

论 著

# 颅脑CT及磁共振弥散峰度成像对急性一氧化碳中毒迟发性脑病的预测价值研究\*

郑州大学附属洛阳中心医院神经内科  
(河南 洛阳 471000)

刘海林\* 任向阳 马聪敏

**【摘要】目的** 研究颅脑CT及磁共振弥散峰度成像(DKI)对急性一氧化碳中毒迟发性脑病(DEACMP)的预测价值。**方法** 纳入我院急性一氧化碳中毒病例188例,所有患者均于一氧化碳中毒7d内接受颅脑CT、DKI检查。记录188例患者颅脑CT表现及DKI扫描不同ROI(额叶、顶叶、枕叶、颞叶、半卵圆中心前部、半卵圆中心后部、胼胝体膝部、胼胝体干部、胼胝体压部)AK值,随访3个月,根据是否发生DEACMP分为DEACMP组、非DEACMP组,比较两组患者颅脑CT检测异常率,及不同ROI的AK值。**结果** 随访3个月,根据相关诊断标准共纳入DEACMP组56例,非DEACMP组132例;DEACMP组中,颅脑CT检测异常47例,正常9例,非DEACMP组中,颅脑CT检测异常31例,正常101例,其预测DEACMP的灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值分别为83.93%、88.64%、87.23%、75.81%、92.86%;DEACMP组额叶、顶叶、枕叶、颞叶、半卵圆中心前部、半卵圆中心后部、胼胝体膝部、胼胝体干部、胼胝体压部AK值均高于非DEACMP组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。**结论** 颅脑CT预测DEACMP具有较好的特异性,DKI参数AK值升高对于DEACMP也具有一定的预测价值。

**【关键词】** 颅脑CT; 磁共振弥散峰度成像; 急性一氧化碳中毒迟发性脑病; 预测价值

**【中图分类号】** R445.3; R445.2; R742

**【文献标识码】** A

**【基金项目】** 河南省医学科技攻关计划项目(LHGJ20191203)

**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2021.05.039

# Predictive Value of Brain CT and Magnetic Resonance Diffusion Kurtosis Imaging on Delayed Encephalopathy after Acute Carbon Monoxide Poisoning\*

LIU Hai-lin\*, REN Xiang-yang, MA Cong-min.

Department of Internal Neurology, Luoyang Central Hospital Affiliated to Zhengzhou University, Luoyang 471000, Henan Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To study the predictive value of brain CT and magnetic resonance diffusion kurtosis imaging (DKI) on delayed encephalopathy after acute carbon monoxide poisoning (DEACMP). **Methods** 188 cases of patients with delayed encephalopathy after acute carbon monoxide poisoning in our hospital were included. All patients underwent brain CT and DKI within 7d of carbon monoxide poisoning. The cranial CT findings and AK values of DKI scan of different ROIs (frontal lobe, parietal lobe, occipital lobe, temporal lobe, anterior centrum semiovale, posterior centrum semiovale, corpus callosum knee, corpus callosum stem, corpus callosum splenium) were recorded among the 188 patients. At 3 months of follow-up, the patients were divided into DEACMP group and non-DEACMP group according to whether DEACMP occurred. The abnormal rate of brain CT detection and the AK values of different ROIs were compared between the two groups. **Results** At 3 months of follow-up, 56 cases were included in DEACMP group and 132 cases in non-DEACMP group according to the relevant diagnostic criteria. In DEACMP group, there were 47 abnormal cases and 9 normal cases by brain CT detection. In non-DEACMP group, there were 31 abnormal cases and 101 normal cases. The sensitivity, specificity, accuracy rate, positive predictive value, and negative predictive value of predicting DEACMP were 83.93%, 88.64%, 87.23%, 75.81%, and 92.86% respectively. The AK values of frontal lobe, parietal lobe, occipital lobe, temporal lobe, anterior centrum semiovale, posterior centrum semiovale, corpus callosum knee, corpus callosum stem, and corpus callosum splenium in DEACMP group were higher than those in non-DEACMP group ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Brain CT has good specificity in predicting DEACMP, and the increase of DKI parameter AK value also has certain predictive value on DEACMP.

**Keywords:** Brain CT; Magnetic Resonance Diffusion Kurtosis Imaging; Delayed Encephalopathy after Acute Carbon Monoxide Poisoning; Predictive Value

急性一氧化碳中毒经治疗恢复神智后2~4周内,可能出现以痴呆、共济失调、大小便失禁、帕金森、情感淡漠等症状为主的中枢神经系统并发症,即急性一氧化碳中毒迟发性脑病(delayed encephalopathy after acute carbon monoxide poisoning, DEACMP)<sup>[1]</sup>。DEACMP治疗疗程长、预后差,且常留有后遗症,严重影响患者的日常生活与工作。因此,对急性一氧化碳中毒患者DEACMP的发生风险进行预测,筛选出高危患者,并予以预见性、针对性干预,对于改善预后具有重要意义<sup>[2]</sup>。本研究旨在探讨颅脑CT及磁共振弥散峰度成像(diffusion kurtosis imaging, DKI)对DEACMP的预测价值,具体报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 纳入我院急性一氧化碳中毒病例188例,均为生活中毒,其中男101例,女87例;年龄24~65岁,平均年龄(45.26±7.41)岁。所有患者均于中毒后7d内行颅脑CT及DKI检查,并随访3个月,根据是否发生DEACMP分为DEACMP组、非DEACMP组。

**纳入标准:**符合急性一氧化碳中毒相关诊断标准;中毒时间7d以内;自愿接受相关检查;临床资料完整;接受定期随访。

**排除标准:**6岁以内儿童;其他中毒;既往脑肿瘤、外伤、脑炎、癫痫、脑血管病史。

**【第一作者】** 刘海林,男,主治医师,主要研究方向:神经感染与免疫。E-mail: Liu hailin0516@126.com

**【通讯作者】** 刘海林

**1.2 DEACMP诊断标准** 有明确的急性一氧化碳中毒史；恢复神智后2~40d出现再次震颤麻痹、肌张力升高、痴呆等典型症状；颅脑MRI可见继发脱髓鞘病灶。

**1.3 检查方法**

**1.3.1 颅脑CT检查** 仪器选择东芝320排螺旋CT，行常规颅脑CT扫描。以脑萎缩、基底节苍白球类圆形低密度灶或侧脑室周围脑白质弥散性低密度影为异常表现。

**1.3.2 DKI检查** 仪器选择GE signa HDxt3.0T超导型核磁共振成像系统。常规T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI、冠状位或矢状位T<sub>2</sub>WI扫描，采用T<sub>1</sub>-flair序列行常规横断面扫描，8通道标准头线圈，三平面定位后进行扫描，参数设置：T<sub>1</sub>WI：TR：自旋回波，TE 24ms，TR 1750ms，翻转角90°，层间隔0，层厚3mm；T<sub>2</sub>WI：快速自旋回波，TE 109.9ms，TR 7000ms，翻转角90°，层间隔1.5mm，层厚5mm。采用EPI序列进行DKI扫描，参数设置：单次激发自选平面回波序列，TE 109.4ms，TR 8000ms，层间隔0，层厚3mm，采集矩阵256×256，FOV 24×24，NEX 1，在30个方向施加弥散敏感梯度，b值分别取0、1000、2000s/mm<sup>2</sup>。

DKI获取的原始数据采用Functool软件进行处理，得到轴向峰度(AK)、径向峰度(RK)、平均峰度(MK)图。分别在额叶、内叶、顶叶、胼胝体、颞叶、半卵圆中心选取直径3mm的圆形区域作为ROI，放置于T<sub>1</sub>WI，分别在AK、RK、MK中打开。2名医师共同确定ROI放置层面，共取9个ROI，除胼胝体之外，其余均双侧对称放置，系统自动得出平均值。

**1.4 观察指标** 记录188例患者颅脑CT表现及DKI扫描不同ROI(额叶、顶叶、枕叶、颞叶、半卵圆中心前部、半卵圆中心后部、胼胝体膝部、胼胝体干部、胼胝体压部)AK值，随访3个月，根据是否发生DEACMP分为DEACMP组、非DEACMP组，比较两组患者颅脑CT检测异常率及不同ROI的AK值。

**1.5 统计学方法** 采用SPSS 19.0统计软件进行数据分析，计量数据以( $\bar{x} \pm s$ )表示，计数数据以[n(%)]表示，行 $\chi^2$ 检验或Fisher精确概率检验，等级资料采用Z检验，P<0.05表示差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 随访结果** 随访3个月，56例患者根据相关诊断标准确诊为DEACMP，纳入DEACMP组，其余132例未发生DEACMP，纳入非DEACMP组。

**2.2 两组患者颅脑CT表现比较** DEACMP组中，颅脑CT检测异常47例，正常9例，非DEACMP组中，颅脑CT检测异常15例，正常117例，其预测DEACMP的灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值分别为83.93%、88.64%、87.23%、75.81%、92.86%，见表1、表2。

**表1 两组患者颅脑CT表现比较(例)**

分组	颅脑CT	
	异常	正常
DEACMP组	47	9
非DEACMP组	15	117

**表2 颅脑CT诊断效能分析(%)**

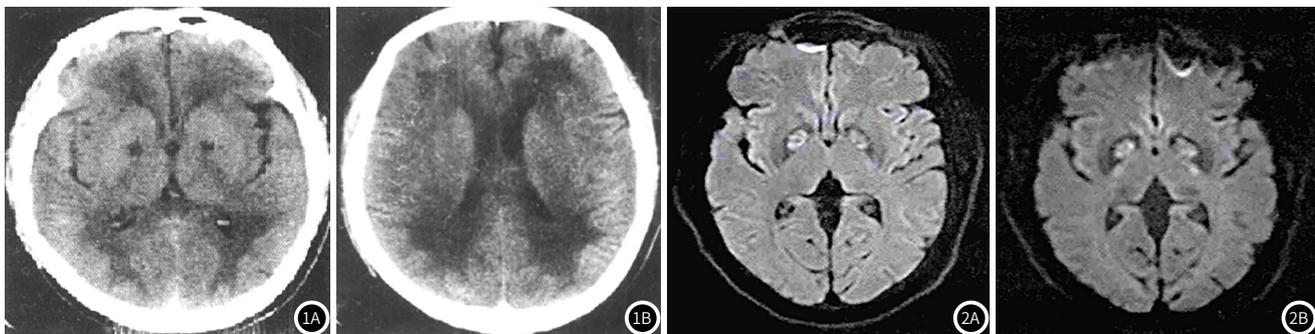
检查方法	灵敏度	特异度	准确率	阳性预测值	阴性预测值
颅脑CT	83.93	88.64	87.23	75.81	92.86

**2.3 两组患者不同ROI的AK值比较** DEACMP组额叶、顶叶、枕叶、颞叶、半卵圆中心前部、半卵圆中心后部、胼胝体膝部、胼胝体干部、胼胝体压部AK值均高于非DEACMP组，差异均有统计学意义(P<0.05)，见表3。

**2.4 典型病例影像学表现** 典型病例影像分析结果见图1和图2。

**表3 两组患者不同ROI的AK值比较( $\bar{x} \pm s$ )**

组别	例数	额叶	顶叶	枕叶	颞叶	半卵圆中心前部	半卵圆中心后部	胼胝体膝部	胼胝体干部	胼胝体压部
DEACMP组	56	0.95±0.04	0.75±0.02	0.70±0.04	0.81±0.03	1.09±0.05	0.91±0.02	0.74±0.03	0.74±0.03	0.58±0.04
非DEACMP组	132	0.91±0.03	0.73±0.03	0.68±0.03	0.78±0.04	1.04±0.05	0.89±0.03	0.71±0.03	0.72±0.05	0.56±0.05
t		7.539	4.573	3.769	5.040	7.468	4.573	6.270	2.786	2.653
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.006	0.004



**图1** 颅脑CT图像。1A：侧脑室前后角周围低密度，双侧苍白球对称性低密度；1B：颅脑CT显示，双侧半球脑白质广泛低密度，提示脑白质脱髓鞘改变。  
**图2** 急性CO中毒8h患者的核磁共振影像。2A：DWI提示苍白球明显高信号，病灶基本对称分布，呈“熊猫眼”样改变；2B：DKI提示苍白球亦表现为高信号，但近似层面病灶显示范围、信号强度均大于DWI。

### 3 讨论

一氧化碳中毒可对大脑、心脏等重要组织器官造成严重损伤,即便是存活下来的患者,也通常留有不同程度的后遗症<sup>[3]</sup>。部分患者在急性中毒症缓解后,经过平均约22d的中间清醒期(即假愈期)后,突然表现出以痴呆、共济失调、大小便失禁、帕金森、情感淡漠等症状为主的持续且明显的中枢神经系统并发症,也即是DEACMP<sup>[4]</sup>。

DEACMP以大脑白质广泛髓鞘脱失为主要病理改变,在颅脑CT影像中可见基底节、苍白球、大脑白质低密度变化<sup>[5]</sup>。本研究结果显示,DEACMP组中颅脑CT检测异常47例,异常率83.93%;非DEACMP组中,颅脑CT检测异常15例,异常率11.36%,其预测DEACMP的灵敏度、特异度、准确率分别为83.93%、88.64%、87.23%,与过往研究结论一致<sup>[6]</sup>,提示颅脑CT对DEACMP有一定预测价值。但由于颅脑CT反映的以脑组织结构改变为基础的异常通常较晚出现,且部分结构改变是可逆的<sup>[7]</sup>,因此早期检测异常率不高,有相当一部分颅脑CT检测无异常的患者也在后期出现了DEACMP。

核磁共振成像可客观、直接评估脑损伤严重程度,但常规核磁共振仅能体现病灶形态学、信号上的变化,而无法呈现病灶内部的病理改变,也无法发现无形态学改变的隐匿性病变,更无法对纤维轴突、髓鞘微观结构变化进行定量分析,因此其应用具有一定局限性<sup>[8-9]</sup>。临床评价大脑白质损伤通常采用弥散张量成像(DTI),DKI是DTI技术的延伸,可反映组织内部非正态分布水分子扩散,以此呈现组织微观结构变化<sup>[10]</sup>。除了传统DTI技术提供的大脑白质微观结构相关信息,DKI还可解释灰质区域病变,此外,还可获得另外的峰度参数<sup>[11]</sup>。峰度参数对放射冠、皮层下白质等复杂白质排列区尤为敏感。根据过往研究,峰度参数值提高表明微结构密度或复杂度增加<sup>[12]</sup>。AK是水分子在平行于轴突方向的非高斯性弥散偏倚度,轴突中神经微观及神经丝损伤可导致弥散障碍物增加,造成AK值升高<sup>[13]</sup>。根据既往研究,白质水分子弥散受限主要与平行神经元方向的弥散受限有关,且相对于RK值,AK预测缺血性脑病灵敏度更高<sup>[14]</sup>。本研究取AK作为重点观察的峰度参数,结果显示,DEACMP组额叶、顶叶、枕叶、颞叶、半卵圆中心前部、半卵圆中心后部、胼胝体膝部、胼胝体干部、胼胝体压部AK值均明显高于非DEACMP组,与张艳利等<sup>[15]</sup>的研究结果基本一致,提示DKI扫描AK参数值变化对DEACMP具有一定预测价值。

综上所述,颅脑CT预测DEACMP具有较好的特异性,但早期检测异常率不高。DKI参数AK值升高对于DEACMP具有一

定的预测价值,可将其作为早期筛查的客观性指标,对于颅脑CT检测也异常的患者,可列为高危人群,警惕DEACMP的发生。

### 参考文献

- [1] 刘莹莹,刘赟,马利,等.血清髓鞘碱性蛋白联合MRS及DTI预测急性一氧化碳中毒后迟发性脑病的临床价值[J].临床急诊杂志,2019,20(5):352-356.
- [2] 折霞,陈丽,张东升,等.应用扩散加权成像预测一氧化碳中毒迟发性神经系统后遗症的临床结局[J].山西医科大学学报,2019,50(1):66-69.
- [3] 陈萍,周和平,朱亚男,等.46例CO中毒脑病病例脑部HRI影像特征及ADC值分析[J].中国CT和MRI杂志,2017,15(10):26-29.
- [4] 陆萌,李昌成,王博生,等.CT和MRI诊断一氧化碳中毒性脑病的价值分析[J].现代医用影像学,2018,27(2):376-379.
- [5] 李哲,李敏.一氧化碳中毒后迟发性脑病患者高压氧治疗前后磁共振成像的改变[J].中国药物与临床,2019,19(5):727-728.
- [6] Zhang J, Wu H, Zhao Y, et al. Therapeutic effects of hydrogen sulfide in treating delayed encephalopathy after acute carbon monoxide poisoning[J]. Am J Ther, 2016, 23(6): 1709-1711.
- [7] Huang Y Q, Peng Z R, Huang F L, et al. Mechanism of delayed encephalopathy after acute carbon monoxide poisoning[J]. Neural Regen Res, 2020, 15(12): 2286-2295.
- [8] 张艳利,王天红,谷有全,等.扩散峰度成像对一氧化碳中毒不同临床时期脑损伤的评估[J].中国医学影像学杂志,2018,26(4):246-251.
- [9] 田小雪,郭顺林,张艳利,等.磁共振弥散峰度成像对急性一氧化碳中毒脑损害评估的初步研究[J].磁共振成像,2017,12(6):424-430.
- [10] 王天红,张艳利,谷有全,等.弥散峰度成像定量评估一氧化碳中毒迟发脑病白质损伤的研究[J].中华神经医学杂志,2020,19(1):41-47.
- [11] 李哲,李敏.一氧化碳中毒后迟发性脑病患者高压氧治疗前后磁共振成像的改变[J].中国药物与临床,2019,19(5):727-728.
- [12] 胡瑞,徐霖,高冰冰,等.阿尔茨海默病脑灰质核团微观结构的弥散峰度成像研究[J].临床放射学杂志,2017,36(7):938-941.
- [13] 高冰冰,苗延巍,田诗云,等.SWI与DKI对帕金森病患者脑灰质核团铁沉积及微观结构变化的联合研究[J].磁共振成像,2017,8(12):881-886.
- [14] 刘东涛,李坤,卜乔,等.扩散峰度成像在轻度认知功能障碍患者额叶前皮质微结构变化中的应用分析[J].中国脑血管病杂志,2019,16(3):16-21.
- [15] 张艳利,王天红,郭顺林,等.弥散峰度成像预测急性一氧化碳中毒迟发脑病[J].中国医学影像技术,2020,36(2):215-219.

(收稿日期:2020-07-10)