

# 基于 CT 影像的手术决策治疗单侧醛固酮腺瘤疗效研究\*

方晨<sup>1</sup> 戴军<sup>1</sup> 赵菊平<sup>1</sup> 何威<sup>1</sup> 黄欣<sup>1</sup> 汪成合<sup>1</sup> 徐丹枫<sup>1</sup> 孙福康<sup>1</sup>

**[摘要]** 目的:单侧肾上腺病变的原发性醛固酮增多症(primary aldosteronism, PA)可通过肾上腺切除术治愈或改善。目前指南推荐肾上腺静脉采血(adrenal venous sampling, AVS)作为诊断金标准。基于计算机断层扫描(CT)影像的手术决策仅被推荐用于年龄<35岁的单侧腺瘤患者。本研究旨在比较不同年龄组的单侧醛固酮腺瘤患者基于CT或AVS手术的疗效。方法:回顾性分析2018年6月—2021年1月在上海交通大学医学院附属瑞金医院因PA行单侧肾上腺切除术的178例患者的临床资料,根据决定手术的方式,分为CT组(54例)及AVS组(124例)。经过1年的随访,根据原发性醛固酮增多症手术结局(primary aldosteronism surgical outcome, PASO)标准评估术后临床和生化缓解率。结果:CT组与AVS组完全临床缓解率(46.3% vs 47.6%,  $P=0.875$ )和完全生化缓解率(88.8% vs 91.9%,  $P=0.515$ )比较,差异均无统计学意义。结论:这项研究表明,基于CT影像决策的手术可能适用于年龄范围更广的单侧醛固酮腺瘤患者。而对于双侧肾上腺正常或双侧肾上腺病变的PA患者,AVS仍是必需的诊断标准。

**[关键词]** 肾上腺切除;CT影像;肾上腺静脉采血;原发性醛固酮增多症;手术疗效

**DOI:**10.13201/j.issn.1001-1420.2023.09.003

**[中图分类号]** R736.6 **[文献标志码]** A

## Effect of surgical decision based on computed tomography on patients with unilateral aldosterone-producing adenoma

FANG Chen DAI Jun ZHAO Juping HE Wei HUANG Xin WANG Chenghe  
XU Danfeng SUN Fukang

(Department of Urology, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai, 200025, China)

Corresponding author: SUN Fukang, E-mail: sfkang66@163.com

**Abstract Objective:** Primary aldosteronism(PA) with unilateral adrenal disease can be cured or improved by adrenalectomy. Guidelines recommend adrenal venous sampling(AVS) to identify patients for surgical management. Currently, surgeries based on computed tomography(CT) images are only recommended for PA patients aged <35 years with visible unilateral adenoma. We aimed to compare the outcomes between CT-based surgery and AVS-based surgery for PA patients with visible unilateral adenoma among different age groups. **Methods:** A cohort study of 178 PA patients who underwent unilateral adrenalectomy at Ruijin hospital between June 2018 and January 2021 was conducted. Patients were grouped retrospectively according to how surgical decisions were made, CT group(54 cases) and AVS group(124 cases). Clinical and biochemical outcomes were analyzed according to primary aldosteronism surgical outcome(PASO) criteria after 1 year follow-up. **Results:** The complete clinical success(46.3% vs 47.6%,  $P=0.875$ ) and complete biochemical success(88.8% vs 91.9%,  $P=0.515$ ) were similar between CT group and AVS group. **Conclusion:** Surgery based on CT images might be feasible for PA patients with visible unilateral adenoma, while for PA patients with normal adrenal or bilateral adrenal lesions, the right treatment strategy would be obtained by the AVS.

**Key words** adrenalectomy; computed tomography; adrenal vein sampling; primary aldosteronism; surgical outcomes

原发性醛固酮增多症(primary aldosteronism,

PA)是导致继发性高血压的主要原因之一,占高血压人群的5%~15%<sup>[1-2]</sup>。与原发性高血压相比,PA患者心血管相关疾病发病率和死亡率更高<sup>[3]</sup>,早期诊断和精准治疗对于PA的治疗至关重要。双侧肾上腺功能病变主要依赖醛固酮拮抗剂进行

\*基金项目:国家自然科学基金面上项目(No:81972494);上海市卫生健康委员会科研课题(No:202040018)

<sup>1</sup>上海交通大学医学院附属瑞金医院泌尿外科(上海,200025)

通信作者:孙福康, E-mail: sfkang66@163.com

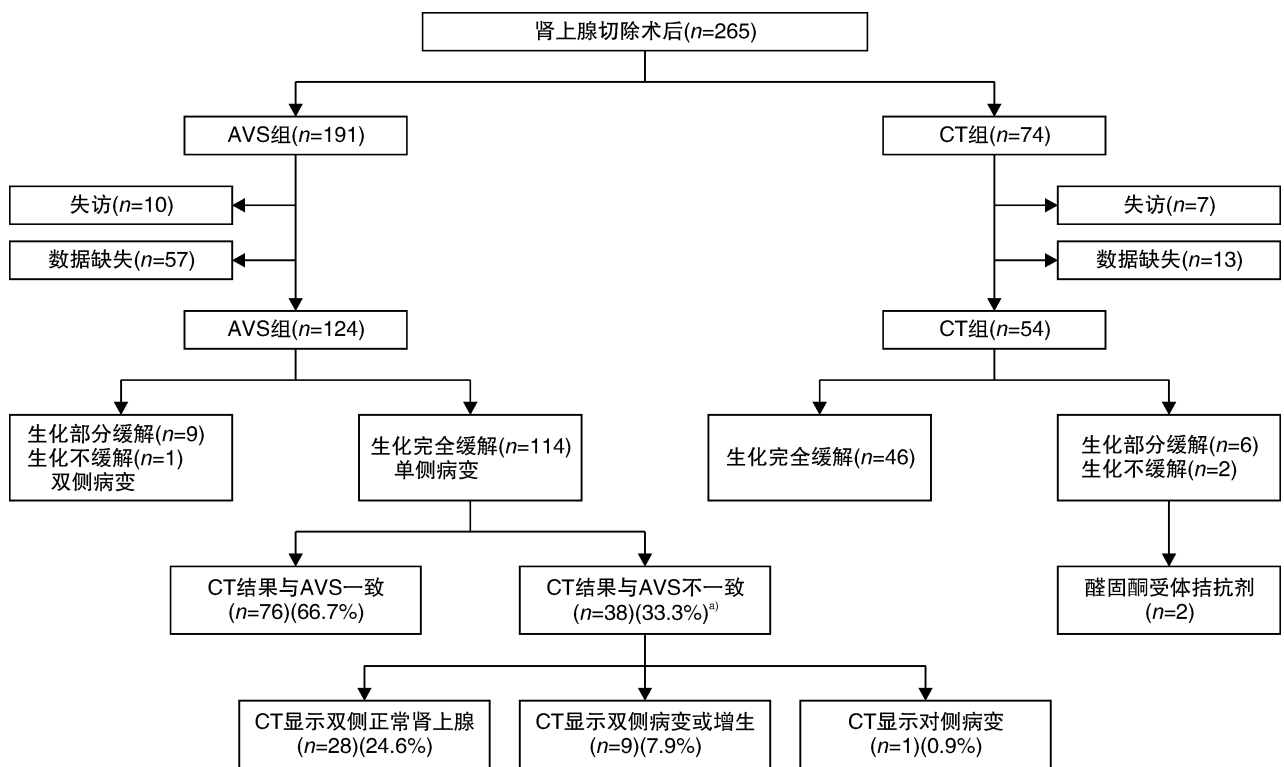
持续药物治疗,而单侧肾上腺优势分泌的醛固酮增多症则能在患侧肾上腺切除术后治愈,因此准确的定位诊断决定了手术预后<sup>[4]</sup>。肾上腺静脉采血(adrenal venous sampling, AVS)是功能性区分单侧或双侧肾上腺病变的主要手段,也是目前PA定位诊断的金标准<sup>[5-6]</sup>。然而,AVS技术也存在成本较高、有侵入性风险、技术要求高等缺点<sup>[7]</sup>,在某些发展中国家或经济发展落后的地区可能难以大范围推广。目前的指南建议,对于年龄<35岁、伴有严重低血钾及高血压的PA患者,如影像学表现为明确的单侧肾上腺病变,可以根据CT影像决策进行手术而无须借助AVS结果<sup>[2,8-9]</sup>。一项随机前瞻性研究报告显示,基于CT结果和基于AVS结果手术的PA患者在术后临床改善结果上无显著差异<sup>[10]</sup>。本研究的目的是评估不同年龄组PA患者的手术效果,根据决定手术的定位诊断方式不同,我们回顾性地将患者分为CT组及AVS组,并用原发性醛固酮增多症手术结局(primary aldoste-

ronism surgical outcome, PASO)标准评估术后的临床和生化缓解率。术后血压恢复正常或降压药物数量减少提示临床缓解,而术后血钾恢复正常和醛固酮/肾素比值(ARR)降低提示生化缓解。其结果按照恢复程度表示为完全缓解、部分缓解和未缓解<sup>[11]</sup>。

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析2018年6月—2021年1月在上海交通大学医学院附属瑞金医院确诊并接受手术的265例PA患者的资料。其中失访17例,因社会性因素资料缺失70例,最终纳入本研究完成1年期完整随访的患者共178例(图1)。所有患者均因持续性高血压或伴有低钾血症住院。所有患者均为静脉盐水负荷试验阳性,明确诊断为PA。本研究纳入的患者均在内科完成诊断,确诊后转至泌尿外科接受手术。所有患者均行腹腔镜单侧肾上腺全切除术,以避免由于肿瘤多灶性导致术后生化复发<sup>[12]</sup>。



<sup>a)</sup> 该部分患者的手术决策取决于 AVS 结果。

图1 患者分类回顾分析

1.2 方法

178例患者术前均完成CT扫描,其中AVS组124例,CT组54例。AVS组尽管完成术前影像,但手术决策完全根据AVS结果作为判断依据。CT组患者基于多种原因未行AVS,主要包括AVS操作失败,CT显示单侧肾上腺腺瘤或年龄较小等。CT组患者均见单侧肾上腺直径大于8mm

低密度占位,球体感明显,而对侧肾上腺影像正常,无增生或腺瘤。AVS组从CT影像分析,包括3种不同情况:单侧肾上腺腺瘤、双侧肾上腺正常或双侧肾上腺占位。在AVS组中,CT结果不决定治疗方案。术后2组病理均提示肾上腺皮质增生或肾上腺皮质腺瘤,未见恶性病变。我们回顾性收集了术后3~12个月的临床及生化资料,包括完整的

血压随访、每日降压药服用剂量(DDD)、血钾浓度、血浆醛固酮浓度、血浆肾素活性(PRA)、ARR,并根据 PASO 标准评估术后患者的临床及生化缓解率。此外,我们还根据不同的年龄段将患者分为亚组,以观察年龄分层是否对 CT 组和 AVS 组的预后产生影响。

基于 CT 影像做出手术决定策略的必须符合以下标准:手术前必须完成生理盐水负荷试验;肾上腺占位性结节在 CT 上可见且直径大于 8 mm;结节呈均匀低密度圆形或椭圆形;对侧肾上腺正常。本研究中,CT 组肾上腺病灶最小直径为 8 mm,最大直径为 28 mm。

本研究纳入 AVS 组的所有患者均成功进行了 AVS 插管,SI 值(肾上腺皮质醇与外周血皮质醇的比值)为 3.0 或更高以确保插管成功。LI 值(优势侧醛固酮/皮质醇与非优势侧醛固酮/皮质醇比值)为 2.0 或更高以确保单侧肾上腺优势分泌。

1.3 统计学方法

本研究应用 IBM SPSS 22.0 软件对数据进行分析。符合正态分布的计量资料以  $\bar{X} \pm S$  表示,组间比较采用 *t* 检验;不符合正态分布的计量资料以 *M*(*Min*,*Max*)表示,组间比较采用 Mann-Whitney

*U* 检验。计数资料以例(%)表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验。建立 logistic 回归方程用以分析可能影响手术效果的因素。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

本研究纳入的 178 例患者中,54 例根据 CT 结果决定手术策略,其余 124 例根据 AVS 结果做出手术决定。依此将病例分成 CT 组和 AVS 组。基线资料显示,CT 组患者平均年龄小于 AVS 组(42 岁 vs 47 岁,  $P = 0.021$ )。CT 组女性比例高于 AVS 组(63.0% vs 46.8%,  $P = 0.034$ ),肾上腺病灶平均直径大于 AVS 组 [(15.8 ± 6.3) mm vs (12.6 ± 4.7) mm,  $P = 0.011$ ]。CT 组术前 eGFR 值低于 AVS 组 [(88.3 ± 17.9) mL/min/1.73 m<sup>2</sup> vs (99.0 ± 17.2) mL/min/1.73 m<sup>2</sup>,  $P = 0.010$ ]。AVS 组患者术前收缩压高于 CT 组 [(163 ± 18) mmHg vs (154 ± 24) mmHg,  $P = 0.050$ ],但 2 组患者舒张压及降压药使用剂量(DDD)差异无统计学意义。2 组患者血浆醛固酮浓度、血浆肾素活性、血钾浓度、术后 ARR 不缓解率等生化指标差异均无统计学意义。见表 1。

表 1 患者基线数据及随访数据 例(%), $\bar{X} \pm S, M(\text{Min}, \text{Max})$

项目	全部(178 例)	手术决策方式		P 值
		CT 组(54 例)	AVS 组(124 例)	
<b>基线数据</b>				
年龄/岁	46 ± 13	42 ± 13	47 ± 12	0.021
性别(女)	92(51.7)	34(63.0)	58(46.8)	0.034
BMI/(kg/m <sup>2</sup> )	24.9 ± 4.3	25.2 ± 4.0	24.8 ± 4.6	0.687
醛固酮浓度/(pg/mL)	357.0(155.0,1 170.0)	331.5(213.0,996.0)	387.5(155.0,1 170.0)	0.614
血浆肾素活性/(ng/mL/h)	0.16(0.01,2.23)	0.13(0.01,1.94)	0.17(0.01,2.23)	0.345
ARR	2 240.1(298.6,6 300.0)	3 156.4(362.4,6 300.0)	2 074.4(298.6,5 850.0)	0.073
血钾浓度/mmol/L	2.71 ± 0.47	2.70 ± 0.49	2.72 ± 0.47	0.819
病灶直径/mm	13.5 ± 5.4	15.8 ± 6.3	12.6 ± 4.7	0.011
eGFR/(mL/min/1.73m <sup>2</sup> )	95.7 ± 18.0	88.3 ± 17.9	99.0 ± 17.2	0.010
收缩压/mmHg	158 ± 19	154 ± 24	163 ± 18	0.050
舒张压/mmHg	94 ± 13	93 ± 12	94 ± 13	0.572
降压药服用剂量(DDD)	3.0(2.0,4.0)	3.0(2.0,5.0)	3.0(2.0,4.0)	0.369
<b>随访数据</b>				
醛固酮浓度/(pg/mL)	87.0(30.0,367.0)	95.5(31.0,367.0)	81.5(30.0,330.0)	0.111
血浆肾素活性/(ng/mL/h)	1.11(0.05,7.90)	0.88(0.05,6.23)	1.23(0.12,7.90)	0.199
ARR > 300	16(9.0)	6(11.1)	10(8.1)	0.632
血钾浓度/(mmol/L)	4.30 ± 0.41	4.37 ± 0.47	4.27 ± 0.38	0.293
收缩压/mmHg	134 ± 13	132 ± 13	134 ± 13	0.099
舒张压/mmHg	94 ± 13	93 ± 12	94 ± 13	0.727
降压药服用剂量(DDD)	1.0(0.0,3.0)	1.0(0.0,3.0)	1.0(0.0,3.0)	0.645

根据 PASO 标准对患者术后的临床和生化结果进行分析,结果以“完全缓解”“部分缓解”或“不缓解”显示。CT 组临床完全缓解率为 46.3%(完全缓解 25 例,部分缓解 27 例,不缓解 2 例),AVS 组临床完全缓解率为 47.6%(完全缓解 59 例,部分缓解 63 例,不缓解 2 例),2 组比较差异无统计学意义( $P=0.875$ )。CT 组生化完全缓解率为 88.9%(完全缓解 48 例,部分缓解 4 例,不缓解 2 例),

AVS 组生化完全缓解率为 91.9%(完全缓解 114 例,部分缓解 9 例,不缓解 1 例),2 组比较差异无统计学意义( $P=0.515$ )。考虑到不缓解的发生率较低,将其与部分缓解患者并组后与完全缓解患者进行对照分析(表 2)。此外,还将患者按年龄分为 4 个亚组( $\leq 35$  岁、 $36\sim 45$  岁、 $46\sim 55$  岁、 $\geq 56$  岁)。在每一组中,我们回顾性分析临床和生化结果,观察到各年龄组间差异无统计学意义(表 3)。

表 2 术后临床及生化缓解 例(%)

指标	全部(178 例)	手术决策方式		P 值
		CT(54 例)	AVS(124 例)	
临床缓解				
完全缓解	84(47.2)	25(46.3)	59(47.6)	0.875
部分缓解	90(50.6)	27(50.0)	63(50.8)	0.921
不缓解	4(2.2)	2(3.7)	2(1.6)	0.388
生化缓解				
完全缓解	162(91.0)	48(88.9)	114(91.9)	0.515
部分缓解	13(7.3)	4(7.4)	9(7.3)	0.972
不缓解	3(1.7)	2(3.7)	1(0.8)	0.169

表 3 不同年龄分层的临床及生化缓解率 例

年龄	临床缓解				生化缓解			
	全部	手术决策方式		P 值	全部	手术决策方式		P 值
		CT 组	AVS 组			CT 组	AVS 组	
$\leq 35$ 岁(46 例)				0.711				0.465
完全缓解	39	14/16	25/30		45	16/16	29/30	
部分+不缓解	7	2/16	5/30		1	0/16	1/30	
$36\sim 45$ 岁(44 例)				0.803				0.836
完全缓解	27	7/12	20/32		40	12/13	28/31	
部分+不缓解	17	5/12	12/32		4	1/13	3/31	
$46\sim 55$ 岁(39 例)				0.695				0.536
完全缓解	8	2/12	6/27		34	9/11	25/28	
部分+不缓解	31	10/12	21/27		5	2/11	3/28	
$\geq 56$ 岁(49 例)				0.506				0.220
完全缓解	10	2/14	8/35		43	11/14	32/35	
部分+不缓解	39	12/14	27/35		6	3/14	3/35	

在随后的多因素分析中,我们纳入了多个可能影响手术效果的因素,包括年龄、术前血钾浓度、BMI、eGFR、性别、病变大小、术后 ARR 缓解率以及手术决策依据(CT 或 AVS)。根据观察,年龄越大、BMI 越高、术后 ARR 不缓解率显著导致术后临床不缓解( $OR=0.949,95\%CI:0.880\sim 0.987$ ;  $OR=0.835,95\%CI:0.739\sim 0.944$ ;  $OR=5.184,95\%CI:1.948\sim 13.799$ )。而生化缓解率则并未显示与某项观察因素有显著相关性。手术基于何种诊断方式(CT 或 AVS)并不独立影响临床缓解率(完全缓解 vs 部分缓解+不缓解; $OR=0.907,$

$95\%CI:0.334\sim 2.469$ )或生化缓解率(完全缓解 vs 部分缓解+不缓解; $OR=0.925,95\%CI:0.297\sim 2.887$ )。其他纳入的观察因素对手术结果无显著影响(表 4)。

最后,为了研究 CT 与 AVS 的不一致性发生率,回顾了 AVS 组的所有 124 例患者。结果显示,1 例发生术后生化不缓解;9 例为生化部分缓解。这可能提示这些患者存在双侧肾上腺功能性病变而基于 AVS 决定的手术仍没有达到理想的完全治愈效果。其余 114 例生化完全缓解的患者中,38 例(33.3%)显示与 CT 判断不一致。其中 CT 显示

双侧肾上腺正常共 28 例(24.6%), 双侧肾上腺占位或肾上腺增生 9 例(7.9%)。1 例(0.9%) 显示对侧肾上腺 8 mm 结节且患侧肾上腺完全正常。这意味着如果该病例根据 CT 结果进行手术, 患者

可能会被切除优势分泌侧的肾上腺。另一方面, 在 CT 组中, 共有 2 例患者术后表现为生化不缓解, 出现持续性低钾血症, 目前服用盐皮质激素受体拮抗剂进行治疗。

表 4 影响手术效果因素分析

变量因素	临床缓解		生化缓解	
	OR(95%CI)	P 值	OR(95%CI)	P 值
年龄	0.949(0.880~0.987)	0.013	1.121(0.901~1.266)	0.302
血钾浓度	0.890(0.695~1.231)	0.129	1.275(0.642~2.372)	0.192
BMI	0.835(0.739~0.944)	0.014	0.955(0.944~0.982)	0.136
eGFR	1.009(0.981~1.038)	0.516	0.965(0.931~1.001)	0.055
性别(女)	1.051(0.434~2.543)	0.913	0.896(0.305~2.348)	0.748
病灶直径	1.040(0.946~1.144)	0.146	1.073(0.976~1.180)	0.415
术后 ARR 不缓解(参考:未发现)	5.184(1.948~13.799)	0.001	NA	NA
手术决策方式(参考:CT 影像)	0.907(0.334~2.467)	0.849	0.925(0.297~2.887)	0.894

### 3 讨论

在本研究中, 比较了 CT 及 AVS 单独作为 PA 的定位诊断依据, 其指导手术结果的差异性。在为期 1 年的随访中, 发现 2 组患者的术后临床缓解率及生化缓解率接近, 差异无统计学意义。根据 PA-SO 评分标准, 生化完全缓解率为 91.0% 而临床完全缓解率为 47.2%, 这与其他文献报道的手术缓解率<sup>[11,13]</sup> 相差不多。

AVS 目前是 PA 定位诊断的金标准<sup>[5,14]</sup>。内分泌学会指南建议对所有 PA 患者进行 AVS 检查以确定哪些患者可以从手术中获益<sup>[2]</sup>。然而也有文献认为 CT 影像诊断醛固酮腺瘤也有相当高的准确性, AVS 亦有其限制性<sup>[10,15-16]</sup>。在 SPARTACUS 研究中, 基于 CT 和基于 AVS 决策的治疗在临床结果上差异无统计学意义<sup>[10]</sup>。在一些其他研究中, 同样有报道, 基于两者结果进行手术的患者在生化反应和临床缓解方面差异无统计学意义<sup>[15-16]</sup>。另一方面, 并非所有经 AVS 诊断为单侧肾上腺醛固酮高分泌的患者在肾上腺切除术后都能达到完全的生化缓解<sup>[11,17]</sup>。本研究也得到了相似的结论。

目前的指南提出, 对于 <35 岁、严重的醛固酮增多症、低血钾的患者, 可以基于 CT 影像的特征性改变, 判断肾上腺切除术的部位而无须行 AVS<sup>[2]</sup>。然而, 该项证据仅来自于一份文献报道<sup>[8]</sup>。譬如有其他研究报道, 40 岁或 45 岁以下的患者便可无须借助 AVS 结果进行手术<sup>[9]</sup>。在本研究中, 患者被分为不同的年龄亚组, 观察年龄对疗效的影响。尽管在各个亚组中差异均无统计学意义, 但对于 55 岁以上的患者, CT 组似乎呈现出较低的生化缓解率。然而本研究的样本量经再次分

组后过小, 证据力度不足, 希望后续能完成更大样本量的研究。

AVS 的重要性是毋庸置疑的, 我们的结果并不是质疑 AVS 的必要性, 特别是影像学提示双侧肾上腺病变患者, 术前完善 AVS 定位是必需的步骤。在 114 例达成生化缓解的 AVS 组患者中, 38 例(33.3%) 患者的 CT 结果与 AVS 提示的优势侧不一致。然而, 其中绝大部分(37/38) CT 显示为双侧肾上腺正常或双侧病变, 只有 1 例患者显示与 AVS 完全相反的结果, 理论上避免了错误的肾上腺切除。实际上, 在大多数情况下, 当术前的 CT 影像提示为双侧肾上腺正常或双侧异常的情况下, 不应该采用 CT 作为单一定位诊断依据, 而必须进一步完善 AVS 检查。当 AVS 结果与 CT 图像不一致时, 应根据 AVS 结果选择优势分泌侧肾上腺进行手术。

本研究存在一定的局限性。其一为回顾性研究设计; 其二, 所有病例术前均行 CT 检查。虽然 AVS 组仅根据 AVS 结果做出手术决定, 但仍应考虑选择性偏倚因素的存在; 其三, 基线数据方面, CT 组与 AVS 组在年龄、术前血压、eGFR 方面差异有统计学意义, 可能对结果产生潜在影响。

综上所述, 本次研究结果提示, 对于具有 CT 影像特征性改变的 55 岁以下单侧肾上腺醛固酮腺瘤患者, 基于实验室定性和 CT 影像定位诊断明确后的肾上腺切除手术是可行和安全的。而对于 CT 显示肾上腺正常或双侧肾上腺病变的 PA 患者, AVS 在定位诊断中的作用是不可替代的。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

### 参考文献

[1] Rossi GP. Primary Aldosteronism: JACC State-of-the-Art Review [J]. J Am Coll Cardiol, 2019, 74 (22):

- 2799-2811.
- [2] 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.
- [3] Monticone S, D'Ascenzo F, Moretti C, et al. Cardiovascular events and target organ damage in primary aldosteronism compared with essential hypertension: a systematic review and meta-analysis[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2018, 6(1):41-50.
- [4] Velema M, Dekkers T, Hermus A, et al. Quality of Life in Primary Aldosteronism: A Comparative Effectiveness Study of Adrenalectomy and Medical Treatment[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2018, 103(1):16-24.
- [5] Rossi GP, Auchus RJ, Brown M, et al. An expert consensus statement on use of adrenal vein sampling for the subtyping of primary aldosteronism[J]. *Hypertension*, 2014, 63(1):151-160.
- [6] Reincke M, Bancos I, Mulatero P, et al. Diagnosis and treatment of primary aldosteronism[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2021, 9(12):876-892.
- [7] Deinum J, Prejbisz A, Lenders J, et al. Adrenal Vein Sampling Is the Preferred Method to Select Patients With Primary Aldosteronism for Adrenalectomy: Con Side of the Argument[J]. *Hypertension*, 2018, 71(1):10-14.
- [8] Lim V, Guo Q, Grant CS, et al. Accuracy of adrenal imaging and adrenal venous sampling in predicting surgical cure of primary aldosteronism[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2014, 99(8):2712-2719.
- [9] Rossi GP, Crimi F, Rossitto G, et al. Feasibility of Imaging-Guided Adrenalectomy in Young Patients With Primary Aldosteronism[J]. *Hypertension*, 2022, 79(1):187-195.
- [10] Dekkers T, Prejbisz A, Kool L, et al. Adrenal vein sampling versus CT scan to determine treatment in primary aldosteronism: an outcome-based randomised diagnostic trial[J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2016, 4(9):739-746.
- [11] 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.
- [12] Dekkers T, ter Meer M, Lenders JW, et al. Adrenal nodularity and somatic mutations in primary aldosteronism: one node is the culprit? [J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2014, 99(7):E1341-E1351.
- [13] Vorselaars W, Nell S, Postma EL, et al. Clinical Outcomes After Unilateral Adrenalectomy for Primary Aldosteronism [J]. *JAMA Surg*, 2019, 154(4):e185842.
- [14] Monticone S, Viola A, Rossato D, et al. Adrenal vein sampling in primary aldosteronism: towards a standardised protocol [J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2015, 3(4):296-303.
- [15] Ma D, Liu X, Zeng L, et al. The role of adrenal venous sampling and computed tomography in the management of primary aldosteronism [J]. *J Hypertens*, 2021, 39(2):310-317.
- [16] Araujo-Castro M, Paja Fano M, González Boillos M, et al. Adrenal venous sampling in primary aldosteronism: Experience of a Spanish multicentric study (Results from the SPAIN-ALDO Register) [J]. *Endocrine*, 2022, 78(2):363-372.
- [17] Williams TA, Burrello J, Sechi LA, et al. Computed Tomography and Adrenal Venous Sampling in the Diagnosis of Unilateral Primary Aldosteronism[J]. *Hypertension*, 2018, 72(3):641-649.

(收稿日期:2023-06-07)