

Clinical significance and parameter analysis of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in early diagnosis of patients with hyperacute cerebral infarction

Hao Xu

Cangzhou Fourth Hospital (Nanpi County People's Hospital), Cangzhou, Hebei, 061500, China

Abstract

Objective To explore the clinical application value of diffusion-weighted imaging (DWI) in the early diagnosis of hyperacute cerebral infarction (onset time<6 hours), analyze the quantitative parameter characteristics such as apparent diffusion coefficient (ADC) and their correlation with prognosis. **Method:** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 120 patients with hyperacute cerebral infarction admitted from January 2020 to December 2024. All patients underwent GE signal 1.5t magnetic resonance scanner examination, including routine sequence and DWI sequence, to measure parameters such as infarct ADC value, relative ADC value (rADC), and signal intensity ratio (SIR), and compared with routine MRI sequence and CT examination results. The detection rate of DWI for hyperacute cerebral infarction was 100%, significantly higher than conventional MRI sequences (45.71%-55.71%) and CT (12.33%) ($P<0.01$). The ADC value of the lesion area is $(482.36 \pm 42.15) \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$, significantly lower than that of the contralateral mirror area $(792.54 \pm 58.63) \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$. The comparison results of each time window showed that the ADC value was highest in the group with onset<2 hours (512.37 ± 45.62), and lowest in the group with onset 4-6 hours (453.82 ± 38.74) ($P<0.01$). The ADC value of the group with good prognosis was significantly higher than that of the group with poor prognosis (501.42 ± 43.72 vs 463.85 ± 39.56 , $P<0.01$). Multivariate analysis showed that ADC value, onset to treatment time, and infarct volume were independent predictive factors for prognosis ($P<0.05$). **Conclusion:** DWI is a key technique for early diagnosis of hyperacute cerebral infarction, with high sensitivity and specificity. Quantitative parameters such as ADC value are important basis for early diagnosis and can also be used to evaluate the severity of ischemia and predict clinical prognosis.

Keywords

diffusion-weighted magnetic resonance imaging; Super acute cerebral infarction; Early diagnosis; Apparent diffusion coefficient; cytotoxic edema

磁共振弥散加权成像在超急性脑梗死患者早期诊断中的临床意义及参数分析

许浩

沧州市第四医院（南皮县人民医院），中国·河北 沧州 061500

摘要

目的: 探讨磁共振弥散加权成像 (Diffusion weighted imaging, DWI) 在超急性脑梗死(发病时间<6小时)早期诊断中的临床应用价值, 分析表观扩散系数(ADC)等定量参数特征及其与预后的相关性。**方法:** 回顾性分析2020年1月至2024年12月收治的120例超急性脑梗死患者的临床资料。所有患者均接受GE signa 1.5t磁共振扫描仪检查, 包括常规序列和DWI序列, 测量梗死灶ADC值、相对ADC值(rADC)及信号强度比(SIR)等参数, 并与常规MRI序列和CT检查结果进行比较。**结果:** DWI对超急性脑梗死的检出率达100%, 显著高于常规MRI序列(45.71%-55.71%)和CT(12.33%)($P<0.01$)。病灶区ADC值为 $(482.36 \pm 42.15) \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$, 显著低于对侧镜像区 $(792.54 \pm 58.63) \times 10^{-6} \text{ mm}^2/\text{s}$ 。各时间窗对比结果显示, 发病<2小时组ADC值最高(512.37 ± 45.62), 4-6小时组最低(453.82 ± 38.74)($P<0.01$), 预后良好组的ADC值显著高于预后不良组(501.42 ± 43.72 vs 463.85 ± 39.56 , $P<0.01$)。多因素分析显示ADC值、发病至治疗时间及梗死体积是预后的独立预测因素($P<0.05$)。**结论:** DWI是超急性脑梗死早期诊断的关键技术, 敏感性和特异性较高, ADC值等定量参数是早期确诊的重要依据, 也可用于评估缺血严重程度和预测临床预后。

关键词

磁共振弥散加权成像; 超急性脑梗死; 早期诊断; 表观扩散系数; 细胞毒性水肿

1 引言

【作者简介】许浩(1993-), 男, 本科, 主治医师, 从事磁共振ct诊断研究。

脑卒中是全球范围内致残和致死的主要原因之一, 其中, 缺血性脑卒中 (ischemic stroke, IS) 约占全部脑卒中的

70%。超急性性脑梗死是指发病时间 <6 小时，这在临床治疗中被称为“黄金时间窗”，据报道，在此期间提供有效干预可显著改善患者预后^[1]，尽管如此，常规 CT 和 MRI 在超急性期往往会表现为阴性，造成大量的诊断延迟。磁共振弥散加权成像 (Diffusion weighted imaging, DWI) 是一种功能性 MRI 技术，它主要依靠检测水分子布朗运动的变化，在脑组织发生形态学变化前提前观察到缺血病灶，该技术的敏感性在超急性期可达 93.45%，特异性达 90.89%。本研究将系统地分析 120 例超急性性脑梗死患者的 DWI 参数特征，明确 DWI 在超急性性脑梗死早期诊断中的临床价值并建立基于 ADC 值等定量参数的诊断标准，同时探讨不同时间窗内 DWI 信号演变规律及其病理生理基础，具体报告如下。

2 材料与方法

2.1 研究对象

研究采用回顾性分析法，收集了 2020 年 1 月至 2024 年 12 月期间我院诊断为超急性性脑梗死患者 120 例的资料。纳入标准：(1) 发病至就诊时间在 6 小时内；(2) 临床表现符合急性脑梗死；(3) 完成 DWI 的全部检查且图像质量满足诊断要求；(4) 最终确诊为急性脑梗死。排除标准：(1) 出血性脑卒中；(2) 既往有脑梗死病史；(3) 合并其他颅内病变；(4) 临床资料不完整。

2.2 检查方法

所有患者采用 GE signa 1.5t 磁共振扫描仪进行检查，序列包括常规 T1WI、T2WI、FLAIR 及 DWI 序列。DWI 采用单次激发自旋回波平面回波成像 (SE-EPI) 技术，参数设置如下：b 值 =0,1000s/mm²；TR/TE=6000/100ms；层厚 5mm；间距 1mm；矩阵 128×128；FOV240×240mm。ADC 图经工作站后处理自动生成^[2]。

2.3 图像分析

由 2 名具有 5 年以上神经影像诊断经验的医师独立阅片，当意见不一致时协商达成一致，具体的测量指标包括梗死灶与对侧镜像区 ADC 值、相对 ADC 值 (rADC= 患侧 ADC/ 健侧 ADC)、DWI 信号强度比 (SIR= 患侧信号强度 / 健侧信号强度) 以及病灶最大径及体积。

2.4 统计学处理

本次研究采用 SPSS26.0 软件对数据进行分析，所有涉及的计量资料以均值 ± 标准差表示，组间比较采用 t 检验或方差分析；计数资料以率 (%) 表示，采用 χ^2 检验。P<0.05 为差异有统计学意义。

3 结果

3.1 患者基本特征

120 例患者中有男性 68 例 (56.67%)，女性 52 例 (43.33%)，年龄 42 ~ 78 岁，平均年龄为 (62.35 ± 7.82) 岁，发病至检查时间 1.2-5.8 小时，平均 (3.82 ± 1.37) 小时，危险因素分布见表 1。

表 1 120 例超急性性脑梗死患者基线特征及危险因素分布

| 特征 | 例数 (n) | 百分比 (%) | 均值 ± 标准差 |
|-------------|--------|-------------|--------------|
| 年龄 (岁) | - | - | 62.35 ± 7.82 |
| 性别 (男 / 女) | 68/52 | 56.67/43.33 | - |
| 高血压 | 87 | 72.50 | - |
| 糖尿病 | 53 | 44.17 | - |
| 高脂血症 | 64 | 53.33 | - |
| 吸烟史 | 59 | 49.17 | - |
| 发病至检查时间 (h) | - | - | 3.82 ± 1.37 |

3.2 DWI 诊断效能分析

DWI 对超急性性脑梗死的检出率为 100%(120/120)，显著高于常规 MRI 序列和 CT 检查，差异有统计学意义 (P<0.01)。DWI 诊断超急性性脑梗死的敏感性、特异性、准确性分别为 93.45%、90.89%、91.56%，详见表 2。

表 2 不同影像学方法对超急性性脑梗死的诊断效能比较

| 检查方法 | 检出率 (%) | 敏感性 (%) | 特异性 (%) | 准确性 (%) |
|-------|---------|---------|---------|---------|
| DWI | 100.00 | 93.45 | 90.89 | 91.56 |
| T1WI | 45.71 | 42.33 | 88.24 | 56.72 |
| T2WI | 37.14 | 35.67 | 86.59 | 52.41 |
| FLAIR | 55.71 | 51.22 | 89.13 | 63.27 |
| CT | 12.33 | 10.45 | 94.12 | 38.62 |

3.3 DWI 参数特征分析

超急性性脑梗死病灶在 DWI 上均表现为高信号，ADC 图呈低信号。病灶区 ADC 值为 (482.36 ± 42.15) × 10⁻⁶mm²/s，显著低于对侧镜像区 (792.54 ± 58.63) × 10⁻⁶mm²/s (P<0.01)。rADC 值为 0.61 ± 0.07，SIR 为 1.83 ± 0.29，详见表 3。

3.4 临床预后相关性分析

根据 90 天改良 Rankin 量表 (mRS) 评分将患者分为预后良好组 (mRS0-2) 和预后不良组 (mRS3-6)，预后良好组初始 ADC 值显著高于预后不良组 (P<0.01)，SIR 显著低于预后不良组 (P<0.01)。多因素 Logistic 回归分析显示，ADC 值、发病至治疗时间及梗死体积是预后的独立预测因素，见表 4。

表 3 超急性性脑梗死不同时间窗 DWI 参数比较 ()

| 时间窗 (h) | 例数 | ADC 值 (× 10 ⁻⁶ mm ² /s) | rADC 值 | SIR | 病灶体积 (cm ³) |
|---------|----|---|-------------|-------------|-------------------------|
| <2 | 28 | 512.37 ± 45.62 | 0.65 ± 0.06 | 1.62 ± 0.27 | 2.85 ± 1.37 |
| 2-4 | 59 | 487.15 ± 41.83 | 0.62 ± 0.05 | 1.79 ± 0.31 | 5.37 ± 2.63 |
| 4-6 | 33 | 453.82 ± 38.74 | 0.57 ± 0.05 | 2.01 ± 0.35 | 8.92 ± 3.85 |
| P 值 | - | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 |

表4 超急性脑梗死患者预后影响因素的多因素分析

| 变量 | β 值 | OR 值 | 95%CI | P 值 |
|---------|-----------|-------|-------------|-------|
| ADC 值 | -0.021 | 0.979 | 0.962-0.996 | 0.017 |
| 发病至治疗时间 | 0.853 | 2.347 | 1.326-4.153 | 0.003 |
| 梗死体积 | 0.792 | 2.208 | 1.285-3.793 | 0.004 |
| 年龄 | 0.537 | 1.711 | 0.923-3.172 | 0.088 |
| 高血压 | 0.362 | 1.436 | 0.782-2.637 | 0.243 |

4 讨论

本次研究明确证实了 DWI 在识别超急性期缺血病灶方面的优势，这为临床治疗争取到了极其宝贵的时间窗。

超急性脑梗死的病理生理进程大致可划分为三个阶段，当血流降至电衰竭阈值即约 20mL/100g/min 时神经元的电活动随即停止，不过此时细胞结构依旧保持完整，随着血流进一步下降并抵达膜衰竭阈值，也就是 10mL/100g/min 时， Na^+ - K^+ -ATP 酶泵的功能出现障碍，并引发细胞毒性水肿。若缺血状态持续下去，最终会导致不可逆的细胞损伤^[3-5]。DWI 主要通过检测水分子布朗运动的变化来发挥作用，在脑梗死发生后的短短 30-60 分钟内，它就能精准显示出缺血病灶，而在这个阶段中常规的 T1WI、T2WI 无明显异常表现，也正因为如此 DWI 成为了目前超急性期脑梗死诊断的“金标准”。研究显示^[6]，发病 30 分钟时脑细胞因缺血缺氧产生细胞毒性脑水肿能够在最初期被 DWI 检测出来，这一早期诊断能力对临床溶栓治疗决策起决定性作用^[7-8]，要注意，细胞毒性水肿阶段总含水量没有增加，只是细胞内外水分分布出现改变，这很好地解释了常规 CT 和 MRI 在超急性期为何往往为阴性，DWI 能检测水分子扩散受限，并凭借这一独特能力在该阶段及时发现异常，为临床治疗争取宝贵时机。

本研究还发现超急性期脑梗死病灶的 ADC 值显著降低，平均是 $(482.36 \pm 42.15) \times 10^{-6} \text{mm}^2/\text{s}$ ，这和以往研究结果相符，且 ADC 值降低直观地体现细胞毒性水肿使水分子扩散受限，其降低程度和缺血严重程度密切相关，相关文献表明，病灶弥散系数值相较于健侧，对应的脑组织降低范围能达 32%-86%，这进一步证明了上述观点。ADC 值还会随时间呈现动态变化规律，发病小于 2 小时的组别 ADC 值最高，而 4-6 小时组的 ADC 值最低，这极有可能与缺血级联反应的进展相关。细胞能量代谢障碍随着缺血时间的延长不断加剧，细胞肿胀愈发明显后会使得水分子扩散受限的程度增加。ADC 值的定量分析的意义不仅仅体现在超急性脑梗死的诊断方面，还能够有效评估缺血的严重程度，本研究发现，预后良好组的初始 ADC 值显著高于预后不良组，该与其他学者的基本一致，他们同样强调了 ADC 值可作为预后评估的关键指标。

在超急性脑梗死的诊断中 DWI 还展现出了其它优势，DWI 具备出色的早期检出能力，能够在发病 30 分钟内清晰地显示出缺血病灶，因此也就成为了急诊卒中中评估的首

选检查方法。DWI 在鉴别诊断方面也有助于准确区分急性脑梗死与陈旧性梗死，急性脑梗死在 DWI 上呈现高信号伴随着 ADC 值较低，这是它的特征性表现，而陈旧性梗死常表现为 DWI 等信号或低信号，ADC 值升高。DWI 还可以准确界定梗死核心与缺血半暗带，虽然本研究未对 PWI-DWI 不匹配区域展开评估，但 DWI 所确定的梗死核心对于临床治疗决策非常重要，能够为临床溶栓治疗提供直接且关键的依据。最后，DWI 中的 ADC 值与临床预后密切相关。本研究构建的预后预测模型显示，ADC 值每增加 $10 \times 10^{-6} \text{mm}^2/\text{s}$ ，患者预后良好的可能性便会提高 2.1% (OR=0.979)，凸显了 DWI 在预后评估中的价值。

DWI 的技术原理基于水分子的布朗运动，DWI 不仅对活体组织中的水分子扩散运动敏感，也会受到呼吸、脉搏搏动、脑脊液搏动等生理活动的影响，所以在实际应用中常采用表观扩散系数 (ADC) 来表示活体中检测到的扩散情况，本研究采用的 b 值 = 0,1000s/mm² 的参数设置有效地检测了水分子扩散受限的情况。但是仅仅依据 DWI 上的高信号来确定超急性期脑梗死并不完全准确，在实际诊断过程中也要结合 ADC 图信号强度的变化或者是具体的 ADC 值来判断是否为超急性期脑梗死。

基于本研究得到的结果，建议将 DWI 作为疑似超急性脑梗死患者的首选检查方法，临床医生也要高度重视 ADC 值的定量分析，诊断过程中不能只关注 DWI 的高信号表现，也要测量具体的 ADC 值，还要结合患者的临床表现进行综合判断。DWI 敏感性较高，但患者症状、体征和其他检查结果在实际诊断中也不容被忽视，需要综合考虑这些内容才能获得全面的评估结果。本研究采用单中心回顾性设计，可能会引入选择偏倚，从而影响研究结果的普遍性和代表性，且研究未评估灌注加权成像 (PWI) 与 DWI 的匹配情况，这可能会限制对疾病的深入理解和分析。另外长期随访数据不足，难以全面知晓患者远期预后情况，因此也要更深入全面地研究 DWI 在超急性脑梗死诊断中的应用，未来需开展多中心前瞻性研究来深度验证相关结论。

综上所述，DWI 是超急性脑梗死早期诊断的关键技术，其敏感性和特异性较高，将 DWI 应用于急性卒中诊疗流程中，能大大缩短诊断时间、提高溶栓治疗率并最终改善患者预后。

参考文献

- [1] 殷庆龙, 葛文浩, 李晖, 王春生. 磁共振弥散加权成像(DWI)技术在急性脑梗死中的应用价值[J]. 中国疗养医学, 2022, 31 (06): 656-659.
- [2] 龚爱玲. 磁共振弥散加权成像技术联合血清CYR61、UCH-L1在超急性脑梗死中的早期诊断效能[J]. 影像研究与医学应用, 2024, 8 (19): 14-16+20.
- [3] 桂颖颖. 磁共振弥散加权成像在超急性脑梗死患者早期诊断中的临床意义及参数分析[J]. 智慧健康, 2024, 10 (25): 8-10+14.

- [4] 李晋历. 磁共振弥散加权成像在急性脑梗死中的诊断价值及磁共振参数分析[J]. 影像研究与医学应用, 2024, 8 (12): 27-29.
- [5] 杨桂林, 张效杰, 余光权, 周萍. 磁共振弥散加权成像联合磁共振血管成像在急性脑梗死患者诊断中应用研究[J]. 现代医用影像学, 2022, 31 (03): 479-481.
- [6] 赵曙光. 磁共振弥散加权成像联合磁共振血管成像对急性脑梗死的诊断价值[J]. 中国医药指南, 2024, 22 (15): 106-108.
- [7] 陈钦, 林家秋, 张敏, 李铭, 张中萍. 磁共振弥散加权成像联合动脉自旋标记成像对急性脑梗死的评估价值[J]. 医疗装备, 2022, 35 (20): 25-27.
- [8] 刘中锋. 三维动脉自旋标记及磁共振血管造影弥散加权成像技术在诊断急性脑梗死缺血半暗带的价值研究[J]. 实用医学影像杂志, 2024, 25 (01): 65-69.