

头颅 CT 纹理特征评价心搏骤停后患者 复苏后脑损伤研究

黄云苑¹ 叶浩翔² 刘志锋² 杨正飞¹ 张洁¹

[摘要] **目的:**探讨基于头颅 CT 平扫图像的纹理特征对评估心搏骤停(CA)复苏成功患者脑损伤的可行性。**方法:**回顾性分析 2016 年 1 月—2021 年 6 月我院收治的 13 例心搏骤停复苏成功后缺血缺氧性脑病患者,将每例患者 CA 后早期(7 d 内)头颅 CT 纳入心肺复苏组;对照组则选用同时体检的同龄健康人的头颅 CT,两两配对分析头颅 CT 图像纹理特征。利用 Omni-Kinetics 软件提取两组研究者头颅 CT 图像的区域纹理特征进行比较,取小脑最大层面及海马最大层面纹理特征并测量提值,对比两组纹理特征结果的差异。运用 ROC 曲线评价有差异的纹理特征在 CA 后脑损伤中的诊断效能。**结果:**两组间的纹理特征[体积数(VolumeCount)、体素值(VoxelValueSum)、频度(FrequencySize)]之间比较,差异有统计学意义($P < 0.05$),且心肺复苏组 3 个参数值均低于对照组($P < 0.05$)。其 ROC 曲线下面积为 0.787。**结论:**头颅 CT 纹理特征参数可反映 CA 后患者的脑损伤。

[关键词] 头颅 CT;纹理特征;心搏骤停

DOI:10.13201/j.issn.1009-5918.2022.11.001

[中图分类号] R541.78 **[文献标志码]** A

Texture features on brain computed tomography to evaluate the brain injury in post-cardiac arrest patients

HUANG Yunyuan¹ YE Haoyi² LIU Zhifeng² YANG Zhengfei¹ ZHANG Jie¹

(¹Department of Emergency, Sun Yat-sen Memorial Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou, 510000, China; ²Department of Radiology, the Fourth Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University)

Corresponding author: ZHANG Jie, E-mail: 41115299@qq.com

Abstract Objective: To explore the feasibility of evaluating brain injury in cardiac arrest(CA) survivors based on texture features of brain CT images. **Methods:** A total of 13 CA patients who were diagnosed as hypoxic-ischemic encephalopathy in our hospital between January 2016 and June 2021 were included in this retrospective study. The patients who had brain CT scans within 7 days of resuscitation were included in the cardiopulmonary resuscitation group, while the healthy people of the same age who underwent physical examination at the same time were selected in the control group, and the texture features of head CT images were analyzed in pairs. The Omni-Kinetics software was used to extract the regional texture features of the head CT images of the two groups of patients for comparison. The texture features of the largest layer of cerebellum and hippocampus were taken and measured, and the difference of the texture feature results between the two groups were compared. ROC curve was used to evaluate the diagnostic efficacy of brain injury after CA in different texture features. **Results:** The differences of texture features VolumeCount, VoxelValueSum and FrequencySize between the two groups were statistically significant($P < 0.05$), and the three parameter values of cardiopulmonary resuscitation group were lower than those of the control group($P < 0.05$). The area under the ROC curve is 0.787. **Conclusion:** CT texture feature parameters can evaluate brain injury in patients after CA.

Key words brain CT; texture features; cardiac arrest

心搏骤停(cardiac arrest,CA)的首要致死致残

原因为脑组织缺血再灌注损伤。尽早评估 CA 患者神经预后对临床治疗方案的选择具有重要意义^[1]。目前心搏骤停后神经功能评估方法各有优势和不足,开发 CA 复苏后脑功能损伤的检测技术

¹中山大学孙逸仙纪念医院急诊科(广州,510000)

²广州医科大学附属第四医院影像科

通信作者:张洁,E-mail:41115299@qq.com

尤为重要。纹理分析是“放射组学”新兴的研究领域及主要部分,是通过从医学图像采集与重建、图像分割、统计分析等图像后处理步骤采集像素的分布情况进行数学分析,获取一系列量化病灶一致性的相关参数,进而解释定量特征的过程^[2],纹理分析过程见图 1。目前,统计法是医学影像纹理分析最常用的方法。统计法主要包括:一阶统计、二阶统计和高阶统计。一阶的纹理主要反映单个像素的分布情况。二阶统计是基于特定像素对的分布描述,其灰度共生矩阵(gray-level co-occurrence matrix, GLCM)是描述两个像素强度之间的关系,

可以补充一阶统计信息。高阶统计量通过相邻像素的灰度差描述强度变化或同质区的分布和排列,进而分析 3 个或更多像素之间的关系^[3]。考虑纹理特征揭示人眼无法检测到的细微结构变化,因此 CA 复苏后脑损伤患者的早期头颅 CT 和健康人的头颅 CT 图像的某些纹理特征参数可能不同,可以反映 CA 复苏后的脑损伤。本研究探讨头颅 CT 平扫纹理特征技术评估 CA 复苏后患者脑损伤的可行性,为影像组学及人工智能诊断心肺复苏后脑损伤提供思路。

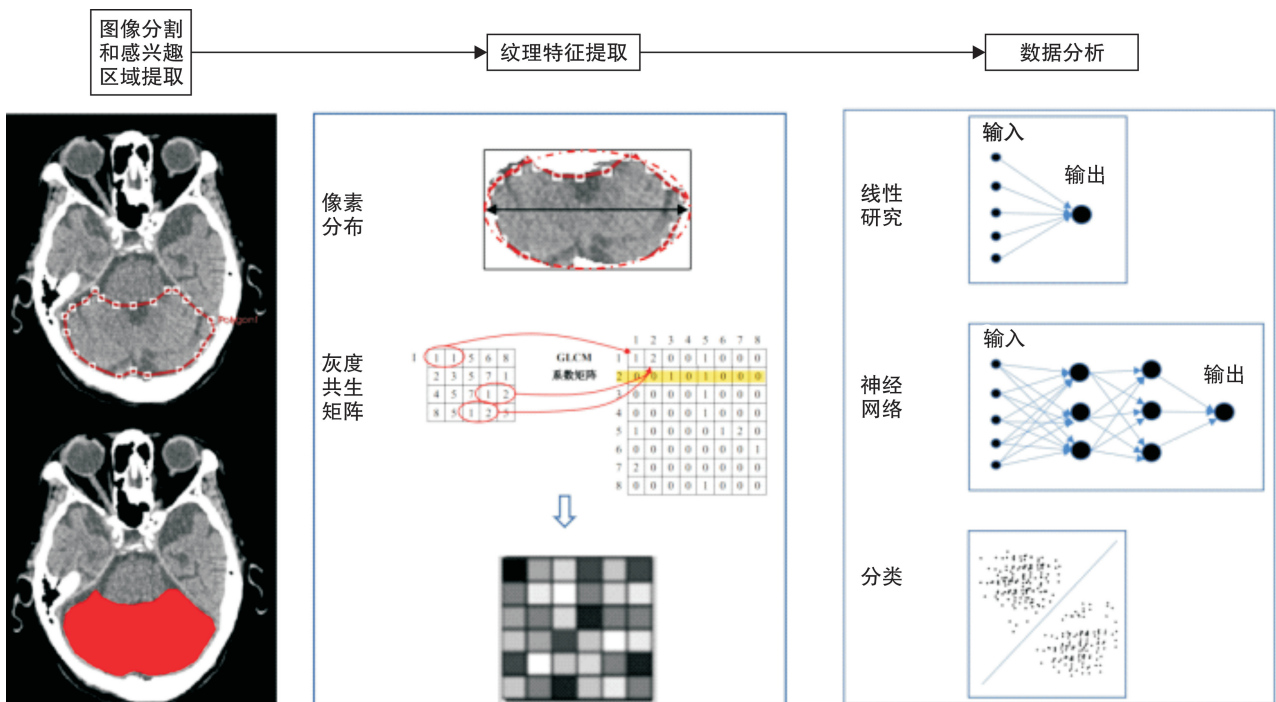


图 1 纹理分析过程图

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析 2016 年 1 月—2021 年 6 月期间中山大学孙逸仙纪念医院出院诊断有“缺血缺氧性脑病”或者“心肺复苏术”或病案首页有“心肺复苏”操作的成人患者 108 例。排除无头颅 CT 检查患者 18 例、无心肺复苏术患者 41 例、头颅 CT 检查距离心肺复苏时非 1~7 d 的患者 16 例、有复苏术但未行头颅 CT 检查患者 8 例、头颅 CT 检查提示颅内病变(包括出血 11 例和占位 1 例)患者 12 例,最后纳入心肺骤停复苏成功后缺血缺氧性脑病的 13 例患者作为心肺复苏组,其中男 7 例,女 6 例;年龄 20~86 岁,平均(54.69±19.80)岁。心肺复苏组心肺骤停的病因主要有:心源性 5 例;非心源性 8 例,其中窒息 3 例,张力性气胸 1 例,肺栓塞 1 例,休克 2 例,病因未明 1 例(考虑心源性可能性大)。平均复苏时长为(19.27±17.92)min。

另选用同时期性别、年龄相对应的健康体检者 13 例作为对照组,其中男 7 例,女 6 例;年龄 19~87 岁,平均(54.85±20.00)岁。

心肺复苏组纳入标准^[4-5]:①年龄>18 岁;②心肺骤停后经心肺复苏恢复自主循环,符合成人缺血缺氧性脑病诊断标准;③在 1~7 d 内行头颅 CT 检查,非脑血管意外、颅脑外伤患者。对照组纳入标准:①年龄>18 岁;②头颅 CT 报告未见异常。

1.2 仪器与方法

CT 检查使用 Siemens Somatom Sensation64 或 Toshiba Aquilion64 螺旋 CT 机。扫描参数为管电流 200~350 mAs,管电压 120 kV,层厚 1 mm,层间隔 0.75 mm,螺距 1.2,准直宽度 64×0.6 mm,0.33~0.5 s/360°,矩阵 512×512。

1.3 图像处理及图像纹理参数提取

从 PACS 工作站以“.Dicom”格式将纳入研究的 CT 平扫图像导出,选取小脑最大层面及海马最

大层面作为纹理特征提取的感兴趣区(region of interest, ROI),由 2 名具有 5 年以上工作经验的医师手动勾画 ROI,利用 Omni-Kinetics 软件提取 ROI 中的 67 个图像特征,包括基于灰度直方图(方差、均匀性、峰度、偏度等共 29 个特征)、基于空间灰度共生矩阵(能量、熵、自相关等共 28 个特征)和灰度游程步长矩阵(短游程优势、灰度不均匀性等共 10 个特征)。小脑勾画 ROI 示意图如图 2。

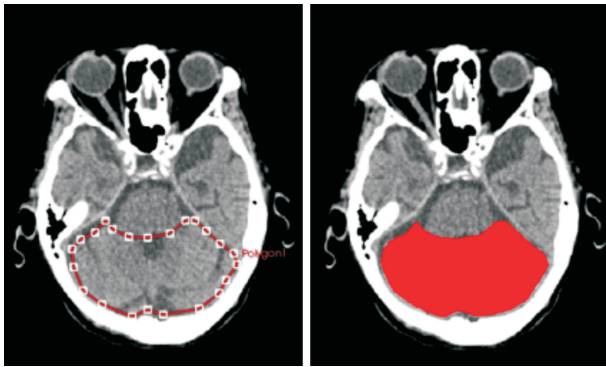


图 2 小脑勾画 ROI 示意图

1.4 统计学方法

采用 SPSS 19.0 统计学软件进行数据处理,对 2 名医师测量的 67 个纹理特征行组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)一致性分析,筛选出 ICC > 0.7 的数据统计分析,并运用 Kolmogorov-Smirnov 检验对符合 ICC > 0.7 的数

据行正态性检验,符合正态分布的特征以 $\bar{X} \pm S$ 表示,组间差异比较采用配对 t 检验;不符合正态分布的特征组间比较采用配对非参数检验(Mann-Whitney U);计数资料进行 χ^2 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。对所有具有统计学意义的纹理参数以及临床数据进行受试者工作特征曲线(ROC)。

2 结果

2.1 基于头颅 CT 的纹理参数比较和 ROC 曲线特性分析

两组 26 例首诊 CT 平扫图像提取脑 ROI 纹理特征共获取 67 个纹理特征值,其中 15 个纹理特征值差异有统计学意义($P < 0.05$),52 个纹理特征值差异无统计学意义($P > 0.05$)。两位医师纹理特征值测量 ICC > 0.7 的参数为 55 个。其中 ICC > 0.7 且单因素具有统计学意义的参数为:VolumeCount、VoxelValueSum、FrequencySize。见图 3。

将差异有统计学意义的参数(VolumeCount、VoxelValueSum、FrequencySize)值作为检验变量,将复苏组和对照组作为状态变量(1=复苏组,0=对照组),绘制 ROC 曲线,发现其 ROC 曲线下面积为 0.787(图 4),当 VolumeCount 取阈值为 59 163 时,灵敏度及特异度分别为 76.9%、84.6%。当 VoxelValueSum 取阈值为 1 760 000 时,灵敏度及特异度分别为 84.6%、76.9%,有一定的诊断价值。

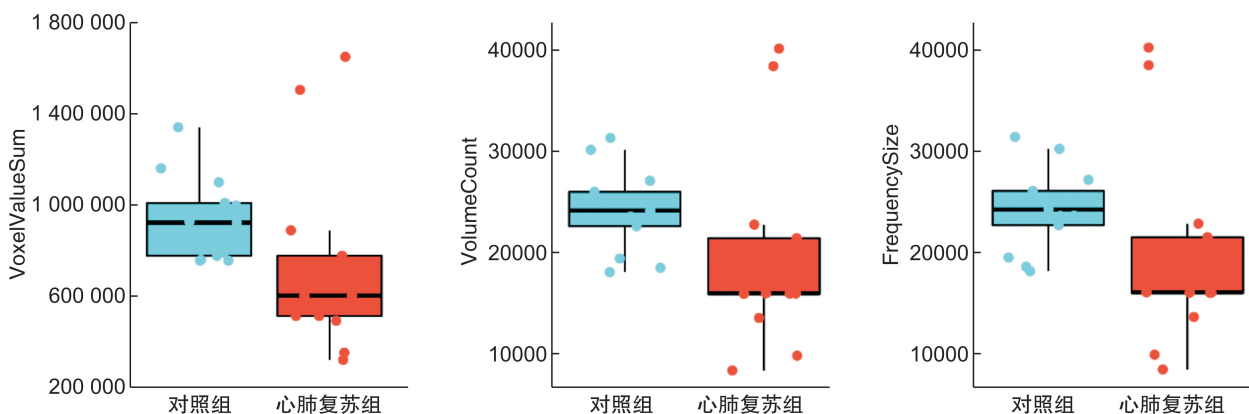


图 3 心肺复苏组和对照组头颅 CT 纹理特征 VoxelValueSum、VolumeCount、FrequencySize 结果对比

2.2 两组间的纹理特征 Pearson 检验

VoxelValueSum、VolumeCount、FrequencySize 3 个参数间相关性检验见表 1。

3 讨论

随着急救体系的完善、心肺复苏概念和技术的逐年普及、除颤仪的使用增加,CA 后患者复苏成功率和存活率上升,但幸存者的神经功能恢复仍较

低。心搏骤停后脑损伤是由复苏后大脑的初始缺血和随后的再灌注引起的。在心搏骤停后进入重症监护病房的患者中,心搏骤停后脑损伤表现为昏迷,是导致死亡和长期残疾的主要原因^[6]。为评估 CA 患者病情,头颅 CT 平扫是 CA 患者早期完善的常规影像学检查。头颅 CT 提供了有关脑损伤程度的重要数据,相关参数有脑水肿和(或)颅内压

增高。“脑沟消失征”和“灰白质分界不清”的表现最早可在 CA 后 1 h 出现,然而大部分患者早期并无特征性表现^[7]。纹理分析通过提取图像内纹理特征来获取病灶信息,然后进行统计分析。纹理特征提供了有关感兴趣区域(ROI)内像素的灰度分布和差异信息,对人眼观察不到的变化引起的图像异质性进行量化。通过纹理特征,能解码隐含在医学影像中极其庞大的数字化信息,并客观化应用于临床诊治、预后分析的过程中^[8]。纹理特征已广泛应用于肿瘤研究,比如鉴别肿瘤的良恶性、病理学分级、评估治疗和预后^[9-14],但在非肿瘤性病变的研究较少。纹理特征在神经系统非肿瘤病变的研究方向主要集中在脑血管疾病包括脑出血和缺血性卒中、多发性硬化、阿尔茨海默病及鉴别颅内动脉斑块^[15-20]。目前,尚未发现国内外利用纹理特征方法对 CA 后脑损伤患者进行分析研究的报道。

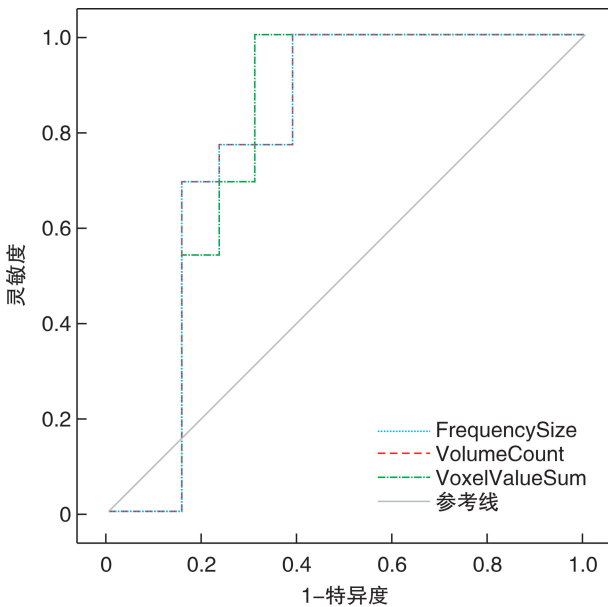


图 4 VolumeCount、VoxelValueSum、FrequencySize 的 ROC 曲线图

表 1 采用 Pearson 进行参数间相关性检验

检验指标	r	P
VolumeCount 与 VoxelValueSum	0.962	<0.001
FrequencySize 与 VoxelValueSum	0.962	<0.001
FrequencySize 与 VolumeCount	1	<0.001

本研究结果证明,小脑最大层面脑组织纹理一致性 ICC>0.7 且两组具有差异性的 3 个参数为 VolumeCount、VoxelValueSum、FrequencySize。本次研究进行参数间相关性检验提示这 3 个纹理特征互有相关性,且差异有统计学意义 ($P < 0.001$),说明这 3 个纹理特征有一定的关联。研究比较心肺复苏组和对照组的头颅 CT 纹理特征,发

现心肺复苏组患者的 VolumeCount、VoxelValueSum、FrequencySize 特征值均低于对照组。目前有关再灌注损伤的纹理分析特征文献主要集中在肾脏的缺血再灌注损伤,且主要是 MRI 的纹理特征分析。现有关于纹理特征值的临床研究包含 VolumeCount 或 VoxelValueSum 主要涉及肿瘤鉴别方面。体积数 (VolumeCount)、体素值总和 (VoxelValueSum) 属于纹理参数中的一阶特征,通过测量直方图密集程度反映 ROI 的像素灰度分布。相关研究^[21-24]提示恶性肿瘤像素值总和 (VoxelValueSum) 低于良性肿瘤,这些差异说明恶性组图像上各像素对应的密度强度比较分散,内部包含的体素数较多,内部成分复杂且成分差异较大,提示恶性肿瘤的纹理更不规则。本研究的心肺复苏组像素总和低于对照组,提示 CA 后脑损伤的患者的 CT 纹理更不规则。结合病理生理分析,出现该纹理特征的病理基础可能与再灌注脑损伤后脑细胞坏死有关。FrequencySize 为直方图特征参数,反映图像灰度的对称性,值越大,对称性越差^[25]。本研究心肺复苏组的纹理特征 FrequencySize 值低于对照组。本研究结果提示,参数 VolumeCount、VoxelValueSum、FrequencySize,其 ROC 曲线下面积为 0.787,当 VolumeCount 取阈值为 59163 时,灵敏度及特异度分别为 76.9%、84.6%。当 VoxelValueSum 取阈值为 1760000 时,灵敏度及特异度分别为 84.6%、76.9%。ROC 曲线表明纹理特征 VolumeCount、VoxelValueSum 能够反映 CA 后脑损伤,有临床应用价值。

本研究的局限性:①本研究为回顾性单中心研究,故纳入样本量小。期待未来进行大型、多中心、前瞻性的研究;②选取研究对象及对照组图像未作统一处理,ROI 勾画会有误差,且只勾画二维单张图像进行纹理特征提值,没有进行三维纹理特征取值;③因从 PACS 工作站“.Dicom”格式导出图像时有压缩,所以本研究选取的层面只有小脑和海马层面,没有对缺氧最敏感的大脑皮层纹理特征进一步对比分析;④由于样本量少,本研究未选取心肺复苏后脑损伤患者神经功能恢复良好及不良结局患者的 CT 纹理特征进行对比,这是我们下一步研究的重点。

综上所述,头颅 CT 纹理特征可反映 CA 复苏后患者的脑损伤,相应的纹理特征参数对评估 CA 后患者脑损伤有一定的价值。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

[1] Callaway CW, Donnino MW, Fink EL, et al. Part 8: Post-Cardiac Arrest Care: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care[J].

- Circulation,2015,132(18 Suppl 2):S465-482.
- [2] 胡鑫,唐曦. 医学影像纹理分析在软组织肿瘤中的研究进展[J]. 医学影像学杂志,2022,32(1):167-169.
- [3] 岑永义,鲍保成,梁克,等. CT 或 MRI 纹理分析在肝局灶性病变中的研究进展[J]. 影像研究与医学应用,2021,5(13):3-5.
- [4] Perkins GD, Callaway CW, Haywood K, et al. Brain injury after cardiac arrest[J]. Lancet (London, England),2021,398(10307):1269-1278.
- [5] 心肺复苏后昏迷患者早期神经功能预后评估专家共识组. 心肺复苏后昏迷患者早期神经功能预后评估专家共识[J]. 中华急诊医学杂志,2019,28(2):156-162.
- [6] Sandroni C, Cronberg T, Sekhon M. Brain injury after cardiac arrest: pathophysiology, treatment, and prognosis[J]. Int Care Med,2021,47(12):1393-1414.
- [7] 王淦楠,张劲松. 头颅 CT 对心肺复苏后昏迷患者神经功能预后的判断价值研究进展[J]. 中华急诊医学杂志,2022,31(1):124-128.
- [8] Fusco R, Granata V, Grazzini G, et al. Radiomics in medical imaging: pitfalls and challenges in clinical management[J]. Japan J Radiol,2022,40(9):919-929.
- [9] An H, Wang Y, Wong EMF, et al. 卵巢上皮癌组织学分型的 CT 纹理分析[J]. 国际医学放射学杂志,2021,44(5):610.
- [10] 马永青,王志璐,王帝,等. CT 纹理分析对结直肠癌与炎症性结直肠壁增厚的鉴别诊断价值[J]. 中国医学影像学杂志,2021,29(12):1222-1226.
- [11] Zhang YM, Gong GZ, Qiu QT, et al. Radiomics for Diagnosis and Radiotherapy of Nasopharyngeal Carcinoma[J]. Front Oncol,2022,11:767134.
- [12] 刘欣,郑伊能,钟毅,等. CT 纹理分析对醛固酮腺瘤与皮质醇腺瘤的鉴别诊断价值[J]. 中国中西医结合影像学杂志,2021,19(1):60-64.
- [13] 董婷宇,汤林梦,杨飞,等. CT 影像纹理分析在胃肠道间质瘤中的研究进展[J]. 国际医学放射学杂志,2022,45(1):84-88.
- [14] Wei W, Hu XW, Cheng Q, et al. Identification of common and severe COVID-19: the value of CT texture analysis and correlation with clinical characteristics[J]. Euro Radiol,2020,30(12):6788-6796.
- [15] 包婉秋,彭霞,向橙,等. 影像组学在神经系统非肿瘤性疾病中的应用及研究进展[J]. 中国中西医结合影像学杂志,2021,19(4):395-397.
- [16] 江瑞信,叶浩翊,刘志锋,等. 基于 CT 平扫图像纹理分析预测高血压脑出血早期血肿扩大的可行性研究[J]. 岭南现代临床外科,2021,21(3):337-340.
- [17] Sarioglu O, Sarioglu FC, Capar AE, et al. The role of CT texture analysis in predicting the clinical outcomes of acute ischemic stroke patients undergoing mechanical thrombectomy[J]. Eur Radiol,2021,31(8):6105-6115.
- [18] Colombi D, Bodini FC, Rossi B, et al. Computed Tomography Texture Analysis of Carotid Plaque as Predictor of Unfavorable Outcome after Carotid Artery Stenting: A Preliminary Study[J]. Diagnostics,2021,11(12):2214.
- [19] Shan Y, Li Y, Wu X, et al. Evaluation of Intracranial Hypertension in Patients With Hypertensive Intracerebral Hemorrhage Using Texture Analysis [J]. Front Neurol,2022,13:832234.
- [20] 包婉秋,彭霞,张春霞,等. 非增强 CT 纹理特征对超急性期脑梗死溶栓后出血转化的预测价值[J]. 中国中西医结合影像学杂志,2022,20(2):122-127.
- [21] 许倩. 基于磁共振的多模态成像技术鉴别脑胶质瘤复发与治疗反应[D]. 南京医科大学,2018.
- [22] 唐庆昆,朱建国,李海歌,等. 甲状腺乳头状癌的术前诊断和预测分期:基于 CT 直方图分析的研究[J]. 临床放射学杂志,2020,39(12):2388-2393.
- [23] 张懿,丁建平. CT 纹理分析对卵巢上皮肿瘤的鉴别诊断[J]. 医学影像学杂志,2021,31(2):293-296,301.
- [24] 苏晟,朱建国,曹波,等. 透明细胞肾癌的诊断和病理相关分析:一项基于 CT 直方图的初步研究[J]. 临床放射学杂志,2021,40(3):541-546.
- [25] 陈东,史彬,郑明雪,等. ADC 值联合基于 T₂WI 脂肪抑制图像的纹理特征预测软组织良恶性肿瘤的价值[J]. 中华放射学杂志,2021,55(3):282-287.

(收稿日期:2022-07-16)