论 著

DCE-MRI定量参数联合血清Panx3水平检测对急性脑梗死患者短期预后的预测价值*

蔡 灏 赵万江* 张忠和
山东第一医科大学附属山东省立医院医学影像科 (山东 济南 250021)

【摘要】**目的** 探究动态增强磁共振(DCE-MRI)定量参数[速率常数相对值(rK_{ep})、容量转移常数相对值(rK^{trans})、血管外细胞外间隙容积分数相对值(rV_e)]、血清泛连接蛋白3(Panx3)水平联合检测对急性脑梗死(ACI)患者短期预后的预测价值。**方法** 收集2023年2月至2024年1月于我院就诊的69例ACI患者为研究对象，根据治疗后3个月改良Ranking量表(mRS)将其分为预后不良组(31例)、预后良好组(38例)，比较两组一般资料、DCE-MRI定量参数、血清Panx3水平，采用RR危险度分析各指标不同水平对ACI预后不良的预警作用，采用受试者工作特性(ROC)曲线、Logistic多因素分析预测价值、影响因素。**结果** 预后良好组NIHSS评分低于预后不良组($P<0.05$)；预后不良组rK_{ep}、rK^{trans}、血清Panx3水平高于预后良好组($P<0.05$)；NIHSS评分、rK_{ep}、rK^{trans}、血清Panx3为ACI患者预后不良的影响因素($P<0.05$)；rK_{ep}、rK^{trans}、血清Panx3联合预测预后不良的AUC为0.863，最佳预测特异度为78.95%，敏感度为93.55%；rK_{ep}、rK^{trans}、血清Panx3高水平出现预后不良的危险度是低水平2.730、3.136、2.667倍，对ACI患者预后不良存在明显预警作用($P<0.05$)。**结论** DCE-MRI定量参数结合血清Panx3检测可有效预测ACI患者短期预后，临床应用价值较高。

【关键词】急性脑梗死；短期预后；动态增强磁共振定量参数；泛连接蛋白3；联合检测；预测价值
【中图分类号】R651.1
【文献标识码】A
【基金项目】胎儿海马结构的半球间不对称性与性别二态性(81300497)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.04.003

The Predictive Value of DCE-MRI Quantitative Parameters Combined with Serum Panx3 level for Short-term Prognosis in Patients with Acute Cerebral Infarction*

CAI Hao, ZHAO Wan-jiang*, ZHANG Zhong-he.
Department of Medical Imaging, Shandong Provincial Hospital Affiliated to Shandong First Medical University, Jinan 250021, Shandong Province, China

ABSTRACT
Objective To explore the predictive value of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) quantitative parameters [relative value of rate constant (rK_{ep}), relative value of volume transfer constant (rK^{trans}), relative value of volume fraction of extracellular space (rV_e)] and serum pan-x3 level in predicting the short-term prognosis of patients with acute cerebral infarction (ACI). ***Methods*** A total of 69 patients with ACI in our hospital from February 2023 to January 2024 were collected as the research object. According to the modified ranking scale (MRS) 3 months after treatment, they were divided into the poor-prognosis group (31 cases) and the good prognosis group (38 cases). The general data, DCE-MRI quantitative parameters and serum panx3 levels of the two groups were compared. The early warning effect of different levels of indicators on the poor-prognosis of ACI was analyzed by RR risk. The predictive value and influencing factors were analyzed by receiver operating characteristic (ROC) curve and logistic multivariate analysis. ***Results*** The NIHSS score in the group with a favorable-prognosis was lower than that in the group with an unfavorable-prognosis ($P<0.05$). The levels of rK_{ep}, rK^{trans}, and serum Panx3 in the poor-prognosis group were higher than those in the good prognosis group ($P<0.05$). NIHSS score, rK_{ep}, rK^{trans}, and serum Panx3 were factors that affected the poor-prognosis of ACI patients ($P<0.05$). The AUC of rKep, rKtrans, and serum Panx3 combined to predict poor-prognosis was 0.863, with the best predictive specificity of 78.95% and sensitivity of 93.55%. The risk of poor-prognosis in patients with high levels of rK_{ep}, rK^{trans}, and serum Panx3 was 2.730, 3.136, and 2.667 times that of patients with low levels, respectively. This had a significant warning effect on the poor prognosis of ACI patients ($P<0.05$). ***Conclusion*** The combination of DCE-MRI quantitative parameters and serum Panx3 detection can effectively predict the short-term prognosis of ACI patients, and has high clinical application value.

Keywords: Acute Cerebral Infarction; Short-Term Prognosis;Dynamic Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Imaging Quantitative Parameters; Pan-Connectin 3; Combined Detection; Predictive Value

急性脑梗死(ACI)为全球致残、致死的主要原因之一，死亡率仅次于癌症、心血管疾病[1-2]。相关数据显示我国脑卒中患者中超60%为ACI患者，致死率/致残率高达30%，不仅严重威胁我国人民生命健康，更为家庭、社会造成严重负担[3-4]。因此，早期对ACI患者短期预后进行有效预测具有重要指导意义。目前，临床常采用磁共振成像、CT等方式对ACI患者进行诊断、评估预后，但上述检查方式均无法将微小病灶情况较好显示。动态增强磁共振(DCE-MRI)根据检测血流动力学方法可分为两种方式(定量、半定量)，其中，DCE-MRI定量参数可通过药代动力学模型对动态增强定量参数进行，从而判断病变性质[5]。泛连接蛋白3(Panx3)在血管、骨骼肌及大脑等多种组织中广泛表达，可参与损伤后组织再生过程及炎症反应[6]。目前，临床关于DCE-MRI定量参数联合血清Panx3水平在ACI患者短期预后中的预测价值的研究较少，基于此，本研究重点分析DCE-MRI定量参数、血清Panx3水平与ACI患者短期预后的相关性及其联合预测价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集于我院就诊的ACI患者(69例)为研究对象(2023年2月至2024年1月)，根据治疗后3个月改良Ranking量表(mRS)[7]，分为预后良好组(38例)、预后不良组(31例)。

纳入：(1)符合ACI相关诊断标准[8]；(2)均为首次发病；(3)无脑肿瘤、脑血管畸形史；(4)发病时间≤72 h；(5)无颅内出血、颅内手术、颅脑外伤史。排除：(1)合并恶性肿瘤；(2)合并血液系统疾病；(3)存在幽闭恐惧症；(4)体内存在金属异物者。

1.2 方法

1.2.1 DCE-MRI检查方法 DCE-MRI检查使用仪器为3.0 T vida MRI扫描仪(德国西门子)，选择32通道头线圈，助受试者呈仰卧位，扫描过程中嘱患者屏气。扩散加权成像(DWI)：重复时间(TR)、回波时间(TE)分别为4455 ms、79.5 ms，层厚5 mm，视野(FOV)240 mm×240 mm；矢状位T2WI序列：TE、TR分别为85.2 ms、3433.9 ms；T2WI轴位序列：TE、TR分别为97.7 ms、4841 ms；T1WI轴位序列：TE、TR分别为34.1 ms、2807 ms。DCE-MRI：采用轴位头部LAVA序列扫描，相关参数：层厚6 mm，FOV 220 mm×220 mm，TR、TE分别为5.26 ms、1.67 ms，反转角12°。共采集60个时相，予以增强对比剂肘静脉注射(第5个时相)，剂量0.2 mL/kg，注射速率3 mL/s，随后使用生理盐

【第一作者】蔡 灏，女，主管技师，主要研究方向：CT技术。E-mail：haoin9696@163.com
【通讯作者】赵万江，男，主管技师，主要研究方向：核磁共振技术。E-mail：15168889350@163.com

水(20 mL)冲管。处理上述获取的DCE-MRI图像使用OmniKinetics软件，在相关图像上矢状窦设置感兴趣区，获取静脉输入函数、时间信号强度曲线。测量指标：速率常数相对值(rK_{ep})、容量转移常数相对值(rK^{trans})、血管外细胞外间隙容积分数相对值(rV_e)。上述数据均重复测量3次，以平均值为最终数值。

所有图像均由2名3年以上临床经验的影像科医师对图像进行评估判定，若存在分歧，则由副主任医师对图像进行评估判定，最终达成一致。

1.2.2 血清Panx3检测方法 所有受试者均于入院后次日清晨采集3 ml空腹静脉血，使用低速自动平衡离心机(长沙湘智离心机仪器有限公司)以3000 r/min离心速率进行离心处理(15 min)，离心半径12.5 cm，取上清液，-80℃保存，检测血清Panx3水平采用酶联免疫吸附试验法。

1.3 统计学分析 通过SPSS 27.0分析数据，计量资料($\bar{x}\pm s$)表示，t检验，采用受试者工作特性(ROC)曲线分析DCE-MRI定量参数及血清Panx3水平联合检测对ACI患者短期预后的预测价值，计数资料n(%)表示，χ^2检验，采用RR危险度分析不同水平rK_{ep}、rK^{trans}、血清Panx3对预后不良的预警意义，$P<0.05$表示差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 一般资料 预后良好组NIHSS评分低于预后不良组，差异存在统计学意义($P<0.05$)；两组性别、年龄、糖尿病史、高血压史、高脂血症史、饮酒史、吸烟史、心肌梗死病史、TG、TC比较无统计学意义($P>0.05$)。见表1。

2.2 两组DCE-MRI定量参数、血清Panx3水平 预后不良组rK_{ep}、rK^{trans}、血清Panx3水平高于预后良好组，差异显著($P<0.05$)；两组rV_e比较无统计学意义($P>0.05$)。见表2、图1~2。

表1 一般资料[n(%)]

一般资料	预后良好组(n=38)	预后不良组(n=31)	χ^2/t	P
性别			0.000	0.989
男	22(57.89)	18(58.06)		
女	16(42.11)	13(41.94)		
年龄	56.29±6.31	55.71±5.69	0.397	0.693
糖尿病史	8(21.05)	6(19.35)	0.030	0.862
高血压史	20(52.63)	16(51.61)	0.007	0.933
高脂血症史	13(34.21)	11(35.48)	0.012	0.912
饮酒史	7(18.42)	6(19.35)	0.010	0.921
吸烟史	12(31.58)	10(32.26)	0.004	0.952
心肌梗死病史	6(15.79)	5(16.13)	0.085	0.770
NIHSS评分(分)	10.24±2.13	16.73±2.86	10.797	0.000
TC(mmol/L)	4.18±1.01	4.29±0.98	0.456	0.650
TG(mmol/L)	1.57±0.49	1.62±0.53	0.406	0.686

表2 两组DCE-MRI定量参数、血清Panx3水平

组别	rV_e	rK_{ep}(min)	rK^{trans}(min)	Panx3(μg/L)
预后不良组(n=31)	1.06±0.23	3.26±0.69	7.29±1.73	5.27±1.43
预后良好组(n=38)	0.94±0.19	2.35±0.32	2.84±0.49	2.76±0.67
t	2.374	7.240	15.151	9.615
P	0.020	0.000	0.000	0.000

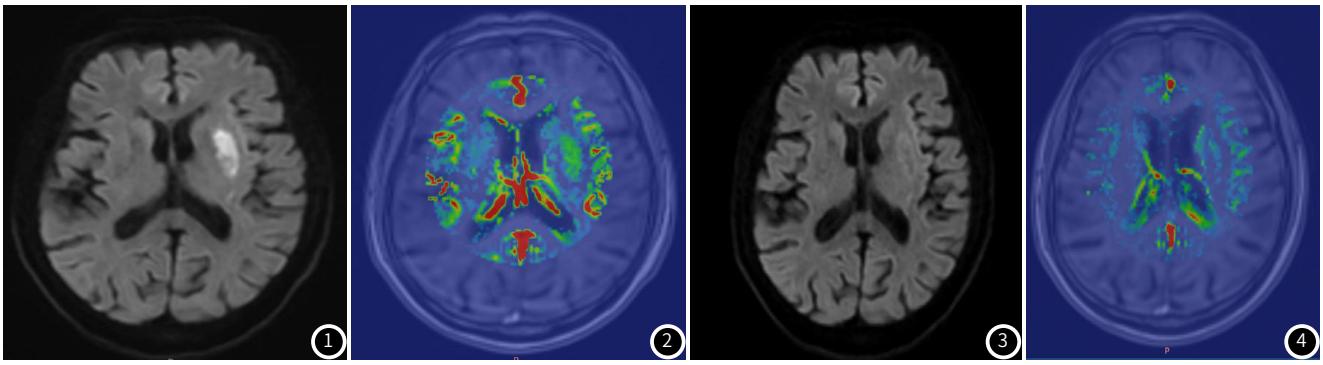


图1~图2 老年女性患者发病6小时DWI和DCE图像，图1在DWI上可见左侧基底节区高信号梗死区，图2DCE可见对应区域梗死灶灌注为绿色增高表现。
图3~图4 同一患者治疗7天复查DWI和DCE图像。图3可见左侧基底节区梗死区域信号较7天前明显减低。图4DCE对应病灶区域灌注明显减低。预后良好。

2.3 Logistic回归分析 以ACI患者短期预后为因变量，以NIHSS评分、rK_{ep}、rK^{trans}、血清Panx3作为自变量，赋值方法见表3。Logistic回归分析显示，rK_{ep}、rK^{trans}、NIHSS评分、血清Panx3为预后不良的影响因素($P<0.05$)。见表4。

2.4 ROC分析 以预后良好为阴性样本，预后不良为阳性样本，绘制ROC曲线，结果显示，血清Panx3、rK_{ep}、rK^{trans}联合预测预后不良的AUC为0.863，最佳预测特异度为78.95%，敏感度为93.55%。见表5。

2.5 危险度分析 以ROC曲线中rK_{ep}、rK^{trans}、血清Panx3的cut-off值为界值分为高水平、低水平，结果显示，血清Panx3、rK_{ep}、rK^{trans}高水平出现预后不良的危险度为低水平2.667、2.730、3.136倍，对ACI患者预后不良存在明显预警作用($P<0.05$)。见表6。

表3 赋值方法

变量	赋值
因变量	
短期预后	预后良好=0，预后不良=1
自变量	
rK_{ep}	连续变量，原值代入
rK^{trans}	连续变量，原值代入
Panx3	连续变量，原值代入
NIHSS评分	连续变量，原值代入

表4 Logistic回归分析

影响因素	β	S.E.	Wald χ^2	P	OR	95%CI
rK_{ep}	1.292	0.423	9.330	<0.001	3.640	2.716~4.879
rK^{trans}	1.006	0.509	3.904	<0.001	2.734	1.386~5.392
Panx3	0.629	0.329	3.651	<0.001	1.875	1.147~3.065
NIHSS评分	1.075	0.564	3.630	<0.001	2.929	2.049~4.186
常数	-9.467	-	<0.001	-	-	

表5 ROC分析

指标	AUC	95%CI	cut-off值	敏感度(%)	特异度(%)	*P*
rK_{ep}	0.720	0.693~0.748	＞2.76 min	67.74	76.32	＜0.001
rK^{trans}	0.739	0.725~0.754	＞4.89 min	74.19	73.68	＜0.001
Panx3	0.710	0.682~0.740	＞3.47 μg/L	70.97	71.05	＜0.001
联合诊断	0.863	0.852~0.875	-	93.55	78.95	＜0.001

表6 危险度分析

指标		总例数(69例)	预后不良组(n=31)	预后良好组(n=38)	RR(95%CI)	*P*
rK_{ep}	高水平	30	21	9	2.730(1.523~4.893)	0.006
	低水平	39	10	29		
rK^{trans}	高水平	33	23	10	3.136(1.635~6.015)	0.003
	低水平	36	8	28		
Panx3	高水平	33	22	11	2.667(1.442~4.933)	0.010
	低水平	36	9	27		

3 讨　论

DCE-MRI可通过定量血流动力学参数rK_{ep}、rK^{trans}、rV_e对病灶内部对比剂的动态分布情况进行清晰显示，进而较好反映脑组织病变边界、范围等信息[9-11]。本研究中，相较于预后良好组，预后不良组rK_{ep}、rK^{trans}均存在异常升高现象，与咸耀林[12]研究结果相似。分析原因：rK_{ep}、rK^{trans}可对微血管系统通透性进行评估，对脑屏障渗透性进行较好反应，上述指标数值预告，提示血脑渗透性增加，破坏血脑屏障，阻碍血液内有害物质危害脑组织的作用明显减弱，无法继续维持内环境稳定、神经系统正常生理状态，且ACI患者出现血脑屏障破坏后通常存在神经系统损伤，导致患者预后不佳[13-14]。同时，本研究通过Logistic回归分析发现，rK_{ep}、rK^{trans}为ACI患者预后不良的影响因素。提示临床可根据DCE-MRI定量参数对ACI患者预后进行评估。

Panx3属Pannexin跨膜通道蛋白，主要在中枢神经系统分布，可形成膜通道结构，病理状态下可诱导分泌炎症因子、细胞活化凋亡，参与疾病进程[15-17]。本研究中，ACI患者预后不良者血清Panx3水平呈异常高水平表达。分析原因：当机体发生缺氧、缺血时，可刺激Panx3通道开放，引发ATP自细胞在细胞外释放，促使ACI局部能量危及，损伤神经功能；NOD样受体蛋白3炎症小体可破坏ACI患者脑缺血再灌注后脑水肿、血脑屏障，Panx3可驱动NOD样受体蛋白3炎症小体及下游炎症因子合成、分泌，增加血管通透性，破坏血脑屏障，引发ACI后脑组织水肿，最终导致预后不良情况发生[18]。

基于前文描述，本研究进一步通过ROC曲线进行分析，发现rK_{ep}、rK^{trans}、血清Panx3联合预测短期预后不良的AUC为0.863，最佳预测特异度为78.95%，敏感度为93.55%，提示联合检测对ACI患者短期预后具有一定预测价值。本研究以cut-off值为界值，发现rK_{ep}、rK^{trans}、血清Panx3高水平发生预后不良的危险度是低水平2.730、3.136、2.667倍，进一步说明DCE-MRI定量参数联合血清Panx3可提高ACI短期预后的预测效能，可使临床获得更为全面的参考信息。

综上所述，DCE-MRI定量参数结合血清Panx3检测可有效预测ACI患者短期预后，具有较高的临床应用价值。但本研究样本量较少，结果可能存在一定偏倚，且临床并未对患者进行长期随访和追踪，待后续进行深入探讨。

参考文献

[1]朱健,蔡坚,杨谨,等.血清神经元特异性烯醇化酶评估急性脑梗死患者病情严重程度及短期预后的意义[J].中国医药导报,2023,20(8):83-86.

[2]曹晓轩,宗素英,白秀艳,等.磁共振弥散加权成像对急性脑梗死的诊断作用及优于MRI常规检查特征[J].中国CT和MRI杂志,2020,18(7):22-25.

[3]吕慧艳,郭丽,师艳艳,等.三种血清标志物在老年急性脑梗死患者中的表达及与短期预后的相关性研究[J].中华老年心脑血管病杂志,2023,25(7):738-741.

[4]高倩,王建宇,孟伟建,等.急性脑梗死患者血清微小RNA-145、程序性细胞死亡因子4 mRNA水平变化及诊断价值研究[J].实用心脑肺血管病杂志,2022,30(2):18-23.

[5]丁辉,邹维,张良,等.动态对比增强磁共振成像联合PLR、NLR预测\急性脑梗死短期预后的回顾性研究[J].现代生物医学进展,2021,21(22):4363-4367.

[6]JL Xiao,YL Li,J Zhang,et al.Pannexin 3 activates P2X7 receptor to mediate inflammation and cartilage matrix degradation in temporomandibular joint osteoarthritis[J].Cell Biol Int,2023,47(7):1183-1197.

[7]时建文,杨忠泽,刘森.CT灌注成像参数对急性脑梗死侧支循环的评估价值及与术后近期预后的相关性[J].中国CT和MRI杂志,2024,22(2):42-44.

[8]中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组.中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018[J].中华神经科杂志,2018,51(9):666-682.

[9]毛亚菲.DCE-MRI观察急性脑梗死患者血脑屏障通透性变化与其治疗方式关系的研究[J].山西卫生健康职业学院学报,2022,32(6):67-69.

[10]马园,牛永超,王娟,等.DCE-MRI定量参数与急性脑梗死患者神经功能及预后的关系[J].数理医药学杂志,2022,35(8):1160-1163.

[11]陈蓓蕾,于海龙,杭景,等.动态对比增强磁共振对急性脑梗死患者血脑屏障通透性的研究[J].中华老年心脑血管病杂志,2020,22(2):127-132.

[12]咸耀林.DCE-MRI定量参数联合ABCD2评分法对TIA发作后进展为脑梗死的诊断价值研究[J].影像研究与医学应用,2024,8(10):34-36.

[13]杜雅明.基于DCE-MRI技术探索神经重症患者血脑屏障受损特征及与中医证型相关性的研究[D].广东:广州中医药大学,2022.

[14]潘莉君,王娟,赵一旭,等.DCE-MRI结合ASL定量评估缺血性脑卒中血脑屏障损伤并预测出血转化[J].中国医学计算机成像杂志,2021,27(3):199-203.

[15]O′Donnell BL,Sanchez-Pupo RE,Sayedyahossein S,et al.PANX3 channels regulate architecture,adhesion,barrier function,and inflammation in the skin[J].J Invest Dermatol,2023,143(8):1509-1519.

[16]靳丽丽,任伟曼,夏松云.ABCD2评分联合血清泛连接蛋白、微小RNA-20b对头晕患者发生缺血性卒中有预测价值[J].内科急危重症杂志,2024,30(1):47-50,96.

[17]Wolpe AG,Luse MA,Baryiames C,et al.Pannexin-3 stabilizes the transcription factor Bcl6 in a channel-independent manner to protect against vascular oxidative stress[J].Sci Signal,2024,17(821):eadg2622.

[18]孙冬雪,刘满洲,王蓓蕾,等.血清泛连接蛋白3和胰岛素样生长因子1受体对急性脑梗死患者出血转化风险的预测价值[J].中国医药,2023,18(10):1485-1489.

(收稿日期：2024-10-31)
(校对：韩敏求　排版：张鸿燊)