

头颈肿瘤调强放疗结构命名标准化的方法与实现

游依琪^{1,2}, 郑万佳^{1,2}, 郑智满^{1,2}, 黄慎^{1,2}, 陆世培¹, 张俊¹, 李存啸¹, 陶亚岚¹, 林承光¹, 杨鑫¹, 黄晓延¹, 夏云飞¹

1. 中山大学肿瘤防治中心/华南肿瘤学国家重点实验室/肿瘤医学协同创新中心/广东省鼻咽癌诊治研究重点实验室, 广东 广州 510060; 2. 中山大学新华学院, 广东 广州 510520

【摘要】目的:实现头颈肿瘤放射治疗结构命名的标准化。**方法:**收集139例患者的调强放射治疗计划,采用MATLAB软件对结构文件进行编程解析,以靶区、危及器官和其他辅助结构3类为关键词,进行结构的归类统计。按照AAPM TG-263提供的标准化的放射肿瘤结构命名报告,制定结构标准化规则,编程实现结构命名标准化的自动转换。**结果:**139例患者的DICOM Structure文件中,共有7 044个结构,其中靶区2 217个(大体肿瘤靶区510个、临床靶区431个、计划靶区1 276个)、危及器官4 069个、辅助结构758个,平均每位患者有(50.68±15.43)个结构。通过自编程软件找出差异并成功标准化转换,并生成新的结构文件。**结论:**标准化命名可以避免由命名的不一致或不适当而导致的混淆,防范剂量统计分析时的错误,进而提高医疗质量与安全。

【关键词】头颈肿瘤;调强放射治疗;结构命名;标准化

【中图分类号】R312;R811.1

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2019)02-0146-06

Method and implementation of structure nomenclature standardization in intensity-modulated radiotherapy of head and neck tumors

YOU Yiqi^{1,2}, ZHENG Wanjia^{1,2}, ZHENG Zhiman^{1,2}, HUANG Shen^{1,2}, LU Shipai¹, ZHANG Jun¹, LI Cunxiao¹, TAO Yalan¹, LIN Chengguang¹, YANG Xin¹, HUANG Xiaoyan¹, XIA Yunfei¹

1. Sun Yat-sen University Cancer Center, State Key Laboratory of Oncology in South China, Collaborative Innovation Center for Cancer Medicine, Guangdong Key Laboratory of Nasopharyngeal Carcinoma Diagnosis and Therapy, Guangzhou 510060, China; 2. Xinhua College of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510520, China

Abstract: Objective To standardize naming conventions in intensity-modulated radiotherapy (IMRT) of head and neck tumors. **Methods** The radiotherapy plans of 139 patients with head and neck tumors were randomly selected in the study, and the structure files were parsed and analyzed by self-programmed MATLAB software. All the structures were classified by the keywords which included target areas, organs-at-risk, derivative and planning structure. According to the protocol on the standardization of nomenclature for radiotherapy in AAPM TG 263 (The American Association of Physicists in Medicine Task Group 263), the standardization rules for structure naming were established, and the automatic naming convention was implemented by the self-programmed software. **Results** In the DICOM Structure files of 139 patients, there were 7 044 structures in total, including 2 217 target structures (510 GTV, 431 CTV and 1 276 PTV), 4 069 organs-at-risk and 758 derivative and planning structures. The average number of structures for each patient was 50.68±15.43. The differences of structure nomenclatures were detected and successfully standardized through the self-programmed software. **Conclusion** The standardization of structure nomenclatures in radiotherapy of head and neck tumors prevents the confusion from inconsistency and inadequacy of nomenclatures, and avoids the errors in dosimetric calculations, thereby improving the quality and safety of radiotherapy.

Keywords: head and neck tumors; intensity-modulated radiotherapy; structure nomenclatures; standardization

【收稿日期】2018-02-07

【基金项目】广东省自然科学基金(2017A030310217);大学生创新创业训练计划项目(201813902075, 201813902071, 201713902050);医学信息分析及肿瘤诊疗湖北省重点实验室开放课题(PJS140011504);广州市珠江科技新星专项资助(201710010162)

【作者简介】游依琪, 技师, 研究方向:放射治疗技术, E-mail: you_yq2280@163.com

【通信作者】杨鑫, 博士, 硕士生导师, 助理研究员, 研究方向:医学物理、生物医学工程、放疗质控质保, E-mail: yangxin@sysucc.org.cn; 黄晓延, 硕士, 副主任技师, 研究方向:放射治疗过程中的质量控制, E-mail: huangxiaoy@sysucc.org.cn; 夏云飞, 硕士, 博士生导师, 主任医师, 研究方向:头颈肿瘤的综合治疗, E-mail: xiayf@sysucc.org.cn

前言

放射治疗计划的设计和实施过程中缺乏统一的标准,使得安全性问题更为突出、引人关注^[1]。对人体器官结构、剂量体积直方图的规范度量、剂量和体积单位的统一命名,以提高其清晰度和一致性,逐渐成为放疗实践的一种新需求^[2]。标准化有多种好处,例如有助于临床试验的数据采集,使得机构之间的数据共享更安全,即使在一个机构内也能减少工作人员之间沟通的错误(如:医生与物理师之间、物理师与剂量师之间、多种计划系统之间)^[3],这也有利于治疗计划质量控制^[4]和放射治疗科的IT管理^[5]。为实现这一目标,AAPM TG-263(The American Association of Physicists in Medicine Task Group 263)提供了放射肿瘤结构命名报告^[3,6],以便用于计划设计、临床试验及数据集的采集与操作^[7-8]。

由于调强放射治疗(IMRT)具有陡峭的剂量跌落梯度、精准的剂量调制、更好的危及器官保护能力,因此广泛应用在头颈部肿瘤^[9]。在鼻咽癌IMRT中,危及器官勾画无论在放疗前计划设计、放疗前计划评估、疗程中修改治疗计划和影像引导等,都是一个至关重要的关键步骤^[10]。且危及器官与靶区之间有着较为复杂的关系,鼻咽癌患者的脑干、脊髓、腮腺等重要器官与靶区位置毗邻^[11],在危及器官勾画时对结构命名上没有统一的准则与策略,容易造成疏漏与混淆,也给计划设计带来一定的难度,在后期进行剂量统计分析时,也带来不少困难^[12]。因此,对头颈部肿瘤放疗结构的统一命名,显得尤为重要。国际上,已有研究团队基于AAPM TG-263的报告,进行有益的探索,并应用于实际临床^[13]。本文通过编程实现头颈肿瘤放射治疗的结构文件命名的标准化。

1 资料与方法

1.1 病例选择

随机选择中山大学肿瘤防治中心的139例放射治疗计划,每位患者经主治医师初步勾画靶区后,由副主任或主任医师进行审核。其中鼻咽癌患者127例,其他头颈部肿瘤患者12例(如淋巴瘤、脑胶质瘤、喉癌)。在127例鼻咽癌肿瘤患者中,其中女性38例,男性89例。所有患者均接受IMRT治疗,放疗处方为68.1 Gy/30 F。本文所使用的病例资料、临床数据与实验结果,均上传至RDD(Research Data Deposit, www.researchdata.org.cn)平台进行审核(RDDB2018000256)。

1.2 程序解析

DICOM标准的全称即医学数字成像和通信标

准,旨在规范化图像的格式,实现数字影像的通信。DICOM为医疗设备图像和信息传输提供了交互的标准协议和统一接口标准^[14]。目前大多数医疗成像设备都符合DICOM 3.0标准,MATLAB的IPT(Image Processing Toolbox)提供了dicominfo()函数来读取DICOM图像源数据(metadata)的文件信息。调用后各种相关信息包含在一个结构体中返回^[15]。

DICOM RT(Radiotherapy in DICOM)标准是对DICOM标准在放疗领域的补充^[16]。DICOM RT标准中的放疗结构文件(Radiotherapy Structure File)或放疗结构集对象(Radiotherapy Structure Set)主要用于传送病人结构和相关数据,在结构集信息实体中,其主要包含结构集模块、医生感兴趣区域轮廓模块(ROI Contour)和感兴趣区域观察模块(ROI Observations)等^[17]。

本文从放疗结构文件中抽取出轮廓数据(Contour data),实现对医生勾画待感兴趣区域的解析。解析方法如下:首先,找到每位患者放疗结构文件下的路径;然后,调用函数dicominfo()读取路径下结构文件DICOM的信息,返回在一个结构体中(rtssheader);读取结构体下ROIContourSequence的结构数量(rtssheader.ROIContourSequence)后,在StructureSetROISequence下,依次读取ROIContourSequence结构数对应的感兴趣区域名字ROIName结构,返回结构字段于一个结构体中;最后,调用函数xlswrite()输出每个结构文件所对应的子结构字段到Excel保存。对所有子结构进行相同结构个数统计,找出命名规律及差异,并以靶区、危及器官、其他辅助结构为关键词进行结构的归类。

1.3 转换过程

按照AAPM TG-263报告命名标准化规则下制定的转化规则,经过程的转换,将原结构文件下的结构命名成功转换为标准化命名,并另存为新的标准化命名放疗结构文件(图1)。

1.4 转换结果的输出

本文转换结果以新的标准化命名的DICOM RT文件进行输出。DICOM RT标准作为放疗信息传输的国际通用标准,放疗系统的整个流程由DICOM RT标准的各个模块组成^[18]。

本文的输出采用一致的DICOM RT标准,实现放疗信息的标准化存储和规范化的管理,使得放疗信息能够通过网络实现放疗信息的交互,为今后放射治疗的临床应用奠定基础^[19]。

2 结果

2.1 结构名的数量统计分析

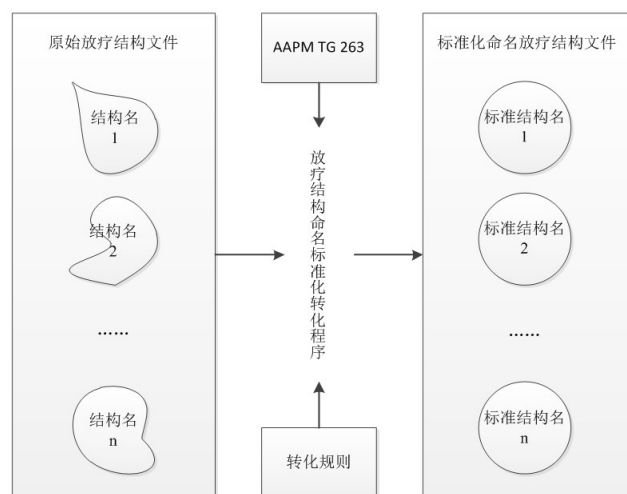


图1 放疗结构命名标准化转化示意图

Fig.1 Diagrams of standardization of structure nomenclatures

139例患者的DICOM Structure文件中,共有7 044个结构,其中靶区共2 217个[大体肿瘤靶区(GTV)510个、临床靶区(CTV)431个、计划靶区(PTV)1 276个],危及器官4 069个,辅助结构758个,平均每位患者有 (50.68 ± 15.43) 个结构(最多85个,最少7个)。所有的子结构中,共有1 096种写法(区分大小写及空格),包括靶区(GTV 201种、CTV 47种、PTV 301种)、危及器官(265种)、辅助结构(282种)的写法。

对所有归类后、标准化之前的结构名进行数量统计,前50种如图2所示,横坐标为结构数量,纵坐标为标准化之前的结构。危及器官脑干和脊髓在139例患者中的命名最为统一。

2.2 结构名种类统计分析

2.2.1 非靶区(危及器官)命名 在非靶区(危及器官)的写法中,对同一结构的不同写法种类进行统计,命名种类较多的5种结构(表1),其中写法最多的器官为视交叉,有42种(图3)。在视交叉的写法中最多的写法为OR OP chiasm、OR OP Nerve-Chia。

2.2.2 靶区命名 靶区结构命名方法比非靶区结构更为多样,有前缀和后缀的各种组合。如:用于定义靶区位置(GTVnd-L、PTVnd-R)、按靶区顺序(CTV1、PTV2)、按靶区类型(GTVnx、GTVnd)、按靶区剂量(CTV-54、PTV6800)等。在靶区的命名中,PTV的结构数量比GTV和CTV多,命名也最为复杂(图4)。

2.2.3 辅助结构命名 辅助结构经常被用作剂量优化的工具,而不是剂量评估。这类结构的创建由于计划设计时,不同人员命名上的习惯不同而存在多样性,极易与用于剂量评估的结构造成混淆,从而存在安全隐患。辅助结构主要有以下几类写法:(1)计划系统自动生成的剂量线结构,如:Dose 7400[cGy];

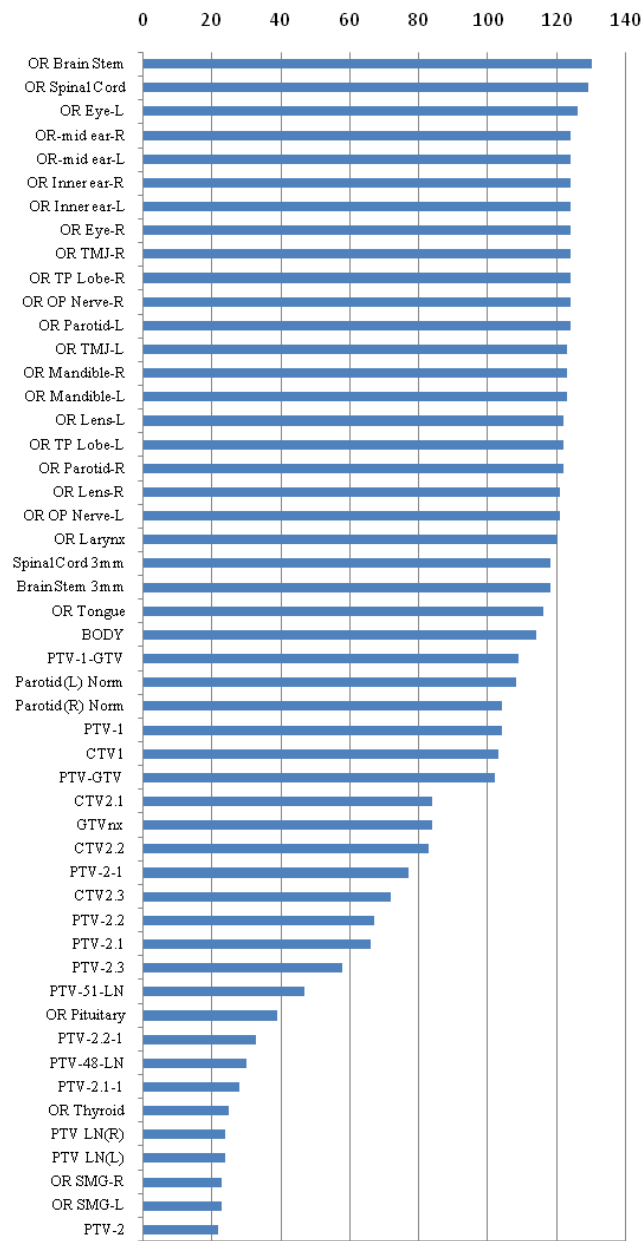


图2 结构数量前50名统计

Fig.2 Top 50 structures

(2)用于计划设计时的一些辅助结构,如:Temp、Ring等;(3)其他一些自定义的名称结构,如:add54、limit46、down6000、up5040,以及纯数字5400等。AAPM TG-263报告建议,选择一个字符,例如“z”或“_”作为前缀的结构(如zRing),这确保前缀字母结构出现在结构列表底。

2.3 建立转换规则

AAPM TG-263报告在结构的创建中定义了一些指导规则^[7]:一旦新的结构创建,遵循这些规则前,要确保命名在当前系统有可操作性和结构的一致性,确保能使用计算机的运算来辨别命名。例如,在非靶区结构中有以下命名规则:(1)所有的结构被限制在16个字符或者更少;(2)复数结构在结构尾端使用

表1 不同结构写法统计

Tab.1 Statistics of different structure nomenclatures

Structure	Number of nomenclatures	Examples
Optic Chiasm	42	OR OPchiasm, OR OP Nerve-Chia, OR Chiasma, OR OP Chiasm, OR op chiasm, OR OP CHIASM
Thyroid	15	thyriod-gland, OR Thyriod, Thyriod gland, Thyroid OR THYROID, OR Thyroids
Pituitary	13	OR-Pituitary, Pitutary, OR-pituitary, OR OP pituitary, OR PITUITARY
Right Submandibular Gland	13	OR Subman-R, OR subman-g-R, OR-Subman-R, OR SUBMAN-G-r, OR SMG-R
PRV Spinal Cord	7	PRV-cord, PRV S.C, PRV Spinal Cord, PRV-SC, PRV SC

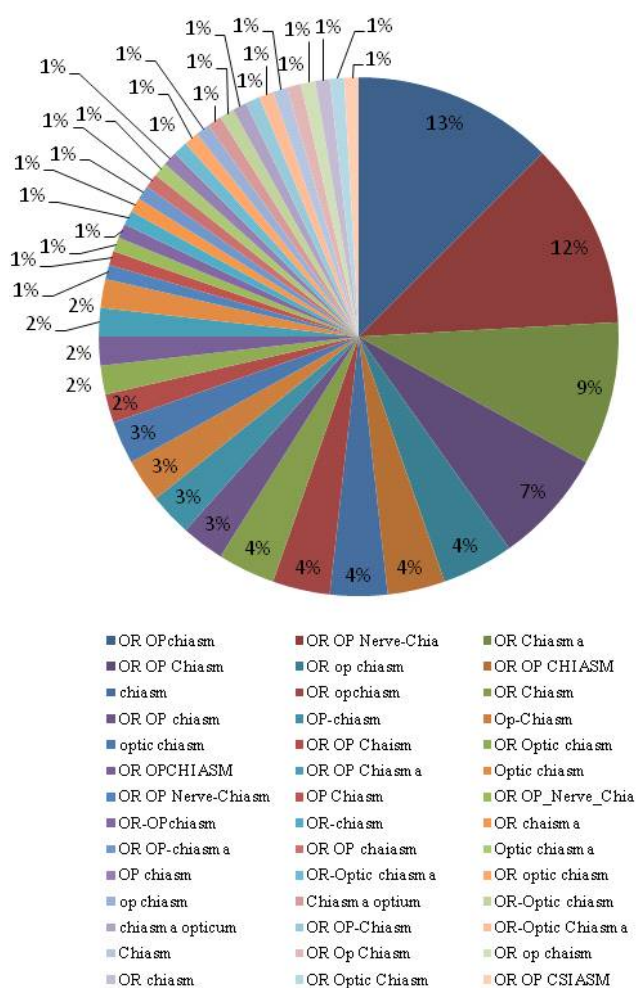


图3 同个结构(视交叉)不同写法统计

Fig.3 Different nomenclatures of the same structure (Optic Chiasm)

字母“s”或者“i”(如:Lungs、Hippocampi);(3)首字母大写;(4)不使用空格,使用下划线;(5)空间范畴结构用“下划线尾端加字符”区分,如:左侧用“_L”标识;(6)腺体结构使用Glnd_、空腔体使用Spc_等命名指导规则。

根据 AAPM TG-263 报告的指导规则,制定转化规则,将结构与其标准化命名进行对应,以便后续结构的转换根据表 2 做相应的修改。

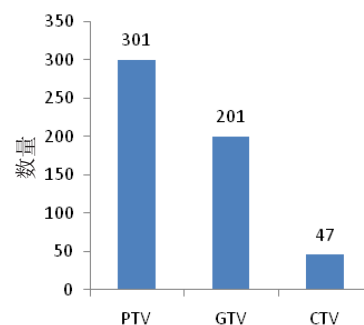


图4 靶区命名写法数统计

Fig.4 The number of target structure nomenclatures

2.4 标准化的转换

根据所制定的规则(表2),使用程序实现结构标准化命名的自动转换。在上述解析结构程序基础上,引入转换规则制定的索引表,调用函数 `strcmp()` 进行修改。最后,调用函数 `dicomwrite()` 另存为一个新的标准化命名结构文件输出。

2.5 转换结果的验证

本文将转换成功的结构文件重新导入 Monaco 计划系统,进行转换结果的验证。放疗结构名经过转换后,Monaco 显示的结果如图 5 所示。CT 图像进行三维重建能够直观反映目标大小、位置等空间结构,便于医生更好地进行判断,治疗计划系统(TPS)可对 DICOM 序列图像直接三维重建,并对放疗结构进行实时显示,进而检查并验证结构命名的准确性^[20]。

3 讨论

DICOM RT 标准实现放疗设备的集成与异构放疗系统之间放疗信息的交互,有利于提高放射治疗数据的传输速度,缩短放疗周期。同时,有利于建立严格的放射治疗质量保证体系,提高放疗诊断的质量。

本文通过头颈肿瘤调强放射治疗计划结构的统计分析,靶区和非靶区(危及器官)结构命名种类多,

表2 转化规则

Tab.2 Protocol on the standardization of structure nomenclatures

Structure	TG 263 nomenclature	Structure	TG 263 nomenclature
Optic Chiasm	OpticChiasm	Left Optic Nerve	OpticNerve_L
Spinal Cord	SpinalCord	Brainstem	Brainstem
Thyroid	GlnD_Thyroid	Pituitary	GlnD_Pituitary
Left Len	Len_L	submandibular gland	GlnD_Submand
Left Inner Ear	InnerEar_L	Left Eye	Eye_L
Left Temporal Lobe	TemporalLobe_L	Tongue	Tongue
Larynx	Larynx	Left Mandible	Mandible_L
Trachea	Spc_Trachea	Esophagus	Spc_Esophagus
Left Middle Ear	MiddleEar_L	Oral Cavity	Cavity_Oral
PRV Brainstem	Brainstem_PRV01	PRV Spinal Cord	SpinalCord_PRV05

The distance of the PRV structure varies according to the institutional requirement.

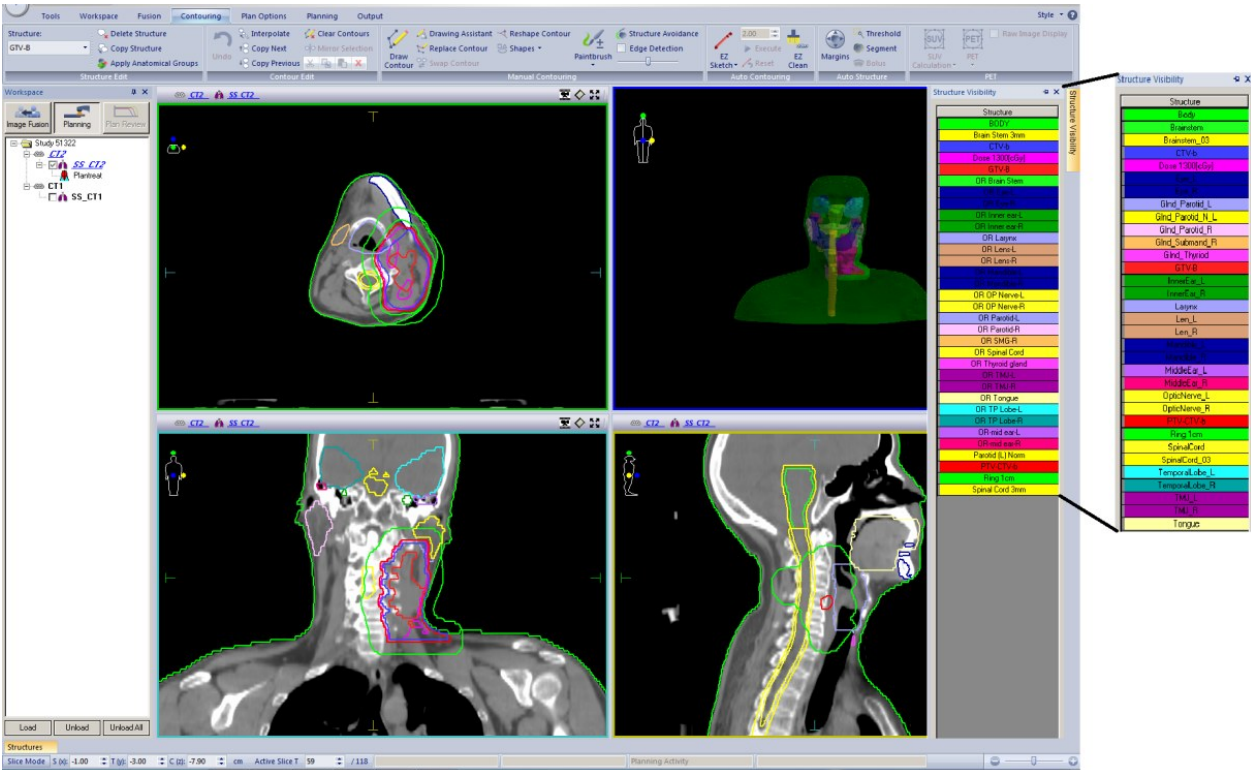


图5 转换结果

Fig.5 Result of automatic naming convention

靶区较非靶区的命名更为多样,同个器官结构命名也有多种不同写法。由于其解剖结构的复杂,不同医生命名习惯的不同,大小写、空格的使用以及前缀和后缀的各种组合,因计划系统字符的限制等原因,均可能导致命名多样的出现。

基于 AAPM TG-263 的标准命名规则进行转换后,结构写法统一。腺体结构使用 GlnD_、空腔体使

用 Spc_等命名在结构列表可以一起显示,命名也可以按照字母进行排序,计划设计及评估时工作人员可以快速识别结构,减少寻找结构的时间,提高工作效率。也可有效避免头颈部肿瘤因结构多、不规则或不适当的命名而导致混淆,如结构缩写的使用,在计划设计评估的时候有一定的困扰。标准化对提高临床工作的安全 and 质量有着重要意义。

通过实现头颈部肿瘤结构标准化,积累相关经验,但结构的标准化尚有许多方面需进一步探讨,如:同一单位、不同医生组之间的命名比较与统一;同一医生、不同癌种之间命名的比较与统一;多中心的比较与统一等。通过多视角的比较,评估规则的有效性,采用容易且适合机构或医生的命名标准,对肿瘤放射治疗的优化具有很大的意义。在今后的工作中,还可基于本工作,设计一套软件实现脱离TPS读取、显示CT和RT结构集(RT Structure)文件,并针对勾画的轮廓实现快速检测、纠错与标准化命名等功能^[21]。

【参考文献】

- [1] DENTON T R, SHIELDS L B, HAHN M, et al. Guidelines for treatment naming in radiation oncology[J]. J Appl Clin Med Phys, 2015, 17(2): 5953.
- [2] MEISSNER W A. What's in a name?—The standardization of tumor nomenclature[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1976, 1(11): 1245-1246.
- [3] MAYO C, MORAN J M, XIAO Y, et al. AAPM task group 263: tackling standardization of nomenclature for radiation therapy[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2015, 93(3): E383-E384.
- [4] SANTANAM L, HURKMANS C, MUTIC S, et al. Standardizing naming conventions in radiation oncology[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2012, 83(4): 1344-1349.
- [5] SIOCHI R A, BALTER P, BLOCH C D, et al. Information technology resource management in radiation oncology[J]. J Appl Clin Med Phys, 2009, 10(4): 16-35.
- [6] MATUSZAK M, MORAN J, XIAO Y, et al. SU-E-P-22: AAPM task group 263 tackling standardization of nomenclature for radiation therapy[J]. Med Phys, 2015, 42(6 Part 4): 3231.
- [7] MAYO C S, MORAN J M, BOSCH W R, et al. Report no.263-standardizing nomenclatures in radiation oncology[R]. 2018. <https://www.aapm.org/pubs/reports/detail.asp?docid=171>.
- [8] MAYO C S, MORAN J M, BOSCH W R, et al. American association of physicists in medicine task group 263: standardizing nomenclatures in radiation oncology[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2018, 100(4): 1057-1066.
- [9] 谭淑慧, 李玉峰, 黄浦, 等. 头颈部肿瘤ART-IMRT四种方案剂量学评估[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2017, 26(5): 560-564.
TAN S H, LI Y F, HUANG P, et al. Dosimetric evaluation of four adaptive IMRT strategies for head-neck cancer[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2017, 26(5): 560-564.
- [10] 倪晓晨, 王胜资, 李骥, 等. 鼻咽癌调强放疗中限制剂量与提高保护权重对听觉器官剂量分布影响的研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2013, 22(6): 478-481.
NI X C, WANG S Z, LI J, et al. Effects of dose limitation and increased protective weight on dose distribution in auditory organs during intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2013, 22(6): 478-481.
- [11] 鹿皓文, 孙小杨, 杨波, 等. IMRT中OAR和靶区相交体积与其吸收剂量间关系研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2017, 26(2): 187-191.
PANG H W, SUN X Y, YANG B, et al. Relationship between the overlap volume of organ at risk and target and the dose to organ at risk in intensity-modulated radiotherapy[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2017, 26(2): 187-191.
- [12] MAYO C S, PHILLIPS M, MCNUTT T R, et al. Treatment data and technical process challenges for practical big data efforts in radiation oncology[J]. Med Phys, 2018, 45(10): e793-e810.
- [13] SCHULER T, KIPRITIDIS J, EADE T, et al. Big data readiness in radiation oncology: an efficient approach for relabeling radiation therapy structures with their TG-263 standard name in real-world data sets[J]. Adv Radiat Oncol, 2018. DOI: 10.1016/j.adro.2018.09.013.
- [14] 何滋鱼, 葛云. DICOM格式放疗计划信息的读取及显示[J]. 中国医学物理学杂志, 2013, 30(4): 4299-4302.
HE Z Y, GE Y. Read and display DICOM format radiotherapy planning information[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2013, 30(4): 4299-4302.
- [15] 周志尊, 崔豹, 丁晶, 等. 活体器官不规则体积计算方法的研究[J]. 中国医学物理学杂志, 2011, 28(4): 2754-2758.
ZHOU Z Z, CUI B, DING J, et al. The research of human living organ irregular volume calculation method[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2011, 28(4): 2754-2758.
- [16] 叶志前, 周庆利, 谢英杰, 等. DICOM放射治疗协议(RT)的研究应用[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2004, 24(3): 258-260.
YE Z Q, ZHOU Q L, XIE Y J, et al. Research and application of DICOM radiotherapy protocol (RT) [J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2004, 24(3): 258-260.
- [17] 蒲立新, 曲建明. DICOM放射治疗中结构集文件的创建[J]. 中国数字医学, 2011, 6(2): 102-105.
PU L X, QU J M. The creation of radiotherapy structure set files in DICOM[J]. China Digital Medicine, 2011, 6(2): 102-105.
- [18] 高忠军. DICOM放射治疗中结构集文件的生成和放疗信息的封装[D]. 成都: 电子科技大学, 2013.
GAO Z J. Dicom radiotherapy structure set file generation and radiation therapy information of the package [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2013.
- [19] 王燕. DICOM协议在肿瘤放射治疗中的应用[J]. 中国辐射卫生, 2006, 15(2): 237-238.
WANG Z. Application of DICOM protocol in cancer radiotherapy[J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2006, 15(2): 237-238.
- [20] 何滋鱼, 周宇, 朱振国, 等. 基于OpenGL ES的移动端DICOM图像三维重建技术[J]. 中国医学物理学杂志, 2017, 34(10): 1018-1021.
HE Z Y, ZHOU Y, ZHU Z G, et al. OpenGL ES-based three-dimensional reconstruction of DICOM image on mobile device [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2017, 34(10): 1018-1021.
- [21] 周旺. 基于自设计图像处理技术实现放射治疗文件的读取和显示[J]. 中国医学装备, 2016, 13(6): 5-8.
ZHOU W. Reading and displaying DICOM RT structure based on Matlab[J]. China Medical Equipment, 2016, 13(6): 5-8.

(编辑:陈丽霞)