

CT造影剂对脑动静脉畸形VMAT计划剂量分布的影响

邓官华,李少群,周巧敏,罗日顺,张平,戴鹏,罗龙辉,赖名耀,山常国,蔡林波
广东三九脑科医院肿瘤综合治疗中心,广东 广州 510510

【摘要】目的:探讨CT造影剂对脑动静脉畸形VMAT计划剂量分布的影响。**方法:**选取15例脑动静脉畸形患者为研究对象,在相同体位下行平扫和增强CT扫描。在增强CT图像上勾画靶区和危及器官,通过图像配准将上述结构复制至平扫CT图像。在VARIAN Eclipse 13.6计划系统中完成增强CT图像的VMAT计划设计(5条弧),并将此计划复制至平扫CT图像,不进行通量优化,重新计算剂量分布。记录两组计划的靶区、危及器官以及感兴趣区域的CT值,靶区的 $D_{2\%}$ 、 $D_{98\%}$ 、 D_{mean} 、适形度指数、均匀性指数以及梯度跌落指数,危及器官 D_{max} 以及正常组织受照射体积 V_{2Gy} 、 V_{10Gy} 、 V_{12Gy} ,并采用非参数配对Wilcoxon检验分析两组数据间的差异。**结果:**在靶区和感兴趣区域处,增强图像的CT值显著高于平扫图像($P=0.001$);而在其他组织处,两组图像的CT值比较均无统计学差异($P>0.05$)。两组计划的剂量学参数差异小于2%,且无统计学差异($P>0.05$)。**结论:**CT造影剂对脑动静脉畸形VMAT计划剂量分布的影响较小,临床上可忽略。

【关键词】脑动静脉畸形;容积旋转调强;CT造影剂;剂量计算

【中图分类号】R739.41;R815.6

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2021)05-0556-05

Effects of CT contrast agent on dose calculations for volumetric modulated arc therapy of brain arteriovenous malformations

DENG Guanhua, LI Shaoqun, ZHOU Qiaomin, LUO Rishun, ZHANG Ping, DAI Peng, LUO Longhui, LAI Mingyao, SHAN Changguo, CAI Linbo

Department of Oncology, Guangdong Sanjiu Brain Hospital, Guangzhou 510510, China

Abstract: Objective To investigate the effects of CT contrast agent on the dose calculations for volumetric modulated arc therapy (VMAT) of brain arteriovenous malformations. **Methods** Fifteen patients with brain arteriovenous malformations were enrolled in the study and underwent contrast enhanced CT (CECT) scan and non-enhanced CT (NECT) scan in the same position. Target areas and organs-at-risk were delineated on CECT image, and then copied to NECT image after image registration. VARIAN Eclipse planning system 13.6 was used to generate VMAT plan with 5 arcs based on CECT, and the generated plan was copied to NECT for recalculating dose distributions, without flux optimization. The Hounsfield unit (HU) of planning target volume, organs-at-risk and region of interest, the $D_{2\%}$, $D_{98\%}$, D_{mean} , conformity index, homogeneity index and gradient index of planning target volume, the D_{max} of organs-at-risk, and the V_{2Gy} , V_{10Gy} and V_{12Gy} of normal tissues were recorded and analyzed. A Wilcoxon signed rank test was conducted to compare the differences between two groups of data. **Results** The HU of planning target volume and region of interest in CECT were higher than those in NECT ($P=0.001$), and there was no significant difference in HU of other tissues ($P>0.05$). The differences in dosimetric parameters between two groups were less than 2%, without significant differences ($P>0.05$). **Conclusion** The effect of CT contrast agent on the dose calculation for VMAT of brain arteriovenous malformations is ignorable.

Keywords: brain arteriovenous malformation; volumetric modulated arc therapy; CT contrast agent; dose calculation

前言

脑动静脉畸形 (Arteriovenous Malformation,

AVM)是一种先天性局部脑血管发育异常的血管团^[1],大体上AVM呈现为相互缠绕的血管,常有一个局限中心团以及引流静脉,并且在AVM中不含脑实质^[2]。临床上为了更准确地勾画AVM病灶及危及器官 (Organs-at-Risk, OAR),通常会在CT扫描过程中静脉注射造影剂。然而在实际治疗阶段,脑血管中的CT造影剂早已代谢清空,AVM病灶等血供丰富组织的CT值会有较大幅度下降,经过CT-电子密度曲

【收稿日期】2021-01-15

【基金项目】广东三九脑科医院新技术项目(2017012)

【作者简介】邓官华,硕士,工程师,研究方向:肿瘤的早期发现及放射治疗, E-mail: gh.deng@foxmail.com

【通信作者】蔡林波,硕士,主任医师,研究方向:肿瘤的放射治疗及免疫治疗, E-mail: cailinbo999@163.com

线转化后计算放疗计划剂量分布时会产生一定误差。相关的研究发现静脉注射CT造影剂对放疗计划剂量分布的影响较小,临床上可忽略^[3-5];但同时也有研究表明在增强CT图像上设计放疗计划会导致患者接受的实际剂量偏高^[6-8]。针对目前静脉注射CT造影剂对AVM患者放疗计划剂量分布影响的系统研究国内报道较少,本研究将主要探讨在AVM容积旋转调强(Volumetric Modulated Arc Therapy, VMAT)计划中,因使用CT造影剂导致组织CT值增大所引起的剂量计算误差。

1 资料与方法

1.1 病例选取

选取广东三九脑科医院肿瘤综合治疗中心2017年1月至2020年1月收治确诊为AVM的15例患者为研究对象,其中,男9例,女6例,年龄8~48岁,肿瘤体积为0.4~32.0 cm³。

1.2 设备仪器

定位CT为SIMENS 64排大孔径螺旋放疗专用CT(SOMATOM Definition AS);放疗计划系统为VARIAN Eclipse 13.6;治疗机为VARIAN UNIQUE直线加速器,配备120片全自动独立多叶准直器(Multi-Leaf Collimator, MLC),中间80片MLC宽度为0.5 cm,其余MLC宽度为1.0 cm,射线能量为6 MV光子。

1.3 CT扫描

患者采取仰卧位,用Brainlab专用头架和热塑面膜固定(科来瑞迪,R408),扫描层厚1.5 mm,层间距0 mm,电压120 keV,电流350 mAs。扫描范围:上界至颅顶,下界至第二颈椎。先获取平扫CT图像(C-),通过计算机内置设定,在相同体位下行增强扫描(C+),最终将两次CT图像传输到放疗计划系统Eclipse 13.6。CT造影剂为碘克沙醇(威视派克,通用电气药业(上海)有限公司),采用高压注射器经手臂以2 mL/s注射速度静脉注射60 mL造影剂,延时35 s扫描。CT扫描过程中,嘱咐患者保持体位固定,并将耳环、假牙等摘除^[9]。

1.4 靶区勾画和计划设计

通过VARIAN Eclipse工作站的图像配准功能对两组CT图像进行配准。放疗医生根据AVM介入治疗欧洲专家共识等的推荐^[10],在增强CT图像上勾画计划靶区(Planning Target Volume, PTV)和OAR,其中OAR包括晶体、眼球、视神经、视交叉、脑干以及感兴趣区域(Region of Interest, ROI)。待医生勾画完PTV和OAR后,物理师将上述结构复制至平扫CT图像。

所有放疗计划均采用VMAT技术照射,5条非共面弧,如图1所示。为了避免叶片引起的凹凸论效应,适当调整MLC角度^[11]。采用各向异性分析算法计算照射区域剂量,PTV处方剂量为16 Gy/次。正常组织约束条件为:晶体D_{max}<3 Gy,视神经D_{max}<10 Gy,延髓D_{max}<10 Gy,脑干D_{max}<10 Gy^[12]。VMAT计划优化完后由医生评估确认,并以此治疗计划作为模板计划。打开平扫CT图像,插入先前保存的模板计划,不进行通量优化,重新计算剂量分布。模板计划使得平扫CT图像的弧条件、处方剂量以及计算方法与增强CT图像一致。所有生成VMAT计划仅限于实验参数比较。

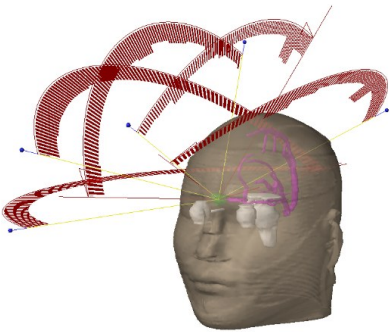


图1 脑动静脉畸形(AVM)VMAT计划设计示意图
Fig.1 Schematic diagram of volumetric modulated arc therapy plan for arteriovenous malformation (AVM)

1.5 剂量学评价

比较两组计划的PTV、OAR和正常组织的剂量分布。PTV的剂量评价包括D_{2%}、D_{98%}、D_{mean}以及剂量分布的适形度、均匀性和跌落速度。剂量分布的适形度、均匀性和跌落速度分别用适形度指数(Conformity Index, CI)、均匀性指数(Homogeneity Index, HI)以及梯度跌落指数(Gradient Index, GI)来表示。CI、HI及GI计算公式如下^[13-15]:

$$CI = \frac{(TV_{pv})^2}{TV \times PV}$$
 (1)

$$HI = \frac{D_{2\%} - D_{98\%}}{D_{mean}} \times 100\%$$
 (2)

$$GI = \frac{V_{50\%}}{V_{100\%}}$$
 (3)

其中,TV_{pv}为接受处方剂量照射的PTV体积,TV为PTV体积,PV为处方剂量照射的体积,D_{2%}为2% PTV体积的受照射剂量,D_{98%}为98% PTV体积的受照射剂量,D_{mean}为PTV的平均剂量,V_{50%}为50%处方剂量线包裹体积,V_{100%}为处方剂量线包裹体积。

同时记录晶体、眼球、视神经、脑干的D_{max}以及正常组织受照射体积(V_{2 Gy}、V_{10 Gy}、V_{12 Gy})。

1.6 统计学方法

采用SPSS 21.0对数据进行统计学分析,计量资料采用均数±标准差表示,采用非参数配对 Wilcoxon 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

图2为AVM患者的增强和平扫CT图像,CT值的改变如表1所示。在ROI(粉红色区域,脑血管)处CT值增大明显,大约平均增加110 HU;PTV(绿色区域)CT值有所增大,大约平均增加50 HU。眼睛、脑干等造影剂尚未到达区域,CT值增大不明显。

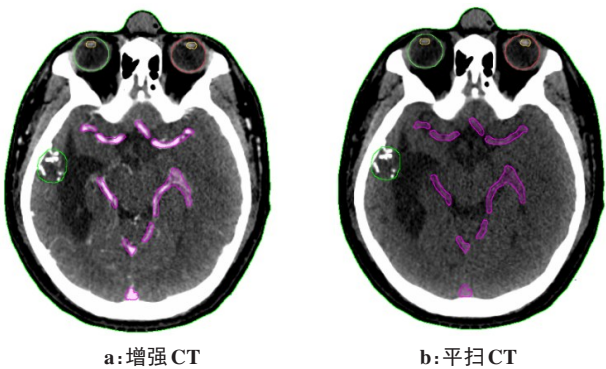


图2 AVM患者的增强和平扫CT图像
Fig.2 Contrast enhanced CT image and non-enhanced CT image of AVM patient

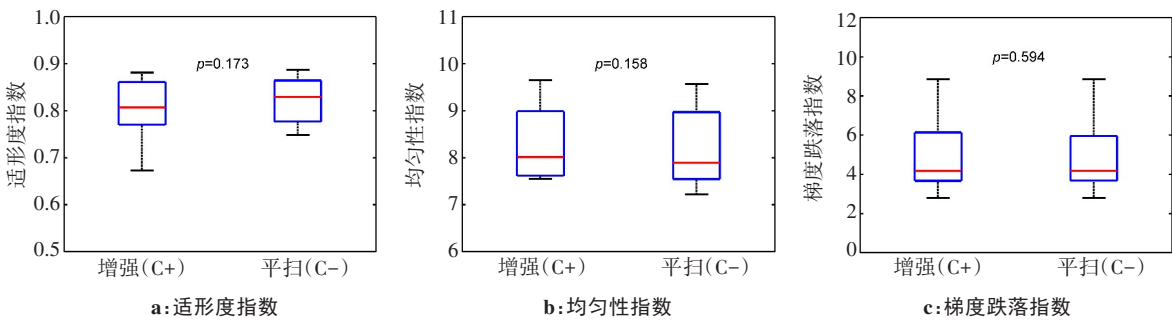


图3 增强和平扫CT图像的CI,HI以及GI比较
Fig.3 Comparison of conformity index, homogeneity index and gradient index between contrast enhanced CT image and non-enhanced CT image

3 讨论

AVM是指由脑血管先天发育障碍引发的脑局部血管数量和结构异常,常伴有供血动脉增粗迂曲,血流加快^[16]。AVM最为常见和最为严重的并发症是颅内出血,病死率高达30%^[17]。采取不开颅、无创伤的立体定向放疗可降低颅内出血率,改善临床症状,是一种较为理想的治疗方式。对AVM患者行大剂量的立体定向放疗的关键在于准确勾画PTV和OAR。因此,在CT扫描过程中需静脉注射造影剂,以提高脑血管与周围脑组织的对比度。

表1 增强和平扫图像的CT值比较(HU)
Tab.1 Comparison of Hounsfield unit between contrast enhanced CT image and non-enhanced CT image (HU)

危机器官/靶区	增强(C+)	平扫(C-)	Z值	P值
左晶体	43.9±6.7	43.0±8.9	-1.083	0.279
右晶体	45.4±9.4	43.8±10.3	-1.569	0.117
左眼球	30.4±12.1	26.9±11.5	-1.642	0.101
右眼球	30.4±11.7	28.3±11.7	-0.941	0.347
左视神经	47.1±41.3	42.2±36.3	-1.569	0.117
右视神经	53.5±45.4	51.6±45.4	-0.706	0.480
视交叉	28.3±9.9	23.2±4.6	-1.178	0.075
脑干	37.3±2.9	33.8±3.2	-1.852	0.060
ROI	170.0±20.3	57.3±5.0	-3.286	0.001
AVM	213.8±117.9	163.4±121.8	-3.180	0.001

图3为增强和平扫CT图像的CI、HI及GI的箱线图。增强和平扫CT图像的CI分别为0.82±0.08和0.83±0.07;HI分别为7.88±2.25和8.33±1.07;GI分别为5.25±2.76和5.14±2.26。两组图像的CI、HI及GI差异均无统计学意义($P>0.05$)。

表2为增强和平扫CT图像的PTV、OAR及正常组织剂量参数表,两组图像的PTV、OAR及正常组织间的剂量学参数差异小于2%,且无统计学意义($P>0.05$)。

表2 增强和平扫图像的剂量学差异比较

Tab.2 Dosimetric comparison between contrast enhanced CT image and non-enhanced CT image

剂量学参数	增强 (C+)	平扫 (C-)	Z 值	P 值
左晶体 D _{max} /cGy	26.4±14.0	26.4±14.0	0	1.000
右晶体 D _{max} /cGy	14.9±11.9	15.0±12.0	-1.000	0.317
左眼球 D _{max} /cGy	19.2±14.8	19.2±14.8	-1.000	0.317
右眼球 D _{max} /cGy	28.2±19.1	28.3±19.1	-1.000	0.317
左视神经 D _{max} /cGy	36.2±27.7	36.2±27.7	-1.000	0.317
右视神经 D _{max} /cGy	51.5±40.0	51.5±39.7	-1.000	0.317
视交叉 D _{max} /cGy	132.4±95.6	134.6±100.2	-1.511	0.131
脑干 D _{max} /cGy	154.9±110.9	155.0±110.9	-1.000	0.317
ROI D _{mean} /cGy	104.5±101.7	104.5±101.9	-0.255	0.799
PTV D _{2%} /Gy	17.35±0.16	17.31±0.18	-1.155	0.248
PTV D _{98%} /Gy	15.93±0.05	15.92±0.80	-0.633	0.527
PTV D _{mean} /Gy	16.65±0.08	16.63±0.11	-1.070	0.285
正常组织 V _{2 Gy} /cm ³	209.2±151.5	209.3±151.7	-1.070	0.285
正常组织 V _{10 Gy} /cm ³	24.2±19.9	24.2±19.9	-1.185	0.236
正常组织 V _{12 Gy} /cm ³	18.5±15.9	18.5±16.0	-1.404	0.160

增强CT图像中大血管内的电子密度,能够有效降低肺等危机器官的受照射剂量。杨晓霞等^[7]发现CT造影剂会影响胸腹部肿瘤患者三维适形计划的等中心点剂量。然而也有研究表明CT造影剂对放疗设计剂量分布的影响有限,临床上可忽略。林志安等^[3]发现造影剂对食管癌调强放疗计划剂量分布的影响有限,可直接在增强CT图像上设计放疗计划。朱鹭超等^[4]研究结果表明在食管癌三维适形放疗中使用CT造影剂对放疗剂量分布影响较小,均在临床接受范围内。Shibamoto等^[23]发现CT造影对剂量分布的影响与解剖部位有关。

目前静脉注射CT造影剂是否对AVM的VMAT计划剂量分布产生影响的系统研究国内报道较少,因此本研究针对上述问题进行了系统的分析,结果发现,虽然增强和平扫图像在PTV和ROI的CT值上存在统计学差异(PTV约平均增加50 HU;ROI约平均增加110 HU),但是这种CT值差异并没有导致剂量学的差异。此外,本研究还发现两组计划的CI、HI、GI和OAR剂量等均无统计学差异。究其原因,有以下几方面:(1)相对于胸腹部肿瘤而言,脑组织血管虽然密集,但大血管数量较少,血流量相对没那么丰富,造影剂流经范围没这么大^[23],所以增强和平扫图像OAR的CT值差异并没有统计学意义;(2)本研究中约有90%的AVM患者行过栓塞手术治疗,造影剂无法通过脑血管大量进入靶区内,使得PTV的

CT值差异(50 HU)在经过CT-电子密度曲线转换后无法形成剂量学差异^[24];(3)即使造影剂进入血流相对丰富的脑组织,导致增强图像的CT值高于平扫图像,但是只要VMAT计划的弧不经过或者较短时间内经过血管密集脑组织,那么这种由于注射造影剂带来的CT值差异也不会造成剂量学的影响。此外,相对于胸腹部因呼吸运动导致的OAR位移较大,AVM患者由于头部骨骼的存在,颅内OAR移动相对较小。加上患者采用热塑面膜固定,且平扫和增强两幅图像采集时间较短,避免了患者在CT扫描期间的不自主动移动,因此本研究不考虑图像配准阶段引入误差的影响。综上所述,对于行过栓塞手术治疗的AVM患者,使用CT造影剂对VMAT计划的PTV及OAR剂量分布影响很小,临床上可忽略。

本研究只探讨了CT造影剂对行过栓塞手术治疗的AVM患者VMAT计划剂量分布的影响,考虑到三维适形放疗或调强放疗计划的射野角度是否穿过脑血管,穿过脑血管的射野在总剂量中的贡献度以及AVM患者是否行过栓塞手术等都有可能造成研究结果的差异,因此对于三维适形放疗及调强放疗计划是否具有相同的结论,还需作进一步研究。

4 结 论

本研究探讨CT造影剂对AVM的VMAT计划剂量分布的影响,发现在PTV和ROI处,虽然增强图像的CT值显著高于平扫图像,但两组计划的剂量学参数并没有统计学差异。因此,临床上对行过栓塞治疗的AVM患者可用增强CT代替平扫CT进行PTV勾画和VMAT计划设计。

【参考文献】

[1] 周政, 刘俊, 杨辉, 等. 脑动静脉畸形综合治疗的疗效分析[J]. 第三军医大学学报, 2003, 25(20): 1815-1817.
ZHOU Z, LIU J, YANG H, et al. Comprehensive treatment of arteriovenous malformation of brain [J]. Acta Academiae Medicinae Militaris Tertiae, 2003, 25(20): 1815-1817.

[2] 郭鹏, 赵继宗. 脑动静脉畸形3 094例的临床特征及外科治疗效果分析[J]. 中华医学杂志, 2011, 91(39): 2740-2743.
GUO P, ZHAO J Z. Clinical characteristics and surgical outcomes of 3 094 patients with cerebral arteriovenous malformation[J]. National Medical Journal of China, 2011, 91(39): 2740-2743.

[3] 林志安, 张清罗, 侯如蓉, 等. 造影剂对食管癌调强放疗计划的影响[J]. 实用癌症杂志, 2012, 27(6): 69-71.
LIN Z A, ZHANG Q L, HOU R R, et al. Effect of contrast agent on IMRT treatment plan for esophageal carcinoma[J]. The Practical Journal of Cancer, 2012, 27(6): 69-71.

[4] 朱鹭超, 石丽婉, 傅丽蓉, 等. CT增强剂对食管癌三维适形放疗剂量分布的影响[J]. 实用癌症杂志, 2012, 27(6): 618-621.
ZHU L C, SHI L W, FU L R, et al. Effects of CT strengthening agent on dose distribution of three-dimensional conformal radiotherapy in esophageal cancer[J]. The Practical Journal of Cancer, 2012, 27(6): 618-621.

[5] LEE F K, CHAN C C, LAW C K. Influence of CT contrast agent on

- dose calculation of intensity modulated radiation therapy plan for nasopharyngeal carcinoma[J]. *J Med Imaging Radial Oncol*, 2009, 53(1): 114-118.
- [6] 王艳霞, 蒋社伟, 田景莲, 等. 对比剂对中上段食管癌动态调强放疗的剂量学影响[J]. *安徽医学*, 2019, 40(9): 1050-1053.
WANG Y X, JIANG D W, TIAN J L, et al. Dosimetric effect of contrast medium on dynamic intensity modulated radiotherapy for middle and upper esophageal carcinoma[J]. *Anhui Medical Journal*, 2019, 40(9): 1050-1053.
- [7] 杨晓霞, 胡南. 三维治疗计划中增强扫描影像对剂量分布的影响[J]. *中华实用诊断与治疗杂志*, 2005, 19(4): 45-46.
YANG X X, HU N. Effect of enhanced CT image on dose distribution in three-dimensional treatment plan[J]. *Journal of Chinese Practical Diagnosis and Therapy*, 2005, 19(4): 45-46.
- [8] LI H S, CHEN J H, ZHANG W, et al. Influence of intravenous contrast medium on dose calculation using CT in treatment planning for esophageal cancer[J]. *Asian Pac J Cancer Prev*, 2013, 14(3): 1609-1614.
- [9] 陈平, 吴发银, 郑庆生, 等. 64层螺旋CT在头颈部联合CTA扫描方案中的优化设计[J]. *安徽医学*, 2011, 32(4): 504-506.
CHEN P, WU F Y, ZHENG Q S, et al. 64-slice CT scan of the head and neck joint CTA scheme optimization design [J]. *Anhui Medical Journal*, 2011, 32(4): 504-506.
- [10] CENZATO M, BOCCARDI E, BEGHI E, et al. European consensus conference on unruptured brain AVMs treatment (supported by EANS, ESMINT, EGKS, and SINCH)[J]. *Acta Neurochir*, 2017, 159(6): 1059-1064.
- [11] TIMMERMAN R D. An overview of hypofractionation and introduction to this issue of seminars in radiation oncology[J]. *Semin Radiat Oncol*, 2008, 18(4): 215-222.
- [12] 邓官华, 林正茂, 陈丽霞, 等. 机械旋转误差对多发脑转移瘤VMAT计划剂量分布的影响[J]. *中国医学物理学杂志*, 2020, 37(1): 38-43.
DENG G H, LIN Z M, CHEN L X, et al. Effect of rotational mechanical errors on dose distribution of volumetric modulated arc therapy for multiple intracranial metastases[J]. *Chinese Journal of Medical Physics*, 2020, 37(1): 38-43.
- [13] THOMAS E M, POPPLE R A, WU X, et al. Comparison of plan quality and delivery time between volumetric arc therapy (RapidArc) and Gamma knife radiosurgery for multiple cranial metastases[J]. *Neurosurgery*, 2014, 75(4): 409-418.
- [14] MORRISON J, HOOD R, YIN F F, et al. Is a single isocenter sufficient for volumetric modulated arc therapy radiosurgery when multiple intracranial metastases are spatially dispersed?[J]. *Med Dosim*, 2016, 41(4): 285-289.
- [15] HSU F, CAROLAN H, NICHOL A, et al. Whole brain radiotherapy with hippocampal avoidance and simultaneous integrated boost for 1-3 brain metastases: a feasibility study using volumetric modulated arc therapy[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2010, 76(5): 1480-1485.
- [16] 赵希敏, 丁美修, 王秉玉, 等. 脑动静脉畸形实验模型及其血流动力学研究[J]. *中风与神经疾病杂志*, 2000, 17(1): 35-37.
ZHAO X M, DING M X, WANG B Y, et al. The hemodynamics of cerebral arteriovenous malformations: an experimental study [J]. *Journal of Apoplexy and Nervous Diseases*, 2000, 17(1): 35-37.
- [17] MORGAN M K, JOHNSTON I H, HALLINAN J M, et al. Complications of surgery for arteriovenous malformations of the brain [J]. *J Neurosurg*, 1993, 78(2): 176-182.
- [18] SCHNEIDER W, BORTFELD T, SCHEGEL W. Correlation between CT numbers and tissue parameters needed for Monte Carlo simulations of clinical dose distributions[J]. *Phys Med Biol*, 2000, 45(2): 459-478.
- [19] CHEN L L, PRICE R A, WANG L, et al. MRI-based treatment planning for radiotherapy: dosimetric verification for prostate IMRT [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2004, 60(2): 636-647.
- [20] YAMADA S, UEGUCHI T, OGATA T, et al. Radiotherapy treatment planning with contrast-enhanced computed tomography: feasibility of dual-energy virtual unenhanced imaging for improved dose calculations[J]. *Radiat Oncol*, 2014, 9(1): 168-178.
- [21] RAMM U, DAMRAU M, MOSE S, et al. Influence of CT contrast agents on dose calculations in a 3D treatment planning system[J]. *Phys Med Biol*, 2001, 46(10): 2631-2635.
- [22] 胡利丰, 应正巨, 刘蛟. CT值线性的检测与分析[J]. *中国辐射卫生*, 2009, 18(3): 289-291.
HU L F, YING Z J, LIU J. CT value linear detection and analysis[J]. *Chinese Journal of Radiological Health*, 2009, 18(3): 289-291.
- [23] SHIBAMOTO Y, NARUSE A, FUKUMA H, et al. Influence of contrast materials on dose calculation in radiotherapy planning using computed tomography for tumors at various anatomical regions: a prospective study[J]. *Radiat Oncol*, 2007, 84(1): 52-55.
- [24] 陈卫军, 梁晓东, 刘艳梅, 等. CT增强定位扫描对放疗剂量的影响[J]. *肿瘤学杂志*, 2010, 16(6): 83-84.
CHEN W J, LIANG X D, LIU Y M, et al. Impact of enhanced CT scan positioning on radiation dose[J]. *Journal of Oncology*, 2010, 16(6): 83-84.

(编辑:谭斯允)