

二维电离室矩阵在调强适形放疗剂量学验证中的应用

张晓军 王建华 涂彧

【摘要】 剂量学验证是放射治疗中质量保证的重要一环,也是调强适形放射治疗(IMRT)应用于临床时必不可少的一个步骤,随着放射物理技术的发展,新设备和新方法在不断应用,为临床放射治疗提供了更好、更便捷的质量保证与控制手段。二维电离室矩阵(MatriXX)是一种快速的剂量测量系统,是目前较先进的调强治疗实时二维验证系统之一,它可以测量照射野的剂量分布和强度分布,在剂量学验证中,可以极大地简化验证工作量,提高验证效率。

【关键词】 放射疗法, 计算机辅助; 剂量学验证; 二维电离室矩阵

【中图分类号】 R812, R144 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-4114(2007)05-0318-03

The application of two dimensional ionization chamber array in dosimetry verification of intensity-modulated radiation therapy

ZHANG Xiao-jun¹, WANG Jian-hua², TU Yu¹

(1. Department of Radiation Hygiene, College of Radiation Medicine and Public Health, Soochow University, Suzhou 210056, China; 2. Department of Radiation Oncology, Changzhou Tumor Hospital Affiliated to Soochow University, Changzhou 213001, China)

【Abstract】 Dosimetry verification is an important ring in quality assurance for intensity-modulated radiation therapy (IMRT) and is an indispensable procedure in clinic, with the development of radiation physics technique, new devices and new methods have been applied constantly. They provide us to do the better and more convenience in quality assurance for IMRT, two dimensional ionization chamber array (MatriXX) is a quick dose measurement system, and one of the most advanced two dimensional dose verification system in IMRT at present. It may measure dose distribution and intensity distribution in field size. It may reduce workload and raise efficiency of dosimetry verification in IMRT.

【Key words】 Radiotherapy, computer-assisted; Dosimetry verification; Two dimensional ionization chamber array

1 引言

调强适形放射治疗(intensity modulated radiation therapy, IMRT)是利用治疗计划系统(treatment planning system, TPS)对射野不同位置处射线强度的调整,使肿瘤靶区得到更高、更均匀的辐射剂量,能很好的保护周围正常组织^[1]。IMRT现在开展较多的是头颈部肿瘤和前列腺肿瘤,对头颈及颅脑肿瘤IMRT最具优势^[2]。IMRT的剂量学研究显示,在头颈部肿瘤和前列腺肿瘤中利用IMRT射束强度可调

的特点,可以提高计划靶区边缘剂量,明显减少敏感器官的受照剂量^[3,4]。由于其技术上的复杂性,物理师不仅要做好日常设备的物理参数检测,还要对每一例患者的剂量分布进行验证^[5]。迄今为止,应用最多的是以体模内剂量实测为基础的验证^[6]。目前,国内外普遍采用的剂量验证方法分为绝对剂量验证和相对剂量验证^[7]。绝对剂量验证是指TPS计算出的体模中感兴趣点的剂量是否和实际照射时相应点上的剂量测量值相一致;相对剂量验证是指TPS计算出的体模中某一平面上的剂量分布或强度是否和实际照射时相应平面上的剂量分布或强度的测量结果相一致。相对剂量验证包括单个照射野剂量分布的验证和相应平面的剂量分布的验证。一般认为一种点剂量仪如电离室来验证绝对剂量和一种

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30670638)

作者单位: 1. 210056, 苏州大学放射医学与公共卫生学院放射卫生教研室(张晓军,涂彧); 2. 213001, 苏州大学附属常州肿瘤医院放疗科(王建华)

通讯作者: 涂彧(E-mail: tuyu@suda.edu.cn)

平面剂量仪如胶片已经足以较为全面地验证 IMRT 的剂量分布,目前该方法的主要问题在于剂量仪自身的准确性有限,测量过程中存在的不确定因素较多,而且步骤繁琐。所以为了提高剂量验证的效率,各种新型的验证设备也不断的应运而生。其中,二维电离室矩阵(MatriXX)以其高效、稳定、快捷等优点,越来越多地被临床上所应用。

2 MatriXX 在 IMRT 剂量学验证中的应用

MatriXX 作为一种新的放射治疗辅助装置,在患者实施 IMRT 中主要用于患者治疗前的剂量学验证。MatriXX 包括电离室面板、接口电路、控制器和数据采集处理软件等几部分。其面板中均匀分布 1020 个电离室,可以很好地满足测量的要求。MatriXX 是目前较先进的 IMRT 实时二维验证系统之一,它可以迅速地获取复杂的二维数据。MatriXX 数据测量和采集全部由电脑控制,可以减少人为的操作误差,其平板密封电离室无需进行温度和气压修正,但由于其比普通的胶片测量系统价格昂贵,且设备构造复杂,平板前电路部分在测量时要求免受辐射,否则容易损坏。这就要求在使用 MatriXX 时需进行适当的培训,以减少人为的损坏。后续采集的数据实时显示分析全部集成到 OmniPro-I'mRT 软件平台中,所有操作全部由 OmniPro-I'mRT 应用软件控制完成。它是 IMRT 全过程剂量验证和质量保证的应用软件,该软件可以与 TPS 实现连接,输入计划的剂量分布数据,与 MatriXX 实际测量时采集的数据进行比较和验证。利用这一软件平台可以进行多种方法的数据比较和分析,实现了二维剂量图的比较分析,可以比对分析测量的与计划的调强数据,包括数据求和、差值、乘积、Gamma 分析等。Amerio 等^[8] 使用 MatriXX 在加速器下用 6MeV X 射线进行测试时,显示出良好的剂量线性,剂量的重复性、稳定性维持在 0.5% 以内,显示二维的剂量分布有良好的空间分辨率。IMRT 射野的特点是高剂量梯度和缺乏电荷平衡,相邻子野之间在靶区内可能存在无数接点,标准探测器体积太大,往往不能被照射到探测器所在部位的所有子野覆盖,致使读数偏离吸收剂量。因此,多倾向于采用小体积电离室验证 IMRT 的剂量,以克服大体积探测器的缺点^[9]。MatriXX 的电离室体积小,能量响应好,灵敏度高,能很稳定

的测量加速器小野小剂量的输出。

2.1 在单个照射野中剂量分布验证的应用

MatriXX 在这种验证中占有很大优势,实现了二维剂量分布的验证,且方便、效率高。在设计调强计划中,一般都包含几个照射野,每个照射野中都含有很多子野。将调强计划的每个射野分别移植到体模上,在 TPS 中分别计算出各个射野的剂量分布。加速器机架旋转至 0°,将 MatriXX 放置到等中心处,上面加上大于 1.2 cm 固体水材料(电离室矩阵有效测量点在矩阵表面下约 3 mm 处),使得测量深度超过 1.5 cm(6MeV X 射线的最大剂量深度为 1.5 cm)。分别测出各个射野的剂量分布,用 OmniPro-I'mRT 调强验证软件与 TPS 算出的剂量分布对比分析,得出剂量分布误差。

误差分析采用 Gamma 分析^[10],它是软件中自动分析的工具,设置剂量误差标准和距离误差标准^[11]。验证通过与失败的标准是:测量点 Gamma 值 ≤ 1 通过, Gamma 值 > 1 失败,通过的测量点数大于 90% 为照射野剂量分布验证通过。肖锋等^[12] 利用 MatriXX 测量 80 例 IMRT 的患者共 428 个照射野,经 Gamma 分析通过的照射野共有 377 个,有 21 例患者存在着误差超限的照射野,最多的一例患者 7 个野中有 3 个野误差超标,其分析未能通过的射野剂量梯度变化都很大,而测量所得的剂量分布稍稍趋于平缓,肖锋等认为验证未能通过的主要原因来自测量误差,调强计划包含有很多的子野,对于一个 7 野的调强计划来说,只有一两个野的剂量分布误差超过 3% 还是可以接受的。

2.2 在相应平面剂量分布验证中的应用

MatriXX 可以通过两种方法实现验证,一种是将要剂量验证的患者 IMRT 计划移植到已经用 CT 扫描的体模上,慢感光胶片竖插在 IMRT 验证的体模中,对体模进行实际照射,使胶片感光得到相应平面的剂量分布,用胶片的扫描仪将感光胶片上的剂量分布输入到 Omnipro-I'mRT 软件,再把 TPS 中相应平面的剂量分布输出到软件中对二者进行分析,也是用 Gamma 分析对比其误差;另一种是直接 MatriXX 在 CT 模拟机下扫描, MatriXX 平板上覆盖 2 cm 的有机玻璃板,提高平板电离室的有效测量深度,得到横断面的影像,将影像传至 TPS,将要验证患者的计划移植到扫描的影像中,由 TPS 整合出所有平行板电离室排列一层分布的层面,对

MatriXX 按计划中的设计进行模拟的实际照射,得到在平板电离室平面的剂量分布,与计划中相同的平面的剂量分布相比较,在 Omnipro-I' mRT 软件中分析其误差。第一种需要用胶片,胶片在每次验证时都要安装片盒、洗片等过程,步骤繁琐,其测量过程的每一步都存在误差,费时、费力。利用 MatriXX 可以对整个调强计划的剂量分布实行了验证,步骤简单,且省去了调强体模,有利于验证工作的常规化。Dinesh 等^[13]在使用 EDR2 胶片和 Omnipro-I' mRT 软件验证动态调强计划平面的剂量分布和胶片测量的剂量分布,利用 Gamma 分析得出误差在 4% 以内,距离误差标准 <4 mm,分析误差可能来源于 TPS 的计算误差及胶片在洗片过程中的误差。Stasi 等^[14]直接利用 MatriXX 来验证相对应平面剂量分布的误差,得出误差在 2.3% 以内,测量点 gamma 值 <1,符合通过验证计划的要求。

2.3 在绝对剂量验证中的应用

作为平面剂量测量仪, MatriXX 在 IMRT 绝对剂量测量方面,不如单个电离室有优势,但也可以测量,关键是在 MatriXX 中如何找到测量点周围电离室,且电离室还要进行系数校正,这就加大了测量的误差,所以,在绝对剂量测量中,为了提高测量的准确性,大部分是使用单个电离室在体模中模拟测量方法。周振山等^[15]利用指形电离室测量体模中感兴趣的点与 TPS 相应的点的剂量比较,得出绝对剂量误差在 -0.4% 至 4.8%,平均误差在 2.44%。国内一些已开展 IMRT 技术的单位利用电离室测量绝对剂量,误差精度控制在 5% 以内,这符合临床上最大误差不超过 5% 的要求。在实际应用中,如果平面剂量分布的验证通过,可以省略点剂量的测量。所以应用 MatriXX 验证时,主要用其在平面剂量的分布验证中的优势。

3 小结

IMRT 由于其技术复杂,与常规放疗相比更易发生错误,因此要求在开展 IMRT 时应具备必要的质量保证设施,剂量验证是实施 IMRT 治疗过程中的可靠保证。MatriXX 作为一种快速的剂量测量系统,可以在短时间内获取大量照射野剂量方面的信息,能够很好的满足测量的需要,使用方便,在 IMRT 的剂量验证方面具有广阔的应用前景。国内外已有放疗单位在 IMRT 的剂量学验证中,用其代

替传统使用的电离室-胶片组合验证吸收剂量及其分布。在大多数情况下,其测量结果的偏差 <3%,能较好地验证 TPS 和实际照射剂量的准确性,极大地简化了验证工作量,故 MatriXX 在 IMRT 质量保证与控制中可以作为一种常规的测量工具进行使用。

参 考 文 献

- 1 殷蔚伯,谷统之. 肿瘤放射治疗学. 第三版. 北京:中国协和医科大学出版社. 2002. 106-107.
- 2 于金明, 李宝生. 调强放射治疗的临床应用现状与存在的问题. 中华放射肿瘤学杂志, 2005, 27(3): 188-189.
- 3 Hunt MA, Zelefsky MJ, Wolden S, et al. Treatment planning and delivery of intensity-modulated radiation therapy for primary nasopharynx cancer. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2001, 49(3): 623-632.
- 4 Xia P, Pickett B, Vigneault F, et al. Forward or inversely planned segmental multileaf collimator IMRT and sequential tomotherapy to treat multiple dominant intraprostatic lesions of prostate cancer to 90 Gy. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2001, 51(1): 244-254.
- 5 Dong L, Antolak J, Salehpour M, et al. Patient - specific point dose measurement for IMRT monitor unit verification. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2003, 56(3): 867-877.
- 6 马金利, 蒋国樾. 调强适形放射治疗剂量学验证体系的建立. 中国肿瘤, 2004, 13(8): 485-489.
- 7 李高峰, 朱庙生, 吴钦宏, 等. 逆向计划调强适形放射治疗的质量保证. 中华放射肿瘤学杂志, 2002, 11(3): 190-193.
- 8 Amerio S, Boriano A, Bourhaleb F, et al. Dosimetric characterization of a large pixel-segmented ionization chamber. Med Phys, 2004, 31(2): 414-420.
- 9 Laub WU, Wong T. The volume effect of detectors in the dosimetry of small fields used in IMRT. Med Phys, 2003, 30(3): 341-347.
- 10 Stack M, Kroupa B, Georg D. Interpretation and evaluation of the gamma index and gamma index angle for the verification of IMRT hybrid plans. Phys Med Biol, 2005, 50(3): 399-411.
- 11 Ezzell GA, Galvin JM, Low D, et al. Guidance document on delivery, treatment planning, and clinical implementation of IMRT: report of the IMRT Subcommittee of the AAPM Radiation Therapy Committee. Med Phys, 2003, 30(8): 2089-2115.
- 12 肖锋, 孙朝阳, 石梅, 等. 鼻咽癌动态调强放疗计划的剂量学验证. 现代肿瘤医学, 2007, 15(2): 178-180.
- 13 Dinesh M, Thirumavalavan N, Bahaiah M, et al. QA of intensity-modulated beams using dynamic MLC log files. Med Phys, 2006, 31(1): 36-41.
- 14 Stasi M, Giordanengo S, Cirio R, et al. D-IMRT verification with a 2D pixel ionization chamber: dosimetric and clinical results in head and neck cancer. Phys Med Biol, 2005, 50(19): 4681-4694.
- 15 周振山, 于广辉, 乔艳萍. 调强放射治疗计划的剂量验证. 中华放射医学与防护杂志, 2005, 25(1): 69-70.