

3 种配准方式下头颈部肿瘤 IGRT 摆位误差的比较

盛馨, 王凡, 童铸廷, 汪志, 曹泓立

摘要 目的 研究头颈部肿瘤图像引导放射治疗(IGRT)中不同图像配准方法对放疗摆位误差的影响。方法 使用西门子 CTVision 直线加速器分别治疗头颈部肿瘤患者 22 例, 患者治疗前均行滑轨 CT(CT-on-rail)扫描, 获得的 CT 图像与原放疗计划 CT 图像进行配准, 分析 X、Y、Z 轴方向的平移误差, 比较骨性、灰度值及手动 3 种配准方式间的差异。结果 经 114 次滑轨 CT 扫描治疗前头颈部肿瘤患者(22 例), 手动配准、骨性配准、灰度值配准 3 种配准方式结果均显示 X 轴平移误差最大, 其次为 Y 轴 Z 轴最小, 但是 3 种配准方式结果差异无统计学意义。结论 头颈部肿瘤患者行 IGRT 时, 应用 CT-on-rail 系统可缩小摆位误差, 建议首选骨性配准, 实际操作过程中可结合手动微调, 直到结果满足配准需要。

关键词 滑轨 CT; 配准方式; 头颈部肿瘤

中图分类号 R 739.91

文献标志码 A **文章编号** 1000-1492(2017)05-0746-03
doi: 10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2017.05.027

图像引导放射治疗(image guided radiation therapy, IGRT)利用加速器上配备的影像设备获取的图像信息与治疗计划中的参考图像进行匹配, 从而得出实际放疗靶区与计划设计靶区的摆位误差, 通过校正提高肿瘤靶区的照射精度, 最大程度杀灭肿瘤细胞并保护正常组织器官^[1]。头颈部肿瘤在行 IGRT 过程中, 由于其解剖结构复杂, 随着疗程的持续进行, 患者体重逐渐下降、头面部逐渐消瘦及腺体体积的缩小, 肿瘤靶区和体表标记的相关位置关系会发生进行性改变^[2-3], 造成分次间的摆位误差, 影响了病灶的放疗效果, 增加了正常组织的放射毒副作用。因此, 有关头颈部肿瘤、胸腹部肿瘤 IGRT 摆位误差比较的研究报道很多, 但是多数报道使用 CBCT^[4]或者电子射野影像(electronic portal imaging device, EPID)图像^[5]。该研究通过对比滑轨 CT 图

像测量头颈部肿瘤调强 IGRT 的摆位误差, 研究手动配准、骨性配准和灰度值配准的平移误差的矢量值, 探究各配准方案在头颈部肿瘤 IGRT 治疗中的差异。

1 材料与方法

1.1 机器资料 本研究中使用的机器名称和厂家如表 1 所示。

表 1 机器名称及厂家

设备名称	机器名称	制造公司
模拟定位机	VARIAN Acuity	美国瓦里安医疗系统公司
扫描 CT	SIEMENS Artiste CTVision	德国西门子股份公司
TPS 计划系统	Philips Pinnacle	荷兰皇家飞利浦公司
直线加速器	SIEMENS Artiste	德国西门子股份公司

1.2 病例资料 选取 2015 年 5 月~2016 年 2 月在安徽医科大学第一附属医院选取经影像学和病理学证实的 22 例头颈部肿瘤患者。包括鼻咽癌患者 12 例, 下咽癌患者 8 例, 脑胶质瘤患者 2 例。其中男 12 例, 女 10 例, 年龄 28~60 岁, 中位年龄 38 岁。所有患者未接受手术治疗, 行首程放疗, 均完善 3 大常规、胸部正位片、超声检查等, 排除肿瘤远处转移以及放疗禁忌症。放射治疗剂量为 2 Gy/次, 平均 5~6 次/周, 根据患者肿瘤类型及分期的个体差异, 总剂量在 60~70 Gy。所有患者 KPS 评分均 ≥ 70 , 且所有患者在进入临床研究前已签署知情同意书。本研究过程中由于需要采集滑轨 CT 图像和分别采用 3 种配准方式与放疗计划参考图像配准, 因此操作时间较长, 排除了基础疾病较多有可能发生意外事件的患者和年龄 ≥ 65 岁的患者。

1.3 模拟定位与放疗计划的制定 入组患者均利用热塑成型面罩和全碳素纤维底板取仰卧位固定体位, 头垫 B 枕或 C 枕, 采用美国瓦里安医疗系统公司生产的 VARIAN Acuity 模拟定位机定位, 经三维激光灯摆位, 其参考系以激光十字标线同面罩标记十字线重合作为标记。定位后使用西门子 CTVision 加速器配备的滑轨 CT 扫描定位图像, 扫描范围从颅顶到锁骨头下缘 3 cm, 扫描层距为 5 mm。CT 定

2017-03-03 接收

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 81201743)

作者单位: 安徽医科大学第一附属医院肿瘤放疗科, 合肥 230022

作者简介: 盛馨, 女, 硕士研究生;

王凡, 男, 教授, 主任医师, 硕士生导师, 责任作者, E-mail: wangfan1965@126.com

位图像与放疗系统以计算机网络链接,勾画出具体的放疗靶区。采用 Philips Pinnacle 系统制定调强放射治疗方案。

1.4 图像配准方法 放疗方案制定完成,IGRT 与图像配准以每周进行 1 次。入组患者进入治疗室,行体模固定和激光灯定位,由放疗技术人员将西门子 CTVision 加速器治疗床旋转 180°,CT 扫描仪通过滑轨移动到加速器治疗床位置进行扫描,留取冠状面、矢状面和横断面的实时 CT 扫描图像,使之与治疗计划图像融合。再分别按手动配准(manual alignment)、骨性配准(bone alignment)和灰度值配准(grey alignment)3 种方式进行图像配准。图像配准符合要求后,记录患者 X(左右)、Y(头脚)、Z(前后)3 个方向上的平移误差。当平移误差 ≤ 0.3 cm 时,可将治疗床旋转 180°再进行放射治疗;当平移误差 > 0.3 cm 时,需进行误差校正,使之控制在 0.3 cm 内,再行放射治疗。

1.5 统计学处理 采用 SPSS 16.0 统计软件进行分析。3 种配准方式的摆位误差用进行描述,采用随机区组设计的方差分析及其两两比较 3 种配准方式测量摆位误差差别, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3 种配准方式的误差值 研究过程中所纳入的头颈部肿瘤患者共 22 例,各实验对象在每周首次进行放射治疗前均采集滑轨 CT 图像,共获取有效 CT 图像 114 组。操作过程包括开启滑轨 CT 组件、进行 CT 扫描、电子计算机 CT 图像的重建、手动及自动配准、在线移床校正及治疗,平均耗时 20 ~ 25 min。操作过程顺利,所有患者未出现不适现象,依从性较好。

实验过程中各患者在进行放射治疗前需将滑轨 CT 扫描所得图像,经手动配准、骨性配准和灰度值配准 3 种不同配准方式进行配准融合,以获取 X、Y、Z 3 个方向的平移误差数值,3 种配准方式结果均显示 X 轴平移误差最大,其次为 Y 轴, Z 轴最小,见表 2。

表 2 3 种不同配准 3 个方向的摆位误差 (cm, $\bar{x} \pm s$, $n = 38$)

项目	骨性配准	灰度值配准	手动配准
X 轴	0.06 ± 0.16	0.07 ± 0.17	0.06 ± 0.18
Y 轴	0.05 ± 0.23	0.06 ± 0.24	0.05 ± 0.25
Z 轴	-0.03 ± 0.17	-0.03 ± 0.14	0.04 ± 0.19

2.2 3 种不同配准方式的误差比较 头颈部肿瘤靶区配准中 3 种配准所获取的平移误差不全相同,而手动配准、骨性配准和灰度值配准两两之间在 X、Y、Z 轴上的平移误差差异无统计学意义,见表 3。

表 3 3 种不同配准方式平移误差的比较

配准方法	X 轴		Y 轴		Z 轴	
	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值
手动/灰度值/骨性	0.014	0.960	0.059	0.942	3.403	0.037
手动/灰度值	0.080	0.778	0.116	0.734	1.059	0.307
手动/骨性	0.005	0.945	0.009	0.924	5.770	0.197
灰度值/骨性	0.040	0.841	0.055	0.816	2.668	0.107

3 讨论

IGRT 是当今肿瘤精确放射治疗的最新研究成果和发展方向,肿瘤靶区放疗高度适形区与高剂量,剂量梯度陡峭是其最显著优势,避免了放疗靶区周围正常组织受到高剂量辐射而造成的医源性损伤,治疗效果良好^[6]。目前临床常用有两种利用 KV 级的 X 射线采集 CT 影像的技术。第 1 种是直接在线性加速器上集成 KV 级 X 线球管和探测器阵列,并且引入了平板探测器,这种系统称之为锥形束 CT。第 2 种如我院最新引进的西门子 Artiste 加速器,即本课题所采用的西门子 CT-on-rail 系统。此 CT 影像采集系统的滑轨 CT 及直线加速器同存于 1 间机房中,使用同 1 张治疗床图像引导放疗,辐射剂量低、成像速度快、不同组织对比度高、所得计算机重建的 CT 图像分辨率高,肿瘤及组织解剖结构细节清晰,机架系统可采用滑轨式设计,移动性及适应性强, DICOM 连接性安全稳定等多方面优点^[7]。这些优点保证了 IGRT 治疗的精准。

CT 图像配准的方式有手动配准、骨性配准和灰度值配准 3 种方式。前者为人工配准,后两者为软件自动配准。骨性配准即将配准框中密度接近或大于骨密度的区域进行配准,主要适用于头颈部、椎体等部位,1 ~ 2 s 即可完成。灰度值配准即根据密度值的差异,使用电子计算机软件将配准框内的全部像素进行分析,在骨性配准不能实现如肺癌、肝癌等含骨组织较少的区域应用最广泛,整个过程用时 1 ~ 3 min。手动配准即在有经验的技师指导下依据皮肤组织轮廓,通过肉眼观察判断的解剖结构进行微调,具有较高的主观性,判断结果常因操作者的不同而造成较大的差异,故而不作为临床首选配准方式^[8]。

本研究中所纳入的头颈部肿瘤患者共 22 例,在治疗前共行有效滑轨 CT 扫描 114 次,平移摆位误

差的结果,在自动配准(骨性配准和灰度值配准)与手动配准之间差异无统计学意义。分析其原因:①头颈部放射治疗时采用热塑成型面罩和全碳素纤维底板,体位固定良好;②头颈部肿瘤患者放疗过程中呼吸、心跳等器官运动的影响较小;③头颈部骨骼较多,组织轮廓不易发生明显变化。此次研究的结果表明头颈部肿瘤 IGRT 中,手动配准、骨性配准与灰度值配准方式之间的差别无统计学意义,难以判断手动配准方式与两者之间的优劣。在实际应用中,由于头颈部颅骨、椎体等骨性标记和靶区位置相对固定,头颈部肿瘤患者采取骨性配准比灰度值配准省时,且与之相比摆位误差差异无统计学意义。因此,头颈部肿瘤患者图在进行 IGRT 中需先行骨性配准,随后判断滑轨 CT 图像与计划设计 CT 图像的融合度,判断相关解剖结构与放疗靶区是否已经达到放疗摆位要求,必要时需进一步结合手动微调,直到摆位结果达到放疗要求。

肿瘤患者在放射治疗时实际放疗靶区与计划参考区域之间的差异称作摆位误差,误差的大小反应了放疗的精确性与重复性,是影响放射治疗过程中精确度的重要因素^[9]。Masuda et al^[10]研究表明,使用影像引导设备对患者放疗过程中摆位误差进行校正,可以有效减少因摆位对放疗带来的误差,提高放射治疗的精确度。本研究在放射治疗前,应用滑轨 CT 图像配准结果进行在线患者摆位的修正,X 轴(左右方向)、Y 轴(头脚方向)、Z 轴(前后方向)摆位误差均能明显缩小。但是由于本研究使用的 CT 配准误差测量精度为 0.1 cm,考虑治疗后再次行滑轨 CT 配准误差小于测量精度而数值无法记录,以

及患者治疗时间较长和 CT 扫描费用昂贵等原因,治疗后未再行 CT 扫描,也未将骨性配准、灰度值配准与手动配准 3 种方式校正前后的摆位误差做对比分析。

参考文献

- [1] Ekberg L, Holmberg O, Wittgren L, et al. What margins should be added to the clinical target volume in radiotherapy treatment planning for lung cancer? [J]. Radiother Oncol, 1998, 48(1): 71-7.
- [2] 张希梅,李明辉,曹建忠,等. 鼻咽癌调强放疗中靶区剂量变化规律研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2010, 19(3): 197-200.
- [3] Schwartz D L, Garden A S, Thomas J, et al. Adaptive radiotherapy for head-and-neck cancer: initial clinical outcomes from a prospective trial[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2012, 83(3): 986-93.
- [4] 江波,戴建荣. 锥形束 CT 成像技术及其在放疗中的应用[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2010, 19(2): 158-61.
- [5] 胡俊,刘海,王晓萍,等. EPID 在颈、胸上段食管癌调强放疗中的应用价值[J]. 中国医疗设备, 2012, 27(6): 164-6.
- [6] 吴冰,马广栋,王亮和. IGRT 技术在放射治疗摆位中的应用[J]. 中国医疗设备, 2012, 27(9): 122-4.
- [7] 倪昕晔,孙苏平,杨建华. 图像引导放射治疗的研究现状[J]. 南通大学学报(医学版), 2007, 27(1): 69-71.
- [8] 曲颂,朱小东,李龄,等. 三种配准方式下腹部肿瘤 IGRT 摆位误差的比较[J]. 肿瘤防治研究, 2011, 38(12): 1434-7.
- [9] 陈德路. 头颈部精确定位摆位仪的摆位误差研究[J]. 中国医学物理学杂志, 2010, 27(5): 2080-3.
- [10] Masuda E, Sista A K, Pua B B, et al. Palliative procedures in lung cancer[J]. Semin Intervent Radiol, 2013, 30(2): 199-205.

Comparison of IGRT placement errors in head and neck neoplasms with three registration modes

Sheng Xin, Wang Fan, Tong Zhuting, et al

(Dept of Radiation Oncology, The First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022)

Abstract Objective To investigate the optimal alignment methods for the treatment of head and neck tumor in IGRT. **Methods** Siemens CTVision system was used to treat 22 patients with head and neck tumor respectively. CT-on-rail images received before every treatment fraction. The differences of bone, gray value and manual three registration methods were compared. **Results** 22 patients with head and neck tumor were followed up for 114 scans on CT-on-rail before treatment. The results of manual alignment, bone alignment and grey alignment showed that X-axis set-up error was the largest, followed by Y-axis and Z-axis. But there was no significant difference in the three alignment methods. **Conclusion** CT-on-rail system can reduce the set-up error in IGRT of head and neck tumor. Bone registration is preferred, and manual adjustment can be used in practice until the results meet the registration requirements.

Key words CT-on-rail; alignment; head and neck tumor