

原发性中枢神经系统淋巴瘤的影像学研究进展

Research progress of neuroimaging in primary central nervous system lymphoma

Jin Xin, Li Kaiyue, Zhou Yujing, Li Xin

引用本文:

靳欣, 李凯悦, 周雨菁, 等. 原发性中枢神经系统淋巴瘤的影像学研究进展[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2022, 46(11): 679-684. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202204031-00236

Jin Xin, Li Kaiyue, Zhou Yujing, et al. Research progress of neuroimaging in primary central nervous system lymphoma[J]. *International Journal of Radiation Medicine and Nuclear Medicine*, 2022, 46(11): 679-684. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202204031-00236

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202204031-00236>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[¹⁸F-FDG PET/CT在颅内原发性中枢神经系统淋巴瘤诊断中的价值](#)

Diagnostic value of ¹⁸F-FDG PET/CT in intracranial primary central nervous system lymphoma

国际放射医学核医学杂志. 2020, 44(6): 345-351 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-201910034-00029>

[原发性肺黏膜相关淋巴组织淋巴瘤的¹⁸F-FDG PET/CT影像学表现](#)

¹⁸F-FDG PET/CT manifestation of primary pulmonary mucosa-associated lymphoid tissue lymphoma

国际放射医学核医学杂志. 2019, 43(2): 140-144 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.02.008>

[¹⁸F-FDG PET在原发性乳腺淋巴瘤诊疗中的应用进展](#)

Application progress of ¹⁸F-FDG PET in the diagnosis and treatment of primary breast lymphoma

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(5): 313-318 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202004037-00033>

[原发性肺弥漫大B细胞淋巴瘤¹⁸F-FDG PET/CT显像一例](#)

¹⁸F-FDG PET/CT imaging of primary pulmonary diffuse large B-cell lymphoma: a case report

国际放射医学核医学杂志. 2018, 42(2): 186-188 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.02.016>

[恶性淋巴瘤的多模态显像研究进展](#)

The research progress of multimodal imaging in malignant lymphoma

国际放射医学核医学杂志. 2018, 42(4): 363-368 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.04.014>

[核素显像在原发性醛固酮增多症患者中的应用](#)

Application of radionuclide imaging in patients with primary aldosteronism

国际放射医学核医学杂志. 2019, 43(5): 456-461 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.05.013>

·综述·

原发性中枢神经系统淋巴瘤的影像学研究进展

靳欣 李凯悦 周雨菁 李昕

山东大学齐鲁医院核医学科, 济南 250012

通信作者: 李昕, Email: doclixin@163.com

【摘要】 原发性中枢神经系统淋巴瘤(PCNSL)是一种罕见且侵袭性极强的结外非霍奇金淋巴瘤, 其占有结外淋巴瘤的4%~6%, 原发性中枢神经系统肿瘤的4%。近年来, PCNSL发病率呈逐年上升趋势, 其确诊主要依靠组织病理学检查, 包括立体定向活体组织病理学检查和(或)手术期间的组织病理学检查, 然而这2种方法均风险较高且并发症较多。因此, 寻找能准确评估PCNSL的无创性影像学方法就显得尤为重要。目前, 临床常用于评价PCNSL的影像学检查方法主要有CT、MRI、PET/CT和PET/MRI。笔者主要对近年来PCNSL的影像学研究进展进行综述。

【关键词】 体层摄影术, X线计算机; 磁共振成像; 正电子发射断层显像术; 原发性中枢神经系统淋巴瘤

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-202204031-00236](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202204031-00236)**Research progress of neuroimaging in primary central nervous system lymphoma**

Jin Xin, Li Kaiyue, Zhou Yujing, Li Xin

Department of Nuclear Medicine, Qilu Hospital of Shandong University, Jinan 250012, China

Corresponding author: Li Xin, Email: doclixin@163.com

【Abstract】 Primary central nervous system lymphoma (PCNSL) is relative rare and highly aggressive extranodal non-Hodgkin's lymphoma, accounting for 4%~6% of all extranodal lymphomas and 4% of primary central nervous system tumors. In recent years, a rising incidence has been recognized. The diagnosis of PCNSL mainly depends on stereotactic biopsy histopathological examination and surgical pathology. However, these procedures have high risks and multiple complications. Therefore, it is especially necessary to find a reliable non-invasive imaging method to evaluate PCNSL accurately. CT, MRI, PET/CT and PET/MRI are used to evaluate PCNSL currently. This review focuses on the research progress of neuroimaging in PCNSL.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Magnetic resonance imaging; Positron-emission tomography; Primary central nervous system lymphoma

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-202204031-00236](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202204031-00236)

原发性中枢神经系统淋巴瘤(primary central nervous system lymphoma, PCNSL)是一种罕见的结外非霍奇金淋巴瘤(non-Hodgkin lymphoma, NHL)。其原发于中枢神经系统(如脑、脑膜)及眼球, 但无全身受累, 占有结外淋巴瘤的4%~6%, 原发性中枢神经系统肿瘤的4%^[1-2]。近年来, PCNSL的发病率呈逐年上升趋势^[2]。其组织病理学类型主要为弥漫性大B细胞淋巴瘤^[2], 表现为高度增殖的肿瘤细胞围绕血管生长, 弥漫性浸润中枢神经系统。该病预后较差, 未经治疗总生存(overall survival, OS)期仅为1.5个月^[3]。

诊断PCNSL的主要方法包括立体定向活体组织病理学检查或手术期间的组织病理学检查, 但风险高且并发症多, 同时活体组织病理学检查造成的微小出血和瘢痕组织也加大了评估治疗效果的难度^[4]。因此, 寻找无创的影像学方法来准确评估PCNSL十分必要。笔者对近年来PCNSL的影像学研究进展进行综述。

1 CT在PCNSL中的应用

PCNSL在CT上多表现为占位性病变, 显示为稍高密

度肿块,周围存在轻中度的水肿带,增强扫描呈不规则斑片状强化^[5]。美国国立综合癌症网络(national comprehensive cancer network, NCCN)的最新指南建议疑似 PCNSL 患者应进行体部增强 CT 检查排除系统性淋巴瘤^[6]。灌注 CT 是一种新兴的 CT 技术,能够反映血流与毛细血管状况,是评估脑肿瘤的重要方法,其主要参数包括脑血容量(cerebral blood volume, CBV)、脑血流量(cerebral blood flow, CBF)与平均通过时间等。Onishi 等^[7]对 22 例多形性胶质母细胞瘤(glioblastoma multiforme, GBM)患者、6 例 PCNSL 患者与 11 例脑转移瘤患者的肿瘤和瘤周区域的灌注 CT 参数进行分析,结果表明,PCNSL 肿瘤的相对 CBV 及 CBF 均低于 GBM,而平均通过时间低于脑转移瘤。在 Schramm 等^[8]的研究中,高级别胶质瘤(high-grade glioma, HGG)组与 PCNSL 组的平均容积转移常数 K^{trans} 分别为 $(6.58 \pm 3.68) \text{ ml}^{-1} \cdot 100 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 和 $(11.96 \pm 10.66) \text{ ml}^{-1} \cdot 100 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 均明显高于对侧正常脑组织,但 PCNSL 组与 HGG 组 K^{trans} 的差异无统计学意义,该研究结果还显示, HGG 组的 CBV 显著高于 PCNSL 组 $[(6.03 \pm 2.18) \text{ ml}/100 \text{ ml} \text{ vs. } (3.79 \pm 1.95) \text{ ml}/100 \text{ ml}]$, 从而证明可依据 CBV 和 K^{trans} 鉴别 HGG 和 PCNSL^[8]。

2 MRI 在 PCNSL 中的应用

MRI 因其具有较高的软组织分辨率而在颅内肿瘤的诊断方面发挥重要作用。PCNSL 在 MRI 图像上表现为 T1 加权成像轻度低信号、T2 加权成像轻度高信号、液体衰减反转恢复序列高信号,病变形态不规则,周围水肿不明显,少数病变引起中线移位。增强扫描病灶显示为均匀或结节状强化,部分病例出现“肚脐征”、“握雪征”以及“蝴蝶征”等^[5]。

2.1 弥散加权成像(diffuse weighted imaging, DWI)

DWI 可以反映水分子在活体组织中的自由扩散运动。常用表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)来反映肿瘤细胞数量的变化。Surov 等^[9]的研究结果表明,ADC 值与肿瘤细胞计数具有相关性。多项研究结果表明,ADC 值可以辅助诊断 PCNSL^[10-11]。He 等^[10]发现,PCNSL 组的 ADC 最小值与 ADC 总值均低于 HGG 组。Yamashita 等^[11]的研究结果也表明,PCNSL 组的 ADC 最小值低于 GBM 组 $[(0.61 \pm 0.13) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s} \text{ vs. } (0.78 \pm 0.19) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}]$, 且当 ADC 最小值的临界值为 $0.62 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 时,诊断 PCNSL 的准确率最高(77.8%)。因此,研究者认为借助 ADC 最小值可对 PCNSL 与 GBM 进行鉴别诊断。

2.2 动脉自旋标记(arterial spin labeling, ASL)

ASL 是一种新兴的 MR 灌注加权成像(perfusion-weighted imaging, PWI)技术,可用于评估肿瘤的 CBF^[12]。一项纳入 23 例 PCNSL 患者与 17 例非典型 HGG 患者的研究通过

对患者的 ASL 图像进行分析,获得绝对脑血流量(absolute cerebral blood flow, aCBF)和标准化脑血流量(normalized cerebral blood flow, nCBF),结果显示,非典型 HGG 组的 aCBF 与 nCBF 均高于 PCNSL 组 $[\text{aCBF}: (100.53 \pm 35.15) \text{ ml}^{-1} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ vs. } (55.49 \pm 26.61) \text{ ml}^{-1} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, \text{ nCBF}: (3.73 \pm 1.25) \text{ ml}^{-1} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ vs. } (2.35 \pm 1.02) \text{ ml}^{-1} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}]$ 。并且 aCBF 的诊断效能高于 nCBF(0.877 vs. 0.836),但是二者之间的差异无统计学意义。当 $\text{aCBF} < 62.3 \text{ ml}^{-1} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 时,诊断 PCNSL 的特异度为 90.48%,灵敏度为 68.82%^[13]。Yamashita 等^[11]通过对 37 例 GBM 患者和 19 例 PCNSL 患者进行分析,获得肿瘤的绝对最大肿瘤血流量(absolute maximum tumor blood flow, aTBF_{max})以及 aTBF_{max} 与对侧正常灰质的 CBF 的比值(relative TBF_{max} , rTBF_{max}),当 aTBF_{max} 与 rTBF_{max} 的临界值分别为 $46 \text{ ml}^{-1} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 和 1.25 时,诊断 PCNSL 的准确率分别为 83.0% 和 76.6%。上述研究结果均表明,可以借助 ASL 技术诊断 PCNSL。

2.3 磁共振波谱成像(magnetic resonance spectroscopy, MRS)

MRS 是 MRI 另一种常用的功能成像方式。Chen 等^[14]报道了 1 例老年男性 PCNSL 患者经 MRS 检查发现额部病变胆碱峰升高, N-乙酰天门冬氨酸峰降低,提示这种表现可能与神经元损伤以及肿瘤细胞增殖有关,并提出可以此结果对 PCNSL 与其他实体肿瘤进行鉴别诊断。另有学者报道,PCNSL 患者的谷氨酸/肌酐的比值和谷氨酸/(谷氨酸+甘氨酸)的比值高于 GBM 患者,并可据此结果进行鉴别诊断^[15]。

3 PET/CT 在 PCNSL 中的应用

PET 是反映病灶功能代谢状态的显像方式,其利用放射性核素标记体内代谢物作为显像剂,通过病灶对显像剂的摄取程度来反映其功能代谢的变化。¹⁸F-FDG 是目前临床上最常用的 PET 显像剂,是一种葡萄糖类似物,可以反映体内葡萄糖的摄取和磷酸化过程。PET/CT 定量分析中常用半定量分析方法来评估肿瘤摄取显像剂的程度,包括 T/NT、代谢肿瘤体积(metabolic tumor volume, MTV)、糖酵解总量(total lesion glycolysis, TLG)及 SUV。其中 SUV 最为常用,包括平均 SUV、 SUV_{max} 等,但是 SUV 的测量受多种因素影响,例如血糖水平、类固醇治疗、肿瘤异质性、检查设备等^[16]。

3.1 不同类型显像剂 PET/CT 诊断 PCNSL

3.1.1 ¹⁸F-FDG PET/CT 诊断 PCNSL

PCNSL 是局限于中枢神经系统的 NHL,确诊时需排除系统性淋巴瘤。NCCN 的最新指南建议疑似 PCNSL 患者应进行全身¹⁸F-FDG PET/CT 检查排除亚临床全身受累^[6]。一项

纳入1043例中枢神经系统(central nervous system, CNS)淋巴瘤患者的多中心研究结果表明, PET/CT对颅外病灶的检出率高于体部增强CT(3.0% vs. 2.8%)^[17]。在一项纳入9项研究1040例可疑PCNSL患者的Meta分析中, 体部CT(胸腹盆增强扫描)对亚临床系统性淋巴瘤的合并诊断率为2.5%, 而全身¹⁸F-FDG PET/CT的合并诊断率为4.9%^[18], 表明¹⁸F-FDG PET/CT显像在检测亚临床系统性淋巴瘤方面更具优势。这些研究结果均表明, 在治疗前进行全身¹⁸F-FDG PET/CT检查有助于排除非PCNSL的系统性淋巴瘤及其他疾病。

PCNSL肿瘤密度高、增殖活性强, 具有较高的葡萄糖代谢水平, 因此对¹⁸F-FDG摄取较高, 常常显著高于颅内其他恶性肿瘤^[19]。多项研究结果表明, PCNSL的SUV_{max}高于颅内其他恶性肿瘤, 诊断PCNSL的SUV_{max}最佳临界值在12~15之间^[20-22], 可据此对PCNSL及其他恶性肿瘤进行鉴别诊断。在一项纳入7例PCNSL患者、9例HGG患者和18例脑转移瘤患者的研究中, 将SUV_{max}=15为诊断PCNSL的临界值, 结果显示, 仅有1例HGG患者为假阳性^[22]。

除SUV_{max}以外, 也可应用其他半定量参数诊断PCNSL^[23-24]。Liu等^[23]分析25例PCNSL患者的¹⁸F-FDG PET/CT显像结果, 认为T/NT值>4.0是诊断PCNSL的强有力的证据。也有研究者提出T/NT值>2.0的诊断效能高于SUV_{max}^[24]。Hatakeyama等^[25]对20例PCNSL患者和55例GBM患者的¹⁸F-FDG PET/CT显像的T/N以及ASL检查的rTBF_{max}进行分析, 结果显示, T/N与rTBF_{max}结合的诊断效能高于单独使用T/N或rTBF_{max}(0.991 vs. 0.950 vs. 0.824)。

PET/CT的SUV与患者的血糖水平有关, 而PCNSL患者通常使用影响血糖的类固醇治疗^[26], 因此患者是否使用类固醇治疗及类固醇停止时间距离显像的时间间隔(类固醇洗脱期)均会对诊断结果产生影响。Yamaguchi等^[24]的研究中纳入32例PCNSL患者, 其中13例在PET/CT检查前使用类固醇治疗, 19例未使用, 结果表明, 使用类固醇治疗的13例PCNSL患者中有5例患者的T/NT<2.0(38.5%), 未使用类固醇治疗的19例PCNSL患者中仅有1例<2.0(5.3%), 诊断阴性率明显增加。而使用类固醇治疗的13例PCNSL患者中, 4例经过类固醇洗脱期(5~20 d), 该4例患者的T/NT高于其余9例患者。因此, 该研究结果表明, 在PET/CT检查前停用类固醇一段时间会提高诊断阳性率, 但并未指出具体时长。

3.1.2 新型显像剂PET/CT诊断PCNSL

除¹⁸F-FDG外, 多种PET显像剂也可用于PCNSL的诊断, 如¹⁸F-氟乙基-酪氨酸(¹⁸F-fluoroethyl-L-tyrosine, ¹⁸F-FET)、⁶⁸Ga-Pentixafor和⁶⁸Ga-成纤维细胞激活蛋白抑制剂(⁶⁸Ga-fibroblast activation protein inhibitor, ⁶⁸Ga-FAPI)。由于以上3种显像剂在正常脑组织中摄取低, 与肿瘤组织

形成明显对比, 因此它们的PET显像在颅内肿瘤诊断方面均具有较高的灵敏度。

¹⁸F-FET通过L-氨基酸转运体转运, ¹⁸F-FET摄取与肿瘤细胞密度、增殖率以及微血管密度和新生血管生成显著相关^[27]。Puranik等对16例HGG患者和3例PCNSL患者的¹⁸F-FET PET显像进行研究分析, 结果表明, PCNSL患者注射药物后5 min与20 min的肿瘤与对侧白质的比值均低于HGG(5 min: 1.46 vs. 2.36; 20 min: 1.63 vs. 2.33)患者^[27]。与¹⁸F-FDG PET/CT不同, 类固醇对¹⁸F-FET的摄取无显著影响^[27], 这为在PET/CT检查前使用类固醇治疗的患者提供了新的检查方法。

趋化因子受体4是一种在血液系统恶性肿瘤中高度表达的趋化因子, Pentixafor是其配体, 目前⁶⁸Ga-Pentixafor已在少数PCNSL患者中进行研究^[28]。Chen等^[28]研究发现, ⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT对病灶的诊断准确率为100%, 并在1例患者的中期疗效评估中比¹⁸F-FDG PET/CT多发现5个病灶。⁶⁸Ga-Pentixafor不需要患者空腹, 这为高血糖患者提供了新的检查方法。

成纤维细胞激活蛋白(fibroblast activation protein, FAP)在肿瘤相关的成纤维细胞内过度表达, 为临床提供了肿瘤特异性表达的靶点, ⁶⁸Ga-FAPI PET显像已在多种肿瘤中初步应用^[29]。Ying等^[30]报道了1例PCNSL患者的病灶轻度摄取⁶⁸Ga-FAPI, 提示⁶⁸Ga-FAPI PET可作为淋巴瘤诊断的新方法。

3.2 PET/CT评估疗效及预后

PET/CT在评估患者疗效及预后方面也发挥了举足轻重的作用。Maza等^[31]采用PET/CT与MRI对8例PCNSL患者治疗后的疗效进行评估, 结果显示, MRI评估为部分缓解的一处强化病灶, PET/CT显示为阴性, 且在随后的随访中依然未观察到该病灶的复发, 表明PET/CT的结果为真阴性, 这提示PET/CT比MRI具有更强的评估能力。Jo等^[32]发现, 化疗结束后¹⁸F-FDG PET/CT显像阴性患者的无进展生存(progress free survival, PFS)期显著长于PET/CT显像阳性患者(36.2个月 vs. 3.9个月, $P<0.001$)。因此, 该团队研究人员认为, 化疗结束后的PET/CT结果可以很好地预测患者预后。

Okuyucu等^[33]对14例PCNSL患者的年龄、性别、血清乳酸脱氢酶水平、是否有脑深部受累、SUV_{max}、平均SUV、MTV以及TLG进行统计学分析后发现, TLG是影响PFS期和OS期的独立危险因素; 当TLG>416 g时, 患者预后较差。Ahn等^[34]对26例PCNSL患者行¹¹C-蛋氨酸(methionine, MET) PET/CT检查, 并对治疗4周期后的T/NT值和MTV进行分析, 结果表明, 预测疾病进展的T/NT值和MTV的最佳临界值分别为1.67和0.321 cm³。多

因素分析结果显示, T/NT值 >1.67 是 PFS 期与 OS 期的独立预测因素, 而 MTV $>0.321 \text{ cm}^3$ 不是 PFS 期和 OS 期的预测因素。

PET 在鉴别 PCNSL 不同组织病理学亚型方面有着广阔的发展前景。Inoue 等^[35]的研究将纳入的 32 例 PCNSL 患者分为生发中心 B 细胞 (germinal center B-cell, GCB) 型和非生发中心 B 细胞 (non-GCB) 型, 结果表明, GCB 型患者¹¹C-MET PET 的 T/NT 值和 SUV_{max} 高于 non-GCB 型。之后研究者又将所有患者进一步分为 A 型 [CD-10、B 细胞淋巴瘤 6 (B cell lymphoma, BCL-6) 与多发性骨髓瘤致癌基因 1 (multiple myeloma oncogene, MUM-1) 均表达]、B 型 (BCL-6 与 MUM-1 表达, CD-10 不表达) 与 C 型 (仅有 MUM-1 表达), 结果显示, A 型患者¹¹C-MET PET 的 T/NT 和 SUV_{max} 高于 B 型与 C 型患者, 但在¹⁸F-FDG PET 中却没有发现类似结果。该研究结果还发现, 不论是¹¹C-MET PET 还是¹⁸F-FDG PET, 对高剂量甲氨蝶呤应答者的 T/N 和 SUV_{max} 均比无应答者低, 当¹⁸F-FDG PET 的 T/N 值的临界值为 2.8 时, 区分对高剂量甲氨蝶呤有无应答的灵敏度与特异度均为 100%。提示 PET 不仅能准确指导临床制定治疗方案, 还有望鉴别诊断 PCNSL 的不同亚型^[35]。

4 PET/MRI 在 PCNSL 中的应用

PET/MRI 将 PET 功能代谢与 MRI 多模态成像精确融合, 一次扫描可以获得 MRI 的形态学、功能学信息以及 PET 的分子代谢信息, 成为了具有广阔发展前景的诊断成像技术。根据不同获取方式, PET/MRI 分为两种设备, 一种为 PET 和 MRI 连续采集, 另一种为 PET 和 MRI 同时采集, 同时采集图像的配准度更高、扫描时间更短^[36]。一项纳入 32 例颅内肿瘤患者 (7 例胶质瘤、3 例淋巴瘤、20 例脑转移瘤、脑膜瘤和垂体微腺瘤各 1 例) 的研究通过对所有患者行全身 PET/CT 及颅脑 PET/MRI 检查发现, PET/MRI 的检出率高于 PET/CT (78% vs. 47%, $P < 0.01$), 并且 40.63% (13/32) 的患者因 PET/MRI 发现更多病灶而改变了治疗方案^[37]。Zhang 等^[38]报道了 1 例在治疗前及治疗后均行 PET/CT 与 PET/MRI 检查的 CNS 淋巴瘤患者, 该患者治疗后 PET/CT 显示原有病灶全部消失, 未发现新病灶, 而 PET/MRI 则在胼胝体部位发现了一处新病灶, 随后对患者进行了 2 周期治疗, 再次复查 PET/MRI 显示病灶消失, 这提示 PET/MRI 比 PET/CT 能提供更准确的疗效评估。PET/MRI 弥补了 PET/CT 对颅内病灶检出率低的不足, 有助于指导临床选择治疗方案。

5 小结与展望

无创的影像学检查方法作为诊断 PCNSL 及疗效评价、预后评估的重要手段具有广阔的应用前景。MRI 是 PCNSL

的主要检查方法, 利用 DWI、PWI 及 MRS 等检查技术可提高疾病诊断率。近年来, 随着 PET/CT 的广泛应用, 通过 SUV、T/NT 值及 MTV 等半定量参数以及新型显像剂的使用, PET/CT 显像对 PCNSL 的诊断、疗效评估及预后价值明显提高。PET/MRI 通过发挥 PET 与 MRI 联合的优势, 可以清晰全面地检出颅内病灶, 提高检出率。随着 PCNSL 发病率逐年上升, 无创的影像学检查必将为临床提供更多的诊断信息, 从而帮助临床制定有效的治疗方案, 改善患者预后。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 靳欣负责文献的收集与整理、综述的撰写; 李凯悦负责文献的收集、整理与分析; 周雨菁、李昕负责综述的审阅与最终版本的修订

参 考 文 献

- [1] Grommes C, Deangelis LM. Primary CNS lymphoma[J]. *J Clin Oncol*, 2017, 35(21): 2410–2418. DOI: [10.1200/JCO.2017.72.7602](https://doi.org/10.1200/JCO.2017.72.7602).
- [2] Baraniskin A, Schroers R. Liquid biopsy and other non-invasive diagnostic measures in PCNSL[J/OL]. *Cancers (Basel)*, 2021, 13(11): 2665[2022-04-21]. <https://www.mdpi.com/2072-6694/13/11/2665>. DOI: [10.3390/cancers13112665](https://doi.org/10.3390/cancers13112665).
- [3] 攸娜, 刘羽阳, 张家墅, 等. 原发性中枢神经系统淋巴瘤的诊断及治疗[J]. *中国微侵袭神经外科杂志*, 2020, 25(8): 379–382. You N, Liu YY, Zhang JS, et al. The diagnosis and treatments of primary central nervous system lymphoma[J]. *Chin J Minim Invasive Neurosurg*, 2020, 25(8): 379–382.
- [4] Miyakita Y, Ohno M, Takahashi M, et al. Usefulness of carbon-11-labeled methionine positron-emission tomography for assessing the treatment response of primary central nervous system lymphoma[J]. *Jpn J Clin Oncol*, 2020, 50(5): 512–518. DOI: [10.1093/jjco/hyaa010](https://doi.org/10.1093/jjco/hyaa010).
- [5] Cheng G, Zhang JN. Imaging features (CT, MRI, MRS, and PET/CT) of primary central nervous system lymphoma in immunocompetent patients[J]. *Neurol Sci*, 2019, 40(3): 535–542. DOI: [10.1007/s10072-018-3669-7](https://doi.org/10.1007/s10072-018-3669-7).
- [6] National Comprehensive Cancer Network. Central nervous system cancers (Version 2. 2020)[EB/OL]. (2020-05-09)[2022-04-20]. https://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/cns.pdf.
- [7] Onishi S, Kajiwaru Y, Takayasu T, et al. Perfusion computed tomography parameters are useful for differentiating glioblastoma, lymphoma, and metastasis[J]. *World Neurosurg*, 2018, 119: e890–e897. DOI: [10.1016/j.wneu.2018.07.291](https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.07.291).
- [8] Schramm P, Xyda A, Klotz E, et al. Dynamic CT perfusion imaging of intra-axial brain tumours: differentiation of high-

- grade gliomas from primary CNS lymphomas[J]. *Eur Radiol*, 2010, 20(10): 2482–2490. DOI: [10.1007/s00330-010-1817-4](https://doi.org/10.1007/s00330-010-1817-4).
- [9] Surov A, Caysa H, Wienke A, et al. Correlation between different ADC fractions, cell count, Ki-67, total nucleic areas and average nucleic areas in meningothelial meningiomas[J]. *Anticancer Res*, 2015, 35(12): 6841–6846.
- [10] He YX, Qu CX, He YY, et al. Conventional MR and DW imaging findings of cerebellar primary CNS lymphoma: comparison with high-grade glioma[J/OL]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 10007[2022-04-21]. <https://www.nature.com/articles/s41598-020-67080-9>. DOI: [10.1038/s41598-020-67080-9](https://doi.org/10.1038/s41598-020-67080-9).
- [11] Yamashita K, Yoshiura T, Hiwatashi A, et al. Differentiating primary CNS lymphoma from glioblastoma multiforme: assessment using arterial spin labeling, diffusion-weighted imaging, and ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography[J]. *Neuroradiology*, 2013, 55(2): 135–143. DOI: [10.1007/s00234-012-1089-6](https://doi.org/10.1007/s00234-012-1089-6).
- [12] Xi YB, Kang XW, Wang N, et al. Differentiation of primary central nervous system lymphoma from high-grade glioma and brain metastasis using arterial spin labeling and dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging[J]. *Eur J Radiol*, 2019, 112: 59–64. DOI: [10.1016/j.ejrad.2019.01.008](https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2019.01.008).
- [13] Di N, Cheng W, Chen H, et al. Utility of arterial spin labelling MRI for discriminating atypical high-grade glioma from primary central nervous system lymphoma[J]. *Clin Radiol*, 2019, 74(2): 165.e1–165.e9. DOI: [10.1016/j.crad.2018.10.003](https://doi.org/10.1016/j.crad.2018.10.003).
- [14] Chen GY, Xu ML, Wang XM, et al. Multiple primary central nervous system lymphoma in the elderly: a case report[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98(35): e16841. DOI: [10.1097/MD.000000000016841](https://doi.org/10.1097/MD.000000000016841).
- [15] Aburano H, Ueda F, Yoshie Y, et al. Differences between glioblastomas and primary central nervous system lymphomas in ¹H-magnetic resonance spectroscopy[J]. *Jpn J Radiol*, 2015, 33(7): 392–403. DOI: [10.1007/s11604-015-0430-5](https://doi.org/10.1007/s11604-015-0430-5).
- [16] Fahrni G, Karakatsanis NA, Di Domenicantonio G, et al. Does whole-body Patlak ¹⁸F-FDG PET imaging improve lesion detectability in clinical oncology?[J]. *Eur Radiol*, 2019, 29(9): 4812–4821. DOI: [10.1007/s00330-018-5966-1](https://doi.org/10.1007/s00330-018-5966-1).
- [17] Hyun Suh C, Kim HS, Ahn SS, et al. Body CT and PET/CT detection of extracranial lymphoma in patients with newly diagnosed central nervous system lymphoma[J]. *Neuro Oncol*, 2022, 24(3): 482–491. DOI: [10.1093/neuonc/noab234](https://doi.org/10.1093/neuonc/noab234).
- [18] Park HY, Suh CH, Huang RY, et al. Diagnostic yield of body CT and whole-body FDG PET/CT for initial systemic staging in patients with suspected primary CNS lymphoma: a systematic review and meta-analysis[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2021, 216(5): 1172–1182. DOI: [10.2214/AJR.20.24036](https://doi.org/10.2214/AJR.20.24036).
- [19] Kim HO, Kim JS, Kim SO, et al. Clinicopathological characteristics of primary central nervous system lymphoma with low ¹⁸F-fluorodeoxyglucose uptake on brain positron emission tomography[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99(20): e20140. DOI: [10.1097/MD.00000000000020140](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000020140).
- [20] Makino K, Hirai T, Nakamura H, et al. Does adding FDG-PET to MRI improve the differentiation between primary cerebral lymphoma and glioblastoma? Observer performance study[J]. *Ann Nucl Med*, 2011, 25(6): 432–438. DOI: [10.1007/s12149-011-0483-1](https://doi.org/10.1007/s12149-011-0483-1).
- [21] Zhou WY, Wen JB, Hua FC, et al. ¹⁸F-FDG PET/CT in immunocompetent patients with primary central nervous system lymphoma: differentiation from glioblastoma and correlation with DWI[J]. *Eur J Radiol*, 2018, 104: 26–32. DOI: [10.1016/j.ejrad.2018.04.020](https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2018.04.020).
- [22] Kosaka N, Tsuchida T, Uematsu H, et al. ¹⁸F-FDG PET of common enhancing malignant brain tumors[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2008, 190(6): W365–W369. DOI: [10.2214/AJR.07.2660](https://doi.org/10.2214/AJR.07.2660).
- [23] Liu DL, Kong ZR, Wang YK, et al. Quantitative and visual characteristics of primary central nervous system lymphoma on ¹⁸F-FDG-PET[J]. *Interdiscip Sci*, 2019, 11(2): 300–306. DOI: [10.1007/s12539-019-00333-y](https://doi.org/10.1007/s12539-019-00333-y).
- [24] Yamaguchi S, Hirata K, Kobayashi H, et al. The diagnostic role of ¹⁸F-FDG PET for primary central nervous system lymphoma [J]. *Ann Nucl Med*, 2014, 28(7): 603–609. DOI: [10.1007/s12149-014-0851-8](https://doi.org/10.1007/s12149-014-0851-8).
- [25] Hatakeyama J, Ono T, Takahashi M, et al. Differentiating between primary central nervous system lymphoma and glioblastoma: the diagnostic value of combining ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography with arterial spin labeling[J]. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2021, 61(6): 367–375. DOI: [10.2176/nmc.2020-0375](https://doi.org/10.2176/nmc.2020-0375).
- [26] Chiavazza C, Pellerino A, Ferrio F, et al. Primary CNS lymphomas: challenges in diagnosis and monitoring[J/OL]. *Biomed Res Int*, 2018, 2018: 3606970[2022-04-21]. <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2018/3606970/>. DOI: [10.1155/2018/3606970](https://doi.org/10.1155/2018/3606970).
- [27] Puranik AD, Boon M, Purandare N, et al. Utility of FET-PET in detecting high-grade gliomas presenting with equivocal MR imaging features[J]. *World J Nucl Med*, 2019, 18(3): 266–272. DOI: [10.4103/wjnm.WJNM_89_18](https://doi.org/10.4103/wjnm.WJNM_89_18).
- [28] Chen ZY, Yang AP, Zhang JY, et al. CXCR4-directed PET/CT with [⁶⁸Ga]pentixafor in central nervous system lymphoma: a comparison with [¹⁸F]FDG PET/CT[J]. *Mol Imaging Biol*, 2022, 24(3): 416–424. DOI: [10.1007/s11307-021-01664-3](https://doi.org/10.1007/s11307-021-01664-3).
- [29] Giesel FL, Kratochwil C, Lindner T, et al. ⁶⁸Ga-FAPI PET/CT: biodistribution and preliminary dosimetry estimate of 2 DOTA-containing FAP-targeting agents in patients with various cancers[J]. *J Nucl Med*, 2019, 60(3): 386–392. DOI: [10.2967/jnumed.118.215913](https://doi.org/10.2967/jnumed.118.215913).
- [30] Zhang Y, Cai JW, Lin ZF, et al. Primary central nervous system lymphoma revealed by ⁶⁸Ga-FAPI and ¹⁸F-FDG PET/CT[J]. *Clin*

- Nucl Med, 2021, 46(8): e421–e423. DOI: 10.1097/RLU.00000000000003517.
- [31] Maza S, Buchert R, Brenner W, et al. Brain and whole-body FDG-PET in diagnosis, treatment monitoring and long-term follow-up of primary CNS lymphoma[J]. *Radiol Oncol*, 2013, 47(2): 103–110. DOI: 10.2478/raon-2013-0016.
- [32] Jo JC, Yoon DH, Kim S, et al. Interim ¹⁸F-FDG PET/CT may not predict the outcome in primary central nervous system lymphoma patients treated with sequential treatment with methotrexate and cytarabine[J]. *Ann Hematol*, 2017, 96(9): 1509–1515. DOI: 10.1007/s00277-017-3068-9.
- [33] Okuyucu K, Alagoz E, Ince S, et al. Can metabolic tumor parameters on primary staging ¹⁸F-FDG PET/CT aid in risk stratification of primary central nervous system lymphomas for patient management as a prognostic model?[J/OL]. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol (Engl Ed)*, 2018, 37(1): 9–14[2022-04-21]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2253654X17300720?via%3Dihub>. DOI: 10.1016/j.remnm.2017.06.003.
- [34] Ahn SY, Kwon SY, Jung SH, et al. Prognostic significance of interim ¹¹C-methionine PET/CT in primary central nervous system lymphoma[J]. *Clin Nucl Med*, 2018, 43(8): e259–e264. DOI: 10.1097/RLU.00000000000002154.
- [35] Inoue A, Ohnishi T, Kohno S, et al. Prognostic significance of immunohistochemical subtypes based on the stage of B-cell differentiation in primary CNS lymphoma[J]. *Int J Clin Exp Pathol*, 2019, 12(4): 1457–1467.
- [36] Riola-Parada C, García-Cañamaque L, Pérez-Dueñas V, et al. Simultaneous PET/MRI vs PET/CT in oncology. A systematic review[J]. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol*, 2016, 35(5): 306–312. DOI: 10.1016/j.remnm.2016.06.001.
- [37] 王佳, 许远帆, 宫健, 等. ¹⁸F-FDG PET/MR 与 PET/CT 在颅内肿瘤诊断中的初步对比研究[J]. *天津医药*, 2021, 49(4): 427–431. DOI: 10.11958/20202825.
- Wang J, Xu YF, Gong J, et al. A preliminary comparative study of PET/CT and PET/MR in the diagnosis of intracranial tumors[J]. *Tianjin Med J*, 2021, 49(4): 427–431. DOI: 10.11958/20202825.
- [38] Zhang X, Zhou C, Yuan JM, et al. High-resolution ¹⁸F-FDG PET/MR offers better treatment evaluation than PET/CT or MRI in CNS lymphoma[J]. *Jpn J Clin Oncol*, 2021, 51(5): 842–843. DOI: 10.1093/jjco/hyaa217.

(收稿日期: 2022-04-22)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

关于论文的摘要

1. 论著类文章摘要的内容应包括研究目的、研究方法、主要发现(包括关键性或主要的数据)和主要结论,一般应写成四段式结构式摘要:“目的(Objective)”、“方法(Methods)”、“结果(Results)”和“结论(Conclusions)”。临床试验研究论著结构式摘要的小标题也可以扩展,例如“背景”(Background)包括提供背景资料和研究目的(Objective),“方法”可包括研究设计(Design)、附属机构(Setting)、患者或研究对象(Patients or participants)、干预措施(Interventions)、主要结果测定(Main outcome measures)等,“结论”包括研究最终结论、应用前景和优缺点等。

2. 综述类文章的摘要,应包括综述的主要目的、资料来源、综述时所选择的文献量和依据、数据提炼的规则和应用方法、数据综合得出的结果和结论。可以结构式形式写出:背景(Background);数据来源(Data sources);结果(Results);结论(Conclusions)。也可写成指示性或报道指示性摘要。

3. 中文摘要一般使用第三人称撰写,不列图、表,不引用文献,不加评论。除了公知公认者外,摘要中首次出现的缩略语、代号等须注明全称或加以说明。新术语或尚无合适汉语译名的术语,可使用原文或在译名后括号中注明原文。

4. 中文摘要一般 250~400 字,英文摘要与中文摘要内容原则上相对应,但考虑到国外读者的需要,可更详细。

本刊编辑部