

论 著

新生儿缺氧缺血性脑病
磁共振检查特点及与脑
损伤的相关性分析*

林先红¹ 赵 振² 史乐洋¹
叶超群¹ 代青梅¹ 邓璐瑶¹
黄会芝^{1,*}

1.安徽医科大学附属省儿童医院新生儿
内科(安徽 合肥 230001)
2.安徽医科大学附属省儿童医院影像科
(安徽 合肥 230001)

【摘要】目的 探讨新生儿缺氧缺血性脑病(HIE)磁共振(MRI)检查特点及与脑损伤的相关性。方法 回顾性选择2018年3月到2023年3月我院收治的115例足月HIE患儿,依据HIE临床分度分为轻度组(n=41)、中度组(n=53)和重度组(n=21)。比较三组患者的一般资料、MRI影像学评分、表观弥散系数(ADC);采用Pearson相关性检验分析各部位MRI影像学评分与脑损伤的相关性,通过受试者工作特征(ROC)曲线验证各表观弥散系数(ADC)诊断脑损伤风险的预测价值。结果 三组在性别、胎龄、出生体重、分娩方式、母体妊娠期合并症、围产期情况、灰白质分界模糊、深部白质侧脑室壁、皮层及以下点状和T₁WI高信号的临床资料差异无统计学意义(P>0.05)。三组患儿双侧丘脑-基底节区不对称性、脑内静脉扩张、颅内出血差异有统计学意义(P<0.05)。三组MRI影像学评分的分水岭区、基底节/丘脑、内囊后肢、脑干、综合评分均随着脑损伤程度加深而增高,差异有统计学意义(P<0.05)。Pearson分析结果显示,分水岭区、基底节/丘脑、内囊后肢、脑干和综合评分与脑损伤程度均呈正相关性(P<0.05)。三组患儿腹外侧丘脑ADC值均随着10th ADC~90th ADC逐渐升高。重度组60th ADC~90th ADC、ADC_{max}、ADC_{min}、ADC_{mean}均大于中度组和轻度组,中度组患儿60th ADC~90th ADC、ADC_{max}、ADC_{min}、ADC_{mean}均大于轻度组,差异有统计学意义(P<0.05)。ROC分析结果显示,90th ADC的AUC最大0.895(95%CI: 0.762~0.965),C-index=0.876(95%CI: 0.781~0.997),以848.19为最佳截点,灵敏度为85.78%,特异度为90.36%。MRI影像综合评分联合90th ADC值诊断HIE患儿脑损伤程度的灵敏度(89.77%)高于二者分别单独诊断的灵敏度(70.71%和73.28%)。结论 HIE患儿双侧丘脑-基底节区不对称性、脑内静脉扩张、颅内出血与脑损伤程度有关,MRI影像学评分与脑损伤程度呈正相关性,MRI影像综合评分联合90th ADC值诊断HIE患儿脑损伤程度灵敏度89.77%。

【关键词】磁共振成像;新生儿;
缺氧缺血性脑病;表观弥散系数

【中图分类号】R445.2; R272.1

【文献标识码】A

【基金项目】安徽医科大学基金项目
(2020xkj253);
安徽省儿童医院青年科技人才项目
(202etty002)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.06.005

The Characteristics of Magnetic Resonance
Examination in Neonatal Hypoxic-ischemic
Encephalopathy and Its Correlation with
Brain Injury*

LIN Xian-hong¹, ZHAO Zhen², SHI Le-yang¹, YE Chao-qun¹, DAI Qing-mei¹, DENG Lu-yao¹,
HUANG Hui-zhi^{1,*}

1.Department of Neonatal Medicine, Children's Hospital Affiliated to Anhui Medical University,
Hefei 230001, Anhui Province, China
2.Department of Imaging, Children's Hospital Affiliated to Anhui Medical University, Hefei
230001, Anhui Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the characteristics of magnetic resonance imaging (MRI) in neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy (HIE) and its correlation with brain injury. **Methods** 115 full-term HIE children admitted to our hospital from March 2018 to March 2023 were selected retrospectively. According to HIE clinical classification, the patients were divided into mild group (n=41), moderate group (n=53) and severe group (n=21). The general information, MRI imaging score and apparent diffusion coefficient (ADC) of the three groups were compared. Pearson correlation test was used to analyze the correlation between MRI imaging scores and brain injury. The predictive value of ADC in diagnosing the risk of brain injury was verified by the ROC curve. **Results** There was no significant difference among the three groups in the clinical data of gender, gestational age, birth weight, delivery mode, maternal pregnancy complications, perinatal conditions, blurry boundary of gray white matter, deep white matter lateral ventricular wall, cortex and below dots and T₁WI high signal (P>0.05). There were significant differences among the three groups in bilateral thalamus basal ganglia asymmetry, cerebral venous dilatation and intracranial hemorrhage (P<0.05). The watershed area, basal ganglia/thalamus, posterior limb of internal capsule, brain stem and comprehensive score of MRI imaging in the three groups increased with the deepening of brain injury. The difference was statistically significant (P<0.05). Pearson analysis showed that watershed area, basal ganglia/thalamus, posterior limb of internal capsule, brain stem and comprehensive score were positively correlated with the degree of brain injury (P<0.05). ADC value of the three groups increased gradually with the 10th ADC~90th ADC. The 60th ADC~90th ADC, ADC_{max}, ADC_{min}, ADC mean in severe group were higher than those in moderate group and mild group. The 60th ADC~90th ADC, ADC_{max}, ADC_{min} and ADC_{mean} in the moderate group were higher than those in the mild group. The difference was statistically significant (P<0.05). ROC analysis results show that the AUC of the 90th ADC is 0.895 (95% CI: 0.762~0.965). C-index=0.876(95%CI: 0.781~0.997). The best cutoff point is 848.19. The sensitivity was 85.78%, and the specificity was 90.36%. The sensitivity of MRI combined with 90th ADC value in diagnosing the degree of brain injury in HIE children (89.77%) was higher than that of the two alone (70.71% and 73.28%). **Conclusion** The asymmetry of bilateral thalamus basal ganglia, the expansion of cerebral veins and intracranial hemorrhage in HIE children are related to the degree of brain injury. MRI imaging score was positively correlated with the degree of brain injury. The sensitivity of MRI combined with 90th ADC value in diagnosing the degree of brain injury in HIE children was 89.77%.

Keywords: Magnetic Resonance Imaging; the Newborn; Hypoxic-ischemic Encephalopathy; Apparent Diffusion Coefficient

新生儿缺氧缺血性脑病(hypoxic-ischemic encephalopathy, HIE)是临床围产期脑损伤疾病中高发神经系统疾病之一^[1],据统计,我国HIE每年发病率约4‰,其中15%左右的新生儿因HIE窒息死亡,是新生儿死亡的主要因素之一^[2]。与此同时,存活患儿的神经发育也受到严重影响,预后普遍较差,HIE患儿的早期诊断已成为近年来研究报道的焦点^[3-4]。目前临床上,HIE影像学诊断不仅局限于磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI),还广泛应用到弥散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)^[5]。表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)是DWI中基础且常用的指标,可反映水分子在组织中的弥散速度和范围以描述其在不同方向上的扩散受碍情况^[6]。如今,针对HIE患儿脑损伤研究中MRI的报道较为广泛,有研究指出^[7-8],HIE患儿MRI表现能有效反应脑损伤程度及神经发育障碍的风险。但目前学术界基于ADC预测HIE患儿脑损伤程度报道较少。本研究旨在HIE患儿应用MRI影像学评分及ADC参数进行脑损伤的相关性研究,为临床诊断HIE患儿脑损伤提供科学支持。

1 资料与方法

1.1 研究对象 研究对象为我院新生儿科于2018年3月到2023年3月收治的115例足月HIE患儿。

纳入标准: 患儿入院后经脑电图、头颅影像学MRI确诊为HIE; 均完成DWI成像;

【第一作者】林先红,男,主治医师,主要研究方向:新生儿内科。E-mail: lxh20230@126net.com.cn
【通讯作者】黄会芝,女,副主任医师,主要研究方向:新生儿神经管理。E-mail: huanghzh@126.com

平均胎龄≥38周；无MRI扫描不适症；临床资料完整。排除标准：胆红素脑病、脑梗死等其他原因导致的脑损伤患儿；合并脑积水；先天性代谢疾病或脑发育不良；影像学图片清晰度差，质量不符合要求。研究内容已告知患者及家属，并已签署知情同意书。本研究经我院伦理审查委员会批准实施。

1.2 分组标准 依据《新生儿缺氧缺血性脑病诊断依据和临床分度》^[9]，将患儿分为轻度组41例、中度组53例、重度组21例。轻度表现为反应较差，过度兴奋、激惹等，原始反射正常，一般情况下，症状在3d内可消失；中度表现为反应迟钝，对外界刺激的反应减弱或缺失，嗜睡或浅昏迷、难以保持清醒状态，肌肉张力减弱或缺失，部分病例还可能出现突发且自主的肌肉收缩、惊厥和呼吸暂停，原始反射减弱；重度表现为肌张力明显减弱或甚至消失，患儿往往伴随着中枢性呼吸衰竭，且症状显著，患儿还可能出现并非短暂性发作的持续惊厥现象或大脑僵直状态，肌肉张力极度升高，全身肌肉呈现出僵硬状态，可呈昏迷状态，患儿对光反射迟钝甚至反射消失。

1.3 观察指标 通过电子病历查询整理患者资料，包括性别、胎龄、出生体质量，顺产或剖宫产分娩方式，高血压、糖尿病、阻塞性黄疸等母体妊娠期合并症，胎膜早破、宫内窘迫、脐带绕颈等围产期情况及MRI影像学表现。

1.4 影像学检查方法及ADC直方图处理 我院影像科放射医疗装备为飞利浦Prodiva 1.5T，Ingenia3.0智能磁共振扫描仪进行检查，患儿以5%水合氯醛(水合氯醛合剂，青岛宇宁海藻有限公司，国药准字H37022673)口服给药，剂量按体重50mg/kg服用，一次最大剂量不超过1g，催眠后扫描。扫描序列及参数：DWI TR=400ms，TE=7.8ms；视野25cm×20cm，矩阵256×144，层厚5mm，层间距2mm。检查完成后图像传入advantage workstation-462工作站上处理，应用Functool软件处理ADC值，选择包含腹外侧丘脑的所有连续层面，以圆形勾勒出感兴趣区域(region of interest, ROI)获得每层面的ADC值，通过纹理分析将ADC图像进一步合并后得到三维全容积ADC直方图，记录ADC最大值(maximum ADC values, ADC_{max})、ADC最小值(minimum ADC values, ADC_{min})、ADC平均值(mean ADC values, ADC_{mean})、ADC第10~90百分数记录为10th ADC~90th ADC，以平均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示。

1.5 MRI影像学评分标准 由两位经验丰富的放射诊断医师采用单盲法阅片，采用改良HIE的MRI影像学评分表分别判定患儿分水岭区、基底节/丘脑、内囊后肢、脑干的MRI影像学评分，对结果不统一的争议患儿重新阅片，协商一致后做出修正，经上级医师核实确定该名患儿的评分结果，评分标准见表1。

表1 三组患儿各部位MRI影像学评分比较

部位	评分标准	分数
分水岭区	正常	0
	单个或局灶性白质损伤	1
	前或后部白质损伤	2
	前或后部分分水岭区皮质及白质损伤	3
	前后分水岭区信号异常	4
	灰白质不能分辨等更广泛的异常	5
基底节/丘脑	正常	0
	局灶、轻度信号异常，通常在丘脑腹外侧核和(或)壳核后部	1
	丘脑、豆状核信号异常	2
	丘脑、豆状核、罗兰氏区信号异常	3
	包括罗兰氏区以外的皮质或小脑更广泛受累	4
内囊后肢	正常	0
	信号强度减弱或不对称	1
	信号缺失，反转或异常	2
脑干	正常	0
	失去解剖细节，前后脑桥区分明显，局部信号异常，轻度不对称	1
	广泛信号异常，非正常髓鞘化，信号显著不对称，萎缩	2
综合评分	以上4部分评分相加总和	0~13

1.6 统计学分析 数据分析采用SPSS 22.0软件。应用SPSS 23.0软件进行统计学分析，正态分布计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示，采用F检验；计数资料用n(%)表示，采用 χ^2 检验。相关性采用双变量Pearson线性相关性分析法进行分析；绘制受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)，通过ROC曲线的面积(area under curve, AUC)评估ADC预测脑损伤的精准度，以AUC及其95%可信区间(95%CI)表示。 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患儿一般资料比较 三组患儿在男女比例、胎龄周数、出生体质量、顺产或剖宫产分娩方式、母体妊娠期合并高血压、糖尿病、阻塞性黄疸、围产期情况、灰白质分界模糊、深部白质侧脑室壁、皮层及以下点状和T₁WI高信号的临床资料差异均无统计学意义($P>0.05$)，双侧丘脑-基底节区不对称性、脑内静脉扩张、颅内出血差异有统计学意义($P<0.05$)，见表2。MRI影像学表现示例见图1。

表2 三组患儿的临床资料比较

组别	轻度组 (n=41)	中度组 (n=53)	重度组 (n=21)	F/ χ^2	P
性别[n(%)]				1.716	0.090
男	21(51.22)	23(43.40)	12(57.14)		
女	20(48.78)	30(56.60)	9(42.86)		
胎龄(周)	38.14±6.64	37.65±6.32	37.25±6.29	0.557	0.557
出生体质量(kg)	3.56±0.91	3.57±0.92	3.68±0.94	0.590	0.557
分娩方式[n(%)]				0.382	0.703
顺产	23(56.10)	29(54.72)	10(47.62)		
剖宫产	18(43.90)	24(45.28)	11(52.38)		
妊娠期合并症[n(%)]					
高血压	5(12.20)	7(13.21)	3(14.29)	0.247	0.806
糖尿病	7(17.07)	11(20.75)	1(4.76)	0.205	0.838
阻塞性黄疸	10(24.39)	13(24.53)	7(33.33)	1.831	0.071
围产期情况[n(%)]					
胎膜早破	11(26.83)	15(28.30)	5(23.81)	1.482	0.142
宫内窘迫	17(41.46)	7(13.21)	10(47.62)	1.256	0.213
脐带绕颈	13(31.71)	17(32.08)	6(28.57)	1.083	0.282
影像学表现[n(%)]					
灰白质分界模糊	33(80.49)	47(88.68)	18(85.71)	1.230	0.222
深部白质侧脑室壁	26(63.41)	33(62.26)	14(66.67)	0.146	0.884
双侧丘脑-基底节区不对称性	1(2.44)	15(28.30)	20(95.24)	12.613	0.000
皮层及以下点状和T ₁ WI高信号	29(70.73)	31(58.49)	12(57.14)	0.534	0.595
脑内静脉扩张	12(29.27)	23(43.40)	17(80.95)	9.938	0.000
颅内出血	19(46.34)	46(86.79)	20(95.24)	11.334	0.000

2.2 三组患儿MRI影像学评分比较 各部位MRI影像学评分均随着脑损伤程度加深而增高，重度组分水岭区、基底节/丘脑、内囊后肢、脑干、综合评分高于轻度组和中度组，中度组分水岭区、基底节/丘脑、内囊后肢、脑干、综合评分高于轻度组，差异均有统计学意义($P<0.05$)，见表3。

2.3 患儿各部位MRI影像学评分与脑损伤程度的相关性 采用Pearson检验分析纳入患儿各部位MRI影像学评分与脑损伤程度的相关性，结果如表4所示，分水岭区、基底节/丘脑、内囊后肢、脑干和综合评分与脑损伤程度均呈正相关性($P<0.05$)，各部位MRI影像学评分越高代表患儿脑损伤程度越重，其中综合评分与脑损伤程度的相关性最强。

表3 三组患儿各部位MRI影像学评分比较

组别	轻度组(n=41)	中度组(n=53)	重度组(n=21)	F	P
分水岭区	1.14±0.27	2.05±0.51	2.78±0.72	17.257	0.000
基底节/丘脑	0.31±0.08	1.23±0.22	2.56±0.62	32.544	0.000
内囊后肢	0.21±0.05	0.74±0.11	1.33±0.41	19.385	0.000
脑干	0	0.37±0.08	0.89±0.25	34.455	0.000
综合评分	1.62±0.42	3.97±0.73	7.78±1.42	42.213	0.000

2.4 三组患儿表观弥散系数值比较 115例试验组患儿腹外侧丘脑ADC参数的比较分析显示，三组患儿ADC值均随着10thADC~90thADC逐渐升高，重度组患儿10thADC~90thADC、ADC_{max}、ADC_{min}、ADC_{mean}均大于中度组和轻度组，中度组患儿10thADC~90thADC、ADC_{max}、ADC_{min}、ADC_{mean}均大于轻度组，三组患儿在60thADC~90thADC、ADC_{max}、ADC_{min}、ADC_{mean}差异有统计学意义(P<0.05)，而三组患儿在10thADC~50th的差异无统计学意义(P>0.05)，见表5。

2.5 表观弥散系数值诊断脑损伤风险的ROC曲线 纳入研究的115例HIE患儿的60thADC~90thADC、ADC_{max}、ADC_{min}、ADC_{mean}预测重度脑损伤AUC分别为0.802、0.827、0.816、0.895、0.706、0.718、0.721，其中60thADC~90thADC的AUC>0.8，而90th ADC的ROC曲线下面积最大0.895(95%CI: 0.762~0.965)，

表4 三组患儿各部位MRI影像学评分比较

组别	分水岭区	基底节/丘脑	内囊后肢	脑干	综合评分
r	0.476	0.483	0.528	0.442	0.768
P	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

C-index为0.876(95%CI: 0.781~0.997)，此时90thADC以848.19为最佳截点，灵敏度为85.78%，特异度为90.36%，90thADC的工作性能优于60thADC~80thADC的工作性能，90thADC诊断重度脑损伤的预测价值最高，见图2、表6。

2.6 MRI检查特点诊断不同脑损伤程度的阳性率及灵敏度 在41例轻度脑损伤患儿中，MRI影像综合评分、90th ADC值及联合诊断的阳性率分别为60.98%、68.29%、85.37%；在53例中度脑损伤患儿中，MRI影像综合评分、90th ADC值及联合诊断的阳性率分别为79.25%、73.58%、94.34%；在21例重度脑损伤患儿中，MRI影像综合评分、90thADC值及联合诊断的阳性率均为100%。MRI影像综合评分联合90thADC值诊断HIE患儿脑损伤程度的灵敏度(89.77%)高于二者分别单独诊断的灵敏度(70.71%和73.28%)，见表7。

表5 三组患儿腹外侧丘脑ADC直方图参数组间分析

组别	轻度组(n=41)	中度组(n=53)	重度组(n=21)	F	P
10 th ADC	577.60±73.91	419.06±75.23	352.55±75.16	1.380	0.240
20 th ADC	602.98±92.90	458.84±82.67	393.48±75.25	0.026	0.872
30 th ADC	624.64±79.15	478.27±79.89	424.76±83.60	0.073	0.787
40 th ADC	664.77±96.34	521.52±90.39	455.72±92.85	0.238	0.626
50 th ADC	682.10±92.81	565.96±83.12	486.15±95.26	0.042	0.838
60 th ADC	715.37±86.45	615.53±91.45	524.63±93.54	5.382	0.000
70 th ADC	742.88±87.13	652.12±96.97	556.44±97.18	5.784	0.000
80 th ADC	772.64±95.86	652.28±103.37	591.39±98.16	7.864	0.000
90 th ADC	893.17±93.51	720.16±115.17	676.23±94.59	9.897	0.000
ADC _{max}	1839.94±116.84	1516.42±264.62	1356.84±128.05	11.538	0.000
ADC _{min}	394.08±94.73	279.71±83.59	220.69±72.68	8.779	0.000
ADC _{mean}	737.45±97.86	677.46±98.73	525.17±94.73	10.807	0.000

表6 各ADC值诊断重度脑损伤的预测效能

变量	AUC	最佳截断值	灵敏度	特异度	P值
60 th ADC	0.802	703.06	75.85	80.23	0.012
70 th ADC	0.827	728.32	80.33	84.32	0.015
80 th ADC	0.816	750.52	82.49	82.14	0.006
90 th ADC	0.895	848.19	85.78	90.36	0.003
ADC _{max}	0.706	1815.70	79.02	58.62	0.107
ADC _{min}	0.718	372.15	88.62	58.53	0.211
ADC _{mean}	0.721	787.13	95.17	77.65	0.713

表7 MRI综合评分及ADC值诊断不同脑损伤程度的阳性率及灵敏度分析

组别	例数	MRI影像综合评分阳性率[n(%)]	90 th ADC值阳性率[n(%)]	MRI影像综合评分联合ADC值阳性率[n(%)]
轻度脑损伤	41	25(60.98)	28(68.29)	35(85.37)
中度脑损伤	53	42(79.25)	39(73.58)	50(94.34)
重度脑损伤	21	21(100)	21(100)	21(100)
灵敏度		70.71%	73.28%	89.77%

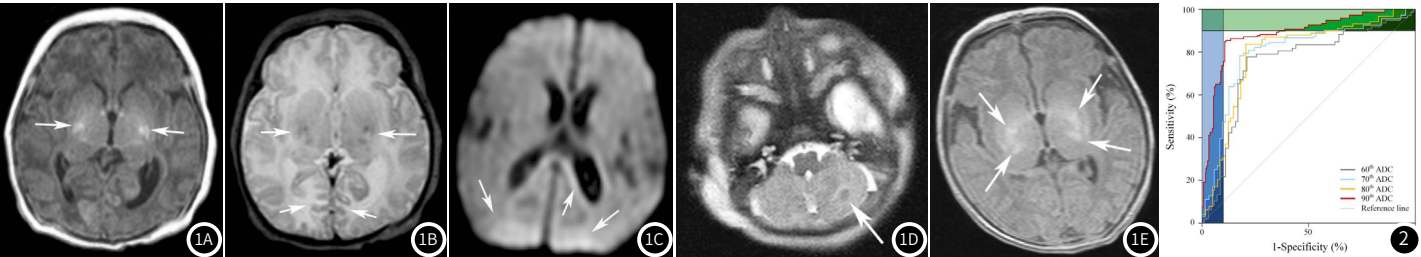


图1A-图1E 新生儿缺氧缺血性脑病患儿MRI区域示例：(1A)某9天大女孩(胎龄40周)的双侧苍白球/壳核损伤的T₁-W图像，箭头表示苍白球或壳核损伤区域；(1B)某11天大女孩(胎龄40周)的双侧苍白球/壳核损伤和双侧皮质损伤的T₂-W图像，箭头表示苍白球、壳核和皮质损伤区域；(1C)某5天大女孩(胎龄38周)的白质双侧限制性弥散加权MRI图像，箭头表示白质损伤区域；(1D)某1天大女孩(胎龄36周)单侧小脑损伤的T₂-W图像，箭头表示小脑损伤区域；(1E)某10天大男孩(胎龄40周)双侧苍白球/壳核和丘脑损伤的T₁-W图像，箭头表示苍白球、壳核和丘脑损伤区域。

图2 患儿60th~90thADC值诊断重度脑损伤的ROC曲线。

3 讨论

在全球范围内, HIE的发病率高达30~60/万, 其中我国是高发地之一^[10]。临床特征以患儿智力发育不良、癫痫、运动功能障碍、神经系统异常为主, 尤其HIE所致的重度脑损伤病情十分凶险, 是增加死亡率及神经系统后遗症重要疾病^[11]。研究报道显示^[12], HIE患儿脑瘫风险是正常儿童的近10倍。因此HIE的早期诊断尤为重要, 若患儿诊治较晚, 极易错失最佳的治疗时期, 严重影响患儿预后情况^[13-14]。因此, 本研究旨在HIE患儿应用MRI影像学评分及ADC参数进行脑损伤的相关性研究, 为临床诊断HIE患儿脑损伤提供科学支持, 对HIE患儿脑损伤的个体化评估、预后改善尤为重要。

DWI是当前医学影像学领域中一项非常重要的技术, 它凭借其独特的优势, 成为目前唯一能在细胞水平研究水分子微观运动的影像学手段, DWI的应用为医学界带来了全新的视角^[15]。在DWI技术中, ADC发挥着举足轻重的作用, ADC是一个量化组织内部结构特征病理生理变化的常数, 能够反映水分子在组织内的弥散能力, 当组织内的水分子运动受到限制时, ADC值会相应降低, 反之, 当水分子运动较为自由时, ADC值则会升高^[16-17]。有研究报道, 当区域内出现HIE导致的脑功能障碍时, 脑部血液供应异常、血流循环障碍、血氧缺乏, 极易造成脑白质病变甚至脑组织坏死, HIE不仅与患儿发育有着紧密联系, 更有较高的致死率和致残率^[18-19]。本研究针对115例HIE患儿进行调查, 结果发现, 轻度组、中度组和重度组MRI影像学表现在双侧丘脑-基底节区不对称性、脑内静脉扩张、颅内出血差异有统计学意义($P<0.05$)。各部位MRI影像学评分均随着脑损伤程度加深而增高, 采用Pearson检验分析结果发现, 分水岭区、基底节/丘脑、内囊后肢、脑干和综合评分与脑损伤程度均呈正相关性($P<0.05$)。重度组患儿腹外侧丘脑60th ADC~90th ADC、ADCmax、ADCmin、ADCmean均大于中度组和轻度组, 中度组患儿60th ADC~90th ADC、ADCmax、ADCmin、ADCmean均大于轻度组, 三组差异有统计学意义($P<0.05$)。通过ROC曲线分析结果发现, 60th ADC~90th ADC值预测脑损伤的AUC>0.8, 而90th ADC的ROC曲线下面积最大0.895(95%CI: 0.762~0.965), 经计算可知C-index为0.876(95%CI: 0.781~0.997), 此时90th ADC以848.19为最佳截点, 灵敏度为85.78%, 特异度为90.36%, 90th ADC的工作性能优于60th ADC~80th ADC的工作性能, 90th ADC的预后预测价值最高。Hayakawa K等^[20]也验证了本研究结果, ADC值的监测有助于提高HIE患儿脑损伤诊断的敏感性。本研究中, MRI影像综合评分联合90th ADC值诊断HIE患儿脑损伤程度的灵敏度(89.77%)高于二者分别单独诊断的灵敏度(70.71%和73.28%)。本研究取得了一定成果, 但仍存在一些局限性需在将来研究中改进。首先, 样本量较少, 可能影响结果的代表性, 由于不同中心之间的患者群体、治疗方法和医疗水平可能存在差异, 数据仅来自单一中心可能无法全面反映实际情况, 增加了选择偏倚的风险。未来应扩大样本量, 进行多中心研究, 以确保结果的可靠性和广泛性。其次, 本研究主要关注我国人群, 尚未探讨其他种族人群的适用性, 不同种族人群在遗传背景、生活习惯和疾病易感性等方面存在差异, 为了更全面地了解本研究的普适性, 未来应扩大研究范围, 涵盖更多种族人群。我们还应不断优化研究方法, 以推动研究进展, 为临床实践提供可靠依据。

综合上述, HIE患儿双侧丘脑-基底节区不对称性、脑内静脉扩张、颅内出血与脑损伤程度有关, MRI影像学评分与脑损伤程度呈正相关性, MRI影像综合评分联合90th ADC值诊断HIE患儿脑损伤程度灵敏度较高, 具有重要的临床实用意义。

参考文献

- [1]何青, 江林, 苏端, 等. 早产与足月HIE的临床危险因素及颅脑MRI对比研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(6): 1672-5131.
- [2]Bartnik-Olson BL, Alger JR, Babikian T, et al. The clinical utility of proton magnetic resonance spectroscopy in traumatic brain injury: recommendations from the ENIGMA MRS working group[J]. Brain Imaging Behav, 2021, 15(2): 504-525.
- [3]Shang W, Zhang Y, Xue L, et al. Evaluation of collateral circulation and short-term prognosis of patients with acute cerebral infarction by perfusion-weighted MRI[J]. Ann Palliat Med, 2022, 11(4): 1351-1359.
- [4]尉胜男, 张志红, 郑建民, 等. 新生儿HIE患儿MRI图像表现及与预后相关性研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(8): 1-3.
- [5]Van der Knoop BJ, Zonnenberg IA, Verbeke JIML, et al. Additional value of advanced neurosonography and magnetic resonance imaging in fetuses at risk for brain damage[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2020, 56(3): 348-358.
- [6]Nadel J, McNally JS, DiGiorgio A, et al. Emerging utility of applied magnetic resonance imaging in the management of traumatic brain injury[J]. Med Sci (Basel), 2021, 9(1): 10.
- [7]赵岩. 新生儿缺氧缺血性脑病超声、MRI表现及诊断价值研究[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(2): 14-16.
- [8]Eisele A, Hill-Strathy M, Michels L, et al. Magnetic resonance spectroscopy following mild traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis on the potential to detect posttraumatic neurodegeneration[J]. Neurodegener Dis, 2020, 20(1): 2-11.
- [9]中华医学会儿科学会新生儿学组, 韩玉昆. 新生儿缺氧缺血性脑病诊断依据和临床分度[J]. 中国实用儿科杂志, 2000(6): 379-380.
- [10]Sekhon MS, Griesdale DE. Low field magnetic resonance imaging: A "beds-eye-d" view into hypoxic ischemic brain injury after cardiac arrest[J]. Resuscitation, 2022, 21(1): 55-57.
- [11]Braga Silva J, Chammas M, Chammas PE, et al. Evaluation of peripheral nerve injury by magnetic resonance neurography: a systematic review[J]. Hand Surg Rehabil, 2022, 41(1): 7-13.
- [12]Fan H, Su P, Lin DDM, et al. Simultaneous hemodynamic and structural imaging of ischemic stroke with magnetic resonance fingerprinting arterial spin labeling[J]. Stroke, 2022, 53(6): 2016-2025.
- [13]Wright DK, Mayo JN, Sun M, et al. Contrast enhanced magnetic resonance imaging highlights neurovasculature changes following experimental traumatic brain injury in the rat[J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 21252.
- [14]Sun C, Zou N, Chen H, et al. The effect of magnetic guiding BMSCs on hypoxic-ischemic brain damage via magnetic resonance imaging evaluation[J]. Magn Reson Imaging, 2021, 190(2): 59-65.
- [15]Zhu D, Wang M, Feng F, et al. Correlation between clinical features and total maturation score by magnetic resonance imaging in very low birth weight premature infants with brain injury[J]. Ann Palliat Med, 2021, 10(2): 2089-2097.
- [16]Ruzinak R, Bittsanský M, Martinikova M, et al. Proton magnetic resonance spectroscopy changes in the brainstem in patients after mild traumatic brain injury with loss of consciousness[J]. Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub, 2022, 166(1): 84-90.
- [17]王铁锋, 高玉冰. MRI表现扩散系数直方图参数在新生儿缺氧缺血性脑病预后评估中的应用价值[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(5): 38-41.
- [18]Bertalan G, Klein C, Schreyer S, et al. Biomechanical properties of the hypoxic and dying brain quantified by magnetic resonance elastography[J]. Acta Biomater, 2020, 52(12): 395-402.
- [19]Gotchac J, Cardoit L, Thoby-Brisson M, et al. A rodent model of mild neonatal hypoxic ischemic encephalopathy[J]. Front Neurol, 2021, 5(12): 637947.
- [20]Hayakawa K, Tanda K, Koshino S, et al. Pontine and cerebellar injury in neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy: MRI features and clinical outcomes[J]. Acta Radiol, 2020, 61(10): 1398-1405.

(收稿日期: 2023-04-24)

(校对编辑: 翁佳鸿)