

# 基于肺通气功能图像引导的调强放疗射野角度优化研究

王锐濠 张书旭 余辉 林生趣 张国前 汤日杰 齐斌 雷怀宇 周祥 蒋绍惠

**【摘要】** 目的 探讨基于肺通气功能图像引导的肺癌调强放疗中射野角度优化对保护功能肺的剂量学优势。方法 选取拟行调强放疗的非小细胞肺癌患者 16 例,分别行双相位(呼气末和吸气末)CT 定位扫描,将图像传至肺通气功能分析软件系统,获取肺通气功能的三维分布,确定功能肺(FL)区域,并传至治疗计划系统与呼气末 CT 定位图像进行图像融合。分别设置剂量约束参数制定两类计划:常规的调强放疗(IMRT)计划和肺通气功能图像引导的调强放疗(f-IMRT)计划,每一类计划再分别设计 5 野均分角度和手动设野两种子计划。IMRT 以降低全肺(TL)受量为目标,f-IMRT 则以降低功能肺剂量为目标。对比分析 IMRT 和 f-IMRT 两类计划中 5 野均分角度和手动设野之间靶区和正常组织受照的剂量差异。结果 同一类调强放疗计划下,5 野均分角度和手动设野之间的 PTV 剂量学参数差异无统计学意义;手动设野的脊髓、食管和心脏的受量较 5 野均分角度均有程度不等的变化,但仅食管的平均剂量和心脏  $V_{60}$  差异有统计学意义( $t = 4.33$ 、 $-2.37$ ,  $P < 0.05$ )。在 IMRT 中,5 野均分角度中功能肺(FL)的低剂量区受照体积  $FLV_5$ 、 $FLV_{10}$ 、 $FLV_{20}$  分别为  $(54.2 \pm 29.1)\%$ 、 $(42.5 \pm 22.1)\%$ 、 $(26.3 \pm 20.7)\%$ ,手动设野的分别为  $(30.2 \pm 18.5)\%$ 、 $(24.1 \pm 12.0)\%$ 、 $(17.8 \pm 8.9)\%$  ( $t = 4.87$ 、 $4.74$ 、 $2.33$ ,  $P < 0.05$ )。在 f-IMRT 中,5 野均分角度中功能肺(FL)的  $FLV_5$ 、 $FLV_{10}$ 、 $FLV_{20}$  分别为  $(52.4 \pm 20.7)\%$ 、 $(37.1 \pm 12.2)\%$ 、 $(21.1 \pm 5.8)\%$ ,手动设野的分别为  $(29.2 \pm 18.3)\%$ 、 $(23.0 \pm 14.8)\%$ 、 $(16.7 \pm 9.7)\%$  ( $t = 5.30$ 、 $4.84$ 、 $2.23$ ,  $P < 0.05$ )。全肺(TL)低剂量区剂量学参数也不同程度的下降( $t = 7.96 \sim 6.07$ ,  $P < 0.05$ )。结论 在肺癌的调强放疗中,结合肺通气功能图像优化放疗计划,并进一步优化射野方向,能有效地降低功能肺的受照剂量,可降低放射性肺炎的发生率和严重程度,改善患者的生活质量。

**【关键词】** 肺肿瘤/放射疗法; 四维 CT; 肺通气; 计划优化

## Beam orientation optimization of pulmonary ventilation image-guided intensity modulated radiotherapy for lung cancer

Wang Ruihao, Zhang Shuxu, Yu Hui, Lin Shengqu, Zhang Guoqian, Tang Rijie, Qi Bin, Lei Huaiyu, Zhou Xiang, Jiang Shaohui. Department of Radiotherapy, Cancer Center of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510095, China

Corresponding author: Zhang Shuxu, Email: gthzxs@163.com

**【Abstract】** **Objective** To evaluate the dosimetric advantage of pulmonary ventilation image guided intensity-modulated radiotherapy (IMRT) planning in protecting functional lung with optimizing beam orientation. **Methods** Sixteen non-small cell lung cancer patients were included and carried out with the peak-exhale and peak-inhale CT scans, respectively. The two sets of CT images were then input to the pulmonary ventilation analysis system to acquire the three dimensional distribution of ventilation images. Then the area of better pulmonary ventilation named as functional lung was delineated automatically by the system. The pulmonary ventilation images were fused with CT images by using treatment planning system. Two kinds of IMRT plans were generated, including conventional IMRT, in which the main dose constraints were applied to total lung, as well as f-IMRT, with the main dose constraints applying to functional lung. To evaluate the dosimetric changes of beam arrangement, the five equal-spaced beams and five manual optimization beams were applied to each plan. The dosimetric difference between IMRT and

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2015.03.010

基金项目:国家自然科学基金面上项目(81170078);广东省科技计划项目(2011B031800111);广东省教育厅科技创新项目(2013KJJCX152)

作者单位:510095 广州医科大学附属肿瘤医院

通信作者:张书旭,Email:gthzxs@163.com

f-IMRT plans was compared using the paired *t*-test. **Result** In the same category of plan, all the dosimetric parameters of PTV had no significant difference ( $P > 0.05$ ) in the plan with FMOB, comparing with FESB. The dose delivered to spinal cord, esophagus, and heart varied in degrees, whereas only the dosimetric difference of the mean dose to esophagus and  $V_{60}$  to heart had statistically significance ( $t = 4.33, -2.37, P < 0.05$ ) between the plan with FESB and plan with FMOB. For IMRT plans, compared with FESB, the volume of functional lung at more than 5, 10 and 20 Gy (FLV<sub>5</sub>, FLV<sub>10</sub>, and FLV<sub>20</sub>) decreased significantly in plan with FMOB ( $t = 4.87, 4.74, 2.33, P < 0.05$ ). The FLV<sub>5</sub>, FLV<sub>10</sub>, and FLV<sub>20</sub> in plan with FESB were (54.2 ± 29.1)%, (42.5 ± 22.1)%, (26.3 ± 20.7)%, respectively, while in plan with FMOB were (30.2 ± 18.5)%, (24.1 ± 12.0)%, (17.8 ± 8.9)%, respectively. For f-IMRT plans, compared the plan with FMOB to plan with FESB, the FLV<sub>5</sub>, FLV<sub>10</sub>, and FLV<sub>20</sub> of the functional lung decreased significantly ( $t = 5.30, 4.84, 2.23, P < 0.05$ ). The FLV<sub>5</sub>, FLV<sub>10</sub>, and FLV<sub>20</sub> were (52.4 ± 20.7)%, (37.1 ± 12.2)%, (21.1 ± 5.8)%, respectively in plan with FESB, while in plan with FMOB were (29.2 ± 18.3)%, (23.0 ± 14.8)%, (16.7 ± 9.7)%, respectively. The dosimetric parameters of low-dose region of total lung also decreased in different degrees, with statistical significance ( $t = 7.96 - 6.07, P < 0.05$ ). **Conclusions** The combination of pulmonary ventilation images and IMRT, with further optimizing the beam directions, can effectively reduce the radiation dose on functional lung, which is expected to reduce the incidence and severity of radiation pneumonitis and might improve the NSCLC patient's quality of life.

**【Key words】** Lung neoplasms/radiotherapy; Four-dimensional computed tomography; Pulmonary ventilation; Plan optimization

放射性肺炎(radiation pneumonitis, RP)是非小细胞肺癌(non-small cell lung cancer, NSCLC)放疗最常见的剂量限制性并发症,对患者肺功能和生活质量产生很大影响。研究表明,调强放疗(intensity modulated radiotherapy, IMRT)较三维适形放疗在降低正常肺组织及周围危及器官的受照剂量的同时,可潜在地提升肿瘤剂量<sup>[1-2]</sup>。肺组织中各区域的肺功能并非一致,如何在放疗过程中保护功能良好的肺组织,是当今放疗界的研究热点之一。已有研究显示,在放疗计划设计中减少高功能肺的照射剂量可降低肺不良反应,改善患者的生存质量<sup>[3]</sup>。目前,依据肺通气功能图像优化放疗计划,能够减少高功能肺区域的受照剂量,但大部分研究均采用固定野等角度分布的IMRT计划设计<sup>[4-6]</sup>,手动优化射野方向的计划报道较少。因此,本研究通过对5野等角度调强和手动设野调强的剂量学比较,探讨肺通气功能图像引导的肺癌调强放疗中射野角度优化对保护功能肺的剂量学优势。

## 资料与方法

1. 临床资料:选取2011年12月至2012年8月间经组织病理学或细胞学证实的在广州医科大学附属肿瘤医院进行放疗的16例NSCLC病例。其中,男14例,女2例;年龄为38~73岁,中位年龄55岁;鳞癌12例,腺癌4例;采用国际抗癌联盟(UICC)2009年分期标准Ⅲ<sub>a</sub>期5例,Ⅲ<sub>b</sub>期4例,Ⅳ期7例;5年以上吸烟史者10例,无吸烟或无长期

吸烟史者6例;原发肿瘤位于右上叶4例、右中下叶5例、左上叶4例、左下叶3例。

2. 肺通气图像获取与配准:患者仰卧于CT扫描床,分别进行呼气末和吸气末屏气扫描,获取4D CT图像,主要扫描参数:120 kV, 100 mAs, 层厚为2.5 mm, 矩阵512 × 512, 扫描范围覆盖整个胸部。将患者CT图像传至肺通气功能分析软件系统(软著登字第0396648号)进行肺通气功能分析。根据文献[7],首先把呼气末图像作为参考图像,吸气末图像作为浮动图像,进行B样条三维变形配准,通过图像变形配准技术,获取不同呼吸时相CT图像各体素单元的变形函数,并把变形函数转化为雅可比矩阵,再将雅可比矩阵转化为灰度图,再把灰度图伪彩化后与CT解剖图像融合,颜色较深的区域代表通气功能良好的肺组织。根据肺通气功能分析软件系统自动勾画出的、通气功能较好的高功能肺轮廓,在融合图像上勾画出功能肺(functional lung, FL)作为危及器官。

3. 靶区勾画和计划设计:将呼气末CT图像传至荷兰核通公司的Oncontra V4.1治疗计划系统上,由有经验的放疗医生勾画肿瘤区(GTV)和危及器官,如脊髓、食管、心脏等。GTV外扩6~8 mm形成临床靶体积(CTV),CTV外扩8 mm形成计划靶体积(PTV)。脊髓、食管外扩5 mm边界。

所有计划均采用美国瓦里安公司的Varian Clinac 23EX医用加速器6 MV能量的X射线,处方剂量为66 Gy/33次,95%的PTV达到处方剂量。首

先,分别设计 5 野均分角度和手动设野的调强放疗 (IMRT) 计划,5 野均分角度分别为  $0^\circ$ 、 $72^\circ$ 、 $144^\circ$ 、 $216^\circ$ 、 $288^\circ$ ,而手动设野则是以避开高功能肺区为目的人为优化照射野的入射角度。主要的剂量约束条件为:全肺 (total lung, TL) 受照超过 20 Gy 的体积 ( $V_{20}$ )  $< 30\%$ 、 $V_{30} < 20\%$ 、平均剂量 ( $D_{mean}$ )  $< 20$  Gy; PTV 最小剂量 ( $D_{min}$ ) 65 Gy、最大剂量 ( $D_{max}$ ) 70 Gy、95% 体积  $> 66$  Gy;食管  $D_{mean} < 34$  Gy,  $V_{55} < 35\%$ ;脊髓最大剂量  $< 45$  Gy。然后,进行肺通气功能图像引导的调强放疗计划 (f-IMRT) 设计,在上述约束条件不变的基础上,增加对高功能肺的剂量约束和限制,功能肺的剂量约束条件为:  $V_{20} < 20\%$ ,  $V_{10} < 35\%$ 。f-IMRT 计划中也分别设计 5 野均分角度和手动设野 2 个子计划。

4. 评估指标:通过剂量体积直方图 (dose volume histogram, DVH) 获取靶区和危及器官受照剂量及体积进行对比分析。靶区剂量的分析指标为靶区的适形度指数 (CI)、均匀性指数 (HI),PTV 的  $D_{mean}$  等指标。其中  $CI = V_{PTV}/V_{95\%}$ ,  $V_{PTV}$  为 PTV 体积,  $V_{95\%}$  为 95% 等剂量曲线包绕的体积,CI 越接近 1,表示适形度越高;  $HI = D_{5\%}/D_{95\%}$ ,其中  $D_{5\%}$  和  $D_{95\%}$  分别表示 5% 和 95% PTV 体积受照射剂量,HI

值越大表示剂量分布均匀性越差。危及器官的评估指标为脊髓的  $D_{max}$ 、食管的  $D_{mean}$ 、心脏的  $V_{40}$ 、 $V_{45}$ 、 $V_{60}$ ,以及功能肺分别受到 5、10、20 和 30 Gy 剂量的体积 (FLV<sub>5</sub>、FLV<sub>10</sub>、FLV<sub>20</sub>和 FLV<sub>30</sub>) 和全肺分别受到 5、10、20 和 30 Gy 剂量的体积 (TLV<sub>5</sub>、TLV<sub>10</sub>、TLV<sub>20</sub>和 TLV<sub>30</sub>),对比分析 IMRT 和 f-IMRT 两类计划中 5 野均分角度和手动设野之间的剂量学差异。

5. 统计学处理:采用 SPSS 19.0 统计软件包进行统计学分析,计量资料采用  $\bar{x} \pm s$  形式表示。对不同照射野方向之间的剂量学差异行配对  $t$  检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 结 果

1. 靶区剂量比较:同一调强放疗计划下 5 野均分和手动设野之间的 PTV 平均剂量、适形度指数、均匀度指数和机器总跳数 (MU) 差异无统计学意义。

2. 危及器官受照剂量比较:与 5 野均分相比,手动设野中食管的平均剂量明显降低, ( $t = 4.33$ ,  $P < 0.05$ ),而脊髓的最大剂量稍降低,但差异无统计学意义。手动设野中心脏  $V_{40}$ 、 $V_{45}$  及  $V_{60}$  均高于 5 野均分,但仅  $V_{60}$  的差异有统计学意义 ( $t = -2.37$ ,

表 1 16 例患者不同计划不同照射野方向危及器官受照剂量体积百分比 ( $\bar{x} \pm s$ )

计划	射野方向	脊髓		食管		心脏	
		$D_{max}$ (Gy)	$D_{mean}$ (Gy)	$V_{40}$ (%)	$V_{45}$ (%)	$V_{60}$ (%)	
IMRT	5 野均分	37.1 ± 7.1	22.0 ± 10.4	17.2 ± 11.1	13.1 ± 9.1	5.9 ± 4.6	
	手动设野	32.7 ± 13.3	16.3 ± 11.6	21.7 ± 16.3	17.9 ± 13.5	10.3 ± 9.8	
	$t$ 值	1.75	4.33	-1.54	-2.07	-2.37	
	$P$ 值	$> 0.05$	$< 0.05$	$> 0.05$	$> 0.05$	$< 0.05$	
f-IMRT	5 野均分	37.1 ± 7.8	22.7 ± 10.3	17.2 ± 11.7	13.4 ± 10.1	5.8 ± 5.1	
	手动设野	33.3 ± 7.0	16.2 ± 11.6	20.9 ± 15.7	16.3 ± 13.0	9.7 ± 9.9	
	$t$ 值	1.69	4.295	-1.45	-1.36	-2.22	
	$P$ 值	$> 0.05$	$< 0.05$	$> 0.05$	$> 0.05$	$< 0.05$	

表 2 16 例患者不同照射野方向功能肺受照剂量体积百分比 (% ,  $\bar{x} \pm s$ )

射野方向	IMRT				f-IMRT			
	FLV <sub>5</sub>	FLV <sub>10</sub>	FLV <sub>20</sub>	FLV <sub>30</sub>	FLV <sub>5</sub>	FLV <sub>10</sub>	FLV <sub>20</sub>	FLV <sub>30</sub>
5 野均分	54.2 ± 29.1	42.5 ± 22.1	26.3 ± 20.7	17.0 ± 12.6	52.4 ± 20.7	37.1 ± 12.2	21.1 ± 5.8	16.7 ± 6.8
手动设野	30.2 ± 18.5	24.1 ± 12.0	17.8 ± 8.9	16.2 ± 7.0	29.2 ± 18.3	23.0 ± 14.8	16.7 ± 9.7	14.7 ± 9.5
$t$ 值	4.87	4.74	2.33	1.85	5.30	4.84	2.23	1.29
$P$ 值	$< 0.05$	$< 0.05$	$< 0.05$	$> 0.05$	$< 0.05$	$< 0.05$	$< 0.05$	$> 0.05$

表 3 16 例患者不同照射野方向全肺受照剂量体积百分比 (% ,  $\bar{x} \pm s$ )

射野方向	IMRT				f-IMRT			
	TLV <sub>5</sub>	TLV <sub>10</sub>	TLV <sub>20</sub>	TLV <sub>30</sub>	TLV <sub>5</sub>	TLV <sub>10</sub>	TLV <sub>20</sub>	TLV <sub>30</sub>
5 野均分	61.7 ± 12.9	46.7 ± 11.4	30.7 ± 5.3	21.2 ± 5.3	60.3 ± 12.8	43.5 ± 11.3	29.1 ± 6.7	20.9 ± 5.6
手动设野	35.0 ± 12.5	29.1 ± 9.8	23.3 ± 7.1	20.1 ± 6.4	33.3 ± 10.1	27.6 ± 8.5	23.3 ± 6.9	20.1 ± 6.1
$t$ 值	7.96	6.35	4.23	0.84	9.91	9.81	6.07	1.25
$P$ 值	$< 0.05$	$< 0.05$	$< 0.05$	$> 0.05$	$< 0.05$	$< 0.05$	$< 0.05$	$> 0.05$

$P < 0.05$ ), 见表 1。

3. 功能肺受照剂量比较: 在 IMRT 中, 与 5 野均分相比, 手动设野中 FL 的  $FLV_5$ 、 $FLV_{10}$ 、 $FLV_{20}$  分别下降 44.3%、43.3%、32.3% ( $t = 4.87, 4.74, 2.33$ ,  $P < 0.05$ ); 在 f-IMRT 中, 手动设野中 FL 的  $FLV_5$ 、 $FLV_{10}$ 、 $FLV_{20}$  较 5 野均分的分别下降 44.3%、38.0%、20.9% ( $t = 5.30, 4.84, 2.23$ ,  $P < 0.05$ ), 见表 2。

4. 全肺受照剂量比较: 在 IMRT 中, 与 5 野均分相比, 手动设野中 TL 的  $TLV_5$ 、 $TLV_{10}$ 、 $TLV_{20}$  分别下降 43.3%、37.7%、24.1% ( $t = 7.96, 6.35, 4.23$ ,  $P < 0.05$ ); 在 f-IMRT 中, 与 5 野均分相比, 手动设野中 TL 的  $TLV_5$ 、 $TLV_{10}$ 、 $TLV_{20}$  分别下降 44.7%、36.5%、19.9% ( $t = 9.91, 9.81, 6.07$ ,  $P < 0.05$ ), 见表 3。

## 讨 论

传统的肺癌放疗计划设计时并未考虑局部肺组织的功能状态, 未对不同区域的肺组织区别对待, 也即气体交换功能较好的肺组织(高功能肺区)和气体交换功能较差的肺组织(低功能肺区)的受照剂量均匀一致。倘若在放疗计划设计时, 利用肺功能图像提供的信息, 使射线主要穿过低功能肺区到达肿瘤区域, 保护高功能肺区, 可望降低放射性肺炎发生率和严重程度<sup>[4-6]</sup>。

目前, 影像上肺功能成像的主要方法有 PET +  $^{13}N^2$ 、SPECT 肺灌注显像、MRI +  $^3He$ , 可观察肺的整体及局部功能状况<sup>[8-10]</sup>。但这些方法都存在着一一定的限制, 比如 PET +  $^{13}N^2$  肺功能显像检查费用高, 需要昂贵的气体发生装置-回旋加速器, 且 PET 普及率低, 极大地限制了该技术的广泛使用; SPECT 肺通气灌注显像需要特殊的雾化设备及  $^{99}Tc^m$  标记的放射性气溶胶, 且图像分辨率低; MRI +  $^3He$  肺通气分析需特定的惰性气体超极化装置, 且由于  $^3He$  来源限制, 价格都比较昂贵。近年来, 出现一种新颖的利用 4D-CT 进行肺通气成像方式, 4D-CT 最初是用来评估肿瘤靶区随呼吸运动的变化范围, 后来研究者发现利用 4D-CT 图像的吸气末和呼气末时相图像进行三维变形图像配准可获取肺通气图像<sup>[11-12]</sup>, 且具有图像分辨率高、扫描时间短、患者易于接受、费用低等优点, 是一种较有发展前景的肺通气功能成像方法。

目前, 许多学者已开展了基于 4D-CT 肺功能图

像引导的放疗计划设计研究<sup>[6, 11-12]</sup>, 即结合肺功能图像和 CT 解剖定位图像, 并勾画出高功能肺, 增加对高功能肺区的剂量限制, 结果均显示, 高功能肺区域的受照剂量显著下降。但研究中所采用的照射野方向大部分均是等角度设计, 鉴于此, 本研究试图探讨肺通气功能图像引导的肺癌调强计划设计中不同照射野方向的剂量学特点, 研究手动设野的功能调强(f-IMRT)是否具有剂量学优势。本研究表明, 无论在普通调强还是在功能调强计划中, 与 5 野均分的相比, 基于手动设野的调强计划能在保持靶区剂量分布一致的同时, 显著降低了功能肺受照 20 Gy 以下剂量的体积, 而全肺相应的低剂量区体积也有不同程度的下降。此外, 统计结果发现, 手动设野的 f-IMRT 中, 功能肺和全肺受照剂量的体积百分比最低, 表明在对高功能肺区进行额外的剂量限制的同时, 进一步优化照射野方向能更好地保护通气功能良好的正常肺组织。而这也为减少 RP 的发生率和减轻 RP 的严重程度提供了计划条件, 为提升 NSCLC 患者肿瘤靶区剂量的研究提供了可能。Yamamoto 等<sup>[12]</sup>的研究发现, 减少功能肺的照射剂量能降低放疗后肺功能区的缺失和正常肺组织的并发症。此外, 本研究也发现, 手动设野的 f-IMRT 明显地降低了食管的受量, 并在一定程度上减少了脊髓、心脏的受照剂量, 提示优化射野方向可更好地保护靶区周围正常组织, 具有一定的剂量学优势, 对改善患者生活质量具有重要的临床意义。

综上所述, 在肺癌的调强放疗中, 如果能结合 4D-CT 肺通气功能图像提供的肺功能信息, 进一步优化放疗计划, 能较好地保护患者的肺功能, 降低放射性肺炎的发生率和严重程度, 可望改善患者的生活质量, 延长生存期。

尽管 4D-CT 肺通气成像在一定程度上已被验证为一种有效、可行的技术方法, 但也面临着一些问题。比如, 基于 4D-CT 肺通气成像还处在实验研究阶段, 其所形成的肺功能区的生理学准确性尚未有经过验证, 仍需进一步的研究。而 4D-CT 肺功能图像与 CT 图像融合的准确性是研究中关键的一步。如果融合的图像偏差较大, 就不能准确反映肺内各部位的功能信息, 制定的放疗计划也就不能起到保护肺功能的目的。此外, 由于研究的时间尚短, 样本量较小, 还未能细分不同的病例类型条件下 IMRT 和 f-IMRT 计划的差异, 结果可能还缺乏说

服力,需扩大样本进行研究。此外,放疗过程中,肺功能区可能会随着时间的推移而发生变化<sup>[13]</sup>。例如,随着 IMRT 的有效进行,肺肿瘤体积的收缩,有可能使得原先肺不张的区域得到改善,从而增加了肺通气功能区。鉴于以上原因,本研究关于保护功能肺的研究仅仅是期望中的剂量学优势,未来将进一步研究 4D-CT 肺通气成像的生理学上的准确性和放疗过程中肺通气变化产生的影响。

### 参 考 文 献

[ 1 ] Liu HH, Wang X, Dong L, et al. Feasibility of sparing lung and other thoracic structures with intensity-modulated radiotherapy for non-small-cell lung cancer[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2004, 58(4): 1268-1279.

[ 2 ] Grills IS, Yan D, Martinez AA, et al. Potential for reduced toxicity and dose escalation in the treatment of inoperable non-small-cell lung cancer: a comparison of intensity-modulated radiation therapy (IMRT), 3D conformal radiation, and elective nodal irradiation[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2003, 57(3): 875-890.

[ 3 ] Marks LB, Bentzen SM, Deasy JO, et al. Radiation dose-volume effects in the lung [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2010, 76(3 Suppl):S70-76.

[ 4 ] Bates EL, Bragg CM, Wild JM, et al. Functional image-based radiotherapy planning for non-small cell lung cancer: A simulation study[J]. *Radiother Oncol*, 2009, 93(1): 32-36.

[ 5 ] Shioyama Y, Jang SY, Liu HH, et al. Preserving functional lung using perfusion imaging and intensity-modulated radiation therapy for advanced-stage non-small cell lung cancer[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2007, 68(5): 1349-1358.

[ 6 ] Yamamoto T, Kabus S, von Berg J, et al. Impact of four-dimensional computed tomography pulmonary ventilation imaging-based functional avoidance for lung cancer radiotherapy[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2011, 79(1):279-288.

[ 7 ] 张书旭, 余辉, 林生趣, 等. 基于 4D-CT 和变形图像配准获取肺通气功能的三维分布[J]. *中国医疗设备*, 2013, 28(11):19-22.

[ 8 ] Vidal Melo MF, Layfield D, Harris RS, et al. Quantification of regional ventilation-perfusion ratios with PET[J]. *J Nucl Med*, 2003, 44(12):1982-1991.

[ 9 ] Roach PJ, Bailey DL, Harris BE. Enhancing lung scintigraphy with single-photon emission computed tomography [J]. *Semin Nucl Med*, 2008, 38(6):441-449.

[10] Fain S, Schiebler ML, McCormack DG, et al. Imaging of lung function using hyperpolarized helium-3 magnetic resonance imaging: Review of current and emerging translational methods and applications[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2010, 32(6): 1398-1408.

[11] Nyeng TB, Kallehauge JF, Høyer M, et al. Clinical validation of a 4D-CT based method for lung ventilation measurement in phantoms and patients [J]. *Acta Oncol*, 2011, 50(6): 897-907.

[12] Yamamoto T, Kabus S, Klinder T, et al. Four-dimensional computed tomography pulmonary ventilation images vary with deformable image registration algorithms and metrics[J]. *Med Phys*, 2011, 38(3):1348-1358.

[13] Yaremko BP, Guerrero TM, Noyola-Martinez J, et al. Reduction of normal lung irradiation in locally advanced non-small-cell lung cancer patients, using ventilation images for functional avoidance [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2007, 68(2):562-571.

(收稿日期:2014-04-28)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

## 《中华放射医学与防护杂志》入选“中国精品科技期刊”

2014 年 9 月 26 日,中国科技论文统计结果发布,《中华放射医学与防护杂志》的影响因子继续保持增长的势头,综合评价总分在军事医学与特种医学类排名第一,在 1989 种中国科技核心期刊中名列第 128 位。为此,入选“第 3 届中国精品科技期刊”(Outstanding S&T Journals of China)、“中国精品科技期刊顶尖学术论文(F5000)”项目来源期刊。

中国精品科技期刊评选始于 2008 年,每 3 年评选一次。这是本刊首次获此殊荣。自 2011 年以来,《中华放射医学与防护杂志》的影响因子一路上扬,累计增长 80% 以上。考虑到学科的差异,对期刊最全面、权威的评估指标是综合评价总分。在 1989 种中国科技核心期刊(中国科技论文统计源期刊)中,本刊的综合评价总分排序由 2011 年的第 1574 位,到 2012 年大幅提升 400 多名,为 1163 位;2013 年继续前行至 1061 位,今年冲刺到第 128 位,实现了突破性的飞跃。

2013 年,本刊荣获中国科协精品期刊工程项目资助。在 2014 年的项目实施报告中,被评为影响因子进步较好的精品科技期刊。2014 年,于创刊 33 年后,《中华放射医学与防护杂志》改为月刊。纵观几年来的成绩,其中的每一个进步,都凝聚着第八届编委会成员和编辑部的辛勤劳动,更离不开广大读者和作者的厚爱和支持。期望在新成立的第九届编委会的指导下,百尺竿头,更进一步。

(本刊编辑部)