

刘汪洋, 孙存杰, 赵红兰, 等. IVR-CT 设备 TACE 治疗患者辐射剂量评价方法的研究[J]. CT 理论与应用研究, 2019, 28(6): 653–658. doi:10.15953/j.1004-4140.2019.28.06.02.

LIU W Y SUN C J, ZHAO H L, et al. Study on evaluation method of radiation dose of patients in TACE of IVR-CT[J]. CT Theory and Applications, 2019, 28(6): 653–658. doi:10.15953/j.1004-4140.2019.28.06.02. (in Chinese).

## IVR-CT 设备 TACE 治疗患者辐射剂量评价方法的研究

刘汪洋<sup>1</sup>, 孙存杰<sup>2</sup>, 赵红兰<sup>2</sup>, 汪秀玲<sup>2✉</sup>

1. 徐州医科大学医学影像学院, 江苏 徐州 221000

2. 徐州医科大学附属医院影像科, 江苏 徐州 221000

**摘要:** 目的: 通过测量肝动脉化疗栓塞术 (TACE) 治疗中患者入射体表剂量 (ESD), 对比设备剂量指示值 (dose index, DI), 建立两者之间的换算公式。方法: 在接受肝癌 TACE 治疗的 50 名患者 (男 37、女 13; 年龄 70.3 岁  $\pm$ 6.8 岁) 体表放置荧光玻璃剂量计, 测量治疗中患者 ESD。测定部位 3 处, 分别为病灶背侧体表、CT 及锥形束 CT (CBCT) 扫描野内。分别测量治疗过程中总 ESD、1 次 CT 扫描及 1 次锥形束 CT 扫描的 ESD。治疗使用的 IVR-CT 设备为 AXIOM Artis dTA/i-CT (Siemens)。探讨体表剂量与设备剂量指示值的关系。结果: ESD 与设备 DI 之间的换算公式为  $ESD (\text{mGy}) = [(0.697 \times \text{CTDI} + 7.175) \times \text{CT 扫描次数}] + [0.384 \times \text{CBCTDI} - 5.472] + [0.567 \times \text{透视 DI} - 9.248]$ 。结论: 设备 DI 与实际测量的 ESD 有良好的直线相关性, 使用换算公式可以得出治疗过程中患者 ESD。

**关键词:** IVR-CT; 辐射剂量; 肝动脉化疗栓塞术; 肝癌

doi:10.15953/j.1004-4140.2019.28.06.02 中图分类号: R 812 文献标志码: A

在世界范围内, 我国属于肝癌高发病率地区。其中慢性肝炎或肝硬变的并发性肝癌占大多数, 而因我国 B 型和 C 型肝炎感染率较高, 因此导致肝癌患者数量十分巨大。一直以来, 对于肝癌以预防、早期发现并进行治疗为主, 为此不仅是内科和外科医生付出了巨大努力, 影像科医生也如此。因亚洲地区 B 型和 C 型肝炎的感染率远高于欧美地区, 随着医疗设备和技术的发展, 今后需要对肝癌治疗的患者数量也会逐渐增加。肝癌的治疗方法除外科手术外、常用介入治疗方法有经皮穿刺注射 (percutaneous ethanol injection therapy, PEIT)、射频消融 (radiofrequency ablation, RFA)、肝动脉化疗栓塞术 (transcatheter arterial chemo-embolization, TACE)、纳米刀治疗 (arterial infusion chemotherapy using implantable port) 及冷冻治疗 (cryotherapy) 等, 此外还有立体定向放疗、影像引导下放射治疗及离子线治疗等放射治疗方法, 其发展趋势是综合治疗<sup>[1–3]</sup>。

在上述众多治疗方法中, 始于日本的 TACE 目前仍是肝癌治疗中不可或缺的方法之一, 是介入治疗 (interventional radiology, IVR) 中最常用的方法<sup>[4–6]</sup>, 现在甚至可以适用于一部分转移性肝癌。作者在日本群马大学就读硕士期间, 群马大学附属医院

收稿日期: 2019-09-16。

基金项目: 国家自然科学基金 (81901798)。

每周约进行数十例 TACE 治疗，是 IVR 治疗中最常见的手术之一。在治疗过程中，一般需进行 DSA 透视、锥形束 CT 扫描及螺旋 CT 扫描。为了保证 TACE 治疗的精准性，除高质量的 DSA 设备外，还需要与之配套的 CT。血管造影机与 CT 为一体的 IVR-CT 装置是目前日本运用最为广泛的一种介入治疗设备，但目前国内仍处于研发阶段，并未投入临床使用。

IVR 中存在着患者辐射问题。DSA 设备与 CT 设备都有相应的辐射剂量指示值，但其概念不同，并不能直接得到患者入射体表剂量（entrance surface dose, ESD）。本研究通过实际测量 TACE 治疗中患者 ESD，对比设备剂量指示值，建立两者之间的换算公式，从而达到根据设备剂量指示值计算出 ESD 的目的。

## 1 材料和方法

### 1.1 通过模体实验确定 CT 及 DSA 校正系数

本研究使用荧光玻璃剂量计（GD-352M, AGC テクノグラス），因锡制校正滤过在图像上留下伪影，测量过程中需拆除<sup>[7-8]</sup>。因此将有锡制校正滤过和无锡制校正滤过的剂量计同时放置在模体（タフウォーターファントム WD 型，京都科学）上，在 120 kV 管电压下进行曝光，通过此模体实验确定校正系数。研究中得到的实际测量值乘以校正系数，为患者 ESD。

### 1.2 研究对象

日本群马大学医学部附属医院接受 TACE 治疗的 50 名患者，男 37，女 13，年龄  $70.3 \pm 6.8$ ，50~83 岁。研究前签署知情同意书。

### 1.3 仪器设备及测量方法

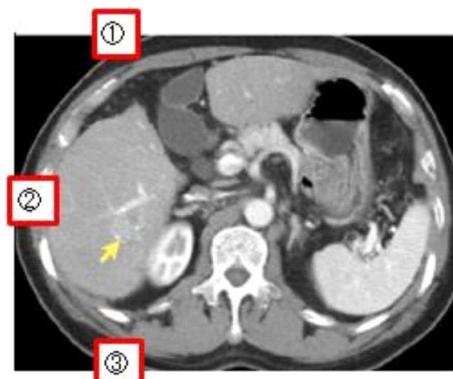
采用 IVR-CT (AXIOM Artis dTA/i-CT, Siemens Japan K. K., Tokyo, Japan)。

首先在透视下根据患者肝脏及病灶位置，剂量计放置在病灶最大径层面。测定部位 3 处，分别为病灶背侧体表、CT 及锥形束 CT(cone beam CT, CBCT) 扫描野内（图 1）。

图 1 中位置 ① 的剂量计仅在第一次 CT 扫描时放置，测量 1 次 CT 扫描的辐射剂量；位置 ② 的剂量计同样仅在 CBCT 扫描时放置，测量 1 次 CBCT 扫描的辐射剂量；位置 ③ 的剂量计在治疗过程中全程放置，测量得到整个治疗过程中的总辐射剂量。每个位置均放置 3 个剂量计，最终取平均值作为测量值。将以上测量值代入以下公式，分别得到 1 次 CT 扫描、CBCT 扫描及透视的 ESD。

1 次 CT 次扫描 ESD (A)=①的测量值  $\times$  CT 校正系数。

CBCT 的 ESD(B)=②的测量值  $\times$  DSA 校正系数。



注：箭头指示病灶位置

图 1 患者体表剂量计位置

Fig. 1 Position of dosimeter of the patient

透视 ESD (C) = (③的测量值 - ①的测量值 × CT 扫描次数 - ②的测量值) × DSA 校正系数。

$$\text{治疗过程中总 ESD (D)} = A \times \text{CT 扫描次数} + B + C$$

#### 1.4 仪器设备及测量方法

使用 SPSS 软件 (version22, IBM) 进行数据分析, 关系式均使用线性回归法求得。

### 2 结果

#### 2.1 研究过程中的记录结果

50 名患者的数据, 男 37、女 13; 年龄 ( $70.3 \pm 6.8$ ) 岁, 50~83 岁; 身高 ( $159.9 \pm 7.9$ ) cm, 143~175 cm; 体重 ( $61.1 \pm 11.6$ ) kg, 33.8~89.3 kg; Body Mass Index (BMI) ( $23.8 \pm 3.9$ ) kg/m<sup>2</sup>, 16.0~33.7 kg/m<sup>2</sup>。

对设备显示的数据进行记录, 50 例患者的 CT 扫描次数平均 8.1 次, 平均 CTDI 12.1 mGy, CBCT 平均 CTDI 78.2 mGy, 平均透视时间 34.4 min, 平均透视 DI 1076.3 mGy, DSA 摄片次数平均 9.5 次, 详细结果见表 1。

表 1 设备显示值  
Table 1 Device display value

项目	平均	标准偏差	范围
CT 扫描次数	8.1	2.4	3~15
CTDI/mGy	12.1	2.8	7.7~19.2
CBCTDI/mGy	78.2	7.1	63.2~90.8
透视时间/min	34.4	13.2	13.7~60.2
透视 DI/mGy	1 076.3	778.9	161~4 462
DSA 摄片次数	9.5	6.0	2~31

#### 2.2 实际测量结果与设备显示值的关系

将剂量计所测结果代入上述公式中, 计算得到实际测量计量校后的结果见表 2。其中 1 次 CT 扫描 ESD 平均 15.6 mGy, CBCT 的 ESD 平均 24.5 mGy, 治疗过程中总 ESD 平均 719.8 mGy。

表 2 实际测量计量  
Table 2 Actual measurement dose

剂量计	平均	标准偏差	范围
①/mGy	15.6	2.4	12.1~23.1
②/mGy	24.5	3.7	18.1~32.7
③/mGy	719.8	520.2	164.1~3 003.6

注: ① 为 1 次 CT 扫描 ESD, ② CBCT 的 ESD, ③ 为治疗过程中总 ESD

通过以上数据求得治疗过程中总 ESD (D) = [(0.697 × CTDI + 7.175) × CT 扫描次数] + [0.384 × CBCTDI - 5.472] + [0.567 × 透视 DI - 9.248]。

将实际测量所得治疗过程中总 ESD 与通过公式计算所得治疗过程中总 ESD 进行对比, 结果呈良好直线相关(图 2), 关系式为  $y = 1.014x - 6.061$  ( $r = 0.908$ ,  $P < 0.001$ )。

### 3 讨论

在 X 线影像引导下进行的 IVR 治疗中, 除 IVR 治疗手法及疗效外, 最大的问题之一就是患者的辐射剂量。既往研究结果表明<sup>[9-13]</sup>, ESD 超过 3 000 mGy 时, 便会出现辐射过量的相应症状。因此, 在进行 TACE 治疗时, 应特别注意降低辐射剂量。

虽然 CTDI、CBCTDI、透视(含 DSA 摄片)DI 的剂量单位均为 mGy, 但是概念不同, 无法简单地将上述三者相加来评价患者 ESD。既往研究将 3 种剂量指示值分别进行独立评价<sup>[14-15]</sup>, 对于 IVR 治疗现场来说较为繁杂, 为了评估肝癌 TACE 治疗过程中患者辐射剂量, 需要建立一种通过剂量指示值来计算患者 ESD 的简易方法。

本研究结果表明, 设备显示的 DI 与实际测量的患者 ESD 呈良好线性相关, 可以通过简单的计算将 DI 换算成实际 ESD。根据换算公式求得的治疗过程中总 ESD 与实际测量值基本一致。根据研究提出的方法, 将其分别换算为 ESD 并相加以得到治疗过程中总 ESD, 从而评价患者辐射剂量, 具有相当的可行性。

综上所述, 肝癌的 TACE 治疗过程中, 设备 DI 与实际测量的 ESD 有良好的直线相关性, 使用换算公式可以得出治疗过程中患者 ESD, 从而为进一步开展 TACE 所致患者的辐射剂量调查和研究提供一种实用手段。

本研究存在一定局限性。首先, TACE 治疗手法因操作者不同, 会有各种差异, 一般较为熟练的操作者治疗时间较短, 本研究对操作者手法的影响未予考虑。其次, 治疗过程中辐射剂量的空间分布是不均匀的, 贴在患者体表的剂量仪测量所测得的剂量并不能精准反映整体。另外, 仅针对研究过程中所使用的设备, 研究结果是否可以适用于其他同类设备, 有待进一步探讨。

**致谢:** 本研究资料为作者在日本群马大学留学期间收集整理。在此感谢导师马义人教授对于本研究的指导, 同时感谢在研究具体实施中给予帮助的群马大学医学部附属医院放射科工作人员。

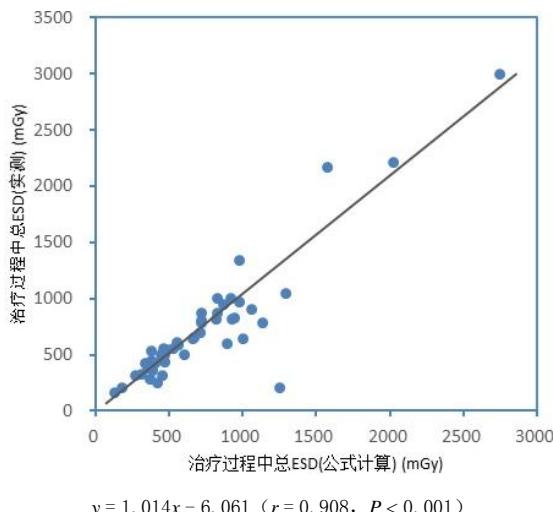


图 2 实测治疗过程中总 ESD 与计算所得治疗过程中总 ESD 的关系

Fig. 2 Correlation between actual ESD and calculated ESD

## 参考文献

- [1] 中野昭一. <普及版>図説・病気の成立ちとからだ II [M]. 医歯薬出版株式会社, 2001.
- [2] LI L, WANG H. Heterogeneity of liver cancer and personalized therapy [J]. Cancer Letter, 2016, 379(2): 191–197.
- [3] LIU C Y, CHEN K F, CHEN P J. Treatment of liver cancer [J]. Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine, 2015, 5(9): a021535.
- [4] ARAI H, ABE T, TAKAYAMA H, et al. Safety and efficacy of balloon-occluded transcatheter arterial chemoembolization using miriplatin for hepatocellular carcinoma [J]. Hepatology Research, 2015, 45(6): 663–666.
- [5] TAKAKI H, SATO Y, YAMAKADO K. Transcatheter arterial chemoembolization for hepatocellular carcinoma: current topics [J]. Nihon Shokakibyo Gakkai Zasshi, 2017, 114(9): 1602–1610.
- [6] PUNG L, AHMAD M, MUELLER K, et al. The Role of Cone-Beam CT in transcatheter arterial chemoembolization for hepatocellular carcinoma: A systematic review and meta-analysis [J]. Journal of Vascular and Interventional Radiology, 2017, 28(3): 334–341.
- [7] 飯田泰治, 能登公也, 高田忠徳, 等. 蛍光ガラス線量計を用いた IVR 装置の実行エネルギーと入射表面線量の測定(半価層測定器と測定用ファントムの作製) [J]. 日本放射線技術学会雑誌, 2010, 66(5): 487–494.
- [8] 小宮勲, 白坂崇, 梅津芳幸, 等. 蛍光ガラス線量計による患者被曝線量測定: 特性評価と腹部 IVR 時の患者皮膚線量測定 [J]. 日本放射線技術学会雑誌, 2003, 60(2): 270–277.
- [9] 中村仁信. IVR における放射線被曝と防護 [J]. 日本医学放射線学会雑誌, 2002, 62(7): 340–342.
- [10] IVR 等に伴う放射線皮膚障害とその防護対策検討会. IVR に伴う放射線皮膚障害の防止に関するガイドライン [R]. 2004.
- [11] WEINBERG B D, GUILD J B, ARBIQUE G M, et al. Understanding and using fluoroscopic dose display information [J]. Current Problems in Diagnostic Radiology, 2015, 44: 38–46.
- [12] 王智廷, 曹国全, 郑翔, 等. 介入治疗术者站立区水平方向 X 线辐射剂量分布特征分析 [J]. 介入放射学杂志, 2018, 27(7): 614–618.  
WANG Z T, CAO G Q, ZHENG X, et al. Analysis of distribution characteristics of horizontal direction X-ray radiation dose at operator-standing area in performing percutaneous coronary intervention [J]. Journal of Interventional Radiology, 2018, 27(7): 614–618.
- [13] MATHIEU K B 1, MCNITT-GRAY M F, CODY D D. The impact of X-ray tube stabilization on localized radiation dose in axial CT scans: Initial results in CTDI phantoms [J]. Physics in Medicine and Biology, 2016, 61(20): 7363–7376.
- [14] PUNG L, AHMAD M, MUELLER K, et al. The role of cone-beam CT in transcatheter arterial chemoembolization for hepatocellular carcinoma: A systematic review and meta-analysis [J]. Journal of Vascular and Interventional Radiology, 2017, 28(3): 334–341.
- [15] KIM S W, OH D, PARK H C, et al. Transcatheter arterial chemoembolization and radiation therapy for treatment-naïve patients with locally advanced hepatocellular carcinoma [J]. Radiation Oncology Journal, 2014, 32(1): 14–22.

## Study on Evaluation Method of Radiation Dose of Patients in TACE of IVR-CT

LIU Wangyang<sup>1</sup>, SUN Cunjie<sup>2</sup>, ZHAO Honglan<sup>2</sup>, WANG Xiuling<sup>2✉</sup>

1.School of Medical Imaging, Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, China

2.Department of Medical Imaging, Xuzhou Medical University Hospital, Xuzhou 221000, China

**Abstract:** Objective: To establish the conversion formula between the Entrance Surface Dose (ESD) of the patient in the TACE treatment and the Dose Index (DI) from equipment. Methods: ESDs were measured from 50 patients who received TACE (37 Males, 13 Females;  $(70.3 \pm 6.8)$  years old) by placing fluorescent glass dosimeters on the skin surface. ESDs were measured in three locations, including the dorsal surface of the lesion, the scan field of CT and cone beam CT (CBCT). The total ESD, ESD in each CT scan and CBCT scan were measured, respectively. AXIOM Artis dTA/i-CT (Siemens) was used as the equipment of IVR-CT. The relationship between perspective DI and perspective ESD were explored. Results: The conversion formula between ESD and DI is established as:  $ESD = [(0.697 \times CTDI + 7.175) \times \text{number of CT scans}] + [0.384 \times CBCT DI - 5.472] + [0.567 \times \text{perspective DI} - 9.248]$ . Conclusions: DI and ESD have a good linear correlation. We can use the conversion to formulate ESD in this study.

**Keywords:** IVR-CT; radiation dose; transcatheter arterial chemo-embolization; liver cancer



**作者简介:** 刘汪洋 (1988—), 男, 徐州医科大学讲师, 主要从事医学影像技术、放射防护相关教学及研究, Tel: 0516-83262244, E-mail: z258921492@163.com; 汪秀玲✉ (1963—), 女, 主任医师, 副教授, 硕士研究生指导教师, 徐州医科大学影像诊断学教研室主任, 附属医院影像科副主任, 主要从事影像诊断的临床教学与科研, Tel: 0516-85806539, E-mail: xuzhouwangx1@hotmail.com。