

核素唾液腺显像定量法评估分化型甲状腺癌患者术后¹³¹I 治疗对唾液腺功能的影响

谢良骏¹ 林岩松² 程木华¹

¹中山大学附属第三医院核医学科, 广州 510630; ²中国医学科学院、北京协和医学院北京协和医院核医学科, 北京 100730

通信作者: 程木华, Email: chengmh@mail.sysu.edu.cn

【摘要】 目的 采用核素唾液腺显像(SGS)定量法评估分化型甲状腺癌(DTC)患者术后¹³¹I 治疗对唾液腺功能的影响。**方法** 回顾性收集 2014 年 5 月至 2023 年 12 月就诊于中山大学附属第三医院 DTC 术后行¹³¹I 治疗的 64 例患者[男 23 例、女 41 例, 年龄(39.6±13.0)岁]资料, 首次治疗前 3 d 内行基线 SGS 检查, 治疗后 3~6 个月行 SGS 复查。唾液腺功能定量指标包括腮腺、颌下腺摄取指数(pUI, sUI)、排泄分数(pEF, sEF), 左右侧腮腺、颌下腺相应参数用 L-pUI、R-pUI、L-sUI、R-sUI、L-pEF、R-pEF、L-sEF 及 R-sEF 表示。根据首次治疗剂量(D_f)将患者分为 A 组(D_f≤3 700 MBq)及 B 组(D_f>3 700 MBq), 分析不同组间唾液腺功能变化特征, 并探讨累计治疗剂量(D_c)与唾液腺功能下降的关系。采用配对 *t* 检验、Wilcoxon 符号秩检验、 χ^2 检验分析数据。用 ROC 曲线计算出现唾液腺功能下降的 D_c 最佳阈值。**结果** 首次治疗后, B 组患者(*n*=38) L-pUI、R-pUI、L-sUI、R-sUI 较基线值减低(*t* 值: -3.77~-2.96, 均 *P*<0.01)。A 组患者(*n*=26)各指标与基线值间差异无统计学意义(*t* 值: -1.18~0.95, 均 *P*>0.05)。15 例患者接受了 2 次治疗, 2 次治疗后患者 L-pUI、R-pUI、L-sUI、R-sUI、L-pEF 及 R-pEF 较基线值减低(*t* 值: -6.77~-3.50, 均 *P*<0.01), 且 L-pUI、R-pUI 较首次治疗后下降幅度更明显(*Z* 值: -2.10、-2.67, 均 *P*<0.05)。2 次治疗后, 唾液腺功能下降发生率高于首次治疗[10/15 与 21.9%(14/64); $\chi^2=11.53$, *P*=0.001]。唾液腺功能下降发生率与 D_c 有关($\chi^2=24.35$, *P*<0.001)。当 D_c>5 550 MBq 时, 很可能出现唾液腺功能下降[AUC=0.80(95% CI: 0.69~0.89), *P*<0.001; 灵敏度为 13/19, 特异性为 91.1%(41/45), 阳性预测值为 13/17, 阴性预测值为 87.2%(41/47)]。**结论** DTC 部分患者术后行¹³¹I 治疗后短期(3~6 个月)唾液腺功能下降, 其下降程度及发生率与 D_c 有关。

【关键词】 甲状腺肿瘤; 放射疗法; 碘放射性同位素; 涎腺; 放射性核素显像

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20240810-00289

Evaluating salivary gland function using quantitative salivary gland scintigraphy in postoperative differentiated thyroid cancer patients after ¹³¹I therapy

Xie Liangjun¹, Lin Yansong², Cheng Muhua¹

¹Department of Nuclear Medicine, the Third Affiliated Hospital, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510630, China; ²Department of Nuclear Medicine, Peking Union Medical College Hospital, Peking Union Medical College, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100730, China

Corresponding author: Cheng Muhua, Email: chengmh@mail.sysu.edu.cn

【Abstract】 Objective To evaluate the impact of ¹³¹I therapy on salivary gland function in postoperative patients with differentiated thyroid cancer (DTC) using quantitative salivary gland scintigraphy (SGS). **Methods** Sixty-four patients (23 males, 41 females, age (39.6±13.0) years) were recruited from the Third Affiliated Hospital, Sun Yat-Sen University, all of whom had undergone surgery for DTC between May 2014 and December 2023. SGS was conducted 3 d prior to and 3–6 months following ¹³¹I therapy. Salivary gland function parameters, including the uptake index (UI) and excretion fraction (EF) for both (right (R) and left (L)) parotid (P) and submandibular (S) glands (L-pUI, R-pUI, L-sUI, R-sUI, L-pEF, R-pEF, L-sEF, R-sEF), were measured. Patients were divided into two groups (group A: dose of first-time therapy (D_f) ≤ 3 700 MBq; group B: D_f>3 700 MBq) to analyze the characteristics of changes in salivary gland function between the two groups. The relationship between cumulative dose (D_c) and salivary gland hypofunction was assessed. Data were analyzed using paired *t* test, Wilcoxon signed rank test, and χ^2 test. The optimal threshold of D_c for salivary gland hypofunction was determined through ROC curve analysis. **Results** After the first therapy, L-pUI, R-pUI, L-sUI, and R-sUI significantly decreased compared with baseline values in group B (*n*=38; *t* values: from -3.77 to -2.96, all *P*<0.01). In contrast, there were no significant differences in any salivary gland function parameters between pre-therapy and post-

therapy assessments in group A ($n=26$; t values: from -1.18 to 0.95 , all $P>0.05$). Fifteen patients underwent therapy twice. After the second therapy, L-pUI, R-pUI, L-sUI, R-sUI, L-pEF, and R-pEF significantly decreased compared to baseline values (t values: from -6.77 to -3.50 , all $P<0.01$), and with a more pronounced reduction observed in L-pUI and R-pUI compared to the first therapy (Z values: from -2.10 and -2.67 , both $P<0.05$). The incidence of salivary gland hypofunction after the second therapy was higher than that after the first therapy ($10/15$ vs 21.9% ($14/64$); $\chi^2=11.53$, $P=0.001$). The incidence of salivary gland hypofunction was found to be related to D_e ($\chi^2=24.35$, $P<0.001$). Based on ROC curve analyses, patients were likely to experience salivary gland hypofunction when D_e exceeded $5\,550\text{ MBq}$ ($\text{AUC}=0.80$ ($95\%\text{ CI: }0.69\text{--}0.89$), $P<0.001$), with the sensitivity of $13/19$, specificity of 91.1% ($41/45$), positive predictive value of $13/17$, and negative predictive value of 87.2% ($41/47$). **Conclusion** Some patients with DTC experience a decline in salivary gland function in the short term (3–6 months) after undergoing postoperative therapy with ^{131}I , and the degree and incidence of this decline display in a D_e -related manner.

【Key words】 Thyroid neoplasms; Radiotherapy; Iodine radioisotopes; Salivary glands; Radionuclide imaging

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20240810-00289

^{131}I 治疗分化型甲状腺癌 (differentiated thyroid cancer, DTC) 时可导致放射性唾液腺炎^[1-2]。监测唾液腺功能变化是 ^{131}I 治疗全程管理尤其是安全性评价的重要部分。腮腺造影可造成唾液腺损伤而不再推荐^[3]; 唾液流率检测及超声难以兼顾客观及早期诊断^[4-5]。核素唾液腺显像 (salivary gland scintigraphy, SGS) 可评价双侧腮腺、颌下腺摄取和排泄功能。研究显示, DTC 患者 ^{131}I 治疗后唾液腺最大分泌指数和摄取率下降, 受损程度与治疗剂量相关, 但该研究未考虑本底影响^[6]。但亦有研究报道治疗后 4~6 个月患者唾液腺摄取和排泄分数未受影响^[7]。部分研究通过视觉法等主观判断唾液腺功能, 难以保证客观性^[8]。深度学习和 Delta 影像组学结合法评估唾液腺损伤仍处于验证阶段^[9]。为探索患者 ^{131}I 治疗累计剂量与唾液腺功能受损间的关系, 并量化分析其受损程度, 本研究借助 SGS 定量指标, 评估唾液腺功能治疗前后变化, 分析 ^{131}I 治疗对唾液腺功能影响及其与剂量的关系。

资料与方法

1. 研究对象。回顾性收集 2014 年 5 月至 2023 年 12 月就诊于中山大学附属第三医院行 DTC 术后 ^{131}I 治疗的患者资料。本研究已通过本院伦理委员会审批 (批件号: 中大附三医伦 II 2024-255-01), 符合《赫尔辛基宣言》的原则。

纳入标准: (1) DTC 术后患者; (2) 年龄 ≥ 18 岁; (3) 符合《 ^{131}I 治疗分化型甲状腺癌指南 (2021 版)》(简称指南) 推荐^[10], 并自愿行 ^{131}I 治疗; (4) 首次 ^{131}I 治疗前 3 d 内行基线 SGS 检查, 每次治疗后 3~6 个月行 SGS 随访复查。排除标准: (1) 伴影响唾液腺功能疾病; (2) ^{131}I 治疗前已行头颈部外放射治疗; (3) 伴严重心、肝、肾功能障碍; (4) 伴其他肿瘤需行放化疗; (5) 长期或近期服用过影响唾液腺功能药

物; (6) SGS 检查前 1 个月内已行全身 ^{131}I 显像; (7) 妊娠期及哺乳期妇女。

最终纳入 64 例患者 [男 23 例、女 41 例, 年龄 (39.6 ± 13.0) 岁], 在 ^{131}I 1 次清除残留甲状腺组织 (简称清甲) 治疗后, 接受 1 次 SGS 复查, 其中 15 例患者 [男 5 例、女 10 例, 年龄 (44.7 ± 13.0) 岁] 在 ^{131}I 1 次清甲及 1 次清除不能手术切除的 DTC 转移灶 (简称清灶) 治疗后 [2 次治疗平均间隔 (7.0 ± 1.6) 个月], 分别接受 2 次 SGS 复查。记录每次 ^{131}I 治疗剂量, 首次治疗剂量 (dose of first time therapy, D_f) 为 $185\sim 7\,400$ ($4\,769.3\pm 1\,428.2$) MBq, 第二次治疗剂量为 $5\,550\sim 9\,250$ ($7\,400.0\pm 987.9$) MBq。根据 D_f 将患者分为 A 组 ($D_f\leq 3\,700\text{ MBq}$, $n=26$) 及 B 组 ($D_f> 3\,700\text{ MBq}$, $n=38$)。2 次 SGS 复查结束后, 根据最终累计治疗剂量 (cumulative dose, D_e) 将患者分为 C 组 ($D_e\leq 3\,700\text{ MBq}$, $n=19$)、D 组 ($3\,700\text{ MBq}<D_e< 7\,400\text{ MBq}$, $n=28$) 及 E 组 ($D_e\geq 7\,400\text{ MBq}$, $n=17$)。

2. 治疗方法。根据指南^[10], 患者行 ^{131}I 治疗前禁食富含碘的食物及药物 1 个月, 停药左甲状腺素钠片 3 周。 ^{131}I 治疗后, 均予患者含服维生素 C 片 0.1 g/次 , 3 次/d ; 口服地塞米松 10 mg/次 , 3 次/d ; 奥美拉唑或艾司奥美拉唑 10 mg/次 , 3 次/d , 同时嘱患者多饮水、多排尿。出院后继续服用上述药物 7 d, 长期服用左甲状腺素钠片。

3. SGS。采用德国 Siemens Symbia T6 SPECT 仪, 显像剂为高锝酸盐 ($^{99}\text{Tc}^{\text{m}}\text{O}_4^-$), 剂量 370 MBq , 由北京原子高科股份有限公司提供。

患者取仰卧位, 下颌稍抬起, 探头视野包括双侧腮腺、颌下腺及甲状腺。静脉注射显像剂后立即显像 (1 帧/min , 连续 30 min , 矩阵 128×128 , 放大倍数 2.5), 图像采集至第 14 分钟时, 嘱患者不动, 舌下含服 0.1 g 维生素 C。

4. 唾液腺功能定量指标及数据处理。手动勾画

双侧腮腺、颌下腺、颞部本底区 ROI^[11]。唾液腺功能定量指标为:腮腺、颌下腺摄取指数 (parotid/submandibular uptake index, pUI、sUI)、排泌分数 (parotid/submandibular excretion fraction, pEF、sEF), 计算方式如下:摄取指数 (UI) = (腺体摄取高峰平均计数 - 本底平均计数) / 本底平均计数; 排泌分数 (EF) = (腺体摄取高峰平均计数 - 腺体下降至最低平均计数) / (腺体摄取高峰平均计数 - 本底平均计数) × 100%。其中, 本底为颞部, 左右侧腮腺、颌下腺相应参数分别用 L-pUI、R-pUI、L-sUI、R-sUI、L-pEF、R-pEF、L-sEF 及 R-sEF 表示。根据上述公式, 勾画 ROI, 生成双侧腮腺、颌下腺时间-放射性曲线, 计算各参数。

随访 SGS 检查与基线 SGS 检查的唾液腺功能定量指标间差值记为 Δ 。唾液腺功能下降定义: 以基线 SGS 检查的各参数功能定量指标均数减去 2 个标准差 ($\bar{x}-2s$) 为下警戒线, 当随访 SGS 定量指标较基线值下降超过 2 个标准差时 ($\Delta < -2s$), 表示该唾液腺功能定量指标减低。若 8 个功能指标中出现任意一个指标减低, 则认为该患者唾液腺功能下降。

5. 统计学处理。采用 IBM SPSS Statistics 17.0 软件处理数据, 符合正态分布的定量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 不符合正态分布的定量资料用 $M(Q_1, Q_3)$ 表示, 定性资料用频数 (百分比) 表示。治疗前后唾液腺功能指标差异组内比较采用配对 t 检验, 下降幅度间比较采用 Wilcoxon 符号秩检验, 分类资料间比较采用 χ^2 检验。用 ROC 曲线计算判断出现唾液腺功能下降的 D_0 最佳阈值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义 (双侧检验)。

结 果

1. 首次治疗后唾液腺功能变化。64 例患者首次 ^{131}I 治疗后结果见表 1。B 组患者 ($n = 38$) L-pUI、R-pUI、L-sUI、R-sUI 较基线值减低 (t 值: $-3.77 \sim -2.96$, 均 $P < 0.01$), EF 各指标与基线值间差异无统计学意

义 (t 值: $0.01 \sim 1.56$, 均 $P > 0.05$)。A 组患者 ($n = 26$) 各指标与基线值间差异无统计学意义 (t 值: $-1.18 \sim 0.95$, 均 $P > 0.05$)。

2. 2 次治疗后唾液腺功能变化 (表 2)。15 例患者 (A 组 7 例, B 组 8 例) 接受了清甲及清灶治疗, 2 次治疗后患者 L-pUI、R-pUI、L-sUI、R-sUI、L-pEF 及 R-pEF 值较基线值减低 (t 值: $-6.77 \sim -3.50$, 均 $P < 0.01$)。与首次 ^{131}I 治疗后相比, 2 次治疗后患者 L-pUI、R-pUI 的下降幅度更明显 (Z 值: $-2.10, -2.67$, 均 $P < 0.05$), 而 L-sUI 及 R-sUI 的下降幅度差异无统计学意义 (Z 值: $-0.40, -1.25$, 均 $P > 0.05$)。

3. 治疗后唾液腺功能下降发生率比较。首次治疗后, 64 例患者中共 14 例 (A 组 5 例, B 组 9 例) 唾液腺功能下降, 发生率为 21.9%。第 2 次 ^{131}I 治疗后, 15 例患者中共 10 例 (均 $D_0 \geq 7\,400\text{ MBq}$) 唾液腺功能下降, 发生率为 10/15, 高于首次 ^{131}I 治疗后 ($\chi^2 = 11.53, P = 0.001$)。

4. 唾液腺功能下降的 D_0 最佳阈值。根据 64 例患者最终 D_0 分组, C 组、D 组及 E 组患者唾液腺功能下降发生率差异有统计学意义 [$2/19, 14.3\% (4/28)$ 和 $13/17; \chi^2 = 24.35, P < 0.001$]。经 ROC 曲线分析, 当 $D_0 > 5\,550\text{ MBq}$ 时, 患者可能在治疗后出现唾液腺功能下降 [$\text{AUC} = 0.80 (95\% \text{ CI}: 0.69 \sim 0.89), P < 0.001$; 灵敏度为 $13/19$, 特异性为 $91.1\% (41/45)$, 阳性预测值为 $13/17$, 阴性预测值为 $87.2\% (41/47)$]。DTC 患者 ^{131}I 治疗后唾液腺功能变化特点见图 1。

讨 论

DTC 占甲状腺癌的 95% 以上, 因部分保留摄碘功能, ^{131}I 成为 DTC 术后重要治疗手段^[12]。 ^{131}I 应用普遍, 其引起的唾液腺功能下降备受关注。

Baudin 等^[4]通过唾液流率检测方法, 认为 ^{131}I 清甲治疗剂量 $\leq 3\,700\text{ MBq}$ 时不引起患者唾液分泌减少。Wu 等^[13]认为, 当 ^{131}I 治疗剂量 $\leq 5\,550\text{ MBq}$ 时, 不影响唾液腺摄取和排泌功能。本研究显示, 首次

表 1 不同治疗剂量组 DTC 患者首次 ^{131}I 治疗后唾液腺功能指标与其基线值比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	时期	L-pUI	R-pUI	L-sUI	R-sUI	L-pEF (%)	R-pEF (%)	L-sEF (%)	R-sEF (%)
A 组 ($n = 26$)	基线	2.70 ± 1.72	2.47 ± 1.85	1.31 ± 0.55	1.28 ± 0.57	52.5 ± 31.8	51.1 ± 32.7	44.3 ± 17.7	44.7 ± 17.9
	首次治疗后	2.27 ± 1.25	2.26 ± 1.13	1.20 ± 0.58	1.22 ± 0.58	57.5 ± 32.1	54.9 ± 30.9	45.7 ± 19.2	44.9 ± 19.3
B 组 ($n = 38$)	基线	2.57 ± 1.14	2.51 ± 1.15	1.43 ± 0.56	1.50 ± 0.76	56.6 ± 25.7	56.5 ± 26.9	42.9 ± 17.4	45.6 ± 16.9
	首次治疗后	1.97 ± 1.07	1.94 ± 1.01	1.15 ± 0.51	1.14 ± 0.51	62.0 ± 23.5	56.6 ± 30.8	47.3 ± 16.6	46.4 ± 18.7
t_1, t_2 值		-1.18, -3.77	-0.57, -3.55	-0.76, -3.08	-0.36, -2.96	0.95, 1.29	0.61, 0.01	0.31, 1.56	0.06, 0.30
P_1, P_2 值		0.251, 0.001	0.573, 0.001	0.451, 0.004	0.720, 0.005	0.350, 0.207	0.549, 0.993	0.759, 0.127	0.956, 0.767

注: t_1, P_1 为 A 组治疗前后比较, t_2, P_2 为 B 组治疗前后比较; DTC 为分化型甲状腺癌, 左右侧腮腺、颌下腺摄取指数 (pUI、sUI)、排泌分数 (pEF、sEF) 分别表示为 L-pUI、R-pUI、L-sUI、R-sUI、L-pEF、R-pEF、L-sEF 及 R-sEF; A 组治疗剂量 $\leq 3\,700\text{ MBq}$, B 组治疗剂量 $> 3\,700\text{ MBq}$

表 2 15 例 DTC 患者 2 次¹³¹I 治疗后唾液腺功能指标治疗前后变化[$\bar{x}\pm s$ 或 $M(Q_1, Q_3)$]

时期及幅度	L-pUI	R-pUI	L-sUI	R-sUI	L-pEF(%)	R-pEF(%)	L-sEF(%)	R-sEF(%)
基线值	3.67±1.74	3.59±2.00	1.64±0.49	1.85±0.83	67.6±14.5	66.0±17.1	45.4±13.0	49.3±11.0
首次治疗后	2.16±0.92	2.42±1.33	1.09±0.47	1.19±0.50	65.0±28.8	55.7±34.7	46.6±20.5	43.8±21.3
2 次治疗后	1.50±0.68	1.50±0.82	1.06±0.47	1.06±0.37	37.7±33.8	38.5±33.4	46.2±19.7	49.5±12.9
下降幅度 ₁ (%)	45.9	41.4	43.1	39.7	-	-	-	-
	(11.6, 62.9)	(0.7, 51.3)	(1.2, 51.9)	(3.3, 52.4)				
下降幅度 ₂ (%)	62.7	59.9	31.2	47.6	64.5	41.6	-	-
	(39.9, 68.9)	(29.3, 67.5)	(21.4, 49.5)	(12.8, 61.4)	(5.5, 86.8)	(3.2, 92.8)		
t_1, t_2 值	-3.63, -5.25	-2.23, -4.05	-3.98, -6.77	-2.53, -3.90	-0.49, -3.51	-1.16, -3.50	0.23, 0.19	-1.12, 0.06
P_1, P_2 值	0.003, <0.001	0.043, 0.001	0.001, <0.001	0.024, 0.002	0.632, 0.003	0.264, 0.004	0.821, 0.854	0.283, 0.956

注:下降幅度₁、 t_1 、 P_1 为首次治疗后与治疗前比较,下降幅度₂、 t_2 、 P_2 为 2 次治疗后与治疗前比较;DTC 为分化型甲状腺癌,左右侧腮腺、颌下腺摄取指数(pUI、sUI)、排泌分数(pEF、sEF)分别表示为 L-pUI、R-pUI、L-sUI、R-sUI、L-pEF、R-pEF、L-sEF 及 R-sEF;-为无数据

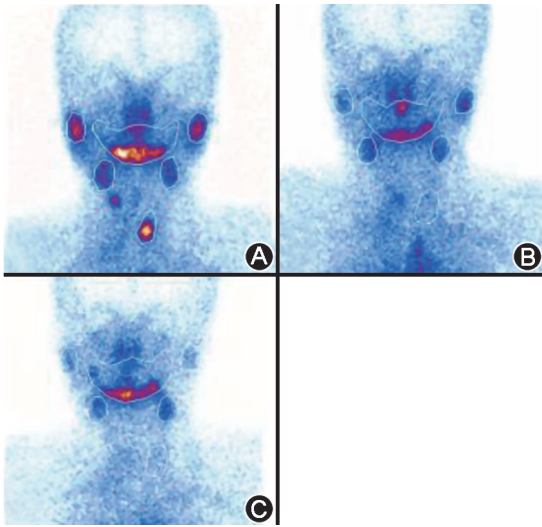


图 1 分化型甲状腺癌(DTC)术后¹³¹I 治疗患者(女,40 岁)唾液腺显像图。A.治疗前唾液腺功能正常,显像清晰;B.首次治疗(剂量为 5 550 MBq)后右侧腮腺、颌下腺摄取功能较前下降,排泌功能正常,显像欠清晰;C.2 次治疗(累计治疗剂量 11 100 MBq)后双侧腮腺、颌下腺摄取功能进一步下降,同时腮腺排泌功能也出现下降,显像剂摄取明显降低

¹³¹I 治疗后,当治疗剂量 $\leq 3\,700$ MBq 时,患者唾液腺各项指标与治疗前差异均无统计学意义,当治疗剂量 $>3\,700$ MBq 时,患者腮腺和颌下腺摄取功能指标出现下降。

本研究中,15 例患者接受了¹³¹I 清甲及清灶治疗,2 次¹³¹I 治疗后,患者双侧腮腺、颌下腺摄取功能及双侧腮腺分泌功能下降,而颌下腺分泌功能未受影响,这与文静等^[14]的结果相似。同时,2 次治疗后患者 L-pUI、R-pUI 下降幅度高于首次治疗后,而腮腺分泌功能也出现了下降;唾液腺功能下降发生率亦高于首次¹³¹I 治疗。根据 D_c 分组后,不同组别间患者唾液腺功能下降的发生率不同,D_c 越大,发生率越高、程度越严重。当 D_c 大于 5 550 MBq 时,患者很可能出现唾液腺功能下降。

本研究提示,合适的¹³¹I 剂量及相对更低的清甲剂量有助于避免唾液腺损伤。患者 D_c 对其唾液腺功能有一定的影响,应充分论证再次行¹³¹I 治疗尤其是清甲的必要性,以避免唾液腺功能受损。对于需行多次或更大剂量¹³¹I 治疗的患者,应加强对其唾液腺的保护。

¹³¹I 治疗引起唾液腺损伤的主要原因为:(1)唾液腺小叶导管上皮细胞膜存在钠-碘转运体,可从血液中摄取¹³¹I;(2)¹³¹I 在唾液腺浓度为血液的 30~40 倍,约 24%的¹³¹I 通过唾液腺代谢^[15],因受到大量¹³¹I 辐射而引起损伤。¹³¹I 治疗时应采取必要防治措施:(1)治疗前评估唾液腺功能,明确有无唾液腺疾病并积极干预;(2)治疗后促进唾液排泌,以缩短¹³¹I 在腺体的滞留时间。方法包括:(1)通过酸性饮食、多饮水等促进唾液分泌及代谢;(2)采用药物治疗,如使用细胞保护剂氨磷汀、催唾剂柠檬酸和毛果芸香碱等。需注意的是,本研究样本量偏少,在进行分组研究时易产生选择偏倚,未来需要大样本量的多中心研究。

综上,首次¹³¹I 治疗后短期内(3~6 个月)约 21.9% 患者出现唾液腺功能下降,2 次治疗后唾液腺功能下降的程度及发生率高于首次治疗,这与患者接受的 D_c 有关,当患者的¹³¹I 治疗剂量大于 5 550 MBq 时,很有可能出现唾液腺功能下降,需及时采取保护唾液腺功能的预防措施。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 谢良骏:研究实施、论文撰写、统计学分析;林岩松:研究指导、论文修改;程木华:研究指导、论文修改、经费支持

参 考 文 献

[1] Peng X, Wu Y, Brouwer U, et al. Cellular senescence contributes to radiation-induced hyposalivation by affecting the stem/progenitor cell niche[J]. Cell Death Dis, 2020, 11(10): 854. DOI: 10.1038/s41419-020-03074-9.

- [2] Adrameras M, Andreadis D, Vahtsevanos K, et al. Sialadenitis as a complication of radioiodine therapy in patients with thyroid cancer: where do we stand? [J]. *Hormones (Athens)*, 2021, 20(4): 669-678. DOI:10.1007/s42000-021-00304-3.
- [3] 张文,陈竹,厉小梅,等.原发性干燥综合征诊疗规范[J].中华内科杂志, 2023, 62(9): 1059-1067. DOI: 10.3760/cma.j.cn112138-20221027-00797.
Zhang W, Chen Z, Li XM, et al. Recommendations for the diagnosis and treatment of Sjögren's syndrome in China[J]. *Chin J Intern Med*, 2023, 62(9): 1059-1067. DOI:10.3760/cma.j.cn112138-20221027-00797.
- [4] Baudin C, Bressan A, Buffet C, et al. Dysfunction of the salivary and lacrimal glands after radioiodine therapy for thyroid cancer: results of the START study after 6-months of follow-up[J]. *Thyroid*, 2023, 33(9): 1100-1109. DOI:10.1089/thy.2023.0090.
- [5] Horvath E, Skoknic V, Majlis S, et al. Radioiodine-induced salivary gland damage detected by ultrasonography in patients treated for papillary thyroid cancer: radioactive iodine activity and risk[J]. *Thyroid*, 2020, 30(11): 1646-1655. DOI: 10.1089/thy.2019.0563.
- [6] Raza H, Khan AU, Hameed A, et al. Quantitative evaluation of salivary gland dysfunction after radioiodine therapy using salivary gland scintigraphy[J]. *Nucl Med Commun*, 2006, 27(6): 495-499. DOI:10.1097/00006231-200606000-00004.
- [7] Krčálová E, Horáček J, Gabalec F, et al. Scintigraphic evaluation of salivary gland function in thyroid cancer patients after radioiodine remnant ablation[J]. *Eur J Oral Sci*, 2020, 128(3): 204-210. DOI:10.1111/eos.12689.
- [8] 李欢,杜小梅,冯真,等.不同剂量¹³¹I 清甲治疗对分化型甲状腺癌唾液腺功能和生活质量的影响[J].解放军医药杂志, 2017, 29(10): 26-29. DOI:10.3969/j.issn.2095-140X.2017.10.006.
Li H, Du XM, Feng Z, et al. Effects of different doses ¹³¹I thyroidectomy treatment on salivary gland function and life quality of patients with thyroid carcinoma[J]. *Med & Pharm J Chin PLA*, 2017, 29(10): 26-29. DOI:10.3969/j.issn.2095-140X.2017.10.006.
- [9] 曾钰灏,葛昭,崇维霞,等.基于深度学习及 Delta 影像组学的唾液腺显像在甲状腺癌术后及¹³¹I 治疗后唾液腺损伤评估中的价值[J].中华核医学与分子影像杂志, 2024, 44(2): 68-73. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20230919-00052.
Zeng YL, Ge Z, Chong WX, et al. Value of salivary gland imaging based on deep learning and Delta radiomics in evaluation of salivary gland injury following ¹³¹I therapy post thyroid cancer surgery[J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2024, 44(2): 68-73. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20230919-00052.
- [10] 中华医学会核医学分会. ¹³¹I 治疗分化型甲状腺癌指南(2021 版)[J].中华核医学与分子影像杂志, 2021, 41(4): 218-241. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20201113-00412.
Chinese Society of Nuclear Medicine. Guidelines for radioiodine therapy of differentiated thyroid cancer (2021 edition) [J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2021, 41(4): 218-241. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20201113-00412.
- [11] 程木华,张峰,许杰华,等.核素唾液腺显像的定量分析软件开发与应用[J].现代临床医学生物工程杂志, 2006, 12(5): 423-426. DOI:10.3760/cma.j.issn.1008-634X.2006.05.012.
Cheng MH, Zhang F, Xu JH, et al. Programming of quantitative analysis of salivary gland scintigraphy and its application[J]. *J Mod Clin Med Bioeng*, 2006, 12(5): 423-426. DOI:10.3760/cma.j.issn.1008-634X.2006.05.012.
- [12] 中国临床肿瘤学会指南工作委员会.中国临床肿瘤学会(CSCO)分化型甲状腺癌诊疗指南 2021[J].肿瘤预防与治疗, 2021, 34(12): 1164-1201. DOI: 10.3969/j.issn.1674-0904.2021.12.013.
Guidelines Working Committee of Chinese Society of Clinical Oncology. Guidelines of Chinese Society of Clinical Oncology(CSCO) differentiated thyroid cancer[J]. *J Cancer Control Treat*, 2021, 34(12): 1164-1201. DOI:10.3969/j.issn.1674-0904.2021.12.013.
- [13] Wu JQ, Feng HJ, Ouyang W, et al. Systematic evaluation of salivary gland damage following I-131 therapy in differentiated thyroid cancer patients by quantitative scintigraphy and clinical follow-up[J]. *Nucl Med Commun*, 2015, 36(8): 819-826. DOI:10.1097/MNM.0000000000000325.
- [14] 文静,高沁怡,李亚明,等.分化型甲状腺癌患者¹³¹I 治疗前后唾液腺功能的变化[J].中国医学影像技术, 2010, 26(8): 1553-1556.
Wen J, Gao QY, Li YM, et al. Variation of salivary gland function in patients with thyroid cancer after ¹³¹I therapy[J]. *Chin J Med Imaging Technol*, 2010, 26(8): 1553-1556.
- [15] Oh JM, Kalimuthu S, Gangadaran P, et al. Reverting iodine avidity of radioactive-iodine refractory thyroid cancer with a new tyrosine kinase inhibitor (K905-0266) excavated by high-throughput NIS (sodium iodide symporter) enhancer screening platform using dual reporter gene system[J]. *Oncotarget*, 2018, 9(6): 7075-7087. DOI:10.18632/oncotarget.24159.

(收稿日期:2024-08-10)