

$^{99}\text{Tc}^{\text{m}}\text{O}_4^-$ SPECT/CT for evaluating the therapeutic efficacy of ^{131}I in treatment of Graves disease

DENG Huixing, JI Ting, WANG Qi, YANG Lulu, YANG Aimin*

(Department of Nuclear Medicine, the First Affiliated Hospital of
Xian Jiaotong University, Xian 710061, China)

[Abstract] **Objective** To observe the value of $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}\text{O}_4^-$ SPECT/CT for evaluating the therapeutic efficacy of ^{131}I in treatment of Graves disease (GD). **Methods** Totally 44 GD patients who received ^{131}I treatment were enrolled and divided into cured group ($n=20$), non-cured group ($n=9$) and hypothyroidism group ($n=15$) according to follow-up results after treatments. $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}\text{O}_4^-$ SPECT/CT quantitative parameters, including the thyroid volume, the average standard uptake value (SUV_{mean}) and the maximum standard uptake value (SUV_{max}), the technetium uptake rate and functional thyroid mass (FTM) and their relationships with total triiodothyronine (TT_3), total thyroxine (TT_4), free triiodothyronine (FT_3), free thyroxine (FT_4) and thyroid stimulating hormone (TSH) were observed before and after treatment and compared among 3 groups. The efficacies of the above quantitative parameters for evaluating the efficacy of ^{131}I treatment were observed. **Results** Before treatment, there were significant differences of thyroid volume and SUV_{mean} among 3 groups (both $P<0.05$), but not of SUV_{max} , technetium uptake rate nor FTM (all $P>0.05$). After treatment, significant differences of thyroid volume, SUV_{mean} , SUV_{max} , technetium uptake rate and FTM were observed among 3 groups (all $P<0.05$). After treatment The thyroid volume, SUV_{mean} , SUV_{max} , technetium uptake rate and FTM of all 44 patients were significantly lower than those before treatment (all $P<0.001$). The thyroid volume, SUV_{mean} , SUV_{max} , technetium uptake rate and FTM decreased significantly after treatment in cured group and hypothyroidism group (all $P<0.001$), but no significant change of the above parameters in non-cured group was found (all $P>0.05$). The difference of 24 h thyroid iodine uptake rate before and after treatment was strongly positively correlated with differences of SUV_{mean} and SUV_{max} ($r=0.86$, 0.84 , both $P<0.05$), moderately positively correlated with the difference of FTM ($r=0.46$, $P<0.05$), and weakly positively correlated with the difference of Technetium uptake rate ($r=0.38$, $P<0.05$). The difference of thyroid volume before and after treatment was weakly positively correlated with the difference of TT_3 ($r=0.37$, $P<0.05$), moderately positively correlated with the difference of FT_3 ($r=0.43$, $P<0.05$). The area under the curve (AUC) of SUV_{mean} , SUV_{max} and technetium uptake rate before treatment for evaluating the efficacy of ^{131}I was 0.84, 0.74 and 0.85, respectively, of percentage change of thyroid volume, SUV_{mean} , SUV_{max} , technetium uptake rate and FTM was 0.76, 0.92, 0.94, 0.95 and 0.96, respectively, with the best cut-off value of 34.50%, 18.50%, 24.50%, 55.00% and 53.00%, respectively. **Conclusion** $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}\text{O}_4^-$ SPECT/CT quantitative parameters, including thyroid volume, SUV_{mean} , SUV_{max} , technetium uptake rate and FTM had certain value for evaluating the efficacy of ^{131}I in treatment of GD.

[Keywords] Graves disease; technetium; tomography, emission-computed, single-photon; tomography, X-ray computed

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2021.12.030

[第一作者] 邓惠兴(1975—),男,陕西渭南人,博士,主治医师。研究方向:核素治疗及分子靶向诊疗。E-mail: denghuixing@126.com

[通信作者] 杨爱民,西安交通大学第一附属医院核医学科,710061。E-mail: yangaimin@mail.xjtu.edu.cn

[收稿日期] 2020-07-12 [修回日期] 2021-09-24

$^{99}\text{Tc}^{\text{m}}\text{O}_4^-$ SPECT/CT 评估 ^{131}I 治疗格雷夫斯病效果

邓惠兴, 吉 婷, 王 岐, 杨路路, 杨爱民*

(西安交通大学第一附属医院核医学科, 陕西 西安 710061)

[摘要] **目的** 观察 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}\text{O}_4^-$ SPECT/CT 评估 ^{131}I 治疗格雷夫斯病(GD)效果的价值。**方法** 根据随访结果将 44 例接受 ^{131}I 治疗的 GD 患者分为治愈组($n=20$)、未愈组($n=9$)和甲减组($n=15$), 观察各组治疗前、后 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}\text{O}_4^-$ SPECT/CT 定量参数的差异, 包括甲状腺体积、平均标准摄取值(SUV_{mean})、最大标准摄取值(SUV_{max})、碘摄取率及功能甲状腺质量(FTM), 及其与总三碘甲腺原氨酸(TT_3)、总甲状腺素(TT_4)、游离三碘甲腺原氨酸(FT_3)、游离甲状腺素(FT_4)及促甲状腺素(TSH)水平的关系, 并观察各参数评估 ^{131}I 疗效的效能。**结果** 治疗前, 3 组甲状腺体积及 SUV_{mean} 差异均有统计学意义(P 均 <0.05), 而 SUV_{max} 、碘摄取率及 FTM 间差异无统计学意义(P 均 >0.05)。治疗后, 3 组甲状腺体积、 SUV_{mean} 、 SUV_{max} 、碘摄取率及 FTM 差异均有统计学意义(P 均 <0.05); 且所有患者治疗后甲状腺体积、 SUV_{mean} 、 SUV_{max} 、碘摄取率及 FTM 均较治疗前明显减小(P 均 <0.001)。其中, 治愈组和甲减组治疗后甲状腺体积、 SUV_{mean} 、 SUV_{max} 、碘摄取率和 FTM 均较治疗前明显减小(P 均 <0.001), 而未愈组则无明显变化(P 均 >0.05)。治疗前、后甲状腺 24 h 摄碘率差值与 SUV_{mean} 差值及 SUV_{max} 差值均呈极强正相关($r=0.86, 0.84, P$ 均 <0.05), 与 FTM 差值呈中度正相关($r=0.46, P<0.05$), 而与碘摄取率差值呈弱正相关($r=0.38, P<0.05$)。治疗前、后甲状腺体积差值与 TT_3 差值呈弱正相关($r=0.37, P<0.05$), 而与 FT_3 差值呈中度正相关($r=0.43, P<0.05$)。治疗前 SUV_{mean} 、 SUV_{max} 和碘摄取率判断 ^{131}I 治疗有效的曲线下面积(AUC)分别为 0.84、0.74 和 0.85; 治疗后, 甲状腺体积、 SUV_{mean} 、 SUV_{max} 、碘摄取率及 FTM 较治疗前变化百分比的 AUC 分别为 0.76、0.92、0.94、0.95 及 0.96, 最佳截断值分别为 34.50%、18.50%、24.50%、55.00% 和 53.00%。**结论** $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}\text{O}_4^-$ SPECT/CT 定量参数甲状腺体积、 SUV_{mean} 、 SUV_{max} 、碘摄取率和 FTM 评估 ^{131}I 治疗 GD 效果具有一定价值。

[关键词] 格雷夫斯病; 碘; 体层摄影术, 发射型计算机, 单光子; 体层摄影术, X 线计算机

[中图分类号] R581; R817 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2021)12-1885-05

格雷夫斯病(Graves disease, GD)为毒性弥漫性甲状腺肿, 是最常见的内分泌疾病之一^[1], 可采用放射性碘-131(^{131}I)进行治疗^[2]。目前 SPECT/CT 及其定量参数如标准摄取值(standard uptake value, SUV)等已逐渐用于定量诊断 GD、指导治疗及随访。据报道^[3-4], 根据 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}\text{O}_4^-$ SPECT/CT 所示甲状腺碘摄取率及 SUV 可定量诊断功能性甲状腺疾病。本研究观察 GD 患者 ^{131}I 治疗前、后 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}\text{O}_4^-$ SPECT/CT 定量参数的变化, 结合临床化验指标评价 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}\text{O}_4^-$ SPECT/CT 评估 ^{131}I 治疗 GD 疗效的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2018 年 1 月—2019 年 12 月 44 例因 GD 于西安交通大学第一附属医院接受 ^{131}I 治疗患者, 男 10 例, 女 34 例, 年龄 21~69 岁, 中位年龄 45 岁。纳入标准: ①于 ^{131}I 治疗前及治疗后 3 个月内接受血清甲状腺功能化验、24 h 甲状腺摄碘率测定、甲状腺超声、常规甲状腺 SPECT 静态显像和 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}\text{O}_4^-$ SPECT/CT 甲状腺局部断层显像; ②于 ^{131}I 治疗前 2

周停止进食海鲜等含碘食物, 并停用抗甲状腺药物。检查前患者均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 经肘静脉注射 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}\text{O}_4^-$ (185.0 ± 16.8) MBq 后, 嘱患者安静休息 30 min。采用 GE 双探头 Discovery NM/CT 670 SPECT/CT, 配备低能高分辨平行孔准直器。嘱患者仰卧、头后仰, 暴露甲状腺区, 行颈部平面显像及 SPECT/CT 断层显像。SPECT 参数: 能窗 140 keV $\pm 10\%$, 矩阵 128 $\times$ 128, zoom 1.5, 帧数 60, 每 6 $^\circ$ 1 帧, 每帧 20 s; CT 参数: 采用螺旋扫描, 旋转时间 0.6 s, 电压 120 kV, 管电流 80 mA, 速度 13.75 mm/rot, 层厚 3.75 mm, 螺距 1.375:1, 矩阵 512 $\times$ 512。

1.3 实验室检查 甲状腺功能指标包括总三碘甲腺原氨酸(total triiodothyronine, TT_3)、总甲状腺素(total thyroxine, TT_4)、游离三碘甲腺原氨酸(free triiodothyronine, FT_3)、游离甲状腺素(free thyroxine, FT_4)及促甲状腺素(thyroid stimulating hormone, TSH)。于空腹口服 ^{131}I 溶液 185 kBq 24 h

后检测甲状腺部位放射性计数,计算摄碘百分率。

1.4 分组 根据随访中的临床症状及实验室指标将患者分为治愈组、未愈组和甲状腺功能减退(甲减组)。治愈组 20 例,男 2 例,女 18 例,年龄 21~52 岁,中位年龄 39 岁,经¹³¹I 治疗后甲状腺功能亢进(甲亢)症状及体征消失,且甲状腺功能指标正常;未愈组 9 例,男 5 例,女 4 例,年龄 29~64 岁,中位年龄 50 岁,均存在甲亢症状及体征,且 FT₃、FT₄ 及 TSH 未恢复正常;甲减组 15 例,男 3 例,女 12 例,年龄 21~69 岁,中位年龄 48 岁,均存在甲状腺功能减退相关表现,且 FT₃、FT₄ 下降,TSH 水平升高。

1.5 图像处理及分析 采用 GE Xeleris 工作站 Q. Metrix 软件重建断层图像,并进行定量分析。以有序子集最大期望值(ordered subsets expectation maximization, OSEM)算法重建 SPECT 断层图像,2 iteration/10 subsets;行 CT 衰减校正、散射校正和灵敏度恢复校正,Butterworth 后滤波 0.48 frequency/10 order。以 40% 最大 SUV (maximum SUV, SUV_{max}) 为阈值,自动提取 SPECT 甲状腺感兴趣体积(volume of interest, VOI),测量甲状腺体积、平均 SUV(mean SUV, SUV_{mean})、SUV_{max}、碘摄取率及功能甲状腺质量(functional thyroid mass, FTM)等半定量参数,FTM=SUV_{mean}×甲状腺体积^[5]。

1.6 统计学分析 采用 SPSS 22.0 统计分析软件。以 $\bar{x} \pm s$ 表示符合正态分布的计量资料,以中位数(上下四分位数)表示不符合正态分布者。采用配对 Wilcoxon 检验比较治疗前、后 SPECT/CT 定量参数;以 Kruskal Wallis H 检验比较 3 组参数。采用 Spearman 法行相关性分析,以 $0.2 \leq |r| < 0.4$ 为弱相关, $0.4 \leq |r| < 0.6$ 为中度相关, $0.6 \leq |r| < 0.8$ 为强相关, $|r| \geq 0.8$ 为极强相关。绘制受试者工作特征

(receiver operating characteristic, ROC) 曲线,计算曲线下面积(area under the curve, AUC)。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

经影像学检查及临床医师触诊估算,甲状腺重量为 30~160 g;¹³¹I 治疗剂量为 133.2~629.0 MBq,中位治疗剂量为 259.0 MBq。

2.1 定量参数及临床资料比较 治疗前 3 组 TT₄、TT₃、FT₄、FT₃、TSH 及甲状腺 24 h 摄碘率差异均无统计学意义(P 均>0.05),而甲状腺估重及¹³¹I 治疗剂量差异有统计学意义(P 均<0.05)。见表 1。治疗前 3 组甲状腺体积及 SUV_{mean} 差异均有统计学意义(P 均<0.05),而 SUV_{max}、碘摄取率及 FTM 差异均无统计学意义(P 均>0.05),见表 2。

治疗后,3 组甲状腺体积、SUV_{mean}、SUV_{max}、碘摄取率及 FTM 差异均有统计学意义(P 均<0.05)。所有患者治疗后甲状腺体积、SUV_{mean}、SUV_{max}、碘摄取率及 FTM 均较治疗前明显减小(P 均<0.001,图 1);治愈组和甲减组治疗后甲状腺体积、SUV_{mean}、SUV_{max}、碘摄取率和 FTM 均较治疗前明显减小(P 均<0.001),而未愈组则无明显变化(P 均>0.05)。

2.2 定量参数与临床资料的相关性分析 治疗前,甲状腺体积与 TT₃ 呈强正相关($r=0.61, P<0.05$),与 TT₄、FT₃ 及 FT₄ 均呈中度正相关($r=0.48、0.36、0.44, P$ 均<0.05);24 h 摄碘率与 SUV_{mean}、SUV_{max}、碘摄取率及 FTM 均呈中度正相关($r=0.46、0.42、0.48、0.51, P$ 均<0.05)。治疗后,SUV_{mean}、SUV_{max}、碘摄取率及 FTM 均与 FT₃ 均呈中度正相关($r=0.45、0.46、0.49、0.48, P$ 均<0.05),与 24 h 摄碘率呈强正相关($r=0.68、0.70、0.75、0.71, P$ 均<0.05)。

表 1 治愈组、未愈组及甲减组 GD 患者¹³¹I 治疗前临床资料比较

组别	TT ₄ (μg/dl)	TT ₃ (ng/ml)	FT ₄ (pmol/L)	FT ₃ (pmol/L)
治愈组(n=20)	20.8(14.20,28.70)	3.79(2.86,5.15)	43.90(32.10,67.85)	12.34(9.51,15.63)
未愈组(n=9)	31.09(21.68,32.00)	7.90(4.00,8.00)	91.00(47.55,141.06)	20.80(10.70,35.08)
甲减组(n=15)	19.10(16.6,25.3)	2.93(2.62,5.64)	41.93(29.19,108.10)	12.10(10.40,23.35)
H 值	5.43	5.17	4.66	4.12
P 值	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05
组别	TSH(μIU/ml)	24 h 摄碘率(%)	甲状腺估重(g)	¹³¹ I 治疗剂量(MBq)
治愈组(n=20)	<0.07	58.02(55.21,77.50)	60.00(51.25,66.12)	259.00(240.50,310.06)
未愈组(n=9)	<0.07	67.45(64.50,73.90)	85.00(57.50,120.00)	370.00(240.50,629.00)
甲减组(n=15)	<0.07	62.27(57.00,73.00)	50.00(45.00,65.00)	222.00(133.20,277.50)
H 值	—	5.31	7.34	6.25
P 值	—	>0.05	<0.05	<0.05

表 2 治愈组、未愈组及甲减组 GD 患者¹³¹I 治疗前 SPECT/CT 定量参数比较

组别	甲状腺体积(ml)	SUV _{mean}	SUV _{max}	甲状腺碘摄取率(%)	FTM(g)
治愈组(n=20)	23.90(16.15,42.63)	232.49(158.20,284.25)	504.80(372.15,609.09)	9.02(5.70,22.18)	4582.81(3075.95,10944.88)
未愈组(n=9)	46.70(19.60,70.55)	220.63(157.09,274.84)	538.44(362.96,636.88)	15.15(9.02,32.52)	7964.74(4295.10,15399.88)
甲减组(n=15)	14.60(12.00,26.10)	309.83(229.36,378.61)	621.23(507.23,770.98)	9.53(6.56,17.46)	5527.71(3109.08,9301.86)
H 值	9.39	7.74	4.49	2.60	1.51
P 值	<0.05	<0.05	>0.05	>0.05	>0.05

治疗前、后 24 h 摄碘率差值与 SUV_{mean} 差值及 SUV_{max} 差值均呈极强正相关($r=0.86, 0.84$, P 均 <0.05),与 FTM 差值呈中度正相关($r=0.46, P<0.05$),而与碘摄取率差值呈弱正相关($r=0.38, P<0.05$)。治疗前、后甲状腺体积差值与 TT₃ 差值呈弱正相关($r=0.37, P<0.05$),而与 FT₃ 差值呈中度正相关($r=0.43, P<0.05$)。

2.3 ROC 曲线分析 将甲减组和治愈组归为治疗有效,以未愈组为治疗无效。ROC 曲线结果显示,治疗前 SUV_{mean}、SUV_{max} 和碘摄取率判断¹³¹I 治疗有效的 AUC 分别为 0.84、0.74 和 0.85 (P 均 <0.05 ,图 2),甲状腺体积和 FTM 判断¹³¹I 治疗有效的 AUC 分别为 0.34 和 0.47 (P 均 >0.05)。治疗后,甲状腺体积、SUV_{mean}、SUV_{max}、碘摄取率及 FTM 较治疗前降低百分比判断¹³¹I 治疗有效的 AUC 分别为 0.76、0.92、0.94、0.95 及 0.96 (P 均 <0.05 ,图 3),最佳截断值分别为 34.50%、18.50%、24.50%、55.00%和 53.00%。

3 讨论

甲状腺⁹⁹Tc^mO₄⁻ SPECT/CT 具有图像质量好、操作速度快、辐射剂量低、一次显像即可得到多个定量参数及显像后可立即行放射性碘治疗等优势^[6-8],能同时提供甲状腺解剖结构及生理学相关信息^[9-10],有助于诊断及治疗 GD^[11]。

万良荣等^[12]发现 GD 患者甲状腺体积、SUV_{mean}

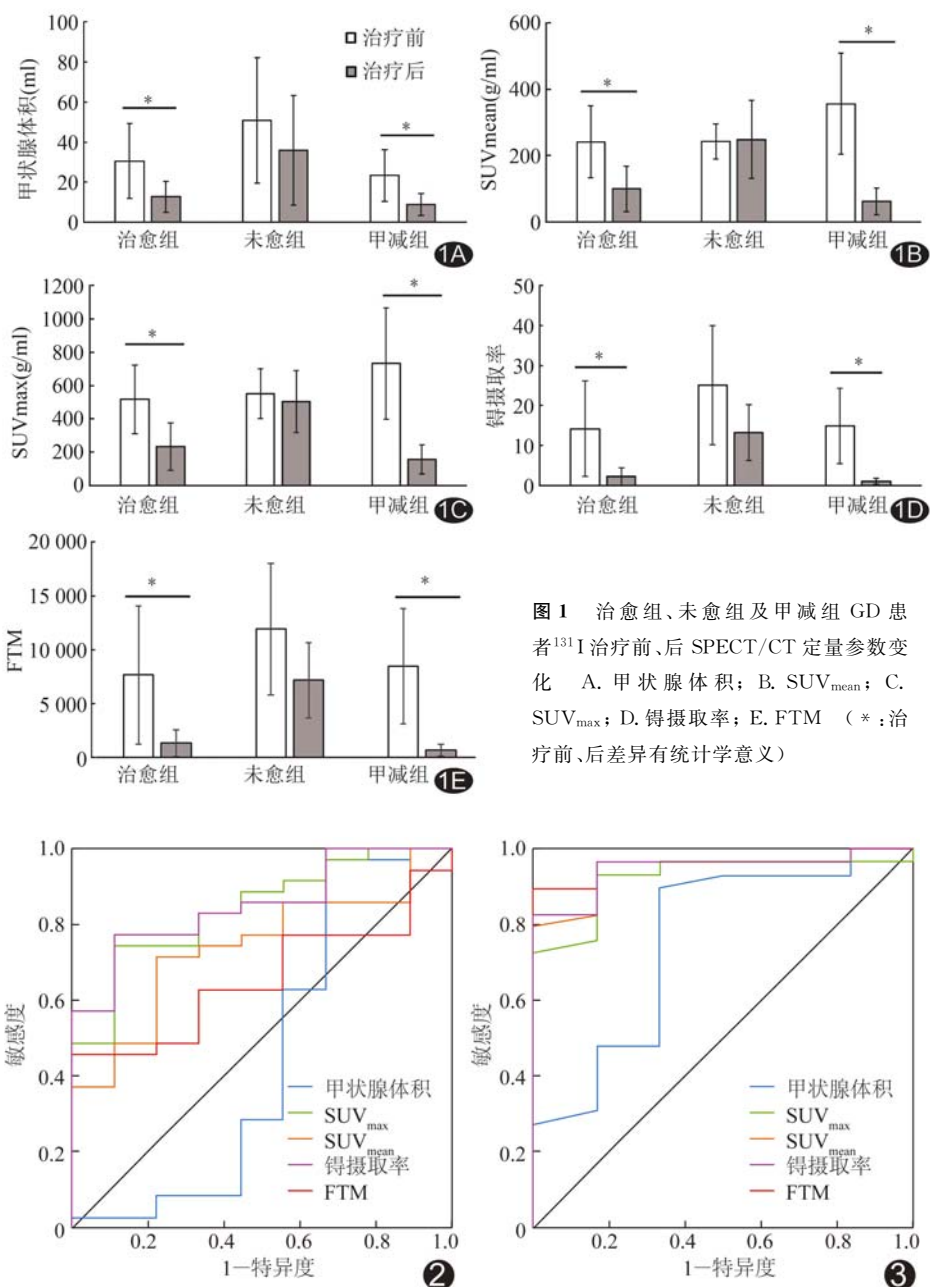


图 1 治愈组、未愈组及甲减组 GD 患者¹³¹I 治疗前、后 SPECT/CT 定量参数变化 A. 甲状腺体积; B. SUV_{mean}; C. SUV_{max}; D. 碘摄取率; E. FTM (*: 治疗前、后差异有统计学意义)

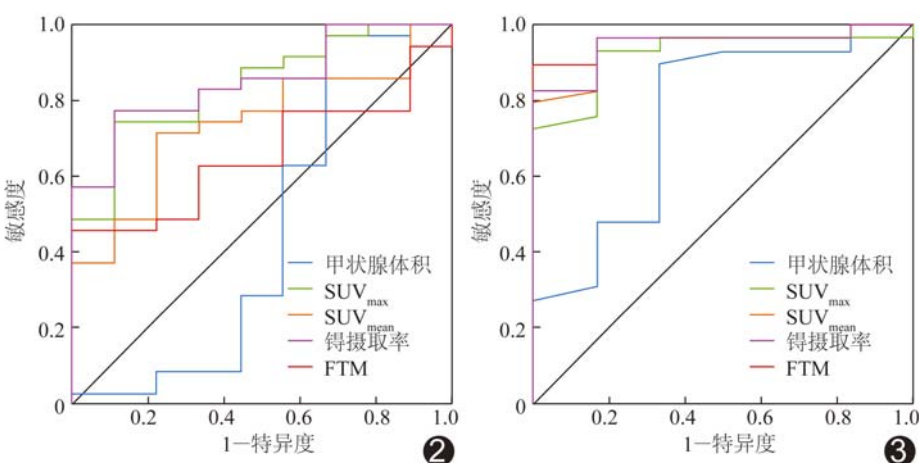


图 2 ¹³¹I 治疗前 SPECT/CT 定量参数判断治疗有效的 ROC 曲线

图 3 ¹³¹I 治疗后,根据 SPECT/CT 定量参数变化百分比判断治疗有效的 ROC 曲线

及 SUV_{max} 较非 GD 者明显增高,且与 FT₃、FT₄ 和 24 h 摄碘率显著相关。本研究各组¹³¹I 治疗前、后 SPECT/CT 定量参数差异均具有统计学意义,且治疗前、后甲

甲状腺体积差值与 TT_3 差值呈弱正相关、与 FT_3 差值呈中度正相关,而治疗前、后 24 h 摄碘率差值与 SUV_{mean} 差值及 SUV_{max} 差值均呈极强正相关,提示甲状腺体积及 SUV 与甲状腺功能及甲亢严重程度有关^[13]。

EI-KAREEN 等^[14]认为 GD 病灶甲状腺铈摄取率越高,则治疗效果越差。有学者^[15-16]发现 FTM 与 PET/CT 所示糖酵解总量类似,可体现组织代谢体积和摄取水平,综合反映 GD 病情,并定量评价¹³¹I 治疗效果。本研究治疗前 3 组铈摄取率及 FTM 均无明显差异,治疗后铈摄取率和 FTM 均较治疗前明显降低。然而甲状腺摄取铈与碘的机制不同,目前仍以甲状腺 24 h 摄碘率为指导治疗的主要参数^[17]。

KIM 等^[5]提出 GD 治疗前甲状腺铈摄取率和 FTM 是甲亢疗效的独立影响因素。本研究发现根据治疗前 SUV_{mean} 、 SUV_{max} 和铈摄取率判断¹³¹I 治疗有效的 AUC 分别为 0.84、0.74 和 0.85,与前者有所差异,原因可能在于治疗手段及随访时间不同,而检查设备、药物剂量、采集条件及勾画病灶方法均可影响测量 SPECT/CT 定量参数的准确性^[18]。本研究结果显示,根据治疗后甲状腺体积、 SUV_{mean} 、 SUV_{max} 、铈摄取率及 FTM 较治疗前降低百分比均可判断¹³¹I 治疗效果,其最佳截断值分别为 34.50%、18.50%、24.50%、55.00%和 53.00%。

本研究不足之处:①样本量小,且 3 组样本量分布不均衡;②随访时间仅为 3 个月;③¹³¹I 治疗前、后两次 SPECT/CT 扫描时注射^{99m}Tc^mO₄⁻的剂量及自注射至开始扫描的时间无法完全一致,可能对结果产生影响。

综上所述,^{99m}Tc^mO₄⁻ SPECT/CT 定量参数甲状腺体积、 SUV_{mean} 、 SUV_{max} 、铈摄取率及 FTM 用于评估¹³¹I 治疗 GD 效果具有一定价值。

[参考文献]

- [1] BARTALENA L. Diagnosis and management of Graves disease: A global overview [J]. Nat Rev Endocrinol, 2013, 9 (12): 724-734.
- [2] 周新建,朱玉莲,赵媛,等.¹³¹I 治疗甲亢前后甲状腺显像变化[J]. 中国医学影像技术, 2013, 29(9): 1442-1445.
- [3] DONG F, LI L, BIAN Y, et al. Standardized uptake value using thyroid quantitative SPECT/CT for the diagnosis and evaluation of Graves' disease: A prospective multicenter study [J]. Biomed Res Int, 2019, 2019: 7589853.
- [4] LEE H, KIM J H, KANG Y K, et al. Quantitative single-photon emission computed tomography/computed tomography for technetium pertechnetate thyroid uptake measurement [J]. Medicine (Baltimore), 2016, 95(27): e4170.
- [5] KIM H J, BANG J I, KIM J Y, et al. Novel application of quantitative single-photon emission computed tomography/computed tomography to predict early response to methimazole in Graves' disease [J]. Korean J Radiol, 2017, 18(3): 543-550.
- [6] RAMOS C D, ZANTUT WITTMANN D E, ETCHEBEHERE E C, et al. Thyroid uptake and scintigraphy using ^{99m}Tc pertechnetate: Standardization in normal individuals [J]. Sao Paulo Med J, 2002, 120(2): 45-48.
- [7] ENEVOLDSEN L H, MENASHI C A, ANDRSEN U B, et al. Effects of acquisition time and reconstruction algorithm on image quality, quantitative parameters, and clinical interpretation of myocardial perfusion imaging [J]. J Nucl Cardiol, 2013, 20(6): 1086-1092.
- [8] GNESIN S, LEITE FERREIRA P, MALTERRE J, et al. Phantom validation of Tc-99m absolute quantification in a SPECT/CT commercial device [J]. Comput Math Methods Med, 2016, 2016: 4360371.
- [9] BAILEY D L, WILLOWSON K P. An evidence-based review of quantitative SPECT imaging and potential clinical applications [J]. J Nucl Med, 2013, 54(1): 83-89.
- [10] CHEN Y, XIE S P, HE F, et al. Evaluation of the efficacy of standardized uptake value (SUV)-shape scheme for thyroid volume determination in Graves' disease: A comparison with ultrasonography [J]. Asia Ocean J Nucl Med Biol, 2017, 5(1): 44-48.
- [11] OKOSIEME O E, CHAN D, PRICE S A, et al. The utility of radioiodine uptake and thyroid scintigraphy in the diagnosis and management of hyperthyroidism [J]. Clin Endocrinol (Oxf), 2010, 72(1): 122-127.
- [12] 万良荣,黄干,刘建军.^{99m}TcO₄-SPECT/CT 定量显像在测定毒性弥漫性甲状腺肿患者 SUV 值和甲状腺体积中的应用 [J]. 上海交通大学学报(医学版), 2020, 40(12): 1637-1640.
- [13] LEE W W, K-SPECT GROUP. Clinical applications of technetium-99m quantitative single-photon emission computed tomography/computed tomography [J]. Nucl Med Mol Imaging, 2019, 53(3): 172-181.
- [14] EI-KAREEM M A, DERWISH W A, MOUSTAFA H M. Response rate and factors affecting the outcome of a fixed dose of RAI-131 therapy in Graves' disease: A 10-year Egyptian experience [J]. Nucl Med Commun, 2014, 35(9): 900-907.
- [15] CHANG K J, LIM I, PARK J Y, et al. The role of (18)F-FDG PET/CT as a prognostic factor in patients with synovial sarcoma [J]. Nucl Med Mol Imaging, 2015, 49(1): 33-41.
- [16] PARK S, LEE E, RHEE S, et al. Correlation between semi-quantitative (18) F-FDG PET/CT parameters and Ki-67 expression in small cell lung cancer [J]. Nucl Med Mol Imaging, 2016, 50(1): 24-30.
- [17] DAMLE N, BAL C, KUMAR P, et al. The predictive role of 24h RAIU with respect to the outcome of low fixed dose radioiodine therapy in patients with diffuse toxic goiter [J]. Hormones (Athens), 2012, 11(4): 451-457.
- [18] 陈慧帆,周伟,朱玉春.基于 SPECT/CT 甲状腺^{99m}Tc 显像和铈率技术的影响因素及临床应用 [J]. 中国医疗设备, 2021, 36(7): 166-169.