

放射肿瘤学专题

• 放射技术 •

发泡胶在鼻咽癌放疗中对剂量分布的影响

覃仕瑞, 王宏, 李秀粉, 聂文胜, 符贵山[△]

100021 北京, 国家癌症中心/国家肿瘤临床医学研究中心/中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院 放疗科

[摘要] 目的: 研究在鼻咽癌放射治疗中应用发泡胶进行体位固定对剂量分布的影响。方法: 随机选取 11 例应用头颈肩热塑膜联合发泡胶进行体位固定的鼻咽癌患者, 在 Pinnacle 计划系统中将空白 CT 值设置到发泡胶的 CT 值以下, 以确保发泡胶的 CT 值被计算在内, 作为第一组计划 (Plan_F)。同时, 复制第一组计划并在定位图像上勾画出发泡胶, 设置发泡胶的 CT 值为 0, 在不改变射野分布、权重及计划跳数的情况下重新计算剂量分布, 作为第二组计划 (Plan_N)。比较两组计划的靶区及周围正常组织的剂量分布。结果: 对于靶区 (GTV_{nx}、GTV_{nd}、GTV_{rpn}、PGTV_{nx}、CTV1、PTV1、CTV2、PTV2) 的最小剂量 D_{\min} , 最大剂量 D_{\max} , 平均剂量 D_{mean} 去除发泡胶之后, 所测 255 组数据中仅有 6 组数据出现减小 (约占 2.4%), D_{\min} 、 D_{\max} 和 D_{mean} 的变化度 (%) ($\bar{X} \pm S$) 依次为 0.215 ± 0.969 、 0.395 ± 0.623 和 0.442 ± 0.178 , 其中除了 GTV_{rpn} 的 D_{\min} ($P=0.727$) 和 D_{\max} ($P=0.142$), PGTV_{nx} 的 D_{\min} ($P=0.623$), CTV1 D_{\min} ($P=0.713$), CTV2 D_{\max} ($P=0.066$), 其他评估指标皆显示发泡胶使用组剂量低于去除发泡胶组 ($P < 0.05$); 而对于周围正常组织 (脑干、脊髓、左右晶体、左右视神经和腮腺) 的 D_{mean} 和 D_{\max} 去除发泡胶之后, 所测的 154 组数据中仅有 14 组数据出现减小 (约占 9.1%), D_{\max} 和 D_{mean} 的变化度 (%) ($\bar{X} \pm S$) 依次为 0.194 ± 0.192 和 0.129 ± 0.128 , 其中除了左、右晶体的平均剂量 D_{mean} (P 值分别为 0.123 和 0.06), 其余各项指标同样显示发泡胶使用组剂量低于去除发泡胶组 ($P < 0.05$)。结论: 发泡胶的使用降低了实际治疗过程中受照部位的剂量, 但发泡胶对剂量变化的影响都在目前临床可接受的范围之内。

[关键词] 发泡胶; 放射治疗; 鼻咽癌; 体外空气阈值; 剂量分布

[中图分类号] R739.63; R730.55 **[文献标志码]** A doi:10.3969/j.issn.1674-0904.2020.01.008

引文格式: Qin SR, Wang H, Li XF, et al. Effect of polyurethane foam on dose distribution in radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma [J]. J Cancer Control Treat, 2020, 33(1): 46-50. [覃仕瑞, 王宏, 李秀粉, 等. 发泡胶在鼻咽癌放疗中对剂量分布的影响 [J]. 肿瘤预防与治疗, 2020, 33(1): 46-50.]

Effect of Polyurethane Foam on Dose Distribution in Radiotherapy for Nasopharyngeal Carcinoma

Qin Shirui, Wang Hong, Li Xiufen, Nie Wensheng, Fu Guishan

Department of Radiation Oncology, National Cancer Center & National Clinical Research Center for Cancer & Cancer Hospital, Chinese Academy of Medical Science and Peking Union Medical College, Beijing 100021, China

Corresponding author: Fu Guishan, E-mail: guishan11@163.com

[Abstract] **Objective:** To study the effect of polyurethane foam on the dose distribution in radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma (NPC). **Methods:** Eleven nasopharyngeal carcinoma patients using head and neck thermoplastic mask combined with polyurethane foam were selected randomly. The blank CT value were set below the polyurethane foam in the Pinnacle planning system to ensure the CT value of polyurethane foam were in the calculation (Plan_F). At the same time, Plan_F were copied and the polyurethane foam on the CT positioning images were sketched. Set the CT value of the polyurethane foam to 0, and recalculate the dose distribution without changing the beam set, beam weight and MUs (Plan_N). The dose distributions of the target areas and organ at risk (OAR) of the two groups were compared. **Results:** For the target are-

[收稿日期] 2019-09-03 **[修回日期]** 2020-01-08

[通讯作者] [△]符贵山, E-mail: guishan11@163.com

as (GTVnx, GTVnd, GTVrpn, PGTVnx, CTV1, PTV1, CTV2, PTV2), only 6 of the 255 data measured in the minimum dose (D_{\min}), the maximum dose (D_{\max}), and the average dose (D_{mean}) appeared to decrease (about 2.4%) after removing the polyurethane foam and the changing degree (%) of D_{\min} , D_{\max} , and D_{mean} ($\bar{X} \pm S$) were 0.215 ± 0.969 , 0.395 ± 0.623 , and 0.442 ± 0.178 , respectively, among which D_{\min} ($P=0.727$) and D_{\max} ($P=0.142$) of GTVrpn, D_{\min} ($P=0.623$) of PGTVnx, D_{\min} of CTV1 ($P=0.713$) and D_{\max} of CTV2 ($P=0.066$), all the other evaluation indicators showed that the dosage of the application group was lower than that of the foam removal group ($P<0.05$). For the OARs (brain stem, spinal cord, crystals, optic nerves and parotid) only 14 of the 154 data measured in the D_{\max} , and D_{mean} appeared to decrease (about 9.1%) after removing the polyurethane foam and the changing degree (%) of D_{\max} and D_{mean} ($\bar{X} \pm S$) were 0.194 ± 0.192 and 0.129 ± 0.128 respectively. Except for the mean dose (D_{mean}) of left and right lens ($P=0.123$ and 0.06 , respectively), all the other indicators also showed that the dosage of the foam group was lower than that of the foam removal group ($P<0.05$). **Conclusion:** The polyurethane foam reduces the dose distribution during the radiotherapy actually. However, the dose changes were acceptable in the clinical use currently.

[Key words] Polyurethane foam; Radiotherapy; Nasopharyngeal carcinoma; Outside-patient air threshold; Dose distribution

随着放疗技术的发展,放射治疗已进入个体化精准放疗的阶段。发泡胶采用发泡剂发泡膨胀并冷却固化塑形,能够很好地按照人体结构主动塑型,具有质量轻、持久耐用、免维护、无毒、适形度高、价格低廉等优点,被广泛地运用在各个部位的放疗过程中^[1]。其应用对于体位固定的精准性,治疗的重复性以及患者舒适度上的提升已经被广泛地认可^[2-4]。发泡胶在放疗过程中对于剂量分布的影响目前尚无报道。通常认为发泡胶密度小,CT 值低,其对剂量的影响可以忽略不计^[5]。本研究旨在探究分析发泡胶在鼻咽癌头颈体位固定放疗计划中对剂量分布的影响。

1 材料和方法

1.1 临床资料

随机选取医科院肿瘤医院放射治疗科 2017 年 7 月至 2018 年 1 月间使用头颈肩热塑膜联合发泡胶为固定方式治疗的鼻咽癌患者 11 例。所有患者均为原发性鼻咽癌,且未有远处转移,其中男性 7 例,女性 4 例,平均年龄为 (46 ± 14.5) 岁,最大年龄 66 岁,最小年龄 25 岁。临床分期 $T_1N_1M_0 \sim T_4N_2M_0$,其中 T_1 2 例, T_2 2 例, T_3 4 例, T_4 3 例。

1.2 发泡胶制作

个体化定位垫发泡胶采用发泡剂发泡膨胀并冷却固化塑形,塑造一个与头颈部和双肩背部高度和弧度相吻合的头颈肩泡沫垫,结合头颈肩热塑膜面罩固定。发泡胶的制作过程为将防水布袋上放置头颈肩“凸”形制模框架内,按比例在容器中倒入 A、B 液,快速摇匀两液后将其倒入到防水布袋中,操作人员隔着防水布袋对袋内液体进行移动,均匀铺开混合液体,待袋中液体稍发泡后,辅助患者平躺至适当位置,确保患者头颈部位处于完全陷入包裹的状态

中,尽量减少防水布袋与身体间存在的间隙,待 A、B 混合液经过发泡、发热、膨胀、冷却,最后固定成型^[6-9]。

1.3 模拟计划及评价指标

本研究所用计划系统为 Philips Pinnacle。经测量,发泡胶的 CT 值范围在 30 ~ 50。常规剂量计算中会将发泡胶的密度当做空气进行计算。本研究将体外空气阈值 (outside-patient air threshold) 改为发泡胶 CT 值以下 (本研究设定该值为 10),使发泡胶以其实际 CT 值参与整个计划的剂量计算^[10],所得计划为 Plan_F。之后再复制计划,勾画出发泡胶,并设定其 CT 值为 0,以模拟去除发泡胶的状态。然后在保持射野分布、权重及计划跳数不变的情况下重新计算剂量分布,所得计划为 Plan_N。选取鼻咽癌计划中的靶区:原发肿瘤 (GTVnx)、颈部淋巴结 (GTVnd)、咽后淋巴结 (GTVrpn)、原发肿瘤计划靶区 (PGTVnx)、高危临床靶区 (CTV1)、高危临床计划靶区 (PTV1)、预防照射区 (CTV2)、预防照射计划靶区 (PTV2) 和需要关注的周围危及器官 (脑干、脊髓、双侧晶体、双侧视神经、视交叉) 作剂量分布的对比分析。靶区的分析指标为最小剂量 (D_{\min}),最大剂量 (D_{\max}),平均剂量 (D_{mean}),危及器官分析指标为最大剂量 (D_{\max}) 和平均剂量 (D_{mean}),其中腮腺比较平均剂量 (D_{mean})。剂量变化度的计算公式为 $(\text{Plan}_N \text{ 指标剂量} - \text{Plan}_F \text{ 指标剂量}) / \text{Plan}_F \text{ 指标剂量} \times 100\%$ 。

1.4 统计学处理

统计处理采用 IBM SPSS Statistics 22.0 软件包,数据用均值 \pm 标准差表示。对评估指标进行配对 t 检验,分析数据的显著性差异, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 靶区剂量分布比较

对于靶区,发泡胶参与计算的计划(Plan_F)和去除发泡胶的计划(Plan_N)的最大剂量(D_{max})、最小剂量(D_{min})、平均剂量(D_{mean})中,Plan_F 中各项

评估指标剂量大多小于 Plan_N 中相应指标。GTVrpn 的 D_{min} ($P = 0.727$) 和 D_{max} ($P = 0.142$), PGTVnx 的 D_{min} ($P = 0.623$), CTV1 D_{min} ($P = 0.713$), CTV2 D_{max} ($P = 0.066$) 其他评估指标皆显示 Plan_F 剂量低于 Plan_N, 且两组之间差异有统计学意义 ($P < 0.05$) (表 1 ~ 3)。

表 1 靶区最小剂量(D_{min})比较(cGy)

Table 1. Minimum Dose of Target(cGy)

D_{min}	GTVnx	GTVnd	GTVrpn	PGTVnx	CTV1	PTV1	CTV2	PTV2
Plan_N	6,049.79 ± 419.95	5,852.68 ± 432.75	6,046.71 ± 402.30	5,628.56 ± 526.89	4,701.15 ± 523.40	3,871.82 ± 658.12	5,068.29 ± 374.36	4,462.63 ± 331.08
Plan_F	6,030.77 ± 412.97	5,815.32 ± 427.48	6,059.22 ± 478.95	5,647.96 ± 536.78	4,703.79 ± 534.53	3,861.61 ± 654.91	4,969.27 ± 306.57	4,389.26 ± 290.90
<i>t</i>	6.947	7.284	-0.360	-0.507	-0.379	3.547	9.331	11.397
<i>P</i>	<0.001	<0.001	0.727	0.623	0.713	0.005	<0.001	<0.001

表 2 靶区最大剂量(D_{max})比较(cGy)

Table 2. Maximum Dose of Target(cGy)

D_{max}	GTVnx	GTVnd	GTVrpn	PGTVnx	CTV1	PTV1	CTV2	PTV2
Plan_N	6,607.36 ± 512.06	6,415.05 ± 422.45	6,477.75 ± 490.56	6,611.26 ± 511.48	6,615.65 ± 508.42	6,615.65 ± 508.42	5,795.27 ± 571.50	5,811.73 ± 566.76
Plan_F	6,591.82 ± 508.25	6,389.24 ± 416.04	6,423.03 ± 446.15	6,584.76 ± 510.12	6,599.50 ± 505.27	6,599.50 ± 505.27	5,642.95 ± 387.75	5,652.58 ± 384.59
<i>t</i>	7.198	4.084	1.608	2.580	7.432	7.432	2.089	7.626
<i>P</i>	<0.001	0.002	0.142	0.027	<0.001	<0.001	0.066	<0.001

表 3 靶区平均剂量(D_{mean})比较(cGy)

Table 3. Mean Dose of Target(cGy)

D_{mean}	GTVnx	GTVnd	GTVrpn	PGTVnx	CTV1	PTV1	CTV2	PTV2
Plan_N	6,404.85 ± 485.17	6,198.54 ± 417.58	6,310.1 ± 426.50	6,376.45 ± 485.60	5,855.65 ± 412.17	5,726.55 ± 401.10	5,422.16 ± 438.85	5,384.59 ± 420.59
Plan_F	6,387.29 ± 482.36	6,161.94 ± 410.32	6,289.49 ± 423.69	6,357.18 ± 482.66	5,832.07 ± 413.20	5,702.86 ± 401.48	5,292.82 ± 316.22	5,261.02 ± 309.06
<i>t</i>	10.264	10.086	13.137	7.391	18.806	23.198	12.989	13.080
<i>P</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.2 周围危及器官剂量分布比较

对于周围正常组织,相关指标皆显示 Plan_F 剂量低于 Plan_N,除了左、右晶体的平均剂量 D_{mean} , Plan_F 和 Plan_N 之间不存在显著性差异, *P* 值分别

为 0.123 和 0.06,其余各项指标两组之间差异均存在统计学意义 ($P < 0.05$)。双侧腮腺的平均剂量 D_{mean} 在两组计划间差异有统计学意义 ($P < 0.05$) (表 4 ~ 5)。

表 4 周围危及器官最大剂量(D_{max})剂量比较(cGy)

Table 4. Maximum Dose of Organs at Risk(cGy)

Dmax	Brainstem	Spinal cord	Left len	Right len	Left optic nerve	Right optic nerve
Plan_N	4,381.54 ± 661.45	2,989.09 ± 197.24	519.036 ± 183.55	531.927 ± 251.08	3,215.94 ± 1,152.23	3,713.182 ± 1,635.82
Plan_F	4,367.95 ± 659.88	2,976.20 ± 195.83	518.53 ± 183.16	531.23 ± 250.84	3,212.42 ± 1,150.97	3,709.21 ± 1,635.10
<i>t</i>	7.127	6.535	2.667	2.642	4.872	5.683
<i>P</i>	<0.001	<0.001	0.024	0.025	0.001	<0.001

表 5 周围危及器官平均剂量 (D_{mean}) 剂量比较 (cGy)

Table 5. Mean Dose of Organs at Risk (cGy)

Dmean	Brainstem	Spinal cord	Left lens	Right lens	Left optic nerve	Right optic nerve	Left parotid gland	Right parotid gland
Plan_N	2,047.68 ± 488.37	1,588.27 ± 254.17	414.41 ± 156.27	408.67 ± 182.97	1,936.24 ± 765.79	2,447.37 ± 1,465.45	3,147.46 ± 387.42	3,189.37 ± 472.26
Plan_F	2,043.20 ± 487.57	1,584.20 ± 253.49	414.22 ± 155.97	408.29 ± 182.76	1,935.00 ± 765.50	2,445.36 ± 1,464.42	3,143.51 ± 387.80	3,183.20 ± 470.00
t	6.802	6.314	1.687	2.118	4.215	4.258	5.793	6.033
P	<0.001	<0.001	0.123	0.060	0.002	0.002	<0.001	<0.001

2.3 靶区及周围危及器官剂量变化度

靶区 D_{min} 、 D_{max} 和 D_{mean} 的变化度 (%) ($\bar{X} \pm S$) 依次为 0.215 ± 0.969 、 0.395 ± 0.623 和 0.442 ± 0.178 , 周围危及器官的 D_{max} 和 D_{mean} 的变化度 ($\bar{X} \pm S$) 依次为 0.194 ± 0.192 和 0.129 ± 0.128 。

3 讨论

由于发泡胶具有易塑性、稳定性好、价格低廉等优点, 已经被广泛地运用到各个部位的放疗定位过程中。放射治疗是根治鼻咽癌的主要手段, 而鼻咽周边组织重要且紧密, 故对放疗的精度要求很高^[11], 剂量的准确性和位置的重复性非常重要。固定装置的适形性和舒适度对体位的重复性都有很大的影响^[12]。目前对于发泡胶的研究主要是从摆位误差出发。发泡胶个体定位垫的应用在头颈部位的放疗固定方式中能克服传统固定型号的头枕因个体差异所造成的颈部与头枕之间的间隙, 从而降低颈部动度, 减小摆位误差^[13]。发泡胶结合头颈肩热塑膜可以很好地解决患者颈部悬空问题, 患者头颈部下面的发泡胶垫根据患者体型而制作, 患者头部、颈部和体部与发泡胶垫都是紧密接触的, 因此患者头仰的角度可以很好地控制^[14]。

发泡胶作为引入的一种物理材料, 在常规计划中以空气形式参与剂量的计算, 实际上是忽略了它的影响, 从而得到了一个近似的剂量分布, 而体位固定装置等辅助治疗设备材料与空气并不等效, 在放疗计划实施时对放疗剂量会产生影响^[15]。通过本研究发现, 实际放疗过程中由于发泡胶的引入, 靶区和危及器官的受量会有变化, 绝大多数情况是引起实际受照剂量的降低 (除了 GTVrpn, PGTVnx 和 CTV1 出现了发泡胶组剂量高于去除发泡胶组, 且差异并不具备统计学意义, $P > 0.05$, 其余各指标皆显示发泡胶组剂量低于去除发泡胶组)。有研究提出剂量差异达到 3% ~ 5% 时会导致靶区欠量或者并发症的发生概率增加^[1], 所以虽然本研究绝大多

数数据显示使用发泡胶的引入会降低组织受量, 但无论是靶区还是正常组织, 单纯考虑使用发泡胶与否对剂量分布的影响很小, 不足以影响计划的临床效果^[16]。但是这 3% ~ 5% 的剂量容差是一个总体累积百分比, 它包括治疗计划系统 (treatment planning system, TPS) 算法误差、摆位误差、系统误差等因素的共同形式的贡献。系统误差是一种非随机性误差, 采用发泡胶时, 如果不考虑其效果, 实际上是增加了一个系统误差因素。本研究实际是对由于发泡胶的使用而引入的误差做一个估计。

随着放疗和相关技术的进步, 放射治疗早已进入了精准放疗时代, 对剂量分布精准度的要求会越来越高, 发泡胶所带来的剂量衰减在未来或许会有加入常规计划计算的考量。所以在今后的临床使用中, 可能会需要进一步审视发泡胶使用的收益比, 为患者带来更精准的治疗, 进一步提高患者放射治疗之后的生活质量。

作者声明: 本文全部作者对于研究和撰写的论文出现的不端行为承担相应责任; 并承诺论文中涉及的原始图片、数据资料等已按照有关规定保存, 可接受核查。

学术不端: 本文在初审、返修及出版前均通过中国知网 (CNKI) 科技期刊学术不端文献检测系统的学术不端检测。

同行评议: 经同行专家双盲外审, 达到刊发要求。

利益冲突: 所有作者均声明不存在利益冲突。

文章版权: 本文出版前已与全体作者签署了论文授权书等协议。

[参考文献]

- [1] Verhey LJ. Immobilizing and positioning patients for radiotherapy [J]. Semin Radiat Oncol, 1995, 5(2): 100-114.
- [2] Mckernan B, Bydder S, Ebert M, et al. A simple and inexpensive method to routinely produce customized neck supports for patient

- immobilization during radiotherapy[J]. J Med Imaging Radiat Oncol, 2010, 52(6):611-616.
- [3] 许森奎,姚文燕,严惠莲,等.两种体位固定装置在颈部放疗中的摆位误差比较研究[J].肿瘤预防与治疗,2019,32(6):528-532.
- [4] Lin CG, Xu SK, Yao WY, et al. Comparison of set up accuracy among three common immobilisation systems for intensity modulated radiotherapy of nasopharyngeal carcinoma patients[J]. J Med Radiat Sci, 2017, 64(2):106-113.
- [5] Alzen G, Böck EG, Thelen M, et al. Polyurethane positioning devices for radiotherapy[J]. Strahlentherapie, 1985, 161(6):374-378.
- [6] 陈艳灿.定位泡沫垫(发泡胶)在头颈部肿瘤放疗中的应用[J].泰山医学院学报,2016,37(7):829-830.
- [7] 黎文玲.头颈部肿瘤放疗患者发泡胶固定与常规体位固定技术的比较[J].医疗装备,2018,31(8):35-36.
- [8] 黄春兰,刘华之,侯良,等.应用发泡胶固定头颈肩在头颈部肿瘤调强放疗中的临床研究[J].中国当代医药,2016,23(32):80-82.
- [9] 林承光,翟福山.放射治疗技术学[M].北京:人民卫生出版社,2016:94.
- [10] Njeh CF, Parker J, Spurgin J, et al. A validation of carbon fiber imaging couch top modeling in two radiation therapy treatment planning systems: Philips Pinnacle 3 and BrainLAB iPlan RT Dose[J]. Radiat Oncol, 2012, 7:190.
- [11] Yang, H, Hu W, Wang W, et al. Replanning during intensity modulated radiation therapy improved quality of life in patients with nasopharyngeal carcinoma[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2013, 85(1):e47-e54.
- [12] 黄清秀,黄丽娜,林赛云.发泡胶垫+头颈肩热塑膜在固定鼻咽癌患者调强适形放射治疗中的应用[J].医疗装备,2019,32(15):36-37.
- [13] 许森奎,姚文燕,胡江,等.鼻咽癌发泡胶个体化塑形与标准化头枕放疗体位固定精确度比较[J].中华放射肿瘤学杂志,2015,24(2):196-199.
- [14] 张云,曹舜翔,应惟良.鼻咽癌放疗3种体位固定方式的摆位误差研究[J].实用癌症杂志,2017,32(1):165-166.
- [15] 辜石勇,陈利,马燕,等.体位固定装置对鼻咽癌调强计划的剂量学影响[J].中国医学物理学杂志,2019,36(3):271-276.
- [16] Siebers JV, Keall PJ, Wu Q, et al. Effect of patient setup errors on simultaneously integrated boost head and neck IMRT treatment plans. [J]. Int Jo Radiat Oncol Biol Phys, 2005, 63(2):422-433.

· 读者 · 作者 · 编者 ·

《肿瘤预防与治疗》杂志关于加入开放科学计划(OSID)的声明

本刊自 2019 年 9 月起,加入 OSID(英文全称:Open Science Identity,简称 OSID)开放科学计划。OSID 开放科学计划是由国家新闻出版署出版融合发展(武汉)重点实验室发起,面向学术期刊行业的一项开放科学公益性计划。

每篇论文将拥有专属的 OSID 码,作者可在码内对论文作者、研究背景、学术价值等问题进行语音阐述,也可上传论文的补充性数据与材料(图片或视频),使论文成果更加立体化展现,增强论文质量,提升论文的阅读量和下载量和引用率,扩大论文和作者的影响力。此项计划能帮助作者提升论文影响力,拓展学术人脉与资源。

本刊编辑部