

· 影像组学专题 ·

MRI 纹理分析对鉴别孤立性纤维性肿瘤/血管周细胞瘤与血管瘤型脑膜瘤的临床价值

张烁, 程敬亮, 王程程, 张勇

【摘要】 目的:探讨基于 MR 图像的纹理分析技术在颅内纤维性肿瘤/血管周细胞瘤(SFT/HPC)与血管瘤型脑膜瘤(AM)的术前鉴别诊断中的临床应用价值。**方法:**回顾性分析经手术及病理确诊的 24 例 SFT/HPC 患者和 20 例 AM 患者的临床资料及术前 MRI 资料。利用 Image J 软件在 T_2 WI、对比增强 T_1 WI(T_1 CE)和 ADC 图像中选取肿瘤最大径层面并在瘤体实性部分勾画 ROI,采用直方图和灰度共生矩阵(GLCM)两种纹理分析方法,测量病灶的最大值、最小值、均值、中位数、标准差、峰度、偏度、角二阶矩(ASM)、对比度、逆差矩、熵值及自相关等纹理参数,并采用两独立样本 t 检验和 Mann-Whitney U 检验比较 SFT/HPC 与 AM 的各项纹理参数的差异,对有统计学意义的参数绘制受试者工作特征(ROC)曲线,分析其对 SFT/HPC 及 AM 的鉴别诊断效能。**结果:**①直方图参数中,在 T_2 WI、 T_1 CE 和 ADC 图像上 SFT/HPC 的最大值($\text{Max}_{T_2 \text{ WI}}$ 、 $\text{Max}_{T_1 \text{ CE}}$)、最小值($\text{Min}_{T_2 \text{ WI}}$ 、 $\text{Min}_{T_1 \text{ CE}}$ 、 Min_{ADC})、均值($\text{Mean}_{T_2 \text{ WI}}$ 、 $\text{Mean}_{T_1 \text{ CE}}$ 、 Mean_{ADC})和中位数($\text{Med}_{T_2 \text{ WI}}$ 、 $\text{Med}_{T_1 \text{ CE}}$ 、 Med_{ADC})均低于 AM,在 T_1 CE 图像上的标准差($\text{SD}_{T_1 \text{ CE}}$)大于 AM,在 T_2 WI 和 T_1 CE 图像上的峰度值($\text{Kurt}_{T_2 \text{ WI}}$ 、 $\text{Kurt}_{T_1 \text{ CE}}$)和偏度值($\text{Ske}_{T_2 \text{ WI}}$ 、 $\text{Ske}_{T_1 \text{ CE}}$)均大于 AM,组间差异均有统计学意义($P < 0.05$)。②在 GLCM 参数中,SFT/HPC 在 ADC 图像上的 ASM 值(ASM_{ADC})小于 AM,在 T_2 WI 和 T_1 CE 图像上的对比度($\text{Con}_{T_2 \text{ WI}}$ 、 $\text{Con}_{T_1 \text{ CE}}$)小于 AM,在 ADC 图像上的熵值(Ent_{ADC})大于 AM,组间差异均有统计学意义($P < 0.05$);在 T_2 WI、 T_1 CE 和 ADC 图像上的逆差矩值($\text{IDM}_{T_2 \text{ WI}}$ 、 $\text{IDM}_{T_1 \text{ CE}}$ 、 IDM_{ADC})及 T_1 CE 图像上的自相关值($\text{Cor}_{T_1 \text{ CE}}$)的组间差异均有统计学意义($P < 0.05$);③在 $\text{AUC} > 0.7$ 的参数中,以 $\text{Min}_{T_1 \text{ CE}}$ 、 $\text{Med}_{T_1 \text{ CE}}$ 和 $\text{Mean}_{T_1 \text{ CE}}$ 的诊断效能最佳, AUC (敏感度、特异度)分别为 0.970(95.8%、90.0%)、0.964(91.7%、95.0%)和 0.960(91.7%、95.0%)。**结论:**MRI 的纹理分析可提供更多量化信息,对于术前通过 MRI 鉴别 SFT/HPC 与 AM 有着重要的临床意义。

【关键词】 血管周细胞瘤;纤维性肿瘤;脑膜瘤,血管瘤型;纹理分析;磁共振成像**【中图分类号】** R445.2;R739.41 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)08-0841-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.08.003

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



MRI texture analysis for differentiating solitary fibrous tumors/hemangiopericytoma from angiomatous meningioma ZHANG Shuo, CHENG Jing-liang, WANG Cheng-cheng, et al. Department of MRI, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China

【Abstract】 Objective: To explore the clinical value of preoperative MRI image texture analysis in distinguishing solitary fibrous tumors/hemangiopericytoma (SFT/HPC) and angiomatous meningioma (AM). **Methods:** The clinical data and preoperative magnetic resonance imaging data of 32 patients with SFT/HPC and 24 patients with AM confirmed by operation and pathology were retrospectively analyzed. All patients underwent T_2 WI, DWI and contrast-enhanced T_1 WI (T_1 CE). The texture parameters, including maximum value, minimum value, average value, median, standard deviation (SD), skewness, kurtosis, angular second moment, contrast, inverse different moment, entropy and correlation were measured using histograms and grey-level co-occurrence matrix (GLCM) and compared between SFT/HPCs and AMs. The independent sample t test or the Mann-Whitney U test was used for data procession and analysis. ROC curves for statistically significant parameters were used to analyse

作者单位:450052 郑州,郑州大学第一附属医院 MRI 室(张烁、程敬亮、张勇);450052 郑州,郑州大学第三附属医院(王程程)

作者简介:张烁(1991—),女,河南省平顶山人,硕士研究生,主要从事影像医学和核医学诊断工作。

通讯作者:程敬亮, E-mail: cjr.chjl@vip.163.com

their efficacy in predicting SFT/HPC and AM. **Results:** ① In histogram parameters, the maximum values (Max_{T_2WI} , Max_{T_1CE}), minimum values (Min_{T_2WI} , Min_{T_1CE} , Min_{ADC}), mean values (Mean_{T_2WI} , Mean_{T_1CE} , Mean_{ADC}), and medians (Med_{T_2WI} , Med_{T_1CE} , Med_{ADC}) of SFT/HPCs measured on T_2WI , T_1CE , and ADC images were smaller than those of AM; and the kurtosis values (Kurt_{T_2WI} , Kurt_{T_1CE}) and skewness values (Ske_{T_2WI} , Ske_{T_1CE}) of SFT/HPCs measured on T_2WI and T_1CE were all greater than those of AMs, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). ② In GLCM parameters, the ASM energy value (ASM_{ADC}) measured on ADC images, and the contrast values (Con_{T_2WI} , Con_{T_1CE}) measured on T_2WI and T_1CE of SFT/HPCs were smaller than those of AM; and the entropy values (Ent_{ADC}) of SFT/HPCs on ADC images were greater than that of AMs, and the difference was statistically significant. The inverse moment values on T_2WI , T_1CE and ADC images (IDM_{T_2WI} , IDM_{T_1CE} , IDM_{ADC}) and the autocorrelation values on T_1CE (Cor_{T_1CE}) were statistically different between the two groups (all $P < 0.05$); ③ For the texture parameters with statistical difference between the two groups, ROC curves were drawn, and in the parameters with the area under the curve (AUC) > 0.7 , the AUC (sensitivity and specificity) of Min_{T_1CE} , Med_{T_1CE} and Mean_{T_1CE} was 0.970 (95.8%, 90.0%), 0.964 (91.7%, 95.0%) and 0.960 (91.7%, 95.0%), respectively. **Conclusion:** This study demonstrated that MRI texture analysis can provide more quantitative information, which has important clinical significance for distinguishing SFT/HPCs and AMs.

【Key words】 Solitary fibrous tumors/Hemangiopericytoma; Angiomatous meningioma; Texture analysis; Magnetic resonance imaging

颅内孤立性纤维性肿瘤/血管外皮细胞瘤(solitary fibrous tumors/hemangiopericytoma, SFT/HPC)是罕见的中枢神经系统血管源性肿瘤,在所有颅内肿瘤中占比 $<1\%$,好发于成年人的幕上硬脑膜,具有一定的侵袭性,易复发^[1]。SFT/HPC虽是一种独特的组织病理学肿瘤,但在影像学上与脑膜瘤具有较高的相似性,尤其是血管瘤型脑膜瘤(angiomatous meningioma, AM)。AM占有脑膜瘤的2.1%,具有典型的良性脑膜瘤的特征^[2]。术前对这两类肿瘤进行准确鉴别对手术及后期治疗计划的制定具有重要意义。常规MRI对这两类肿瘤的鉴别能力有限,研究表明,使用纹理分析软件对图像上的肿瘤区域进行分割并进行纹理分析,可以提取出图像中的特征性参数进行差异性对比,量化分析肿瘤影像学异质性,提供了通过肉眼无法识别的客观信息,不依赖于影像科医师的经验和主观判断,具有较大的临床应用价值^[3-5]。笔者回顾性分析44例SFT/HPC与AM患者的临床资料及MRI图像,分析基于MRI图像的纹理参数对SFT/HPC与AM的鉴别诊断效能,旨在进一步提高对这两类病变的诊断水平。

材料与方法

1. 临床资料

回顾性分析2013年3月—2018年8月本院44例SFT/HPC和AM患者的病例资料。其中,SFT/HPC患者24例(HPC 20例,SFT 4例),男13例

(54.2%),女11例(45.8%),年龄20~73岁,平均 (43.4 ± 12.9) 岁;AM患者20例,男11例,女9例,年龄31~64岁,平均 (53.1 ± 7.5) 岁。入组标准:①术前MRI检查(包括 T_2WI 、ADC图、对比增强 T_1WI)资料完整;②均为首发患者,行MRI扫描前未接受过任何相关治疗;③术后病理明确诊断为SFT/HPC或AM。两组患者的临床症状较相似,主要临床表现有头、头晕、头面部或肢体麻木、视力下降,其中11例伴恶心呕吐、耳鸣,5例伴有记忆力下降。

2. 检查方法

使用Siemens Skyra 3.0T MR扫描仪和32通道头颅线圈进行图像采集。常规MRI扫描序列主要包括矢状面及横轴面 T_1WI (TR 260 ms, TE 2.46 ms)、横轴面 T_2WI (TR 3800 ms, TE 93 ms)、横轴面 T_2 -FLAIR(TR 4500 ms, TE 93 ms)和SE-EPI DWI(b值取0、1000 s/mm^2 , TR 3500 ms, TE 119 ms,视野 $230 \text{ mm} \times 230 \text{ mm}$,层厚5 mm,层间距1.2 mm,层数20)。增强扫描序列和参数:横轴面、矢状面和冠状面 T_1WI 序列;对比剂采用Gd-DTPA,剂量0.2 mmol/kg,注射流率2.0 mL/s;扫描参数同平扫 T_1WI 。

3. 影像学分析

图像选择及ROI选取:将所有患者的MRI图像从PACS工作站上以Dicom格式导出,导出时调整图像的窗宽、窗位,使所有图像的窗宽、窗位均保持相同。采用Image J软件(<https://imagej.nih.gov/ij/download.html>)进行图像分割和数据测量,由2位中枢神

经系统 MRI 诊断经验丰富的医师在未知病理结果的情况下利用 Image J 软件在对比增强 (contrast enhanced, CE) T_1 WI (T_1 CE) 序列中选出肿瘤的最大层面, 自动勾画肿瘤的边界, 并通过人工调整, 分割出 ROI (图 1a、2a), 注意避开水肿区、大血管、静脉窦和增强的脑膜等, 去除坏死、囊变和出血区等。将 T_1 CE 图像勾画出的 ROI 复制到相同层面的 T_2 WI (图 1b、2b) 和 ADC (图 1c、2c) 图像上, 部分患者的 ADC 图像有轻度变形, 与 T_1 CE 序列的 ROI 轮廓无法完全贴合时, 此时可利用 Image J 软件的放大/缩小功能将 ROI 轮廓适度改变。

图像纹理分析: ROI 勾画完成后, Image J 软件即可计算出各 ROI 的纹理参数值。对病灶的纹理特征的主要分析方法包括直方图和灰度共生矩阵 (grey-level co-occurrence matrix, GLCM)。^①直方图参数: 最大值 (maximum value, Max)、最小值 (minimum value, Min)、均值 (mean)、中位数 (median, Med)、标准差 (standard deviation, SD)、峰度 (kurtosis, Kur)、偏度 (skewness, Ske); ^②GLCM 参数: 角二阶矩 (angular second moment, ASM)、对比度 (contrast, Con)、逆差矩 (inversedifferent moment, IDM)、熵 (entropy, Ent) 和自相关性 (correlation, Cor)。GLCM 是常用的二阶纹理分类方法, 反映灰度的空间相关特性。

4. 统计学方法

使用 SPSS 21.0 统计学软件进行数据分析。采用 Kolmogorov-Smirnov 检验和 Levene 检验对各参数的测量数据分别进行正态性和方差齐性检验, 满足正态性分布的资料采用均数 ± 标准差的形式表示, 组间比

较采用独立样本 t 检验; 不满足正态性的资料采用 Mann-Whitney U 秩和检验, 数据采用中位数和上、下四分位数 (P25, P75) 的形式表示。比较 SFT/HPC 和 AM 两组肿瘤的各项纹理参数值的差异。对于有统计学意义的纹理参数, 绘制受试者工作特征 (receiver operation characteristic, ROC) 曲线, 确定鉴别 SFT/HPC 和 AM 的最佳临界值, 并计算曲线下面积 (area under curve, AUC)、敏感度和特异度等诊断效能参数。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 直方图参数的组间比较

三个序列图像上 SFT/HPC 和 AM 的各项直方图参数测量结果及组间比较见表 1。^①在三个序列图像上 SFT/HPC 组中病灶的最大值、最小值、均值和中位数均小于 AM 组, 其中除 Max_{ADC} 之外, 其它 11 项纹理参数值在两组间的差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。^②标准差的比较: SFT/HPC 组的 SD_{T_1CE} 大于 AM 组, 两组间差异有统计学意义 ($P = 0.031$), 而 T_2 WI 和 ADC 图像上的标准差 (SD_{T_2WI} 、 SD_{ADC}) 在两组间的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。^③峰度和偏度值的比较: SFT/HPC 组中病灶在 T_2 WI 和 T_1 CE 图像上的峰度值和偏度值均大于 AM 组, 两组间差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 而在 ADC 图上两组病灶的峰度值和偏度值 ($Kurt_{ADC}$ 、 Ske_{ADC}) 的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

2. GLCM 参数的组间比较

两组肿瘤病灶在 3 个序列上的 GLCM 参数值及

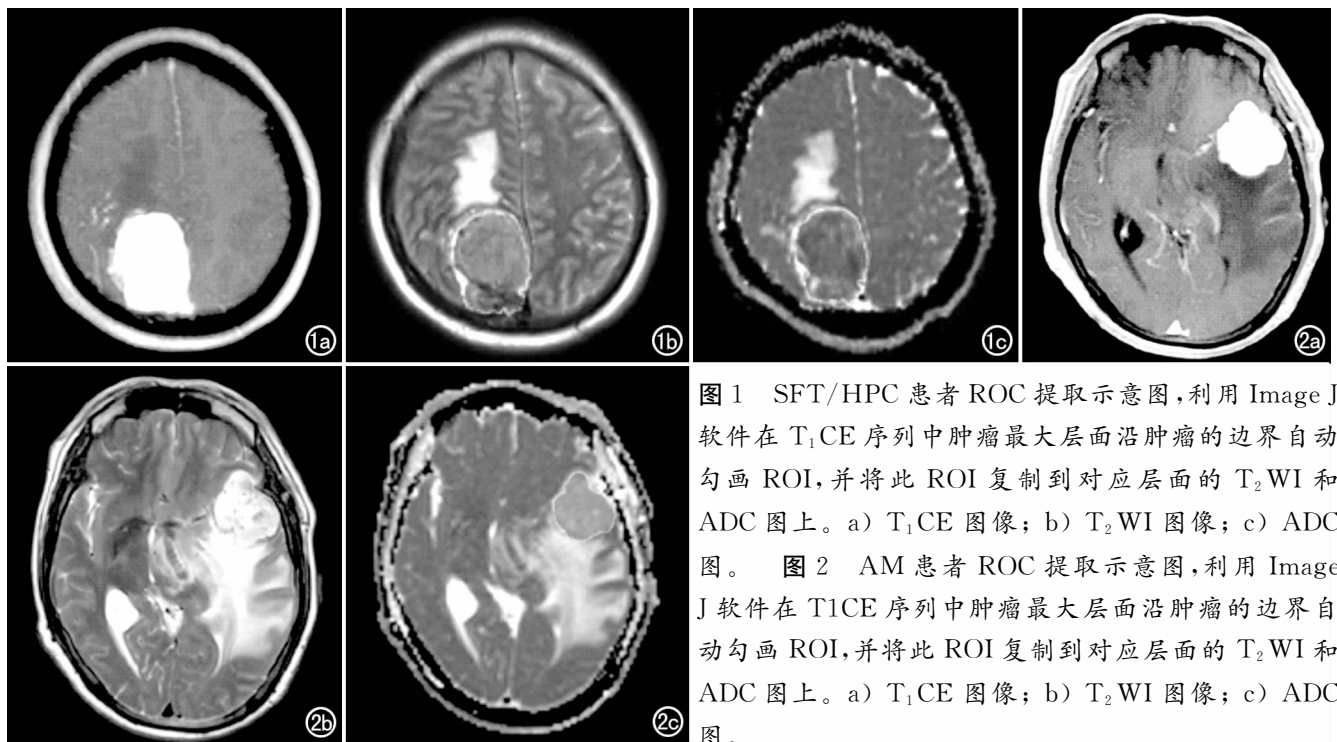


图 1 SFT/HPC 患者 ROC 提取示意图, 利用 Image J 软件在 T_1 CE 序列中肿瘤最大层面沿肿瘤的边界自动勾画 ROI, 并将此 ROI 复制到对应层面的 T_2 WI 和 ADC 图上。a) T_1 CE 图像; b) T_2 WI 图像; c) ADC 图。图 2 AM 患者 ROC 提取示意图, 利用 Image J 软件在 T_1 CE 序列中肿瘤最大层面沿肿瘤的边界自动勾画 ROI, 并将此 ROI 复制到对应层面的 T_2 WI 和 ADC 图上。a) T_1 CE 图像; b) T_2 WI 图像; c) ADC 图。

组间比较结果见表 2。①角二阶矩的比较:SFT/HPC 在 ADC 图像上的角二阶矩值(ASM_{ADC})小于 AM,两组间差异有统计学意义($P=0.013$);而在 T_2WI 和 T_1CE 图像上的角二阶矩值(ASM_{T_2WI} 、 ASM_{T_1CE})在两组间的差异无统计学意义($P>0.05$)。②对比度的比较:SFT/HPC 在 T_2WI 和 T_1CE 图像上的对比度值(Con_{T_2WI} 、 Con_{T_1CE})小于 AM,两组间差异有统计学意义($P<0.05$);而在 ADC 图像上的对比度值(Con_{ADC}) 在两组间的差异无统计学意义($P>0.05$)。③逆差矩、自相关值的比较:3 个序列图像上的逆差矩值 (IDM)在两组间的差异均有统计学意义($P<0.05$); T_1CE 序列上的自相关值(Cor_{T_1CE}) 在两组间的差异有统计学意义($P=0.000$),而 T_2WI 和 ADC 序列上的自相关值(Cor_{T_2WI} 、 Cor_{ADC}) 在两组间的差异无统计学

意义($P>0.05$)。④熵值的比较:SFT/HPC 在 ADC 序列上的熵值(Ent_{ADC}) 大于 AM,两者间差异有统计学意义($P=0.003$);而在 T_2WI 和 T_1CE 序列上两组间熵值 (Ent_{T_2WI} 、 Ent_{T_1CE}) 的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

3. 纹理参数对 SFT/HPC 和 AM 的诊断效能

对两组间差异有统计学意义的参数进一步行 ROC 曲线分析,结果见表 3。

在 3 个序列的各项参数中 $AUC>0.7$ 的参数有 18 个(图 2),以 TICE 图像上最多(8 个), T_2WI 和 ADC 图各 5 个。其中 AUC 最大的前 4 个参数为 Min_{T_1CE} 、 Med_{T_1CE} 、 $Mean_{T_1CE}$ 和 Ske_{T_1CE} ,均为 TICE 图像上提取的直方图参数。

表 1 SFT/HPC 与 AM 的直方图参数比较

参数	SFT/HPC (n=24)	AM (n=20)	统计量	P 值
Max _{T₂WI}	188.960±47.811	214.050±32.230	$t=-2.068$	0.045
Max _{T₁CE}	175.000(147.000,216.250)	223.000(185.750,251.750)	$Z=-2.844$	0.004
Max _{ADC}	174.210±42.085	183.050±39.024	$t=-0.717$	0.477
Min _{T₂WI}	55.290±22.743	101.10±35.940	$t=-4.936$	0.000
Min _{T₁CE}	60.580±19.215	151.65±42.190	$t=-8.913$	0.000
Min _{ADC}	59.170±19.051	83.400±17.089	$t=-4.400$	0.000
Mean _{T₂WI}	114.985±33.574	166.004±30.555	$t=-5.226$	0.000
Mean _{T₁CE}	102.970±29.345	189.212±37.079	$t=-8.614$	0.000
Mean _{ADC}	98.550±22.719	116.059±18.347	$t=-2.733$	0.008
Med _{T₂WI}	113.790±33.624	166.200±31.119	$t=-5.324$	0.000
Med _{T₁CE}	101.380±29.389	189.350±37.308	$t=-8.750$	0.000
Med _{ADC}	97.040±22.648	114.350±17.632	$t=-2.784$	0.008
SD _{T₂WI}	12.663(9.835,17.067)	14.512(12.774,19.076)	$Z=-1.249$	0.212
SD _{T₁CE}	14.490±4.696	11.515±4.016	$t=2.233$	0.031
SD _{ADC}	14.166±4.259	12.781±5.147	$t=0.977$	0.334
Kurt _{T₂WI}	1.310(0.880,3.868)	0.552(-0.107,1.213)	$Z=-2.970$	0.003
Kurt _{T₁CE}	1.148(0.438,2.745)	-0.280(-0.795,1.220)	$Z=-2.970$	0.003
Kurt _{ADC}	1.148(0.452,2.745)	1.713(1.024,5.353)	$Z=-1.673$	0.094
Ske _{T₂WI}	0.538±0.638	-0.138±0.540	$t=3.749$	0.001
Ske _{T₁CE}	0.727(0.413,1.125)	-0.262(-0.538,0.333)	$Z=-3.312$	0.001
Ske _{ADC}	0.727(0.413,1.125)	1.102(0.657,1.854)	$Z=-1.591$	0.112

表 2 SFT/HPC 与 AM 的灰度共生矩阵参数比较

参数	SFT/HPC (n=24)	AM (n=20)	统计量	P 值
ASM _{T₂WI}	0.0015(0.0009,0.0030)	0.0010(0.0006,0.0010)	$Z=-1.864$	0.062
ASM _{T₁CE}	0.0020(0.0010,0.0030)	0.0030(0.0010,0.0047)	$Z=-1.790$	0.073
ASM _{ADC}	0.0020(0.0010,0.0030)	0.0030(0.0020,0.0045)	$Z=-2.477$	0.013
Con _{T₂WI}	48.028(28.311,81.825)	68.913(52.320,124.278)	$Z=-2.051$	0.040
Con _{T₁CE}	33.295(20.996,54.781)	50.659(28.385,83.225)	$Z=-2.216$	0.027
Con _{ADC}	33.295(20.996,53.769)	45.425(27.561,75.605)	$Z=-1.697$	0.090
IDM _{T₂WI}	0.282±0.084	0.224±0.073	$t=2.444$	0.019
IDM _{T₁CE}	0.275(0.253,0.330)	0.376(0.266,0.442)	$Z=-2.369$	0.018
IDM _{ADC}	0.296±0.057	0.336±0.067	$t=-2.143$	0.038
Ent _{T₂WI}	7.306±0.761	7.423±0.448	$t=-0.632$	0.531
Ent _{T₁CE}	7.216±0.617	6.929±0.570	$t=1.592$	0.119
Ent _{ADC}	7.215(6.755,7.446)	6.690(6.480,6.892)	$Z=-2.994$	0.003
Cor _{T₂WI}	0.0015(0.0006,0.0020)	0.0009(0.0005,0.0010)	$Z=-1.679$	0.093
Cor _{T₁CE}	0.0010(0.0006,0.0020)	0.0005(0.0003,0.0006)	$Z=-3.681$	0.000
Cor _{ADC}	0.0010(0.0004,0.0020)	0.0010(0.0008,0.0020)	$Z=-0.608$	0.543

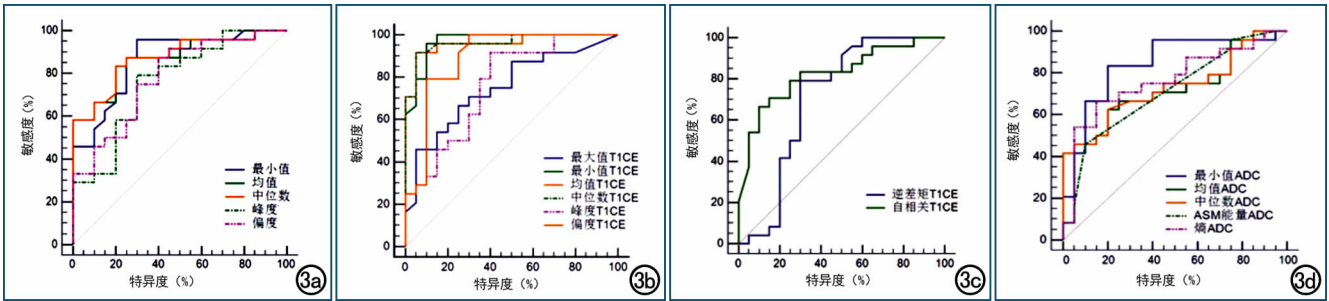


图 3 三个序列图像上有统计学意义的纹理参数鉴别 SFT/HPC 与 AM 的 ROC 曲线。a) T₂WI 上提取的纹理参数; b) T₁CE 图上提取的直方图参数; c) T₁CE 图上提取的灰度共生矩阵参数; d) ADC 图上提取的参数。

表 3 直方图及灰度共生矩阵参数的 ROC 曲线分析

参数	AUC	临界值	敏感度 (%)	特异度 (%)	95% 置信区间	P 值
Min _{T₂WI}	0.866	81	95.8	70.0	0.729~0.950	<0.0001
Mean _{T₂WI}	0.869	136	83.3	80.0	0.733~0.951	<0.0001
Med _{T₂WI}	0.874	134	83.3	80.0	0.739~0.955	<0.0001
Kurt _{T₂WI}	0.763	0.876	79.2	70.0	0.610~0.878	0.0004
Ske _{T₂WI}	0.781	-0.056	87.5	60.0	0.631~0.892	0.0001
Max _{T₁CE}	0.751	195	66.7	75.0	0.598~0.869	0.0007
Min _{T₁CE}	0.970	79	95.8	90.0	0.868~0.998	<0.0001
Mean _{T₁CE}	0.960	135	91.7	95.0	0.854~0.996	<0.0001
Med _{T₁CE}	0.964	135	91.7	95.0	0.859~0.997	<0.0001
Kurt _{T₁CE}	0.762	0.176	91.7	60.0	0.610~0.878	0.0004
Ske _{T₁CE}	0.893	0.024	99.0	70.0	0.762~0.966	<0.0001
IDM _{T₁CE}	0.709	0.330	79.2	70.0	0.553~0.836	0.0189
Cor _{T₁CE}	0.825	0.0008	66.7	90.0	0.681~0.923	<0.0001
Min _{ADC}	0.842	70	83.3	80.0	0.700~0.934	<0.0001
Mean _{ADC}	0.727	103	62.5	80.0	0.572~0.850	0.0033
Med _{ADC}	0.731	99	62.5	80.0	0.576~0.854	0.0025
ASM _{ADC}	0.714	0.001	45.8	90.0	0.557~0.840	0.0051
Ent _{ADC}	0.765	6.883	66.7	85.0	0.613~0.879	0.0004

对各序列 AUC>0.7 的参数进行联合分析(留一交叉验证法),直方图参数中,T₁CE 序列的 6 个参数鉴别 SFT/HPC 与 AM 的阳性预测值为 91.7%,阴性预测值为 90.0%,诊断符合率达 90.9%;T₂WI 序列的 5 个参数的阳性预测值为 87.5%,阴性预测值为 75.0%,诊断符合率达 81.8%;ADC 序列的 3 个参数的阳性预测值为 83.3%,阴性预测值为 80.0%,诊断符合率达 81.8%;GLCM 参数中,ADC 序列上熵的敏感度为 66.7%,阳性预测值为 62.5%,阴性预测值为 85.0%,诊断符合率达 72.7%;联合 T1CE 序列的 2 个参数(IDM、Cor),阳性预测值为 70.8%,阴性预测值为 70.0%,诊断符合率达 70.5%。

讨 论

中枢神经系统 SFT/HPC 起源于脑膜毛细血管周细胞,是一种来源于脑膜间质的少见肿瘤,而脑膜瘤来源于脑膜上皮细胞,二者的生物学行为不同,SFT/HPC 侵袭性和恶性程度更高,复发和远处转移的倾向也更大^[6]。SFT/HPC 和 AM 患者的临床特征也存在一定差异。有研究表明,SFT/HPC 多见于男性,平均年龄低于 AM 患者^[2]。本研究中 SFT/HPC 患者

54%为男性,平均年龄(43.4±12.9)岁,略高于 AM 患者的(53.1±7.5)岁,结果与文献报道基本相符。

SFT/HPC 与 AM 的影像学表现非常相似,均表现为等 T₁、长 T₂ 混杂信号,瘤体内可见粗大的血管流空影,多伴有囊变、坏死,增强扫描肿瘤呈明显强化,且与邻近硬脑膜的关系密切。其中,SFT/HPC 瘤体内坏死、囊变较 AM 多见,增强扫描 AM 多见“脑膜尾征”,而 SFT/HPC 少见^[7]。SFT/HPC 因具有较高的侵袭性,或具有一些特征性的 MRI 征象,如形态不规则或呈多边形,伴有周围组织侵犯等。既往研究中曾尝试采用 ADC 值(均值、最小值)和 MRS 等方法对 SFT/HPC 与 AM 进行鉴别,结果表明 MRI 检查对于两种肿瘤的术前鉴别有一定临床意义^[8-10]。但是目前关于图像纹理分析技术对两种肿瘤鉴别诊断价值的文献报道比较少见。本研究联合 MRI 多序列纹理分析对 SFT/HPC 与 AM 进行对比分析,通过量化图像的微观差异来客观评估肿瘤的异质性,显著提高了对 SFT/HPC 与 AM 的鉴别诊断效能,为临床诊断及后期治疗(如手术切除方式的选择等)提供参考依据。

本研究结果显示,SFT/HPC 在 3 个序列上的最大值、最小值、均值和中位数均小于 AM,在 T₂WI 和 T₁CE 序列上的偏度值大于 AM,上述参数的组间差异均具有统计学意义(P<0.05),与 Kanazawa 等^[11]的研究结果一致。通过绘制 ROC 曲线对有统计学意义的参数进行鉴别效能的评估,发现直方图参数中,T₂WI 上的 5 个参数(最小值、均值、中位数、峰度和偏度)、T₁CE 序列上的 6 个参数(最大值、最小值、均值、中位数、峰度、偏度)和 ADC 序列上的 3 个参数(最小值、均值、中位数)的 AUC 均大于 0.7,敏感度和特异度较高,对 SFT/HPC 与 AM 有着较高的鉴别效能。分别对各序列中 AUC 大于 0.7 的参数进行联合分析,T₂WI(5 个参数同上)鉴别 SFT/HPC 与 AM 的阳性预测值为 87.5%,阴性预测值为 75.0%,符合率达 81.8%;T₁CE 序列(6 个参数同上)的阳性预测值为 91.7%,阴性预测值为 90.0%,符合率达 90.9%;ADC

图(3 个参数同上)的阳性预测值为 83.3%,阴性预测值为 80.0%,符合率达 81.8%。

峰度和偏度是反映肿瘤空间异质性总体特征的两个重要指标。峰度反映了像素信号强度分布形态的陡峭程度,峰度越大表示其分布的坡度越大;偏度是描述像素信号强度分布形态的对称性的一项统计量,偏度的绝对值越大表示其分布形态的偏斜程度越大^[5,12]。本研究勾画 ROI 时选取的是肿瘤的实体部分并尽量避开了囊变、坏死和出血区,但两种肿瘤的实性部分的病理表现存在差异,其内可能存在显微镜下才可见的细小甚至微小的囊变、坏死(较多出现于 SFT/HPC),仅通过 MRI 图像无法识别,但这种微小差异可通过偏度值的差异而分辨。本研究结果显示,两种肿瘤在 T₂WI 和 T₁CE 图像上的偏度值差异具有统计学意义($P < 0.05$)。

本研究结果显示,在 GLCM 参数中,SFT/HPC 在 T₁CE 序列上的逆差矩和自相关值均大于 AM,在 ADC 图像上的熵值大于 AM,与 Kanazawa 等^[11]的研究结果一致。T₁CE 序列上的逆差矩、自相关性和 ADC 序列上的 ASM、熵值的 AUC 均大于 0.7。逆差矩表示图像中像素信号强度的均匀性,自相关参数表示图像中的毗邻像素信号强度的线性相关性,二者均能够反映肿瘤组织的异质性^[13]。联合 T₁CE 序列的逆差矩和自相关 2 个参数,鉴别 SFT/HPC 与 AM 的阳性预测值为 70.8%,阴性预测值为 70.0%,符合率达 70.5%。熵是度量图像所具有的信息量的参数,它反映的是图像上纹理的非均匀程度或复杂程度。有研究表明,熵值大小与肿瘤异质性有一定的关系,熵值越大代表肿瘤异质性越高^[14-15],本研究中 ADC 序列上熵鉴别两种肿瘤的 AUC 为 0.765,敏感度 66.7%,特异度 85.0%,阳性预测值为 62.5%,阴性预测值为 85.0%,符合率达 72.7%,具有较高的鉴别效能。

本研究尚存在几点局限性:首先、这是一项回顾性研究,由于 SFT/HPC 和 AM 是相对罕见的肿瘤,纳入的样本量相对较小;其次,本研究中仅选取了肿瘤的实质部分来进行纹理分析,未对两种肿瘤的瘤周水肿区进行分析,并进一步将 MRI 征象与纹理参数结合,以进一步提高鉴别效能;最后,纹理分析各项参数的意义与肿瘤生物学机制的相关性研究尚不充分,有待今后进行更深入的研究。

综上所述,基于 MRI 图像的纹理分析可以为 SFT/HPC 与 AM 的鉴别提供可靠的量化信息,提高影像诊断准确性,为临床治疗上选择合适的术式及辅助治疗方案提供帮助,最终降低肿瘤的复发率和远处转移的风险,具有重要的临床应用价值。

参考文献:

- [1] Damodaran O,Robbins P,Knuckey N,et al. Primary intracranial haemangiopericytoma:comparison of survival outcomes and metastatic potential in WHO grade II and III variants[J]. J Clin Neurosci,2014,21(8):1310-1314.
- [2] Meng Y,Chao W,Yi L,et al. Preoperative radiologic characters to predict hemangiopericytoma from angiomatous meningioma[J]. Clin Neurol Neurosurg,2015,138(8):78-82.
- [3] Skogen K,Ganeshan B,Good C,et al. Measurements of heterogeneity in gliomas on computed tomography relationship to tumour grade[J]. J Neuro Oncol,2013,111(2):213-219.
- [4] Sachdeva J,Kumar V,Gupta I,et al. Segmentation,feature extraction,and multiclass brain tumor classification[J]. J Digit Imaging,2013,26(6):1141-1150.
- [5] He W,Xiao X,Li X,et al. Whole-tumor histogram analysis of apparent diffusion coefficient in differentiating intracranial solitary fibrous tumor/hemangiopericytoma from angiomatous meningioma[J]. Eur J Radiol,2019,112(3):186-191.
- [6] 邱欢,汪湖湖,漆松涛,等. MRI 影像学参数预测血管外皮细胞瘤与血管瘤型脑膜瘤的临床价值[J]. 中华神经外科杂志,2016,32(1):25-29.
- [7] 蒋春秀,朱建彬,邹天宇,等. 颅内孤立性纤维瘤/血管外皮瘤与脑膜瘤的临床和 MRI 对比分析[J]. 中国医学影像技术,2017,33(6):848-852.
- [8] Liu G,Chen ZY,Ma L,et al. Intracranial hemangiopericytoma:MR imaging findings and diagnostic usefulness of minimum ADC values[J]. JMIR,2013,38(5):1146-1151.
- [9] Liu L,Yin B,Geng DY,et al. Comparison of ADC values of intracranial hemangiopericytomas and angiomatous and anaplastic meningiomas[J]. J Neuroradiol,2014,41(3):188-194.
- [10] Righi V,Tugnoli V,Mucci A,et al. MRS study of meningeal hemangiopericytoma and edema:a comparison with meningotheial meningioma[J]. Oncol Rep,2012,28(4):1461-1467.
- [11] Kanazawa T,Minami Y,Jinzaki M,et al. Preoperative prediction of solitary fibrous tumor/hemangiopericytoma and angiomatous meningioma using magnetic resonance imaging texture analysis [J]. World Neurosurg,2018,120:e1208-e1216. DOI:10.1016/j.wneu.2018.09.044.
- [12] 虞忠仪,耿承军,冯银波,等. 基于常规 MRI 图像的纹理分析对脑膜瘤术前分级的临床价值[J]. 中华放射学杂志,2018,52(5):356-362.
- [13] Alobaidli S,McQuaid S,South C,et al. The role of texture analysis in imaging as an outcome predictor and potential tool in radiotherapy treatment planning[J/OL]. Br J Radiol,2014,87(1042):e20140369. DOI:10.1259/bjr.20140369
- [14] Win T,Miles K,Janes SM,et al. Tumor heterogeneity and permeability as measured on the CT component of PET/CT predict survival in patients with non-small cell lung cancer [J]. Clin Cancer Res,2013,19(13):3591-3599.
- [15] Ng F,Ganeshan B,Kozarski R,et al. Assessment of primary colorectal cancer heterogeneity by using whole-tumor texture analysis:contrast-enhanced CT texture as a biomarker of 5-year survival[J]. Radiology,2013,266(1):177-184.

(收稿日期:2019-02-21 修回日期:2019-04-23)