs 组病灶侧与对照侧  $[(1.61 \pm 32.77) \times 10^{-9} \text{ppd}]$  的磁化率差异无统计学意义 ( $Z=-0.157, P=0.875$ )。根据 ROI 的位置，仅 PO 和 CGM 磁化率与对照侧的差异有统计学意义 ( $Z=-2.023, -3.130, P=0.043, 0.002$ )，见表 1。

住院期间临床随访和 CT 复查，仅 1 例发生 HT，发生率 4.35% (1/23)。

### 3 讨论

缺血性脑卒中定义为突发起病，有神经系统定位症状、体征，24 h 内未恢复，并经头部影像学证实为 ACI，或 24 h 内卒中症状或体征缓解但头部影像学检查发现新发卒中责任病灶者，诊断标准参照 2010 年《中国急性缺血性脑卒中诊治指南》<sup>[7]</sup>。ACI 是发生于 3 天内的缺血性脑卒中。

CMBs 是脑实质内均匀一致的圆形或椭圆形、边界清晰的异常信号区，SWI 序列呈低信号，QSM 序列磁敏感图呈高信号。其大小界定标准尚不统一，有学者<sup>[4]</sup>认为直径 2~5 mm，亦有学者<sup>[8]</sup>认为直径  $\leq 10$  mm，本研究采用后者为标准。HT 是在缺血性脑卒中后梗死区发生的继发性出血，包括自发性出血和医源性出血。

3.1 脑缺血再灌注原理 毛细血管内皮细胞间的紧密连接及基底膜共同构成血脑屏障。细胞外基质分子是基底膜的主要成分。脑缺血一定时间恢复血液供应后，其功能不但未能恢复，反而出现了更加严重的脑功能障碍，即脑缺血再灌注损伤 (cerebral ischemia reperfusion injury, CIR)<sup>[9]</sup>。CIR 的病理生理过程复杂，主要与兴奋性氨基酸毒性、自由基及脂质过氧化、热休克蛋白表达紊乱，线粒体功能障碍，一氧化氮、 $\text{Ca}^{2+}$  超载、白介素- $1\beta$ 、核因子  $\kappa\text{B}$  等因素有关。在多种因素的共同作用下，细胞外基质成分降解，血脑屏障破坏，细胞水肿、死亡，导致 HT 发生<sup>[10]</sup>。本研究发现，ACI 病灶磁化率与对侧镜像脑组织对比，差异无统计学意义；而 CMBs 组病灶磁化率与对侧镜像脑组织差异有统计学意义。

不同位置的 ACI，HT 发生情况不同<sup>[10]</sup>。由于 SWM 由终末动脉供血，侧支循环少，且多呈低灌注状态，而 CGM 是由于较大动脉供血，侧支循环多，多呈过度灌注状态。因此，当较大动脉闭塞致皮层发生 ACI 后，易出现 CIR，导致 HT。本研究不同 ROI 的

CMBs 发生概率，CGM 约 45.45%，而 SWM 仅 6.67%，与既往报道<sup>[10]</sup>相符。为排除解剖部位对 ACI 磁化率的影响，本研究将 ACI 按解剖位置分为 CGM、SWM、CA、PU、SN、TH 及 PO，发现仅 CGM 及 PO 磁化率与对照侧的差异有统计学意义，可能与这两个部位 CMBs 发生概率较高有关。

3.2 CMBs 与 HT 关系 病理学中 CMBs 是从血管壁外溢的血液产物，反映具有出血倾向血管疾病的发生<sup>[11]</sup>。有研究<sup>[4,8]</sup>报道，腔隙性脑梗死 CMBs 发生率 40.8%~53.5%。HT 可为脑梗死自然转归的过程，也可以是抗栓、溶栓治疗后的并发症。多数脑梗死 HT 无症状，但严重者可导致病情急剧恶化甚至死亡<sup>[10]</sup>。HT 发生率为 8.5%~53.3%<sup>[5]</sup>，其中有症状者 1.5%~5.0%<sup>[1]</sup>。本研究 HT 发生率仅 4.35%，可能与本院神经内科对合并 CMBs 的 ACI 治疗方案较谨慎有关。

ACI 病灶内出现 CMBs 后，是否适合溶栓，溶栓是否增加 HT 的发生率，目前争议较大。有研究<sup>[12]</sup>认为广泛 ( $\geq 3$  个) CMBs 的存在，增加了脑卒中溶栓治疗后再出血的风险。Kakar 等<sup>[13]</sup>亦认为 CMBs 是脑卒中继发性脑出血的独立危险因素，尤其在皮质和基底核多发的 CMBs，与其有明显相关性<sup>[14]</sup>，且严重影响预后<sup>[15]</sup>。但有学者<sup>[7]</sup>认为，CBMs 是一种长期的慢性过程，且有研究<sup>[11]</sup>不支持单纯将 CBMs 作为溶栓的排除因素，溶栓前 MRI 图像上少量 CMBs 并不影响溶栓治疗的安全性<sup>[16]</sup>。

3.3 CMBs 的检测 CT 无法检测到 CMBs，早期检测主要采用  $\text{T2}^*$  WI，随着 SWI 技术普及，其检测 CMBs 优于  $\text{T2}^*$  WI。有研究<sup>[17]</sup>认为 DWI 也可检测 CMBs，但敏感度和特异度低于 SWI。QSM 是在 SWI 基础采用更先进算法，可获得更精准的局部磁化率场图信号，较真实反映组织磁化率的空间分布，可对磁化率进行定量分析<sup>[6]</sup>。本研究采用 QSM 技术对 ACI 检测，CMBs 发生率约 30.43%，低于既往报道<sup>[4,8]</sup>。

3.4 不足与展望 由于本研究 ACI 患者治疗后多采用 CT 复查，且基于病情，未将所有患者纳入，尚不能利用治疗前后病灶磁化率变化预测出血风险。

综上所述，QSM 可检出 ACI 内 CMBs 或 HT，并可定量分析磁化率，有助于指导临床治疗。

### [参考文献]

[1] 中华医学会神经病学分会. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南

2014. 中华神经外科杂志, 2015, 48(4):246-257.
- [2] Lindley RI, Wardlaw JM, Sandercock PA, et al. Frequency and risk factors for spontaneous hemorrhagic transformation of cerebral infarction. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2004, 13(6): 235-246.
- [3] 李江, 励勇, 陈美庭, 等. 急性缺血性脑卒中溶栓后脑出血. *中华神经医学杂志*, 2014, 13(13):746-748.
- [4] 张定, 牟奇猛, 韩波, 等. 脑腔隙性脑梗死与微出血的相关性研究. *医学影像学杂志*, 2015, 25(1):27-33.
- [5] 董龙春, 文小检, 刘筠, 等. SWI 在预测缺血性脑卒中出血性转化中的价值. *实用放射学杂志*, 2014, 30(4):561-564.
- [6] 洪居陆, 申小明, 卢瑞梁, 等. 基于定量磁敏感成像的正常青年人脑磁化率分析. *中国医学影像技术*, 2017, 33(5):693-697.
- [7] 吴钢, 陈基, 杨锦珊, 等. 脑无症状的 SWI“微出血信号”用栓子外渗学说解释: 微栓子信号? 中风与神经疾病杂志, 2014, 31(6): 543-547.
- [8] Cordonnier C, Al-Shahi Salman R, Wardlaw J. Spontaneous brain microbleeds: Systematic review, subgroup analyses and standards for study design and reporting. *Brain*, 2007, 130(Pt 8): 1988-2003.
- [9] 刘启锋, 刘明, 刘玉河, 等. 脑缺血再灌注损伤机制研究进展. *中华神经外科疾病研究杂志*, 2006, 5(6):566-568.
- [10] 王健楠, 南光贤. 脑梗死出血性转化的相关因素. *中国老年学杂志*, 2015, 35(20):5976-5978.
- [11] Kim BJ, Lee SH. Cerebral microbleeds: Their associated factors, radiologic findings, and clinical implications. *J Stroke*, 2013, 15(3):153-163.
- [12] Yan S, Jin X, Zhang X, et al. Extensive cerebral microbleeds predict parenchymal haemorrhage and poor outcome after intravenous thrombolysis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2015, 86(11):1267-1272.
- [13] Kakar P, Charidimou A, Werring DJ. Cerebral microbleeds: New dilemma in stroke medicine. *JRSM Cardiovasc Dis*, 2012, 1(8):1-14.
- [14] Lee SH, Ryu WS, Roh JK. Cerebral microbleeds are a risk factor for warfarin-related intracerebral hemorrhage. *Neurology*, 2009, 72(2):171-176.
- [15] Kim TW, Lee SJ, Koo J, et al. Cerebral microbleeds and functional outcomes after ischemic stroke. *Can J Neurol Sci*, 2014, 41(5):577-582.
- [16] Derex L, Nighoghossian N, Hermier M, et al. Thrombolysis for ischemic stroke in patients with old microbleeds on pretreatment MRI. *Cerebrovasc Dis*, 2004, 17(2-3):238-241.
- [17] 张玉, 王成健, 杨景震, 等. 脑微出血灶: 3.0T MRI 多序列成像的研究. *中国临床医学影像杂志*, 2015, 26(2):131-134.

## 2017 版中国科技期刊引证报告相关数据 ——《中国医学影像技术》

由中国科学技术信息研究所主持的“2016 中国科技论文统计结果发布会”于 2017 年 10 月 31 日在北京国际会议中心举行。《中国医学影像技术》杂志在《2017 版中国科技期刊引证报告》(核心版)的相关数据为:

- 1 文献来源量:442 篇;
- 2 基金论文比:0.41;
- 3 总被引频次:3582;
- 4 影响因子:0.709;
- 5 学科扩散指标:20.57;
- 6 学科影响指标:0.90;
- 7 综合评价总分:65.70。