

影像增强剂对脑瘤螺旋断层放疗剂量计算的影响

徐艳红,张晋建,黎静,李志强,文婷,钟毓,王彦,贾峻嵩,陈静
广州军区广州总医院螺旋断层放疗中心,广东 广州 510010

【摘要】目的:研究影像增强剂对脑瘤螺旋断层放疗(HT)计划剂量计算的影响,探讨使用定位CT增强图像替代平扫图像用于靶区勾画和剂量计算的临床可行性。**方法:**收集30例脑瘤病例,所有病例均在增强图像上勾画靶区和危及器官轮廓,再把靶区和危及器官轮廓复制到平扫图像上。在HT计划系统中分别以增强图像和平扫图像设计两组放疗计划,比较两组靶区和危及器官的CT值、剂量分布和治疗时间。**结果:**两组图像的CT值在瘤区域(PGTV)处具有统计学差异($P<0.05$),其他组织CT值比较无统计学差异;计划靶区和危及器官的剂量学、治疗时间等参数的差异比较均无统计学差异($P>0.05$)。**结论:**影像增强剂对脑瘤HT计划剂量计算影响极小,脑瘤放疗中可以使用定位CT增强图像替代定位CT平扫图像用于靶区勾画和螺旋断层放疗计划剂量计算。

【关键词】脑肿瘤;影像增强剂;增强图像;平扫图像;螺旋断层放疗;剂量计算

【中图分类号】R730.55

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2016)08-0757-04

Effects of image intensifier on dose calculation of helical tomotherapy for brain tumor

XU Yan-hong, ZHANG Jin-jian, LI Jing, LI Zhi-qiang, WEN Ting, ZHONG Yu, WANG Yan, JIA Jun-song, CHEN Jing
Center of Helical Tomotherapy, Genenal Hospital of Guangzhou Military Area Command, Guangzhou 510010, China

Abstract: Objective To investigate the effect of image intensifier on the dose calculation of helical tomotherapy (HT) plan for brain tumors, and to evaluate the clinical feasibility of localization CT enhanced image replacing plain CT scan image for target delineation and dose calculation. **Methods** Thirty cases of brain tumors were collected. The contours of planning target volume (PTV) and organs at risk (OARs) of each case were delineated in the enhanced image, and the contours of PTV and OARs were copied to plain scan image. Two plans based on the enhanced image and plain scan image were designed in the planning system of HT. The CT value, dose distribution and treatment time of PTV and OARs were compared between the two groups. **Results** Statistical differences were found in the CT value of planning gross target volume ($P<0.05$), and no statistical differences were found in the CT values of other tissue. No statistical differences were found in the dosimetry of PTV and OARs, and treatment time ($P>0.05$). **Conclusion** The image intensifier has little effect on the dose calculation of HT for brain tumor. In the radiotherapy for brain tumor, the localization CT enhanced image can be used to replace the plain CT scan image for target delineation and dose calculation

Key words: brain tumor; image intensifier; enhanced image; plain scan image; helical tomotherapy; dose calculation

前言

流行病学调查表明,脑瘤的发病率在我国有逐年上升的趋势,严重危害人民身体健康^[1]。由于脑瘤具有浸润性生长的特点,且对放射治疗比较敏感,因此放射治疗是脑瘤治疗的重要手段^[2]。现代放射治疗中,通常固定病人体位后,在定位CT机扫描获得

平扫和增强图像。医生在靶区勾画工作站中参考增强图像的基础上在平扫图像上勾画靶区和危及器官,并将该组图像和轮廓用于计划系统的剂量计算。过去认为增强图像与平扫图像在CT值上存在差异,计划系统将CT值转化为电子密度进行剂量计算时存在一定误差,因而并不将CT增强图像用于靶区勾画和剂量计算。但相比平扫图像,增强图像对肿瘤及边界有更清晰的表现,在增强图像上勾画靶区具有更高的准确性和一致性。

国内外有诸多文献报道影像增强剂对胸部肿瘤和盆腔肿瘤的剂量计算影响,但对脑瘤的螺旋断层放疗(Helical Tomotherapy, HT)剂量计算影响却鲜有研究。

【收稿日期】2016-04-22

【基金项目】广东省社会发展领域科技计划(2013B021800051)

【作者简介】徐艳红,女,主管技师,E-mail: phy_jjzhang@163.com

【通信作者】黎静,男,主任医师,硕士生导师,E-mail: jameslijing@163.com

本研究主要探讨脑瘤HT计划系统中,使用增强图像替代平扫图像用于剂量计算的临床可行性,以进一步提高HT放射治疗的精确性,也为肝癌、肺癌等靶区活动度比较大的肿瘤精确放疗提供研究基础。

1 资料与方法

1.1 病例选择

收集了2014年1月到2015年10月在本院采用HT治疗脑瘤病例30例。其中,同步追量15例(PGTV处方剂量为50 Gy/20 f, PTV处方剂量为40 Gy/20 f),非同步追量15例(PTV处方剂量为50 Gy/25 f)。PTV体积为234~451 mL,中位体积为342 mL。

1.2 材料

定位机采用西门子16排PET-CT(西门子,德国);增强剂为碘帕醇(博莱科信谊,中国);MIM 5.0靶区勾画系统(MIM,瑞典);螺旋断层放疗计划设计软件Tomo TPS 4.0.3(安科瑞,美国)。

1.3 方法

1.3.1 电子密度曲线校准 在均匀固定水体模Tomophantom上插不同密度的均匀密度插件参与CT扫描(图1),得到不同物理密度下的CT值,并在Tomo TPS中建立CT值-电子密度曲线(图2)。



图1 不同密度插件的Tomophantom模体

Fig.1 Tomophantom with plug-ins of different densities

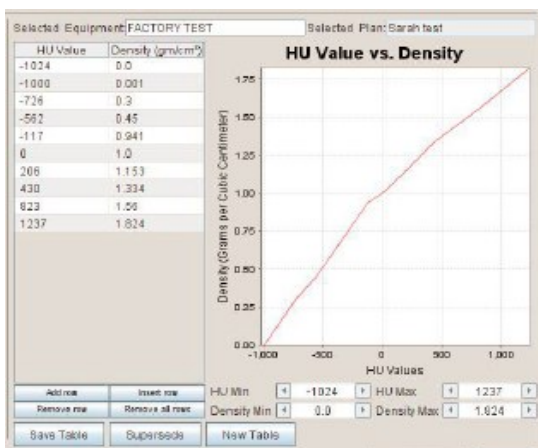
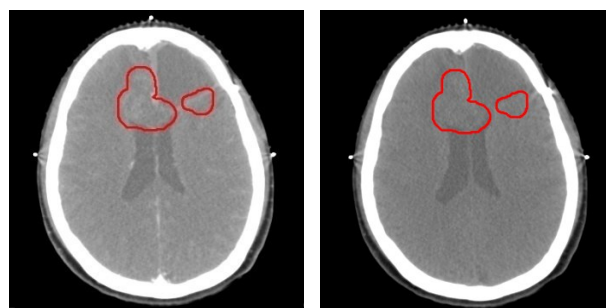


图2 CT值-电子密度曲线

Fig.2 Image value-to-density calibration curve

1.3.2 图像采集及轮廓勾画方法 CT扫描过程中,患者采用仰卧位,用低温热塑头颈肩膜固定,以确保增强扫描和平扫两组图像体位一致。CT扫描条件设置层厚为2 mm,电流260 mAs,电压120 keV。CT定位相和平扫图像完成后,给病人按1 mL/s的速度标准注射碘帕醇增强剂60 mL,延长时间60 s。采集到两组图像后,将其传输到MIM靶区勾画系统,由医生在增强图像上勾画靶区及危及器官轮廓(图3a),并将增强图像上的靶区及危及器官轮廓复制到平扫图像中(图3b),再将两套图像及其对应的轮廓传输至Tomo TPS中完成治疗计划设计。增强图像计划组定义为C+组,平扫图像计划组定义为C-组。



a: Enhanced CT image

b: Plain CT scan image

图3 在增强图像勾画靶区和危及器官,并将其复制到平扫图像上

Fig.3 Target volume and organs at risk (OARs) delineated on enhanced CT image and copied to plain CT scan image

1.3.3 计划设计 两组分别采用相同的计划参数,即相同的铅门宽度、螺距值、计算网格、组织优选顺序及权重、危及器官限量、肿瘤处方,都经过500次的迭代计算,得到最终的剂量分布。

1.3.4 参数比较 比较参数包括靶区及正常组织的CT值、物理剂量学参数及治疗时间。其中,物理剂量学参数包括最大量(D_{max})、中位剂量(D_{media})、平均剂量(D_{ave})、体积剂量 $D_{2\%}$ 和 $D_{1\%}$ 、均匀性参数(HI)、适形性参数(CI)等。 $HI = D_{5\%} / D_{95\%}$; $CI = CF \times SF$, CF (Cover Factor)定义为计划靶区(PTV)接受处方剂量的体积与PTV体积的比, SF (Spill Factor)定义为接受处方剂量的PTV体积与接受处方剂量的整个体积的比。

1.4 统计学分析

采用SPSS 19.0统计软件对两组的比较参数进行分析。采用单因素方差分析方法(One-Way ANOVA), $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 CT值

分别在两组图像的PGTV、PTV、脑、脑干四个区

域内的相同位置各取10个点,记录10个点处的CT值。比较发现,两组图像在CT值上存在一定差异,如表1所示。采用单项方差分析方法发现,除PGTV区域的CT值有统计学显著差异之外($P<0.05$),PTV、脑、脑干三个区域CT值均无统计学差异($P>0.05$)。

表1 增强图像(C+)和平扫图像(C-)的CT值对比(HU)
Tab.1 Comparison of CT value between enhanced CT image (C+) and plain CT scan image (C-) (HU)

Group	PGTV	PTV	Brain	Brain stem
C+	54±32	48±38	38±21	37±24
C-	45±27	40±34	34±18	38±27
P value	0.032	0.536	0.867	1.024

PGTV: Planning gross target volume; PTV: Planning target volume

2.2 PTV和OAR剂量指标

两组的PTV剂量对比及治疗时间对比结果如表2所示,危及器官剂量评价指标对比如表3所示。所有的评价指标采用单项方差分析方法分析表明,差异均无统计学差异($P>0.05$)。

3 讨论

HT系统是一种全新的影像引导调强放疗设备^[3-5]。诸多文献资料表明,HT 360度螺旋断层切割放射的照射方式可以实现陡峭的剂量梯度和治疗指标的改善,在提高计划靶体积剂量的同时减少危及器官的照射剂量^[6-7]。然而,再高精尖的放疗手段都需要建立在靶区的准确勾画基础之上。脑瘤CT增强扫描可使肿瘤组织和其他软组织有比较好的区分,可以更清楚地确定肿瘤组织和正常组织的边界,在脑肿瘤

表2 增强(C+)和平扫(C-)CT图像PTV剂量学参数和治疗时间对比($n=30$)
Tab.2 Comparison of PTV dosimetry and treatment time between C+ and C- ($n=30$)

Group	HI	CI	D _{2%} /Gy	D _{media} /Gy	Treatment time/s
C+	1.034±0.032	0.862±0.132	46.32±5.65	50.43±5.87	232±121
C-	1.032±0.031	0.864±0.128	46.28±5.32	50.53±5.91	231±120
P value	0.094	0.102	0.937	0.785	1.098

HI: Heterogeneity index; CI: Conformity index

表3 增强(C+)和平扫(C-)CT图像危及器官的剂量学参数对比($n=30$, Gy)
Tab.3 Comparison of organs at risk dosimetry parameters between C+ and C- ($n=30$, Gy)

Group	Len-L D _{max}	Len-R D _{max}	Opt-L D _{1%}	Opt-R D _{1%}	Eye-L D _{1%}	Eye-R D _{1%}	Brain stem D _{1%}	Brain stem D _{average}
C+	2.35±1.65	2.52±1.55	38.1±10.4	40.2±11.5	24.7±6.9	29.3±7.1	43.6±7.9	21.24±5.73
C-	2.36±1.62	2.49±1.57	37.9±10.6	40.3±11.7	24.9±6.8	29.3±7.1	43.7±7.8	21.26±5.75
P value	0.783	0.673	0.724	1.057	1.065	1.039	0.985	0.957

的精确放疗中具有重要意义。因此,在对脑瘤患者行HT治疗的定位CT扫描时常进行增强扫描。

CT扫描过程中,患者采用仰卧位,用低温热塑头颈肩膜固定,确保了增强扫描和平扫时体位保持一致。因此,将增强图像上的靶区及危及器官轮廓复制到平扫图像中也具有高度的一致性。HT计划系统进行剂量计算时,将CT图像不同组织的CT值转化为组织电子密度进行剂量计算^[8-10]。因此,定位CT增强扫描有可能因组织密度与定位CT平扫图像有差异而引起剂量的计算差异。关于影像增强剂是否会对放疗剂量产生影响的观点不一。李桢等^[11]认为CT增强扫描对胸部肿瘤的三维适形放疗有较大

的差异,因此在治疗过程中需考虑其影响。而施建芬等^[12]在胸部肿瘤3DCRT剂量研究中发现,造影剂在肿瘤中心区域的剂量影响基本忽略不计,对周围正常组织区域有影响,但在差异范围之内。探究上述文献研究结果差异的原因,主要取决于3DCRT的射野是否经过大血管或者血管密集的组织上。由于在血流比较丰富的地方,使用影像增强剂时,电子密度与平扫图像上存在较大的差异。另外,病人体质差异、造影剂的给予量、射野的角度等因素都可能造成研究结果的差异。

脑瘤组织相对胸部组织来说,血管虽然密集,但大血管比较少,血流量相对没那么丰富。本研究对

C+和C-组的PGTV、PTV、脑、脑干等的CT值进行对比分析表明,除PGTV外,两组差异不显著。在HT计划系统中以完全相同的剂量计算条件,即相同的调制因子、螺距、计算网格、组织权重及限量进行实验,两组的计量学参数在肿瘤和危及器官上均无显著差异。因此可以认为,对于脑肿瘤,采用适当的扫描条件,使用CT增强扫描对螺旋断层放疗的剂量计算影响可以忽略,可以直接采用增强扫描的方式进行CT定位,并以CT增强图像作为勾画靶区和剂量计算。

【参考文献】

- [1] 段纪俊, 陈万青, 杨念念, 等. 2003~2007年中国脑瘤发病与死亡分析[J]. 中国肿瘤, 2012, 21(9): 644-649.
DUAN J J, CHEN W Q, YANG N N, et al. Analysis of incidence and death of brain tumor in China between 2003 and 2007 [J]. Chinese Tumor, 2012, 21(9): 644-649.
- [2] BUATTI J, RYKEN T C, SMITH M C, et al. Radiationtherapy of pathologically confirmed newly diagnosed glioblastoma in adults [J]. J Neurooncol, 2008, 89(3): 313-337.
- [3] 马林, 王连元, 周桂霞. 肿瘤断层放射治疗[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2010: 26-48.
MA L, WANG L Y, ZHOU G X. TomoTherapy [M]. Chengdu: Sichuan University Science Technology Publisher, 2010: 26-48.
- [4] 徐寿平, 王连元, 戴相昆, 等. 螺旋断层放疗系统原理及其应用[J]. 医疗卫生装备, 2008(12): 100-102.
XU S P, WANG L Y, DAI X K, et al. Theory and application of helical tomotherapy system [J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2008(12): 100-102.
- [5] 张金葆. 螺旋断层放疗系统的先进性评估分析[J]. 中国医疗设备, 2009(4): 136-139.
ZHANG J B. Evaluate the advantage of helical tomotherapy [J]. Medical Equipment of China, 2009(4): 136-139.
- [6] MACKIE T, HOLMES T, SWERDLOFF S, et al. Tomotherapy: a new concept for the delivery of dynamic conformal radiotherapy [J]. Med Phys, 1993, 20(2): 1709-1720.
- [7] 侯俊, 冯林春, 蔡博宁, 等. 脑转移瘤螺旋断层放疗、调强及三维适形放疗计划的剂量学研究[J]. 军医进修学院学报, 2012, 33(4): 342-347.
HOU J, FENG L C, CAI B N, et al. Dosimetric study of among helical tomotherapy, IMRT and three-dimensional conformal radiotherapy to brain tumor [J]. Academic Journal of PLA Postgraduate Medical, 2012, 33(4): 342-347.
- [8] 邱强. CT值相对电子密度校正及其对TPS计算精度的影响[J]. 医疗装备, 2010, 23(12): 11-12.
QIU Q. CT value of relative electron density correction and its influence on TPS calculation accuracy [J]. Chinese Journal of Medical Device, 2010, 23(12): 11-12.
- [9] 祁振宇, 黄邵敏, 邓小武. 放疗计划CT值的校准及其影响因素分析[J]. 癌症, 2006, 25(1): 110-114.
QI Z Y, HUANG S M, DENG X W. Calibration of CT values used for radiation treatment planning and its impact factors [J]. Chinese Journal of Cancer, 2006, 25(1): 110-114.
- [10] 冯国生, 梁远, 吴丹玲, 等. CT值-相对电子密度转换曲线的影响因素分析[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2012, 21: 281-284.
FENG G S, LIANG Y, WU D L, et al. Impact factor of relationships between CT value and relative electron density for treatment planning system [J]. Chinese Journal of Radiotherapy Oncology, 2012, 21: 281-284.
- [11] 李楨, 洪文松, 周凌宏. CT定位增强扫描对胸部肿瘤放疗剂量分布的影响[J]. 中国医学物理学杂志, 2015, 32(4): 563-567.
LI Z, HONG W S, ZHOU L H. Effects of CT locating-enhancement scan on dose distribution of thoracic radiotherapy [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2015, 32(4): 563-567.
- [12] 施建芬, 黄建华, 谈彩琴, 等. CT造影剂对胸部肿瘤三维适形放疗剂量的影响探究[J]. 中国保健营养, 2013(6): 3458.
SHI J F, HUANG J H, TAN C Q, et al. Effect of contrast agent on the dose calculations in 3D conformal radiotherapy of thoracic cancer [J]. China Health Care and Nutrition, 2013(6): 3458.

(编辑: 薛泽玲)