

文章编号 1006-8147(2020)04-0362-04

论 著

MRI 影像与 CT 影像融合技术在局部晚期食管癌放疗靶区勾画中的应用研究

张婷玉¹, 胡亚萍¹, 黄晓莹¹, 靳海英², 王斌杰²

(1. 开封市人民医院影像科, 开封 475000; 2. 河南大学淮河医院医学影像科, 开封 475000)

摘要 目的: 探讨磁共振弥散加权影像(DWI)联合 T2WI 影像融合电子计算机断层扫描(CT)影像技术在局部晚期食管癌放疗靶区勾画中的应用价值。方法: 选取 2018 年 3 月-2019 年 3 月本院收治的食管癌局部晚期患者 31 例为研究对象, 患者均在放疗前行 CT 和 MRI 常规及 DWI 检查, 采用 Eclipse 治疗计划系统将两种影像学图片融合, 由 3 名放疗科医师在 CT 图像及融合图像上进行放疗靶区勾画, 分别记作 A、B、C 组。比较两种勾画方案勾画食管癌大体肿瘤靶区(GTV)和临床靶区(CTV)体积、长度、厚度及其变异系数 CV 值和 Ratio 值(最大值/最小值), 分析 CT 图像与融合图像 GTV 和 CTV 体积差异的原因。结果: 以 CT 为基础勾画的 GTV 和 CTV 体积、长度、厚度均大于以融合图像为基础勾画, 差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。3 名放疗医师以 CT 图像为基础勾画的各项指标 CV 值、Ratio 均大于以融合图像为基础勾画, 差异有统计学意义(均 $P < 0.05$); 多因素分析, 颈段食管癌、T₄ 期食管癌是影响 CT 图像与融合图像 GTV 和 CTV 体积差异的独立相关因素(均 $P < 0.05$)。结论: 相对于 CT 图像, DWI 联合 T2WI 影像融合 CT 影像技术能有效指导食管癌放疗靶区勾画及不同医师靶区勾画一致性。

关键词 弥散加权影像; CT 影像; 融合技术; 食管癌; 放疗靶区勾画

中图分类号 R445.2

文献标志码 A

Application of MRI and CT image fusion technology in target volume delineation of radiotherapy for local advanced esophageal cancer

ZHANG Ting-yu¹, HU Ya-ping¹, HUANG Xiao-ying¹, JIN Hai-ying², WANG Bin-jie²

(1. Department of Imaging, Kaifeng People's Hospital, Kaifeng 475000, China; 2. Department of Medical Imaging, Huaihe Hospital, Henan University, Kaifeng 475000, China)

Abstract Objective: To explore the application value of magnetic resonance diffusion weighted imaging (DWI) combined with T2WI image fusion computed tomography (CT) image technology in target volume delineation of radiotherapy for local advanced esophageal cancer. **Methods:** 31 patients with local advanced esophageal cancer in our hospital from March 2018 to March 2019 were enrolled in the study. The patients were examined by completed CT, conventional MRI and DWI before radiotherapy. The obtained images were fused by Eclipse treatment planning system. The target volume of radiotherapy was delineated on both CT images and the fused images by 3 radiologists. The volume, length, thickness, coefficient of variation (CV) and ratio value (ratio of the maximum value to the minimum value) of gross target volume (GTV) and clinic target volume (CTV) in the two plans were compared. The causes of differences in GTV and CTV volume between CT images and fused images were analyzed. **Results:** The volume, length and thickness of GTV and CTV based on CT were significantly larger than those based on fused images (all $P < 0.05$). The CV and ratio values of each index delineated by the 3 radiologists based on the CT images were significantly larger than those based on the fused images (all $P < 0.05$). Multivariate analysis showed that cervical esophageal cancer and esophageal cancer at stage T₄ were independent correlation factors for differences in GTV and CTV of CT images and fused images (all $P < 0.05$). **Conclusion:** Compared with CT images, DWI combined with T2WI image fusion CT image technology can be used to guide target volume delineation of radiotherapy for local advanced esophageal cancer and improve the consistency among different physicians.

Key words diffusion-weighted imaging; CT imaging; fusion technique; esophageal cancer; radiotherapy target volume delineation

食管癌是临床中常见的胸部恶性肿瘤, 全球每年新发病例 48.2 万, 中国每年新发病例 23.7 万, 约占全球食管癌新发总数的 50%。大多数食管癌患者确诊时已为中晚期, 5 年生存率不足 20%, 对人类生

命健康造成严重的威胁^[1]。由于晚期食管癌患者错过根治性手术治疗最佳时期, 放疗已成为中晚期食管癌最安全、有效的治疗手段之一, 而准确勾画肿瘤范围是放疗能否成功的关键环节^[2]。电子计算机断层扫描(computed tomography, CT)是放疗靶区勾画常用的影像学技术, 但因软组织分辨能力较差, 在确定食管癌病变长度方面误差较大^[3]。磁共振

基金项目 2017 年河南省科技攻关计划(172102310157)

作者简介 张婷玉(1978-), 女, 学士, 研究方向: MRI、CT 医学影像诊断; E-mail: hvuq69431@126.com。

(magnetic resonance imaging, MRI) 能较清晰地显示软组织结构,有利于放疗靶区勾画^[4]。本研究旨在采用 MRI 弥散加权影像 (diffusion weighted imaging, DWI) 联合 T2WI 影像与 CT 影像融合技术对晚期食管癌放疗靶区进行勾画,探讨该技术在食管癌放疗中的应用价值。

1 对象与方法

1.1 研究对象 选取 2018 年 3 月-2019 年 3 月本院收治的食管癌局部晚期患者 31 例为研究对象,纳入标准:(1)患者均经组织病理学确诊。(2)化疗前均行 CT 和 MRI 检查(两次检查间隔时间不超过 1 周),无远处转移。(3)病理资料、临床资料完整。排除标准:(1)具有 CT 和 MRI 检查禁忌证。(2)具有放疗禁忌证。(3)影像学图片不清晰。符合条件的人组患者中,男性 23 例,女性 8 例,年龄 50~75 岁,中位年龄 64 岁,鳞癌 25 例,非鳞癌 6 例,病灶部位:颈段 10 例,胸段 21 例,区域淋巴结转移 8 例,T₃ 期 10 例,T₄ 期 17 例,N0 期 4 例。

1.2 研究方法

1.2.1 CT 扫描 采用 Philips 16 排螺旋 CT 模拟机(德国飞利浦公司)进行扫描,患者取仰卧位,双臂抱头,采用真空垫体模固定体位,体表十字线采用激光灯标记,扫描时保持平静。扫描参数:电压 120 kV,电流 150 mA,准直器宽度 4 mm,旋转时间 1 s,扫描厚度 5 mm。扫描完成后,将图像传输美国 Varian 公司的 Eclipse 放射治疗计划系统。

1.2.2 MRI 扫描 采用 Magentom Espree1.5T 磁共振仪(德国西门子)进行 MRI 平扫(横断位 T1WI、矢状位 T2WI)及 DWI 成像。患者取仰卧位,双臂抱头,采用真空垫体模固定体位,体表十字线采用激光灯标记,采用体部线圈。T1WI 扫描参数:TR 3.25 ms,TE 1.30 ms,层间距 0.6 mm,层厚 5 mm,矩阵 256×256。T2WI 扫描参数:TR 7840 ms,TE 110 ms,层间距 1.0 mm,层厚 5 mm,矩阵 320×320。DWI 扫描参数:TR 3 400 ms,TE 100 ms,层间距 1.5 mm,层厚 5 mm,矩阵 128×128。弥散方向为 3,扩散敏感梯度 b 值为 400 s/mm²。扫描完成后,将图像传输美国 Varian 公司的 Eclipse 放射治疗计划系统。

1.2.3 图像融合 CT 图像和 MRI 图像均采用 Eclipse 放射治疗计划系统进行容积重建,将 CT 扫描显示高密度和 MRI 扫描显示高信号的标记点作为图像融合参考点。基准层面根据定位标记点进行手动融合,然后插值融合处理其余层面。

1.2.4 靶区勾画 由 3 名放疗科医师分别对 CT

图像和融合图像进行靶区勾画。CT 图像以食管壁厚度>5 mm 和(或)不含气食管直径>10 mm、局部管腔不规则狭窄和(或)食管壁全周性或局限性增厚为标准,勾画食管癌大体肿瘤靶区(gross target volume, GTV)。融合图像以 DWI 图像高信号区为参考,勾画食管癌 GTV。临床靶区(clinical target volume, CTV)为 GTV 上下分别外放 2 cm,前后左右分别外放 1 cm,对食管亚临床病灶进行预防性照射。

1.2.5 参数测量及分析 通过 Eclipse 软件测量勾画食管癌 GTV 的实际体积,并通过靶区 CT 三维重建,测量勾画的靶区长度,在 CT 图像和融合图像上测量病变最大层面肿瘤厚度。每个病例均由 3 名放疗科医师进行参数分析(分别计为 A、B、C 组),计算每个病例测量 GTV 和 CTV 体积、长度、厚度的变异系数 CV 及 Ratio 比值。CV=标准差/均值, CV 值越小代表离散程度越小, Ratio 值=最大值/最小值, Ratio 越小代表数据变异程度越小。分析 CT 图像与融合图像 GTV、CTV 体积差异的影响因素,以 GTV、CTV 体积差异分别作为因变量,以患者病理类型、病灶部位、分期等为自变量进行多因素分析。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 20.0 软件进行统计学推断。计量资料符合正态分布采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 *t* 检验。多因素分析采用 Logistic 回归模型。检验水准 $\alpha=0.05$,均为双侧检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 CT 图像与融合图像表现 CT 图像对食管癌病变边界显示不清,见图 1。MRI 与 CT 融合图像可清晰地显示食管癌解剖结构,易于区分食管癌边界与周围组织器官,见图 2。



图 1 CT 图像

Fig 1 CT image

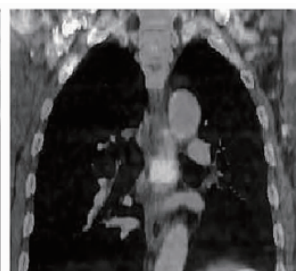


图 2 CT 与 MRI 融合图像

Fig 2 CT and MRI fusion image

2.2 CT 图像与融合图像靶区勾画相关参数比较 不同组以 CT 图像为基础勾画的 GTV 和 CTV 体积、GTV 和 CTV 长度、GTV 和 CTV 厚度均大于以融合图像为基础勾画的 GTV 和 CTV 体积、GTV

和 CTV 长度、GTV 和 CTV 厚度, 差异有统计学意义($P<0.05$), 见表 1。

表 1 CT 图像与融合图像靶区勾画相关参数比较($\bar{x}\pm s$)

Tab 1 Comparison of parameters related to target delineation between CT image and fusion image($\bar{x}\pm s$)

参数	组别	CT	融合图像	<i>t</i>	<i>P</i>
GTV 体积/ cm^3	A	93.12 \pm 10.48	85.23 \pm 7.54	3.403	0.001
	B	96.38 \pm 12.32	86.01 \pm 7.85	3.952	<0.001
	C	98.21 \pm 12.87	86.48 \pm 8.01	4.308	<0.001
GTV 长度/cm	A	9.15 \pm 0.58	8.84 \pm 0.47	2.312	0.024
	B	9.38 \pm 0.63	8.93 \pm 0.53	3.043	0.004
	C	10.14 \pm 0.67	9.02 \pm 0.51	3.438	0.001
GTV 厚度/cm	A	4.98 \pm 0.35	4.81 \pm 0.28	2.112	0.039
	B	5.14 \pm 0.41	4.92 \pm 0.32	2.355	0.022
	C	5.43 \pm 0.47	5.10 \pm 0.43	2.885	0.005
CTV 体积/ cm^3	A	683.54 \pm 52.35	615.67 \pm 47.58	5.342	<0.001
	B	703.14 \pm 57.73	630.31 \pm 49.36	5.339	<0.001
	C	726.54 \pm 61.55	641.53 \pm 52.11	5.869	<0.001
CTV 长度/cm	A	11.15 \pm 0.79	10.45 \pm 0.56	4.025	<0.001
	B	11.23 \pm 0.81	10.64 \pm 0.60	3.329	0.002
	C	12.08 \pm 0.93	10.97 \pm 0.68	5.364	<0.001
CTV 厚度/cm	A	9.12 \pm 0.62	8.80 \pm 0.53	2.184	0.033
	B	9.28 \pm 0.62	8.94 \pm 0.57	2.248	0.028
	C	9.57 \pm 0.74	9.14 \pm 0.65	2.431	0.018

表 2 CT 图像与融合图像勾画 GTV 相关参数 CV 值及 Ratio 值比较($\bar{x}\pm s$)

Tab 2 Comparison of CV value and Ratio value of GTV related parameters between CT image and fusion image($\bar{x}\pm s$)

组别	GTV 体积		GTV 长度		GTV 厚度	
	CV 值	Ratio 值	CV 值	Ratio 值	CV 值	Ratio 值
CT	0.25 \pm 0.10	2.15 \pm 0.68	0.21 \pm 0.09	2.04 \pm 0.61	0.18 \pm 0.08	1.92 \pm 0.57
融合图像	0.18 \pm 0.06	1.78 \pm 0.52	0.15 \pm 0.05	1.72 \pm 0.49	0.11 \pm 0.04	1.64 \pm 0.41
<i>t</i>	3.342	2.407	3.245	2.277	4.357	2.220
<i>P</i>	0.001	0.019	0.002	0.026	<0.001	0.030

表 3 CT 图像与融合图像勾画 CTV 相关参数 CV 值及 Ratio 比较($\bar{x}\pm s$)

Tab 3 Comparison of CV value and Ratio value of CTV related parameters between CT image and fusion image($\bar{x}\pm s$)

组别	CTV 体积		CTV 长度		CTV 厚度	
	CV 值	Ratio 值	CV 值	Ratio 值	CV 值	Ratio 值
CT	0.27 \pm 0.11	2.19 \pm 0.66	0.24 \pm 0.10	2.08 \pm 0.59	0.20 \pm 0.09	1.95 \pm 0.58
融合图像	0.19 \pm 0.08	1.81 \pm 0.55	0.17 \pm 0.04	1.75 \pm 0.51	0.12 \pm 0.05	1.65 \pm 0.44
<i>t</i>	3.275	2.463	3.619	2.356	4.326	2.294
<i>P</i>	0.002	0.018	0.001	0.022	0.001	0.025

表 4 CT 图像与融合图像 GTV 和 CTV 体积差异的多因素分析

Tab 4 Multi factor analysis of GTV and CTV difference between CT image and fusion image

因素	CT 图像与融合图像 GTV 体积差异			CT 图像与融合图像 CTV 体积差异		
	OR	95%CI	<i>P</i>	OR	95%CI	<i>P</i>
鳞癌	1.929	0.818~4.552	0.134	1.976	0.862~4.527	0.108
颈段	1.980	1.117~3.509	0.020	1.970	1.149~3.377	0.014
T ₄ 期	2.036	1.160~3.573	0.014	2.030	1.200~3.432	0.009

3 讨论

调强放疗是目前肿瘤放疗常用技术, 其目标是将放射线最大限度地集中至靶区, 尽量减少周

2.3 CT 图像与融合图像勾画 GTV 相关参数 CV 值及 Ratio 值比较 3 名放疗科医师以 CT 图像或融合图像为基础勾画的 GTV 体积、GTV 长度和 GTV 厚度有一定差别, 以 CT 图像为基础勾画的 GTV 体积、GTV 长度和 GTV 厚度 CV 值、Ratio 值均大于以融合图像为基础勾画的 GTV 体积、GTV 长度和 GTV 厚度 CV 值、Ratio 值, 差异有统计学意义($P<0.05$), 见表 2。

2.4 CT 图像与融合图像勾画 CTV 相关参数 CV 值及 Ratio 值比较 3 名放疗科医师以 CT 图像或融合图像为基础勾画的 CTV 体积、CTV 长度和 CTV 厚度有一定差别, 以 CT 图像为基础勾画的 CTV 体积、CTV 长度和 CTV 厚度 CV 值、Ratio 值均大于以融合图像为基础勾画的 CTV 体积、CTV 长度和 CTV 厚度 CV 值、Ratio 值, 差异有统计学意义($P<0.05$), 见表 3。

2.5 CT 图像与融合图像 GTV、CTV 体积差异的多因素分析 Logistic 回归模型分析显示, 颈段食管癌、T₄ 期食管癌是影响 CT 图像与融合图像 GTV 体积、CTV 体积差异的独立相关因素($P<0.05$), 见表 4。

围器官和组织的不必要照射, 所以对放疗前靶区勾画范围精确度要求很高, 确定一种准确、有效靶区勾画方法十分重要^[5-6]。CT 是目前常用于食管癌放疗靶区勾画的影像学方法, 但 CT 对软组织结构显示清晰度较差, 不易区分食管癌病灶边界, 如食管溃疡、水肿等病理改变也会使食管管壁增厚, 但 CT 难以将之与食管癌管壁增厚区分, 从而造成靶区勾画欠准确, 导致正常组织受到照射, 病灶漏照, 因此需结合其他技术来提高靶区勾画的准确性^[7]。既往研究指出, 食管镜和食管造影能准确地

测量食管癌的病灶长度,但与CT图像均不能良好地融合,所以无法用于食管癌放疗靶区勾画^[8]。

MRI DWI是通过测量水分子扩散运动变化来反映组织空间结构、细胞密度变化,可早期发现肿瘤性病灶,确定病灶范围。与正常组织比较,肿瘤组织细胞密度较大,且呈多型性,所以细胞间隙较窄,水分子运动受限,DWI图像呈高信号^[9-11]。既往研究显示,DWI应用于多种恶性肿瘤全身成像,能判断病灶浸润范围及转移情况,但对体内器官边界显示不清,导致与CT图像融合效果不理想^[12]。T2WI则能清晰地显示病灶边界与组织轮廓,且与DWI影像为同机扫描,故本研究以T2WI为中介,实现了CT图像与DWI的良好融合。本研究发现,以CT图像为基础勾画的GTV和CTV体积、GTV和CTV长度、GTV和CTV厚度均显著大于以融合图像为基础勾画的GTV和CTV体积、GTV和CTV长度、GTV和CTV厚度,提示以CT图像为基础勾画的GTV、CTV在体积、长度及厚度方面均明显高估,以融合图像为基础勾画放疗靶区,能缩小放射区域,更准确地反映病灶范围。进一步分析发现,造成两种勾画方案GTV、CTV体积差异的因素主要体现在颈段、非手术治疗食管癌临床分期T₄期的病例上。颈段食管癌GTV、CTV体积差异较大的原因可能是颈段周围软组织较多,如咽部、肌肉、器官等,这些软组织是否受侵及受侵范围采用CT检查不易分辨,CT图像对肿瘤是否侵犯周围组织显示不佳,所以两种勾画方案在T₄期食管癌GTV、CTV体积方面有明显差异^[13-14]。

此外,临床实践中,不同放疗医师对同一病例靶区勾画范围往往不一致,即使同一放疗医师,在不同时间点对同一病例靶区勾画范围也有所不同。有研究认为,造成这种差异的原因与放疗医师经验不同、肿瘤边界不清、勾画靶区标准不一致有关^[15]。降低靶区勾画差异的方法除了增加医师临床经验、制定统一勾画靶区标准外,还可通过提高周围组织与病灶对比度,使病灶边界更易区分而实现。本研究3名放疗医师对每例病例进行GTV、CTV勾画,结果显示,不同医师在CT图像勾画GTV和CTV体积、长度及厚度的CV值和Ratio值均显著大于融合图像,提示CT与DWI融合图像上勾画放疗靶区一致性较高,稳定性较好。

综上所述,DWI联合T2WI影像融合CT影像技术在局部晚期食管癌放疗靶区勾画中具有良好的指导作用,相对于CT图像,能提高靶区勾画准确性,降低周围正常组织不必要照射。但本研究样

本量较少,统计结果可能存在偏倚,需进一步扩大样本量深入研究。

参考文献:

- [1] 常晓斌,吴湘阳,袁渊.核磁共振弥散加权成像对局部晚期食管癌放疗靶区勾画的作用[J].西安交通大学学报(医学版),2017,38(4):611
- [2] 李巧芳,祝淑钗,邓文钊,等.颈胸上段食管癌根治性放化疗靶区范围对预后生存的影响[J].中华放射医学与防护杂志,2019,39(4):268
- [3] Zhang Y H, Herlin G, Rouvelas I, et al. Texture analysis of computed tomography data using morphologic and metabolic delineation of esophageal cancer—relation to tumor type and neoadjuvant therapy response[J]. Dis Esophagus, 2019,32(4):pii: doy096
- [4] Kashani R, Olsen J R. Magnetic resonance imaging for target delineation and daily treatment modification[J]. Semin Radiat Oncol, 2018, 28(3):178
- [5] Rusten E, Rekstad B L, Undseth C, et al. Target volume delineation of anal cancer based on magnetic resonance imaging or positron emission tomography[J]. Radia Oncol, 2017, 12(1):147
- [6] Ligtenberg H, Schakel T, Dankbaar J W, et al. Target volume delineation using diffusion-weighted imaging for mr-guided radiotherapy: a case series of laryngeal cancer validated by pathology [J]. Cureus, 2018, 10(4):e2465
- [7] Ling Y W W, Wong J S Y, Lee V W Y, et al. Throwing the dart blind-folded: comparison of computed tomography versus magnetic resonance imaging-guided brachytherapy for cervical cancer with regard to dose received by the ‘actual’ targets and organs at risk[J]. J Contemp Brachytherapy, 2017, 5(5):446
- [8] Bainbridge H, Salem A, Tijssen R H N, et al. Magnetic resonance imaging in precision radiation therapy for lung cancer[J]. Transl Lung Cancer Res, 2017, 6(6):689
- [9] Schernberg A, Balleyguier C, Dumas I, et al. Diffusion-weighted MRI in image-guided adaptive brachytherapy: tumor delineation feasibility study and comparison with GEC-ESTRO guidelines[J]. Brachytherapy, 2017, 16(5):956
- [10] Schakel T, Hoogduin J M, Terhaard C H J, et al. Diffusion weighted MRI with minimal distortion in head-and-neck radiotherapy using a turbo spin echo acquisition method[J]. Med Phys, 2017, 44(8):4188
- [11] Nag M K, Koley S, China D, et al. Computer-assisted delineation of cerebral infarct from diffusion-weighted MRI using Gaussian mixture model[J]. Int J Comput Assist Radiol Surg, 2017, 12(4):539
- [12] Schakel T, Peltenburg B, Dankbaar J W, et al. Evaluation of diffusion weighted imaging for tumor delineation in head-and-neck radiotherapy by comparison with automatically segmented, 18 F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography[J]. Phy Imaging Radia Oncol, 2018, 5(1):13
- [13] 海平,赵仁,杨小荣,等.三种方法确定食管癌 GTV 长度的比较研究[J].中华放射肿瘤学杂志,2018,27(4):370
- [14] Ota T, Hori M, Onishi H, et al. Preoperative staging of endometrial cancer using reduced field-of-view diffusion-weighted imaging: a preliminary study[J]. Eur Radiol, 2017, 27(12):5225
- [15] 李广虎,钱立庭.磁共振弥散加权成像(DWI)在食管癌放疗中的应用进展[J].中华放射肿瘤学杂志,2017,26(2):239

(2019-10-22 收稿)