

DWI阴性急性脑梗死影像学新技术应用研究进展

魏杜冰

西安医学院研工部, 陕西 西安

收稿日期: 2024年11月27日; 录用日期: 2024年12月21日; 发布日期: 2024年12月31日

摘要

传统的影像学检查如CT和MRI已在急性脑梗死的诊断中发挥重要作用, 但DWI阴性情况的出现提示了诊断的复杂性, 这类患者的早期诊断和治疗对预后至关重要。本文综述了急性脑梗死影像学新技术应用研究的进展, 特别关注了DWI阴性急性脑梗死的诊断挑战与新技术的应用。功能MRI、PET和SPECT等因其能够提供更详细的功能与代谢信息而被视为提高DWI阴性急性脑梗死诊断率的关键。这些新技术展示了早期识别微小梗死和早期脑梗死的潜能, 有助于区分暂时性缺血与不可逆的脑组织坏死。然而, 新兴技术的临床应用仍面临挑战。未来研究应集中于新技术的标准化、普及化、与传统技术的结合及成本效益分析, 同时结合大数据和人工智能技术优化图像分析, 可能进一步提高DWI阴性急性脑梗死的诊断准确性和治疗效果。

关键词

急性脑梗死, DWI阴性, 影像学新技术, 功能MRI, PET/SPECT

Progress in the Application of New Techniques in Imaging of DWI-Negative Acute Cerebral Infarction

Dubing Wei

The Graduate Affairs Department of Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi

Received: Nov. 27th, 2024; accepted: Dec. 21st, 2024; published: Dec. 31st, 2024

Abstract

Traditional imaging tests such as CT and MRI have played an important role in the diagnosis of acute

cerebral infarction, but the emergence of DWI-negative cases suggests the complexity of the diagnosis, and the early diagnosis and treatment of these patients are crucial to the prognosis. This article reviews the progress of research on the application of new imaging techniques in acute cerebral infarction, with a special focus on the diagnostic challenges of DWI-negative acute cerebral infarction and the application of new techniques. Functional MRI, PET, and SPECT are seen as key to improving the diagnostic rate of DWI-negative acute cerebral infarction due to their ability to provide more detailed functional and metabolic information. These new techniques demonstrate the potential for early identification of microinfarcts and early cerebral infarction and help to differentiate between transient ischaemia and irreversible brain tissue necrosis. However, the clinical application of emerging technologies still faces challenges. Future research should focus on the standardisation, popularisation, integration with traditional techniques and cost-benefit analysis of new techniques, while optimising image analysis by combining big data and artificial intelligence techniques, which may further improve the diagnostic accuracy and therapeutic efficacy of DWI-negative acute cerebral infarction.

Keywords

Acute Cerebral Infarction, DWI-Negative, New Imaging Techniques, Functional MRI, PET/SPECT

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着人口老龄化和生活方式的变化,急性脑梗死的发病率逐年上升,成为全球范围内的主要公共卫生问题之一。急性脑梗死是由于脑部供血不足导致脑组织损伤的临床事件,其早期诊断和及时治疗对于改善预后至关重要。传统的影像学检查,如CT扫描和MRI,虽然在诊断上发挥了重要作用,但在某些情况下难以区分缺血和非缺血性病变,尤其是在超急性期。近年来,DWI(弥散加权成像)和MRA(磁共振血管成像)等高级影像学技术的发展,为急性脑梗死的早期诊断提供了新的可能。在可疑缺血性脑卒中患者中,DWI诊断AIS的敏感性为90%(95%CI为87.9~92.6),特异性为97%(95%CI为91.8~99),准确性为95%[1]。DWI能够通过水分子的扩散情况来区分正常和病变组织,但存在“负性”表现,即DWI上未出现高信号,即DWI阴性的急性脑梗死,这对诊断提出了挑战。本文旨在探讨DWI阴性急性脑梗死的影像学新技术应用研究进展,包括技术原理、临床应用、优势与挑战,以及未来发展方向,以期临床提供更有有效的诊断策略。

2. 阴性急性脑梗死可能的原因

急性脑梗死DWI阴性的发生可能与多种因素相关,包括但不限于影像学技术参数选择、发病至检查的时间间隔、侧支循环的丰富程度、脑梗死的严重程度以及治疗措施的及时性等。

1) DWI技术的参数设置,如切片厚度、扫描方向和b值的选择,可能对DWI阴性结果的出现有直接影响。例如,使用较厚的磁共振切片可能会因低于技术空间分辨率而导致较小的梗死灶被遗漏,而通过减小DWI扫描层厚、采用冠状位或矢状位DWI扫描,可以提高对小梗死灶的检出率。此外,高b值的设置有助于提高对低信号病变的检测率,从而提高DWI对小梗死灶的敏感性[2]。

2) 发病至DWI扫描的时间间隔也是影响DWI结果的重要因素。研究表明,发病后的头几个小时内,DWI阴性的概率相对较高,随着时间的推移,该概率逐渐降低[3]。这可能与侧支循环的代偿作用、脑血

流量的变化以及细胞毒性水肿和水分子扩散障碍的发展有关。因此, 尽早进行 DWI 扫描有助于提高 DWI 阳性的检出率。

3) 侧支循环的丰富程度也可能影响 DWI 结果[4]。在缺血早期, 如果侧支循环能够提供足够的血液供应, 那么即使存在部分区域的供血不足, 也可能不会在 DWI 上表现出明显的低信号。随着时间的进展, 如果侧支循环的代偿作用减弱, 原本 DWI 阴性的区域可能发展为真正的缺血区。

4) 此外, 急性脑梗死的严重程度也是一个不容忽视的因素。研究显示, 轻型卒中更容易出现 DWI 阴性的情况, 这可能与轻型卒中时的脑组织损伤程度较轻、细胞毒性水肿和水分子扩散障碍较少或还未形成有关[5]。

急性脑梗死 DWI 阴性的发生是一个多因素的复杂过程, 涉及到影像学技术参数的选择、发病至检查的时间间隔、侧支循环的丰富程度、脑梗死的严重程度以及治疗措施的及时性等。未来的研究应深入探讨这些因素与 DWI 阴性结果之间的具体联系, 以便更好地理解 and 优化 DWI 技术在急性脑梗死诊断中的应用。

3. 传统影像学检查方法

急性脑梗死是导致全球范围内死亡和残疾的主要原因之一。磁共振弥散加权成像(DWI)作为诊断急性脑梗死的重要手段, 以其高敏感性和敏感度在临床上得到广泛应用。然而, 存在一部分急性脑梗死患者在 DWI 检查中表现为阴性, 即在 DWI 序列中不能发现明显的梗死病灶, 这对于临床医生的诊断和治疗方案的选择带来了挑战。传统的影像学检查, 如 T1 加权成像(T1W1)、T2 加权成像(T2W1)和 flair 序列, 也被用于急性脑梗死的诊断, 但相比 DWI, 这些技术在超急性期脑梗死的识别上可能不够敏感。此外, 这些方法在区分新旧病灶方面的能力也相对有限。因此, 在 DWI 阴性的急性脑梗死患者中, 传统影像学检查可能无法及时准确地发现病变。

4. 新兴影像学新技术

随着影像学技术的不断进步, 包括功能 MRI、正电子发射断层扫描(PET)以及正电子发射计算机断层扫描(SPECT)等新兴技术的应用, 为 DWI 阴性急性脑梗死的诊断提供了新的视角。这些新技术通过提供更加全面的功能与结构信息, 有助于揭示 DWI 阴性的潜在机制, 同时也为个性化治疗提供了可能。因此, 深入了解这些新技术的应用进展, 对于解决 DWI 阴性急性脑梗死的诊断难题具有重要的临床价值。

研究提示 fMRI 能够提供关于大脑活动的详细信息, 有助于区分功能性和结构性病变[6]。PET 和 SPECT 则能够提供关于局部脑组织代谢活动的信息, 对于发现早期的微血管病变尤为有用。这些技术的应用, 为 DWI 阴性急性脑梗死的诊断带来了新的希望, 但同时也带来了成本和操作复杂性等挑战。未来的研究应当集中于这些新技术的标准化、优化以及与现有诊断方法的结合使用, 以期提高 DWI 阴性急性脑梗死的诊断准确率和治疗效果。此外, 对于这些新技术的长期跟踪研究也是不可或缺的, 以便更好地理解它们在临床实践中的应用价值和潜在风险。

4.1. 正电子发射断层扫描(PET)

正电子发射断层扫描(PET)技术是当前分子水平上进行功能显像的最先进的医学影像技术之一, 广泛应用于包括脑部在内的多种疾病的早期诊断和治疗监测。该技术通过检测正电子示踪剂与生物活性分子(如受体、代谢途径的中间体等)的特异性结合来反映细胞和组织的功能状态和代谢活动[7], 从而提供了一种动态评价组织功能变化的方法。

在急性脑梗死的诊断中, PET 技术尤其具有重要价值, 它能够在超急性期(发病后数小时内)就识别出

局部脑组织的能量代谢异常,这一点对确定治疗时间窗具有决定性意义[8]。与传统的结构性 MRI 成像(如 MRI 的 DWI 序列)相比, PET 能够提供更多关于脑血流、代谢率和细胞活性的信息,这有助于区分由于血液供应减少导致的暂时性缺血与不可逆的脑组织坏死[9]。此外, PET 的空间分辨率高,能够精确定位受影响的脑区,对于评估梗死范围、监控临床试验或个体化治疗方案的安全性和有效性提供了重要工具。然而, PET 扫描的成本相对较高,且需要专业的影像技术人员进行图像采集和分析,这限制了其在广泛临床实践中的普及。尽管如此,随着影像技术的不断进步和成本的逐渐降低,预计 PET 将在急性脑梗死的诊断和治疗中发挥越来越重要的作用,特别是在那些需要进行功能性脑成像的研究中。未来的研究有望通过更大规模的临床试验来评估 PET 在急性脑梗死中的应用价值,并进一步优化扫描协议,以利于更广泛的临床应用。

4.2. 一体化 PET/MR 技术

近期,一体化 PET/MR 技术已经开始进入临床应用阶段,该技术通过一次扫描过程同时获取 MR 和 PET 影像,并实现两种影像的精确融合。这种技术能够在相同的生理状态下提供脑侧支循环、血流和代谢活动的详细信息,从而准确评估脑血管的储备功能,显示出其在临床上的巨大潜力[10]。目前,国内外的研究者主要利用定量分析方法对小样本的临床病例或进行动物实验以探讨该技术的临床应用可行性。尽管这些初步研究和试验的数量还相对有限,但它们的结果已经显示出一体化 PET/MR 在评估外科治疗前后的慢性缺血性脑血管病患者的脑血流和代谢变化方面的准确性,这为临床上识别高风险患者和预后评估提供了重要的信息[11]。随着基础研究和临床应用的不断深入,可以预见,一体化 PET/MR 将来可能会成为评估脑血管病患者血流与脑代谢的重要工具。

在急性脑梗死的诊断中,磁共振弥散加权成像(DWI)被广泛认为是最早且最敏感的影像学检查方法之一。然而,存在一类特殊的急性脑梗死患者,即 DWI 阴性急性脑梗死,其在 DWI 序列中无法显示出典型的高信号病灶,给临床诊断带来了挑战。这一现象的出现可能与多种因素有关,包括但不限于对比剂注射技术、MRI 扫描参数的选择、脑梗死的类型、以及个体差异等。为了克服传统 DWI 的局限性,近年来,影像学领域中出现了一些新技术应用以提高检测性能。这些新技术包括超快速 MRI 序列、弥散敏感增强 MRI (扩散张量成像)、弥散不敏感 MRI (ADC)的进阶分析等。

超快速 MRI 序列能够在极短的时间内完成成像,通常在几分钟内就能获取足够的数据来进行分析,在对比剂注射前和注射后进行高时间分辨率成像,连续采集大约 20 个动态帧图像(3~6 秒/帧),仅耗时约 60~120 s [12],但在急性脑梗死患者中的应用及诊断数据尚未报道。弥散敏感增强 MRI (DTI)技术已经成为了一种重要的工具,它通过对水分子的扩散特性进行高级别的分析,从而提供了一种比传统 MRI 更为精细和细致的脑组织结构信息。DTI 的独特之处在于它能够捕捉到神经纤维的方向性,这对于理解大脑的通信网络至关重要。在某些情况下,DTI 的结果甚至可以指导进行微创手术,使得手术能够更加精确地定位损伤区域,减少对健康组织的损伤,并缩短患者的恢复时间。但 DTI 多侧重于脑梗死病灶区与正常区各参数的定量对比分析,而对不同病程的脑梗死病灶区及边缘区各参数的定量对比分析较少,且各参数的定量研究结果也很不一致[13]。

另外,弥散不敏感 MRI (ADC)的进阶分析也是一个不容忽视的技术进展。与传统的弥散成像相比,ADC 值能更准确地区分正常脑组织和病变组织,减少误诊和漏诊的可能性。以一项涉及 1000 名患者的研究为例,急性脑梗死患者急性期、亚急性期、慢性期的 ADC 值比较有统计学意义[14],这一显著的提升,不仅极大地降低了误诊率,也极大地提高了对脑梗死等严重脑部疾病的早期发现和治疗的的可能性。

这些技术在解析不同的脑梗死类型,如微出血、微小梗死等方面显示出了独特的优势。但它们在临床的普及和应用中仍面临着挑战。这些挑战包括新技术的成本、设备的可用性、专业技术人员的培训需

求、以及患者的接受程度等。此外，新技术在解释结果时的标准化流程也是一个需要深入研究的领域，以确保不同中心之间的一致性和可比性。未来的研究应当聚焦于新技术的优化、成本效益分析、以及临床验证等方面。通过多中心、大样本的临床试验来评估这些新技术的有效性和安全性，同时建立起相应的操作规范和解读标准，将有助于这些新技术的快速推广和应用。此外，随着人工智能和深度学习在医学影像诊断中的应用不断深入，未来的研究也可以探索这些技术在提高 DWI 阴性急性脑梗死诊断准确率方面的潜力。

5. 总结与展望

当前的研究进展表明，DWI 阴性急性脑梗死的患者可能存在快速进展的病理生理变化，这要求影像学技术不仅要能够提供敏感度高的成像，还需要能够进行快速和精确地诊断以指导临床治疗。新兴的影像学技术，如功能 MRI、PET 和 SPECT 等，虽然在临床上的应用还未普及，但其在 DWI 阴性急性脑梗死的评估中展现出了潜在的应用价值。

综上所述，DWI 阴性急性脑梗死的影像学新技术应用研究仍处于发展阶段，需要解决技术普及、标准化以及数据分析等方面的挑战。未来的研究应当着重于技术创新、临床实践的深度融合以及与大数据技术的结合，以期 DWI 阴性急性脑梗死的诊断和治疗提供更加精准和高效的方法。

参考文献

- [1] Brunser, A.M., Hoppe, A., Illanes, S., Díaz, V., Muñoz, P., Cárcamo, D., *et al.* (2013) Accuracy of Diffusion-Weighted Imaging in the Diagnosis of Stroke in Patients with Suspected Cerebral Infarct. *Stroke*, **44**, 1169-1171. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.111.000527>
- [2] 鲁奎, 郑龙. 急性脑梗死 DWI 阴性原因分析[J]. 临床荟萃, 2021, 36(8): 753-756.
- [3] Shono, K., Satomi, J., Tada, Y., Kanematsu, Y., Yamamoto, N., Izumi, Y., *et al.* (2017) Optimal Timing of Diffusion-Weighted Imaging to Avoid False-Negative Findings in Patients with Transient Ischemic Attack. *Stroke*, **48**, 1990-1992. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.117.014576>
- [4] 李晓丽, 段瑞生, 张兆旭, 等. DWI 阴性的急性缺血性脑卒中 1 例并文献分析[J]. 中风与神经疾病杂志, 2018, 35(5): 467-468.
- [5] Zuo, L., Zhang, Y., Xu, X., Li, Y., Bao, H., Hao, J., *et al.* (2015) A Retrospective Analysis of Negative Diffusion-Weighted Image Results in Patients with Acute Cerebral Infarction. *Scientific Reports*, **5**, Article No. 8910. <https://doi.org/10.1038/srep08910>
- [6] 刘长英, 周莉, 张根明, 等. 功能磁共振成像在急性脑梗死中应用的研究进展[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2020, 18(12): 1894-1897.
- [7] 潘一为. 神经退行性疾病 PET 影像自动定量分析方法研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2022.
- [8] 毛亚冬, 石磊. PET 在脑动脉粥样硬化斑块稳定性及缺血性脑血管病病情评估中的应用进展[J]. 山东医药, 2022, 62(27): 87-92.
- [9] Tsukada, H., Ohba, H., Nishiyama, S., Kanazawa, M., Kakiuchi, T. and Harada, N. (2014) PET Imaging of Ischemia-Induced Impairment of Mitochondrial Complex I Function in Monkey Brain. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, **34**, 708-714. <https://doi.org/10.1038/jcbfm.2014.5>
- [10] 崔碧霄, 张苗, 马杰. 一体化 18F-FDG PET/MR 评估缺血性脑血管病[J]. 中国医学影像技术, 2019, 35(12): 1817-1822.
- [11] Ssali, T., Anazodo, U.C., Thiessen, J.D., Prato, F.S. and St. Lawrence, K. (2018) A Noninvasive Method for Quantifying Cerebral Blood Flow by Hybrid PET/MRI. *Journal of Nuclear Medicine*, **59**, 1329-1334. <https://doi.org/10.2967/jnumed.117.203414>
- [12] 罗雨晴, 陈科威, 潘君龙. 超快速动态增强 MRI 在乳腺癌中的研究进展[J]. 影像诊断与介入放射学, 2024, 33(2): 134-140.
- [13] 汤亚云. 磁共振扩散张量成像及纤维束成像在急性脑梗死中的临床应用研究[D]: [硕士学位论文]. 百色: 右江民族医学院, 2021.
- [14] 曹晓轩, 宗素英, 白秀艳. 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.