

# IMRT 中 OAR 和靶区相交体积与其吸收剂量间关系研究

庞皓文 孙小杨 杨波 石翔翔 唐涛 吴敬波

646000 泸州,西南医科大学附属医院肿瘤科放疗室

通信作者:孙小杨,Email:sunxy0611@126.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2017.02.014

**【摘要】** 目的 探讨 IMRT 中 OAR 与靶区相交体积( $V_{\text{overlap}}$ )和平均剂量( $D_{\text{mOAR}}$ )之间的相关关系。方法 随机选取本院接受鼻咽癌 IMRT 的患者与宫颈癌根治性 IMRT 的患者各 50 例,以此为模板分析 IMRT 中  $V_{\text{overlap}}$  与其  $D_{\text{mOAR}}$  之间的关系,并利用 matlab 软件拟合出不同 OAR 上述二者之间的相关公式。结果 鼻咽癌与宫颈癌患者 OAR 和靶区相交体积因人而异, $V_{\text{overlap}}$  与其本身体积( $V_{\text{OAR}}$ )的比值与  $D_{\text{mOAR}}$  和处方剂量( $D_p$ )比值之间存在着显著正相关性( $P$  均 = 0.01),并得到出二者之间相关公式。结论 IMRT 过程中患者靶区大小各异,不同分期和 OAR 充盈程度及大小不一等因素也会导致不同  $V_{\text{overlap}}/V_{\text{OAR}}$ 。在制作放疗计划前根据不同 OAR 拟合出相关公式,在给定处方条件下通过  $V_{\text{overlap}}/V_{\text{OAR}}$  提前计算出各自  $D_{\text{mOAR}}$ ,作为计划验收标准,从而减少放疗计划优化过程中主观因素造成影响。

**【关键词】** 放射疗法; 计算机辅助; 危及器官; 相关性

**Relationship between the overlap volume of organ at risk and target and the dose to organ at risk in intensity-modulated radiotherapy** Pang Haowen, Sun Xiaoyang, Yang Bo, Shi Xiangxiang, Tang Tao, Wu Jingbo

Department of Radiation Oncology, The Affiliated Hospital of Southwest Medical College, Luzhou 646000, China

Corresponding author: Sun Xiaoyang, Email: sunxy0611@126.com

**【Abstract】 Objective** To explore the relationship between the overlap volume of organ at risk (OAR) and target ( $V_{\text{overlap}}$ ) and the mean dose to OAR ( $D_{\text{mOAR}}$ ) in intensity-modulated radiotherapy (IMRT). **Methods** Fifty randomly selected patients undergoing IMRT for nasopharyngeal carcinoma (NPC) and an equal number of patients undergoing radical IMRT for cervical cancer in our hospital were enrolled as subjects. The relationship between  $V_{\text{overlap}}$  and  $D_{\text{mOAR}}$  in IMRT was analyzed. The Matlab software was used to generate function to fit the relationship between  $V_{\text{overlap}}$  and  $D_{\text{mOAR}}$  for different OARs. **Results** The  $V_{\text{overlap}}$  varied among patients with NPC or cervical cancer. The ratio of  $V_{\text{overlap}}$  to the volume of OAR ( $V_{\text{OAR}}$ ) was positively correlated with the ratio of  $D_{\text{mOAR}}$  to the prescribed dose ( $D_p$ ) (all  $P = 0.01$ ). A function was generated to fit the correlation between  $V_{\text{overlap}}/V_{\text{OAR}}$  ratio and  $D_{\text{mOAR}}/D_p$  ratio. **Conclusions** In IMRT, patients have different  $V_{\text{overlap}}/V_{\text{OAR}}$  ratios due to varied target volume, disease stages, OAR filling status, and OAR volume. As criteria for plan verification, a specific  $D_{\text{mOAR}}$  value for each OAR should be calculated before radiotherapy planning based on the corresponding correlation function and the  $V_{\text{overlap}}/V_{\text{OAR}}$  ratio with a fixed dose prescription. It can be used to reduce the subjective influence on the optimization of radiotherapy planning.

**【Key words】** Radiotherapy; Computer-assisted; Organs at risk; Correlation

经过多年的临床实践,大量文献报道结果显示 IMRT 技术不仅提高了患者的疗效,而且有效地改善了患者治疗后的生活质量<sup>[1-7]</sup>。使靶区剂量尽量高,OAR 剂量尽量低,是放疗的最根本原则。但实际调强优化过程中,受优化方法、手段以及人为等因

素影响,虽然大多数放疗中心 OAR 控制在限定范围内,但由于缺少有效的预测与评估手段,OAR 的最终吸收剂量更多地依赖于各放疗单位的经验。本研究以鼻咽癌与宫颈癌根治性 IMRT 计划为例,探索临近靶区的 OAR 与靶区的相交体积( $V_{\text{overlap}}$ )和

$D_{mOAR}$  (或  $D_{50\%}$ 、 $V_{45}$  等) 之间的相关关系, 拟合出二者之间相关公式, 并通过上述公式在调强优化前预测出 OAR 的吸收剂量。由于 IMRT 计划优化时串行器官优先权重甚至高于靶区, 且一般情况下不与靶区相交, 因此本研究未对其进行研究。

### 材料与方 法

1. 患者资料: 随机选取西南医科大学附属医院肿瘤科放疗室接受鼻咽癌 IMRT 的患者与宫颈癌根治性 IMRT 的患者各 50 例, 其中鼻咽癌 IMRT 患者  $T_2$  期 21 例、 $T_3$  期 19 例、 $T_4$  期 10 例、 $N_0$  期 9 例、 $N_1$  期 12 例、 $N_2$  期 13 例、 $N_3$  期 10 例、 $N_4$  期 6 例。宫颈癌根治性调强患者,  $II_b$  期 26 例,  $III_a$ — $III_b$  期 15 例,  $IV$ — $IV_b$  期 9 例。

2. 靶区勾画: (1) 鼻咽癌: 医师根据 2010 鼻咽癌 IMRT 靶区及剂量设计指引专家共识<sup>[8]</sup> 勾画  $GTV_{nx}$ 、 $GTV_{mp}$ 、 $GTV_{nd}$ 、 $CTV_1$ 、 $CTV_2$ 。对上述对应各靶区扩 3 mm 作为 PTV。(2) 宫颈癌: 将定位 CT 与 MRI 进行图像融合后, 根据 ICRU50 号报告勾画出靶区、膀胱、直肠等 OAR。CTV 包括子宫和宫颈、宫旁及相应淋巴结引流区(髂内外、骶前、闭孔淋巴结、髂总淋巴结)。 $GTV_{nd}$  为病理证实淋巴结和影像学可疑肿大淋巴结, 由于淋巴结处方剂量较高, 淋巴结位置大小对膀胱、直肠剂量影响较大, 因此本研究未包括  $GTV_{nd}$  患者。本中心治疗时 CTV 头脚方向外放 1 cm, 其余方向外放 0.8 cm 形成 PTV。所有入组患者均由同一医师对靶区进行勾画。

3. 处方剂量与计划评估要求: (1) 鼻咽癌: 处方剂量定义为 95% PTV 所接收的最低吸收剂量。 $PGTV_{nx}$ 、 $PGTV_{mp}$  单次剂量 2.10~2.25 Gy, 总剂量 66~76 Gy;  $PGTV_{nd}$  单次剂量 2.00~2.25 Gy, 总剂量 66~70 Gy;  $PCTV_1$  单次剂量 1.80~2.05 Gy, 总剂量 60~62 Gy;  $PCTV_2$  单次剂量 1.80 Gy, 总剂量 56 Gy。PTV 接受  $\geq 110\%$  处方剂量体积  $< 5\%$ ; PTV 接受  $< 93\%$  处方剂量体积  $< 1\%$ <sup>[9-10]</sup>。(2) 宫颈癌: PTV 处方剂量为 48.6~50.4 Gy, 共 26~28 次, 同时实施高剂量率后装(A 点剂量 7 Gy, 共 4 次)。

4. OAR 限定剂量: (1) 鼻咽癌: 单侧内耳平均剂量( $D_{me}$ )  $\leq 45$  Gy, 口腔平均剂量( $D_{mo}$ )  $\leq 40$  Gy, 腮腺平均剂量( $D_{mpa}$ )  $< 26$  Gy 或对腮腺与  $PCTV_2$  相交体积过大情况至少单侧  $D_{50\%} < 30$  Gy 或剂量尽量低, 声门喉平均剂量( $D_{ml}$ )  $\leq 45$  Gy, 环后区咽平均剂量( $D_{mph}$ )  $\leq 45$  Gy, 食管平均剂量( $D_{mess}$ )  $\leq 45$  Gy<sup>[9-10]</sup>。(2) 宫颈癌: 外照射膀胱与直肠剂量均限定为  $V_{45} \leq$

50%, 对个别宫颈肿瘤较大患者放宽到  $V_{50} \leq 50\%$ , 并控制热点。所有入组患者均由同一医师对 OAR 进行勾画。

5. 治疗计划设计: 50 例鼻咽癌与 50 例宫颈癌 IMRT 计划均采用 Pinnacle 8.0 (Pinnacle<sup>3</sup>, version 8.0m, Philips Medical Systems) TPS 计划进行前瞻性优化分析, 鼻咽癌采用 6 MV X 线共面 9 个野均分直接子野优化的设计方法, 宫颈癌采用 6 MV X 线共面 7 个野均分直接子野优化的设计方法。反复修改靶区与上述 OAR 的优化参数, 以腮腺为例其优化参数选取  $V_{23} < 30\%$  至  $V_{30} < 30\%$  与  $D_{50\%} < 20 \sim 30$  Gy, 权重在 30~80 之间进行反复修改, 最终使每个患者靶区与 OAR 相交区域剂量统一为靶区剂量前提下使各自平均剂量尽量低。

6. 统计方法: 从 50 例鼻咽癌患者 IMRT 计划中分别得出内耳和  $PCTV_2$  相交体积( $V_{oe}$ )与内耳体积( $V_e$ )比值及与  $D_{me}$  和  $PCTV_2$  处方剂量( $D_p$ )比值的散点图(图 1); 口腔和  $PCTV_2$  相交体积( $V_{oo}$ )与口腔体积( $V_o$ )比值及与  $D_{mo}$  和  $D_p$  比值的散点图(图 2); 腮腺和  $PCTV_2$  相交体积( $V_{opa}$ )与腮腺体积( $V_{pa}$ )比值及与  $D_{mpa}$  和  $D_p$  比值的散点图(图 3); 腮腺和  $PCTV_2$  相交体积( $V_{opa}$ )与腮腺体积( $V_{pa}$ )比值及与腮腺  $D_{50\%}$  ( $D_{pa50\%}$ ) 和  $D_p$  比值的散点图(图 4); 声门喉和  $PCTV_2$  相交体积( $V_{ol}$ )与声门喉体积( $V_l$ )比值及与  $D_{ml}$  和  $D_p$  比值的散点图(图 5); 环后区咽和  $PCTV_2$  相交体积( $V_{oph}$ )与环后区咽体积( $V_{ph}$ )比值及与  $D_{mph}$  和  $D_p$  比值的散点图(图 6); 食管和  $PCTV_2$  相交体积( $V_{oes}$ )与食管体积( $V_{es}$ )比值及与  $D_{mess}$  和  $D_p$  比值的散点图(图 7)。从 50 例宫颈癌患者 IMRT 计划中分别得出膀胱和 PTV 相交体积( $V_{ob}$ )和膀胱体积( $V_b$ )比值及与  $D_{mb}$  和宫颈癌 PTV 处方剂量( $D_p$ )比值的散点图(图 8);  $V_{ob}$  和  $V_b$  比值及与膀胱  $V_{45}$  ( $V_{45b}$ )的散点图(图 9); 直肠和 PTV 相交体积( $V_{or}$ )和直肠体积( $V_r$ )比值及与  $D_{mr}$  和宫颈癌 PTV 处方剂量( $D_p$ )比值的散点图(图 10);  $V_{or}$  和  $V_r$  比值与直肠  $V_{45}$  ( $V_{45r}$ )的散点图(图 11)。通过 matlab 软件对上述数据进行拟合, 数据拟合过程中采用线性拟合、多项式拟合、Power 拟合等方法, 最终选取 3 次多项式方法拟合出不同 OAR 两者之间的相关公式。相关性分析采用 Spearman 法。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 结 果

1. 鼻咽癌及宫颈癌各个  $V_{overlap}/V_{OAR}$  与  $D_{mOAR}/D_p$

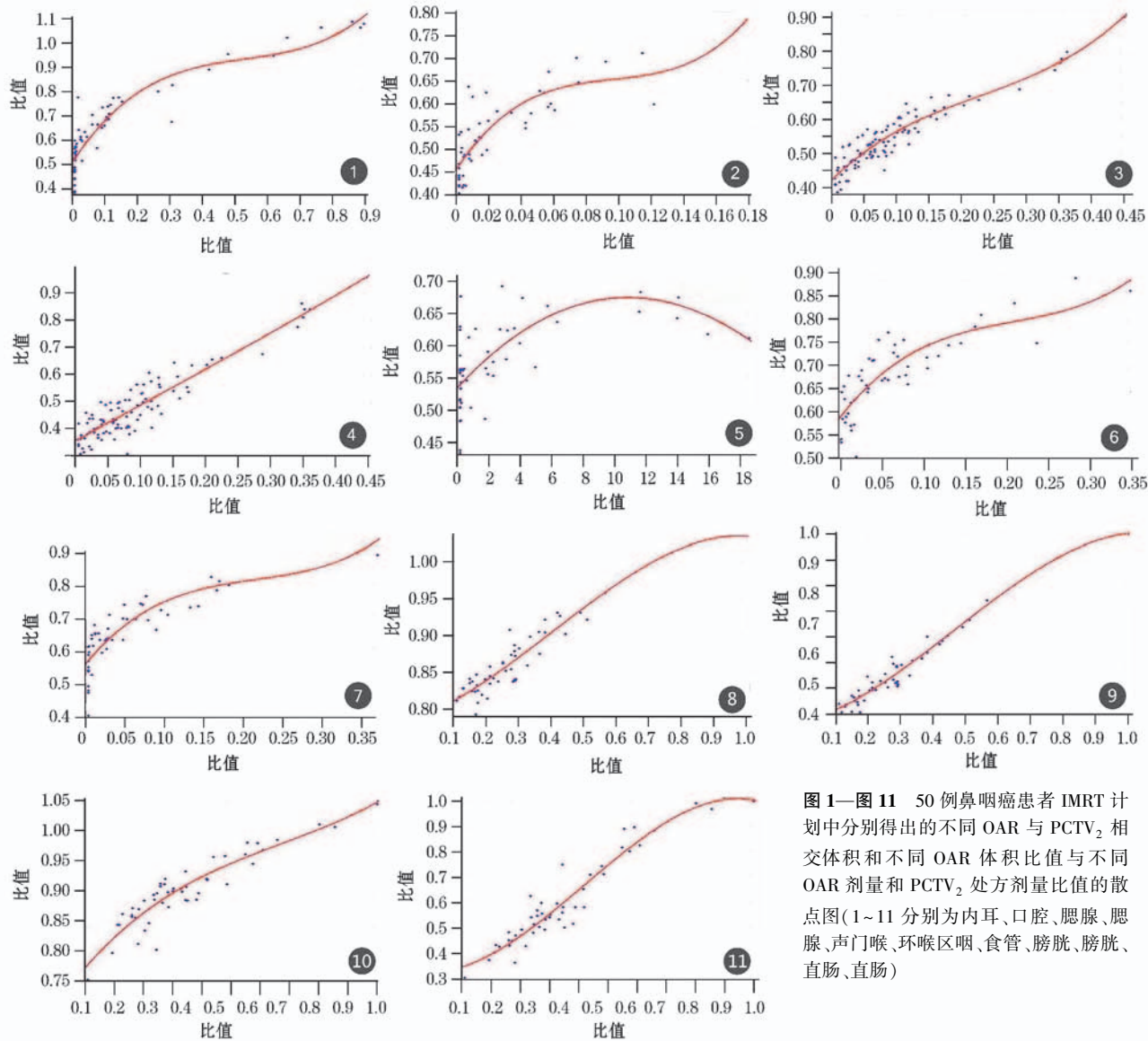


图 1—图 11 50 例鼻咽癌患者 IMRT 计划中分别得出的不同 OAR 与 PCTV<sub>2</sub> 相交体积和不同 OAR 体积比值与不同 OAR 剂量和 PCTV<sub>2</sub> 处方剂量比值的散点图(1~11 分别为内耳、口腔、腮腺、腮腺、声门喉、环状区咽、食管、膀胱、膀胱、直肠、直肠)

表 1 相关体积比与相关剂量比间的 Spearman 法相关分析

项目	相关性	r 值	P 值
$V_{oc}/V_c$ 与 $D_{me}/D_p$	显著正相关	0.935	0.01
$V_{o0}/V_o$ 与 $D_{m0}/D_p$	显著正相关	0.831	0.01
$V_{opa}/V_{pa}$ 与 $D_{mpa}/D_p$	显著正相关	0.895	0.01
$V_{opa}/V_{pa}$ 与 $D_{pa50\%}/D_p$	显著正相关	0.812	0.01
$V_{ol}/V_l$ 与 $D_{ml}/D_p$	显著正相关	0.660	0.01
$V_{oph}/V_{ph}$ 与 $D_{mph}/D_p$	显著正相关	0.848	0.01
$V_{oes}/V_{es}$ 与 $D_{mess}/D_p$	显著正相关	0.906	0.01
$V_{ob}/V_b$ 与 $D_{mb}/D_p$	显著正相关	0.858	0.01
$V_{ob}/V_b$ 与 $V_{45b}$	显著正相关	0.921	0.01
$V_{or}/V_r$ 与 $D_{mr}/D_p$	显著正相关	0.878	0.01
$V_{or}/V_r$ 与 $V_{45r}$	显著正相关	0.902	0.01

见表 1, 其中腮腺添加了  $V_{opa}/V_{pa}$  与  $D_{pa50\%}/D_p$  相关分析, 膀胱添加了  $V_{ob}/V_b$  与  $V_{45b}$  相关分析, 直肠添加了  $V_{or}/V_r$  与  $V_{45r}$  相关分析。

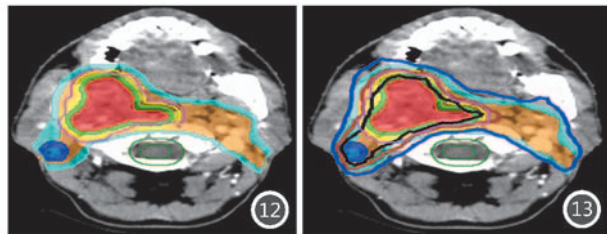


图 12—图 13 鼻咽癌患者靶区勾画及剂量曲线分布断层 CT 示例 (12 中 GTV<sub>nx</sub> 为红色、PCTV<sub>nx</sub> 为绿色、GTV<sub>nd</sub> 为明蓝色、PCTV<sub>nd</sub> 为蓝色、CTV<sub>1</sub> 为黄色、PCTV<sub>1</sub> 为粉红色、PCTV<sub>2</sub> 为橙色、PCTV<sub>2</sub> 为石蓝色; 13 中 70 Gy 等剂量曲线颜色为黑色, 62 Gy 等剂量曲线颜色为棕色, 56 Gy 等剂量曲线颜色为蓝色)

之间的相关性分析: 图 12 为 1 例鼻咽癌患者 CT 图像及靶区与剂量曲线。鼻咽癌及宫颈癌各个  $V_{overlap}/V_{OAR}$  与  $D_{mOAR}/D_p$  之间的相关性及相关系数

2. 拟合公式: 通过 matlab 软件对图 1—图 11 数据反复采用不同公式进行拟合, 最终采用统一的 3

次多项式公式,得出如下拟合公式  $y = p_1x^3 + p_2x^2 + p_3x + p_4$ , 其中  $p_1, p_2, p_3, p_4$  为不同 OAR 的权重因子,  $y, x, p_1, p_2, p_3, p_4$  取值见表 2。

表 2 相关剂量比和体积比的权重系数参数表

$y$	$x$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$
$D_{me}/D_p$	$V_{oe}/V_e$	2.39	-3.65	2.05	0.52
$D_{mo}/D_p$	$V_{oo}/V_o$	168.70	-48.88	5.10	0.46
$D_{mpa}/D_p$	$V_{opa}/V_{pa}$	7.54	-5.06	1.83	0.43
$D_{pa50\%}/D$	$V_{opa}/V_{paP}$	0.37	-0.12	1.32	0.36
$D_{ml}/D$	$V_{ol}/V_{lp}$	4 735.00	-1 270.00	25.73	0.55
$D_{mph}/D$	$V_{oph}/V_{php}$	14.48	-9.01	2.19	0.60
$D_{mess}/D_p$	$V_{oes}/V_{es}$	18.66	-12.04	2.94	0.56
$D_{mb}/D$	$V_{ob}/V_{bp}$	-0.34	0.42	0.17	0.79
$V_{45b}$	$V_{ob}/V_b$	-0.98	1.38	0.33	0.28
$D_{mr}/D_p$	$V_{or}/V_r$	0.28	-0.57	0.57	0.77
$V_{45r}$	$V_{or}/V_r$	-1.28	1.66	0.30	0.33

## 讨 论

OAR与靶区之间有着较为复杂的关系,因此也会导致不同患者间 OAR 受量有所不同,较早研究表明, OAR 的吸收剂量与其和靶区的空间位置关系之间有相关性<sup>[11-13]</sup>。由于鼻咽癌调强患者的内耳、口腔、腮腺、声门喉、环后区咽、食管以及宫颈癌患者的膀胱、直肠与靶区位置毗邻,体积因人而异,分期的不同也会导致其吸收剂量的较大变化。本研究选取了上述八种 OAR 进行研究,在不损失靶区剂量(OAR 与靶区相交区域剂量认定为靶区处方剂量)的前提下对其 IMRT 计划进行前瞻性优化分析,寻找各自  $V_{overlap}$  与其  $D_{mOAR}$  (或  $D_{50\%}$ 、 $V_{45}$  等)之间的相关关系模型。

鼻咽癌及宫颈癌 IMRT 计划优化过程中,患者靶区大小各异,不同的分期以及 OAR 的充盈程度与大小不一等因素会导致不同的  $V_{overlap}/V_{OAR}$ 。杜克大学的 Zhu 等<sup>[14]</sup>, 华盛顿大学的 Appenzoller 等<sup>[15]</sup>通过器官-DVH 关系预测模型,在制作 IMRT 计划前预测 OAR 的 DVH,以保证 IMRT 计划的质量。但上述方法需要提取治疗计划中 OAR 每个采样点的剂量信息,数据量大且为回顾性分析,我国大多数放疗单位在现有设备基础上并不能将该模型应用到实际的 IMRT 优化计划中。

本研究发现鼻咽癌及宫颈癌 IMRT 计划中八种不同的 OAR  $V_{overlap}/V_{OAR}$  与  $D_{mOAR}/D_p$  之间有显著的正相关性并给出了它们之间的相关拟合公式;说明 OAR 和靶区的相交体积与其吸收剂量之间有规律可循,对不同 OAR 我们采用统一的 3 次多项式公

式。因此在给定处方条件下通过  $V_{overlap}/V_{OAR}$ , 即可在优化计划前预测出  $D_{mOAR}$ , 作为 IMRT 计划验收的标准,从而减少放疗计划优化过程中主观因素造成的影响。本拟合公式方法简单,我国大多数放疗单位均可在现有 TPS 基础上利用该方法建立适合自己科室的  $V_{overlap}/V_{OAR}$  与  $D_{mOAR}/D_p$  (或  $D_{50\%}$ 、 $V_{45}$  等)之间的相关公式。

研究发现声门喉虽然其  $V_{ol}/V_l$  与  $D_{ml}/D_p$  之间仍然显著正相关,但其拟合曲线并不能让人满意,分析其数据表明其近一半  $V_{ol} = 0$ , 说明对于虽邻近靶区但  $V_{overlap}$  趋近于 0 的 OAR, 上述方法需进一步改进;应加入更多 OAR 与靶区体积信息,进一步的数据采集工作正在进行。

上述研究并不只局限于鼻咽癌与宫颈癌患者 OAR 的  $D_{mOAR}$  (或  $D_{50\%}/D_p$ 、 $V_{45}$  等)的预测,对于其他不同病种接受 IMRT 的患者,也可以采用本方法得出其  $V_{overlap}$  与  $D_{mOAR}$  (或  $D_{50\%}$ 、 $V_{45}$  等)之间的相关公式,细化出不同病种或同一病种不同分期中不同 OAR 的  $D_{mOAR}$  (或  $D_{50\%}$ 、 $V_{45}$  等)的预测公式。

IMRT 计划在实际优化过程中仍有许多客观因素会影响其结果,例如为了更好地保护腮腺,是否需要降低其与靶区相交体积的剂量,需物理师与医生共同商量得出最终适合个体化的结论。从散点图上看,本研究仍需要加大样本数据量,采用多中心合作,收集更大样本数据,更准确拟合出  $V_{overlap}$  与  $D_{mOAR}$  (或  $D_{50\%}$ 、 $V_{45}$  等)之间的相关公式,消除人为主观因素,建立起相关 OAR 吸收剂量的预测模型。

## 参 考 文 献

- [1] Fang FM, Chien CY, Tsai WL, et al. Quality of life and survival outcome for patients with nasopharyngeal carcinoma receiving three-dimensional conformal radiotherapy vs. intensity-modulated radiotherapy—a longitudinal study [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2008, 72(2): 356-364. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2007.12.054.
- [2] Lin SJ, Pan JJ, Han L, et al. Nasopharyngeal carcinoma treated with reduced-volume intensity-modulated radiation therapy: report on the 3-year outcome of a prospective series [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2009, 75(4): 1071-1078. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2008.12.015.
- [3] Wong FCS, Ng AWY, Lee VHF, et al. Whole-field simultaneous integrated-boost intensity-modulated radiotherapy for patients with nasopharyngeal carcinoma [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2010, 76(1): 138-145. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2009.01.084.
- [4] Lee AWM, Lau KY, Hung WM, et al. Potential improvement of tumor control probability by induction chemotherapy for advanced nasopharyngeal carcinoma [J]. *Radiother Oncol*, 2008, 87(2): 204-210. DOI: 10.1016/j.radonc.2008.02.003.
- [5] Mell LK, Roeske JC, Mundt AJ. A survey of intensity-modulated radiation therapy use in the United States [J]. *Cancer*, 2003, 98: 204-211. DOI: 10.1002/cncr.11489.
- [6] Roeske JC, Lujan A, Rotmensch J, et al. Intensity-modulated whole pelvic radiation therapy in patients with gynecologic malignancies

- [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2000, 48(5): 1613-1621. DOI: 10.1016/S0360-3016(00)00771-9.
- [7] Chen MF, Tseng CJ, Tseng CC, et al. Clinical outcome in posthysterectomy cervical cancer patients treated with concurrent cisplatin and intensity-modulated pelvic radiotherapy: comparison with conventional radiotherapy [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2007, 67(5): 1438-1444. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2006.11.005.
- [8] 中国鼻咽癌临床分期工作委员会. 2010 鼻咽癌 IMRT 靶区及剂量设计指引专家共识 [J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2011, 20(4): 267-269. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2011.04.001. Working committee for the clinical stage nasopharyngeal carcinoma (NPC) in China. 2010 expert consensus of nasopharyngeal carcinoma IMRT target and dosage design [J]. Chin J Radiat Oncol, 2011, 20(4): 267-269. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2011.04.001.
- [9] Radiation Therapy Oncology Group. A phase II study of concurrent chemoradiotherapy using three-dimensional conformal radiotherapy (3D-CRT) or intensity-modulated radiation therapy (IMRT) + Bevacizumab (BV) for locally or regionally advanced nasopharyngeal cancer. RTOG 0615 2011-03-05 [DB/OL]. <http://www.rtog.org/News/tabid/72/articleType/ArticleView/articleId/30/RTOG-0615-trial-results-show-the-spread-of-nasopharyngeal-cancer-is-reduced-by-bevacizumab.aspx>.
- [10] Radiation Therapy Oncology Group. A phase II study of intensity modulated radiation therapy (IMRT) +/- chemotherapy for nasopharyngeal cancer. RTOG 0225 [2011-03-05] [DB/OL]. <http://ascopubs.org/doi/full/10.1200/JCO.2008.19.9109>.
- [11] Hunt MA, Jackson A, Narayana A, et al. Geometric factors influencing dosimetric sparing of the parotid glands using IMRT [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2006, 66(1): 296-304. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2006.05.028.
- [12] Moore KL, Brame RS, Low DA, et al. Experience-based quality control of clinical intensity-modulated radiotherapy planning [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2011, 81(2): 545-551. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2010.11.030.
- [13] Lian J, Yuan LL, Ge YR, et al. Modeling the dosimetry of organ-at-risk in head and neck IMRT planning: an intertechnique and interinstitutional study [J]. Med Phys, 2013, 40(12): 121704. DOI: 10.1118/1.4828788.
- [14] Zhu XF, Ge YR, Li TR, et al. A planning quality evaluation tool for prostate adaptive IMRT based on machine learning [J]. Med Phys, 2011, 38(2): 719-726. DOI: 10.1118/1.3539749.
- [15] Appenzoller LM, Michalski JM, Thorstad WL, et al. Predicting dose-volume histograms for organs-at-risk in IMRT planning [J]. Med Phys, 2011, 39(12): 7446-7461. DOI: 10.1118/1.4761864.

(收稿日期: 2015-12-14)

## 上海泰和诚肿瘤医院及上海百瑞肿瘤门诊部招聘启事

### 泰和诚集团

泰和诚集团已与国际顶尖肿瘤研究、治疗及教育中心——美国德州大学 MD 安德森癌症中心(简称"MD 安德森")签订一项长期战略发展协议,双方将在多个领域展开密切合作,共同建设以多学科诊疗模式为基础、以临床研究为导向、具有亚学科专长的高水平肿瘤专科医院,优化患者就医体验,提高中国的肿瘤治疗水平。泰和诚医疗集团正在联合美国 MD 安德森癌症中心共同建设上海百瑞肿瘤门诊部放疗项目,在通过 MD 安德森的评审验收后,百瑞肿瘤门诊部将成为 MD 安德森在中国大陆落地的肿瘤放疗中心,并作为上海泰和诚肿瘤医院人才的培养基地。

现诚邀优秀的放疗医生及物理师的加盟,您将获得如下机会:前往 MD 安德森癌症中心进行入职和临床技能培训以达到 MD 安德森的标准和规范要求;参与国际科研课题研究;与国际接轨的管理模式;拥有优厚的薪酬及福利待遇。

1. 放疗医生基本要求:医学博士学位;放疗临床经验 10 年以上;35 到 45 岁之间。

2. 物理师/放疗技师基本要求:医学物理学、生物医学工程及相关专业本科以上学历;5 年以上临床经验;持有放疗技师或物理师上岗证书。

3. 其他招聘职位:影像医生;影像技师;护士。

关于集团及职位详细信息请登录 [www.ccm.cn/](http://www.ccm.cn/)丁香人才网查询。您的简历可以直接发送至 [hr@ccm.cn](mailto:hr@ccm.cn) 或电话联系 021-33319111。