

脑挫裂伤后进展性出血性损伤影像诊断的研究进展

李嗣煜 齐昊一 李坤正

【关键词】 颅脑损伤;脑挫裂伤;进展性出血性损伤;影像诊断
【文章编号】 1009-153X(2023)08-0533-03 【文献标志码】 A 【中国图书资料分类号】 R 651.1*5

目前,颅脑损伤是一个全球性公共卫生问题^[1]。进展性出血性损伤(progressive hemorrhagic injury, PHI)是导致颅脑损伤病人残疾、死亡的主要继发性损伤。颅脑损伤总体住院病死率为 29%,其中非 PHI 病死率为 17%,PHI 病死率可达 44%^[2]。PHI 的诊断主要依靠 CT,因动态 CT 扫描间隔不统一,发生“进展”的量缺乏标准化,文献报道的 PHI 发生率差异大,在 14.4%~63%^[3-6]。脑挫裂伤是颅脑损伤的表现之一^[7],80%的脑挫裂伤经历过 PHI^[4]。本文就脑挫裂伤后 PHI 的影像诊断研究进展进行综述。

1 概 述

颅脑损伤后 PHI 的定义尚无统一标准。Cepeda 等^[3]认为颅内出血性病变的初始体积增加≥33%或 CT 扫描有新出血性病変则为 PHI。帅俊坤等^[6]将 PHI 的定义进一步具体化,规定出血病灶范围的扩大 25%以上或出血体积绝对值增加≥6 ml,并对新发颅内出血行病灶规定不包括手术止血不彻底造成的再出血。脑挫裂伤是引起颅内出血的重要原因,伤后部分血管损伤,血液经裂口流出,在颅内积累逐渐形成继发性血肿^[8]。

2 动态 CT 随访

由于局部血红蛋白超过 70 g/L 时,CT 才能有效显影,而脑挫裂伤后部分病人血管尚未闭塞或形成血栓,其活动性出血仍在继续,因此首次头颅 CT 扫描可能阴性,但颅内出血性病変可能进展^[7]。脑挫裂伤入院后首次 CT 扫描时间越早,动态复查 CT 发现

PHI 的概率更大。动态 CT 随访是早期诊断 PHI 的主要影像方法。目前,颅脑损伤后复查 CT 的时间间隔暂无统一标准,如果新出现神经功能缺失或 GCS 评分变化,立即行 CT 复查已达成共识。

脑挫裂伤后 PHI 最常发生在伤后 24 h 内,其中伤后 2~3 h 的 PHI 发生率最高,而 3~4 d 后,PHI 几乎不再发生^[4,6]。Nagesh 等^[9]提出临床表现稳定的轻型脑挫裂伤,可将第一次 CT 复查的时间延迟至 48 h;对中、重型脑挫裂伤或临床表现不稳定、首次 CT 扫描发现 PHI 影像特征的病人,建议 4~6 h 或 8 h 内复查头颅 CT。急性脑挫裂伤后早期,特别是 2 h 内合并颅内血肿>10 ml,或入院时存在意识障碍、瞳孔扩大,建议脑挫裂伤后 3~4 h 内复查头颅 CT^[10]。王洪生等^[8]提出首次头颅 CT 扫描在伤后 4 h 内的病人,4~6 h 后必须复查头颅 CT,此后每 24 小时复查 1 次。对于入院后行镇痛、镇静治疗的病人,应连续复查 3 次 CT,前 3 次头颅 CT 复查结果均无明显变化者,后续复查时间可适当延长;如发现颅内血肿量增加,但未达到手术指征时,仍需每 24 h 复查 1 次。

3 影像学特征

CT 检查对颅脑损伤的伤情评估至关重要。脑挫裂伤后 PHI 导致的不良预后多是不可逆的。了解 PHI 的影像学标志,可以早期识别 PHI,及时调整治疗策略,减少不良预后。

3.1 脑挫裂伤初始体积 其与 PHI 进展速度呈线性相关,脑挫裂伤初始体积>20 ml 的病人发生 PHI 的风险增加 5 倍^[5]。不规则且多发脑挫裂伤的测量是较为复杂的。李蕾洋等^[11]将头颅 CT 扫描的原始图像数据导入 3D Slicer 软件进行脑挫裂伤体积测量,具有较高的准确性和可靠性,可为脑挫裂伤的治疗策略及预后预测等提供更为客观的依据。初始脑挫裂伤体积越大,PHI 发生率越大,每增加一立方厘米,PHI 发生风险增加 11%^[12]。Iaccarino 等^[13]提出初始脑

doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2023.08.017
作者单位:810016 西宁,青海大学研究生院(李嗣煜);450053 郑州,郑州人民医院神经外科(齐昊一);810013 西宁,青海大学附属医院神经外科(李坤正)
通讯作者:李坤正,E-mail:likunzheng6810@163.com

挫裂伤体积 ≤ 4 ml, 发生 PHI 的可能性极小, 预测敏感性为 95%, 特异性为 75%。更大的初始脑挫裂伤体积不仅可以预测 PHI, 同时也预示着 PHI 出血性病变的“进展”程度更大^[14]。原发性脑挫裂伤的血肿发展速度定义为初始脑挫裂伤体积与伤后首次 CT 扫描间隔时间的比值, 超级急性期 ≥ 7.85 mL/h 是 PHI 发生的独立危险因素^[15]。

3.2 CT 平扫征象 首次 CT 平扫存在黑洞征、漩涡征、混杂征、岛征预测 PHI 具有较高的敏感性。黑洞征指高密度血肿内包含的低密度区域(黑洞), 形状可以呈圆形、椭圆形或棒状; 低密度区域有明显的边界且与邻近脑组织不相连; 血肿内两区域的 CT 值差值 ≥ 28 HU^[16, 17]。漩涡征指高密度血肿内圆形、条状或不规则形的低密度或等密度(与脑实质相比)区域, CT 值在 50~70 HU^[15, 18]。混杂征由两种分界限清晰和混杂的物质所组成, 肉眼就可以观察到。混杂征必须同时具有以下两个特征: ①两种互不干扰的密度成分之间 CT 值相差 ≥ 18 HU; ②低密度区不被高密度区包裹^[15]。CT 平扫出现的混杂征可作为 PHI 的预测因素, 判断时间区间应该为原发性损伤发生到 CT 扫描时间 6 h 内, 6 h 后出现的混杂征不再代表 PHI 的发生预测因素^[16], 混杂征预测 PHI 的敏感性为 58.31%, 特异性为 49.78%^[15]。岛征指 CT 扫描出现 ≥ 3 个分散的小血肿与主血肿分离, ≥ 4 个小血肿部分或全部与主血肿相连, 散在的小血肿, 即“孤立岛”可以是圆形或椭圆形; 与主血肿相连的小血肿, 即相连的岛状血肿呈泡状或芽状, 但不呈分叶状^[16, 17]。不规则血肿预示 PHI 的发生风险高, 岛征是不规则血肿的细化, 代表了极度不规则的血肿边缘。脑挫裂伤后岛征形成的机制尚不清楚, 在 PHI 发生的自然进程中, 主血肿血管破裂出血, 邻近小血管活动性出血或多个破裂小动脉的多灶性活动性出血产生“小岛”^[19]。Deng 等^[20]研究发现, 岛征是脑挫裂伤后发生 PHI 的独立预测因素, 敏感性为 45.2%, 特异性为 57.9%, 阳性预测值为 91.0%, 阴性预测值为 80.0%。岛征联合漩涡征预测价值与单纯岛征和漩涡征的预测价值相仿, 敏感性及准确性较高, 但特异性较单纯岛征与漩涡征低^[18]。血肿形态越不规则 PHI 的发生率越高^[15]。伤后 3 h 内行 CT 扫描观察到岛征, 超过 73% 的病人进展为 PHI^[21]。

3.3 CTA/CT 增强影像特征 CTA 及 CT 增强影像预测 PHI 的影像学征象包括斑点征、渗漏征^[15, 22]。斑点征指原发性损伤处破裂的血管壁未完全修复稳固, CTA/CT 增强检查时在原始图像上可见血肿范围内 \geq

1 个的造影剂点状和(或)匍匐性外渗; 外渗病灶在血肿边缘与血肿外周血管不相连, 直径 1~2 mm, CT 值 ≥ 120 HU^[16, 17]。但注意鉴别钙化、微小动静脉畸形、动脉瘤、烟雾病等形成的假斑点征。颅脑损伤后初次 CTA/CT 增强检查时间间隔越长, 斑点征阳性能提示 PHI 的预测能力越小; 初始血肿体积越小, 斑点征出现的概率小; 初始血肿 < 3 ml 斑点征病人很少发生 PHI^[16]。对颅脑损伤出现的斑点征评分: ①斑点征数量 1~2 个评 1 分, ≥ 3 个评 2 分; ②最大轴线尺寸 1~4 mm 评 0 分, ≥ 5 mm 评 1 分; ③最大密度 120~179 HU 评 0 分, ≥ 180 HU 为 1 分; 斑点征评分分值越高, PHI 发生的风险越大^[16]。渗漏征形成的机制与斑点征基本相同^[17]。Rosa 等^[23]报道斑点征对脑挫裂伤后发生 PHI 的阳性预测值和阴性预测值分别为 61.1% 和 90%。Orito 等^[22]发现渗漏征阳性的预测值高于斑点征, 敏感性为 100%, 特异性为 92.8%, 阳性预测值为 94.4%, 阴性预测值为 100%。因需要使用造影剂, CTA/CT 增强检查在伴有肾功能损害病人中是禁忌的。此外, 检查斑点征与渗漏征的时间窗较短, 需在出现症状后几个小时内立即接受 CTA/CT 增强检查, 在一些情况下对于脑挫裂伤的病人, 并不完全适用。

3.4 其他影像征象 主要括损伤部位、多发伤、基底池受压、中线移位、颅骨骨折、脑挫裂伤最大直径、合并出血破入脑室、血肿不规则程度、脑挫裂伤周围水肿、血肿密度等。脑挫裂伤后 PHI 最常见于额叶、颞叶, 其中额叶挫伤 PHI 的发生率是其他部位的 1.5 倍^[5]。首次 CT 扫描显示双侧脑挫裂伤发生 PHI 的可能性是单侧脑挫裂伤的 3 倍, 多发性脑挫裂伤发生 PHI 的可能性是孤立性脑挫裂伤的 3 倍^[3]。Cepeda 等^[24]认为脑挫裂伤首次 CT 扫描合并硬膜下血肿的脑挫裂伤发生 PHI 的风险增加 2~3 倍, 合并蛛网膜下腔出血使脑挫裂伤发生 PHI 的风险增加 2~6 倍。研究表明, 蛛网膜下腔出血厚度 ≥ 5 mm、基底池受压消失亦是 PHI 发生的独立危险因素^[6]。原发性损伤的颅内血肿体积 > 10 ml 或中线移位 > 0.5 cm, 更易发生 PHI; 70.4% 的 PHI 首次 CT 扫描挫裂伤最大直径 > 3 cm^[7]。脑内血肿不规则指数为(测量周长/测量面积)与(计算周长/计算面积)的比值^[16], 不规则指数 ≥ 1.3 是 PHI 发生的独立预测因素^[15, 16]。局部组织内任何细胞结构改变、所含化学物质的含量发生异常或血流发生改变等均会导致 CT 值变化^[25]。CT 值越低, 颅内血肿越新鲜, 新鲜出血的 CT 值多 < 64 HU, > 80 HU 多为凝固血块^[25]; 脑内血肿 CT 值越低, 越易发生 PHI^[26]。

总之, CT 影像检查在 PHI 诊断中有明显优势,

重视动态 CT 检查及各类征象在颅脑损伤中的应用, 可以提高对脑挫裂伤后 PHI 发生的早期标准化的识别能力, 为脑挫裂伤进行分层、制定个性化初始临床治疗方案、减少不良预后的发生提供帮助。

【参考文献】

[1] JIANG JY, GAO GY, FENG JF, *et al.* Traumatic brain injury in China [J]. *Lancet Neurol*, 2019, 18(3): 286-295.

[2] WEBB AJ, BROWN CS, NAYLOR RM, *et al.* Thromboelastography is a marker for clinically significant progressive hemorrhagic injury in severe traumatic brain injury [J]. *Neurocrit Care*, 2021, 35(3): 738-746.

[3] CEPEDA S, GÓMEZ PA, CASTAO-LEON AM, *et al.* Traumatic intracerebral hemorrhage: risk factors associated with progression [J]. *J Neurotrauma*, 2015, 32(16): 1246-1253.

[4] FOLKERSON LE, SLOAN D, COTTON BA, *et al.* Predicting progressive hemorrhagic injury from isolated traumatic brain injury and coagulation [J]. *Surgery*, 2015, 158(3): 655-661.

[5] REHMAN L, AFZAL A, AZIZ HF, *et al.* Radiological parameters to predict hemorrhagic progression of traumatic contusional brain injury [J]. *J Neurosci Rural Pract*, 2019, 10(2): 212-217.

[6] 帅俊坤, 吴金玉, 陈 军, 等. 创伤性颅脑损伤后发生进展性出血性损伤的危险因素分析[J]. *临床神经外科杂志*, 2021, 18(4): 444-448.

[7] 王 飞. 进展性出血性颅脑外伤的临床评估与机制探讨[D]. 青岛大学, 2017.

[8] 柴 学, 张龙江, 盛会雪, 等. 单次对比增强双源双能量 CT 血管成像评估颅内出血及其原因[J]. *医学研究生学报*, 2012, 25(11): 1176-1181.

[9] NAGESH M, PATEL KR, MISHRA A, *et al.* Role of repeat CT in mild to moderate head injury: an institutional study [J]. *Neurosurg Focus*, 2019, 47(5): E2.

[10] 沈合春, 钱志远, 郑达理, 等. 急性颅脑损伤后进展性出血性损伤极高危因素分析及定时复查 CT 时间探讨[J]. *中华神经医学杂志*, 2011, 10(7): 735-740.

[11] 李蕾洋, 高君梅, 王 平, 等. 3D-Slicer 软件与多田公式在脑血肿周围水肿体积测量中的对比研究[J]. *现代医用影像学*, 2019, 28(11): 2475-2476.

[12] CHANG EF, MEEKER M, HOLLAND MC. Acute traumatic intraparenchymal hemorrhage: risk factors for progression in the early post-injury period [J]. *Neurosurgery*, 2006, 58

(4): 647-656.

[13] IACCARINO C, SCHIAVI P, PICETTI E, *et al.* Patients with brain contusions: predictors of outcome and relationship between radiological and clinical evolution [J]. *J Neurosurg*, 2014, 120(4): 908-918.

[14] WAN X, FAN T, WANG S, *et al.* Progressive hemorrhagic injury in patients with traumatic intracerebral hemorrhage: characteristics, risk factors and impact on management [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2017, 159(2): 227-235.

[15] 罗红英, 黎 玲. CT 预测急性期脑出血血肿增大的研究[J]. *现代仪器与医疗*, 2019, 25(6): 9-11, 37.

[16] 宋俊霖. CT 预测脑出血早期血肿扩大的研究进展[J]. *海南医学*, 2017, 28(21): 3532-3536.

[17] 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. 中国脑血管病影像应用指南 2019[J]. *中华神经科杂志*, 2020, 53(4): 250-268.

[18] 周志敏, 周逸飞, 徐 亮. 岛征和漩涡征预测脑出血早期血肿扩大价值[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2021, 19(8): 1-4.

[19] LI Q, LIU QJ, YANG WS, *et al.* Island sign: an imaging predictor for early hematoma expansion and poor outcome in patients with intracerebral hemorrhage [J]. *Stroke*, 2017, 48(11): 3019-3025.

[20] DENG L, ZHANG G, WEI X, *et al.* Comparison of satellite sign and island sign in predicting hematoma growth and poor outcome in patients with primary intracerebral hemorrhage [J]. *World Neurosurg*, 2019, 127: e818-e825.

[21] HUANG YW, YANG MF. Combining investigation of imaging markers (island sign and blend sign) and clinical factors in predicting hematoma expansion of intracerebral hemorrhage in the basal ganglia [J]. *World Neurosurg*, 2018, 120: e1000-e1010.

[22] ORITO K, HIROHATA M, NAKAMURA Y, *et al.* Predictive value of leakage signs for pure brain contusional hematoma expansion [J]. *J Neurotrauma*, 2018, 35(5): 760-766.

[23] ROSA M Jr, DA ROCHA AJ, MAIA AC Jr, *et al.* Contusion contrast extravasation depicted on multidetector computed tomography angiography predicts growth and mortality in traumatic brain contusion [J]. *J Neurotrauma*, 2016, 33(11): 1015-1022.

[24] CEPEDA S, GÓMEZ PA, CASTAO-LEON AM, *et al.* Contrecoup traumatic intracerebral hemorrhage: a geometric study of the impact site and association with hemorrhagic progression [J]. *J Neurotrauma*, 2016, 33(11): 1034-1046.

330-334.

[27] BEN NA, CHABAANE M, KRIFA H, *et al.* Intracranial angiomatous meningiomas: a 15-year, multicenter study [J]. Clin Neurol Neurosurg. 2016, 149: 111-117.

[28] HUA L, LUAN S, LI H, *et al.* Angiomatous meningiomas have a very benign outcome despite frequent peritumoral edema at onset [J]. World Neurosurg. 2017, 108: 465-473.

[29] TAO X, WANG K, DONG J, *et al.* Clinical features, surgical management, and prognostic factors of secretory meningiomas: a single-center case series of 149 patients [J]. J Neurooncol. 2018, 136(3): 515-522.

[30] TOH CH, CASTILLO M. Peritumoral brain edema volume in meningioma correlates with tumor fractional anisotropy but not apparent diffusion coefficient or cerebral blood volume [J]. Neuroradiology. 2021, 63(8): 1263-1270.

[31] TOH CH, SIOW TY, CASTILLO M. Peritumoral brain edema in meningiomas may be related to glymphatic dysfunction [J]. Front Neurosci. 2021, 15: 674898.

[32] HINRICHS FL, BROKINKEL C, ADELI A, *et al.* Risk factors for preoperative seizures in intracranial meningiomas [J]. J Neurosurg Sci. 2020. Epub ahead of print.

[33] LI X, WANG C, LIN Z, *et al.* Risk factors and control of seizures in 778 Chinese patients undergoing initial resection of supratentorial meningiomas [J]. Neurosurg Rev. 2020, 43(2): 597-608.

[34] VAN NIEUWENHUIAEN D, SLOT KM, KLEIN M, *et al.* The association between preoperative edema and postoperative cognitive functioning and health-related quality of life in WHO grade I meningioma patients [J]. Acta Neurochir (Wien). 2019, 161(3): 579-88.

[35] 范新华, 黄震, 金利盛, 等. 脑膜瘤周水肿的 MR 与手术病理对照研究[J]. 医学影像学杂志, 2005, 15(5): 356-358.

[36] SAITO A, INOUE T, SUZUKI S, *et al.* Relationship between pathological characteristics and radiological findings on perfusion MR imaging of meningioma [J]. Neurol Med Chir (Tokyo). 2021, 61(3): 228-235.

[37] 杨志林, 柯以铨, 徐如祥, 等. 脑膜瘤周水肿多层螺旋 CT 灌注研究[J]. 南方医科大学学报, 2008, 28(8): 1460-1462.

[38] 丁新民, 毛伯镛, 鞠延, 等. 甲泼尼龙与地塞米松治疗颅内肿瘤周水肿的临床对照研究[J]. 四川大学学报(医学版), 2003, 34(2): 327-329.

[39] 许龙国. 瘤周水肿明显的脑膜瘤术后高压氧治疗的临床观察[J]. 中国医药指南, 2014, 12(4): 141-142.

[40] HOU J, KSHETTRY VR, SELMAN WR, *et al.* Peritumoral brain edema in intracranial meningiomas: the emergence of vascular endothelial growth factor-directed therapy [J]. Neurosurg Focus. 2013, 35(6): E2.

[41] DASANU CA, SAMARA Y, CODREANU I, *et al.* Systemic therapy for relapsed/refractory meningioma: is there potential for antiangiogenic agents [J]. J Oncol Pharm Pract. 2019, 25(3): 638-647.

[42] YANG S, SUN J, XU M, *et al.* The value of anlotinib in the treatment of intractable brain edema: two case reports [J]. Front Oncol. 2021, 11: 617803.

[43] SONG Y, LIU B, GUAN M, *et al.* Successful treatment using apatinib in intractable brain edema: a case report and literatures review [J]. Cancer Biol Ther. 2018, 19(12): 1093-1096.

[44] HAJIMOHAMMADEBRAHIM- KETABFOROUSH M, SHAHMOHAMMADI M, VAHDAT SHARIATPANAH Z, *et al.* Preoperative serum level of vitamin D is a possible protective factor for peritumoral brain edema of meningioma: a cross sectional study [J]. Nutr Cancer. 2021, 73(11-12): 2842-2848.

[45] XU FF, SUN S, HO AS, *et al.* Effects of progesterone vs. dexamethasone on brain oedema and inflammatory responses following experimental brain resection [J]. Brain Inj. 2014, 28(12): 1594-1601.

(2021-12-27 收稿, 2022-06-25 修回)

(上接第 535 页)

[25] 刘海兵, 魏梁锋, 洪景芳, 等. CT 值在神经外科中的应用研究进展[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2021, 26(5): 234-236.

[26] JEONG HG, BANG JS, KIM BJ, *et al.* Hematoma hounsfield units and expansion of intracerebral hemorrhage: a potential marker of hemostatic clot contraction [J]. Int J Stroke. 2021, 16(2): 163-171.

(2022-01-22 收稿, 2023-04-07 修回)