

文章编号: 1671-7104(2016)05-0380-06

Tomotherapy系统五年质控结果及其模式的转变

【作者】 丛小虎, 徐寿平, 解传滨, 戴相昆, 巩汉顺, 王小深
解放军总医院放疗科, 北京市, 100853

【摘要】 螺旋断层治疗(Helical Tomotherapy, HT)作为新型调强放射治疗技术(IMRT),其照射方式采用独特的扇形束形式,将现代螺旋CT和直线加速器进行有机整合以实现螺旋断层调强治疗。由于该系统功能复杂,且具有高度集成和自动化特性,监测其运行稳定性和可靠性并不断给予完善、简化其质控流程已成为HT系统质量保证的重要组成部分。本研究通过对前五年该系统质量控制(QC)结果的分析,结合新型质控设备的初步应用,总结其QA的规范化实施并探讨其模式的转变可能。

【关键词】 螺旋断层治疗; 质量保证(QA); 质量控制(QC); 模式转变

【中图分类号】 R812

【文献标志码】 A

doi:10.3969/j.issn.1671-7104.2016.05.018

Results of Five-year Quality Control Program and the Change of QA Mode for Helical Tomotherapy Machine

【Writers】 CONG Xiaohu, XU Shouping, XIE Chuanbin, DAI Xiangkun, GONG Hanshun, WANG Xiaoshen
Department of Radiation Oncology, PLA General Hospital, Beijing, 100853

【Abstract】 Helical tomotherapy (HT), as a new IMRT technology, utilizes a fan beam of radiation for treatment. It combines the main characteristics of a modern CT scanner and a linear accelerator to achieve the function of helical tomotherapy. Due to the complexity of the system with a highly integrated and automated features, monitoring its operation, continuing to improve the stability and reliability, and simplifying its quality control procedures has become an important part of quality assurance (QA) for HT. Based on the results of a five-year quality control (QC) program, and the initial application of new QA equipment, this study will summarize the standardization mode of its QA and explore the changes of QA mode.

【Key words】 helical tomotherapy, quality assurance (QA), quality control (QC), change of mode

0 引言

螺旋断层治疗系统Hi.Art代表了图像引导调强放射治疗中一种新型治疗技术^[1]。其以CT扫描的方式利用扇形束实施螺旋式束流照射,治疗期间加速器机架、治疗床和多叶准直器(MLC)需实现同步运动的控制及调制。其治疗原理类似于螺旋断层CT,将一台6 MV小型驻波加速器安装在CT的滑环机架上,利用X射线束流切片式可实现高适形度的肿瘤治疗^[2-3]。与常规直线加速器放疗相比较,HT具有诸多独特的物理和剂量学优势^[4]。在给予肿瘤区域足够高的致死剂量同时最大程度地降低对周围关键器官或正常组织的损伤,特别是对一些靶区较复杂、范围较大的肿瘤如鼻咽癌、全淋巴等治疗,相比常规加速器具有一定的优势^[5-7]。该系统集调强计划优化、治疗实施与验证为一体,工作过程中各部分相互协调从而实现束流螺旋治疗的精确性。由于HT治疗方式具有独特的动态方式及其功能结构的复杂性,其完整的质控过程中既有与常规加速器相类似又有着其独特的方面^[8-11],确

保系统的正常工作及其良好的稳定性显得至关重要,因此需量身定制出该系统的质量保证及质量控制规程。我院作为国内大陆第一台HT系统的临床应用单位,近期已安装第二台该系统,本研究通过对五年来第一台该系统QC结果的分析,监测其日常运行稳定性和可靠性,并结合新型质控设备的初步应用不断完善、简化其质控流程,从而为临床治疗提供临床保障并为其提供借鉴与参考。

1 材料与方法

1.1 HT系统特点

HT系统基于螺旋照射实现了一种调强放射治疗方式,即当治疗床穿过机架孔同时机架持续旋转进行束流照射。该系统利用非均整的6 MV直线加速器,以固定源轴距85 cm安装在CT滑环机架上。纵向射野宽度通过一对可移动的钨门予以定义,并可形成最大射野为40 cm×5 cm。对于患者治疗而言,临床中射野宽度一般固定为验收测试的射野宽度(1/2.5/5 cm)中一种,横向上利用等中心处6.25 mm宽度的MLC叶片实现束流照射。通过每叶片打开时间来实现对束流强度的调制,而束流调制模式随机架角度改变

收稿日期: 2016-03-03

基金项目: 国家自然科学基金(11105225&61171005)

作者简介: 丛小虎, E-mail: congxiaohu777@163.com

通信作者: 徐寿平, E-mail: shouping_xu@yahoo.com

而发生变化。这种束流调制模式定义为一个投射野 (projection) 即机架旋转约7°, 而每旋转周可分为51个投射野。该系统不仅代表新型IMRT方式, 而且也是一套完全集成的图像引导放疗 (IGRT) 设备。其利用相同射线源且额定能量约为3.5 MV实现MV级影像的获取。在源对侧的滑环机架上安装有一套738个通道氦气探测器, 从而可实现三维影像的重建, 用于治疗前检查或校正患者的摆位乃至实施剂量的重建可能。

1.2 执行的QC测试项

表1列出了我院HT系统执行的QC规程^[12-15], 该规程将用于评估系统运行的参数状态。将常规直线加速器QA规程调整至HT系统中, 利用其额外测试项可较好地反映两种照射技术之间的重要差异。这种苛刻的QC测试项, 有助临床物理师、工程师更好地掌握这种新型机器的机械和剂量学性能。基于临床报告的测试结果可提出不同周期/频率QC测试项。

采用Vidar扫描仪、EDR₂胶片、等效矩形固体水和机载式MVCT探测器以实现系统的机械和几何

测试。对于相对剂量和绝对剂量测量, 需用A1SL电离室 (Standing Imaging, USA)、8通道剂量仪 (TomoElectrometer)、等效水圆柱形模体 (Cheese Phantom) 等测量设备。HT系统测量参考条件下利用Thomas文献中推导A1SL电离室的射线品质系数K_q来实现其绝对剂量的标定校准^[16]。

1.3 日常检测项

日常质量控制应监测静止和动态输出剂量。对于系统几何特性, 需观察激光灯的初始位置和激光灯移动是否准确。验证激光灯精度后扫描MVCT图像质量的一致性。对系统束流剂量特性的检测, 具体为将平板等效固体水 (0.5 cm厚+带电离室孔5 cm厚) 或圆柱形模体、A1SL 电离室放到治疗床上摆好位, 执行静态/动态输出剂量测量; 输出剂量与参考值比较并计算出偏差。最后实施床读数稳定性及精度检测, 以及标准安全性检查, 确保门联锁、出束指示灯或声等正常工作。

1.4 周/月/季检测项

除日常质控所含检测项目还需定期对不同电离室实施剂量测量的精确性进行比对。采用EDR₂大胶片对系统虚拟等中心处激光灯实施验证。通过平板等效固体水测量出不同深度R10/1.5、R20/1.5及R20/10剂量比值, 从而将测量结果与参考值比对以检测射线质的稳定性^[16]。采集获取Y方向离轴曲线, 将数据保存并与系统金标准Profile数据进行比较, 分析得出束流FWHM偏差值。

在治疗床上轴向放置 (X-Z轴平面) 两张胶片, 从虚拟等中心沿着Y方向±3 cm处采用三明治式将两张胶片夹在其中, 如图1所示。采用水平仪标定出每张胶片上一条真正的水平线。利用准直器射野来实现对胶片的照射, 在机架角度0°、120°及240°上打开射野中心的两个叶片得到投影射野; 通过分析照射的胶片评价叶片打开时角度的偏差, 以检测叶片和机架旋转的同步性。同理, 将EDR₂胶片 (8英寸×10英寸) 夹在两块5 cm厚固体水之间, 调整床高将胶片至等中心位置; 执行特定计划后测量3个束流峰之间的距离, 以实现机架与床同步性检测。

表1 我院螺旋断层放疗系统QC规程
Tab.1 QC procedure of HT system

内容	检测项目	允许偏差
日常检测	激光灯到位精度检查	±1 mm
	静态输出剂量	-2%~+3%
	动态输出剂量	-2%~+3%
	射线质	±2%
	横向剂量分布曲线	1%/1 mm
	MVCT图像伪影	无伪影
	MVCT图像配准	±1 mm
	床位置	±1 mm
周检	标准安全性测试	通过
	静态/可移动激光灯检查	±1 mm
	静态/动态输出剂量	±2%
	床读数稳定性检查/床精度	±1 mm
	横向/纵向剂量分布曲线稳定性	1%
	MVCT图像配准	±1 mm
月检	MVCT剂量	<3 cGy
	标准安全性测试	通过
	静态/可移动激光灯检查	±1 mm
	不同电离室比对测量静态/动态输出剂量	±2%
	床读数稳定性检查/床精度	1 mm
	验证虚拟等中心	≤1 mm
	静态模式下束流能量	±2%
	横向/纵向剂量分布曲线稳定性	1%
	叶片打开与机架旋转同步性测试	<1°
	机架与床同步性检测	<2 mm
MVCT图像配准	±1 mm	
MVCT剂量	<3 cGy	
标准安全性测试	通过	

注: 除以上检测项目年检还需对横向、纵向截面剂量分布以及百分深度剂量(PDD)进行测量并与建模数据比对验证是否满足Gamma 2%/1 mm标准。

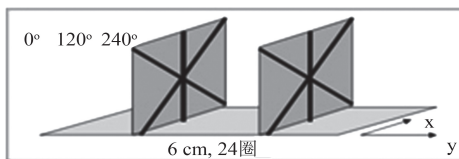


图1 叶片打开和机架旋转同步性测试条件及胶片测量结果
Fig.1 Gantry angle consistency test condition and measurement results of film

1.5 年检测项

年检测项除完成日常系统的机械、几何和束流剂量测定外,年检意义主要在于测量束流PDD、横向及纵向截面剂量分布并与机器建模数据进行比较,以确定QA要求。需按照束流数据进行重新剂量标定,验证剂量重复性及线性。年检QC项应包含系统所有组件的机械、几何及剂量方面测试,正如系统验收一般至少需两天时间。

1.6 QA及其模式的转变

HT患者计划QA也是整个质控流程中非常重要的一方面,其直接影响患者疗效及安全。我院最初患者剂量验证采用胶片验证方式。一般通过比较测量胶片的相对剂量与计划计算剂量分布,利用系统自带软件给予分析,从而实现对特定患者计划的验证。同时计划QA过程中采用电离室实施对计划中点(绝对)剂量的测量验证。

近来,医院科室新加入Sun Nuclear公司晨检TomoDose、剂量验证ArcCheck及TQA(Accuray, USA)工具等设备使得日常QC过程变得更方便、简捷^[17-18]。TomoDose、ArcCheck及TQA工具操作简单,使得临床QC工作提高了效率,缩短QC时间。

2 结果

2.1 日常检测

系统几何特性:激光灯偏差可允许范围为±1mm,当测量误差超过范围则需调整。静态束流特性:静态输出剂量检查偏差在-2.0%到3%之间即满足要求。通过分析整理我院五年日检静态输出剂量的测量平均偏差0.494%±1.032%(图2),日常射线剂量输出基本控制在正常值范围,具有良好的稳定性。MVCT扫描图像若能清晰辨别密度棒第三排小孔,影像无伪影即满足需求,扫描剂量每次在3 cGy以下,均在可接受范围。

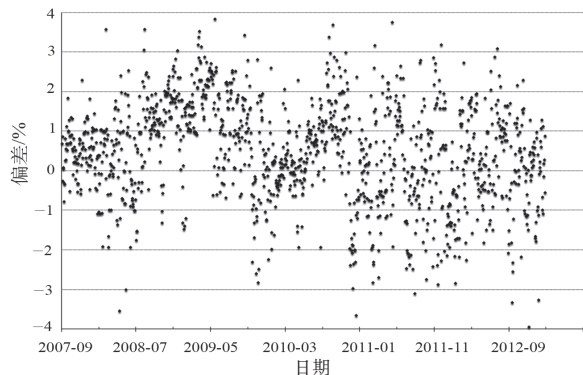


图2 HT五年调整前静态剂量输出测量结果
Fig.2 Static dose output results of HT in five years

2.2 周/月/季度检测

对于虚拟等中心验证,分析软件验证胶片满足偏差≤1 mm标准即可接受。静态模式下束流能量运用SPSS软件统计射线质R20/10平均偏差为-0.568±0.8%(SD),均符合±2%要求。射线质基本稳定(图3)。将获得Y方向离轴曲线与金标准数据进行比较,保证2%标准γ值通过,半高宽值在1%以内。叶片打开和机架旋转的同步检测项,要求胶片测量结果应不超过1°。而机架与床同步性检测,分析胶片上3条窄带波峰之间距离是否与机架旋转保持一致且间距相等。若机架、床同步和床速正确的话,该距离应为6.0 cm。统计显示月检测结果均满足最大偏差2 mm的要求。

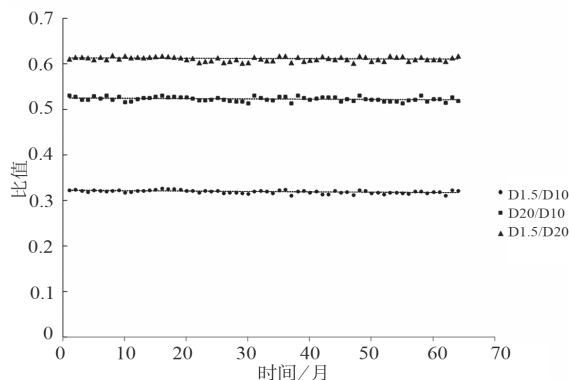


图3 HT五年束流能量变化测量结果
Fig.3 Energy checking results of HT in five years

2.3 年检

确保系统束流数据、PDD、横/纵向截面剂量分布与验收测试时数据保持一致。横、纵向离轴曲线上射野内大多数点应满足剂量偏差1%要求,而若为束流半影区内则可考虑满足2%要求。纵向截面剂量分布如发生变化,需对铅门进行修正和校准。良好的几何和机械性能表明:实际所有测试项均在1 mm或1°以内。

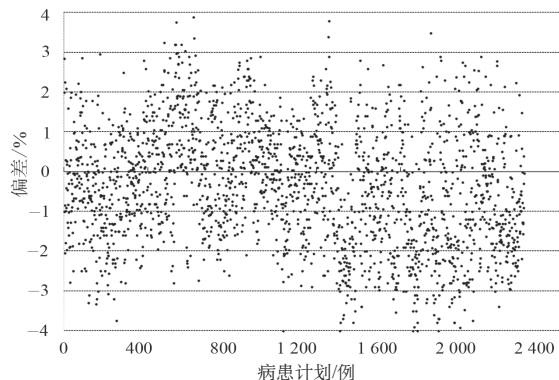


图4 186例特定患者计划绝对剂量验证结果
Fig.4 The results of absolute dose verification for 2186 specific-plan patients

2.4 QA及其模式转变

对于特定患者计划的绝对剂量检测运用SPSS软件统计点平均剂量偏差为 $-0.383 \pm 1.23\%$ (图4), 整体结果基本满足 $\pm 3\%$ 绝对剂量要求。TomoDose、ArcCheck、TQA等新型测量设备的应用使得相应日常检测过程和患者剂量验证变得简化。TomoDose实现了对射野信息的日常测量和记录, 可对射野对称性、平坦度进行检测并记录; 运用ArcCheck实施患者计划验证取代了传统胶片验证方式, 使得整个患者QA过程大大简化; 其具体统计结果如图5、6所示。

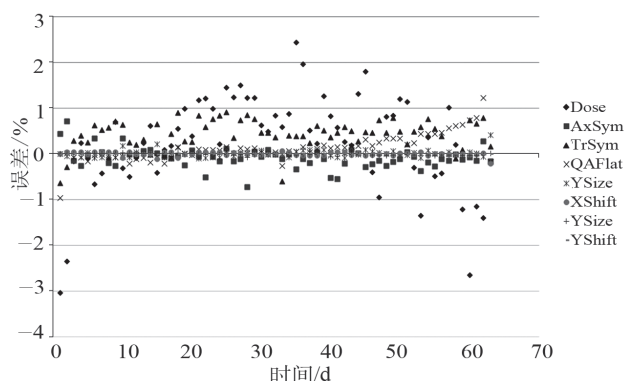


图5 TomoDose初步使用情况
Fig.5 Statistical results of TomoDose preliminary application

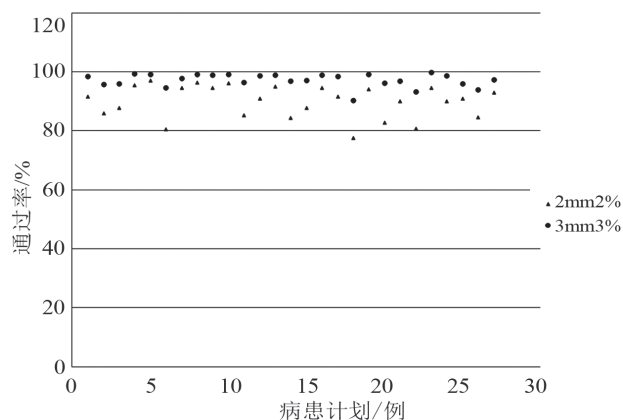


图6 ArcCheck初步应用结果统计
Fig.6 Statistical results of ArcCheck preliminary application

3 讨论

HT作为一套较为复杂的放疗系统, 其螺旋断层治疗类似于慢速旋转IMRT, 从而获得了更高的射线调制力; 针对其独特的物理和剂量特性, 做好系统实施过程中QA工作是十分重要的^[2, 8-9, 12-17]。目前多篇文章^[18-24]报道了通过系统束流输出和实施可能变化的敏感性, 试图定义不同的测试和实验方法来验证所有的机械、几何和剂量学特性。但整个系统长时间的性能稳定性及可靠性鲜有报道。本研究经过5年多临床实

践及综合日常质控数据, 我院HT系统基本建立了较为有效和完善的QA体系, 且按照Fenwick等^[15]所推荐制定了各检测项的允许偏差, 其稳定性与可靠性得到了有效地保证。通过日检、周检、月检、年检等QA项目能够保证加速器精准而有效的剂量输出, 精确地对患者肿瘤靶区实施照射。通过评估和分析HT五年的日检内容、患者QA质控结果, 系统的机械和几何特性基本保持稳定; 而特定患者计划QA的失败模式很大程度上依赖于机器输出剂量变化的影响 (如图2、4所示)。

由于目前国家还没有HT统一的QA标准或规范, 关于其剂量学性能, 与其他机构进行更广泛的对比是可行的。Fenwick等^[15]研究制定了HT系统日常静态/动态输出剂量以及能量变化均控制在 $\pm 2\%$ 范围内; 而Broggi S等^[12]执行了该系统更为严格的静态/动态输出剂量 $\pm 1.5\%$ 偏差标准, 其能量偏差保持在 $\pm 2\%$ 范围内。本研究中尽管按照加速器实施日常输出剂量 $\pm 3\%$ 标准, 我院HT则定义了日常输出剂量 -2.0% 至 $+3\%$ 及能量变化 $\pm 2\%$ 控制范围, 以确保维持及实现加速器类同的稳定性能。日常输出剂量要求主要是考虑HT实际患者治疗过程中剂量率随时间存在近1%下降, 因而设定该标准有效地保证了临床治疗QA要求。而对于绝对剂量标定而言, 近年来放疗射线束已从空气比释动能转换到吸收剂量的校准且考虑到非标准参考测量条件, HT系统目前可基于美国医学物理学家协会 (AAPM) TG-51或国际原子能机构 (IAEA) TRS-398报告规程实施其绝对剂量的校准^[25-26]。

除了日常、月及年检常规QA外, 某些技术干预措施也应当遵循适当的QA规程。若更换束流靶, 强烈建议应实施机械和剂量的测试项包括: 源与初级准直器机械对齐, 射束中心与机架旋转平面的一致性, 源与MLC系统机械对齐, 横、纵向束流曲线一致性, 能量和输出剂量检测; 最后实施患者计划剂量验证, 以确认HT性能一致性。若更换磁控管关键部件, 需执行测试项包括: 输出剂量和能量稳定性检测; Cone形离轴曲线一致性以及患者IMRT剂量验证。而另一重要部件MLC系统更换, 相对于源 (靶) 而言应检测所有几何校准的一致性, 包括: 机架旋转、射线束流平面以及阵列探测器。当然, HT系统作为IGRT设备, 其MVCT影像既可用于患者治疗摆位的验证, 又可用于实施患者剂量的精确计算, 因此其引导影像QA也是整个系统QA的一个重要

组成部分^[27-29]。五年间HT系统出现了超过300项的故障，技术干预的原因主要是机械问题、剂量不稳以及少量软件或通讯所致。基于这些技术报告，我院第一台HT系统整体停机时间会略高于目前常规治疗设备状态；当然临床应用最近一年停机率也明显好于刚运行的第一年，这与该系统不断升级或不少部件的更新换代有较大的关联性。

Balog^[8, 9]和Langen^[30]等研究较注重强调对特定参数的分析，以期用测量方法如何揭示其变化。本研究只是简单展示了五年来HT系统的整体性能情况，而没有提出任何特定的检测方法。然而，基于如诸多文献所报道和我院五年的质控结果及实践，某些独立的测量方法可有效地引入到该系统QA体系中，如TomoDose^[30]、TQA设备均可监测日常束流曲线、输出剂量变化，二维电离室^[31]、半导体^[32]和三维ArcCheck等设备在患者剂量验证中大大简化了QA模式。相对于常规治疗技术而言，HT作为一种新型放疗技术，伴随其最新技术如TomoDirect、动态铯门(Dynamic Jaw)应用于临床，目前各系统之间QA存在一定的差异性。HT未来QA模式将主要包括：基于系统还是组件QA，基于Internet建立系统自身还是系统之间相互比对的QA机制，基于质控失败率还是预测风险QA评估，基于系统自身还是第三方验证设备QA。其发展的执行模式将是更加快捷、精准且有效。总之，我院HT五年QC结果显示了较好的稳定性及一致性。患者QA质控模式从传统胶片向数字化分析验证转变^[33]。新型日常质控设备(TomoDose、TQA工具)的应用实现了信息的综合评估，可更为有效地分析和监测机器的性能及状态，从而对QA模式发展起了更为推动的作用。AAPM TG-148报告^[34]引领了HT系统QA指导原则方向，但HT质控规程仍然需要不断完善和统一，未来QA执行可能将会是一种简单、快捷且有效的实现方式。

参考文献

- [1] Mackie TR, Holmes T, Swerdloff S, et al. Tomotherapy: A new concept for the delivery of conformal radiotherapy[J]. *Med Phys*, 1993, 20(6): 1709-1719.
- [2] Sen A, West MK. Commissioning experience and quality assurance of helical tomotherapy machines[J]. *J Med Phys*, 2009, 34(4): 194-199.
- [3] Goddu SM, Mutic S, Pechenaya OL, et al. Enhanced efficiency in helical tomotherapy quality assurance using a custom-designed water-equivalent phantom[J]. *Phys Med Biol*, 2009, 54(19): 5663-5674.
- [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, 29(12): 100-102.
- [5] Oliver M, Ansbacher W, Beckham W. Comparing planning time, delivery time and plan quality for IMRT, RapidArc and Tomotherapy[J]. *J App Clin Med Phys*, 2009, 10(4): 117-131.
- [6] 马林, 王连元, 周桂霞, 等. Tomotherapy肿瘤断层放射治疗[M]. 成都: 四川出版社, 2010.
- [7] 解传滨, 徐寿平, 戴相昆, 等. 鼻咽癌螺旋断层治疗中物理参数优化因素的分析[J]. *实用癌症杂志*, 2012, 27(3): 257-262.
- [8] Balog J, Holmes T, Vaden R. Helical tomotherapy dynamic quality assurance[J]. *Med Phys*, 2006, 33(10): 3939-3950.
- [9] Balog J, Olivera G, Kapatoes J. Clinical helical tomotherapy commissioning dosimetry [J]. *Med Phys*, 2003, 30(12): 3097-1306.
- [10] Robert J, Thomas R M, John B, et al. Radiation characteristics of helical Tomotherapy [J]. *Med Phys*, 2004, 31(12): 396-404.
- [11] Chester R, Rebecca S, Mahan SL, et al. Out-of-field dosimetry measurements for a helical tomotherapy system[J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2006, 7(3): 1-11.
- [12] Broggi S, Cattaneo GM, Molinelli S, et al. Results of a two-year quality control program for a helical tomotherapy unit[J]. *Radioth Oncol*, 2008, 86(2): 231-241.
- [13] John B, Emille S. Helical tomotherapy quality assurance[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2008, 71(1): S113-117.
- [14] Balog J, Mackie TR, Pearson D, et al. Benchmarking beam alignment for a clinical helical tomotherapy device[J]. *Med Phys*, 2003, 30(6): 1118-1127.
- [15] Fenwick JD, Tome WA, Jaradat HA, et al. Quality assurance of a helical tomotherapy machine[J]. *Phys Med Biol*, 2004, 49(13): 2933-2953.
- [16] Fenwick JD, Tomé WA, Kissick MW, et al. Modelling simple helically delivered dose distributions[J]. *Phys Med Biol*, 2005, 50(7): 1505-1507.
- [17] Peng JL, Ashenafi MS, McDonald DG, et al. Assessment of a three-dimensional (3D) water scanning system for beam commissioning and measurements on a helical tomotherapy unit[J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2015, 16(1): 4980.
- [18] Lee FK, Chan SK, Chau RM. Dosimetric verification and quality assurance of running-start-stop (RSS) delivery in tomotherapy[J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2015, 16(6): 5336.
- [19] Shimizu H, Sasaki K, Iwata M, et al. Rotational output and beam quality evaluations for helical tomotherapy with use of a third-party quality assurance tool[J]. *Radiol Phys Technol*, 2016, 9(1): 53-59.
- [20] Templeton AK, Chu JC, Turian JV. The sensitivity of ArcCHECK-based gamma analysis to manufactured errors in helical tomotherapy radiation delivery[J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2015, 16(1): 4814.
- [21] Tolakanahalli RP1, Tewatia DK. Impact of energy variation on Cone Ratio, PDD10, TMR20/10 and IMRT doses for flattening filter free (FFF) beam of Tomotherapy Hi-Art (TM) machines[J]. *J BUON*, 2014, 19(4): 1105-1110.
- [22] 徐寿平, 戴相昆, 解传滨, 等. 螺旋断层放疗机束流输出稳定性测量及分析[J]. *中国医学物理学杂志*, 2009, 26(1): 945-948.

- [23] Wagner T, Langen K, Poole D, et al. Evaluation of a Commercial Diode Array (Tomodose) for Tomotherapy Beam Profile Measurements[J]. Med Phys, 2005, 32(6):1994.
- [24] Chapman D, Bamett R, Yartsev S. Helical tomotherapy quality assurance with ArcCHECK[J]. Med Dos, 2014, 39(2): 159-162.
- [25] Thomas SD, Mackenzie M, Rogers DW, et al. A Monte Carlo derived TG-51 equivalent calibration for helical tomotherapy [J]. Med Phys, 2005, 32(5):1346-1353.
- [26] Jeraj R, Mackie TR, Balog J, et al. Dose calibration of nonconventional treatment systems applied to helical tomotherapy [J]. Med Phys, 2005, 32(2):570-577.
- [27] Xu S, Wang S, Wu Z, et al. Reliability and stability assessment of megavoltage CT (MVCT) images for dose calculation[J]. IFMBE Proc, 2013, 39: 1176-1179.
- [28] 徐寿平, 解传滨, 鞠忠建, 等. 螺旋断层放疗MVCT成像剂量测量及其分析[J]. 癌症, 2009, 28(8): 886- 889.
- [29] Langen KM, Meeks SL, Poole DO, et al. The use of megavoltage CT (MVCT) images for dose recomputations[J]. Phys Med Biol, 2005, 50(18): 4259-4276.
- [30] Langen KM, Meeks SL, Poole DO, et al. Evaluation of a diode array (Tomo Dose) for QA measurements on a helical tomotherapy unit[J]. Med Phys, 2005, 32: 3424-3430.
- [31] 徐寿平, 解传滨, 鞠忠建, 等. 二维电离室阵列对螺旋断层治疗的调强计划进行剂量验证[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2009, 18(3): 233-238.
- [32] 徐寿平, 解传滨, 戴相昆, 等. 二维半导体阵列实施旋转调强治疗计划验证的剂量学评估[J]. 中国医学物理学杂志, 2009, 26(6):1477-1480.
- [33] 解传滨, 徐寿平, 鞠忠建, 等. 二维电离室阵列与EDR₂胶片在螺旋断层治疗计划剂量验证中的应用研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2011, 20(4): 330-333.
- [34] Langen KL, Papanikolaou N, Balog J, et al. QA for helical tomotherapy: Report of the AAPM Task Group 148[J]. Med Phys, 2010, 37(9): 4817-4853.

2016年全国医学装备论坛暨医学装备科技发展中心成立大会顺利举行

由中国医药教育协会医学科技促进工作委员会（简称中国医促委）与上海交通大学医学院附属仁济医院共同主办的全国医学装备论坛暨医学装备科技发展中心成立大会，于2016年9月3日在上海交通大学医学院附属仁济医院顺利举行。国家卫生计生委卫生计生监督中心张汉湘巡视员、九三学社中央委员，工信部电子元器件行业发展中心郭源生总工、原科技部火炬中心马彦民研究员、国务院发展研究中心经济要参咨询部王凡主任、中国医促委王延锐副秘书长等部门相关专家领导出席了会议。

中国医促委副主任委员兼秘书长王树强宣布中国医促委全国医学装备科技发展中心首届成员名单：复旦大学附属中山医院的葛均波院士任主任委员，上海交通大学医学院附属仁济医院资产管理办公室主任张坚任副主任委员兼秘书长，上海健康医学院副校长于莹任副主任委员。另有上海与全国各地医、产、研资深人员19名任委员，任期5年。

在中国医学装备科技发展中心揭牌仪式后，由上海交通大学医学院附属仁济医院院长李卫平代表主办方向大会致辞。国务院发展研究中心、国家卫计委、上海市科委、中国医促委领导先后致辞。

本届论坛内容丰富精彩：上海交通大学医学院附属仁济医院资产管理办主任张坚介绍医促委医学装备科技发展中心；原科技部国家科学技术部火炬中心副主任马彦民介绍医疗中小企业创新和科技扶持政策；国家发改委生物医学工程专项主审专家、北京大学前沿交叉科学研究院组织工程中心主任、中组部中央联系专家奚廷斐教授作“十三五”科技部重点专项及生物医学工程专项解析报告；史赛克（北京）医疗器械有限公司王文超介绍精准医疗——MAKO骨科机器人技术及其应用；上海迈动医疗器械股份有限公司李鹏介绍居家养老——穿戴式医学装备的应用与发展。

医学装备科技发展中心隶属中国医促委，该中心的成立旨在通过政策引导，对国内医学装备领域的科技创新过程管理和科技成果转化项目进行扶持；促进国产医学装备生产企业、研究机构和医疗机构多领域、多学科高度融合；推进医学装备的国产化、本土化进程的探索实践。

据悉，国家“十三五”战略规划，《中国制造2025》已明确将国产高性能医疗装备列为重点发展产业，并上升到国家战略高度，鼓励医疗器械研发、生产的国产化、本土化，以降低医疗器械设备的成本，加快向“健康中国”目标迈进的步伐，同时培育国产医疗器械品牌，参与世界竞争。

（本刊讯）