

# 螺旋断层固定野调强放疗技术在中段食管癌放疗中的应用

刘志强 胡志辉 黄鹏 徐英杰 张可 田源 苗俊杰 陈佳贇 许猜 戴建荣

100021 北京, 国家癌症中心 中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院放疗科

通信作者: 戴建荣, Email: dai\_jianrong@163.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2016.06.006

**【摘要】** **目的** 探究螺旋断层固定野调强放疗 TomoDirect (TD) 技术在中段食管癌放疗中的应用, 并评价计划质量和效率。**方法** 对本院收治的 10 例局部晚期根治性中段食管癌患者进行研究。分别在 TomoTherapy 和 Pinnacle<sup>3</sup> 计划系统设计 TD、螺旋断层调强放疗 (HT) 和常规加速器固定野调强放疗 (IMRT) 计划。比较 3 种计划的靶区适形度指数 (CI)、均匀性指数 (HI) 和危及器官 (OARs) 受量以评价计划质量; 比较治疗时间和机器跳数 (MU) 以评价治疗效率。**结果** 与 IMRT 计划相比, TD 和 HT 计划的靶区 CI 和 HI 具有剂量学优势 ( $t = 5.261, 10.419, -5.463, -6.862, P < 0.05$ ); 与 HT 计划相比, TD 计划的靶区 CI 和 HI 要差 ( $t = -7.055, 2.325, P < 0.05$ )。与 IMRT 计划相比, TD 和 HT 计划的平均双肺  $V_{20}$ 、 $V_{30}$  和平均剂量显著变低 ( $t = -5.372, -6.296, -5.372, -6.296, -2.865, -4.632, P < 0.05$ )。与 HT 计划相比, TD 和 IMRT 计划的平均心脏剂量要低 ( $t = -3.112, 2.829, P < 0.05$ )、心脏最大剂量要高 ( $t = 3.154, -3.348, P < 0.05$ )。与 HT 计划相比, TD 计划的脊髓最大剂量和正常组织平均剂量要高 ( $t = 3.071, 5.076, P < 0.05$ )。与 HT 计划相比, TD 平均治疗时间和机器跳数减少 12.0% 和 37.2% ( $t = -4.095, -12.559, P < 0.05$ ), IMRT 计划的治疗时间最短。**结论** TD 技术应用于中段食管癌放疗具有一定优势, 与 HT 技术相比, TD 射线利用率高, 治疗时间短; 与 IMRT 技术相比, TD 靶区 CI、HI 以及平均双肺  $V_{20}$ 、 $V_{30}$  和平均剂量具有明显的剂量学优势。

**【关键词】** TomoDirect; 中段食管癌; 放疗

**TomoDirect in the clinical implementation of mid-esophageal carcinoma** Liu Zhiqiang, Hu Zhihui, Huang Peng, Xu Yingjie, Zhang Ke, Tian Yuan, Miao Junjie, Chen Jiayun, Xu Cai, Dai Jianrong  
National Cancer Center, Department of Radiotherapy, Cancer Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100021, China  
Corresponding author: Dai Jianrong, Email: dai\_jianrong@163.com

**【Abstract】** **Objective** To evaluate the use of TomoDirect (TD) for the treatment of esophageal cancer in terms of plan quality and treatment efficiency. **Methods** In total of ten patients for locally advanced esophageal cancer with radical intent were planned for TD, Helical tomotherapy (HT) and IMRT, where TD and HT plans were designed in TomoTherapy and IMRT plans in Pinnacle<sup>3</sup>. Dose conformity index (CI), dose homogeneity index (HI) and dose for OARs were analyzed to evaluate the plan quality. Treatment time and monitor units were used to assess delivery efficiency. **Results** TD and HT plans showed significant improvement over IMRT plans in terms of CI and HI ( $t = 5.261, 10.419, -5.463, -6.862, P < 0.05$ ). TD plans had a little worse CI and HI than those of HT plans ( $t = -7.055, 2.325, P < 0.05$ ). Mean  $V_{20}$ ,  $V_{30}$  and averaged dose of lungs were significantly improved by TD and HT plans in comparison with IMRT plans ( $t = -5.372, -6.296, -5.372, -6.296, -2.865, -4.632, P < 0.05$ ). Compared with HT plans, the averaged dose of heart was worse than those of TD and IMRT plans ( $t = -3.112, 2.829, P < 0.05$ ), while the maximum dose of heart was better than those of TD and IMRT plans ( $t = 3.154, -3.348, P < 0.05$ ). The maximum dose of cord and averaged dose of normal tissue for TD were worse than that of HT plans ( $t = 3.071, 5.076, P < 0.05$ ). The treatment time and machine monitor unit of TD plans was reduced by 12.0% and 37.2% compared with HT plans, respectively ( $t = -4.095, -12.559, P < 0.05$ ). IMRT plans had the shortest treatment time. **Conclusions** The TD technique is feasible to treat esophageal cancer. It not only can reduce the treatment

time and improve radiation efficiency compared with HT, but also provide an advantage in terms of CI and HI, and  $V_{20}$ ,  $V_{30}$  and averaged dose of lungs in comparison with IMRT.

**【Key words】** TomoDirect; Mid-Esophageal carcinoma; Radiotherapy

近年来,食管癌放疗的常规技术是利用常规加速器进行适形放疗(CRT)和固定野调强放疗(IMRT),螺旋断层固定野调强放疗 TomoDirect(TD)技术应用于食管癌放疗的研究还没有开展。TD技术是螺旋断层放疗(HT)的固定野调强形式<sup>[1-3]</sup>,即治疗床沿靶区头脚方向移动时,加速器机头固定在某一个角度出束,通过调节二进制的多叶准直器的开启和关闭时间对到达靶区和危及器官的射线进行强度调节,满足靶区和危及器官的临床剂量学要求,根据治疗计划设计需要可选择多个射野方向。食管癌以食管中段癌最常见,故该研究针对食管中段肿瘤的根治性放疗进行回顾性分析,分别在 Pinnacle<sup>3</sup> 计划系统设计瓦里安 Unique 加速器 IMRT 计划,在 TomoTherapy 计划系统设计 TD 和 HT 计划进行分析,探究 TD 技术是否具有剂量学和执行效率优势,与 HT 技术相比在射线利用率和治疗时间方面是否具有优势,与 IMRT 技术相比是否存在剂量学优势,为食管癌的放疗提供新的治疗手段。

## 资料与方法

1. 病例资料:对本院近两年收治的 10 例局部晚期中段食管癌患者( $T_{3,4}N_{0,1}M_0$ )进行回顾性分析,6 例男性患者,4 例女性患者,年龄 55~81 岁。临床医生根据临床体检、影像学检查等信息在 Pinnacle<sup>3</sup> 治疗计划系统勾画大体肿瘤靶区(GTV),包括原发肿瘤、淋巴结转移和其他转移的病变;考虑肿瘤可能侵犯的范围勾画临床靶区(CTV),包括 GTV 周围的亚临床病灶以及可能已经发生转移的淋巴引流区;考虑分次治疗中的摆位误差将 CTV 三维均匀外扩 5 mm 得到计划靶区(PTV),PTV 长度 10~20 cm,中位值 18 cm,体积 130~530 cm<sup>3</sup>,中位值 287 cm<sup>3</sup>。

2. 布野方案:综合考虑临床和计划比较的需要,TD 和 IMRT 计划均采用 5 野沿纵隔方向和沿靶区长轴方向布野,射野夹角尽可能大,所有射野均照射全靶区,射野角度分别为 180°、230°、320°、30°和 130°,HT 计划进行遮挡设置,选择部分遮挡方式,保留沿纵隔方向与固定野照射范围一致的照射区间。

3. 计划参数设置:所有患者均采用仰卧位,双

臂交叉举于前额头,用胸部体模固定,采用荷兰 Philips 或德国 Siemens 公司模拟定位 CT 进行扫描。患者体位中轴线位于 CT 孔径中心轴附近,扫描层厚均为 5 mm,扫描范围从颈部到腹部。将扫描后的 CT 图像传输至 Pinnacle<sup>3</sup> 9.0 治疗计划系统,由主管医生勾画 PTV 和危及器官(OARs),OARs 包括双肺、脊髓、心脏和气管等,将勾画好的结构传输至 Tomotherapy Hi-Art V4.0 治疗计划系统,分别在 Pinnacle<sup>3</sup> 9.0 治疗计划系统设计瓦里安 Unique 加速器执行的 IMRT 计划和 TomoTherapy 治疗计划系统设计 TD 和 HT 计划。考虑计划比较的方便,最终将所有的治疗计划均导入 RayStation 计划系统进行分析,导出所需的剂量体积直方图(DVH)和三维的剂量分布。

HT 和 TD 计划参数设置:铅门宽度 2.5 cm,调制因子 2.0,螺距 0.25。其中,螺距在 HT 和 TD 计划中的定义不同,在 HT 计划中定义为机架旋转一圈床前进的距离除以铅门宽度,而在 TD 计划中定义为单个投影间床前进的距离,默认值是铅门宽度的 1/10。IMRT 计划参数设置:最大子野数 50,最小子野面积 5 cm<sup>2</sup>,最小子野跳数 5 MU。

本研究所给予的处方剂量为 60 Gy,单次剂量 2 Gy,共 30 次,要求处方剂量覆盖 95% 的 PTV 体积。危及器官的限量要求为双肺  $V_{20} < 30\%$ ,心脏  $V_{30} < 40\%$ 、 $V_{40} < 30\%$ ,气管最大剂量  $< 80$  Gy,脊髓 PRV(脊髓均匀外扩 5 mm)最大剂量  $< 45$  Gy。

4. 计划评价指标:靶区的评价采用适形度指数(CI)和均匀性指数(HI)。CI 的计算公式为  $CI = (TV_{PV})^2 / (TV \times PV)$ <sup>[4]</sup>。式中,  $TV_{PV}$  为处方剂量所覆盖的 PTV 的体积, cm<sup>3</sup>; TV 为 PTV 的体积, cm<sup>3</sup>; PV 为处方剂量线所覆盖的总体积, cm<sup>3</sup>。CI 越接近 1,表明靶区适形度越好。HI 的计算公式为  $HI = (D_{2\%} - D_{98\%}) / D_{50\%}$ <sup>[5]</sup>。式中,  $D_{2\%}$ 、 $D_{98\%}$  和  $D_{50\%}$  为包围 PTV 体积的 2%、98% 和 50% 的最小剂量, Gy,  $D_{50\%}$  用作归一化处理。HI 值越接近 0,表明靶区均匀性越好。OARs 的评价指标参考国际辐射单位和测量委员会(ICRU)83 号报告<sup>[5]</sup>,包括双肺至少受到 5、20 和 30 Gy 剂量的体积( $V_5$ 、 $V_{20}$  和  $V_{30}$ ),双肺平均剂量( $D_{mean}$ ),脊髓和脊髓 PRV 的最大剂量( $D_{max}$ ),心脏至少受到 30 和 40 Gy 的体积( $V_{30}$  和

$V_{40}$ ), 心脏平均剂量和最大剂量, 正常组织 (NT) 的平均剂量, NT 定义为除 PTV 外的所有正常组织。加速器执行效率和射线利用率的评价采用治疗时间和机器跳数 (MU), 其中 IMRT 和 TD 计划的治疗时间是通过在加速器实际执行得到的, 包括束出时间和机架旋转时间。

5. 统计学处理: 数据用  $\bar{x} \pm s$  表示。采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析, 利用双侧配对  $t$  检验, 对 TD、HT 和 IMRT 治疗计划的剂量学差异、治疗时间以及机器跳数进行分析。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 结 果

1. 3 组计划的剂量学结果: TD、HT 和 IMRT 计划的靶区和危及器官在 10 例患者中的平均值和统计分析结果列于表 1。与 IMRT 计划相比, TD 和 HT 计划的靶区平均剂量、CI 和 HI 具有剂量学优势 ( $t = -3.865$ 、 $-4.914$ 、 $5.261$ 、 $10.419$ 、 $-5.463$ 、 $-6.862$ ,  $P < 0.05$ ); 与 HT 计划相比, TD 计划的靶区平均剂量、CI 和 HI 要差 ( $t = 2.444$ 、 $-7.055$ 、 $2.325$ ,  $P < 0.05$ )。IMRT、TD 和 HT 计划的平均双肺  $V_5$  差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 与 IMRT 计划相比, TD 和 HT 计划的平均双肺  $V_{20}$ 、 $V_{30}$  和平均剂量显著变低 ( $t = -5.372$ 、 $-6.296$ 、 $-6.991$ 、 $-4.646$ 、 $-2.865$ 、 $-4.632$ ,  $P < 0.05$ ); 与 HT 计划相比, TD 计划的平均双肺  $V_{20}$  和平均剂量要高 ( $t = 4.808$ 、 $3.576$ ,  $P < 0.05$ )。IMRT、TD 和 HT 计划的平均心脏  $V_{30}$  和  $V_{40}$  差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 与 HT 计划相比, TD 和 IMRT 计划的心脏平均剂量要低 ( $t = -3.112$ 、 $2.829$ ,  $P < 0.05$ )、心脏最大剂量要高 ( $t = 3.154$ 、 $-3.348$ ,  $P < 0.05$ ); 与 IMRT 计划相比,

TD 计划的心脏平均剂量和最大剂量差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。与 HT 计划相比, TD 计划的脊髓最大剂量要高 ( $t = 3.071$ ,  $P < 0.05$ ), IMRT 计划的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 与 IMRT 计划相比, TD 计划的脊髓最大剂量差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); IMRT、TD 和 HT 计划的脊髓 PRV 最大剂量差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。与 HT 计划相比, TD 计划的正常组织平均剂量要高 ( $t = 5.076$ ,  $P < 0.05$ ), IMRT 计划的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 与 IMRT 计划相比, TD 计划的正常组织平均剂量差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

2. 治疗计划的执行效率以及机器的利用效率: TD、HT 和 IMRT 的治疗计划平均执行时间分别为 436、496 和 235 s, 与 HT 计划相比, TD 计划的执行时间平均短 12.0% ( $t = -4.095$ ,  $P < 0.05$ ), IMRT 计划的执行效率最高; TD 和 HT 计划的机器跳数分别为 4 294 和 6 842 MU, 与 HT 计划相比, TD 的机器跳数平均少了 37.2% ( $t = -12.559$ ,  $P < 0.05$ )。TD 计划从执行效率和机器利用率上要明显优于 HT 计划。

### 讨 论

TD 技术源于 Topotherapy 概念<sup>[6]</sup>, 即加速器机头固定, 通过治疗床的步进和二元多叶准直器的开合控制射线强度, 对每一个固定野, 患者沿头脚方向通过扇形束直到遍布整个靶区。目前, TD 技术主要应用于乳腺癌的放疗<sup>[7-14]</sup>。Reynders 等<sup>[7]</sup>研究了 TomoTherapy、TD 和常规放疗技术在术后乳腺恶性肿瘤中的应用, TomoTherapy 和 TD 技术可以得到临床接受的治疗计划, 从危及器官的保护角度看还要好于常规放疗技术; Hashimoyo 等<sup>[8]</sup>探究了多野和

表 1 3 组计划的靶区和危及器官比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 1 Comparison of PTV and OARs among three treatment plans ( $\bar{x} \pm s$ )

计划	例数	靶区			双肺			
		$D_{mean}$ (Gy)	CI	HI	$V_5$ (%)	$V_{20}$ (%)	$V_{30}$ (%)	$D_{mean}$ (Gy)
TD	10	62.5 ± 0.4 <sup>ab</sup>	0.79 ± 0.05 <sup>ab</sup>	0.09 ± 0.02 <sup>ab</sup>	58.8 ± 9.8	19.5 ± 4.0 <sup>ab</sup>	9.1 ± 3.0 <sup>a</sup>	12.0 ± 2.2 <sup>ab</sup>
HT	10	62.2 ± 0.4 <sup>a</sup>	0.86 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.08 ± 0.01 <sup>a</sup>	58.4 ± 11.0	18.2 ± 4.0 <sup>a</sup>	8.9 ± 3.0 <sup>a</sup>	11.6 ± 2.2 <sup>a</sup>
IMRT	10	63.3 ± 0.7	0.74 ± 0.05	0.13 ± 0.03	58.1 ± 12.0	23.8 ± 4.7	10.9 ± 3.5	12.7 ± 2.6

  

计划	例数	心脏			脊髓	脊髓 PRV	正常组织	
		$V_{30}$ (%)	$V_{40}$ (%)	$D_{mean}$ (Gy)	$D_{max}$ (Gy)	$D_{max}$ (Gy)	$D_{mean}$ (Gy)	
TD	10	31.2 ± 13.3	17.1 ± 8.1	23.6 ± 7.9 <sup>b</sup>	60.1 ± 4.5 <sup>b</sup>	39.3 ± 0.7 <sup>b</sup>	41.5 ± 1.0	12.9 ± 1.7 <sup>b</sup>
HT	10	31.9 ± 14.4	16.1 ± 7.9	24.3 ± 8.3 <sup>a</sup>	59.5 ± 4.2 <sup>a</sup>	38.7 ± 1.1	41.6 ± 1.1	12.7 ± 1.7
IMRT	10	33.7 ± 15.7	17.7 ± 7.7	23.5 ± 8.8	60.7 ± 3.8	38.0 ± 2.6	41.4 ± 2.5	12.8 ± 1.9

注: TD. 螺旋断层固定野调强放疗; HT. 螺旋断层调强放疗; IMRT. 常规加速器固定野调强放疗; HI. 靶区均匀性指数; CI. 靶区适形度指数。<sup>a</sup>与 IMRT 相比,  $t = -3.865$ 、 $-4.914$ 、 $5.261$ 、 $10.419$ 、 $-5.463$ 、 $-6.862$ 、 $-5.372$ 、 $-6.292$ 、 $-6.991$ 、 $-4.646$ 、 $-2.865$ 、 $-4.632$ 、 $2.829$ 、 $-3.348$ ,  $P < 0.05$ ; <sup>b</sup>与 HT 相比,  $t = 2.444$ 、 $-7.055$ 、 $2.325$ 、 $4.808$ 、 $3.576$ 、 $-3.112$ 、 $3.154$ 、 $3.071$ 、 $5.076$ ,  $P < 0.05$

切线野 TD 照射技术在右乳术后放疗中的应用,在没有增加全身剂量的情况下多野 TD 技术改善了靶区和危及器官的剂量分布; Chung 等<sup>[11]</sup>研究了 TD 的调强和适形技术在早期乳腺癌中的剂量学比较,与 TD 的适形技术相比,调强技术可以得到更好的靶区覆盖和患侧肺受到更好的保护; TD 技术为乳腺癌的放疗提供了新的治疗手段。TD 技术在全身和全脑全脊髓的放疗等方面也有相关的应用<sup>[15-16]</sup>, Salz 等<sup>[15]</sup>探究了 TD 调强技术在全身放疗(TBI)中应用的可行性,与传统肺部遮挡方法比较可以得到更好的均匀性,为临床应用提供了新的方法;徐英杰等<sup>[16]</sup>研究了 TD 技术在全脑全脊髓放疗中的全新布野方案,5 野的 TD 技术具有一定优势。考虑目前国内外还没有课题组开展 TD 技术在食管癌放疗中的应用研究,故该研究探究 TD 技术在食管癌放疗中的剂量学和执行效率方面是否具有优势,为食管癌的放疗提供新的临床技术。

食管癌以中段食管癌最为常见,临床上中段食管癌放疗应用比较多的是利用常规加速器的 IMRT 技术,布野原则一般是沿纵隔方向交错布野,通过动态多叶准直器调节射线强度。考虑与 IMRT 技术剂量学和执行效率比较的需要,TD 技术采用同样的布野方案,只是患者的靶区利用扇形束进行照射,通过二元多叶准直器调节射线强度。实验结果表明,TD 技术在靶区的适形度和均匀性方面具有优势,危及器官双肺的  $V_{20}$ 、 $V_{30}$  和平均剂量受量低,对双肺有更好地保护,脊髓和心脏受到的剂量差异不具有统计学意义;TD 技术的治疗时间要长于 IMRT 技术,相对执行效率要低。为充分理解 TD 技术的剂量学和执行效率特点,该文还比较了与 HT 计划的区别,要求设计 HT 计划时利用遮挡技术,遮挡食管两侧的双肺,使靶区的最大照射范围与固定野照射范围基本一致,还要求计划设计参数(调制因子、铅门宽度和螺距)与 TD 计划保持一致。实验结果表明,HT 计划在靶区适形度和均匀性方面要更好,危及器官双肺的  $V_{20}$  和平均剂量的受量更低,脊髓和心脏的最大剂量受量更低,心脏的平均剂量要高;但是由于 HT 进行了遮挡设置,治疗射束的方向减少,增加了治疗圈数,使得治疗时间延长,而且射线的利用率变低,TD 比 HT 计划执行时间少了约 12.0%,而机器跳数减少了约 37.2%。如果 HT 计划不进行遮挡设置,治疗时间和射线利用率会得到改善,但是低剂量区域范围会变大,尤其是对于本

应只有散射剂量的区域受到了更多的照射。

综合考虑,TD 技术在中段食管癌放疗中的应用,与 IMRT 技术相比具有靶区适形度和均匀性好,双肺的  $V_{20}$ 、 $V_{30}$  和平均剂量受量低的优势,与进行遮挡设置的 HT 技术相比具有心脏平均剂量受量低,治疗时间短,射线利用率高的优势。对于只有螺旋断层放疗设备的单位,综合考虑计划质量和执行效率,建议中段食管癌的放疗采用 TD 技术,可以提高设备的使用效率,缩短治疗时间。对于既有常规加速器又有螺旋断层放疗设备的单位,从执行效率的角度考虑,建议使用常规加速器进行治疗,从计划质量的角度考虑,建议使用 TD 技术进行治疗。该研究表明 TD 技术在中段食管癌放疗中具有应用价值,可以为食管癌的放疗提供新的治疗手段。

**利益冲突** 无

**作者贡献声明** 刘志强负责实验设计、数据整理、数据分析和论文撰写;胡志辉和黄鹏负责实验数据采集;徐英杰和张可负责技术指导;田源、苗俊杰和陈佳贇负责数据核查;许猜负责临床指导;戴建荣负责实验总体安排、论文修改

## 参 考 文 献

- [1] Franco P, Catuzzo P, Cante D, et al. TomoDirect: an efficient means to deliver radiation at static angles with tomotherapy [J]. *Tumori*, 2011, 97(4): 498-502. DOI: 10.1700/950.10404.
- [2] Mackie TR. History of tomotherapy [J]. *Phys Med Biol*, 2006, 51(13): R427-453. DOI: 10.1088/0031-9155/51/13/R24.
- [3] Mackie TR, Holmes T, Swerdloff S, et al. TomoTherapy: a new concept for the delivery of dynamic conformal radiotherapy [J]. *Med Phys*, 1993, 20(6): 1709-1719.
- [4] Paddick I. A simple scoring ratio to index the conformity of radiosurgical treatment plans. Technical note [J]. *J Neurosurg*, 2000, 93 (Suppl 3): 219-222. DOI: 10.3171/jns.2000.93.supplement.
- [5] International Commission on Radiation Units and Measurements. Report 83. Prescribing, recording, and reporting photon-beam intensity-modulated radiation therapy (IMRT) [R]. Oxford: Pergamon Press, 2010.
- [6] Olivera G, Ruchala K, Lu W, et al. Dynamic tangents and tomotherapy: new delivery capabilities for helical tomotherapy [J]. *Med Phys*, 2005, 32(6): 2034. DOI: 10.1118/1.1998092.
- [7] Reynders T, Tournel K, De Coninck P, et al. Dosimetric assessment of static and helical TomoTherapy in the clinical implementation of breast cancer treatments [J]. *Radiother Oncol*, 2009, 93(1): 71-79. DOI: 10.1016/j.radonc.2009.07.005.
- [8] Hashimoyo H, Omura M, Matsui K, et al. Tangent field technique of TomoDirect improves dose distribution for whole-breast irradiation [J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2015, 16(3):

5369. DOI: 10.1120/jacmp.v16i3.5369.

[9] McIntosh A, Read PW, Khandelwal SR, et al. Evaluation of coplanar partial left breast irradiation using tomotherapy-based topotherapy[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2008, 71(2): 603-610. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2008.01.047.

[10] Borca VC, Franco P, Catuzzo P, et al. Does TomoDirect 3D-CRT represent a suitable option for post-operative whole breast irradiation? A hypothesis-generating pilot study [J]. Radiat Oncol, 2012, 7: 211. DOI: 10.1186/1748-717X-7-211.

[11] Chung MJ, Kim SH, Lee JH, et al. A Dosimetric comparative analysis of TomoDirect and three-dimensional conformal radiotherapy in early breast cancer[J]. J Breast Cancer, 2015, 18(1): 57-62. DOI: 10.4048/jbc.2015.18.1.57.

[12] Franco P, Migliaccio F, Torielli P, et al. Bilateral breast radiation delivered with static angle tomotherapy (TomoDirect): clinical feasibility and dosimetric results of a single patient[J]. Tumori, 2015, 101(1): e4-8. DOI: 10.5301/tj.5000264.

[13] Lee HC, Kim SH, Suh YJ, et al. A prospective cohort study on postoperative radiotherapy with TomoDirect using simultaneous integrated boost technique in early breast cancer [J]. Radiat Oncol, 2014, 9: 244. DOI: 10.1186/s13014-014-0244-0.

[14] Fields EC, Rabinovitch R, Ryan NE, et al. A detailed evaluation of TomoDirect 3D-CRT planning for whole-breast radiation therapy [J]. Med Dosim, 2013, 38(4): 401-406. DOI: 10.1016/j.meddos.2013.04.008.

[15] Salz H, Bohrisch B, Howitz S, et al. Intensity-modulated total body irradiation (TBI) with TomoDirect™ [J]. Radiat Oncol, 2015, 10: 58. DOI: 10.1186/s13014-015-0362-3.

[16] 徐英杰,胡志辉,戴建荣,等. TomoDirect 技术在全脑全脊髓放疗中的应用[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2015, 35(6): 445-448. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2015.06.010. Xu YJ, Hu ZH, Dai JR, et al. Application of TomoDirect for craniospinal irradiation[J]. Chin J Radiol Med Prot, 2015, 35(6): 445-448. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2015.06.010.

(收稿日期:2016-01-18)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

## 论文参考文献中电子期刊及著作或编著的著录格式

1. 电子期刊的著录格式:主要责任者. 题名[文献类型标志/文献载体标志,电子文献是必选著录项目,其他文献可选择标注]. 刊名,年,卷(期):起页-止页[引用日期]. 获取和访问路径.

凡例

[1] Abood S. Quality improvement initiative in nursing homes: the ANA acts in an advisory role[J/OL]. Am J Nurs,2002, 102(6):23[2002-08-12]. <http://www.nursingworld.org/AJN/2002/june/Wawatch.htm>.

[2] 莫少强. 数字式中文全文文献格式的设计与研究[J/OL]. 情报学报,1999,18(4):1-6[2001-07-08]. <http://periodical.wanfangdata.com.cn/periodical/qbxb/qbxb99//qbxb9904/990407.htm>.

[3] 王旻,于晓玲,程志刚. 肝脏炎性假瘤的超声造影表现[J/CD]. 中华医学超声杂志:电子版,2006,3(1).

2. 著作或编著的著录格式:主要责任者. 题名:其他题名信息[文献类型标志/文献载体标志,电子文献是必选著录项目,其他文献可选择标注]. 其他责任者(例如翻译者). 版本项(第1版不著录). 出版地:出版者,出版年:引文起页-止页[引用日期]. 获取和访问路径.

凡例

[1] 赵耀东. 新时代的工业工程师[M/OL]. 台北:天下文化出版社,1998[1998-09-26]. <http://www.ie.nthu.edu.tw/info/ie.newie.htm>(Big5).

[2] Foley KM,Gelband H. Improving palliative care for cancer [M/OL]. Washington: National Academy Press,2001 [2002-07-09]. <http://www.nap.edu/books/0309074029/html>.

[3] 林江涛. 支气管哮喘的诊断与治疗[M/DK]. 北京:中华医学电子音像出版社,2005.

[4] 北京市神经外科研究所. 王忠诚神经外科手术学术系列多媒体教程[M/CD]. 北京:中华医学电子音像出版社,2001.