

靶向 CXCR4 PET/CT 显像用于原发性醛固酮增多症分型与病灶精准定位

尹璇 马晓伟 董楚宁 周廉博 安荣臣 虢红辉 向馨 张昕璐 向鸿 王云华
中南大学湘雅二医院核医学科/PET 影像中心,长沙 410011
通信作者:王云华, Email: wangyunhua0801@csu.edu.cn

【摘要】 目的 探讨靶向趋化因子 CXC 亚家族受体 4 (CXCR4) 的⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT 在原发性醛固酮增多症 (PA) 患者分型诊断与病灶精准定位中的应用价值。方法 前瞻性纳入 2022 年 7 月 1 日至 2023 年 7 月 1 日于湘雅二医院经临床确诊为 PA 且行肾上腺静脉取样 (AVS) 的患者 33 例 [男 24 例,女 9 例,年龄(49.6±10.3)岁],所有患者行⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT 检查。PET/CT 或 AVS 检出优势侧的患者行单侧肾上腺手术切除治疗,无优势侧的行药物治疗。应用 PA 手术预后 (PASO) 标准,根据病理及随访结果将手术者分为单侧 PA (UPA) 和双侧 PA (BPA);药物治疗者为 BPA。计算⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT 对 UPA 的诊断效能;构建 ROC 曲线,判断 PET/CT 定量参数 SUV_{max}、病变 SUV_{max} 与对侧肾上腺 SUV_{mean} 比值 (LCR)、病变 SUV_{max} 与肝脏 SUV_{mean} 比值 (LLR) 对 PA 分型诊断的准确性和最佳阈值。采用 Spearman 秩相关分析评估上述定量参数与患者临床特征和病灶宽径的相关性。使用两独立样本 *t* 检验比较不同疗效组间 LCR 和 LLR 的差异。结果 20 例患者接受单侧肾上腺切除手术。33 例 PA 患者中最终诊断 UPA 19 例、BPA 14 例。PET/CT 和 AVS 判断结果一致的占 81.8% (27/33),且 2 种方法均独立检出在另一检查中表现为阴性的 UPA。⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT 视觉诊断 UPA 的灵敏度、特异性和准确性分别为 18/19、14/14、97.0% (32/33)。在⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT 定量参数中,LLR 的 AUC 达 0.944,最佳阈值为 3.1。SUV_{max}、LCR、LLR 与醛固酮浓度 (*r_s* 值:0.35、0.47、0.36,均 *P*<0.05) 和病灶宽径 (*r_s* 值:0.43、0.49、0.58,均 *P*<0.05) 呈正相关。同时达到生化及临床完全治愈患者的优势侧肾上腺病灶 LCR (3.9±2.2 与 1.6±0.3;*t*=2.00,*P*=0.041) 和 LLR (8.7±4.1 与 4.2±1.3;*t*=2.06,*P*=0.045) 高于部分好转患者的对应指标。结论 ⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT 显像可用于 PA 亚型诊断与精准定位的方式,其可以发现 AVS 未检测出的可手术治愈的 PA 患者,且定量分析可能对预后预测有价值。

【关键词】 醛固酮增多症;受体, CXCR4;同位素标记;镓放射性同位素;正电子发射断层显像术;体层摄影术,X 线计算机

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20240516-00171

Application of CXCR4-targeted PET/CT imaging in the classification and precise localization of primary aldosteronism

Yin Xuan, Ma Xiaowei, Dong Chuning, Zhou Lianbo, An Rongchen, Guo Honghui, Xiang Xin, Zhang Xinlu, Xiang Hong, Wang Yunhua

PET Imaging Center, Department of Nuclear Medicine, the Second Xiangya Hospital, Central South University, Chagnsha 410011, China

Corresponding author: Wang Yunhua, email: wangyunhua0801@csu.edu.cn

【Abstract】 Objective To investigate the application value of ⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT targeting CXC subfamily receptor 4 (CXCR4) in the subtyping and precise localization of primary aldosteronism (PA). **Methods** Thirty-three patients with PA confirmed by clinical examination and undergoing ⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT and adrenal vein sampling (AVS) in the Second Xiangya Hospital between July 1st 2022 and July 1st 2023 were prospectively enrolled (24 males, 9 females, age (49.6±10.3) years). Patients with a dominant side identified by PET/CT or AVS underwent unilateral adrenalectomy, while those without a dominant side received medical treatment. According to the standard of PA surgical outcome (PASO), patients underwent surgery were divided into unilateral PA (UPA) and bilateral PA (BPA) based on the pathological and follow-up results. Those who received medical treatment were BPA. The diagnostic efficacy of ⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT for UPA was calculated. The ROC curve was constructed to analyze the accuracy and optimal threshold of SUV_{max}, the ratio of lesion SUV_{max} to contralateral adrenal tissue SUV_{mean} (LCR), and the ratio of lesion SUV_{max} to liver SUV_{mean} (LLR) in the diagnosis of PA subtype. The correlation between

the quantitative parameters and the clinical features and lesion width of the patients was evaluated by Spearman rank correlation analysis. The differences of LCR and LLR between different efficacy groups were compared by the independent-sample *t* test. **Results** A total of 20 patients underwent unilateral adrenalectomy. Nineteen patients were finally diagnosed with UPA and 14 with BPA. The agreement rate of PET/CT and AVS was 81.8% (27/33), and both methods independently detected UPA that was negative in the other examination. The sensitivity, specificity, and accuracy of ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT visual diagnosis of UPA were 18/19, 14/14, and 97.0% (32/33), respectively. ROC curve showed that the AUC of LLR for subtype diagnosis was 0.944, with the optimal threshold of 3.1. SUV_{\max} , LCR, and LLR were positively correlated with aldosterone concentration (r_s values: 0.35, 0.47, and 0.36, all $P < 0.05$) and lesion width (r_s values: 0.43, 0.49, and 0.58, all $P < 0.05$). The LCR (3.9 ± 2.2 vs 1.6 ± 0.3 ; $t = 2.00$, $P = 0.041$) and LLR (8.7 ± 4.1 vs 4.2 ± 1.3 ; $t = 2.06$, $P = 0.045$) of the dominant side lesions in patients who achieved complete biochemical and clinical cure were higher than those in patients with partial improvement. **Conclusions** ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT imaging can be used in the diagnosis and precise localization of PA subtype. It also can detect patients with PA which can be surgically cured but not detected by AVS, and the quantitative analysis may be valuable for prognosis prediction.

【Key words】 Hyperaldosteronism; Receptors, CXCR4; Isotope labeling; Gallium radioisotopes; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed
DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20240516-00171

原发性醛固酮增多症 (primary aldosteronism, PA) 的治疗选择及预后与疾病的分型和病灶的定位密切相关,包括醛固酮瘤 (aldosterone-producing adenoma, APA) 和单侧肾上腺皮质增生 (unilateral hyperplasia, UAH) 在内的单侧 PA (unilateral PA, UPA) 可通过单侧肾上腺切除术获得治愈机会,而主要为特发性醛固酮增多症 (idiopathic hyperaldosteronism, IHA) 的双侧 PA (bilateral PA, BPA) 通常使用醛固酮受体拮抗剂 (mineralocorticoid receptor antagonists, MRAs) 等药物进行长期治疗,但如何准确分型一直是临床工作的重点和难点^[1-4]。研究表明,以趋化因子 CXC 亚家族受体 4 (CXC subfamily receptor 4, CXCR4) 为靶点的 ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 显像在无创鉴别 PA 患者亚型方面有潜在的适用性^[5-11]。既往研究基本以肾上腺静脉取样 (adrenal venous sampling, AVS) 作为参考标准^[12-14],而 AVS 仍然有分型错误的可能^[15-16],且目前对于其在 PA 分型诊断及精准定位等方面的价值尚缺乏系统深入的研究。因此,本研究针对 ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 在 PA 患者分型诊断与病灶精准定位中的应用进行探讨。

资料与方法

1. 研究对象。(1) 患者筛选。本研究方案经中南大学湘雅二医院国家医学研究中心伦理委员会批准 [伦理批号: (2022) 国伦申【科】第 (015) 号]。前瞻性纳入 2022 年 7 月 1 日至 2023 年 7 月 1 日在中南大学湘雅二医院临床诊断为 PA 的患者。纳入标准: (1) 临床已确诊 PA^[17] 且有意愿行肾上腺切除术的患者; (2) 均行 AVS; (3) 同意行 ^{68}Ga -Pentixafor

PET/CT 检查的患者。排除标准: (1) 有放射性核素显像禁忌证者,例如妊娠或哺乳期妇女; (2) 无法行肾上腺手术的患者; (3) 患有严重感染、心力衰竭或重要器官 (如肝脏或肾脏) 功能障碍的患者。最终纳入符合标准的 PA 患者共 33 例,其中男 24 例,女 9 例,年龄 (49.6 ± 10.3) 岁。

(2) 患者治疗选择和随访。若 ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 和 AVS 检查显示患者优势灶定位一致,则针对优势侧行手术;若 2 种检查显示优势灶定位不一致,则组织多学科会议综合分析决定手术侧;若 2 种检查中仅 1 种显示有优势侧,则对显示的优势侧肾上腺行手术切除;若 2 种检查方式均没有显示优势侧,则给予 MRAs 药物治疗^[18-19]。

对手术患者进行术后 6~12 个月的生化和临床结果随访,最终诊断由手术病理及术后随访结果确定: (1) APA, 术后病理显示为肾上腺皮质腺瘤,随访生化和临床均治愈或改善; (2) UAH, 术后病理显示为肾上腺增生性病变,随访生化或临床治愈; (3) BPA, 术后病理显示肾上腺皮质增生性病变,随访生化或临床部分改善或无改善。疗效根据 PA 手术预后 (PA surgical outcome, PASO) 标准分为完全治愈组、部分好转组以及无改善组^[20]。对药物治疗患者诊断为 BPA^[21-22]。

2. ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 显像。(1) 显像方法。 ^{68}Ga -Pentixafor 由本院相关人员按照文献 [5] 中方法自行合成。所有患者在进行 ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 前提供书面知情同意书。使用德国 Siemens Biography mCTx PET/CT 仪 (128 层螺旋 CT/52 环 PET) 以及上海联影医疗科技股份有限公司 uMI780 PET/CT 仪采集图像。扫描时,患者处仰卧位,双臂

抬起置于头顶上方,嘱患者保持平静稳定的呼吸,采集从头部到大腿中部的静态图像。CT 扫描参数:电流 35 mA,电压 120 kV,层厚 3.75 mm,PET 采集为三维模式,每个床位采集 2 min,共 6~7 床位。采集数据经迭代重建得到全身 PET 图、CT 图及 PET/CT 的融合图。

(2)图像分析。PET/CT 图像由本院 2 名经验丰富的核医学专业人员独立进行解读,有分歧时由双方协商决定最终意见。阅片人员对临床数据和 AVS 结果都不知情。视觉分析:PET 阳性病变定义为显像剂摄取高于对侧和邻近正常肾上腺的病变;若与对侧肾上腺相比,⁶⁸Ga-Pentixafor 的摄取相当,则定义为阴性。定量分析采用 PMOD 4.3 软件(PMOD Technologies,德国),测定或计算的指标包括肾上腺病变 SUV_{max}、病变 SUV_{max} 与对侧肾上腺组织 SUV_{mean} 比值(the ratio of lesional SUV_{max} to contralateral adrenal tissue SUV_{mean}, LCR)、病变 SUV_{max} 与肝脏 SUV_{mean} 比值(the ratio of lesional SUV_{max} to normal liver SUV_{mean}, LLR)。

3.统计学处理。采用 IBM SPSS 22.0 和 GraphPad Prism 9 统计软件进行数据处理,不符合正态分布的定量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,组间差异采用 Mann-Whitney U 检验进行比较;符合正态分布的定量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间差异采用两独立样本 t 检验进行比较。定性资料以频数(百分比)表示,组间差异采用 χ^2 检验。采用 Spearman 秩相关评估⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT 定量指标与患者临床特征、病灶宽径的相关性。构建 ROC 曲线,确定⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT 诊断 UPA 的定量参数阈值和诊断准确性。 $P < 0.05$ 为差异或相关性有统计学意义。

结 果

1. PA 分型诊断。33 例 PA 患者中,最终 20 例接受单侧肾上腺切除手术。按照最终诊断结果将患者分为 UPA 组(19 例)和 BPA 组(14 例)。在 2 组的基线资料对比中,UPA 组血钾水平低于 BPA 组 [(2.6 ± 0.2) mmol/L 与 $3.2(2.8, 3.3)$ mmol/L; $Z = -2.02, P = 0.042$],而病灶宽径大于 BPA 组 [(1.4 ± 0.1) cm 与 $0.9(0.8, 1.1)$ cm; $Z = -2.85, P = 0.004$],性别、体质质量指数、血压、病程等指标的组间差异均无统计学意义(t 值: $-1.65 \sim 1.19$, 均 $P > 0.05$)。

33 例患者中,⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT 视觉诊断 UPA 阳性 18 例,阴性 15 例,其中仅有 1 例为假阴性;⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT 诊断 UPA 的灵敏度、特

异性和准确性分别为 18/19、14/14、97.0%(32/33)。ROC 曲线(图 1)分析发现,在 3 种 PET 定量指标中,LCR 及 LLR 诊断 UPA 的 AUC 相对更大,分别为 0.942(95% CI: 0.854~1.000)和 0.944(95% CI: 0.873~1.000);LLR 最佳诊断界值为 3.1,此时灵敏度和特异性分别为 18/19 和 11/14。

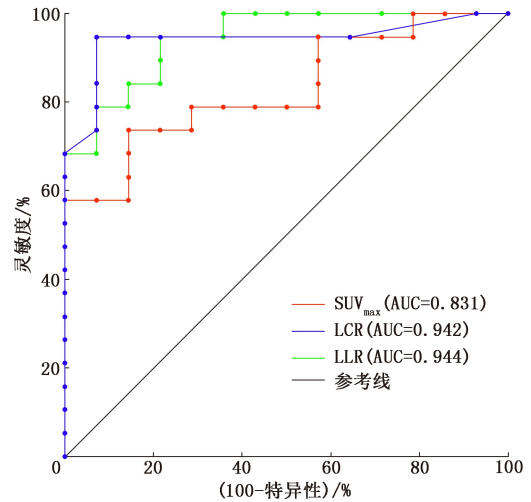


图 1 ⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT 显像定量指标在 33 例原发性醛固酮增多症(PA)患者中诊断单侧 PA(UPA)的 ROC 曲线。LCR 为病变 SUV_{max} 与对侧肾上腺 SUV_{mean} 比值,LLR 为病变 SUV_{max} 与肝脏 SUV_{mean} 比值

20 例手术患者中,术后随访及病理结果最终证实 APA 16 例,UAH 3 例,BPA 1 例。⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT 显像示,UAH 病灶的 PET 定量指标以及宽径有较 APA 减小趋势,2 组 SUV_{max} 分别为 $14.5 \pm 8.6, 8.8 \pm 3.0$; LCR 分别为 $3.7 \pm 2.3, 2.5 \pm 0.8$; LLR 分别为 $8.2 \pm 4.5, 6.2 \pm 1.7$;宽径依次为 $(1.4 \pm 0.5), (1.2 \pm 0.3)$ cm。

2.相关性分析。在 33 例 PA 患者中,SUV_{max}、LCR 和 LLR 与醛固酮浓度呈正相关(r_s 分别为 0.35、0.47 和 0.36,均 $P < 0.05$),与病灶宽径呈正相关(r_s 分别为 0.43、0.49 和 0.58,均 $P < 0.05$)。另外,在肾上腺病灶宽径 ≤ 1 cm 的患者中,⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT 的诊断 UPA 的灵敏度为 3/4,特异性为 10/10;而对于宽径 > 1 cm 的患者,⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT 的灵敏度和特异性分别为 15/15、4/4。

3.显像结果与预后关系。典型患者显像图见图 2。在接受肾上腺切除术的 20 例患者中,19 例术后达到生化完全治愈,1 例获得生化部分好转。本研究发现单侧以及双侧肾上腺多发病灶共 16 处,其中⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT 诊断阳性病灶 14 处。在手术患者中,16 例同时达到生化以及临床完全治愈的患者的优势侧肾上腺病灶 LCR 和 LLR 明显高于

4 例术后部分好转的患者(LCR: 3.9 ± 2.2 与 1.6 ± 0.3 , $t = 2.00$, $P = 0.041$; LLR: 8.7 ± 4.1 与 4.2 ± 1.3 , $t = 2.06$, $P = 0.045$)。

4. AVS 与 ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 的比较。AVS 和 ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 检查对 27 例患者的侧化识别一致,一致性为 81.8% (27/33)。27 例中 UPA 和 BPA 分别有 14 例和 13 例;4 例患者仅在 PET/CT 中表现侧化,而 AVS 显示假阴性;2 例患者仅在 AVS 中表现侧化,其中 1 例为真阳性,1 例为假阳性。未观察到 PET/CT 和 AVS 检测到相反优势功能侧的情况。

5. 基于 PET/CT 的 PA 诊断及病灶精准定位流程。Shu 等^[23]曾报道 1 例分泌醛固酮的肾上腺皮质癌,在 ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 检查中呈现明显阳性。结合上述文献资料及本研究,本研究组初步设计了基于 PET/CT 的 PA 诊断及病灶精准定位的流程图(图 3)。

讨 论

本研究表明, ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 是一种用于 PA 无创分型的可靠检查手段。在 33 例入组患者中, ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 视觉诊断 UPA 的灵敏度、特异性和准确性分别为 18/19、14/14、97.0% (32/33); 定量指标中, LLR 和 LCR 的分型诊断效能均高于 SUV_{max} , 且功能性肾上腺病灶的 SUV_{max} 绝对值在患者之间差异很大,这可能与个体间 CXCR4 表达水平不同有关。

^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 在不同形态学的肾上腺病灶中表现不同。本研究结果示,当肾上腺病灶宽径 $> 1 \text{ cm}$ 时, ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 分型准确性

更高,这与既往研究发现相符^[4,7,13]。本研究的相关性分析也表明, ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 定量指标与病灶宽径呈正相关(r_s 分别为 0.43、0.49 和 0.58, 均 $P < 0.05$)。本研究 1 例假阴性患者的病灶宽径为 0.8 cm, 推测可能是病变体积过小导致的误判,此外,本研究发现所有显像剂摄取值与患者醛固酮浓度呈正相关($P < 0.05$),提示功能病灶的大小以及部分临床指标可能是 ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 定量参数的影响因素。

本研究显示,在 33 例同时进行 AVS 和 ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 检查的患者中,2 种检查方式的一致性为 81.8% (27/33)。值得注意的是,这 2 种方法都能独立检测出另一方法未能侧化的、可通过单侧肾上腺切除术治愈的 PA 患者。在 20 例手术患者中,同时达到生化以及临床完全治愈的患者的优势侧肾上腺病灶 LCR 和 LLR 高于术后部分好转的患者,因此,笔者考虑 ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 的定量参数可能对预后有预测价值。

临床上,PA 的治疗方案与其分型和病灶的精准定位密切相关。常规分型方法的局限性在一定程度上影响了 PA 的精准诊疗。一般临床检查技术、常规影像学检查以及目前分型诊断的“金标准”AVS 均无法做到对异位醛固酮分泌瘤、肾上腺多发病变功能病灶的精准定位,以及对分泌醛固酮的肾上腺皮质癌的定性诊断与临床分期。而 ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 是目前有希望在 PA 大多数亚型诊断与功能病灶精准定位中发挥作用的检查技术。因此,本团队根据本研究结果与文献资料,初步制订了基于 PET 的功能病灶精准定位的 PA 诊断流程图(图 3)。

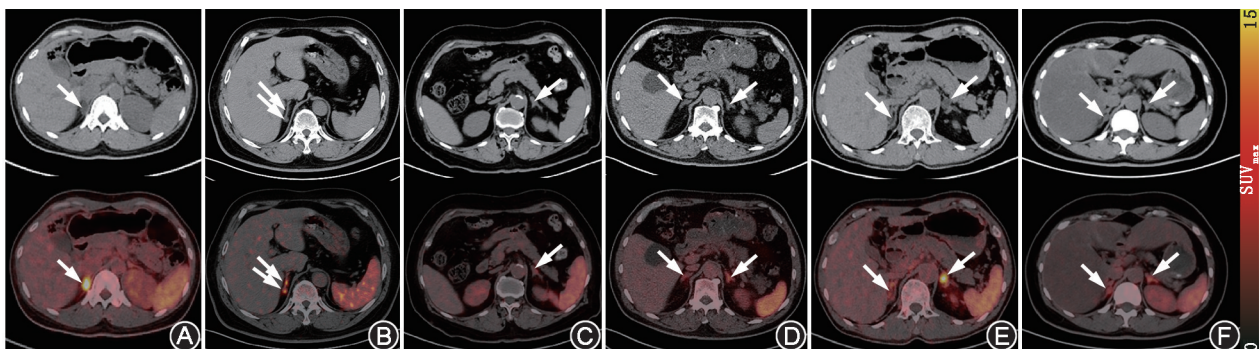


图 2 原发性醛固酮增多症(PA)患者不同影像学特征病灶的 ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 显像图(箭头示病变)。A. 右侧肾上腺内肢单发结节患者,男,57 岁, ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 示右侧肾上腺阳性,术后随访证实单侧 PA(UPA); B. 右侧肾上腺内肢多发结节患者,男,63 岁, ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 示阳性,最终证实为单侧肾上腺皮质增生(UAH); C. 左侧肾上腺结合部增粗患者,男,45 岁, PET/CT 阴性,最终证实双侧 PA(BPA); D. 双侧肾上腺增粗患者,女,60 岁, ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 阴性,最终证实 BPA; E. 双侧肾上腺多发结节患者,女,48 岁, ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 示左侧阳性,最终证实为左侧醛固酮瘤(APA); F. 右侧肾上腺内肢结节、左侧肾上腺增粗患者,男,53 岁, ^{68}Ga -Pentixafor PET/CT 示阴性,最终证实为 BPA

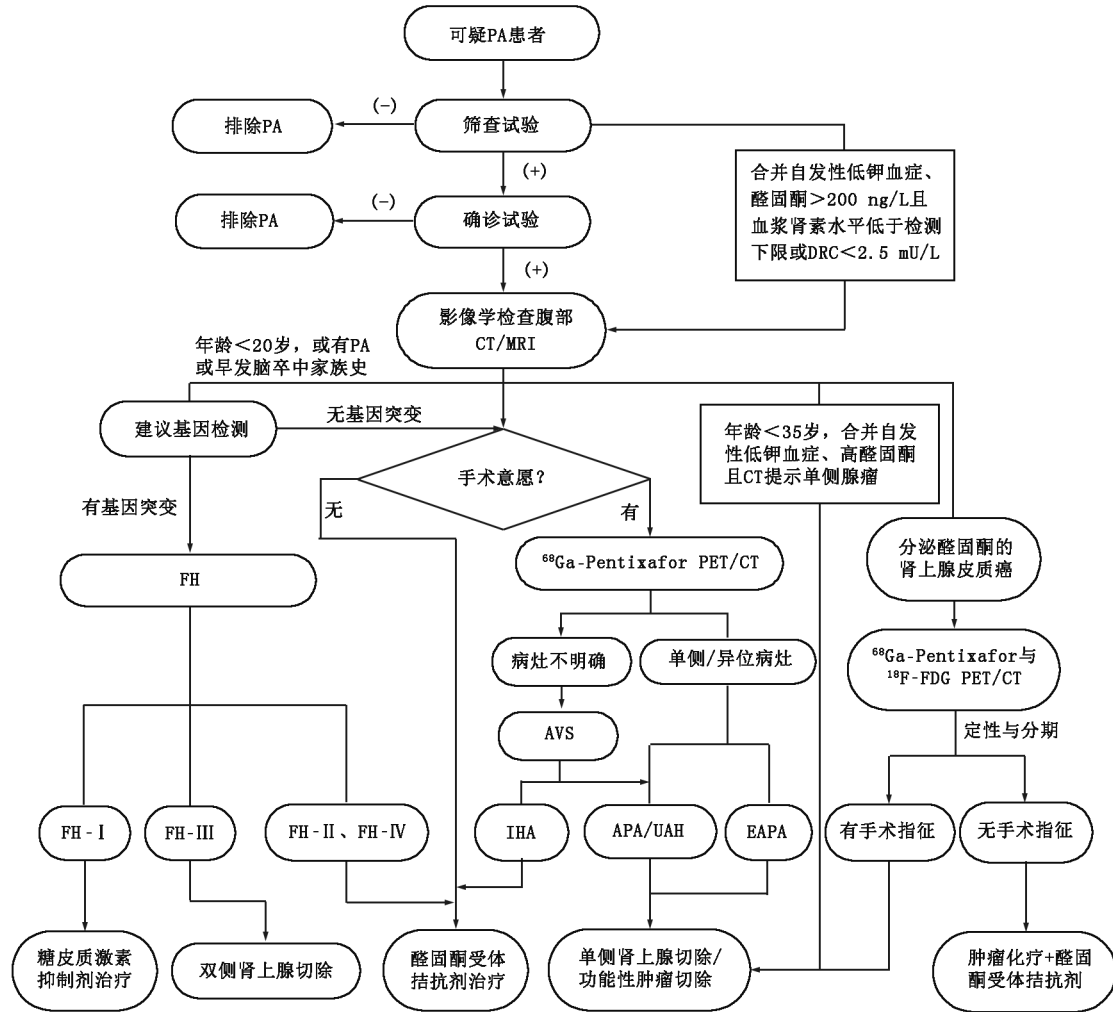


图 3 基于 PET/CT 的原发性醛固酮增多症 (PA) 诊断及病灶精准定位的流程图。DRC 为直接肾素浓度测定, FH 为家族性醛固酮增多症, AVS 为肾上腺静脉取样, IHA 为特发性醛固酮增多症, APA 为醛固酮瘤, UAH 为单侧肾上腺皮质增生, EAPA 为异位醛固酮分泌瘤

本研究仍存在以下不足:首先,作为一项单中心前瞻性研究,受试对象选择方面存在固有偏倚,例如 UPA 占比高于 BPA(症状更严重的患者更有可能被转送到本院是原因之一);其次,样本量较小,未收集到所有 PA 亚型患者;再者,由于对所有患者进行手术是不道德的,无法验证是否存在假阴性结果;最后,由于随访时间不够长,无法跟踪患者最终发生心血管事件的概率,需要在更大和更丰富的样本人群中进行更长时间的随访验证。

综上,本研究表明,⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT 显像是一种无创且可靠的用于 PA 分型和病灶精准定位的检查方法,该方法可以发现 AVS 未检测出的可手术治愈的 PA 患者,且定量分析可能对预后预测有价值。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 尹璇:研究设计与实施、数据整理、论文撰写;马晓伟:研究设计、检查操作、论文修改;董楚宁、周廉博、安荣臣:数据分析和

解释;魏红辉、向馨:统计学分析;张昕璐、向鸿:数据采集;王云华:选题立项、研究指导、论文修改

参 考 文 献

- [1] Turcu AF, Yang J, Vaidya A. Primary aldosteronism—a multidimensional syndrome [J]. Nat Rev Endocrinol, 2022, 18 (11): 665-682. DOI:10.1038/s41574-022-00730-2.
- [2] Reincke M, Bancos I, Mulatero P, et al. Diagnosis and treatment of primary aldosteronism [J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2021, 9 (12): 876-892. DOI:10.1016/S2213-8587(21)00210-2.
- [3] Vaidya A, Carey RM. Evolution of the primary aldosteronism syndrome: updating the approach [J]. J Clin Endocrinol Metab, 2020, 105(12): 3771-3783. DOI:10.1210/clinem/dgaa606.
- [4] Zennaro MC, Boulkroun S, Fernandes-Rosa FL. Pathogenesis and treatment of primary aldosteronism [J]. Nat Rev Endocrinol, 2020, 16(10): 578-589. DOI:10.1038/s41574-020-0382-4.
- [5] Heinze B, Fuss CT, Mulatero P, et al. Targeting CXCR4 (CXC chemokine receptor type 4) for molecular imaging of aldosterone-producing adenoma [J]. Hypertension, 2018, 71 (2): 317-325. DOI:10.1161/HYPERTENSIONAHA.117.09975.
- [6] Ding J, Tong A, Zhang Y, et al. Functional characterization of adrenocortical masses in nononcologic patients using ⁶⁸Ga-Pentixafor

- [J]. J Nucl Med, 2022, 63(3): 368-375. DOI:10.2967/jnumed.121.261964.
- [7] Gao Y, Ding J, Cui Y, et al. Functional nodules in primary aldosteronism; identification of CXCR4 expression with ⁶⁸Ga-pentixafor PET/CT[J]. Eur Radiol, 2023, 33(2): 996-1003. DOI: 10.1007/s00330-022-09058-x.
- [8] Zheng Y, Long T, Peng N, et al. The value of targeting CXCR4 with ⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT for subtyping primary aldosteronism [J]. J Clin Endocrinol Metab, 2023, 109(1): 171-182. DOI:10.1210/clinem/dgad421.
- [9] 郑国洋, 丁洁, 霍力, 等. ⁶⁸Ga-pentixafor PET/CT 在原发性醛固酮增多症外科诊断和预后评估中的应用[J]. 中华泌尿外科杂志, 2022, 43(11): 812-817. DOI: 10.3760/cma.j.cn112330-20220917-00510.
Zheng GY, Ding J, Huo L, et al. Clinical application of ⁶⁸Ga-pentixafor PET/CT in surgical diagnosis and prognosis evaluation of primary aldosteronism and correlation analysis of clinical prognosis [J]. Chin J Urol, 2022, 43(11): 812-817. DOI:10.3760/cma.j.cn112330-20220917-00510.
- [10] 杜志鹏, 杨淑敏, 李启富. 原发性醛固酮增多症的无创分型: 拨云睹日[J]. 中华内科杂志, 2023, 62(3): 237-241. DOI: 10.3760/cma.j.cn112138-20230119-00027.
Du ZP, Yang SM, Li QF, Noninvasive stratification of primary aldosteronism: a glimpse of latest updates [J]. Chin J Intern Med, 2023, 62(3): 237-241. DOI: 10.3760/cma.j.cn112138-20230119-00027.
- [11] 徐丽, 安少辉, 赵宇婷, 等. ⁶⁸Ga-pentixafor 趋化因子受体 4 显像评估急性心肌梗死后炎症反应的研究现状 [J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2024, 44(6): 376-379. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20230112-00006.
Xu L, An SH, Zhao YT, et al. Current status of ⁶⁸Ga-pentixafor imaging targeting chemokine receptor 4 in accessing inflammation after acute myocardial infarction [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2024, 44(6): 376-379. DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20230112-00006.
- [12] Ding J, Li X, Liu S, et al. Clinical value of ⁶⁸Ga-pentixafor PET/CT in subtype diagnosis of primary aldosteronism patients with adrenal micronodules[J]. J Nucl Med, 2024, 65(1): 117-124. DOI: 10.2967/jnumed.123.266061.
- [13] Hu J, Xu T, Shen H, et al. Accuracy of Gallium-68 pentixafor positron emission tomography-computed tomography for subtyping diagnosis of primary aldosteronism[J]. JAMA Netw Open, 2023, 6(2): e2255609. DOI:10.1001/jamanetworkopen.2022.55609.
- [14] Ding J, Zhang Y, Wen J, et al. Imaging CXCR4 expression in patients with suspected primary hyperaldosteronism [J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2020, 47(11): 2656-2665. DOI: 10.1007/s00259-020-04722-0.
- [15] Lee SE, Park SW, Choi MS, et al. Primary aldosteronism subtyping in the setting of partially successful adrenal vein sampling [J]. Ther Adv Endocrinol Metab, 2021, 12: 2042018821989239. DOI: 10.1177/2042018821989239.
- [16] Rossi GP, Rossitto G, Amar L, et al. Clinical outcomes of 1 625 patients with primary aldosteronism subtyped with adrenal vein sampling [J]. Hypertension, 2019, 74(4): 800-808. DOI:10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.13463.
- [17] 中华医学会内分泌学分会肾上腺学组. 原发性醛固酮增多症诊断治疗的专家共识 [J]. 中华内分泌代谢杂志, 2016, 32(3): 188-195. DOI:10.3760/cma.j.issn.1000-6699.2016.03.003.
Chinese Society of Endocrinology Adrenal Group. Expert consensus on the diagnosis and treatment of primary aldosteronism [J]. Chin J Endocrinol Metab, 2016, 32(3): 188-195. DOI:10.3760/cma.j.issn.1000-6699.2016.03.003.
- [18] Funder JW, Carey RM, Mantero F, et al. The management of primary aldosteronism: case detection, diagnosis, and treatment; an Endocrine Society clinical practice guideline [J]. J Clin Endocrinol Metab, 2016, 101(5): 1889-1916. DOI:10.1210/jc.2015-4061.
- [19] Byrd JB, Turcu AF, Auchus RJ. Primary aldosteronism: practical approach to diagnosis and management [J]. Circulation, 2018, 138(8): 823-835. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.118.033597.
- [20] Williams TA, Lenders J, Mulatero P, et al. Outcomes after adrenalectomy for unilateral primary aldosteronism: an international consensus on outcome measures and analysis of remission rates in an international cohort [J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2017, 5(9): 689-699. DOI:10.1016/S2213-8587(17)30135-3.
- [21] Williams TA, Gomez-Sanchez CE, Rainey WE, et al. International histopathology consensus for unilateral primary aldosteronism [J]. J Clin Endocrinol Metab, 2021, 106(1): 42-54. DOI:10.1210/clinem/dgaa484.
- [22] Mete O, Erickson LA, Juhlin CC, et al. Overview of the 2022 WHO classification of adrenal cortical tumors [J]. Endocr Pathol, 2022, 33(1): 155-196. DOI:10.1007/s12022-022-09710-8.
- [23] Shu Q, Deng M, Chen Y, et al. Imaging aldosterone-producing adrenocortical carcinoma with ⁶⁸Ga-Pentixafor PET/CT [J]. Clin Nucl Med, 2022, 47(8): e572-e573. DOI:10.1097/RLU.0000000000004202.
(收稿日期:2024-05-16)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

关于论文写作中的“致谢”

对给予实质性帮助但不符合作者条件的单位或个人应在文后给予致谢。致谢中应说明被致谢者的姓名、单位及其贡献,且需经被致谢者同意后方可刊载。被致谢者包括:(1)对研究提供资助的单位和个人、合作单位;(2)协助完成研究工作和提供便利条件的组织和个人;(3)协助诊断和提出重要建议的人;(4)给予转载和引用权的资料、图片、文献、研究思想和设想的所有者;(5)做出贡献又不能成为作者的人,如提供技术帮助和给予财力、物力支持的人,此时应阐明其支援的性质;(6)其他。不宜将应被致谢人放在作者的位置上,混淆作者和被致谢者的权利和义务。

本刊编辑部