

全容积直方图分析磁敏感信号强度对评估小儿脑肿瘤病理分级的价值

蒋小俊, 金科, 黄文雅, 高兵, 李君伟

【摘要】 目的:探讨全容积直方图分析磁敏感信号强度对评估小儿脑肿瘤病理分级的应用价值。

方法:回顾性分析 38 例小儿脑肿瘤患者的磁敏感加权成像(SWI)相关资料,依据术后病理结果分为低级别组(I+II级,15例)和高级别组(III+IV级,23例);通过全容积直方图分析并测量两组小儿脑肿瘤的磁敏感信号强度参数,包括最小值、平均值、中位数、最大值、偏度、峰度;采用独立样本 *t* 检验比较两组患者磁敏感直方图各参数的差异。**结果:**低级别与高级别小儿脑肿瘤磁敏感直方图各参数的比较结果显示,两组的最大值、峰度差异无统计学意义(*P*值均 >0.05);高级别小儿脑肿瘤的最小值、平均值、中位数均小于低级别小儿脑肿瘤[分别为 0 vs. (7.8 ± 5.82) 、 (81.48 ± 11.73) vs. (96.93 ± 21.84) 、 (80.53 ± 11.05) vs. (97.25 ± 22.96)],差异均有统计学意义(*P*值均 <0.05);高级别小儿脑肿瘤的磁敏感直方图以正偏态分布为主,低级别以负偏态分布为主,两者偏度值差异有统计学意义 $[(-0.60 \pm 1.33)$ vs. (0.46 ± 1.16) , $P < 0.05]$ 。受试者工作特征(ROC)曲线分析结果显示,最小值鉴别低、高级别小儿脑肿瘤的诊断效能最高,曲线下面积(AUC)为 0.867,对应的敏感度、特异度分别为 100%、73.33%。**结论:**全容积直方图分析磁敏感信号强度有助于评估小儿脑肿瘤病理分级,以最小值的诊断效能最高。

【关键词】 全容积直方图;磁敏感加权成像;脑肿瘤;磁共振成像;病理分级

【中图分类号】 R739.4; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2020)01-0099-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2020.01.019

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



A preliminary study on total volume histogram analysis of magnetic susceptibility signal intensity to evaluate the pathological grading of glioma in children JIANG Xiao-jun, JIN Ke, HUANG Wen-ya, et al.
Department of Radiology, Hunan Children's Hospital, Changsha 410007, China

【Abstract】 Objective: To explore the application value of total volume histogram analysis of magnetic susceptibility signal intensity to evaluate the pathological grading of glioma in children. **Methods:** Susceptibility weighted imaging (SWI) of 38 patients with glioma were retrospectively analyzed. According to WHO 2007 standard, these samples were divided into low-grade group (I + II class, 15 cases) and high-grade group (III + IV class, 23 cases). We first analyzed and measured magnetic susceptibility signal intensity parameters of two glioma groups on total volume histogram, including minimum, mean, median, maximum, skewness and kurtosis. Then we employed independent sample *t* test to compare the parameters of magnetic susceptibility histogram between two groups. **Results:** Comparison of magnetic susceptibility histogram parameters between two groups indicated that: maximum and kurtosis showed no significant difference ($P > 0.05$); minimum, mean and median in high-grade group were smaller than those in low-grade group ($P < 0.05$). Those differences were statistically significant $[0$ vs. (7.8 ± 5.82) 、 (81.48 ± 11.73) vs. (96.93 ± 21.84) 、 (80.53 ± 11.05) vs. (97.25 ± 22.96) , all $P < 0.05$]; The magnetic susceptibility histogram of high-grade group was mainly positively skewed; however, that of the low-grade group was mainly negatively skewed. There existed statistical difference between the two skewness values $[(-0.6 \pm 1.33)$ vs. (0.46 ± 1.16) , $P < 0.05]$. Receiver operating characteristic curve (ROC) analysis showed that: the diagnostic efficiency of minimum to dis-

作者单位: 410007 长沙, 湖南省儿童医院放射科

作者简介: 蒋小俊(1992-), 男, 湖南永州人, 硕士研究生, 住院医师, 主要从事儿科影像诊断与介入治疗工作。

通讯作者: 金科, E-mail: 397408873@qq.com

tinguish the low and high grade of pediatric glioma was the highest and the area under curve (AUC) was 0.867. The responding sensitivity and specificity were 100% and 73.33%, respectively. **Conclusion:** The total volume histogram analysis of magnetic susceptibility signal intensity helps to evaluate pathological grading of pediatric glioma and the minimum shows the highest diagnostic efficiency.

【Key words】 Total volume histogram; Susceptible weighted imaging; Glioma; Magnetic resonance imaging; Pathological grading

小儿脑肿瘤的发病率仅次于儿童血液系统肿瘤，高居第二位^[1-2]，术前明确肿瘤病理分级，对患者治疗方案的制定及预后评估有重要意义。MRI 在小儿脑肿瘤的定性及分级诊断中有着较为成熟的应用，既往文献指出磁敏感加权成像(susceptible weighted imaging, SWI)能够通过瘤内磁敏感信号(intratumoral susceptibility signals, ITSS)直观反映瘤灶内微小静脉及微出血灶，从而进一步判断小儿脑肿瘤的病理级别^[3]。目前，现有文献仅依据 ITSS 这一半定量参数进行分析，受主观因素影响较大，可重复性及一致性欠佳。本研究通过直方图分析瘤内磁敏感信号强度，旨在探讨 SWI 在小儿脑肿瘤定量诊断中的价值。

材料与方法

1. 病例资料

搜集湖南省儿童医院 2016 年 1 月—2019 年 1 月间诊治的小儿脑肿瘤患者的病例资料。病例纳入标准：①均取得手术或穿刺病理结果；②均行常规磁共振及 SWI 扫描；③影像及临床病理资料齐全。病例排除标准：①术前行放化疗等相关性治疗；②合并较大钙化灶；③合并其他恶病质疾患。经过筛选后，共计纳入小儿脑肿瘤患者 38 例，其中男 21 例，女 17 例，年龄 5 个月~11 岁，中位年龄 6 岁。依据 2016 年 WHO 中枢神经系统肿瘤分类标准^[4]，低级别(I~II 级)肿瘤 15 例，其中毛细胞型星形细胞瘤 7 例为 I 级，毛细胞粘液型星形细胞瘤 8 例为 II 级；高级别肿瘤(III~IV 级)23 例，其中室管膜细胞瘤 8 例为 III 级，髓母细胞瘤 10 例为 IV 级，神经节细胞瘤 2 例为 III 级，非典型畸胎瘤样横纹肌样瘤(AT/RT)3 例为 IV 级。

2. 检查方法

MRI 检查采用 3.0T 超导磁共振扫描仪(Siemens, Syngo)，8 通道头颈联合线圈。检查时患者取仰卧位，对不能配合检查的患儿检查前以 0.5 mg/kg 的剂量口服水合氯醛，熟睡后行 MRI 检查。扫描序列包括常规横轴面、冠状面、矢状面平扫、增强扫描以及 SWI 扫描。扫描参数：T₁ FLAIR, TR 2660 ms, TE 23 ms; T₂ FLAIR, TR 9005 ms, TE 153.5 ms; 层厚 6 mm, 层间距 1 mm, 视野 24 cm×18 cm, 矩阵 256×192。SWI 序列扫描参数：TR 55.3 ms, TE 5.6 ms, 层

间距 1.2 mm, 视野 22 cm×22 cm, 矩阵 320×288。

3. 图像及数据处理

扫描完成后，利用 SWI 后处理软件自动得到校正的相位图，并通过最小密度投影得到 MinP 图，层厚 2 mm。将后处理工作站自动生成的 MinP 图全部导出至软件 image J 进行直方图分析。对对照常规及增强扫描确定瘤灶的位置及轮廓，然后在 SWI 图像上逐层沿瘤灶边缘勾画感兴趣区(Region of Interest, ROI)，并最终覆盖整个病灶的所有层面。测量并计算整个瘤灶的磁敏感直方图信号强度各参数值，包括最小值、平均值、中位数、最大值、偏度值及峰度值。

4. 统计学分析

采用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析，以 K-S 法对计量资料进行正态性分布检验，若服从正态分布则以(均值±标准差)表示，组间比较采用独立样本 t 检验。使用统计学软件 MedCalc v16.2，以受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析磁敏感直方图各参数对不同级别小儿脑肿瘤的鉴别诊断效能，并计算曲线下面积(area under curve, AUC)、最佳诊断阈值以及对应的敏感度、特异度。以 P<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

1. 低、高级别小儿脑肿瘤磁敏感直方图各参数值的比较

低、高级别小儿脑肿瘤的 FLAIR、增强扫描、SWI、磁敏感直方图及病理结果见图 1~2。低、高级别小儿脑肿瘤磁敏感直方图各参数比较结果显示，两组最大值、峰度差异无统计学意义(P 值均>0.05)；高级别小儿脑肿瘤的最小值、平均值、中位数均小于低级别小儿脑肿瘤，差异均有统计学意义(P 值均<0.05)；高级别小儿脑肿瘤磁敏感直方图以正偏态分布为主，低级别以负偏态分布为主，两者偏度值差异有统计学意义(P<0.05, 表 1)。

表 1 低、高级别小儿脑肿瘤磁敏感直方图各参数值的比较

参数	I + II 级	III + IV 级	t 值	P 值
平均值	96.93±21.84	81.48±11.73	2.514	0.021
偏度	-0.6±1.33	0.46±1.16	-2.602	0.013
峰度	1.22±2.04	1.53±0.94	-0.549	0.590

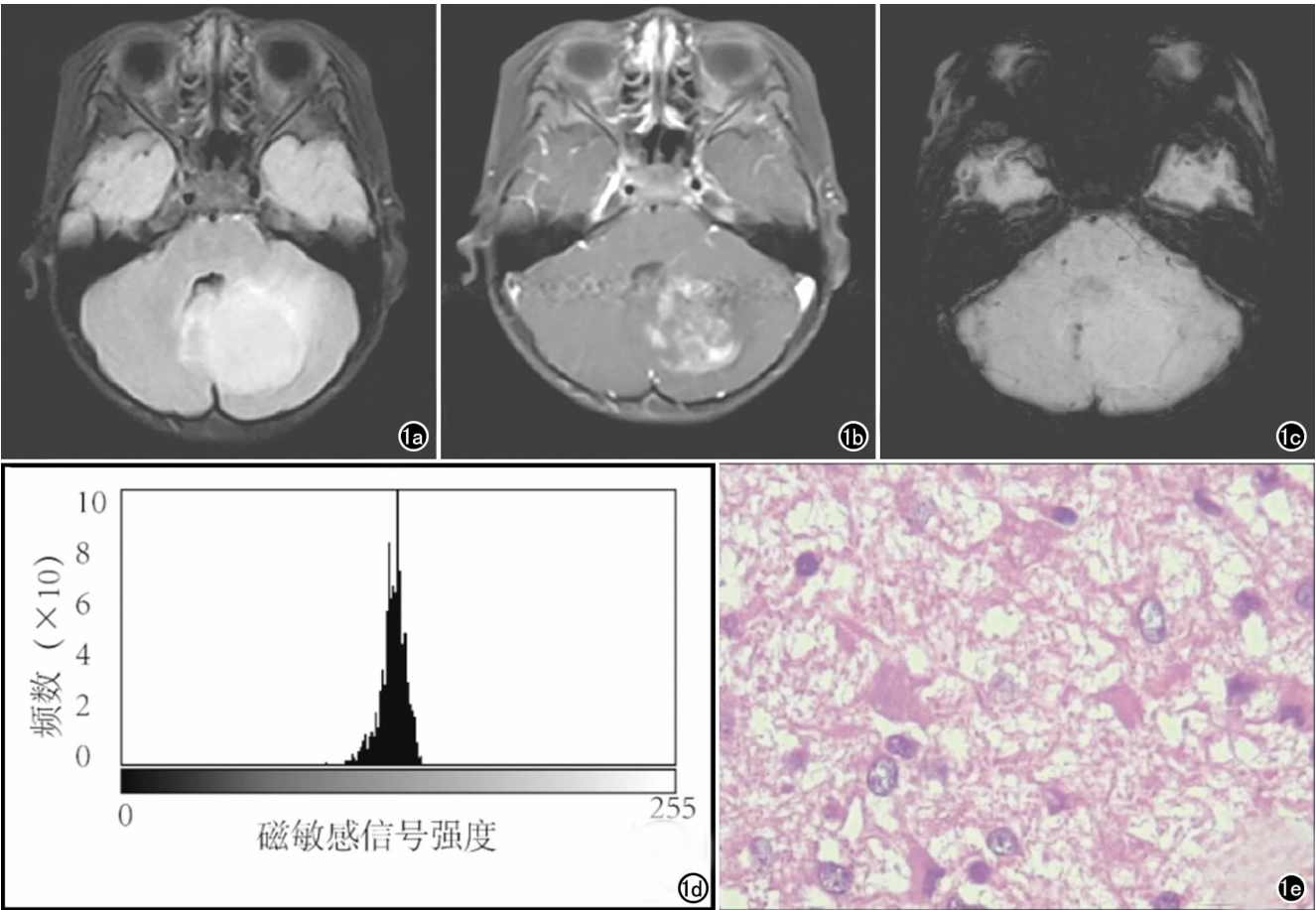


图 1 毛细胞型星型胶质细胞瘤(WHO I 级)患者,女,3 岁。a)FLAIR 序列图像示左侧小脑半球病灶呈稍高信号;b)增强扫描示病灶呈不均匀显著强化;c)SWI 图示瘤灶极少条状或簇状低信号,出血与微血管的信号不明显;d)磁敏感直方图,图形各参数值分布较窄,呈陡尖分布:e)镜下可见疏松区,内含多极细胞(×400, HE)。

2. 磁敏感直方图对低、高级别小儿脑肿瘤的鉴别诊断效能

ROC 分析结果显示,最小值鉴别不同级别小儿脑肿瘤的诊断效能最高,其 AUC 为 0.867,对应的敏感度、特异度分别为 100%、73.33%(表 2,图 3)。

表 2 直方图信号强度参数鉴别不同级别胶质瘤的诊断效能

参数	最佳诊断阈值	AUC (95%CI)	敏感度 (%)	特异度 (%)
最小值	≤0	0.867 (0.717~0.955)	100	73.33
平均值	89.02	0.717 (0.548~0.851)	78.26	66.67
中位数	99.02	0.710 (0.541~0.845)	95.65	46.67
偏度	>-0.34	0.732 (0.564~0.862)	82.61	73.33

讨 论

1. SWI 在小儿脑肿瘤分级中的应用及成像基础

SWI 成像是以 T₂* 加权梯度回波序列作为基本序列,通过对不同组织间的磁敏感性差异进行图像对

比,在显示病灶内小血管及出血敏感性方面有着独到的优势,优于常规梯度回波序列,对脑内病变的诊断有着较高的临床实用价值及应用范围^[5-6]。Kim 等^[7]提出按颅内肿瘤 SWI 图上点状、簇状或片状低信号的分布以瘤内磁敏感信号(ITSS)进行半定量分析,继而进一步判断病变的性质及分级。张忠阳等^[3]通过 SWI 对小儿脑肿瘤进行研究,结果显示与低级别小儿脑肿瘤相比,高级别小儿脑肿瘤的 ITSS 级别更高,原因如下:首先,高级别脑肿瘤的恶性生物学行为更明显、侵袭性更强,需要的血供更丰富,故而新生小血管更多;其次,由于高级别脑肿瘤基础代谢率较高,血管内氧合血红蛋白的消耗更明显,故而血管内多为乏氧血红蛋白;另外,高级别脑肿瘤过度增殖过程中易伴随出血坏死,故而表现为磁敏感低信号增多^[8-9]。

既往对 SWI 的研究仅依靠 ITSS 这一半定量指标进行分析,受主观因素干扰较大,其可重复性及一致性欠佳。因此,有学者提出以直方图分析磁敏感信号强度,继而进一步获取定量参数值。陈杰等^[10]初步证实

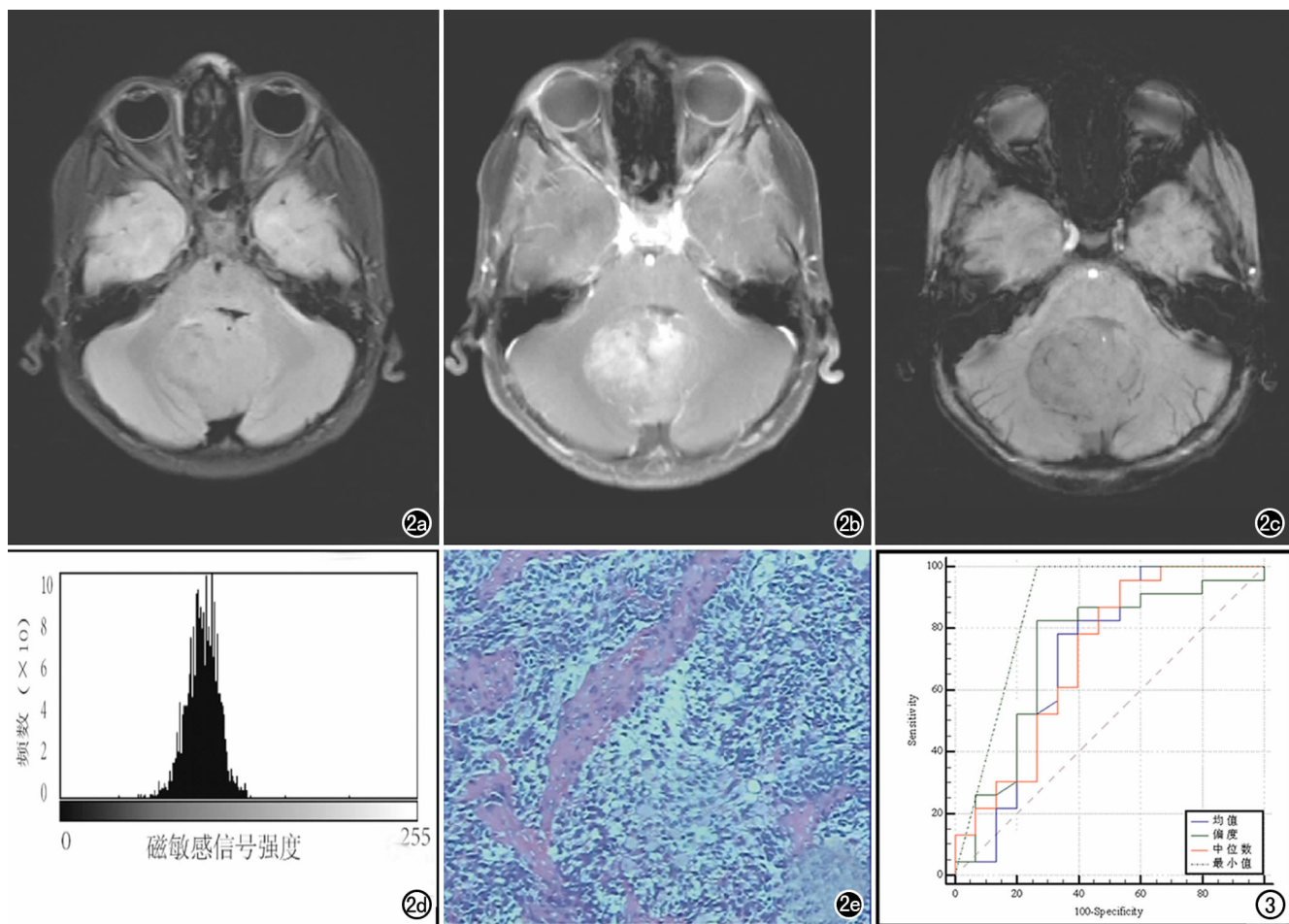


图 2 髓母细胞瘤(WHO IV级)患者,女,2岁。a)FLAIR 序列图像示小脑蚓稍高信号;b)增强扫描示病灶呈不均匀显著强化;c)SWI 图示瘤灶内较多点状、条状 ITSS;d)磁敏感直方图,图形各参数值分布较宽,呈扁平分布;e)镜下可见致密的瘤细胞,瘤细胞排列成流水状(×100,HE)。图 3 磁敏感直方图各参数鉴别诊断低、高级别小儿脑肿瘤的 ROC 曲线。

了磁敏感直方图在鉴别肾乳头状癌与嫌色细胞癌的可行性。然而,磁敏感直方图在小儿脑肿瘤中的应用鲜有文献报道。

2. 磁敏感直方图在鉴别低、高级别小儿脑肿瘤中的价值

本研究结果显示,高级别小儿脑肿瘤的最小值、平均值、中位数均小于低级别小儿脑肿瘤,这与高级别脑肿瘤存在更多的磁敏感低信号区是相对应的^[5,8-9],高级别肿瘤内出血及乏氧微血管的增多是造成两者差异的重要因素。此外,本研究结果还显示小儿高级别脑肿瘤磁敏感直方图以正偏态分布为主,而低级别脑肿瘤以负偏态分布为主,该结果提示小儿高级别脑肿瘤与低级别脑肿瘤相比,存在更多相对较小的磁敏感信号值,导致磁敏感信号体素值在直方图中多集中偏向于曲线左侧。进一步的 ROC 诊断效能分析结果显示,磁敏感直方图最小值对低、高级别小儿脑肿瘤的诊断效能最优,这可能是由于最小值最能够反映瘤内磁敏感低信号等原因所致。

本研究存在一定局限性:首先,本研究入组病例数较少;其次,本研究属于单中心回顾性研究,可能存在一定程度的选择偏倚;最后,SWI 能够反映病灶出血及微小血管,表现为 SWI 低信号。然而,钙化灶在 SWI 图亦呈低信号改变,易与出血灶混淆,尤其是在全容积直方图分析时显得更为突出,因此本研究未能对合并较多钙化的肿瘤进行入组研究。

综上所述,本研究结果显示通过直方图分析磁敏感信号强度,对鉴别小儿低、高级别脑肿瘤具有较高的应用价值,可为 SWI 在小儿脑肿瘤的分级诊断提供量化的参考依据。

参考文献:

- [1] 张海兵,李玉华,周柱玉,等. 磁共振 DWI 在判断小儿颅内肿瘤分级中的价值[J]. 放射学实践,2011,26(4):372-375.
- [2] 李玉华,陆建平,段秀杰,等. 多 b 值 DWI 在儿童脑肿瘤中的初步研究[J]. 放射学实践,2012,27(2):159-163.
- [3] 张忠阳,李美蓉,李玉华,等. 磁敏感加权成像对儿童脑肿瘤分级诊断的价值[J]. 实用放射学杂志,2014,(11):1876-1878.

[4] 杜伟,陈义兵,魏新亭. 2016 版《WHO 中枢神经系统肿瘤分类》更新解读[J]. 中华神经外科杂志, 2016,32(11):1095-1098.

[5] 韩彤,崔世民. SWI 原理及其在脑肿瘤评估和胶质瘤分级中的应用[J]. 国际医学放射学杂志, 2011,34(1):15-20.

[6] Halefoglu AM, Yousem DM. Susceptibility weighted imaging: clinical applications and future directions[J]. World J Radiol, 2018,10(4):30-45.

[7] Kim HS, Jahng GH, Ryu CW, et al. Added value and diagnostic performance of intratumoral susceptibility signals in the differential diagnosis of solitary enhancing brain lesions: preliminary study[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2009,30(8):1574-1579.

[8] 吴先衡,林时勘,陈少贤,等. 胶质瘤磁敏感成像表现及与病理对照[J]. 放射学实践, 2010,25(7):723-725.

[9] Sehgal V, Delproposto Z, Haddar D, et al. Susceptibility-weighted imaging to visualize blood products and improve tumor contrast in the study of brain masses[J]. J Magn Reson Imaging, 2006,24(1):41-51.

[10] 陈杰,潘靛,孙军,等. 直方图分析磁敏感信号强度鉴别乳头状与嫌色细胞肾癌的价值[J]. 中华放射学杂志, 2017,51(9):669-672.

(收稿日期:2019-01-31 修回日期:2019-05-24)

本刊可直接使用的医学缩略语

医学论文中正确、合理使用专业名词可以精简文字,节省篇幅,使文章精炼易懂。现将放射学专业领域为大家所熟知的专业名词缩略语公布如下(按照英文首字母顺序排列),以后本刊在论文中将对这一类缩略语不再注释其英文全称和中文。

- ADC (apparent diffusion coefficient):表观扩散系数
- ALT:丙氨酸转氨酶;AST:天冬氨酸转氨酶
- BF (blood flow):血流量
- BOLD (blood oxygenation level dependent):血氧水平依赖
- BV (blood volume):血容量
- b:扩散梯度因子
- CAG (coronary angiography):冠状动脉造影
- CPR (curve planar reformation):曲面重组
- CR(computed radiography):计算机 X 线摄影术
- CT (computed tomography):计算机体层成像
- CTA (computed tomography angiography):CT 血管成像
- CTPI(CT perfusion imaging):CT 灌注成像
- DICOM (digital imaging and communication in medicine):医学数字成像和传输
- DR(digital radiography):数字化 X 线摄影术
- DSA (digital subtraction angiography):数字减影血管造影
- DWI (diffusion weighted imaging):扩散加权成像
- DTI (diffusion tensor imaging):扩散张量成像
- ECG (electrocardiography):心电图
- EPI (echo planar imaging):回波平面成像
- ERCP(endoscopic retrograde cholangiopancreatography):经内镜逆行胰胆管造影术
- ETL (echo train length):回波链长度
- FLAIR (fluid attenuation inversion recovery):液体衰减反转恢复
- FLASH (fast low angel shot):快速小角度激发
- FOV (field of view):视野
- FSE (fast spin echo):快速自旋回波
- fMRI (functional magnetic resonance imaging):功能磁共振成像
- IR (inversion recovery):反转恢复
- Gd-DTPA:钆喷替酸葡甲胺
- GRE (gradient echo):梯度回波
- HE 染色:苏木素-伊红染色
- HRCT(high resolution CT):高分辨率 CT
- MPR (multi-planar reformation):多平面重组

- MIP (maximum intensity projection):最大密(强)度投影
- MinIP (minimum intensity projection):最小密(强)度投影
- MRA (magnetic resonance angiography):磁共振血管成像
- MRI (magnetic resonance imaging):磁共振成像
- MRS (magnetic resonance spectroscopy):磁共振波谱学
- MRCP(magnetic resonance cholangiopancreatography):磁共振胰胆管成像
- MSCT (multi-slice spiral CT):多层螺旋 CT
- MTT (mean transit time):平均通过时间
- NEX (number of excitation):激励次数
- PACS (picture archiving and communication system):图像存储与传输系统
- PC (phase contrast):相位对比法
- PET (positron emission tomography):正电子发射计算机体层成像
- PS (surface permeability):表面通透性
- ROC 曲线(receiver operating characteristic curve):受试者操作特征曲线
- SPECT (single photon emission computed tomography):单光子发射计算机体层摄影术
- PWI (perfusion weighted imaging):灌注加权成像
- ROI (region of interest):兴趣区
- SE (spin echo):自旋回波
- STIR(short time inversion recovery):短时反转恢复
- TACE(transcatheter arterial chemoembolization):经导管动脉化疗栓塞术
- T₁ WI (T₁ weighted image):T₁ 加权像
- T₂ WI (T₂ weighted image):T₂ 加权像
- TE (time of echo):回波时间
- TI (time of inversion):反转时间
- TR (time of repetition):重复时间
- TOF (time of flight):时间飞跃法
- TSE (turbo spin echo):快速自旋回波
- VR (volume rendering):容积再现
- WHO (World Health Organization):世界卫生组织
- NAA(N-acetylaspartate):N-乙酰天门冬氨酸
- Cho(choline):胆碱
- Cr(creatine):肌酸