

## 临床经验

## 不同测量方法对鼻咽癌容积调强弧形治疗验证通过率的影响

洪 君, 张 艳, 张晓晔, 朱志坚, 石婷婷, 韩济华

**【摘要】 目的** 应用 ArcCheck 的不同测量方法, 对鼻咽癌容积调强弧形治疗 (VMAT) 计划剂量验证通过率的影响因素进行分析。**方法** 选取 2018 年 1 月至 10 月南京医科大学附属淮安第一医院收治的 28 例接受 VMAT 的鼻咽癌患者, 以 3mm/3% 为标准, 采用 ArcCheck3 种测量方法: 机架角度归零 (方法 1)、实际机架角度且修正加速器治疗床 (方法 2)、实际机架角度且未修正加速器治疗床 (方法 3), 分别测量  $\gamma$  剂量验证通过率 [3 种方式表示: 相对剂量 (RD)、绝对剂量全局归一 (AD) 和绝对剂量本地归一 (Local)]。**结果** 28 例鼻咽癌患者共得 252 个数据, 方法 1: RD、AD 和 Local 的平均剂量通过率分别为 (99.96±0.08)%、(99.47±0.46)%、(98.73±0.74)%; 方法 2: RD、AD 和 Local 的平均剂量通过率分别为 (99.32±0.65)%、(98.69±1.20)%、(92.14±5.10)%; 方法 3: RD、AD 和 Local 的平均剂量通过率分别为 (99.15±0.77)%、(96.32±2.20)%、(87.26±6.50)%。方法 1、方法 2、方法 3 在相同对比标准下, 平均通过率依次降低, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。**结论** 与方法 2 相比, 方法 1 的平均剂量通过率被高估, 而方法 3 平均剂量通过率则被低估, 推荐使用方法 2 进行剂量验证。

**【关键词】** 容积调强弧形治疗; 剂量验证; 三维半导体探测阵列; 鼻咽癌

**【中图分类号】** R730.55; R739.63

**【文献标志码】** B

**【文章编号】** 1672-271X(2020)04-0414-03

**【DOI】** 10.3969/j.issn.1672-271X.2020.04.018

## 0 引言

鼻咽癌是常见的恶性肿瘤, 由于其特殊的解剖结构和对射线的敏感性, 放射治疗成为主要的治疗方法<sup>[1-3]</sup>。近年来, 容积调强弧形治疗 (volumetric intensity modulated arc therapy, VMAT) 作为一种新的调强技术已广泛应用到鼻咽癌治疗中, 它以旋转照射为基础, 照射过程中机架以非匀速旋转, 同时多叶准直器 (MLC) 和剂量率连续变化, 可以大大提高照射效率, 更高效地满足靶区剂量要求<sup>[4-5]</sup>。VMAT 的复杂性使得剂量验证工作尤为重要, 传统的剂量检测方法已不再适合新技术的检测<sup>[6-8]</sup>。ArcCheck 是由 Sun Nuclear 公司推出的一款专为 VMAT 技术测量而设计的三维半导体探测阵列, 是目前主流的三维剂量验证工具<sup>[9-10]</sup>。有学者对宫颈癌的两种验证方式做静态调强验证时的  $\gamma$  通过率差异进行研究, 得出实际机架角度剂量验证通过率更接近真实情况<sup>[11]</sup>。笔者使用 ArcCheck 常用的 3 种

测量方法对鼻咽癌 VMAT 计划的剂量验证通过率大小进行对比分析, 从而指导临床计划验证。现报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 在我院肿瘤放疗科 2018 年 1 月至 10 月收治的 63 例鼻咽癌患者中, 采用单纯随机抽样方法选取鼻咽癌 28 例, 其中男 20 例, 女 8 例, 年龄 33~78 岁, 中位年龄 58 岁。根据第 8 版 AJCC 鼻咽癌分期标准, 其中 II 期 2 例、III 期 21 例、IV A 期 5 例。参考 ICRU83 号报告勾画危及器官, 同时勾画原发肿瘤区 (GTV<sub>nx</sub>)、转移淋巴结肿瘤区 (GTV<sub>nd</sub>)、亚临床病灶及高危淋巴引流区 (CTV) 和颈部预防照射区 (CTV1), 根据上述靶区外扩 0.3 cm 得到相应计划靶区 (PGTV<sub>nx</sub>、PGTV<sub>nd</sub>、PTV 和 PTV1), 并分别给予对应靶区 66 Gy、66 Gy、60 Gy 和 54 Gy 的处方剂量, 分 30 次完成治疗。本研究经医院伦理委员会批准 (批准号: YX-P-2020-003-01), 患者均签署知情同意书。

**1.2 仪器设备** 瑞典医科达 Versa HD 型医用直线加速器, 用于执行验证计划; 医科达 Monaco5.11

作者单位: 223300 淮安, 南京医科大学附属淮安第一医院放疗科  
(洪 君、张 艳、张晓晔、朱志坚、石婷婷、韩济华)

通信作者: 韩济华, E-mail: han0966@163.com

TPS,用于放疗计划和 ArcCHECK 验证计划设计;美国 SunNuclear 公司的 ArcCHECK 半导体探测器阵列,用于剂量验证,测量时使用配套的圆柱型多功能插件,相应的分析软件为 SNC Patient。

**1.3 测量方法** 所选患者的放疗计划均采用 Monaco5.11 TPS 进行设计。计划参数:射线能量为 6 MV,照射技术为 WMAT,照射野弧度为 360°,最大弧的数量为 2,每弧的最大控制点数为 200,最小子野宽度为 0.5 cm,通量平滑为中等平滑,计算网格为 3 mm,不确定度为每个计划 1%。

根据国内常规的剂量验证方法,对每例放疗计划按照 3 种方法分别制作 ArcCheck 剂量验证计划。参照实际测量中 ArcCHECK 在治疗床上的摆放位置,在 TPS 中添加 sampleELEKTA 治疗床模型进行修正。将放疗计划中机架角度归零,在经治疗床模型修正的 ArcCHECK 模体图像上进行剂量验证计划设计(方法 1)。将放疗计划按照实际机架角度执行,在经治疗床模型修正的 ArcCHECK 模体图像上做剂量验证计划(方法 2)。将放疗计划按照实际机架角度执行,在未修正治疗床模型的 ArcCHECK 模体图像上做剂量验证计划(方法 3)。待验证计划剂量计算完成后,分别从 3 种方法的验证计划中,导出剂量分布文件,并导入 SNC Patient 分析软件中。

测量前对 ArcCheck 进行剂量和矩阵一致性校准<sup>[12]</sup>,使用医科达 Versa HD 型医用直线加速器按上述 3 种方法执行验证计划。由于方法 2 和方法 3 的验证计划中的每个照射野的 MU 和 MLC 走位情况完全一致,因此只需执行方法 1 和 2 的验证计划即可。使用 ArcCHECK 得到验证计划的测量剂量分布,按照国际惯例,使用 SNC Patient 软件分析 TPS 计算值与测量值在 10%最大剂量点内的  $\gamma$  通过率<sup>[13]</sup>,标准是 3mm/3%,其中通过率用如下 3 种方式表示:相对剂量(RD)、绝对剂量全局归一(AD)和绝对剂量本地归一(Local)。

**1.4 统计学分析** 采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析,不同测量方法剂量验证通过率的箱线图结果以中位值表示,剂量验证平均通过率采用均数±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,进行配对  $t$  检验,以  $P\leq 0.05$  为差异有统计学意义。

2 结 果

**2.1 箱线图比较结果** 28 例鼻咽癌 VMAT 计划共得到 84 个剂量验证计划,在加速器上实际测量 56 次,

运用 SNC Patient 软件分析得到剂量验证通过率结果 252 个。方法 1、方法 2、方法 3 的 RD 通过率中位值分别为:100.0%、99.55%、99.40%,AD 通过率中位值分别为:99.60%、99.10%、96.50%;Local 通过率中位值分别为:98.75%、92.30%、85.95%。见图 1。

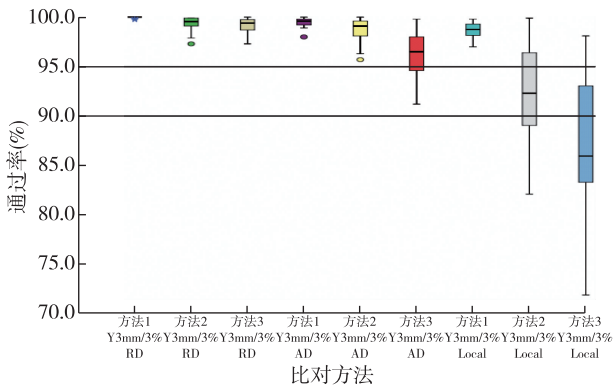


图 1 鼻咽癌容积调强弧形治疗不同测量方法剂量验证通过率箱线图比较

**2.2 剂量验证平均通过率结果** 在相同对比方式下,3 种测量方法的剂量验证平均通过率及配对  $t$  检验结果见表 1。方法 1、方法 2、方法 3 在相同对比标准下,平均通过率依次降低,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

表 1 鼻咽癌容积调强弧形治疗不同测量方法  $\gamma$  剂量验证平均通过率比较( $\bar{x}\pm s, \%$ )

标准	方法 1	方法 2	方法 3	P 值		
				1-2	2-3	1-3
3mm/3% RD	99.96±0.08	99.32±0.65	99.15±0.77	<0.001	0.016	<0.001
3mm/3% AD	99.47±0.46	98.69±1.20	96.32±2.20	0.001	<0.001	<0.001
3mm/3% Local	98.73±0.74	92.14±5.10	87.26±6.50	<0.001	<0.001	<0.001

3 讨 论

在放疗前或放疗中,物理师使用二维或三维剂量工具来测得放疗计划的剂量通过率,应根据剂量通过率的大小来判断该计划是否能安全应用于临床<sup>[14-15]</sup>。由于所选病例的放疗计划参数都相同,所以影响鼻咽癌 VMAT 计划的剂量验证通过率主要因素为加速器执行计划时输出剂量率的稳定性、机架角度旋转时的到位精度、MLC 受重力影响的到位精度<sup>[16]</sup>以及治疗床板的衰减<sup>[17]</sup>。本研究方法是上述影响剂量通过率因素通过不同的测量方法将其分离出来,并对不同测量方法得出剂量验证通过率大小作对比分析,得出相应的影响因素所占剂量验证通过率的大小。方法 1 的优点是影响剂量验证

通过率的因子仅为剂量率的稳定性,可以得到较高的剂量验证通过率,缺点是未考虑机架角度旋转时的到位精度以及 MLC 受重力影响的到位精度,不能真实反映计划的剂量验证通过率。方法 2 的优点是全面考虑了上述所有影响因素,能真实地反映计划的剂量验证通过率,缺点是要根据实际情况对治疗床进行修正,修正过程较为复杂。方法 3 的优点是避开复杂的治疗床修正过程,并且在方法 1 的基础上又考虑了机架角度旋转时的到位精度和 MLC 受重力作用到位精度的影响因素,能较为真实反映计划的剂量验证通过率,缺点是忽略了治疗床对剂量验证通过率的影响。

从图 1 可以看出 3 种测量方法得的 3mm/3% RD、AD 的平均通过率全部大于 95%,但从表 1 中可明显看出,相同比对标准下的剂量验证通过率中位值逐渐降低,且方法 3 中的部分病例的 AD 验证通过率低于 95%,不能满足临床要求。对于更严格的 Local 验证通过率来说,下降趋势更为明显。表 1 中,3 种测量方法的平均通过率差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ),在 RD 通过率之间最大差异只有 0.81%,无临床意义,即上述所有影响因素均对 RD 通过率无影响。方法 2 与方法 1 之间的 AD 通过率大小相差 0.78%,无临床意义,说明机架角度到位精度和在重力作用下的 MLC 到位精度对 AD 的平均通过率影响很小,亦可忽略不计。方法 3 与方法 1 之间的 AD 通过率大小相差 2.37%,说明治疗床对 AD 的平均通过率影响较大不可忽略。方法 2 与方法 1 之间的 Local 通过率大小相差 6.59%,说明在更严格的标准下,机架角度旋转过程中到位精度和受重力作用 MLC 的到位精度的影响因素突显出来。同时方法 3 与方法 1 之间受治疗床的影响因素亦被放大,相差 4.88%。方法 2 的测量方法更符合临床的实际情况且平均的 Local 通过率大于 92%,满足临床要求<sup>[18]</sup>。

综上所述,与按照实际机架角度且修正治疗床模型的测量方法相比,机架角度归零的测量方法的平均剂量通过率被高估了,而按照实际机架角度且未修正治疗床模型的测量方法的平均剂量通过率则被低估了,如果使用机架角度归零的测量方法和按照实际机架角度且未修正治疗床模型的测量方法进行剂量验证可分别适当提高和降低标准,推荐使用按照实际机架角度且修正治疗床模型的测量方法进行剂量验证。

## 【参考文献】

- [1] 贾鹏飞,许 竣,周晓曦,等. 多剂量水平鼻咽癌容积调强与动态调强放射治疗剂量比较及传输效能分析[J]. 生物医学工程学杂志,2017,34(6):907-913,921.
- [2] 王佳胜,丁 巍. 系统护理对鼻咽癌精确放疗患者常见放射反应的作用分析[J]. 东南国防医药,2019,21(1):101-103.
- [3] 洪 君,单鹤声,周玉凤. 医用直线加速器早晚绝对剂量输出稳定性对比分析[J]. 医学研究生学报,2018,31(5):72-75.
- [4] Zhen H, Nelms BE, Tome WA. Moving from gamma passing rates to patient DVH-based QA metrics in pretreatment dose QA[J]. *Med Phys*, 2011, 38(10):5477-5489.
- [5] 孙晓欢,谭丽娜,马 奎,等. 摆位误差对 VMAT 计划剂量学验证的影响[J]. 中华放射肿瘤学杂志,2014,23(6):513-514.
- [6] McGrath SD, Matuszak MM, Yan D, et al. Volumetric modulated arc therapy for delivery of hypofractionated stereotactic lung radiotherapy: A dosimetric and treatment efficiency analysis[J]. *Radiother Oncol*, 2010, 95(2):153-157.
- [7] 王 涛,程秀艳,郭跃信. ArcCheck 的剂量学特性测量及其对 VMAT 计划的验证[J]. 中国医学物理学杂志,2019,36(3):277-281.
- [8] Bedford JL, Warrington AP. Commissioning of Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT)[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2009, 73(2):537-545.
- [9] Yan G, Lu B, Kozelka J, et al. Calibration of a novel four-dimensional diode array[J]. *Med Phys*, 2010, 37(1):108-115.
- [10] Robinson J, Feygelman V, Savitskij D, et al. Optimizing the accuracy of a helical diode array dosimeter: a comprehensive calibration methodology coupled with a novel virtual inclinometer[J]. *Med Phys*, 2011, 38(9):5021-5032.
- [11] 姜仁伟,郭栓栓,陈舒婷,等. 利用 ArcCHECK 在实际机架角与零机架角的 IMRT 剂量验证结果比较[J]. 中华放射肿瘤学杂志,2017,26(1):66-68.
- [12] 李成强,李光俊,冀传仙,等. ArcCHECK 半导体探头特性及在容积调强弧形治疗剂量验证应用研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志,2013,22(3):253-257.
- [13] 郭 冉,张艺宝,李明辉,等. 调强计划验证通过率的影响因素分析[J]. 中国医学物理学杂志,2018,35(10):7-11.
- [14] Kadoya N, Saito M, Ogasawara M, et al. Evaluation of patient DVH-based QA metrics for prostate VMAT: correlation between accuracy of estimated 3D patient dose and magnitude of MLC misalignment[J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2015, 16(3):179-189.
- [15] Low DA, Moran JM, Dempsey JF, et al. Dosimetry tools and techniques for IMRT[J]. *Med Phys*, 2011, 38(3):1313-1338.
- [16] 徐庆丰,周 莉,李 涛,等. 重力对二维探测器阵列验证静态调强计划的影响[J]. 华西医学,2010,25(12):2143-2146.
- [17] 洪 君,单鹤声,周玉凤. 全身集成定位架对放疗靶区吸收剂量的影响[J]. 中国医学物理学杂志,2018,35(7):785-789.
- [18] 岳海振,贾 飞,张 健,等. 鼻咽癌容积调强放射治疗剂量验证比较研究[J]. 北京生物医学工程,2013,32(4):375-379.

(收稿日期:2019-12-10; 修回日期:2020-03-09)

(责任编辑:叶华珍)