

# 利用 CBCT 透视影像监测 5 例肝癌患者的肿瘤运动

Monitoring Tumor Motion by Cone-beam CT Fluoroscopic Images in 5 Cases with Liver Cancer // LU Xiao-guang, QIU Hong, HUANG He

卢晓光, 邱红, 黄河

(华中科技大学同济医学院附属同济医院, 湖北 武汉 430030)

**摘要:** [目的] 分析放疗实施过程中肝癌患者肿瘤运动, 并为其提供参考。[方法] 利用医科达 Synergy 加速器机载的 CBCT, 获取 5 例肝癌患者的连续透视影像, 测量患者呼吸运动和肿瘤运动, 分析肿瘤运动特点。[结果] 通过研究透视影像掌握患者肝部肿瘤运动。自由呼吸时, 患者肝部肿瘤运动与呼吸运动表现出高度相关性, 5 例患者呼吸运动周期为 2.2~3.2s, 肝部肿瘤在头脚方向的呼吸动度为 8~16 mm。[结论] 通过 CBCT 透视影像总结了肝癌患者肿瘤运动的特点, 为放疗过程中肿瘤运动监测提供了思路。

**关键词:** 肝癌; CBCT; 透视影像; 肿瘤运动监测

**中图分类号:** R735.7 **文献标识码:** B **文章编号:** 1671-170X(2017)10-0924-04

**doi:** 10.11735/j.issn.1671-170X.2017.10.B019

肝癌是我国常见的恶性肿瘤, 致死率高, 且患者往往在确诊时就错过了手术治疗的机会<sup>[1]</sup>。目前认为, 肝癌细胞的放射敏感程度高, 所以放射治疗是治疗肝癌的重要手段<sup>[2]</sup>。肝癌放疗的总剂量通常较高, 分次剂量往往也较大, 对于肝癌放射治疗剂量的准确性和精确性要求都比较高<sup>[3,4]</sup>。然而, 放疗过程中患者的呼吸运动会致靶区运动, 其运动幅度在患者头脚(superior-inferior, SI)方向尤为明显, 会造成靶区剂量不足, 影响放疗效果<sup>[5,6]</sup>。

为解决呼吸运动对放射治疗影响, 首要任务就是能在放疗实施过程中监测肿瘤运动。本文利用直线加速器机载的 CBCT, 在连续透视模式下获取肝癌患者的呼吸影像, 研究并分析呼吸运动和肿瘤运动的规律和特点, 为放疗实施过程中监测肝癌患者靶区呼吸运动提供参考。

## 1 资料与方法

在实际治疗摆位条件下, 使用医科达 Synergy 直线加速器机载 CBCT 的连续透视模式, 对 5 例行

放疗的肝癌患者进行透视。所有患者均诊断为原发性肝癌, 经碘油栓塞治疗后碘油沉积良好, 且均无放疗禁忌证。患者年龄为 39~63 岁, 中位年龄为 50 岁; 其中女性 1 例, 男性 4 例。透视成像间隔时间为 0.183s, 图像视野范围包含膈顶及肝脏, 通过透视影像能直接观察患者膈顶和硬化碘油的运动。以膈顶及碘油为参照, 分别测量呼吸运动和肿瘤运动, 分析患者呼吸运动和肿瘤运动的特点。透视图像显示, 肿瘤只在患者 SI 方向有明显运动, 在左右(left-right, LR)方向及前后(anterior-posterior, AP)方向运动幅度均较小, 本文只讨论 SI 方向的呼吸运动, 并统一以波谷为吸气末端、以波峰为呼气末端绘制运动曲线。

## 2 结果

### 2.1 呼吸运动的差异性

Figure 1 所示为 5 例患者(P)的呼吸运动曲线, 患者间的呼吸动度和呼吸周期都存在明显差异。其中呼吸动度最大为 16 mm 左右, 最小在 8 mm 以内; 呼吸运动周期最大为 3.2s, 最小为 2.2s。如 Figure 2 所示, 即使是同 1 例患者, 其呼吸运动在一周的 5 个放疗分次间也表现出一定的差异性。呼吸动度在基本保持在 9mm 左右, 呼吸周期在 3.2~3.5s 之间波动。

**通讯作者:** 黄河, 工程师, 本科; 华中科技大学同济医学院附属同济医院肿瘤科, 湖北省武汉市硚口区解放大道 1095 号(430030); E-mail: hhnet212@sina.com

**收稿日期:** 2017-01-24; **修回日期:** 2017-03-12

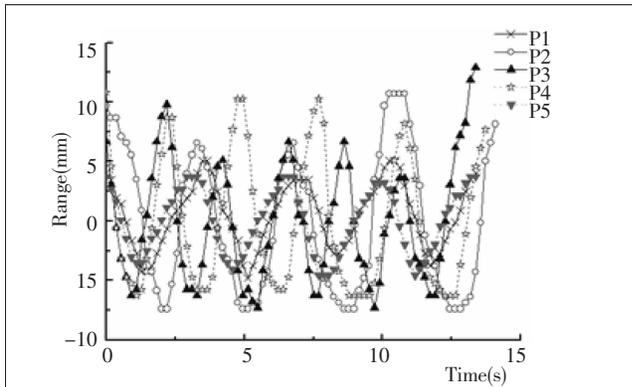


Figure 1 The respiratory motion of the five patients

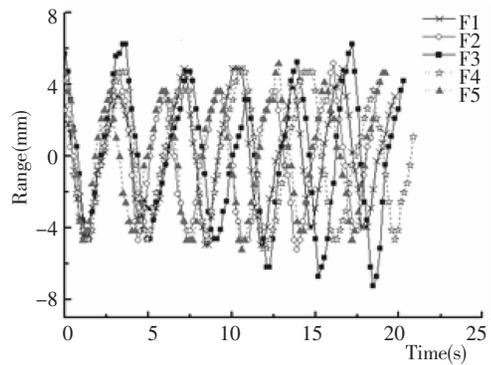


Figure 2 The respiratory motion of one patient between weekly fractions

## 2.2 自由呼吸时肿瘤的运动

Figure 3 所示为 1 例患者自由呼吸时肿瘤与膈顶的运动曲线。该患者肿瘤运动与呼吸运动高度相关，肿瘤运动无论在动度和周期上均与呼吸运动基本保持一致，可认为肿瘤运动完全是由呼吸运动引

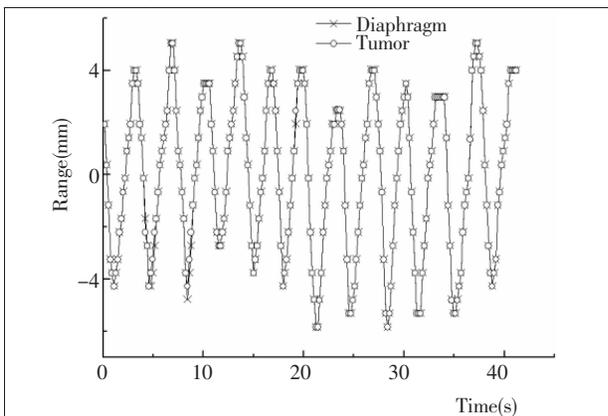


Figure 3 The respiratory motion of the tumor and the diaphragm of one patient

起，掌握了该患者呼吸运动规律就能推测肿瘤的位置。

患者呼吸运动会带动胸腹部运动，通过探测患者体表标记的运动来推测肿瘤运动也是目前常用的一种技术手段。Figure 4 所示为 1 例患者肿瘤在 SI 方向的运动曲线和腹部体表标记在 AP 方向的运动曲线。结果显示该患者体表标记运动与肿瘤运动表现出高度相关性。两者的运动周期均为 3.3 s 左右，肿瘤的呼吸动度约为 12 mm，而体表标记的呼吸动度约为 4 mm。根据呼吸动度将体表标记曲线乘以一个系数因子，比较计算和测量的肿瘤呼吸运动曲线，结果如 Figure 5 所示。比较可知，计算和测量的肿瘤呼吸运动在动度和周期上基本一致，但计算得到的肿瘤位置与实际肿瘤位置存在一定差异。

目前针对肝癌患者的放射治疗，通常采用热塑体膜固定或真空垫固定。对同 1 例患者分别采用热塑体膜和真空垫进行固定，测量该患者在两种体位

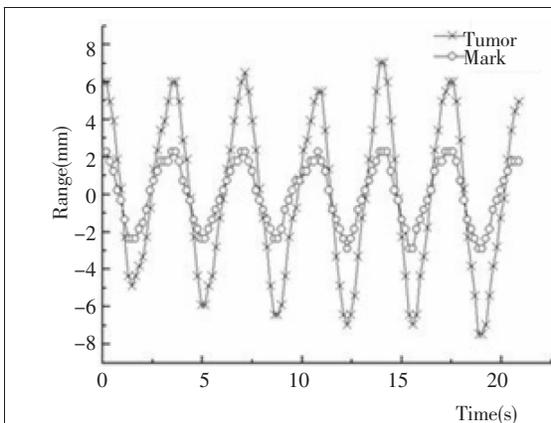


Figure 4 The respiratory motion of the tumor and the mark of one patient

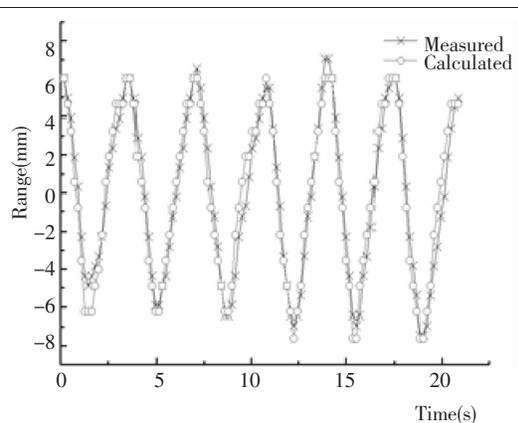


Figure 5 The comparison between the measured and the calculated tumor motion

固定方式下的肿瘤运动,结果如 Figure 6 所示。与真空垫固定相比,采用热塑体膜固定时肿瘤运动周期基本不变,但动度明显减小。对于肝癌放射治疗,采用热塑体膜固定在降低肿瘤呼吸运动影响方面较真空垫固定具有一定优势。

### 2.3 屏气时肿瘤的运动

在患者屏气时出束是应用于肝癌放射治疗中的主动呼吸控制技术之一。Figure 7 和 Figure 8 所示为同 1 例患者分别在吸气后和呼气后屏气时呼吸运动和肿瘤运动的曲线。吸气后较呼气后屏气时间更长,在屏气过程中肿瘤位置变化更小,在吸气后屏气进行照射精确度更高。但如果吸气过深,肝脏会受到周围脏器挤压产生形变,肿瘤运动与膈顶运动幅度会产生差异,应控制患者的吸气幅度并确认肿瘤实际位置后再进行照射。

## 3 讨论

随着放射治疗手段的不断丰富和放射治疗技术的不断先进,越来越多的肿瘤可采用放射治疗,这就要求放射治疗在准确性和精确性上不断提高。肝脏肿瘤呼吸运动动度较大,容易对放射治疗剂量产生影响。了解患者呼吸运动的规律,掌握放疗过程中肿瘤的实际位置,对提高肝癌放疗疗效和改善放疗副作用十分重要<sup>[7-10]</sup>。

当前通常采用探测植入标记或体表标记运动的方式推测肿瘤位置,并非直接监测肿瘤的运动<sup>[11,12]</sup>。该研究利用加速器机载 CBCT 的连续透视影像,直观分析了 5 例患者的呼吸运动,充分体现了肝癌肿瘤运动的特点。由于患者之间存在个体差异,呼吸运动动度和周期都表现出明显不同。即使同 1 例患者的呼吸动度在治疗分次间基本保持一致,但是呼吸周期仍会表现出差异,这种差异性会对呼吸门控技术的实施带来影响。自由呼吸的情况下,患者肝部肿瘤运动往往与呼吸运动在动度和周期上都保持高度一致,可以认为肝脏肿瘤运动几乎完全是由患者呼吸引起的。通过探测患者体表标记的运动,能够计算肿瘤的呼吸动度和周期,但是无法准确判断肿瘤的实际位置。患者屏气可显著减少肝部肿瘤运动,但患者需要多次屏气才能完成治疗,吸气幅度不同会导致肿瘤位置产生较大差异,应根据个人的呼吸

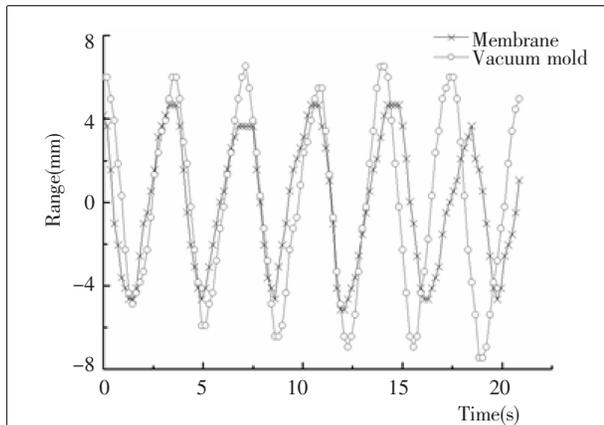


Figure 6 Comparison of the tumor motion between the membrane set-up and the vacuum mold set-up

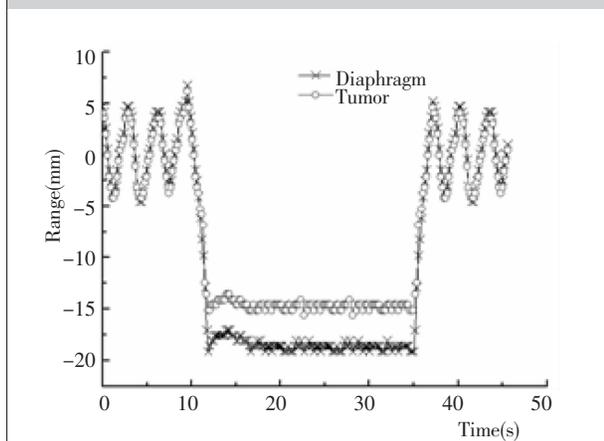


Figure 7 Breath hold after inspiration

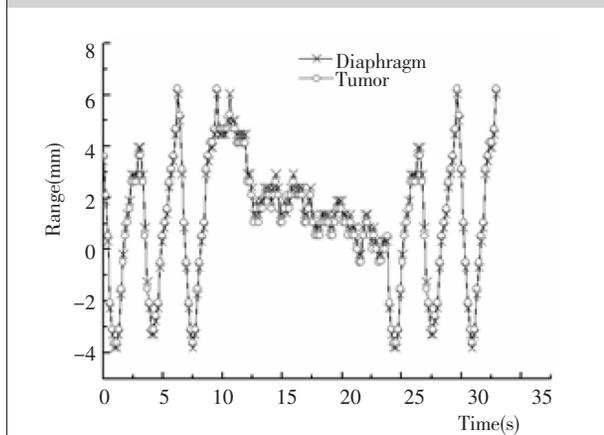


Figure 8 Breath hold after expiration

特点对患者进行屏气训练,保证患者屏气时肿瘤位置的重复性。

虽然该研究仍需借助沉积碘油为标识,未能完全实现肿瘤运动监测,但仍为监测放疗中肿瘤运动提供了临床依据和参考。笔者认为,充分掌握患者每

次治疗时的肿瘤运动是实现肝癌精准放疗的首要前提, 现阶段的影像引导技术仍然存在一些有待改进之处。首先, 目前通用的影像引导技术是将患者治疗时与定位时体位进行配准, 即便是采用 4DCT 进行定位, 也未能真正配准治疗靶区, 如果能将患者靶区动态影像进行配准, 将更有利于肿瘤治愈且保护周围正常组织; 而且相比目前的 CBCT 图像重建配准, 动态影像需要采集的透视图像帧数更少, 在透视参数相当的情况下可以降低患者接受的剂量, 减少随机效应发生的几率。其次, 目前的 CBCT 透视影像虽然能在治疗中提供肿瘤运动信息, 但由于 CBCT 不能与加速器机头同时出束, 还不能达到实时监测的目的, 这也许是未来加速器设计上可供参考的方向。最后, 即使在调强放射治疗中引入呼吸门控技术, 也只是简单将射野出束时间限定在某指定呼吸时相内, 并未考虑射野中子野的具体照射位置, 若能将子野位置变化与肿瘤运动相结合, 实现子野跟随靶区运动照射, 将大大提高放射治疗精度。

## 参考文献:

- [1] Wang R, Chen XZ, Zhang MG, et al. Incidence and mortality of liver cancer in mainland China: changes in first decade of 21st century [J]. *Hepato-gastroenterol*, 2015, 62 (137): 118-121.
- [2] Bodgen AE, Coy DH, Kim SH, et al. Treatment of liver cancer[J]. *CSH Perspect Med*, 2015, 5(9): 301-309.
- [3] Bae SH, Kim MS, Jang WI, et al. Low hepatic toxicity in primary and metastatic liver cancers after stereotactic ablative radiotherapy using 3 fractions[J]. *J Korean Med Sci*, 2015, 30(8): 1055-1061.
- [4] Meyer JJ, Foster RD, Lev-Cohain N, et al. A phase I dose-escalation trial of single-fraction stereotactic radiation therapy for liver metastases [J]. *Ann Surg Oncol*, 2016, 23(1): 218-224.
- [5] Tanguturi SK, Wo JY, Zhu AX, et al. Radiation therapy for liver tumors: ready for inclusion in guidelines?[J]. *Oncologist*, 2014, 19(8): 868-879.
- [6] Kitamura K, Shirato H, Seppenwoolde Y, et al. Tumor location, cirrhosis, and surgical history contribute to tumor movement in the liver, as measured during stereotactic irradiation using a real-time tumor-tracking radiotherapy system[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2003, 56(1): 221-228.
- [7] Wunderink W, Romero AM, Kruijff WD, et al. Reduction of respiratory liver tumor motion by abdominal compression in stereotactic body frame, analyzed by tracking fiducial markers implanted in liver [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2008, 71(3): 907-915.
- [8] Tanguturi S, Niemierko A, Wo JY, et al. Gallbladder toxicity and high dose ablative intent radiation for liver tumors: Should we constrain the dose?[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2015, 93(3): E125-E125.
- [9] Huang P, Li H, Chen J, et al. Adjusted dose and its relation to radiation induced liver disease during hepatocellular carcinoma radiotherapy [J]. *Med Phys*, 2016, 43 (6): 3459-3460.
- [10] Briere T, Krishnan S, Dong L, et al. Respiratory gating in the treatment of liver tumors [J]. *Med Phys*, 2006, 33(6): 2134-2134.
- [11] Hong TS, Delaney TF, Mamon HJ, et al. A prospective feasibility study of respiratory-gated proton beam therapy for liver tumors[J]. *Pract Radiat Oncol*, 2014, 4(5): 316-322.
- [12] Qiu JJ, Ge W, Zhang L, et al. The feasibility and efficiency of volumetric modulated arc therapy-based breath control stereotactic body radiotherapy for liver tumors[J]. *Technol Cancer Rest*, 2015, 15(5): 674-682.