

螺旋断层放疗在胸下段食管癌治疗中的应用效果及对患者心肺功能的影响

蒋聪, 梁黎, 高绪峰, 何友安, 刘秦嵩, 王先良
四川省肿瘤医院放疗中心, 四川 成都 610042

【摘要】目的:探讨并分析螺旋断层放疗系统(TOMO)在胸下段食管癌治疗中的应用效果及对患者心肺功能的影响。**方法:**前瞻性选取2016年6月~2020年6月在四川省肿瘤医院确诊并收治的胸下段食管癌患者105例,采用简单随机数表法将其分为观察组($n=53$)和对照组($n=52$)。对照组患者给予医科达容积调强放疗(VMAT),观察组患者给予TOMO放疗。比较两组食管癌患者临床疗效、靶区剂量学参数和心功能参数。放疗后1年进行随访,记录两组患者生存率和肿瘤复发率。**结果:**观察组患者临床总有效率为62.26%,显著高于对照组的40.38%($P<0.05$);观察组GTV、PTV的 D_2 、 D_{50} 、HI均低于对照组,CI高于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$);观察组左肺、右肺和双肺 V_5 和 D_{mean} 均高于对照组($P<0.05$), V_{30} 均低于对照组($P<0.05$),两组 V_{20} 比较无显著差异($P>0.05$);放疗后,两组患者血清肌钙蛋白和脑钠肽水平均升高,但观察组低于对照组($P<0.05$);放疗后1年,观察组患者生存率为86.79%,与对照组(82.69%)比较无显著差异($P>0.05$);两组患者复发率比较差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论:**TOMO放疗在胸下段食管癌治疗中的疗效较好,可降低对患者心肺功能的损伤,提高患者生存率,但对肺功能保护不具明显优势。

【关键词】螺旋断层放疗;胸下段食管癌;心功能;肺功能;治疗效果

【中图分类号】R815

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2023)03-0297-06

Therapeutic effect of tomotherapy on lower thoracic esophageal cancer and its influences on cardiopulmonary function

JIANG Cong, LIANG Li, GAO Xufeng, HE Youan, LIU Qinsong, WANG Xianliang
Radiotherapy Center, Sichuan Cancer Hospital, Chengdu 610042, China

Abstract: Objective To analyze the curative effect of tomotherapy (TOMO) on lower thoracic esophageal cancer (EC) and to explore its affects on cardiopulmonary function. **Methods** A total of 105 patients with lower thoracic EC confirmed in Sichuan Cancer Hospital from June 2016 to June 2020 were prospectively enrolled. According to simple random number table method, they were divided into observation group ($n=53$) and control group ($n=52$). The patients in control group were treated with volumetric modulated arc therapy (VMAT), while those in observation group received TOMO. The clinical curative effect, target dosimetry parameters, cardiac function parameters and pulmonary function indexes were compared between two groups. At 1 year after radiotherapy, all were followed-up to record survival rates and tumor recurrence rates in both groups. **Results** The total clinical response rate in observation group was significantly higher than that in control group (62.26% vs 40.38%, $P<0.05$). The D_2 , D_{50} and HI of GTV and PTV in observation group were lower than those in control group ($P<0.05$), but CI was higher than control group ($P<0.05$). For the left lung, right lung and both lungs, compared with control group, observation group had higher V_5 and D_{mean} ($P<0.05$), but lower V_{30} ($P<0.05$), and the differences in V_{20} were trivial ($P>0.05$). After radiotherapy, the levels of serum troponin and brain natriuretic peptide in both groups were increased, which were lower in observation group than in control group ($P<0.05$). There was no significant difference between observation group and control group in 1-year survival rate (86.79% vs 82.69%, $P>0.05$) and recurrence rate ($P>0.05$). **Conclusion** The treatment of lower thoracic EC with TOMO is efficient. TOMO can reduce cardiac damages and improve survival rate. However, there is no obvious advantage in pulmonary protection.

Keywords: tomotherapy; lower thoracic esophageal cancer; cardiac function; pulmonary function; therapeutic effect

【收稿日期】2022-12-15

【基金项目】四川省科技计划项目(2022YFG0194, 2022YFS0047)

【作者简介】蒋聪, 研究方向: 肿瘤放射治疗技术, E-mail: jianglcong@126.com

【通信作者】王先良, 副研究员, 研究方向: 医学物理, E-mail: wangliu8687@163.com

前言

食管癌是来源于食管上皮的恶性肿瘤,主要表现为吞咽食物时哽咽感、异物感和胸骨后疼痛,具有发病率高和死亡率高的特点^[1-2]。食管癌根据发病部位可分为中段、下段和上段食管癌,其中胸中下段食管癌较为常见^[3-5]。目前,放射治疗已成为胸下段食管癌的主要治疗方式之一,医科达容积调强放疗(Volumetric Modulated Arc Therapy, VMAT)是基于常规放射治疗技术发展而来的新技术,可在多弧设定的任意角度对肿瘤组织进行旋转照射^[6-7]。但食管作为人体串联器官对靶区放疗剂量选择有严格的要求,极易因放疗引起食管穿孔等临床并发症,不利于患者恢复。近年来,随着放疗技术的提升与发展,螺旋断层放疗系统(Tomotherapy System, TOMO)受到广大医生们的关注,已广泛应用于胸部肿瘤放疗。TOMO具有图像引导放疗、自适应放疗等主要功能,其将计算机断层扫描与直线加速器融为一体,集合了各种先进放疗理念,但食管癌患者在放疗过程中由于受到呼吸与心脏搏动影响,容易导致心肺功能损伤等不良反应,限制应用效果^[8-9]。由于目前对于VMAT和TOMO放疗应用于食管癌的放疗靶区覆盖与危及器官剂量的比较缺乏统一的定论,鉴于此,本文探究TOMO放疗在胸下段食管癌治疗中的应用效果以及对心肺功能的影响,为临床选择合适的放疗方式提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

前瞻性选取2016年6月~2020年6月在四川省肿瘤医院确诊并收治的胸下段食管癌患者105例。纳入标准:①经病理检查和影像学检查证实为食管癌,且所有入组对象均符合胸下段食管癌的临床诊断标准^[10];②KPS评分均>70分。排除标准:①既往接受放疗患者;②存在精神疾病患者;③存在其他恶性肿瘤患者;④存在重要脏器病变患者;⑤存在放射治疗无法耐受患者。采用简单随机数表法将收治的105例胸下段食管癌患者分为观察组($n=53$)和对照组($n=52$)。观察组男32例、女21例,年龄49~68岁,平均 (58.41 ± 3.61) 岁,其中I期24例、II期21例、III期8例;对照组男34例、女18例,年龄49~68岁,平均 (58.02 ± 3.45) 岁,I期26例、II期19例、III期7例。两组患者年龄、性别与肿瘤分期差异无统计学意义($P>0.05$)。

1.2 食管癌患者放疗方案

1.2.1 扫描定位

放疗体位,采用热塑膜技术固定患者胸部表面,取激光定位灯进行体表定位,选择肿瘤中心放疗区域并用铅点做好标识,使用飞利浦大孔径螺旋CT扫描患者双肺和上腹部,设置层厚3 mm,增强扫描,将扫描得到的图像传送至Pinnacle 9.1放疗计划系统进行靶区及危及器官勾画。

1.2.2 靶区勾画 由2名经验丰富的放疗医生在三维重建的图像上对肿瘤靶区(Gross Tumor Volume, GTV)、计划靶区(Planning Target Volume, PTV)和临床靶区(Clinical Target Volume, CTV)进行勾画,危及器官包括心脏、肺部和脊髓。GTV勾画以CT影像学成像为基础,GTV上下各扩3.0 cm、前后左右各外放0.5 cm为CTV,CTV前后左右、上下各外放0.5 cm为PTV。

1.2.3 治疗方法 对照组患者采用VMAT技术,在Pinnacle 9.1放疗计划系统设计VMAT方案,并设置相关参数:单弧全弧逆时针旋转,准直器角度 5° ,治疗床机架角及床转角调为 0° ,最大剂量率600 MU/min,最小弧度9 rad,最大控制点100。观察组患者采用TOMO放疗,采用Accury Tomo Therapy (Hi-Art Version 4.2.3),该计划每个螺旋包括51个射束。两种放疗计划的处方剂量均为60~66 Gy,2 Gy/次,5次/周。2周为一个疗程,持续治疗2个疗程。

1.3 观察指标

1.3.1 疗效评估 在治疗后根据世界卫生组织(World Health Organization, WHO)实体瘤评价标准对患者的疗效进行评估^[11]。完全缓解:所有病灶完全消失,肿瘤标志物下降至正常水平;部分缓解:患者的临床症状完全改善,病灶直径减少一半;稳定:患者的临床症状有改善,病灶直径增大<25%或缩小<50%;进展:患者的临床症状没有好转甚至加重,有新的病灶出现。总有效率=完全缓解率+部分缓解率+稳定率。

1.3.2 剂量学指标比较 记录两组患者两种治疗方法下勾画的GTV、PTV体积。采用 D_2 、 D_{50} 、 D_{98} 评估GTV、PTV对应体积所接受的吸收剂量,另外评估GTV、PTV的适形度指数(Conformal Index, CI)和均匀性指数(Homogeneity Index, HI)。 $CI=(V_{T,ref}/V_T)\times(V_{T,ref}/V_{ref})$,其中, $V_{T,ref}$ 为参考等剂量线所覆盖的靶区体积, V_{ref} 为参考等剂量线所包绕的体积, V_T 为靶区体积,CI值越接近1说明适形性越好。 $HI=(D_2-D_{98})/D_{50}$, D_2 、 D_{50} 、 D_{98} 分别为2%、50%、98%体积所接受剂量,HI越接近0,代表均匀性越好。左肺、右肺和双肺采用 V_5 、 V_{20} 、 V_{30} 和 D_{mean} 进行剂量评估,其中 V_5 、 V_{20} 、 V_{30} 分别为受到5、20或30 Gy以上辐射剂量的体积百分比, D_{mean} 为平均剂量。

1.3.3 心功能评估 在治疗前1 d和治疗结束后,采集患者静脉血2 mL于EDTA-K2抗凝的真空采血管中,样本经3 000 r/min离心10 min后直接上机检测患者肌钙蛋白(ICTnI)和脑钠肽(Brain Natriuretic Peptide, BNP)的表达水平,所有操作严格按照试仪器和试剂盒(迈瑞化学发光CL6000i及其原装配套试剂)说明书进行。

1.3.4 生存率和肿瘤复发率 于放疗结束后1年进行随访,记录两组患者生存率和肿瘤复发率。

1.4 统计学分析

采用SPSS 22.0统计学软件对本研究所纳入的胸

下段食管癌患者临床资料进行分析,计量资料采用均数±标准差表示,使用两独立样本*t*检验比较观察组和对照组组间差异,食管癌患者治疗前后差异比较使用配对*t*检验,使用卡方检验或Fisher精确检验比较两组食管癌患者计数资料(临床疗效、生存率和肿瘤复发率),*P*<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 干预两个疗程后两组患者临床疗效比较

观察组患者临床总有效率为62.26%,显著高于对照组的40.38%(*P*<0.05),见表1。

表1 干预两个疗程后两组食管癌患者临床疗效比较[例(%)]

Table 1 Comparison of clinical curative effect between two groups after 2 courses of intervention [cases(%)]

组别	完全缓解	部分缓解	稳定	进展	总有效率
观察组(<i>n</i> =53)	2(3.78)	8(15.09)	23(43.39)	20(37.74)	33(62.26)
对照组(<i>n</i> =52)	1(1.92)	5(9.62)	15(28.84)	31(59.62)	21(40.38)
χ^2 值					5.030
<i>P</i> 值					0.025

2.2 两组食管癌患者剂量学指标比较

GTV:观察组D₂、D₅₀、HI均低于对照组,CI高于对照组,差异有统计学意义(*P*<0.05);两组D₉₈比较差异无统计学差异(*P*>0.05)。PTV:观察组D₂、D₅₀、HI

均低于对照组,CI高于对照组,差异有统计学意义(*P*<0.05);两组D₉₈比较差异无统计学意义(*P*>0.05)。见表2、表3。

表2 两组食管癌患者GTV剂量学指标比较($\bar{x}\pm s$)

Table 2 Comparison of dosimetric parameters of GTV between two groups (Mean±SD)

组别	D ₂ /cGy	D ₅₀ /cGy	D ₉₈ /cGy	CI/%	HI/%
观察组(<i>n</i> =53)	6 720.68±26.69	6 601.15±36.85	6 489.30±30.14	63.44±10.25	3.60±0.89
对照组(<i>n</i> =52)	6 814.34±27.84	6 662.44±36.92	6 480.69±31.59	49.97±10.96	4.77±0.96
<i>t</i> 值	17.598	8.513	1.429	6.505	6.478
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	0.156	<0.001	<0.001

2.3 两组食管癌患者肺部剂量比较

观察组左肺、右肺和双肺V₅和D_{mean}均高于对照组(*P*<0.05),V₃₀均低于对照组(*P*<0.05),两组V₂₀比较差异无统计学意义(*P*>0.05),见表4~表6。

2.4 两组食管癌患者心功能比较

放疗前,两组患者IcTnI和BNP水平比较,差异无统计学意义(*P*>0.05);放疗后,两组患者IcTnI和BNP水平均升高,但观察组低于对照组,两组比较差异有统计学意义(*P*<0.05),见表7。

2.5 两组食管癌患者生存率和肿瘤复发率比较

放疗后1年,观察组患者生存率为86.79%,对

照组生存率为82.69%,两组比较差异无统计学意义(*P*>0.05);两组患者复发率比较差异无统计学意义(*P*>0.05),见表8。

3 讨论

近年来随着人们生活方式和饮食习惯改变,食管癌发病率逐年递增,据可靠研究报道^[12-13],我国每年约有15万人死于食管癌,放射治疗是其常见治疗方法。据相关文献报道,胸中下段食管癌是其最常见类型,具有靶区形态复杂、周围多个器官环绕等特点,需要选择先进的放疗技术确保肿瘤的照射,并减

表 3 两组食管癌患者 PTV 剂量学指标比较($\bar{x}\pm s$)

Table 3 Comparison of dosimetric parameters of PTV between two groups (*Mean* \pm *SD*)

组别	D ₂ /cGy	D ₅₀ /cGy	D ₉₈ /cGy	CI/%	HI/%
观察组(<i>n</i> =53)	6 653.30 \pm 23.35	5 950.56 \pm 34.41	5 360.33 \pm 33.65	75.88 \pm 10.12	21.57 \pm 1.08
对照组(<i>n</i> =52)	6 762.67 \pm 25.57	6 114.88 \pm 34.77	5 354.78 \pm 33.96	67.14 \pm 9.87	23.66 \pm 1.14
<i>t</i> 值	22.894	24.339	0.841	4.479	9.645
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	0.402	<0.001	<0.001

表 4 两组食管癌患者左肺剂量比较($\bar{x}\pm s$)

Table 4 Comparison of dosimetric parameters of the left lung between two groups (*Mean* \pm *SD*)

组别	V ₅ /%	V ₂₀ /%	V ₃₀ /%	D _{mean} /cGy
观察组(<i>n</i> =53)	75.36 \pm 6.32	22.15 \pm 2.45	8.12 \pm 0.95	1 324.36 \pm 120.47
对照组(<i>n</i> =52)	62.08 \pm 6.77	22.32 \pm 2.69	9.37 \pm 0.97	1 213.25 \pm 118.62
<i>t</i> 值	10.634	0.346	6.827	4.761
<i>P</i> 值	<0.001	0.729	<0.001	0.000

表 5 两组食管癌患者右肺剂量比较($\bar{x}\pm s$)

Table 5 Comparison of dosimetric parameters of the right lung between two groups (*Mean* \pm *SD*)

组别	V ₅ /%	V ₂₀ /%	V ₃₀ /%	D _{mean} /cGy
观察组(<i>n</i> =53)	78.54 \pm 6.89	20.25 \pm 2.33	8.35 \pm 0.84	1 325.54 \pm 121.35
对照组(<i>n</i> =52)	63.01 \pm 6.12	20.75 \pm 2.99	9.89 \pm 0.96	1 254.02 \pm 120.67
<i>t</i> 值	12.497	0.978	8.953	3.099
<i>P</i> 值	<0.001	0.330	<0.001	0.003

表 6 两组食管癌患者双肺剂量比较($\bar{x}\pm s$)

Table 6 Comparison of dosimetric parameters of both lungs between two groups (*Mean* \pm *SD*)

组别	V ₅ /%	V ₂₀ /%	V ₃₀ /%	D _{mean} /cGy
观察组(<i>n</i> =53)	79.96 \pm 6.33	21.32 \pm 2.75	8.24 \pm 0.90	1 317.75 \pm 122.69
对照组(<i>n</i> =52)	62.21 \pm 6.74	21.63 \pm 2.88	9.53 \pm 0.93	1 269.52 \pm 128.96
<i>t</i> 值	14.236	0.578	7.392	2.009
<i>P</i> 值	<0.001	0.565	<0.001	0.047

表 7 两组食管癌患者心功能比较($\bar{x}\pm s$)

Table 7 Comparison of cardiopulmonary function between two groups (*Mean* \pm *SD*)

组别	IcTnI/pg·mL ⁻¹		BNP/ng·L ⁻¹	
	放疗前	放疗后	放疗前	放疗后
观察组(<i>n</i> =53)	504.58 \pm 40.25	834.38 \pm 39.34*	44.67 \pm 9.38	80.14 \pm 9.32*
对照组(<i>n</i> =52)	501.89 \pm 40.76	856.74 \pm 45.69*	42.08 \pm 9.67	89.52 \pm 8.45*
<i>t</i> 值	0.348	2.702	1.425	5.234
<i>P</i> 值	0.728	0.008	0.157	<0.001

与放疗前比较,**P*<0.05

表8 两组食管癌患者生存率和肿瘤复发率比较[例(%)]
Table 8 Comparison of survival rate and tumor recurrence rate between two groups [cases(%)]

组别	生存率	肿瘤复发率
观察组(n=53)	46(86.79)	0(0.00)
对照组(n=52)	43(82.69)	1(1.92)
χ^2 值	0.342	-
P值	0.559	0.495

少对周围器官的损伤^[14-16]。因此选择合适的放射治疗方法对提高患者临床治疗疗效、降低不良症状有重要的指导意义。TOMO放疗是近年来兴起的一种依托于螺旋断层放射治疗系统的癌症放射治疗方法,是当前最先进的肿瘤放射治疗技术之一。本次研究对比了TOMO与VMAT两种放疗技术,取得了一定的研究成果。

本研究发现观察组患者临床总有效率为62.26%,显著高于对照组的40.38%,表明TOMO应用于食管癌患者有显著的治疗效果,分析其原因可能与TOMO的系统构建有关,TOMO是采用放疗照射与CT同源的影像引导放疗系统,具有精准的成像精度,尤其是其独特的扇形束兆伏级CT,同时具备计算与验证功能,因此可较好地把控放疗的位置和剂量。

本研究结果显示,对于GTV,观察组D₂、D₅₀、HI均低于对照组,CI高于对照组,两组比较差异有统计学意义,D₉₈两组比较无明显差异。对于PTV,观察组D₂、D₅₀、HI均低于对照组,CI高于对照组,两组比较差异有统计学意义,D₉₈两组比较无明显差异。TOMO放疗技术将CT与直线加速器融为一体,经数千个子野对靶区进行环形围绕实现高度适形性的照射。本次研究结果显示,采用TOMO放疗技术在靶区覆盖上具有更好的优势,通过适形的放疗计划,使等剂量曲线仅围绕靶区,避免对周围危及器官的大剂量照射,进而减少对人体的放射性损伤^[17-18]。由于食管是一个薄壁的中空器官,临床在实施化疗时应避免单次大剂量照射及靶区高剂量区的存在,故TOMO计划的高度靶区均匀性可以在剂量学上减少放疗射线对人体的不良伤害。

危及器官的并发症是限制肿瘤照射剂量的常见因素,其与放疗照射技术、剂量、体积、肿瘤位置关系密切,其中放射性肺炎是其最常见的并发症^[19-20]。本次研究发现,观察组左肺、右肺和双肺V₅和D_{mean}均高于对照组,V₃₀均低于对照组,两组比较差异有统计学差异(P<0.05)。既往研究显示,放射性肺炎是食管癌放射治疗最常见并发症,V₂₀>25%时更容易发生放射

性肺炎^[21-22],表明监测V₅、V₂₀、V₃₀和D_{mean}对预测放射性肺炎有一定的临床价值。TOMO技术应用时其高度的适形性可以减少放疗对周围组织的高剂量照射,而TOMO技术与VMAT技术均为弧形照射技术,实际应用时都会增加低剂量部位的照射体积,本次研究结果显示在化疗过程中对肺部的保护机制上,TOMO技术并不具有明显的优势。

本研究中放疗后两组患者IcTnI和BNP水平均升高,但观察组低于对照组。IcTnI是肌肉组织收缩的调节蛋白,在肌肉收缩和舒张过程中有重要的调节作用^[23],是评价患者心肌细胞损伤水平的常见指标,具有较好的特异性。本研究中食管癌患者放疗后两组IcTnI均有显著升高,分析其原因可能是两种放疗方案均对心肌细胞膜造成一定损伤,使IcTnI经细胞间质进入血液循环,本研究结果显示,经TOMO放疗后IcTnI损伤水平较轻,提示该方案有利于受损的心肌细胞自我修复,减少了其进入血液循环的含量。BNP是心脏分泌的利尿钠肽家族的一员,具有促进排钠、排尿和舒张血管的作用,已有研究证实其是诊断慢性心衰的常见指标^[24-25],心脏受压程度增加时,该指标检测水平显著提升。本研究结果显示与VMAT技术相比,TOMO技术在心功能的保护机制上具有一定的优势。且放疗后1年,观察组患者生存率为86.79%,与对照组(82.69%)比较差异无统计学意义,两组患者复发率比较差异无统计学意义。既往研究发现,TOMO技术可显著提升患者术后生存率^[26],这与本研究中结论存在一定差异,分析其原因可能与样本量和随访时间不同有关,未来研究将会扩大样本量和随访观察时间得出相关结论。

综上所述,TOMO放疗技术应用于胸下段食管癌治疗中,可以提高靶区覆盖水平,并提供良好的适形度与均匀性,以期实现肿瘤的精准照射,而在危及器官保护上,对心功能具有一定的保护效果,但对肺功能的保护上不具明显优势,临床应根据患者疾病特征制定个体化的放疗计划。

【参考文献】

[1] Watanabe M, Otake R, Kozuki R, et al. Recent progress in multidisciplinary treatment for patients with esophageal cancer[J]. Surg Today, 2020, 50(1): 12-20.
[2] 陈琼,徐慧芳,刘曙正,等. 2010-2016年河南省食管癌发病与死亡情况趋势分析[J]. 中华肿瘤杂志, 2022, 44(1): 86-92.
Chen Q, Xu HF, Liu SZ, et al. Changing trend of incidence and mortality of esophageal cancer during 2010-2016 in Henan Province, China[J]. Chinese Journal of Oncology, 2022, 44(1): 86-92.
[3] Li B, Hu H, Zhang YW, et al. Extended right thoracic approach compared with limited left thoracic approach for patients with middle and lower esophageal squamous cell carcinoma: three-year survival of a prospective, randomized, open-label trial[J]. Ann Surg, 2018, 267(5): 826-832.
[4] 吕海鹏,王凯,刘晓,等. 中下段食管癌21例放疗不同呼吸时相正

- 常组织剂量学研究[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2020, 27(15): 1241-1246.
- Lü HP, Wang K, Liu X, et al. Dosimetric study of normal tissues in different respiratory phases of radiotherapy in 21 patients with middle and lower esophageal carcinoma [J]. Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment, 2020, 27(15): 1241-1246.
- [5] 刘杨, 丁丹红, 魏胜涛, 等. 半野调强照射技术在食管癌放疗中的应用探讨[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2022, 31(1): 65-70.
- Liu Y, Ding DH, Wei ST, et al. Exploration of the application of half-field intensity-modulated irradiation technique in the radiotherapy for esophageal cancer [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2022, 31(1): 65-70.
- [6] 郑亚琴, 刘建庭, 褚薛刚, 等. 基于VMAT的混合调强技术在乳腺癌保乳术后放疗中的应用研究[J]. 中国辐射卫生, 2018, 27(6): 624-627.
- Zheng YQ, Liu JT, Chu XG, et al. Application of VMAT-based hybrid intensity-modulated technique on tumor bed boost after Breast-conservative surgery for breast cancer [J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2018, 27(6): 624-627.
- [7] 安义均, 赵彪, 赵玉涛, 等. 胸中段食管癌容积调强与螺旋断层放疗的剂量学比较[J]. 解放军医学院学报, 2018, 39(4): 312-315.
- An YJ, Zhao B, Zhao YT, et al. VMAT versus TOMO in dosimetric parameters for treatment of middle thoracic esophageal cancer [J]. Academic Journal of Chinese PLA Medical School, 2018, 39(4): 312-315.
- [8] Lin SH, Hobbs BP, Verma V, et al. Randomized phase IIB trial of proton beam therapy versus intensity-modulated radiation therapy for locally advanced esophageal cancer [J]. J Clin Oncol, 2020, 38(14): 1569-1579.
- [9] Xu YJ, Li P, Hu X, et al. Dosimetric comparison of the helical tomotherapy, intensity-modulated radiotherapy and volumetric-modulated arc therapy in radical radiotherapy for esophageal cancer [J]. Natl Med J China, 2019, 99(41): 3260-3265.
- [10] 中国抗癌协会食管癌专业委员会. 食管癌规范化诊治指南[M]. 第2版. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2013: 14-15.
- Professional Committee on Esophageal Cancer of Chinese Anti-Cancer Association. Guidelines for standardized diagnosis and treatment of esophageal cancer [M]. 2th ed. Beijing: China Union Medical College Press, 2013: 14-15.
- [11] 张萍, 艾斌. 实体瘤免疫治疗疗效评价标准[J]. 国际肿瘤学杂志, 2016, 43(11): 848-851.
- Zhang P, Ai B. Efficacy evaluation criteria for immunotherapy in solid tumors [J]. Journal of International Oncology, 2016, 43(11): 848-851.
- [12] 姚菲, 魏舒, 王强, 等. 食管鳞癌组织 β -catenin表达预后意义Meta分析[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2019, 26(2): 122-127.
- Yao F, Wei S, Wang Q, et al. Prognostic value of β -catenin expression for patients with esophageal squamous cell carcinoma: a Meta-analysis [J]. Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment, 2019, 26(2): 122-127.
- [13] 李军, 顾建华, 何永, 等. 2006-2015年四川省盐亭县上消化道癌发病与内镜筛查结果对比分析[J]. 中国肿瘤, 2021, 30(5): 346-351.
- Li J, Gu JH, He Y, et al. Incidence of upper gastrointestinal cancer and endoscopy screening results in Yanting County, Sichuan Province [J]. China Cancer, 2021, 30(5): 346-351.
- [14] 莫文倩, 毛羽驰, 赖宇, 等. 放射性肺损伤治疗的研究进展[J]. 医学综述, 2018, 24(10): 1977-1982.
- Mo WQ, Mao YC, Lai Y, et al. Advances in the treatment of radiation-induced lung injury [J]. Medical Recapitulate, 2018, 24(10): 1977-1982.
- [15] 李毅, 吴文婧, 惠蓓娜, 等. 基于4DCBCT定位和引导评估中下叶肺癌放疗内靶区ITV的投照准确性[J]. 西安交通大学学报(医学版), 2021, 42(3): 438-442.
- Li Y, Wu WJ, Hui BN, et al. 4D cone beam CT based radiotherapy target accuracy in stereotactic body radiotherapy for lung tumor in the middle or lower lobe [J]. Journal of Xi'an Jiaotong University (Medical Science), 2021, 42(3): 438-442.
- [16] 祝淑钗, 李巧芳, 张雪原, 等. 食管癌根治性调强放疗靶区范围对患者预后的影响[J]. 中华肿瘤杂志, 2020, 42(12): 1040-1047.
- Zhu SC, Li QF, Zhang XY, et al. Clinical outcomes of different irradiation ranges in definitive intensity-modulated radiotherapy for esophageal cancer [J]. Chinese Journal of Oncology, 2020, 42(12): 1040-1047.
- [17] 张洪波, 闫冰, 薛旭东, 等. 胸中段食管癌3种调强放疗计划及心肺保护比较研究[J]. 安徽医科大学学报, 2020, 55(8): 1232-1236.
- Zhang HB, Yan B, Xu XD, et al. Dosimetric comparison of three different radiation treatment plans and cardio-pulmonary protection for middle thoracic esophageal carcinoma [J]. Acta Universitatis Medicinalis Anhui, 2020, 55(8): 1232-1236.
- [18] 李洪明, 于浪, 黎蕊, 等. 膀胱癌TURBT术后螺旋断层放射治疗与容积旋转调强放射治疗剂量学比较[J]. 基础医学与临床, 2020, 40(11): 1529-1533.
- Li HM, Yu L, Ni R, et al. Comparison of dosimetry between TOMO and VMAT after TURBT for bladder cancer [J]. Basic & Clinical Medicine, 2020, 40(11): 1529-1533.
- [19] 王佩, 岳成山, 王会霞, 等. 三维腔内后装放疗联合化疗对晚期宫颈癌患者的临床疗效及对周围组织的照射剂量[J]. 中国肿瘤临床与康复, 2020, 27(11): 1351-1354.
- Wang P, Yue CS, Wang HX, et al. Efficacy of three dimensional intracavitary afterloading radiotherapy combined with chemotherapy for advanced cervical cancer and the radiation dose to surrounding tissues [J]. Journal of Clinical Oncology and Rehabilitation, 2020, 27(11): 1351-1354.
- [20] 张祥斌, 李光俊, 张英杰, 等. 剂量引导放疗的临床应用及研究进展[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2020, 29(1): 65-68.
- Zhang XB, Li GJ, Zhang YJ, et al. Clinical application and research progress on dose-guided radiotherapy [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2020, 29(1): 65-68.
- [21] 吕斌, 任艳萍, 焦玉新, 等. 放射性肺炎与血液学指标和剂量体积参数的相关性研究[J]. 老年医学与保健, 2018, 24(3): 262-264.
- Lü B, Ren YP, Jiao YX, et al. Correlation of hematological index and dose-volume parameter with radiation pneumonitis [J]. Geriatrics & Health Care, 2018, 4(3): 262-264.
- [22] 潘闻燕, 孔伟, 王艳阳, 等. 联合应用NLR、 V_{20} 和 D_{mean} 预测肺癌放射性肺炎发生-一项外部验证研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2019, 28(6): 417-420.
- Pan WY, Kong W, Wang YY, et al. Combined use of NLR, V_{20} and D_{mean} to predict radiation-induced lung injury in lung cancer patients: an external validation study [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2019, 28(6): 417-420.
- [23] 张敬, 熊娟. 心肌肌钙蛋白的临床应用进展[J]. 心血管康复医学杂志, 2018, 27(3): 360-364.
- Zhang J, Xiong J. Advances in clinical application of cardiac troponin [J]. Chinese Journal of Cardiovascular Rehabilitation Medicine, 2018, 27(3): 360-364.
- [24] 高东奇, 张晶晶, 李富博, 等. 放射治疗心脏损伤患者血浆肌钙蛋白I、心肌酶谱、脑钠肽水平的变化[J]. 标记免疫分析与临床, 2019, 26(2): 208-211.
- Gao DQ, Zhang JJ, Li FB, et al. Changes of Plasma Troponin I, Myocardial Enzyme and Brain Natriuretic peptide in patients with cardiac injury treated with radiation therapy [J]. Labeled Immunoassays and Clinical Medicine, 2019, 26(2): 208-211.
- [25] 彭龙希, 李正翔. 脑钠肽相关药物在心衰治疗中的研究进展[J]. 药学与临床研究, 2019, 27(1): 61-63.
- Peng LX, Li ZX. Progress of brain natriuretic peptide related drugs in the treatment of heart failure [J]. Pharmaceutical and Clinical Research, 2019, 27(1): 61-63.
- [26] 薛健, 陈禄, 王睿, 等. 螺旋断层放疗技术在肝细胞癌立体定向放疗中的应用价值[J]. 肝脏, 2020, 25(10): 1076-1078.
- Xue J, Chen L, Wang R, et al. Application value of helical tomography in SBRT therapy for hepatocellular carcinoma [J]. Chinese Hepatology, 2020, 25(10): 1076-1078.

(编辑: 薛泽玲)