

两种自动勾画软件对危及器官勾画结果对比分析

束灵^{1,2,3}, 王宏志^{1,2,3}, 崔相利^{1,3}

1. 中国科学院合肥物质科学研究院健康与医学技术研究所, 安徽 合肥 230031; 2. 中国科学技术大学研究生院科学岛分院, 安徽 合肥 230026; 3. 中国科学院合肥肿瘤医院放疗中心, 安徽 合肥 230031

【摘要】目的:比较和分析两种自动勾画软件(AccuContour和DeepViewer)勾画危及器官的精确度,以此评估它们在不同肿瘤放射治疗中的适用程度和优越性。**方法:**回顾性选取中科院合肥肿瘤医院肿瘤患者60例,其中鼻咽癌、肺癌、乳腺癌、宫颈癌各15例,由同一个物理师在患者CT图像上手动勾画危及器官,再分别用两种自动勾画软件进行勾画。以手动勾画结果为标准,分别计算两种软件勾画结果的戴斯相似性系数(DSC)和绝对体积差(ΔV),并对两种勾画结果的差异进行配对 t 检验,比较两种软件勾画结果。**结果:**AccuContour软件和DeepViewer软件勾画结果的总体DSC分别为 0.90 ± 0.11 和 0.87 ± 0.14 ($t=-5.029$, $P<0.05$),总体 ΔV 分别为 (13.23 ± 18.77) 和 (29.89 ± 45.27) cm^3 ($t=7.344$, $P<0.05$)。在20个危及器官中,AccuContour软件勾画结果的所有DSC均大于0.7,其中最大DSC为脑(0.99 ± 0.00),最小DSC为右眼晶状体(0.71 ± 0.11);DeepViewer软件勾画的结果有18个器官DSC大于等于0.7,其中,最大DSC为肺(0.98 ± 0.00),最小DSC为右侧股骨头(0.63 ± 0.18)。AccuContour软件勾画的13个器官的 ΔV 均小于DeepViewer勾画结果。**结论:**两种软件整体勾画效果均比较好,对于体积较大的危及器官,勾画效果要优于体积较小的器官,AccuContour软件勾画效果优于DeepViewer软件。

【关键词】危及器官;自动勾画;AccuContour;DeepViewer

【中图分类号】R318;R811

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2022)03-0295-05

Comparison of AccuContour and DeepViewer in auto-segmentation of organs-at-risk

SHU Jiong^{1,2,3}, WANG Hongzhi^{1,2,3}, CUI Xiangli^{1,3}

1. Institute of Health and Medical Technology, Hefei Institutes of Physical Science, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China; 2. Science Island Branch, Graduate School of University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China; 3. Radiotherapy Center, Hefei Cancer Hospital, Chinese Academy of Science, Hefei 230031, China

Abstract: Objective To compare and analyze the accuracies of two kinds of software (AccuContour and DeepViewer) in the auto-segmentation of organs-at-risk, thereby evaluating their applicability and superiority in the radiotherapy for different tumors. **Methods** A total of 60 patients with different cancer were selected from Hefei Cancer Hospital, Chinese Academy of Sciences, including nasopharyngeal cancer, lung cancer, breast cancer, and cervical cancer, each of 15 cases. The organs-at-risk in CT images were auto-segmented by a physicist using AccuContour software and DeepViewer software. Taking manual segmentation as the standard, the Dice similarity coefficient (DSC) and absolute volume difference (ΔV) were calculated; and paired t test was also carried out for analyzing the differences in segmentation results obtained by different software. **Results** The overall DSC of the segmentation results obtained by Accucontour software and DeepViewer software were 0.90 ± 0.11 and 0.87 ± 0.14 ($t=-5.029$, $P<0.05$), and the overall ΔV were (13.23 ± 18.77) and (29.89 ± 45.27) cm^3 ($t=7.344$, $P<0.05$). All the DSC of 20 organs-at-risk segmented by AccuContour was greater than 0.7, of which brain had the maximum DSC (0.99 ± 0.00), and the right lens had the minimum DSC (0.71 ± 0.11). The segmentation results obtained by DeepViewer showed that 18 out of 20 organs-at-risk had a DSC greater than or equal to 0.7, and that the maximum (0.98 ± 0.00) and minimum (0.63 ± 0.18) DSC was found in the lungs and the right femoris, respectively. The ΔV of the 13 organs segmented by AccuContour were all less than those segmented by DeepViewer. **Conclusion** Both two kinds of software achieve satisfactory segmentation results, and have preferable performance in the segmentation of larger organs rather than smaller organs. Moreover, AccuContour is superior to DeepViewer in segmentation performance.

Keywords: organs-at-risk; auto-segmentation; AccuContour; DeepViewer

【收稿日期】2021-10-14

【基金项目】安徽省重点研究与开发计划项目(202004j07020052);国家重点研发计划(2018YFE0114100)

【作者简介】束灵,博士研究生,研究方向:肿瘤放射治疗,Email: shujiong@mail.ustc.edu.cn

【通信作者】王宏志,硕士,研究员,研究方向:高端物理技术向医学应用转化的相关研究,Email: wanghz@hfcas.ac.cn;崔相利,博士,放疗物理师,研究方向:肿瘤放射治疗,Email: xlcui@cmpt.ac.cn

前言

在肿瘤临床治疗中放疗是主要手段之一,70%的肿瘤患者需要接受放射治疗^[1-2]。近年来,精准放疗的提出和发展,要求在放疗过程中提高肿瘤放射剂量的同时有效保护正常组织,使肿瘤的局部控制率得到提高^[3]。要达到精准二字,就需要制定准确的放疗计划,在计划制定过程中危及器官的准确勾画是非常重要的环节^[4]。医生和物理师对危及器官手动勾画不仅费时费力,而且主观性较强,不同医生对同一器官勾画结果不尽相同,同一医生不同时间勾画结果也可能存在偏差^[5]。为了减少危及器官勾画的时间并提高勾画精度,越来越多的研究开始专注于靶区及危及器官的自动勾画,从早期的基于图谱库的半自动勾画^[6-7],到现在的基于深度学习理论的自动勾画^[8-9],自动勾画技术发展非常迅速。目前,市面上的商用自动勾画软件在保证勾画精度的同时,缩短了勾画时间,大大减轻了医生和物理师的工作量^[10-11]。本研究基于物理师手动勾画和勾画软件AccuContour和DeepViewer自动勾画,对比分析两种自动勾画软件的勾画准确度,以及同一软件在不同部位的勾画准确度差异。

1 资料与方法

1.1 勾画工具

自动勾画软件:AccuContour是福建Manteia公司开发的自动勾画软件,基于人工智能放疗影像工作站,对肿瘤靶区和危及器官进行自动勾画。DeepViewer是安徽慧软科技公司开发的AI自动器官勾画系统,基于深度学习框架识别人体器官,进行自动勾画^[12]。

手动勾画工具:Elekta公司Monaco5.0计划系统中的勾画模块。

1.2 病例选取

回顾性选取中科院合肥肿瘤医院肿瘤患者60例,其中鼻咽癌、肺癌、乳腺癌、宫颈癌各15例。患者采取仰卧位,并用热塑体膜固定,使用飞利浦公司Brilliance大孔径CT进行扫描,CT图像层厚为头颈部3 mm,胸腔及腹部5 mm。

1.3 实验方式

将病人原始CT图像分别导入Monaco5.0计划系统、AccuContour和DeepViewer软件,由同一个物理师使用Monaco5.0计划系统中的勾画模块对选定的危及器官进行勾画,再分别使用自动勾画软件进行勾画(图1和图2)。为保证实验数据对比的准确性,必须使自动勾画与手动勾画的层数和参数设置

一致。勾画完成后,记录各个危及器官在不同勾画软件下的勾画体积,并以物理师手动勾画结果为标准,分别计算两种软件与手动勾画结果的戴斯相似性系数(DSC)、绝对体积差(ΔV),将结果汇总并进行统计学分析^[13-14]。

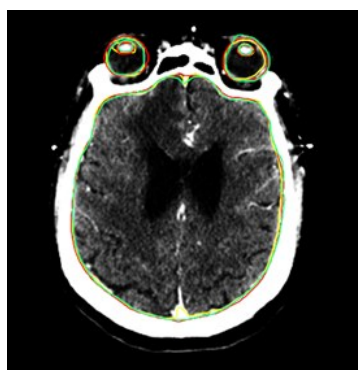


图1 头颈部勾画结果示意图

Figure 1 Auto-segmentation results of organs-at-risk in head and neck

绿色为手动勾画,黄色为DeepViewer软件勾画,红色为AccuContour软件勾画

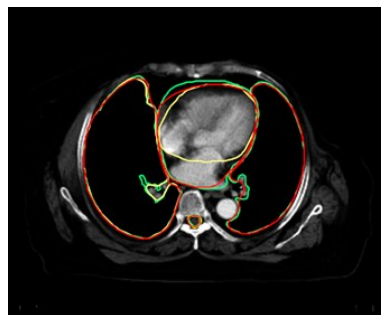


图2 胸腹部勾画结果示意图

Figure 2 Auto-segmentation results of organs-at-risk in chest and abdomen

绿色为手动勾画,黄色为DeepViewer软件勾画,红色为AccuContour软件勾画

1.4 结果评估

DSC是用来描述两个轮廓重叠区域比例的参数,其值范围是0~1,越接近1说明两个轮廓形状越相似^[15]。DSC公式为:

$$DSC = \frac{2(V_x \cap V_y)}{V_x + V_y} \quad (1)$$

ΔV 表示两个轮廓体积的差的绝对值,值越小说明两个轮廓差异越小^[16]。 ΔV 公式为:

$$\Delta V = |V_x - V_y| \quad (2)$$

其中, V_x 表示自动勾画的轮廓体积, V_y 表示物理师手动勾画的轮廓体积。

1.5 统计学分析

使用SPSS26.0软件对手动勾画与自动勾画结果进行分析,采用配对*t*检验,*P*<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两种软件勾画结果的DSC值

两种软件勾画结果的DSC值见表1。DSC值越接近1,说明两个勾画轮廓越相似,勾画效果越好。从表1可以看出,两种软件对所有危及器官的DSC均为0.6~1.0,在不同肿瘤部位的20个危及器官中,有18个器官DSC值大于0.7,AccuContour软件和DeepViewer软件勾画结果的总体DSC分别为0.90±0.11和0.87±0.14(*t*=-5.029,*P*<0.05)。对于体积较大的危及器官,如脑、肺、膀胱,DSC值均大于0.9甚至接近1.0,而对于晶状体等体积较小器官,DSC值也能达到0.7左右,这也说明两种自动勾画软件的整体勾画效果均比较好。

表1 两种软件自动勾画危及器官的DSC指数($\bar{x} \pm s$)
Table 1 DSC of organs-at-risk obtained by auto-segmentation software (Mean±SD)

肿瘤	器官	AccuContour	DeepViewer	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
宫颈癌	膀胱	0.97±0.01	0.95±0.04	-2.491	0.026
	脊髓	0.87±0.03	0.90±0.02	2.87	0.012
	直肠	0.74±0.23	0.70±0.25	-0.405	0.692
	左侧股骨头	0.86±0.11	0.68±0.10	-3.943	0.001
	右侧股骨头	0.87±0.10	0.63±0.18	-4.727	0.001
肺癌	心脏	0.94±0.03	0.88±0.05	-4.011	0.001
	脊髓	0.87±0.02	0.90±0.01	3.299	0.005
	肝脏	0.96±0.00	0.93±0.02	-3.978	0.001
	左肺	0.97±0.01	0.96±0.03	-0.594	0.562
	右肺	0.97±0.01	0.97±0.01	-0.207	0.839
乳腺癌	心脏	0.95±0.03	0.85±0.07	-5.626	0.001
	脊髓	0.87±0.02	0.89±0.01	3.764	0.002
	肝脏	0.94±0.01	0.96±0.00	-7.919	0.001
	左肺	0.98±0.00	0.98±0.00	3.222	0.006
	右肺	0.98±0.00	0.98±0.00	0.882	0.393
鼻咽癌	脑	0.99±0.00	0.98±0.01	-3.982	0.001
	左眼球	0.86±0.03	0.90±0.02	3.034	0.009
	右眼球	0.86±0.04	0.90±0.03	2.624	0.020
	左晶状体	0.74±0.08	0.72±0.12	-1.149	0.270
	右晶状体	0.71±0.11	0.70±0.10	-0.621	0.544

2.2 两种软件在不同部位肿瘤勾画结果的DSC值

表2是两种软件勾画不同部位肿瘤危及器官的

DSC指数。从得到的数据来看,两种软件在不同部位肿瘤危及器官的总体DSC均大于0.7,且AccuContour软件在各个部位的勾画效果上均优于DeepViewer软件,但二者勾画差异较小,均可达到满意的效果。对于AccuContour软件,DSC最高为乳腺癌(0.95±0.04),最低为鼻咽癌(0.83±0.12),对于DeepViewer软件,DSC最高为肺癌(0.93±0.05),最低为宫颈癌(0.77±0.19),其中,宫颈癌、乳腺癌、肺癌的两组结果之间的差异有统计学意义(*P*<0.05),鼻咽癌的两组结果之间的差异无统计学意义(*P*>0.05)。

表2 不同部位肿瘤危及器官的DSC指数($\bar{x} \pm s$)
Table 2 DSC of organs-at-risk in patients with tumors at different sites (Mean±SD)

肿瘤	AccuContour	DeepViewer	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
宫颈癌	0.86±0.14	0.77±0.19	-4.881	0.001
肺癌	0.94±0.04	0.93±0.05	-2.760	0.007
乳腺癌	0.95±0.04	0.93±0.06	-2.789	0.007
鼻咽癌	0.83±0.12	0.84±0.13	0.359	0.720

2.3 两种软件勾画结果ΔV值

两种软件勾画结果的ΔV见表3。ΔV越小,说明两个勾画轮廓差异越小,勾画效果比较好。以物理师手动勾画结果为标准,AccuContour软件和DeepViewer软件勾画结果的总体ΔV分别为(13.23±18.77)和(29.89±45.27) cm³(*t*=7.344,*P*<0.05)。由表3可以看出,在不同肿瘤部位的20个危及器官中,有13个器官的ΔV均小于DeepViewer勾画结果,这也说明AccuContour软件勾画结果与物理师手动勾画结果更为接近。

2.4 两种软件在不同部位肿瘤勾画结果ΔV值

表4是两种软件勾画不同部位肿瘤危及器官的ΔV值。对于AccuContour软件,ΔV最高为肺癌(24.35±27.35) cm³,最低为鼻咽癌(3.42±5.31) cm³,对于DeepViewer软件,ΔV最高为乳腺癌(51.07±52.40) cm³,最低为鼻咽癌(6.49±14.87) cm³,其中,宫颈癌、乳腺癌、鼻咽癌、肺癌的两组结果之间的差异均有统计学意义(*P*<0.05)。

3 讨论

为保证实验数据对比的准确性以及对软件勾画效果的客观评价,本文选取了两种软件以及手动勾画相同层数的勾画轮廓。在图像分割中,通常认为两个结构的DSC>0.7说明相似度较高,且DSC值越大,相似度越高^[17]。从计算得出的DSC参数来看,两个软件对于结构比较大、界限比较明显的器官,如

表3 两种软件自动勾画危及器官的 $\Delta V(\text{cm}^3, \bar{x} \pm s)$
Table 3 ΔV of organs-at-risk obtained by auto-segmentation
software (cm^3 , $\text{Mean} \pm \text{SD}$)

肿瘤	器官	AccuContour	DeepViewer	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
宫颈癌	膀胱	12.32±5.06	13.10±8.99	0.272	0.790
	脊髓	5.34±3.07	2.91±2.70	-2.114	0.053
	直肠	13.73±13.52	17.20±16.35	0.871	0.398
	左侧股骨头	3.13±1.36	10.29±7.19	3.519	0.003
	右侧股骨头	3.73±3.32	13.79±7.24	5.904	0.001
肺癌	心脏	37.42±45.83	84.71±95.98	2.074	0.057
	脊髓	5.30±3.30	2.10±2.45	-2.926	0.011
	肝脏	26.96±14.93	78.61±43.79	5.234	0.001
	左肺	27.41±20.32	33.36±22.24	0.804	0.435
	右肺	24.65±21.06	53.96±23.99	3.975	0.001
乳腺癌	心脏	21.33±22.32	112.17±73.81	5.016	0.001
	脊髓	4.38±3.59	3.18±3.24	-1.089	0.295
	肝脏	27.91±23.48	74.00±24.25	5.503	0.001
	左肺	20.80±5.04	25.37±10.67	1.399	0.184
	右肺	13.10±8.83	40.64±15.75	5.954	0.001
鼻咽癌	脑	12.33±5.97	31.07±18.72	3.964	0.001
	左眼球	2.40±0.84	0.49±0.45	-7.861	0.001
	右眼球	2.19±0.90	0.75±0.58	-5.164	0.001
	左晶状体	0.10±0.05	0.06±0.04	-2.355	0.034
	右晶状体	0.11±0.07	0.09±0.06	-0.685	0.505

表4 两种软件不同部位肿瘤危及器官的 $\Delta V(\text{cm}^3, \bar{x} \pm s)$
Table 4 ΔV of organs-at-risk in patients with tumors
at different sites (cm^3 , $\text{Mean} \pm \text{SD}$)

肿瘤	AccuContour	DeepViewer	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
宫颈癌	7.65±8.13	11.46±10.72	3.179	0.002
肺癌	24.35±27.35	50.55±57.91	4.355	0.001
乳腺癌	17.50±17.27	51.07±52.40	5.791	0.001
鼻咽癌	3.42±5.31	6.49±14.87	2.100	0.039

脑、心脏、膀胱,DSC均大于0.8,而对于体积较小的器官,如晶状体,勾画效果不太理想但也大于0.7,说明两种自动勾画软件的整体勾画效果都非常好,且对于体积较大的危及器官(膀胱、肺)勾画效果明显优于小体积器官(眼球、晶状体),这一结果与部分文献研究结果相似^[18-19]。对于绝对体积差 ΔV ,其值越小,说明两个结构差异越小,从得出的数据来看,AccuContour软件勾画的多数器官 ΔV 都小于DeepViewer勾画的结果。

对于宫颈癌、肺癌、乳腺癌,AccuContour勾画的DSC值均大于DeepViewer,且 ΔV 小于它,可以认为

AccuContour在宫颈癌、肺癌、乳腺癌的勾画效果要好于DeepViewer。对于鼻咽癌,两种软件勾画的DSC值分别为0.84和0.83,相差不大,但AccuContour的 ΔV 要小于DeepViewer,说明AccuContour在鼻咽癌的勾画效果更好。

从实际使用情况来看,本研究所使用版本的AccuContour软件勾画效果要优于DeepViewer。随着技术的更新,版本的更新换代,软件的勾画效果会得到改进,本研究得出的结果仅针对软件当前版本。自动勾画技术的快速发展在很大程度上提高了靶区和危及器官的勾画效率,减轻了医生和物理师的工作量,但在实际使用中由于不同患者解剖结构可能存在差异^[20],自动勾画软件勾画的结果还需经过医生一定的修改及验证,方可应用于临床。

【参考文献】

[1] CHUN S G, HU C, CHOY H, et al. Impact of intensity-modulated radiation therapy technique for locally advanced non-small-cell lung cancer: a secondary analysis of the NRG Oncology RTOG 0617 randomized clinical trial[J]. J Clin Oncol, 2017, 35(1): 56-62.

[2] LUO H, FU Z, CHENG H, et al. Prostate cancer treated with reduced-volume intensity-modulated radiation therapy[J]. Medicine, 2017, 96(52): e9450.

[3] THOMSON D, BOYLAN C, LIPTROT T, et al. Evaluation of an automatic segmentation algorithm for definition of head and neck organs at risk[J]. Radiat Oncol, 2014, 9(1): 173.

[4] 王金媛, 郑庆增, 张慧娟, 等. 宫颈癌危及器官MIM-Maestro和RayStation软件自动勾画优势对比研究[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2019, 26(24): 1889-1894.

WANG J Y, ZHENG Q Z, ZHANG H J, et al. Comparative study of two software tools on the atlas-based auto-segmentation of organs-at-risk in cervical cancer[J]. Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment, 2019, 26(24): 1889-1894.

[5] 阴晓娟, 胡彩容, 张秀春, 等. 基于图谱库的ABAS自动勾画软件在头颈部肿瘤中的可行性研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2016, 25(11): 1233-1237.

YIN X J, HU C R, ZHANG X C, et al. The feasibility study of atlas-based autosegmentation (ABAS) software in head-and-neck cancer[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2016, 25(11): 1233-1237.

[6] 门阔, 戴建荣. 利用深度反卷积神经网络自动勾画放疗危及器官[J]. 中国医学物理学杂志, 2018, 35(3): 256-259.

MEN K, DAI J R. Automatic segmentation of organs at risk in radiotherapy using deep deconvolutional neural network[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2018, 35(3): 256-259.

[7] 夏祥, 王佳舟, 杨立峰, 等. 基于卷积神经网络的直肠癌靶区及危及器官自动勾画[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2020, 29(5): 374-377.

XIA X, WANG J Z, YANG L F, et al. Automatic delineation of rectal cancer target volume and organs at risk based on convolutional neural network[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2020, 29(5): 374-377.

[8] YOUNG A V, WORTHAM A, WERNICK I, et al. Atlas-based segmentation improves consistency and decreases time required for contouring postoperative endometrial cancer nodal volumes[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2011, 79(3): 943-947.

[9] SHARP G, FRITSCHER K D, PEKAR V, et al. Vision 20/20: perspectives on automated image segmentation for radiotherapy[J]. Med Phys, 2014, 41(5): 50902.

[10] VALENTINI V, BOLDRINI L, DAMIANI A, et al. Recommendations on how to establish evidence from auto-segmentation software in radiotherapy[J]. Radiother Oncol, 2014, 112(3): 317-320.

[11] HANNA G G, HOUNSELL A R, O SULLIVAN J M. Geometrical analysis of radiotherapy target volume delineation: a systematic review

- of reported comparison methods[J]. Clin Oncol, 2010, 22(7): 515-525.
- [12] 汪志, 常艳奎, 吴昊天, 等. 基于深度学习的危及器官自动勾画软件系统DeepViewer在放疗中的应用及评估[J]. 中国医学物理学杂志, 2020, 37(8): 1071-1075.
- WANG Z, CHANG Y K, WU H T, et al. Application and evaluation of deep learning-based DeepViewer system for automatic segmentation of organs-at-risk [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2020, 37(8): 1071-1075.
- [13] CHEN X, SUN S, BAI N, et al. A deep learning-based auto-segmentation system for organs-at-risk on whole-body computed tomography images for radiation therapy[J]. Radiother Oncol, 2021, 160: 175-184.
- [14] 何奕松, 蒋家良, 余行, 等. 影像分割中Dice系数和Hausdorff距离的比较[J]. 中国医学物理学杂志, 2019, 36(11): 1307-1311.
- HE Y S, JIANG J L, YU H, et al. Comparison of Dice similarity coefficient and Hausdorff distance in image segmentation[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2019, 36(11): 1307-1311.
- [15] REED V K, WOODWARD W A, ZHANG L, et al. Automatic segmentation of whole breast using atlas approach and deformable image registration[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2009, 73(5): 1493-1500.
- [16] DEELEY M A, CHEN A, DATTERI R D, et al. Segmentation editing improves efficiency while reducing inter-expert variation and maintaining accuracy for normal brain tissues in the presence of space occupying lesions[J]. Phys Med Biol, 2013, 58(12): 4071-4097.
- [17] MOHAMMADI R, SHOKATIAN I, SALEHI M, et al. Deep learning-based auto-segmentation of organs at risk in high-dose rate brachytherapy of cervical cancer[J]. Radiother Oncol, 2021, 159: 231-240.
- [18] MEN K, DAI J R, LI Y. Automatic segmentation of the clinical target volume and organs at risk in the planning CT for rectal cancer using deep dilated convolutional neural networks[J]. Med Phys, 2017, 44(12): 6377-6389.
- [19] KADERKA R, GILLESPIE E F, MUNDT R C, et al. Geometric and dosimetric evaluation of atlas-based autosegmentation of cardiac structures in breast cancer patients[J]. Radiother Oncol, 2019, 131: 215-220.
- [20] 胡江, 王明理, 徐林, 等. 头颈部肿瘤放疗单模板自动轮廓勾画软件的应用[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2015, 22(8): 618-622.
- HU J, WANG M L, XU L, et al. Application of single-template atlas-based autosegmentation in head and neck carcinoma [J]. Chinese Journal of Cancer Prevention & Treatment, 2015, 22(8): 618-622.
- (编辑: 黄开颜)