

高帅, 赵腾, 顾华, 等. 4D-DECT 对甲状旁腺腺瘤的诊断价值[J]. CT 理论与应用研究, 2021, 30(2): 244-252. DOI:10.15953/j.1004-4140.2021.30.02.12.
GAO S, ZHAO T, GU H, et al. The value of four-dimensional dual energy CT on diagnosis of parathyroid adenoma[J]. CT Theory and Applications, 2021, 30(2): 244-252. DOI:10.15953/j.1004-4140.2021.30.02.12. (in Chinese).

4D-DECT 对甲状旁腺腺瘤的诊断价值

高帅^a, 赵腾^b, 顾华^a, 蒋涛^a, 李晖^a, 李新月^a, 魏伯俊^b✉

(首都医科大学附属北京朝阳医院 a) 放射科; b) 甲状腺颈部外科, 北京 100020)

摘要: 目的: 探讨甲状旁腺腺瘤(PA)的4D-DECT影像特征及物质成分信息, 评价其定位及定性诊断价值。资料和方法: 回顾性分析经手术及病理证实的53例PA患者的临床资料及4D-DECT影像资料, 逐一观察并记录CT征象, 分别对病变与邻近组织的CT衰减值(HU)、碘浓度、Rho、Z值及DEI进行测定及比较分析。结果: 53例患者中, 52例(98.11%)为单发病灶, 1例(1.89%)为多发病灶, 共计病灶54枚, 其中32枚(59.26%)位于气管-食管旁沟, 10枚(18.52%)为异位腺瘤, 22枚(40.74%)可见“短线征”, 14枚(25.93%)可见“极血管征”; 动脉期(90kV)图像PA与甲状腺CT值无明显差异, 平扫、动脉期(混合0.5、150kV)及静脉期(90kV、混合0.5、150kV)图像中PA、甲状腺及淋巴结CT值均有差异。动脉期及静脉期淋巴结的碘浓度、Z值及DEI明显低于PA及甲状腺, 静脉期PA的碘浓度、Z值及DEI明显低于甲状腺; 动脉期及静脉期甲状腺Rho明显高于PA, 动脉期PA的Rho明显高于淋巴结。结论: 4D-DECT可较好地显示PA的影像学特征, 还可以提供病变的碘浓度等多种物质成分信息, 有助于提高PA的诊断准确性。

关键词: 甲状旁腺腺瘤; 计算机断层扫描; 4D-CT; 双能量CT

DOI:10.15953/j.1004-4140.2021.30.02.12 中图分类号: R 814.42 文献标志码: A

原发性甲状旁腺功能亢进症(primary hyperparathyroidism, PHP)是甲状旁腺激素(parathyroid hormone, PTH)分泌过多导致高钙血症的疾病, PHP影响0.1%~2%的成年人, 女性多见(男:女≈1:3)^[1], 患者可反复出现肾结石、骨质疏松、高血压、消化性溃疡、精神状态改变和疲劳等症状^[2]。PHP最常见的病因是孤立性腺瘤(75%~85%), 但也可能由腺体增生、多发性腺瘤和甲状旁腺癌引起^[1-3]。手术切除功能亢进的组织是临床上治疗PHP的主要方法^[4]。近年来, 由于术中PTH测量的应用, 以及术前定位影像学方法的不断革新, 从而使甲状旁腺腺瘤(parathyroid adenoma, PA)定位更加准确。

4D-CT(four-dimensional computed tomography)定位PA时具有很高的准确性(约87%), 4D-CT的前3个“维度”是多平面CT, 即轴位采集, 以及冠状位和矢状位重组, 第4个“维度”是对比剂灌注随时间变化的维度, 依赖4D-CT提供的高空间分辨力和灌注特征信息可以更好地识别和定位病变^[2, 5-8]。双能量CT(dual energy computed tomography, DECT)是一种先进的CT技术, 它能在不同的X射线能量下对组织成分及其含量进行评估, 不仅保留了传统CT的优点, 还具有超越传统CT的潜能^[9-10]。

目前, 利用4D-DECT(four-dimensional dual energy computed tomography)对PA诊断及定位的研究仅有少数病例报道^[11-13]。因此, 我们回顾性分析了PA、甲状腺和淋巴结的强

化特点, 并分析了碘浓度及其他多种物质成分信息, 旨在提高 4D-DECT 对 PA 的诊断水平。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究回顾 2018 年 7 月至 2020 年 4 月在我院进行手术治疗, 并且术前进行 4D-DECT 检查的 PA 患者共 53 例。根据组织病理学和术后血清甲状旁腺激素水平下降超过 50% 的综合分析, 判断外科手术成功识别并切除 PA。

53 例 PA 患者, 男性 19 例 (35.85%), 女性 34 例 (64.15%), 平均年龄 49.5 岁 (13~83 岁), PA 临床表现多样 (表 1), 最常见的临床表现为无症状的高钙血症。术前血钙浓度中位数 (范围) 和平均值分别为 2.62 mmol/L (范围 2.29~3.59) 和 2.65 mmol/L。术前 PTH 中位数 (范围) 和平均值分别为 143.4 pg/mL (范围 43.4~1967.5) 和 225.3 pg/mL。

表 1 PA 患者的主要临床特征
Table 1 Main clinical characteristics of patients with PA

临床表现	例数(比例/%)
无症状的高钙血症	19 (35.85)
超声体检发现甲状旁腺区结节或肿块	18 (33.96)
骨痛或关节痛	17 (32.08)
肾结石	6 (11.32)
咽部异物感	1 (1.89)

1.2 CT 检查技术

所有患者均采用西门子 Somatom-Force 扫描仪进行扫描, 分 3 期进行, 平扫、动脉期和静脉期。将患者置于仰卧位, 扫描范围为颅底至主动脉弓下缘。平扫采用单能量模式 (球管旋转时间 1 s, 螺距 0.8), 管电压采用 CareDose 4D 结合 Care kV 技术 (管电压约 80~110 kV, 大部分为 90 kV), 增强扫描采用双能量模式 (管电压 90 kV/Sn150 kV, 球管旋转时间 0.5 s, 螺距 0.7), 当胸降主动脉 CT 衰减 (单位 Hounsfield units, HU) 超过阈值 100 HU (约 5 s) 时触发动脉期扫描, 约在注射对比剂后 24 s 开始, 13 s 完成动脉期扫描, 注射对比剂后 65 s 开始静脉期扫描。对比剂 (碘普罗胺, 拜耳) 的浓度为 300 mg/mL, 注射速率 2.5 mL/s。

平扫图像分别用 0.75 mm 和 3 mm 两种不同的层厚重建, 动脉期和静脉期图像分别用两种不同的层厚重建。①层厚 1 mm 用于定量分析; ②层厚 3 mm 用于视觉评估。对动脉期和静脉期两种不同层厚 (1 mm 和 3 mm) 的图像进行权重系数 0.5 的双能量成分重建, 即混合 0.5 图像 (相当于 120 kV 图像)。对平扫及增强图像进行多平面重组, 这些图像随后被传送到图像存档和通信系统 (PACS) 并用于临床评估。

1.3 图像分析

所有的 CT 报告和影像都由两位经验丰富的放射科医生进行回顾性分析。我们记录了每个病例腺瘤的数量、位置、大小、形态及特殊征象, 应用 Syngo.Via (Siemens Healthcare, VersioVB20A_HF91) 进行定量图像分析, 图像分析首先加载到双能量模块中, 然后加载到虚拟平扫模块、Rho/Z 模块。我们勾画感兴趣区 (ROI) 分析动脉期及静脉期的 PA、甲状腺和淋巴结。对于同一患者每种结构, 使用相同大小的 ROI。

评估具有正常影像表现的甲状腺和淋巴结时, 尽可能选择最近的淋巴结 (VI 区或 IV 区), 如果邻近淋巴结无法分析, 则选择 I 区或 II 区淋巴结进行分析, 如果淋巴结短径大于

1.0 cm, 边缘不规则或内部密度不均匀应排除。测量动脉期和静脉期 90 kV、150 kV 和混合 0.5 图像的 PA、甲状腺和淋巴结, 对每种结构记录 CT 值、碘浓度、电子密度 (Rho)、原子序数 (Z) 和双能量指数 (DEI)。对于 Rho 的计算, 因为 Syngo.Via 应用程序只提供 Rho HU, 为了确定真实的电子密度, Rho HU 必须除以 1000, 然后加 1, 然后将该值乘以水的密度 (3.35×10^{-23}), 以便与水的密度进行标准化。

1.4 辐射剂量

有效剂量的计算方法是将总剂量长度乘积 (dose length product, DLP) 分为两部分, 因为考虑到器官的 *K* 因子不同, 因此一部分乘以 0.0059 (颈部), 另一部分乘以 0.014 (胸部), 两部分之和代表检查的总有效剂量。

1.5 统计分析

统计分析使用 SPSS 20.0 进行, 符合正态分布的计量资料采用均数 \pm 标准差表示。对 PA、甲状腺及淋巴结之间的 CT 值、碘浓度、Rho、Z 值及 DEI 的差异应用单因素方差分析, 如果方差齐, 则使用 Bonferroni 事后检验分析, 如果方差不齐, 则使用 Tamhance T2 事后检验分析。 $P < 0.05$ 被认为差异有统计学意义。

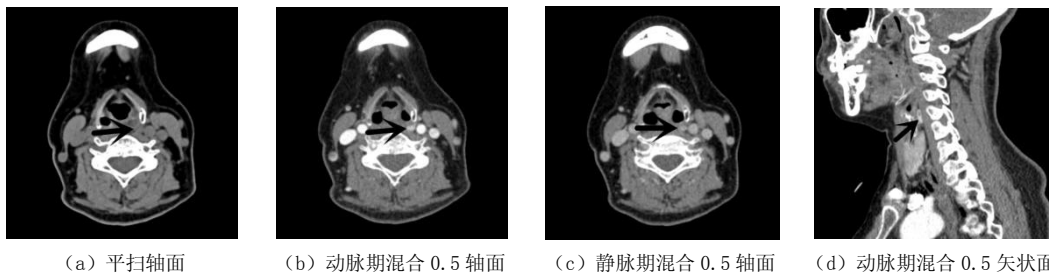


图 1 左侧咽后异位甲状旁腺腺瘤 (黑箭), 椭圆形, 边界清晰, 增强扫描可见低密度囊变区

Fig.1 Left retropharyngeal ectopic parathyroid adenoma (black arrow), with ovoid shape and well-defined. Contrast enhanced images showed low density cystic area

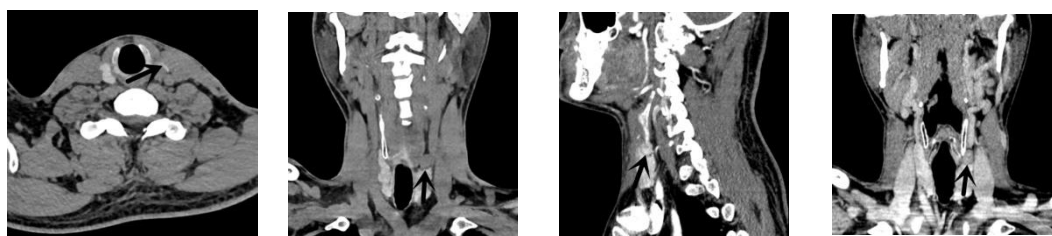
2 结果

2.1 病变数量、位置、大小、形态及特殊 CT 征象

53 例患者中, 52 例 (98.11%) 为单发病灶, 1 例 (1.89%) 为多发病灶, 共计病灶 54 枚, 其中 32 枚 (59.26%) 位于气管-食管旁沟。18 枚 (33.33%) 位于甲状腺上象限背侧, 其中 16 枚位于气管-食管旁沟; 其中 18 枚 (33.33%) 位于甲状腺下象限背侧, 15 枚位于气管-食管旁沟; 8 枚 (14.81%) 位于下极下方, 其中 1 枚位于气管-食管旁沟; 10 枚 (18.52%) 为异位腺瘤, 其中 5 枚异位于甲状腺内, 4 枚异位于上纵隔内, 1 枚异位于左侧咽后 (图 1)。

病变大小的范围为 $0.6 \text{ cm} \times 0.4 \text{ cm} \times 0.5 \text{ cm} \sim 3.6 \text{ cm} \times 2.4 \text{ cm} \times 3.7 \text{ cm}$ 。18 枚 (33.33%) 呈类圆形, 33 枚 (61.11%) 呈椭圆形, 2 枚 (3.70%) 呈管状, 1 枚 (1.85%) 呈不规则形。51 枚 (94.44%) 边界清晰, 3 枚 (5.56%) 与邻近甲状腺组织分界不清。41 枚 (75.93%) 密度均匀; 13 枚 (24.07%) 密度不均匀, 其中 6 枚伴囊变, 2 枚伴钙化。22 枚 (40.74%)

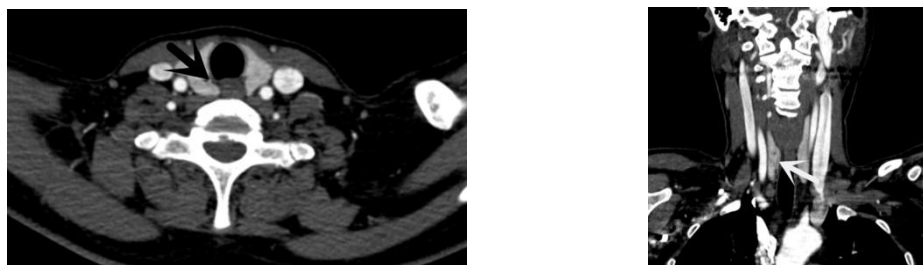
可见“短线征”(图 2), 即腺瘤与正常甲状腺组织之间的低密度短线影。14 枚 (25.93%) 可见“极血管征”(图 3), 即增强扫描后病灶周围可见细小动脉血管进入病灶。



(a) 平扫轴面 (b) 平扫冠状面 (c) 动脉期混合 0.5 矢状面 (d) 静脉期混合 0.5 冠状面

图 2 左侧甲状旁腺腺瘤, 病变位于甲状腺左叶上象限背侧, 形态规则, 边界清晰, 可见“短线征”(黑箭)

Fig.2 The left side parathyroid adenoma, the lesion is located on the dorsal side of the upper quadrant of the left thyroid lobe, the shape is regular, the boundary is clear, and the "short-line sign" is visible (black arrow)



(a) 动脉期混合 0.5 轴面

(b) 动脉期混合 0.5 冠状面

图 3 右侧甲状旁腺腺瘤, 增强扫描动脉期均匀强化, 并可见“极血管征”(a) 黑箭; (b) 白箭)

Fig.3 The right side parathyroid adenoma, Arterial phase image show uniform enhancement, and the "polar vessel sign" is visible((a) black arrow; (b) white arrow)

2.2 平扫、动脉期及静脉期图像中 PA、甲状腺及淋巴结的 CT 值比较

动脉期 (90 kV) 图像中 PA 与甲状腺之间 CT 值差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 平扫、动脉期 (混合 0.5、150 kV) 及静脉期 (90 kV、150 kV 及混合 0.5) 图像中 PA、甲状腺及淋巴结之间的 CT 值差异存在统计学意义 ($P < 0.05$) (表 2)。

2.3 动脉期和静脉期的碘浓度

动脉期 PA 和甲状腺的碘浓度差异无统计学意义 ($P = 1.000$), 淋巴结的碘浓度明显低于 PA 和甲状腺 ($P = 0.000$), 静脉期甲状腺的碘浓度明显高于 PA ($P = 0.002$), PA 的碘浓度明显高于淋巴结 ($P = 0.000$)。PA 的碘浓度分别为 (4.64 ± 1.80) mg/mL (动脉期) 和 (2.61 ± 0.92) mg/mL (静脉期), 甲状腺分别为 (4.66 ± 1.13) mg/mL (动脉期) 和 (3.14 ± 0.75) mg/mL (静脉期), 淋巴结分别为 (1.25 ± 0.62) mg/mL (动脉期) 和 (1.49 ± 0.66) mg/mL (静脉期) (图 4)。

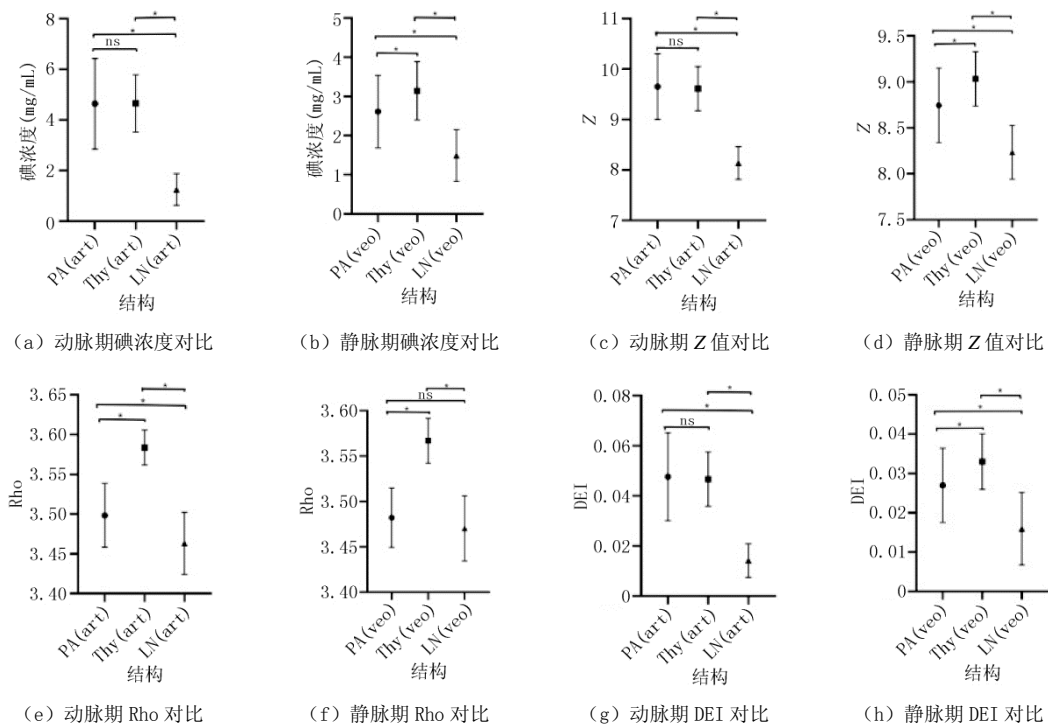
2.4 动脉期和静脉期的原子序数

动脉期 PA 和甲状腺的 Z 值差异无统计学意义 ($P = 0.974$), 淋巴结的 Z 值明显低于 PA

和甲状腺 ($P=0.000$), 静脉期甲状腺的 Z 值明显高于 PA ($P=0.000$), PA 的 Z 值明显高于淋巴结 ($P=0.000$)。PA 的 Z 值为 9.65 ± 0.65 (动脉期) 和 8.74 ± 0.41 (静脉期); 甲状腺相应值分别为 9.61 ± 0.44 (动脉期) 和 9.03 ± 0.30 (静脉期); 淋巴结相应值分别为 8.14 ± 0.32 (动脉期) 和 8.23 ± 0.29 (静脉期) (图 4)。

表 2 PA、甲状腺及淋巴结在平扫、动脉期及静脉期的 CT 值及比较分析
Table 2 The CT values and comparative analysis of PA, thyroid and lymph nodes in pre-contrast, arterial phase and venous phase

扫描时相与参数	PA/HU	甲状腺/HU	淋巴结/HU	PAvs 甲状腺	PAvs 淋巴结	甲状腺 vs 淋巴结
平扫	52.5 ± 15.6	120.6 ± 20.3	45.9 ± 9.7	0.000	0.039	0.000
动脉期 90 kV	201.5 ± 60.5	224.9 ± 37.3	75.8 ± 21.5	0.052	0.000	0.000
动脉期混合 0.5	147.2 ± 40.0	170.2 ± 24.6	61.3 ± 15.5	0.002	0.000	0.000
动脉期 150 kV	92.3 ± 21.2	115.1 ± 12.9	46.3 ± 12.2	0.000	0.000	0.000
静脉期 90 kV	123.9 ± 27.4	170.3 ± 23.6	83.0 ± 19.4	0.000	0.000	0.000
静脉期混合 0.5	93.8 ± 18.3	132.1 ± 14.6	66.2 ± 14.6	0.000	0.000	0.000
静脉期 150 kV	63.5 ± 11.5	95.9 ± 8.5	48.9 ± 12.6	0.000	0.000	0.000



注: 所示数值为平均值 \pm 标准差, 多重比较采用单因素方差分析; *代表 $P < 0.05$; ns, 代表差异无统计学意义。

图 4 比较动脉期及静脉期甲状旁腺腺瘤 (PA)、甲状腺 (Thy) 及淋巴结 (LN) 的碘浓度、 Z 值、 Rho 及 DEI

Fig. 4 The iodine concentration, Z value, Rho and DEI of parathyroid adenoma (PA), thyroid gland (Thy) and lymph node (LN) in arterial phase and venous phase were compared

2.5 动脉期和静脉期的电子密度

动脉期甲状腺的 Rho 明显高于 PA ($P=0.000$), PA 的 Rho 明显高于淋巴结 ($P=0.000$), 静脉期甲状腺的 Rho 明显高于 PA ($P=0.000$), 但 PA 和淋巴结之间差异无统计学意义 ($P=0.222$)。PA 的 Rho 值为 $(3.50 \pm 0.04) \times 10^{-23}$ (动脉期), $(3.48 \pm 0.03) \times 10^{-23}$ (静脉期); 甲状腺相应值分别为 $(3.58 \pm 0.02) \times 10^{-23}$ (动脉期) 和 $(3.57 \pm 0.02) \times 10^{-23}$ (静脉期); 淋巴结相应值分别为 $(3.46 \pm 0.04) \times 10^{-23}$ (动脉期) 和 $(3.47 \pm 0.04) \times 10^{-23}$ (静脉期) (图 4)。

2.6 动脉期和静脉期的双能指数

动脉期 PA 与甲状腺的 DEI 差异无统计学意义 ($P=0.981$), 淋巴结的 DEI 明显低于 PA 和甲状腺 ($P=0.000$), 静脉期甲状腺的 DEI 明显高于 PA ($P=0.001$), PA 的 DEI 明显高于淋巴结 ($P=0.000$)。PA 的 DEI 值为 0.048 ± 0.018 (动脉期) 和 0.027 ± 0.009 (静脉期); 甲状腺相应值分别为 0.047 ± 0.11 (动脉期) 和 0.033 ± 0.007 (静脉期); 淋巴结相应值分别为 0.014 ± 0.007 (动脉期) 和 0.016 ± 0.009 (静脉期)。(图 4)。

3 讨论

PA 分泌过多的 PTH 会引起人体全身的钙、磷代谢发生紊乱, 使血清中血钙高、血磷降低, 碱性磷酸酶也可升高, 常常造成泌尿系结石、骨骼病变, 有时成为首发症状^[14-15], 本组一部分病例是以骨关节症状或反复的泌尿系结石为首发症状, 与既往研究相符, 但大部分病例首发临床表现是体检发现无症状高钙血症, 或体检超声发现甲状旁腺区结节或肿块, 部分病例同时在体检中发现两种异常临床表现, 从而说明该病具有一定的隐匿性。

4D-CT 定位和识别 PA 主要是在常见解剖位置寻找腺瘤以及积极寻找异位腺瘤, 并且依赖甲状旁腺腺瘤的形态特征及与邻近结构 (如甲状腺和淋巴结) 在灌注特征上的差异对 PA 进行识别^[2, 16-17], 4D-DECT 可以提供传统 4D-CT 对病变的形态及灌注特征分析。90% 的 PA 位于颈部甲状旁腺区, 且下对甲状旁腺好发, 单发多见, 病变多位于气管-食管旁沟内^[17-19]; 病变较大时, 病变可形态不规则, 密度及强化不均匀, 并可见囊变或坏死区。本组病变的发生、分布、形态及强化特征与既往研究结果类似^[14, 16, 19-20]。

既往有文献报道“短线征”及“极血管征”, “短线征”即病变与邻近甲状腺之间有平直的线样低密度影, 增强扫描后变化不明显, 可能与 PA 有完整包膜的病理特点有关, 发生率约 51.6%^[21], 此征象有助于区分甲状腺内病变和 PA, 本组病例中 22 枚 (40.74%) 可见“短线征”, 发生率较既往报道稍低; “极血管征”即增强扫描后病灶周围可见细小动脉血管进入病灶, 有助于 PA 与淋巴结的鉴别, 发生率约 63%^[22], 本组病例中 14 枚 (25.93%) 可见“极血管征”, 发生率较既往报道低。异位 PA 有 10% 左右, 主要发生于甲状腺内、前上纵隔或胸骨后^[16], 容易漏诊或误诊, 本研究中 10 枚 (18.52%) 为异位 PA, 异位率略高于既往报道。当临床症状及实验室检查提示可能存在 PA 时, 如常见部位不能发现病变, 应增大扫描范围及寻找范围, 积极寻找异位 PA。

既往研究结果显示平扫时 PA 的 CT 值通常与淋巴结相似, 但低于甲状腺的 CT 值, 增强后 PA 强化方式通常是动脉期明显强化, 但强化程度低于甲状腺, 高于淋巴结, 静脉期 PA 及甲状腺强化程度均下降, 淋巴结强化程度轻度升高, 但 PA 强化程度仍高于淋巴结, 低于

甲状腺^[11,23]。本研究动脉期及静脉期强化方式与既往研究结果相似,但平扫时 PA 的 CT 值略高于淋巴结,明显低于甲状腺,与既往研究 PA 的 CT 值与淋巴结相似略有不同。由于临床诊断及研究主要以视觉判断为基础,不同组织之间 CT 值的差异越大,对诊断的优势越大,我们发现动脉期 90 kV 图像中 PA 与甲状腺的 CT 值范围相近,当 PA 与甲状腺分界不清或 PA 异位于甲状腺内时,此时可能不利于 PA 与甲状腺的鉴别。既往研究提及在 120 kV 下非增强扫描对 PA 及淋巴结鉴别能力较差^[11],非增强扫描我们使用 CareDose 4D 联合 Care kV 技术,管电压接近 90 kV,从而避免了之前文献提出的缺点。

我们的研究发现碘浓度、Rho、Z 值及 DEI 在增强扫描不同时相不同组织之间存在差异,也许可以提供一些额外的鉴别诊断信息。我们发现动脉期 PA 与甲状腺的碘浓度、Z 值差异不大,但均明显高于淋巴结,静脉期 PA 的碘浓度及 Z 值低于甲状腺,但高于淋巴结,此结果与 Forghani 等^[12]的研究结果相似,但静脉期 Z 值的结果与 Woisetschläger 等^[11]的结果不同,他们的结果是静脉期 PA 的 Z 值与甲状腺无明显差异;动脉期及静脉期甲状腺的 Rho 均明显高于 PA,动脉期 PA 的 Rho 明显高于淋巴结,但静脉期两者差异不大,此结果与 Woisetschläger 等^[11]的结果相似;但应注意,Rho 和 Z 值仅对天然人体材料有效,而原子序数较高的材料(如甲状腺中的碘)或注射对比剂产生的结果可能不正确,如西门子在随附的说明书及既往文献所述^[11],因此我们的 Rho 及 Z 值的结果是否正确,仍需进一步研究证实,但这些物质成分的特征信息提供了组织之间差异存在的可能,也许有助于鉴别诊断。动脉期及静脉期 PA 的 DEI 明显高于淋巴结,静脉期甲状腺的 DEI 高于 PA,静脉期的结果与 Woisetschläger 等^[11]的结果不同,他们的结果是静脉期甲状腺与 PA 无明显差异。

既往研究中 4D-CT 研究的平均有效剂量约为 21 mSv^[7],4D-DECT 的平均有效剂量约为 7.99 mSv^[11],我们扫描方案的平均有效剂量为 7.83 mSv(范围 3.80~16.79 mSv),我们的扫描方案包括了平扫、动脉期及静脉期三期,这与既往研究的增强扫描方式相似,但辐射剂量与既往研究相当或略低于既往研究。

4 结论

我们的研究表明 4D-DECT 保留了传统 4D-CT 的优势,可较好地显示 PA 的影像学特征,还可以提供碘浓度及其他多种物质成分信息,同时未增加辐射剂量,对提高 PA 诊断的准确性有潜在的应用价值。

参考文献

- [1] SEYEDNEJAD N, HEALY C, TIWARI P, et al. Dual-energy computed tomography: A promising novel preoperative localization study for treatment of primary hyperparathyroidism[J]. American Journal of Surgery, 2016, 211(5): 839-845.
- [2] HOANG J K, SUNG W K, BAHL M, et al. How to perform parathyroid 4D CT: Tips and traps for technique and interpretation[J]. Radiology, 2014, 270(1): 15-24.
- [3] RUDA J M, HOLLENBEAK C S, Stack B C Jr. A systematic review of the diagnosis and treatment of primary hyperparathyroidism from 1995 to 2003[J]. Otolaryngology-Head and Neck Surgery, 2005, 132(3): 359-372.
- [4] HIEBERT J, HAGUE C, HOU S, et al. Dual energy computed tomography should be a first line preoperative localization imaging test for primary hyperparathyroidism patients[J]. American Journal of Surgery, 2018, 215(5): 788-792.

- [5] RODGERS S E, HUNTER G J, HAMBERG L M, et al. Improved preoperative planning for directed parathyroidectomy with 4-dimensional computed tomography[J]. *Surgery*, 2006, 140(6): 932-941.
- [6] BELAND M D, MAYO-SMITH W W, GRAND D J, et al. Dynamic MDCT for localization of occult parathyroid adenomas in 26 patients with primary hyperparathyroidism[J]. *American Journal of Roentgenology*, 2011, 196(1): 61-65.
- [7] HUNTER G J, SCHELLINGERHOUT D, VU T H, et al. Accuracy of four-dimensional CT for the localization of abnormal parathyroid glands in patients with primary hyperparathyroidism[J]. *Radiology*, 2012, 264(3): 789-795.
- [8] LUNDSTROEM A K, TROLLE W, SOERENSEN C H, et al. Preoperative localization of hyperfunctioning parathyroid glands with 4D-CT[J]. *Springer Open Choice*, 2016, 273(5): 1253-1259.
- [9] JOHNSON T R. Dual-energy CT: General principles[J]. *American Journal of Roentgenology*, 2012, 199(S5): S3-S8.
- [10] FORGHANI R, MUKHERJI S K. Advanced dual-energy CT applications for the evaluation of the soft tissues of the neck[J]. *Clinical Radiology*, 2017, 73(1): 70-80.
- [11] WOISETSCHLÄGER M, GIMM O, JOHANSSON K J, et al. Dual energy 4D-CT of parathyroid adenomas not clearly localized by sestamibi scintigraphy and ultrasonography—a retrospective study[J]. *European Journal of Radiology*, 2020, 124: 108821.
- [12] FORGHANI R, ROSKIES M, LIU X, et al. Dual-Energy CT Characteristics of Parathyroid Adenomas on 25- and 55-Second 4D-CT Acquisitions: Preliminary Experience[J]. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 2016, 40(5): 806-814.
- [13] ROXKIE X M, LIU X, HIER M P, et al. 3-phase dual-energy CT scan as a feasible salvage imaging modality for the identification of non-localizing parathyroid adenomas: A prospective study[J]. *Journal of Otolaryngology Head & Neck Surgery*, 2015, 44.
- [14] 王靖, 张新疆, 陶晶晶. 多层螺旋 CT 在甲状旁腺腺瘤诊断中的应用价值[J]. *实用放射学杂志*, 2015, (9): 1566-1567, 1580.
WANG J, ZHANG X J, TAO J J. The diagnostic value of multi-slice spiral CT in diagnosis of parathyroid adenoma[J]. *Journal of Practical Radiology*, 2015, (9): 1566-1567, 1580. (in Chinese).
- [15] 钟华成, 殷浩, 欧阳林. 多层螺旋 CT 和彩色多普勒超声诊断甲状旁腺腺瘤的价值[J]. *肿瘤影像学*, 2020, 29(1): 22-26.
ZHONG H C, YIN H, OUYANG L. The value of multi-slice spiral CT and color doppler ultrasound in the diagnosis of parathyroid adenoma[J]. *Oncoradiology*, 2020, 29(1): 22-26. (in Chinese).
- [16] 宋坤, 陈杭美, 王华. CT 对甲状旁腺腺瘤的诊断及其应用价值[J]. *放射学实践*, 2012, 27(1): 105-106.
- [17] 姚晓爱, 姜涛, 童冠圣, 等. 不同影像学检查方法对原发性甲状旁腺功能亢进症患者甲状旁腺病灶的定位诊断价值[J]. *中国医学影像技术*, 2016, 32(7): 1043-1046.
YAO X A, JIANG T, TONG G S, et al. Different imaging methods in localization diagnosis of parathyroid gland lesions in primary hyperparathyroidism[J]. *Chinese Journal of Medical Imaging Technology*, 2016, 32(7): 1043-1046. (in Chinese).
- [18] 白人驹, 张云亭, 冯敢生. 内分泌疾病影像学诊断[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2003.
- [19] 沈晶, 伍远航, 姜舟, 等. MSCT 双期增强诊断甲状旁腺腺瘤[J]. *中国医学影像技术*, 2011, 27(5): 918-920.
SHEN J, WU Y H, JIANG Z, et al. Dual-phase enhanced multi-slice spiral CT in diagnosis of parathyroid adenoma[J]. *Chinese Journal of Medical Imaging Technology*, 2011, 27(5): 918-920. (in Chinese).
- [20] 马胜江, 郭学军. 甲状旁腺腺瘤的螺旋 CT 表现及应用价值[J]. *罕见疾病杂志*, 2019, 26(2): 8-9.
MA S J, GUO X J. Spiral CT findings and application value of parathyroid adenoma[J]. *Journal of Rare and Uncommon Diseases*, 2019, 26(2): 8-9. (in Chinese).
- [21] 袁辉, 段永利, 陈孝柏, 等. MSCT 双期增强扫描对甲状旁腺腺瘤的诊断价值[J]. *CT 理论与应用研究*, 2019, 28(3): 377-384. DOI:10.15953/j.1004-4140.2019.28.03.12.
YUAN H, DUAN Y L, CHEN X B, et al. The value of dual-phase enhanced multi-slice spiral CT on diagnosis of parathyroid adenoma[J]. *CT Theory and Applications*, 2019, 28(3): 377-384. DOI:10.15953/j.1004-4140.2019.28.03.12. (in Chinese).

- [22] BAHL M, MUZAFFAR M, VIJ G, et al. Prevalence of the polar vessel sign in parathyroid adenomas on the arterial phase of 4D CT[J]. American Journal of Neuroradiology, 2014, 35(3): 578-581.
- [23] DAY K M, ELSAYED M, BELAND M D, et al. The utility of 4-dimensional computed tomography for preoperative localization of primary hyperparathyroidism in patients not localized by sestamibi or ultrasonography[J]. Surgery, 2015, 157(3): 534-539.

The Value of Four-dimensional Dual Energy CT on Diagnosis of Parathyroid Adenoma

GAO Shuai^a, ZHAO Teng^b, GU Hua^a, JIANG Tao^a, LI Hui^a, LI Xinyue^a, WEI Bojun^b✉

a).Department of Radiology; b).Department of Thyroid and Neck Surgery,
Beijing Chaoyang Hospital, Capital Medical University, Beijing 100020, China

Abstract: Objective: To investigate the imaging characteristics and material tissue characteristics of parathyroid adenoma (PA) with four-dimensional dual energy computed tomography (4D-DECT), and to evaluate the value of localization and qualitative diagnosis. Materials and methods: the clinical and 4D-DECT imaging data of 53 patients with PA confirmed by operation and pathology were retrospectively analyzed. The CT signs were observed and recorded, and CT value, iodine concentration, Rho, Z value and DEI were measured and analyzed. Results: In 53 patients, 52 (98.11%) cases of PA were solitary, 1 (1.89%) case with multiple nodules, a total of 54 lesions were found, 32 (59.26%) of which were located in the trachea-esophageal sulcus, 10 (18.52%) lesions were ectopic adenomas, and 22 (40.74%) lesions showed "short line sign", 14 (25.93%) showed "polar vessel sign"; there was no significant difference in CT value between PA and thyroid in arterial phase (90 kV), but the CT value of PA, thyroid and lymph nodes were different in non-contrast, arterial phase (M 0.5, 150 kV) and venous phase (90 kV, M 0.5, 150 kV). Iodine concentration, Z value and DEI of lymph nodes in arterial and venous phase were significantly lower than those of PA and thyroid, iodine concentration, Z value and DEI of PA in venous phase were significantly lower than those of thyroid; Rho of thyroid in arterial and venous phase was significantly higher than that of PA, and Rho of PA in arterial phase was significantly higher than that of lymph nodes. Conclusion: 4D-DECT can better display the imaging features of PA, and can also provide the analysis of iodine concentration and a variety of material tissue characteristics information, which is helpful to improve the diagnostic accuracy of PA.

Keywords: parathyroid adenoma; computed tomography; 4D-CT; dual-energy CT



作者简介: 高帅 (1988—), 男, 首都医科大学附属北京朝阳医院放射科住院医师, 主要从事 CT 与 MRI 影像诊断, Tel: 13426037541, E-mail: gsh422@163.com; 魏伯俊✉ (1964—), 男, 首都医科大学附属北京朝阳医院甲状腺颈部外科主任医师, 主要从事甲状腺及甲状旁腺肿瘤的临床与基础研究, Tel: 010-89138417, E-mail: weibojun1015@126.com.