

• 影像技术学 •

鼻咽癌调强放疗中摆位误差的变化趋势:基于千伏级锥形束 CT 的前瞻性研究

李庆, 尹龙斌, 谢慧轻, 张莉, 严芳

【摘要】 目的:基于千伏级锥形束 CT(kV-CBCT)分析鼻咽癌调强放射治疗(IMRT)中分次间摆位误差的变化趋势,提高放疗准确性。**方法:**64 例鼻咽癌患者进行调强治疗,治疗过程中共进行 9 次 kV-CBCT 扫描来确定患者的位置,根据前三次摆位误差的规律来指导后续治疗中患者体位的摆放。分别将第 1~3、4~6 和 7~9 次 kV-CBCT 扫描中患者的位置信息设为 A、B 和 C 组。比较三组的摆位及靶区边界误差的差异。**结果:**A 组在 X(左-右)、Y(头-脚)和 Z(前-后)轴方向上的平移和旋转误差分别为 (0.58 ± 1.49) 、 (0.82 ± 1.96) 、 (0.53 ± 1.64) mm 和 $0.60^\circ \pm 0.50^\circ$ 、 $0.82^\circ \pm 0.58^\circ$ 、 $0.62^\circ \pm 0.53^\circ$, B 组分别为 (0.28 ± 1.08) 、 (0.44 ± 1.35) 、 (0.11 ± 1.15) mm 和 $0.68^\circ \pm 0.70^\circ$ 、 $0.80^\circ \pm 0.52^\circ$ 、 $0.63^\circ \pm 0.49^\circ$, C 组分别为 (0.32 ± 1.23) 、 (0.42 ± 1.51) 、 (0.25 ± 1.24) mm 和 $0.61^\circ \pm 0.53^\circ$ 、 $0.62^\circ \pm 0.53^\circ$ 、 $0.60^\circ \pm 0.50^\circ$ 。A、B、C 三组在 X、Y、Z 轴上计划靶区的外放边界(MPTV)分别为 2.49、3.42、2.47 mm, 1.46、2.05、1.08 mm 和 1.66、2.11、1.49 mm。A 组与 B、C 两组在 X、Y、Z 轴上的平移误差的差异有统计学意义($P < 0.05$),而 B、C 两组间的误差差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论:**在鼻咽癌调强放射治疗中,基于 kV-CBCT 扫描分析摆位误差的规律,能较好地降低后续治疗中的摆位误差。

【关键词】 鼻咽癌; 锥形束 CT; 调强放射治疗; 自适应性放疗; 摆位误差

【中图分类号】 R815.6; R739.63 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2017)08-0870-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2017.08.019

Trends of inter-fractional setup errors in intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma: a prospective study based on kilovoltage cone-beam computed tomography LI Qing, YIN Long-bin, XIE Hui-Qing, et al. Department of Radiotherapy, Tongji Hospital, Tongji Medical University, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

【Abstract】 Objective: To analyze the inter-fractional variations in patient setup during the course of intensity modulated radiotherapy (IMRT) for nasopharyngeal carcinoma (NPC) using kilovoltage cone-beam computed tomography, thus to improve the accuracy of radiotherapy. **Methods:** 64 NPC patients treated with intensity modulated radiotherapy based on nine kV-CBCT scans were included in this study, the position of the patients was studied by kV-CBCT, and the setup errors were recorded and analyzed for guiding the setup in the following treatments. The position data of the 1st to 3rd scans were included into groups A, those of the 4th to 6th scans into group B, and 7th to 9th in group C. The deviations of position and margin of target areas in the three groups were compared statistically. **Results:** In Group A, the translational errors along the X (right to left), Y (cranial to caudal) and Z (anterior to posterior) axis were (0.58 ± 1.49) , (0.82 ± 1.96) and (0.53 ± 1.64) mm respectively, and the corresponding rotation errors were $0.60^\circ \pm 0.50^\circ$, $0.82^\circ \pm 0.58^\circ$ and $0.62^\circ \pm 0.53^\circ$. In group B, the translational errors along X, Y and Z axis were (0.28 ± 1.08) , (0.44 ± 1.35) and (0.11 ± 1.15) mm respectively, and the corresponding rotation errors were $0.68^\circ \pm 0.70^\circ$, $0.80^\circ \pm 0.52^\circ$ and $0.63^\circ \pm 0.49^\circ$. In group C, the corresponding values were (0.32 ± 1.23) , (0.42 ± 1.51) and (0.25 ± 1.24) mm, and $0.61^\circ \pm 0.53^\circ$, $0.62^\circ \pm 0.53^\circ$ and $0.60^\circ \pm 0.50^\circ$. The margin deviations along X, Y and Z axis were 2.49, 3.42 and 2.47 mm in group A, 1.46, 2.05 and 1.08 mm in group B, and 1.66, 2.11 and 1.49 mm in Group C. The translational errors of Group A were higher than those of Group B and group C with statistical difference ($P < 0.05$), and there were no significant differences of the translational errors between Group B and C ($P > 0.05$). **Conclusion:** The records registered by the first three kV-CBCT scans can be used to decrease setup errors in the following intensity modulated radiotherapy for patients with nasopharyngeal carcinoma.

【Key words】 Cone-beam computed tomography; Nasopharyngeal carcinoma; Intensity-modulated radiotherapy; Adaptive radiotherapy; Setup errors

调强放射治疗(intensity-modulated radiotherapy, IMRT)已成为鼻咽癌放疗的主导模式,它在靶区

和邻近正常组织之间形成高梯度的剂量陡降区,大剂量地杀死肿瘤细胞同时最大程度地保护周边的正常组织和器官^[1]。然而,患者体位的一致性在保证 IMRT 有效性的关键环节之一。目前,图像引导放射治疗(image guided radiotherapy, IGRT)技术是监测及纠

作者单位:430030 武汉,武汉同济医院肿瘤放疗中心

作者简介:李庆(1970—),男,四川铜梁人,主管技师,主要从事放射治疗工作。

通讯作者:严芳, E-mail:1457871762@qq.com

正患者摆位误差的有效方法之一。IGRT 是当前运用于临床的较精确的放射治疗技术,该技术利用容积成像原理,在不同机架角度获得一系列连续图像,然后再重建成三维立体图像,与定位时的三维 CT 图像进行匹配,最终确定出此时肿瘤位置的三维摆位误差。它有多种实现方式,主要包括兆伏级电子射野影像系统(MV electronic portal imaging device, MV-EPID)、兆伏级锥形束 CT(MV cone-beam computed tomography, MV-CBCT)和千伏级锥形束 CT(kV cone-beam computed tomography, kV-CBCT)等。本单位采用 Elekta 公司 Synergy 系统自备的 kV-CBCT 机来开展图像引导放疗技术。CBCT 机扫描的在线或离线影像配准已成为鼻咽癌放疗分次间摆位误差测量与校正的有效手段,但连续 CBCT 扫描既增加了患者的辐射剂量,又增加了技术人员的工作量^[2]。因此,为减少靶区外放边界,保护正常组织,避免多次 CBCT 扫描或图像引导中患者受照量的增加,笔者回顾性分析一组鼻咽癌患者在放疗实施过程中获取的 CBCT 图像,分析分次治疗时摆位差异的变化趋势及摆位边界的波动幅度,为临床上选择适应性治疗计划的实施时机提供参考。

材料与方法

1. 病例资料

将 2014 年—2016 年在本院进行根治性调强放射治疗的 64 例鼻咽癌患者纳入研究。其中男 45 例,女 19 例,年龄 25~74 岁,中位年龄 53 岁;临床分期 I~IV b 期。每位患者全程放疗剂量 70.0~75.9 Gy。

2. CT 模拟定位

使用瑞典医科达公司 Synergy 直线加速器对所有鼻咽癌患者进行调强放疗。患者取仰卧位,下颌上抬,双手自然下垂,掌心向内贴于身体两侧。采用头颈肩热塑面罩固定,根据患者头型的适形度采用不同型号的标准化头枕。在面罩成形时,特别注意鼻翼、眼眶、下颌及肩关节等部位是否贴紧成型。使用 Siemens Somatom Definition AS 螺旋 CT 模拟机获取患者的影像数据,扫描层厚 3 mm。通过网络系统将 CT 扫描数据传输到 Philips Pinnacle 9.2 计划系统,由物理师和放疗医师共同确定治疗计划,经过 CT 模拟校准后,将治疗中心线标在贴在面罩的胶布上。治疗计划和模拟 CT 定位图像通过网络传至 MOSAIQ 治疗验证系统和 X 线容积成像系统(X-ray volume imaging, XVI)工作站。

3. XVI 图像获取及匹配

每次摆位均由两位放疗师操作,采用等中心摆位。应用医科达 Synergy 直线加速器自带的 CBCT 机进行

扫描,获取 XVI 图像。扫描参数:120 kV,准直器 S20,滤线器 F0,扫描角度为 70°~230°。每例患者前 3 次放疗(第一周内)前进行 CBCT 扫描,以后每周进行 1 次 CBCT 扫描,共进行 9 次 CBCT 扫描。每次获取的 XVI 图像会自动和定位 CT 图像匹配,选用骨性自动配准,观察图像匹配的重合度,如无大的出入,即可确认此次的摆位误差;如重合不好,则需手动主观判断解剖结构在三维方向的重叠情况,最终使之达到最佳重合。图像分析主要使用 IGRT 系统自带的图像分析工具,观察 CBCT 图像上肿块是否被计划的 GTV 曲线完全包绕,以及脑干、脊髓和眼眶这 3 个部位是否在计划的各自器官曲线范围内。本放疗中心规定,对头颈部肿瘤患者在 CBCT 扫描图像匹配后,如 X、Y、Z 轴任意一方向上平移误差 ≥ 3 mm 或者旋转角度误差 $\geq 2^\circ$,均要重新摆位。然后再重新进行 CBCT 扫描,直到图像匹配达到要求。通过机器自带的自动移床功能,使摆位中心和计划的治疗中心重合,从而纠正治疗前的摆位平移误差,而旋转误差不能纠正。将每例患者前 3 次 CBCT 扫描得到的摆位误差值进行总结和预测,分别将预测的平移误差值和可能出现的旋转误差登记到患者的验证记录单上,放射治疗师可根据验证单上的记录在后续治疗中对每例患者三维方向上的摆位误差进行调整。

4. 数据分析

由 CBCT 检测的三维摆位误差分别计算总体摆位误差,均值代表系统误差(Σ),均数的标准差代表随机误差(σ)。采用 SPSS 19.0 统计软件对三组患者的摆位误差进行单因素方差分析,进一步采用最小差异法(LSD)进行两两比较。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。按照 Van 等^[3]的计划靶区(planning target volume, PTV)外放值计算式($2.5 \Sigma \pm 0.7 \sigma$),表明 90% 群体患者 95% 处方剂量可以包全临床靶区(clinical target volume, CTV),分别计算 X、Y 和 Z 轴方向上的计划靶区边界(margins of planning target volume, MPTV)。

结 果

1. 摆位误差的分布

A、B、C 三组在三维方向上的平移误差均呈正态分布(图 1)。三组中在 X、Y 和 Z 轴方向上的平移误差分布在 -2.0~2.0 mm 范围内的数据占总数据的百分比,A 组分别为 80.0%、67.6% 和 87.1%,B 组分别为 96.5%、86.6% 和 92.5%,C 组分别为 90.1%、78.2% 和 89.7%。三组在 X、Y 和 Z 方向上分布在 2~4 mm 范围内的平移误差数据占总数据的百分比,A 组分别为 20.0%、32.3% 和 17.1%,B 组分别为

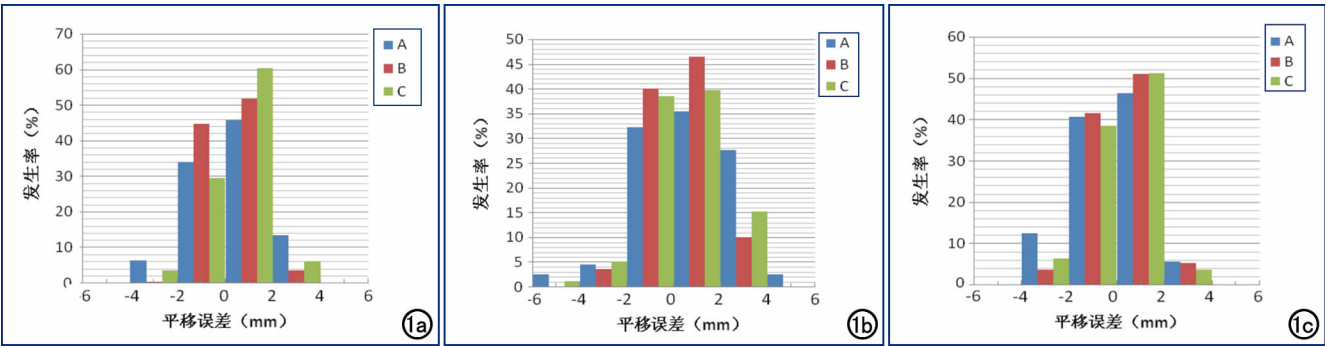


图 1 三组平移误差分布直方图。a) X 轴方向; b) Y 轴方向; c) Z 轴方向。

4.2%、13.9%和 9.0%，C 组分别为 9.8%、20.5%和 10.3%。A、C 两组在 Y 轴方向上还有大于 4 mm 的平移误差，分别占总数的 5.1%和 1.2%。

2. 摆位误差分析

对 64 例鼻咽癌患者共进行了 576 次 CBCT 扫描，获取的摆位误差均值及统计分析结果见表 1。A、B、C 三组在三维方向上平移误差的差异有统计学意义 ($P=0.010, 0.000$ 和 0.014)。以 A 组为参照组，将 B、C 两组的摆位误差与其进行比较。A 与 B 组间在 X、Y、Z 轴方向上平移误差的差异均有统计学意义 ($P=0.000, 0.000$ 和 0.009)；A、C 两组间在 X、Y、Z 轴方向上的平移误差的差异均有统计学意义 ($P=0.000, 0.000$ 和 0.001)。A、B、C 三组间在 X、Y、Z 轴方向上旋转角度误差的差异无统计学意义 ($P=0.475, 0.110$ 和 0.934)。

3. 摆位误差的变化趋势及 MPTV 值

三组患者在各次治疗时的摆位误差测量值见表

2、变化趋势见图 2~3。在 X、Y、Z 轴方向上的系统误差和随机误差在第一周前 3 次扫描中误差变化较大，而后在第 4~8 次扫描中误差相对稳定，X、Y 轴方向在第 9 次扫描中误差又有所增大。

讨 论

由于颈部的解剖结构比较复杂，颈椎弯曲度随头颈肩部的活动呈非刚性变化，同时头颈部存在许多与进食、吞咽等活动有关的组织结构，使得在鼻咽癌的调强放射治疗过程中确定患者的体位比较困难，摆位误差增大。近年来 IGRT 技术已广泛运用于鼻咽癌的调强放射治疗中，安装在直线加速器机架上的千伏级 CBCT 机成为确定患者体位的一项重要技术。IGRT 技术具有能够在治疗体位获取详尽的靶区三维信息、监测放射剂量等优点，充分考虑解剖组织在治疗过程中的运动和分次治疗间的摆位误差，利用影像设备对肿瘤及正常器官进行实时监控，从而实现真正意义上

表 1 三组不同 CBCT 扫描次数的摆位误差

误差类型	A 组	B 组	C 组	F 值	P 值
平移					
X 轴(mm)	0.58±1.49	0.28±1.08	0.32±1.23	4.750	0.010
Y 轴(mm)	0.82±1.96	0.44±1.35	0.42±1.51	17.864	0.000
Z 轴(mm)	0.53±1.64	0.11±1.15	0.25±1.24	4.277	0.014
旋转					
RX(°)	0.60±0.50	0.68±0.70	0.61±0.53	0.744	0.475
Ry(°)	0.82±0.58	0.80±0.52	0.62±0.53	2.219	0.110
Rz(°)	0.62±0.53	0.63±0.49	0.60±0.50	0.068	0.934

表 2 每次 CBCT 扫描中平移误差和 MPTV 值 (mm)

时间	CBCT 序次	平移误差			MPTV		
		X 轴	Y 轴	Z 轴	X 轴	Y 轴	Z 轴
第一周	1	0.43±1.46	0.91±1.87	0.26±1.70	2.10	3.58	1.84
	2	0.46±1.55	0.73±1.99	-0.43±1.37	2.24	3.22	2.03
	3	0.71±1.70	0.81±1.92	-0.23±1.23	2.97	3.37	1.44
第二周	4	0.10±1.06	0.22±1.35	0.05±1.23	1.00	1.50	1.00
第三周	5	0.18±1.21	0.36±1.31	-0.07±0.96	1.30	1.82	0.85
第四周	6	0.48±1.06	0.28±1.34	-0.03±1.13	1.94	1.64	0.87
第五周	7	0.35±1.29	0.11±1.49	-0.36±1.26	1.78	1.32	1.78
第六周	8	0.17±1.24	0.04±1.40	-0.41±1.06	1.29	1.08	1.77
第七周	9	0.83±1.18	0.38±1.98	0.18±1.68	2.90	2.34	1.63

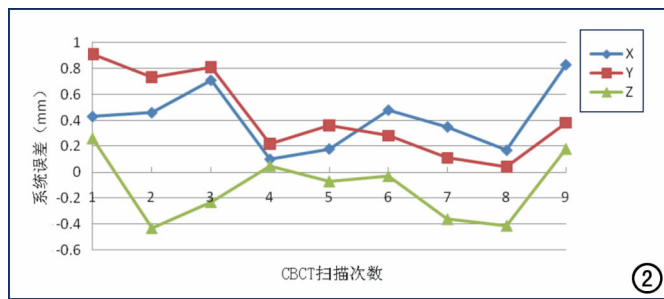


图 2 鼻咽癌分次间摆位误差中系统误差的变化趋势。

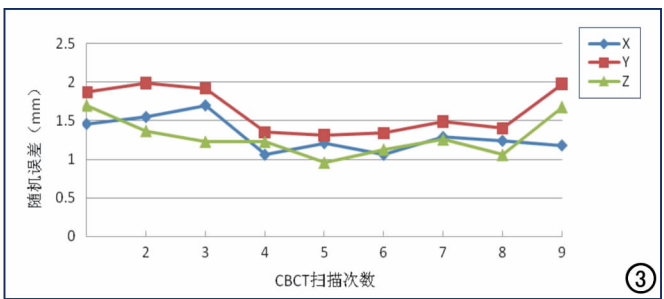


图 3 鼻咽癌分次间摆位误差中随机误差的变化趋势。

的精确治疗^[4]。本研究所得摆位误差包括系统误差和随机误差。系统误差为实际治疗位置和模拟定位时的位置差异,体现了患者治疗过程中分次间治疗位置重复性差异;随机误差多由患者位置及器官运动变化引起,体现了分次内治疗时重复性差异。国内外许多文献分别报道了头颈部肿瘤放疗中应用 IGRT 技术发现摆位误差的情况。Den 等^[5]对 28 例鼻咽癌患者共 1013 张 CBCT 扫描图像进行分析,结果显示在左右、头足和前后方向上的平移误差均值分别为 (1.4 ± 1.4) 、 (1.7 ± 1.9) 和 (1.8 ± 2.1) mm。许森奎等^[6]报道了 36 例鼻咽癌患者在放疗过程中沿 X、Y 和 Z 轴方向的平移误差均值分别为 (-0.27 ± 1.33) 、 (-0.31 ± 1.50) 和 (0.54 ± 0.90) mm,旋转误差均值分别为 $-0.45^\circ \pm 0.65^\circ$ 、 $-0.53^\circ \pm 1.39^\circ$ 和 $-0.45 \pm 0.92^\circ$ 。Zhang 等^[7]对 12 例鼻咽癌患者放疗过程中的摆位误差进行监测,结果显示在 X、Y 和 Z 轴方向上的平移误差均值分别为 (0.8 ± 0.1) 、 (0.8 ± 1.3) 和 (1.0 ± 0.8) mm。本研究中前 3 次治疗时的摆位误差值与许森奎等^[6]、Zhang 等^[7]的数据基本一致,略低于 Den 等^[5]的研究结果。笔者分析原因:在 2015 年之前的病例,在进行 CBCT 图像与定位 CT 图像匹配时,我们选择的匹配框仅局限于鼻咽部和上颈部,没有包括中、下颈部。而近年来许多研究表明鼻咽癌 IMRT 过程中,中下颈部的摆位误差大于鼻咽和上颈部^[8];此外,这些差异还与我们日常摆位要求有关。本单位的要求为头颈部肿瘤患者在治疗过程中在任意一个方向上平移误差 ≥ 3 mm 或者旋转角度误差 $\geq 2^\circ$ 均要重新摆位,从而提高了调强放射治疗中体位的可重复性和稳定性。

摆位误差的校正方式主要有在线校正、离线校正和二者的综合运用这三类。其中,在线校正指的是在每次 IGRT 配准完成后,根据摆位误差值相应地平移或旋转治疗床。在线校正虽然能最大程度地减小摆位误差,但也增加了每次治疗的时间,同时也增加了患者的辐射剂量和技术人员的工作量。因此,在实际工作中离线校正则应用的较多,包括自适应和趋势预测两种方式。趋势预测校正是对靶区运动趋势进行预测,

制定包含该趋势信息的新计划应用于随后的放疗中。本单位采用的是在线校正和趋势预测校正相结合的方式,通过对每例患者放疗首日、次日及第三次摆位误差的在线校正,对患者分次间的摆位误差进行趋势预测,将靶区运动趋势的分析结果应用到后续的放疗中,并在后续的放疗中通过每周一次的 CBCT 对分次间的摆位误差预测的结果进行检测和核实。Zeidan 等^[9]发现在线校正使用率为 50% 时, >5 mm 的平移误差占比为 11%, >3 mm 的占比为 29%。而当在线校正使用率降至 15%~31% 时,相应的 >5 mm 的平移误差的占比增至 26%~31%, >3 mm 的平移误差的占比增至 50%~60%。本研究中 64 例鼻咽癌患者的 CBCT 在线校正使用率为 14%~29%,在三维方向上平移误差在 2~4 mm 范围内的占比分别为 20.0%、32.3%和 17.1% (A 组),4.2%、13.9%和 9.0% (B 组),9.8%、20.5%和 10.3% (C 组)。三组的数据都小于 Zeidan 等^[9]的研究结果,但 A 组数据明显大于 B、C 两组。本研究中除了运用 CBCT 在线校正以外,还采用了分次间摆位误差趋势预测的离线校正,使 B、C 两组在三个方向上的摆位误差均小于 A 组对应值,与 A 组间的差异均有统计学意义($P < 0.05$)。

离线校正的另一种方式就是自适应校正也称自适应放疗。自适应校正是根据放疗过程中的反馈信息,对放疗方案进行相应调整。具体而言就是在最初的 5~9 次放疗时,测量每次的摆位误差,根据测量结果设计新的 PTV,修改放疗计划,覆盖该摆位误差的范围,并应用到后续的放疗中。Yan 等^[10]将自适应放疗 (adaptive radiotherapy, ART) 定义为在放疗过程中,利用引导影像 (CT、电子射野影像装置) 评判解剖和生理变化以及治疗过程中的反馈信息 (肿瘤大小、形态及位置变化),分析分次放疗与原放疗计划的差异,指导并重新制定后续分次放疗计划,具有闭环、检测治疗偏差、对治疗反馈进行优化和个体化治疗等特点。鼻咽癌放疗过程中原发病灶和/或颈部转移淋巴结以及腮腺体积会逐渐缩小,放疗靶区、危及器官 (organs at risk, OARs) 和正常组织的体积以及放疗剂量均有

不同程度改变,这些因素均可能影响 IMRT 的精确性。ART 能在一定程度上提高鼻咽癌相关靶区的放疗剂量和处方剂量的适形度,并能降低脑干、脊髓和腮腺等危及器官和正常组织的照射剂量和体积,纠正放疗过程中重要器官的超量风险,还能改善患者近期或远期不良反应、提高生活质量,甚至可能提高总体生存率和局部控制率。当前,对鼻咽癌的 ART 时机及次数尚未达成共识,仍处于探索阶段。Cheng 等^[11]发现鼻咽癌 IMRT 至 30 和 50 Gy 时重新制定计划可提高肿瘤相关靶区剂量并避免正常器官超量。Huang 等^[12]依据危及器官(如腮腺,脑干,脊髓等)受量的增大,选择第五和第十五次治疗作为重新制定放疗计划的时机。Zhao 等^[13]根据鼻咽癌病灶的缩小程度和患者体重减轻的情况重新制定放疗计划,发现在第 20 次放疗前后需重新制订 IMRT 计划,部分患者在采用第 2 个放疗计划治疗 12 次左右后,需第 3 次制订 IMRT 计划。还有研究者发现,第 25 次放疗前重新制订放疗计划可确保 NPC 靶区和重要结构的剂量准确性^[14]。以上文献都将肿瘤靶区、危及器官和正常组织的放疗剂量和病灶的体积变化以及患者的体重、病灶的外轮廓和解剖位置的改变等因素作为鼻咽癌 ART 时机选择的参考依据,没有考虑摆位误差的因素。本研究中,我们对 64 例鼻咽癌患者分次间摆位误差进行在线及离线校正,分析鼻咽癌分次摆位误差的变化趋势。从图 2、3 中可看到经过前三次 CBCT 扫描后,患者的系统和随机误差都明显减小,这是因为我们针对每例患者的前三次摆位误差进行了总结,并在治疗单上记录下治疗靶区的运动趋势,指导放射治疗师在后续的治疗中进行更准确地摆位。本研究中的数据显示,从第二周开始,患者的分次间摆位误差明显降低,并且第 2~6 周的治疗中分次间摆位误差的数值范围波动不大,而从第 6 周开始,误差数据略有增大。这可能是放疗后期引起的急性不良反应如口腔黏膜炎、口干及吞咽困难等会显著影响患者的正常进食,导致鼻咽癌患者出现体重显著下降、头颈部皮肤外轮廓缩小等。同时,随着有效治疗的进行,肿瘤原发灶、肿大的淋巴结和毗邻的危及器官都可能出现继发性退缩、位移或变形等,由此可能导致摆位误差的增大。

为了补偿患者摆位误差、器官活动及其它不确定因素的影响,在肿瘤靶区(GTV)和临床靶区(CTV)之间外放一定的距离形成计划靶区(PTV)。目前关于 PTV 外放边界(MPTV)的计算方法有很多,其中 van herk 等^[3]的计算公式因同时考虑了系统误差和随机误差对剂量的影响而获得广泛认可,根据该公式计算得到的 MPTV 能够保证 90%的患者 95%的处方剂量能完全覆盖 CTV。Mongioj 等^[15]对 20 例鼻咽癌患者

在 IGRT 引导下进行 IMRT,共回顾性分析 578 帧定位图像,计算分次间的摆位误差,进而得出 X、Y 和 Z 轴方向的 MPTV 分别为 3.4、3.0 和 3.2 mm。Dionisi 等^[16]对 44 例头颈部肿瘤患者在放疗过程中进行 CBCT 扫描,记录每次的摆位误差,评估得出在移床前的外扩边界分别是 3.48、4.08 和 4.33 mm;而移床纠正后的外扩边界在三个方向上均小于 2.5 mm。本研究中,X、Y 和 Z 轴方向的 MPTV 在第一周时的数据与上述数据接近,而在第 2~6 周时改数据值明显减小,表明我们对前三次 CBCT 扫描后所得的分次间摆位误差进行趋势预测是可行的。确定最佳的 MPTV 值是保证肿瘤局部控制率和保护正常组织的关键,MPTV 值过小会使肿瘤局部复发率升高,而 MPTV 值过大会使周围正常组织的照射剂量增大。Rehbind-er 等^[17]则发现与 CTV 到 PTV 的安全边界为 5 mm 的起始计划相比,在放疗中期重新制订放疗计划 1 次且上述边界缩至 3 mm 时,既能完全覆盖 GTV 和 CTV,又能降低脊髓最大受照剂量(0~3 Gy)和腮腺平均受照剂量(0~15 Gy)。Olga 等^[18]在口咽癌患者的治疗中,在 GTV 周边埋入标记物,在放疗第 3 周时观察到标记物与 GTV 之间的距离有明显增大,从而说明 GTV 比周边组织要收缩得更快,如果仅仅依据 GTV 的缩小来确定 CTV,就容易造成亚病灶区的受照剂量过低。Luo 等^[19]通过对 200 例 NPC 患者进行研究,对比采用和不采用 ART 计划的治疗效果,仅仅发现两组间仅五年局部控制率的上差异有统计学意义($P=0.028$),而在无远处转移率、无进展率和生存率上均无明显差异。由此笔者认为就目前的放疗技术而言,应用 ART 还需谨慎。

总之,应用 kV-CBCT 技术可以准确地测量、验证及纠正患者的摆位误差,特别适用于如鼻咽癌这种靶区周边有危及器官但需进行 IMRT 治疗的疾病。经前三次连续 kV-CBCT 扫描确定摆位误差的趋势后,能较好地降低后续治疗中的位移误差。

参考文献:

- [1] Lin S, Pan J, 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.
- [2] Han C, Schiffner DC, Schultheiss TE, et al. Residual setup errors and dose variations with less-than-daily image guided patient setup in external beam radiotherapy for esophageal cancer[J]. Radiother Oncol, 2012, 102(2): 309-314.
- [3] van Herk M. Errors and margins in radiotherapy[J]. Semin Radiat Oncol, 2004, 14(1): 52-64.
- [4] Boda Heggemann J, Lohr F, Wenz F, et al. kV cone-beam CT based IGRT: a clinical review[J]. Strahlenther Onkol, 2011, 187(5): 284-291.

- [5] Den RB, Doemer A, Kubicek G, et al. Daily image guidance with cone-beam computed tomography for head and neck cancer intensity-modulated radiotherapy: a prospective study[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2010, 76(5): 1353-1359.
- [6] 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[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2015, 24(2): 196-199.
- [7] Zhang S, Zhou X, Zhang Q, et al. Analysis of setup error based on CT Vision for nasopharyngeal carcinoma during IGRT[J]. J Appl Clin Med Phys, 2016, 17(4): 15-24.
- [8] Su JQ, Chen W, Yang HY, et al. Different setup errors assessed by weekly cone-beam computed tomography on different registration in nasopharyngeal carcinoma treated with intensity-modulated radiation therapy[J]. Oncol Targets Ther, 2015, 14(8): 2545-2553.
- [9] Zeidan OA, Langen KM, Meeks SL, et al. Evaluation of image guidance protocols in the treatment of head and neck cancers[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2007, 67(3): 670-677.
- [10] Yan D, Vicini F, Wong J, et al. Adaptive radiation therapy[J]. Phys Med Biol, 1997, 42(1): 123-132.
- [11] Cheng HC, Wu VW, Ngan RK, et al. A prospective study on volumetric and dosimetric changes during intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma patients[J]. Radiother Oncol, 2012, 104(3): 317-323.
- [12] Huang HX, Lu HM, Feng GS, et al. Determining appropriate timing of adaptive radiation therapy for nasopharyngeal carcinoma during intensity-modulated radiation therapy[J]. Radiat Oncol, 2015, 17(10): 192-200.
- [13] Zhao L, Wan Q, Zhou Y, et al. The role of re-planning in fractionated intensity modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma[J]. Radiother Oncol, 2011, 98(1): 23-27.
- [14] Wang W, Yang H, Hu W, et al. Clinical study of the necessity of re-planning before the 25th fraction during the course of intensity-modulated radiotherapy for patients with nasopharyngeal carcinoma[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2010, 77(2): 617-621.
- [15] Mongioi V, Orlandi E, Palazzi M, et al. Set-up errors analyses in IMRT treatments for nasopharyngeal carcinoma to evaluate time trends, PTV and PRV margins[J]. Acta Oncol, 2011, 50(1): 61-71.
- [16] Dionisi F, Palazzi MF, Bracco F, et al. Set-up errors and planning target volume margins in head and neck cancer radiotherapy: a clinical study of image guidance with on-line cone-beam computed tomography[J]. Int J Clin Oncol, 2012, 18(3): 418-427.
- [17] Rehbindler H, Lundin A, Sharpe M, et al. Can PTV margins for head and neck cancer be reduced based on a single adaptive re-planning event[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2006, 66(suppl 1): S101-S110.
- [18] Olga HV, Simon RK, Wilma D, et al. Analysis of GTV reduction during radiotherapy for oropharyngeal cancer: implications for adaptive radiotherapy[J]. Radiother Oncol, 2017, 122(2): 224-228.
- [19] Luo Y, Qin Y, Lang J, et al. Effect of adaptive re-planning in patients with locally advanced nasopharyngeal carcinoma treated by intensity-modulated radiotherapy: a propensity score matched analysis[J]. Clin Transl Oncol, 2017, 19(4): 470-476.

(收稿日期: 2017-04-12 修回日期: 2017-05-30)

第十八届全国磁共振成像序列设计理论与实践应用学习班通知

2017 年 11 月 23—26 日将在北京大学第三医院举办国家级继续教育项目「全国磁共振成像序列设计理论与实践应用学习班」(项目编号: 2017-09-01-020(国)), 此次会议由北京大学第三医院主办, 北京市磁共振成像技术重点实验室协办。

课程包括: (1) 磁共振新技术及成像原理; (2) 磁共振成像精准医学; (3) 磁共振多模态分子成像; (4) 磁共振成像临床应用。

学习班将授予国家级 1 类继续教育学分 6 分。

会议拟定授课内容包括: (1) 磁共振成像新技术原理与应用; (2) 磁共振成像序列设计与临床应用; (3) 磁共振成像临床病例诊断(神经、儿童、腹部、心脏、骨关节、胸部等等); (4) 磁共振成像序列设计与脑功能成像; (5) 磁共振成像肿瘤放疗; (6) 磁共振多模态分子成像。

会务费: 1200 元/人(含教材费、资料费、餐费。学生会议费: 600 元/人, 凭学生证办理注册)

会议时间: 2017-11-23 日全天报到(8:00—22:00), 24—26 日讲座与授课

会议地址: 北京大学第三医院科研楼一层大厅(报到), 125 会议室(授课)

住宿: 需要住宿的学员请务必提前回执通知会务组, 会务组负责联系会场周边的酒店。赢家商务酒店、唯实国际文化交流中心。

联系人: 卢嘉宾、刘英慧

地址: 116011 北京市海淀区花园北路 49 号 北京大学第三医院科研楼 807 室

电话: 010-82266972 15611963521

E-mail: csmrm2011@163.com

(丁香园)