

$^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI SPECT/CT 在慢性肾脏病继发性甲状旁腺功能亢进症患者术后骨饥饿综合征诊断中的应用价值

陈则君¹ 周斌² 黄钱煥¹ 邵清² 伍超群¹ 薛勤³

¹南通大学附属江阴医院核医学科, 无锡 214400; ²南通大学附属江阴医院甲乳外科, 无锡 14400; ³南通大学附属江阴医院超声科, 无锡 214400

通信作者: 薛勤, Email: 1770491937@qq.com

【摘要】 目的 探讨 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -甲氧基异丁基异腈(MIBI) SPECT/CT 显像甲状旁腺数目及形态学参数与慢性肾脏病继发性甲状旁腺功能亢进症(SHPT)甲状旁腺切除术(PTX)后骨饥饿综合征(HBS)的关系。**方法** 回顾性分析 2018 年 1 月至 2024 年 6 月在南通大学附属江阴医院成功行 PTX 的 80 例慢性肾脏病 SHPT 患者[男 46 例、女 34 例, 年龄(50.3±11.0)岁], 记录 SPECT/CT 检出甲状旁腺数目, 测量甲状旁腺的径线并计算体积。将患者分为 HBS 组及非 HBS 组, 采用两独立样本 *t* 检验、Mann-Whitney *U* 检验及 χ^2 检验比较组间各指标的差异, 应用 logistic 回归分析 HBS 的危险因素。**结果** 80 例中 HBS 组 45 例, 非 HBS 组 35 例。2 组间年龄($t=-3.61, P=0.001$), 术前碱性磷酸酶(ALP)($Z=-4.65, P<0.001$)、甲状旁腺激素($Z=-2.34, P=0.019$)、校正钙($t=-2.71, P=0.008$)差异均有统计学意义; SPECT/CT 显像示甲状旁腺 ≥ 4 枚的患者在 HBS 组中较多[82.2%(37/45)和 51.4%(18/35); $\chi^2=8.87, P=0.003$], 该组甲状旁腺总体积[2.56(1.93, 4.44)和 2.00(1.18, 2.94) cm^3 ; $Z=-2.25, P=0.024$]及最大径[(17.71±3.78)和(15.87±3.91) mm; $t=2.14, P=0.036$]与非 HBS 组相比差异也有统计学意义。多因素 logistic 回归分析显示, 术前 ALP[比值比(*OR*)=1.008(95% *CI*: 1.002~1.014), $P=0.015$]、术前校正钙[*OR*=0.017(95% *CI*: 0.000~0.869), $P=0.042$]及 SPECT/CT 显像示甲状旁腺 ≥ 4 枚[*OR*=4.156(95% *CI*: 1.038~16.642), $P=0.044$]是 HBS 的独立影响因素。SPECT/CT 显像示甲状旁腺 ≥ 4 枚诊断 HBS 的灵敏度为 82.2%(37/45)。**结论** SPECT/CT 显像示甲状旁腺 ≥ 4 枚为慢性肾脏病 SHPT 术后 HBS 的独立影响因素, 其诊断 HBS 的灵敏度较高, 具有较好的临床应用价值。

【关键词】 低钙血症; 甲状旁腺切除术; 甲状旁腺功能亢进症, 继发性; 肾功能不全, 慢性; 体层摄影术, 发射型计算机, 单光子; 体层摄影术, X 线计算机; $^{99\text{m}}$ 锝甲氧基异丁基异腈

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20240929-00336

Application of parathyroid $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI SPECT/CT on hungry bone syndrome in patients with renal secondary hyperparathyroidism after parathyroidectomy

Chen Zejun¹, Zhou Bin², Huang Qianhuan¹, Shao Qing², Wu Chaoqun¹, Xue Qin³

¹Department of Nuclear Medicine, Affiliated Jiangyin Hospital of Nantong University, Wuxi 214400, China;

²Department of Thyroid and Breast Surgery, Affiliated Jiangyin Hospital of Nantong University, Wuxi 214400, China;

³Department of Ultrasonography, Affiliated Jiangyin Hospital of Nantong University, Wuxi 214400, China

Corresponding author: Xue Qin, Email: 1770491937@qq.com

【Abstract】 Objective To investigate the relationship of the number and morphological of parathyroid glands on $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -methoxyisobutylisonitrile (MIBI) SPECT/CT with hungry bone syndrome (HBS) in patients with renal secondary hyperparathyroidism (SHPT) after parathyroidectomy (PTX). **Methods** Eighty renal SHPT patients (46 males, 34 females; age (50.3±11.0) years) who underwent PTX between January 2018 and June 2024 were retrospectively analyzed in Affiliated Jiangyin Hospital of Nantong University. The number of parathyroid glands detected on SPECT/CT, diameter of parathyroid gland and its volume were recorded and measured. Patients were divided into HBS group and non-HBS group. Independent-sample *t* test, Mann-Whitney *U* test and χ^2 test were used to compare differences of various indicators between those 2 groups. Multivariate logistic regression was used to analyze influencing factors of HBS. **Results** HBS group included 45 patients and the rest 35 patients belonged to non-HBS group. Age ($t=-3.61, P=0.001$), preoperative alkaline phosphatase (ALP) ($Z=-4.65, P<0.001$), preoperative parathyroid hormone ($Z=-2.34,$

$P=0.019$) and preoperative serum corrected calcium ($t=-2.71$, $P=0.008$) were all significantly different between HBS group and non-HBS group. Patients with the number of parathyroid glands ≥ 4 detected by SPECT/CT were more in HBS group than those in non-HBS group (82.2% (37/45) vs 51.4% (18/35); $\chi^2=8.87$, $P=0.003$), and the total volume of parathyroid glands (2.56 (1.93, 4.44) vs 2.00 (1.18, 2.94) cm^3 ; $Z=-2.25$, $P=0.024$) and the maximum diameter of parathyroid glands ((17.71 $\pm$ 3.78) vs (15.87 $\pm$ 3.91) mm; $t=2.14$, $P=0.036$) were significantly different between those 2 groups. Logistic regression analysis showed that preoperative ALP (odds ratio (OR)=1.008, 95% CI: 1.002–1.014, $P=0.015$), preoperative serum corrected calcium (OR=0.017, 95% CI: 0.000–0.869, $P=0.042$) and the number of parathyroid gland ≥ 4 detected by SPECT/CT (OR=4.156, 95% CI: 1.038–16.642, $P=0.044$) were independent influencing factors for HBS. The sensitivity of the number of parathyroid glands ≥ 4 detected by SPECT/CT for diagnosing HBS was 82.2% (37/45). **Conclusion** The number of parathyroid glands ≥ 4 detected by SPECT/CT is an independent influencing factor for HBS, with high diagnostic sensitivity for HBS, thus having good clinical value.

【Key words】 Hypocalcemia; Parathyroidectomy; Hyperparathyroidism, secondary; Renal insufficiency, chronic; Tomography, emission-computed, single-photon; Tomography, X-ray computed; Technetium Tc 99m sestamibi

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20240929-00336

甲状旁腺切除术 (parathyroidectomy, PTX) 为难治性继发性甲状旁腺功能亢进症 (secondary hyperparathyroidism, SHPT) 有效的治疗方法^[1]。骨饥饿综合征 (hungry bone syndrome, HBS) 是发生于甲状旁腺功能亢进症或术前有高骨转换状态患者 PTX 后、以低血钙为主要表现的临床综合征, 多见于慢性肾脏病 SHPT 患者, 其可延长患者住院时间甚至增加死亡风险^[2-3]。⁹⁹Tc^m-甲氧基异丁基异腈 (methoxy-isobutylisonitrile, MIBI) SPECT/CT 为 SHPT 患者 PTX 前首选的影像学检查, 该方法定位诊断病变甲状旁腺的效能已有较多论述^[4-5]。但鲜有研究探讨⁹⁹Tc^m-MIBI SPECT/CT 显像甲状旁腺数目及形态学参数与术后 HBS 间的关系。本研究回顾分析经手术及病理证实的 80 例慢性肾脏病 SHPT 患者的⁹⁹Tc^m-MIBI SPECT/CT 影像及临床资料, 分析⁹⁹Tc^m-MIBI SPECT/CT 显像甲状旁腺数目及形态学参数与慢性肾脏病 SHPT 术后发生 HBS 间的关系, 为临床诊疗决策提供参考依据。

资料与方法

1. 研究对象。本研究经南通大学附属江阴医院伦理委员会审核批准 [批件号: 2023 伦审研第 (065) 号]。回顾分析 2018 年 1 月至 2024 年 6 月在南通大学附属江阴医院甲乳外科成功行 PTX 的慢性肾脏病 SHPT 患者。纳入标准: (1) 年龄 >18 周岁, 且规律透析时间 >12 个月; (2) 行甲状旁腺全切术加自体移植术, 手术指征参照 2021 版《慢性肾脏病继发性甲状旁腺功能亢进外科临床实践中国专家共识》^[6], 术中切除甲状旁腺数 ≥ 3 枚, 且术后 24 h 甲状旁腺激素 (parathyroid hormone, PTH) <6.3 pmol/L; (3) 术前行⁹⁹Tc^m-MIBI SPECT/CT 甲状旁腺显像, 显像

与手术间隔小于 2 周。排除标准: (1) 合并恶性肿瘤或骨髓瘤者; (2) 合并肝脏疾病者; (3) 影像或临床资料不完整者。

共纳入 80 例患者, 其中男 46 例、女 34 例, 年龄 26~74 (50.3 $\pm$ 11.0) 岁。透析龄 24~240 个月, 血液透析 56 例, 腹膜透析 24 例。

2. 资料收集。通过电子病历系统获得患者的临床资料 (年龄、性别、透析龄、透析方式), 术前碱性磷酸酶 (alkaline phosphatase, ALP)、PTH、血清白蛋白、血磷及血钙水平, 并计算校正钙: 校正钙 (mmol/L) = 血钙 (mmol/L) + 0.02 $\times$ [40 - 血清白蛋白 (g/L)]。

3. 患者术后补钙方法。术后立即予患者 0.05 g/ml 葡萄糖 (30 ml) 与 0.1 g/ml 葡萄糖酸钙 (30 ml) 的混合溶液, 以 10~20 ml/h 的速度输液泵或静脉滴注; 如出现肢体麻木、抽搐等症状, 临时静脉推注 0.1 g/ml 葡萄糖酸钙 10~20 ml; 每 24 h 检测血钙、血磷及 PTH, 根据血钙水平及时调整补钙速度, 血钙水平稳定后增加口服碳酸钙 D₃ 咀嚼片, 直至完全过渡为口服补钙。

4. HBS 定义及患者分组。HBS 定义: 在 PTX 术后即刻至术后 120 h 监测血钙过程中, 至少出现 1 次血钙 <2.1 mmol/L^[2-3]。根据是否出现 HBS 将患者分为 HBS 组及非 HBS 组。

5. 显像方法。经患者静脉注射⁹⁹Tc^m-MIBI (上海欣科医药有限公司苏州分公司提供) 740~925 MBq, 分别于注射后 15 min 和 2 h 应用 SPECT/CT (德国 Siemens Symbia T16) 行甲状旁腺平面显像, 采用低能高分辨平行孔准直器, 能峰 140 keV, 窗宽 20%, 矩阵 256 $\times$ 256, 时间 8 min, 放大倍数 2.67。延迟显像 (2 h) 结束后行 SPECT/CT 采集, 范围自颅底至心脏下缘, 矩阵 128 $\times$ 128, 放大倍数 1.0, 采集 32 帧, 16 s/帧,

采集 180°;CT 扫描参数:电压 130 kV,有效管电流 90~110 mAs(CAREdose 4D 技术),螺距 1.2,重建层厚 3 mm,矩阵 512×512。

6. 图像分析。甲状腺平面和断层显像原始数据经 Syngo 工作站(德国 Siemens 公司)重建生成轴位、矢状位和冠状位图像。CT 图像的窗宽、窗位设置为颈部软组织。由 1 名经验丰富的核医学主任医师于 CT 图像上观察甲状腺部位软组织密度结节并除外甲状腺结节,于 SPECT/CT 融合图像上观察显像剂浓聚灶(显像阳性;图 1),参照手术记录,测量甲状腺的前后径、左右径及上下径,根据公式计算甲状腺体积: $V(\text{cm}^3) = \text{前后径} \times \text{左右径} \times \text{上下径} \times \pi/6^{[5]}$ 。计算的其他指标如下: $V_{\text{总}}$ 为检出功能亢进甲状腺体积之和, V_{max} 为检出单枚最大腺体体积,最大径为 V_{max} 甲状腺的三径线中最大者。

7. 统计学分析。采用 IBM SPSS Statistics 25.0 软件对数据进行分析,符合正态分布的定量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,2 组间比较采用两独立样本 t 检验;不符合正态分布的定量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,2 组间比较采用 Mann-Whitney U 检验;定性资料以频数(百分比)表示,2 组间比较采用 χ^2 检验;应用 logistic 回归分析 HBS 的独立影响因素。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义(双侧检验)。

结 果

1. 一般情况。80 例患者术中共检出 314 枚甲状腺,病理显示甲状腺增生 312 枚,甲状腺腺瘤 2 枚。314 枚甲状腺中, $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI SPECT/CT 检出 291 枚,有 4 例检出 2 枚,21 例检出 3 枚,55 例检出 4 枚。HBS 组有 45 例,非 HBS 组有 35 例,2 组在年龄、术前 ALP、术前 PTH、术前校正钙、SPECT/CT 显像示甲状腺 ≥ 4 枚、甲状腺 $V_{\text{总}}$ 及最大径差异

均有统计学意义(t 值: $-3.61 \sim 2.14$, Z 值: $-4.65 \sim -2.25$, $\chi^2 = 8.87$, 均 $P < 0.05$; 表 1)。

2. 慢性肾脏病 SHPT 术后 HBS 的预测因素。Logistic 回归分析显示,术前 ALP、术前校正钙及 SPECT/CT 显像甲状腺 ≥ 4 枚是慢性肾脏病 SHPT 术后 HBS 的独立影响因素(表 2)。SPECT/CT 显像示甲状腺 ≥ 4 枚诊断 HBS 的灵敏度为 82.2% (37/45), 特异性为 48.6% (17/35), 准确性为 67.5% (54/80)。

讨 论

HBS 为难治性慢性肾脏病 SHPT 患者 PTX 后常见的并发症,表现为神经肌肉应激、肌肉痉挛等不良事件,严重者可导致喉肌和呼吸肌痉挛而危及生命^[2]。临床早期识别并积极处理 HBS 以降低患者围手术期风险,有助于维持钙磷代谢的稳定及骨容量的恢复^[2]。本研究中 56.2% (45/80) 的患者术后发生 HBS,与文献报道 SHPT 成功行 PTX 后 HBS 的发生率 (27%~88%) 相符^[2-3]。 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI SPECT/CT 可在准确定位病变甲状腺的基础上,评估慢性肾脏病 SHPT 矿物质骨代谢异常^[7-8]。

PTX 前 ALP 反映了骨转化状态、破骨细胞活性和骨吸收程度。杨艳等^[9]的研究提示,术前 ALP 与术后静脉补钙持续时间相关;多项研究表明术前高 ALP 为 HBS 的危险因素^[7,10-11]。本研究结果也显示,术前高 ALP 增加 PTX 术后 HBS 的风险。SHPT 患者成功行 PTX 后,PTH 水平急剧下降,成骨细胞活性增强,导致大量以钙、磷为主要结构的羟基磷灰石快速沉积至骨骼,进而导致血液中的钙、磷快速且持续地降低。研究表明术前 PTH 也是 HBS 的危险因素^[9],本研究中术前 PTH 在 HBS 与非 HBS 组间差异有统计学意义,但不是 HBS 的独立危险因素,这可能与本组病例较少有关。既往研究表明术前低

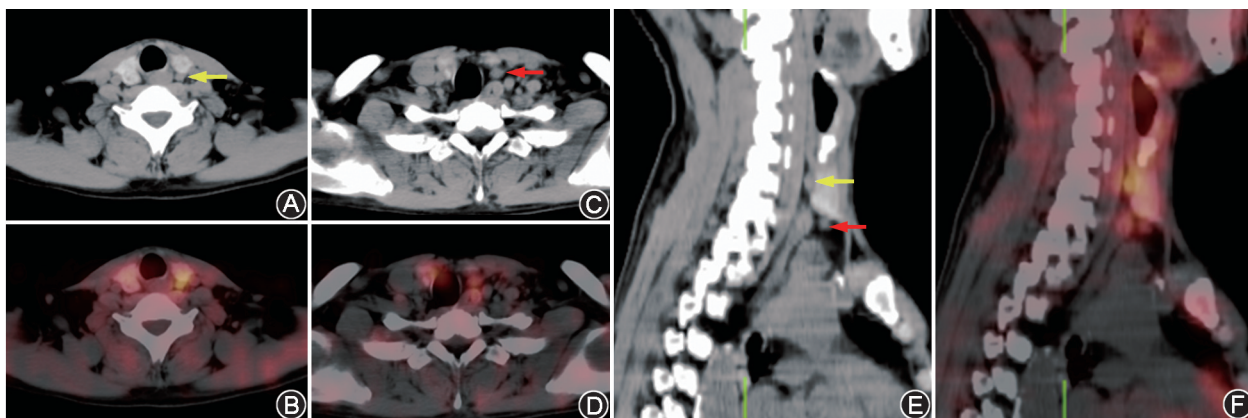


图 1 慢性肾脏病继发性甲状腺腺功能亢进症患者(男,49 岁) $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -甲氧基异丁基异腈(MIBI)SPECT/CT 显像图。轴位(A~D)及矢状位(E,F)延迟相 SPECT/CT 示甲状腺左叶中极(黄箭头示)及下极(红箭头示)背侧软组织密度结节伴显像剂摄取

表 1 2 组慢性肾脏病继发性甲状旁腺功能亢进症患者的临床及影像资料的比较

组别	例数	年龄 (岁; $\bar{x}\pm s$)	性别(例)		透析龄 (个月; $\bar{x}\pm s$)	透析方式(例)		术前 ALP[U/L; $\bar{x}\pm s$ 或 $M(Q_1, Q_3)$]
			男	女		血液透析	腹膜透析	
非 HBS 组	35	55.0 $\pm$ 9.2	16(45.7%)	19(54.3%)	107.3 $\pm$ 55.4	24(68.6%)	11(31.4%)	193.49 $\pm$ 96.63
HBS 组	45	46.6 $\pm$ 11.1	30(66.7%)	15(33.3%)	89.5 $\pm$ 33.8	32(71.1%)	13(28.9%)	368.00(207.50, 740.05)
检验值		-3.61 ^a	3.54 ^b		-1.78 ^a	0.06 ^b		-4.65 ^c
P 值		0.001	0.060		0.079	0.806		<0.001

组别	术前 PTH[pmol/L; $\bar{x}\pm s$ 或 $M(Q_1, Q_3)$]	术前血钙 (mmol/L; $\bar{x}\pm s$)	术前校正钙 (mmol/L; $\bar{x}\pm s$)	术前血磷 (mmol/L; $\bar{x}\pm s$)	钙磷乘积 (mmol ² /L ² ; $\bar{x}\pm s$)
非 HBS 组	141.21 $\pm$ 50.16	2.50 $\pm$ 0.18	2.48 $\pm$ 0.16	2.08 $\pm$ 0.44	5.17 $\pm$ 1.12
HBS 组	169.10(114.95, 239.20)	2.43 $\pm$ 0.24	2.36 $\pm$ 0.21	1.97 $\pm$ 0.39	4.67 $\pm$ 1.13
检验值	-2.34 ^c	-1.33 ^a	-2.71 ^a	-1.24 ^a	-1.95 ^a
P 值	0.019	0.188	0.008	0.217	0.055

组别	显像腺体数(例) ^d		$V_{\text{总}}$ [cm ³ ; $M(Q_1, Q_3)$]	V_{max} [cm ³ ; $M(Q_1, Q_3)$]	最大径 (mm; $\bar{x}\pm s$)
	≥ 4 枚	<4 枚			
非 HBS 组	18(51.4%)	17(48.6%)	2.00(1.18, 2.94)	0.88(0.55, 1.53)	15.87 $\pm$ 3.91
HBS 组	37(82.2%)	8(17.8%)	2.56(1.93, 4.44)	1.13(0.67, 1.91)	17.71 $\pm$ 3.78
检验值	8.87 ^b		-2.25 ^c	-1.15 ^c	2.14 ^a
P 值	0.003		0.024	0.250	0.036

注:^a为 t 值,^b为 χ^2 值,^c为 Z 值;^d为 ⁹⁹Tc^m-甲氧基异丁基异腈(MIBI)SPECT/CT 显像示甲状旁腺数目;HBS 为骨饥饿综合征,ALP 为碱性磷酸酶,PTH 为甲状旁腺激素, $V_{\text{总}}$ 为检出功能亢进甲状旁腺体积之和, V_{max} 为检出单枚最大腺体体积,最大径为 V_{max} 甲状旁腺的三径线中最大者

表 2 80 例慢性肾脏病继发性甲状旁腺功能亢进症患者术后 HBS 的单因素及多因素 logistic 回归结分析果

影响因素	单因素分析					多因素分析				
	β 值	SE	Wald χ^2 值	OR(95% CI)	P 值	β 值	SE	Wald χ^2 值	OR(95% CI)	P 值
年龄(岁)	-0.08	0.02	9.97	0.923(0.879~0.970)	0.002	-0.05	0.03	2.62	0.948(0.888~1.011)	0.105
性别(男/女)	0.86	0.46	3.48	2.375(0.957~5.895)	0.062	-	-	-	-	-
透析龄(个月)	-0.01	0.00	2.97	0.991(0.981~1.001)	0.085	-	-	-	-	-
透析方式(血液/腹膜透析)	0.12	0.49	0.06	1.128(0.431~2.951)	0.806	-	-	-	-	-
术前 ALP(U/L)	0.01	0.00	11.06	1.008(1.003~1.013)	0.001	0.01	0.00	5.96	1.008(1.002~1.014)	0.015
术前 PTH(pmol/L)	0.01	0.00	6.34	1.010(1.003~1.017)	0.008	0.00	0.01	0.19	0.997(0.985~1.009)	0.660
术前血钙(mmol/L)	-1.45	1.10	1.73	0.234(0.027~2.042)	0.189	-	-	-	-	-
术前校正钙(mmol/L)	-3.35	1.33	6.33	0.035(0.003~0.477)	0.012	-4.05	2.00	4.12	0.017(0.000~0.869)	0.042
术前血磷(mmol/L)	-0.69	0.56	1.52	0.501(0.167~1.503)	0.217	-	-	-	-	-
钙磷乘积(mmol ² /L ²)	-0.40	0.21	3.55	0.672(0.444~1.016)	0.060	-	-	-	-	-
显像腺体数 ≥ 4 枚(是/否)	1.47	0.52	8.16	4.638(1.588~12.012)	0.004	1.43	0.78	4.05	4.156(1.038~16.642)	0.044
$V_{\text{总}}$ (cm ³)	0.30	0.15	4.11	1.353(1.010~1.812)	0.043	-0.10	0.32	0.10	0.901(0.476~1.705)	0.749
V_{max} (cm ³)	0.10	0.22	0.21	1.108(0.717~1.712)	0.643	-	-	-	-	-
最大径(mm)	0.13	0.06	4.20	1.138(1.006~1.288)	0.040	0.20	0.14	2.04	1.224(0.928~1.615)	0.153

注:SE 为标准误,OR 为比值比;^a为 ⁹⁹Tc^m-MIBI SPECT/CT 显像示甲状旁腺数目;-表示无数据

钙血症是 HBS 的危险因素^[7,11],本研究的结果与之相符。本研究未发现年龄增加 PTX 术后发生 HBS 的风险,与王露芳等^[10]的研究结果相似;HBS 患者与非 HBS 患者的性别、透析方式及透析龄无差异,也与既往的研究结果一致^[7,10]。

手术切除所有甲状旁腺是成功治疗 SHPT 的关键。临床可能存在病变甲状旁腺较小难以被术前影像学检出,或异位(额外)的甲状旁腺在术中被遗漏的情况,这些情况下术后发生严重低钙血症的风险下降^[12]。邓兆燕等^[13]的研究示,超声术前发现 ≥ 4 枚

甲状旁腺是消融治疗慢性肾脏病 SHPT 发生严重低钙血症的危险因素,与本研究 SPECT/CT 显像示甲状旁腺 ≥ 4 枚为 HBS 的独立危险因素相符,这一发现为临床围手术期个体化动态调整补钙策略和术后早期干预提供了参考。Zhao 等^[14]的研究提示,术中切除甲状旁腺的总质量是术后发生严重低钙血症的危险因素,而本研究中 HBS 组甲状旁腺 $V_{\text{总}}$ 及最大径大于非 HBS 组,但并非危险因素,可能与本组的病例较少有关。甲状旁腺质量与体积明显相关, $V_{\text{总}}$ 是否为危险因素,需要多中心以及更大样本研究证

实。本研究 HBS 组与非 HBS 组间的血磷及钙磷乘积无差异,与既往的研究结果相符^[9-10]。

综上,SPECT/CT 显像示甲状旁腺 ≥ 4 枚为慢性肾脏病 SHPT 术后 HBS 的独立危险因素,诊断 HBS 的灵敏度较高,有助于优化个体化诊疗策略。需说明的是,本研究为单中心回顾性研究,入组病例数较少,研究结论需进一步多中心、大样本的研究来验证。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 陈则君;研究实施、数据分析、论文撰写;周斌、黄钱焕、邵清、伍超群;研究实施、数据采集、数据解读;薛勤;研究指导、论文修改

参 考 文 献

- [1] Qiu W, Zhou G. Observation of the efficacy of parathyroidectomy for secondary hyperparathyroidism in hemodialysis patients: a retrospective study[J]. BMC Surg, 2023, 23(1): 234. DOI:10.1186/s12893-023-02143-y.
- [2] Cao R, Jiang H, Liang G, et al. Dynamic nomogram for predicting hungry bone syndrome before parathyroidectomy[J]. Endocrine, 2024, 83(1): 196-204. DOI:10.1007/s12020-023-03493-6.
- [3] 成铭,黄碧红,陶冶,等.维持性血液透析继发性甲状旁腺功能亢进患者甲状旁腺切除术后低钙血症的危险因素分析[J].中华肾脏病杂志, 2022, 38(5): 397-405. DOI:10.3760/cma.j.cn441217-20210803-00057.
Cheng M, Huang BH, Tao Y, et al. Risk factors for hypocalcemia after parathyroidectomy in maintenance hemodialysis patients with secondary hyperparathyroidism[J]. Chin J Nephrol, 2022, 38(5): 397-405. DOI:10.3760/cma.j.cn441217-20210803-00057.
- [4] 张莹莹,韩娜,武凤玉,等.⁹⁹Tc^m-MIBI SPECT/CT 显像在原发性甲状旁腺功能亢进症术前诊断中的价值及影响因素[J].中华核医学与分子影像杂志, 2021, 41(6): 345-349. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200408-00142.
Zhang YY, Han N, Wu FY, et al. Value of ⁹⁹Tc^m-MIBI SPECT/CT imaging in preoperative diagnosis of primary hyperparathyroidism and its influencing factors[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2021, 41(6): 345-349. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200408-00142.
- [5] Durmuş ET, Atmaca A, Kefeli M, et al. Clinicopathological variables that correlate with sestamibi positivity in uniglandular parathyroid disease: a retrospective analysis of 378 parathyroid adenomas[J]. Ann Nucl Med, 2022, 36(1): 33-42. DOI:10.1007/s12149-021-01681-w.
- [6] 中国医师协会外科医师分会甲状腺外科医师委员会,中国研究型医院学会甲状腺疾病专业委员会.慢性肾脏病继发甲状旁腺功能亢进外科临床实践中国专家共识(2021 版)[J].中国实用外科杂志, 2021, 41(8): 841-848. DOI:10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2021.08.01.
Chinese Thyroid Association, Chinese College of Surgeons, Chinese Medical Doctor Association. Chinese Research Hospital Association Thyroid Disease Committee. Chinese expert consensus on surgical practice of hyperthyroidism in patients with chronic kidney disease (2021 edition)[J]. Chin J Pract Surg, 2021, 41(8): 841-848. DOI:10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2021.08.01.
- [7] 陈则君,周斌,叶武,等.⁹⁹Tc^m-MIBI SPECT/CT 骨骼肌指数与肾性继发性甲状旁腺功能亢进患者甲状旁腺切除术后骨饥饿综合征的关系[J].中华解剖与临床杂志, 2024, 29(9): 603-608. DOI:10.3760/cma.j.cn101202-20240103-00005.
Chen ZJ, Zhou B, Ye W, et al. Preliminary application of CT related skeletal muscle index during parathyroid ⁹⁹Tc^m-MIBI SPECT/CT on hungry bone syndrome in patients with renal secondary hyperparathyroidism after parathyroidectomy[J]. Chin J Anat Clin, 2024, 29(9): 603-608. DOI:10.3760/cma.j.cn101202-20240103-00005.
- [8] 陈则君,薛勤,付晶晶,等.基于 SPECT/CT 甲状旁腺显像同机 CT 评估慢性肾脏病继发性甲状旁腺功能亢进症主动脉弓钙化的初步应用[J].中华核医学与分子影像杂志, 2023, 43(4): 226-229. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20211025-00369.
Chen ZJ, Xue Q, Fu JJ, et al. Preliminary application of CT on accessing aortic arch calcification during parathyroid SPECT/CT in patients with renal secondary hyperparathyroidism[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2023, 43(4): 226-229. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20211025-00369.
- [9] 杨艳,吴佳龙,张伯阳,等.影响甲状旁腺全切除术后血钙和血磷变化的相关因素分析[J].中华普通外科杂志, 2024, 39(8): 604-608. DOI:10.3760/cma.j.cn113855-20230907-00126.
Yang Y, Wu JL, Zhang BY, et al. Factors affecting the change of serum calcium and phosphorus after total parathyroidectomy[J]. Chin J Gen Surg, 2024, 39(8): 604-608. DOI:10.3760/cma.j.cn113855-20230907-00126.
- [10] 王露芳,李远明,刘新新,等.维持性血液透析患者甲状旁腺切除术后早期骨饥饿综合征风险预测模型的构建与验证[J].中南大学学报(医学版), 2024, 49(5): 784-794. DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2024.240064.
Wang LF, Li YM, Liu XX, et al. Construction and validation of a risk prediction model for early hungry bone syndrome in maintenance hemodialysis patients post-parathyroidectomy[J]. J Cent South Univ (Med Sci), 2024, 49(5): 784-794. DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2024.240064.
- [11] Gao D, Lou Y, Cui YC, et al. Risk factors for hypocalcemia in dialysis patients with refractory secondary hyperparathyroidism after parathyroidectomy: a meta-analysis[J]. Ren Fail, 2022, 44(1): 503-512. DOI:10.1080/0886022X.2022.2048856.
- [12] Huang Y, Wang J, Zeng M, et al. Predictive value of characteristics of resected parathyroid glands for persistent secondary hyperparathyroidism during parathyroidectomy[J]. BMC Surg, 2023, 23(1): 36. DOI:10.1186/s12893-023-01936-5.
- [13] 邓兆燕,李秋林,杨雪群,等.热消融治疗继发性甲状旁腺功能亢进症术后严重低钙血症的危险因素[J].中国医学影像学杂志, 2024, 32(6): 547-552. DOI:10.3969/j.issn.1005-5185.2024.06.004.
Deng ZY, Li QL, Yang XQ, et al. Risk factors for severe hypocalcemia after thermal ablation of secondary hyperparathyroidism[J]. Chin J Med Imaging, 2024, 32(6): 547-552. DOI:10.3969/j.issn.1005-5185.2024.06.004.
- [14] Zhao S, Gan W, Xie W, et al. A single-center experience of parathyroidectomy in 1500 cases for secondary hyperparathyroidism: a retrospective study[J]. Ren Fail, 2022, 44(1): 23-29. DOI:10.1080/0886022X.2021.2016445.

(收稿日期:2024-09-29)