

## Monaco计划系统—野多弧的通量拆分方式研究

### Study on fluence splitting of single-beam multi-arc in Monaco planning system

Yang Jinlei, Bu Mingwei, Li Shuchang, Zhang Weitian, Liu Mingzhe, Hou Kairan, Liu Boyu

引用本文:

杨金磊, 卜明伟, 李舒畅, 等. Monaco计划系统—野多弧的通量拆分方式研究[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2022, 46(4): 217–222. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381–202009013–00163

Yang Jinlei, Bu Mingwei, Li Shuchang, et al. Study on fluence splitting of single-beam multi-arc in Monaco planning system[J]. *International Journal of Radiation Medicine and Nuclear Medicine*, 2022, 46(4): 217–222. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381–202009013–00163

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381–202009013–00163>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 宫颈癌术后容积旋转调强放疗与5野调强放疗计划的剂量学比较

Dosimetric comparison between volumetric modulated arc radiotherapy and five fields intensity-modulated radiation therapy for postoperative cervical carcinoma

国际放射医学核医学杂志. 2018, 42(1): 41–46 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673–4114.2018.01.008>

#### 前列腺癌容积旋转调强放疗中标志物可探测性研究

Research on detectability of markers in volume-modulated arc therapy for prostate cancer

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(12): 767–772 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381–202102024–00123>

#### 同一射野角度不同优化方式对中央型肺癌调强适形放射治疗计划的影响

Effect of different optimization methods for the same beam angles on IMRT plan of central lung cancer

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(1): 24–30 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381–202001016–00002>

#### 电子射野影像系统在放疗中的应用进展

Advances in the application of electronic portal imaging device in radiotherapy

国际放射医学核医学杂志. 2018, 42(5): 468–471 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673–4114.2018.05.015>

#### PTW 729电离室矩阵不同验证方法用于宫颈癌术后调强放疗计划验证结果分析

Analysis about the IMRT plan verification results obtained from different verification methods with PTW 729 ionization chamber matrix for postoperative cervical cancer patients

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(10): 631–635 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381–202104016–00110>

#### 宫颈癌术后调强放疗中骨髓抑制与骨髓照射剂量体积的关系

The relationship between bone marrow suppression and dose volume of bone marrow irradiation for the postoperative cervical cancer patients received intensity modulated radiotherapy

国际放射医学核医学杂志. 2020, 44(3): 143–150 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381–201811039–00002>

·临床研究·

# Monaco 计划系统一野多弧的通量拆分方式研究

杨金磊 卜明伟 李舒畅 张为天 刘明喆 侯凯然 刘博宇

吉林省肿瘤医院放射治疗科, 长春 130012

通信作者: 刘博宇, Email: [liuby1966@163.com](mailto:liuby1966@163.com)

**【摘要】目的** 研究 Monaco 计划系统采用 1 野多弧设置时, 通量的具体拆分方式。**方法** (1)模拟计划: 选用密度均匀的圆柱形 Delta4 模体, 在模体的 CT 图像上分别勾画 2、3、4 个横向整齐排列的圆柱形结构, 模拟 3 例分别采用 1 野多弧照射 2、3、4 个孤立靶区的肿瘤患者, 观察每个射野形状与靶区的位置关系, 分析其规律性。(2)患者照射: 采用完全随机法选取吉林省肿瘤医院经过放射治疗的 3 例患者, 包括全脑预防性照射、鼻咽癌、宫颈癌患者, 对每例患者分别设计 3 个容积旋转调强治疗计划, 均为一个 360°的射野, 分别采用 1 野 2、3、4 弧进行治疗。所有计划的机架角度均归 0°后, 在加速器上执行计划, 并使用 Matrixx 剂量验证系统分别测量每个计划的总剂量和每个弧的剂量, 比较每个计划的总剂量与其每个弧剂量间的位置关系。**结果** 模拟计划和患者照射研究结果均显示, 在射野方向观(BEV)上, 通量沿着 x 轴进行分割, 通量分割的份数与计划中弧的数量相等; 且各弧是按照先后顺序, 在 BEV 上由左至右进行照射。**结论** 了解 Monaco 计划系统的通量拆分方式, 可为其在临床中的实际应用提供指导。

**【关键词】** 放射疗法; Monaco 计划系统; 容积旋转调强治疗; 一野多弧; 通量拆分

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-202009013-00163](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202009013-00163)

## Study on fluence splitting of single-beam multi-arc in Monaco planning system

Yang Jinlei, Bu Mingwei, Li Shuchang, Zhang Weitian, Liu Mingzhe, Hou Kairan, Liu Boyu

Department of Radiation Oncology, Jilin Cancer Hospital, Changchun 130012, China

Corresponding author: Liu Boyu, Email: [liuby1966@163.com](mailto:liuby1966@163.com)

**【Abstract】Objective** To study the specific splitting mode of fluence in Monaco planning system with single-beam multi-arc. **Methods** (1) Simulation plan: two, three, and four cylindrical structures were drawn along the x direction on the CT image of the cylindrical Delta4 phantom with uniform density to simulate three cases that need to irradiate two, three, and four isolated target volumes at the same time, respectively, to observe the relationship between the shape of the irradiation fields and the target volumes and analyze their regularity. (2) Patient irradiation: the following past cases in Jilin Cancer Hospital were completely random selected: one case of whole brain prophylactic irradiation, one case of nasopharyngeal carcinoma, and one case of cervical cancer. Three volume-modulated arc therapy plans were designed for each patient. A 360° beam was used in all plans, and the difference is that the numbers of arcs were two, three, and four, respectively. The gantry angles of all real case plans were set to 0°, the real patient plans were delivered on the accelerator, and the Matrixx dose verification system was used to measure the total dose of the plans and the partial dose per arc. Compare the positional relationship between the total dose for each plan and its dose per arc. **Results** The results of simulation plan and patient irradiation study showed that on the beam's eye view (BEV), the fluence was divided along the x-axis, and the number of fluence divisions was equal to the number of arcs in the plan. Each arc was illuminated from left to right in the BEV direction in sequence. **Conclusion** The fluence splitting mode in Monaco planning system was elucidated, providing guidance for its practical application in clinic.

**【Key words】** Radiotherapy; Monaco planning system; Volume-modulated arc therapy; Single-beam multi-arc; Fluence splitting

DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202009013-00163

Monaco 是瑞典医科达公司研发的一款用于外照射的治疗计划系统(treatment planning system, TPS)。有别于其他主流 TPS, Monaco 采用简化的蒙特卡罗算法进行剂量计算<sup>[1-2]</sup>, 与其他 TPS 相比, Monaco 的精确度较高<sup>[3-4]</sup>。在 5.0 版本的 Monaco 推出后, 优化算法有了显著改善, 配合生物优化函数的使用, 使得 Monaco 成为了一套出色的 TPS<sup>[5-7]</sup>。

采用容积旋转调强治疗(volume-modulated arc therapy, VMAT)计划进行逆向优化时, 通量转化为可执行子野序列的算法是 TPS 较为核心的技术。Monaco 采用扫地序列式的子野进行剂量投递, 即在每个等间距的特定机架角度内, 光栅从照射范围的一侧移动至另一侧。Monaco 的优点: 每个控制点处光栅形成的子野在  $x$  轴方向上的平均宽度较大, 窄条状射野相对少; 各控制点间的光栅变化较规律。这些优点有助于改善剂量验证结果, 但是, 同时也会限制整个计划的剂量调制能力。为此, Monaco 采用了有别于其他 TPS 的 1 野多弧设计来提高剂量调制能力, 1 个射野最多可以添加 4 个弧。当计划使用 1 野 2 弧进行设计时, 在优化进程的第 2 步, TPS 会把第 1 步优化得到的通量沿着  $x$  轴方向拆分为左右 2 个部分, 第 1 个弧照射左半边, 第 2 个弧照射右半边。这样, 在增加剂量调制能力的同时, 又因每个控制点处光栅最大运动范围变小, 导致每个弧的照射时间减少。当横断面上靶区可以被拆分为相互孤立的两部分时, 1 野 2 弧可以得到很好地应用, 如对于鼻咽癌患者, 一般在计划设计时均采用 1 野 2 弧, 与 1 野 1 弧或 2 野 1 弧相比, 在照射颈部靶区时其更容易保护两部分靶区之间的器官和组织。目前, 1 野 2 弧的通量拆分方

式是非常明确的, 其是沿着  $x$  轴将通量分为 2 份, 但对于 1 野 3 弧和 1 野 4 弧的通量拆分方式, 在厂家能够提供的技术资料及以往的文献报道中均未见。因此, 我们通过研究探求 Monaco 中 1 野 3 弧和 1 野 4 弧的通量拆分方式, 为物理师使用 Monaco 进行计划设计及多弧选取时提供理论参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 主要材料与设备

模拟患者使用瑞典 ScandiDos 公司的 Delta4 模体的标准 CT 图像; 所有 TPS 均使用瑞典医科达公司的 Monaco 计划系统(version 5.11.03)。X 射线照射使用瑞典医科达公司的 infinity 6 MV 型加速器; 剂量测量使用德国 IBA 公司的 Matrixx 剂量验证系统。

### 1.2 模拟计划

选用密度均匀的圆柱形 Delta4 模体, 在模体的标准 CT 图像上分别勾画 2、3、4 个横向整齐排列的圆柱形结构, 分别代表 2、3、4 个相互孤立的靶体积, 共 3 组 CT 图像和结构, 用其模拟 3 例需要进行 VMAT 且同时照射 2、3、4 个孤立靶区的患者, 即模拟患者(图 1)。针对每例模拟患者分别设计 3 个 VMAT 计划, 计划均采用一个  $360^\circ$  射野, 每个计划分别采用 1 野 2、3、4 弧进行设计。VMAT 计划设计完成后, 回看各个控制点处射野的主要照射范围, 观察每个射野形状与靶区的位置关系, 统计并分析其规律性。

### 1.3 患者投照

采用完全随机法选取吉林省肿瘤医院放射治疗科进行过放射治疗的 3 例患者, 包括全脑预防性照射患者(女性, 56 岁)、鼻咽癌患者(男性, 48 岁)

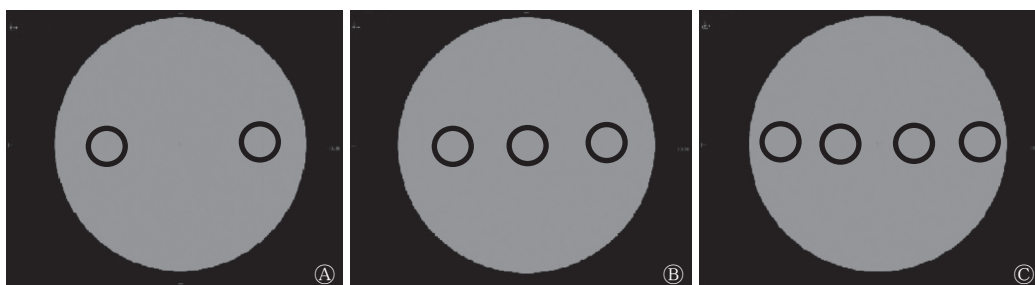


图 1 用于 1 野多弧容积旋转调强治疗计划设计的 Delta4 模体的标准 CT 图 A、B、C 分别为勾画了 2、3、4 个孤立靶区的模体, 黑色圆圈代表需要照射的靶区。CT 为计算机体层摄影术

Figure 1 Delta4 phantom standard CT images for single-beam multi-arc volume-modulated arc therapy planning

和宫颈癌患者(女性, 51岁), 对每例患者分别重新设计3个VMAT计划, 均采用一个360°射野, 每个计划分别选用1野2、3、4弧进行治疗。设计完成后, 将计划机架角度均归0°, 在加速器上执行计划, 使用Matrixx剂量验证系统测量每个计划的总剂量和每个弧的剂量, 通过每个弧的实测剂量分布与计划总剂量分布的对比, 比较二者的位置关系, 判断计划的通量拆分方式。

## 2 结果

### 2.1 模拟计划

拥有2、3、4个孤立靶区的模拟患者分别使用1野2、3、4弧进行优化后, 得到各弧在机架角度最接近0°的控制点处的射野形状(图2)。使用

1野多弧照射多个孤立靶区时, 各弧按照先后顺序, 在射野方向观(beam's eye view, BEV)上由左至右照射了各个靶区。特别是在采用1野2、3、4弧分别同时照射2、3、4个孤立靶区时, 各弧按照先后顺序, 从左至右分别照射了不同的靶区, 如图2A中的a2、b2, 图2B中的a3、b3、c3, 图2C中的a4、b4、c4、d4。

采用1野多弧同时照射2、3、4个孤立靶区时, 各弧主要照射的靶区位置情况见表1。1野3弧和1野4弧照射多个靶区时, 各弧是按照先后顺序, 在BEV上由左至右照射了各个靶区。由此可知, Monaco计划系统采用1野多弧设置时, 通量的拆分方式与1野2弧类似, 都是沿着x轴方向进行分割, 计划设置了几个弧, 通量就会沿着x轴

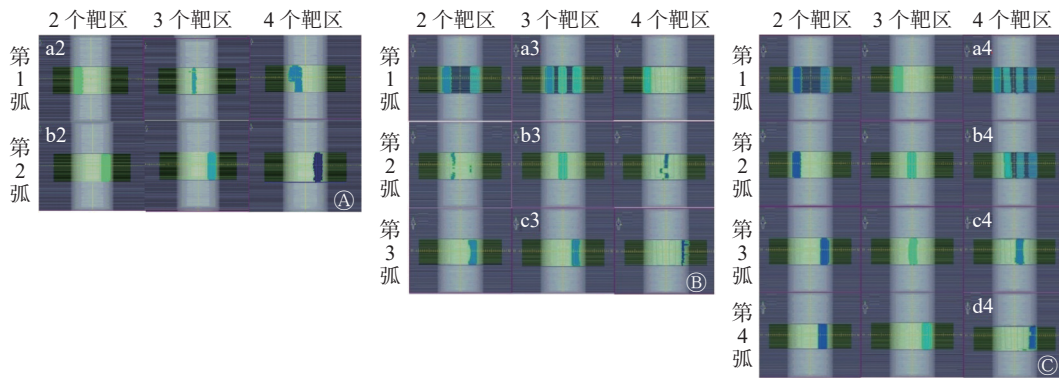


图2 3例模拟患者容积旋转调强治疗计划中机架最接近0°时射野方向观上的射野形状 A、B、C为1野2、3、4弧计划分别照射2、3、4个靶区, 其中横向表示3例不同的模拟患者, 纵向为1个计划中的各个弧

Figure 2 The shape of the radiation field in the beam's eye view direction when the gantry angle of each arc was closest to 0° in the volume-modulated arc therapy of three simulated patients

表1 模拟患者容积旋转调强治疗中采用1野2、3、4弧照射2、3、4个孤立靶区时各弧主要照射的靶区位置

Table 1 The main irradiating positions of each arc when 2, 3 and 4 carcs of 1 beam were used to irradiate 2, 3 and 4 isolated targets in the simulated patients by volume-modulated arc therapy

计划	2个靶区		3个靶区			4个靶区			
	1区	2区	1区	2区	3区	1区	2区	3区	4区
1野2弧									
第1弧	√	-	√	√	-	√	√	-	-
第2弧	-	√	-	√	√	-	-	√	√
1野3弧									
第1弧	√	-	√	-	-	√	-	-	-
第2弧	√	√	-	√	-	-	√	√	-
第3弧	-	√	-	-	√	-	-	-	√
1野4弧									
第1弧	√	-	√	-	-	√	-	-	-
第2弧	√	-	√	√	-	-	√	-	-
第3弧	-	√	-	√	√	-	-	√	-
第4弧	-	√	-	-	√	-	-	-	√

注: √表示该靶区被相应的弧主要照射; -表示该靶区射野较少或者未被照射到。1~4区分别为模拟患者照射靶区由左至右的编号

拆分成几份；且各弧是按照先后顺序，在 BEV 上由左至右进行照射。

## 2.2 患者投照

全脑预防性照射、鼻咽癌和宫颈癌患者使用 Matrixx 剂量验证系统进行剂量测量获得的计划剂量分布及计划中各弧的剂量分布见图 3。在 9 个计划中，通过每个计划的剂量分布与其每个弧的剂量分布间的位置比较，可以清晰地可见 Monaco 计划系统采用 1 野多弧设置时的通量拆分方式，即通量是沿着  $x$  轴方向进行分割的，计划设置了几个弧，通量就会沿着  $x$  轴拆分成几份，且每个弧是按照先后顺序，在 BEV 上由左至右进行照射。

## 3 讨论

通量分布转化为可执行的子野序列是 TPS 的核心算法之一，其对计划执行的效率和剂量验证结果均有影响。掌握不同设置对子野序列细节的影响，可以在计划设计时更容易获得最优的剂量结果。

在本研究中，我们通过 2 个研究分别证实了 Monaco 计划系统采用 1 野多弧设置时，TPS 是根据设定的弧的数量将通量沿着  $x$  轴方向进行拆分的，且弧的数量与通量被拆分的份数相等。模拟计划实验是在理想模型中进行的，因为靶区形状规则，这样通过回看各个控制点处的子野形状，是比较容易发现规律的。需要指出的是，在一些入射角度上，如果在其 BEV 上查看各孤立靶区时，各靶

区位置相互重叠，则各弧照射位置也是相互重叠的，这时，通过人为判定射野照射范围与各个靶区的位置关系是较难的，这也是 Monaco 计划系统采用多弧设置时，并不清楚其射野拆分方式的主要原因之一。而在 BEV 上，当各孤立靶区的边界可以清晰地分开时，各弧照射范围与各个靶区位置之间的关系是较容易判断的。但是在实际的临床工作中，绝大部分患者靶区的形态都是不规则的，这很难甚至无法再通过翻看子野形状或子野照射范围来寻找规律。因此，本研究选择通过实际剂量测量寻找通量拆分的规律。患者投照研究之所以将机架角度归  $0^\circ$  进行照射，是因为在 Monaco 计划系统中，所谓的通量拆分都是在 BEV 上进行的，当入射角度为  $180^\circ$  时，BEV 上观察的左侧，即为患者左侧，而当入射角度为  $0^\circ$  时，BEV 上观察的左侧，实则为患者右侧。故只有将所有角度都归  $0^\circ$ ，才能保证 BEV 上观察到的方向与投照时剂量探测装置的方向保持一致。这样才可以通量探测装置接受照射的位置来判断计划通量的拆分方式。我们通过患者投照研究进一步证实了多弧设置与通量沿  $x$  轴方向进行相应拆分的机制。

针对 Monaco 计划系统，以往的研究者报道了一些相关设置对治疗计划影响的研究。张勇和李锐杰<sup>[8]</sup>研究了 Monaco 中优化函数对计划质量的影响。裴运通等<sup>[9]</sup>和 Palanisamy 等<sup>[10]</sup>分别研究了计算网格大小和统计不确定性对 Monaco 剂量计算

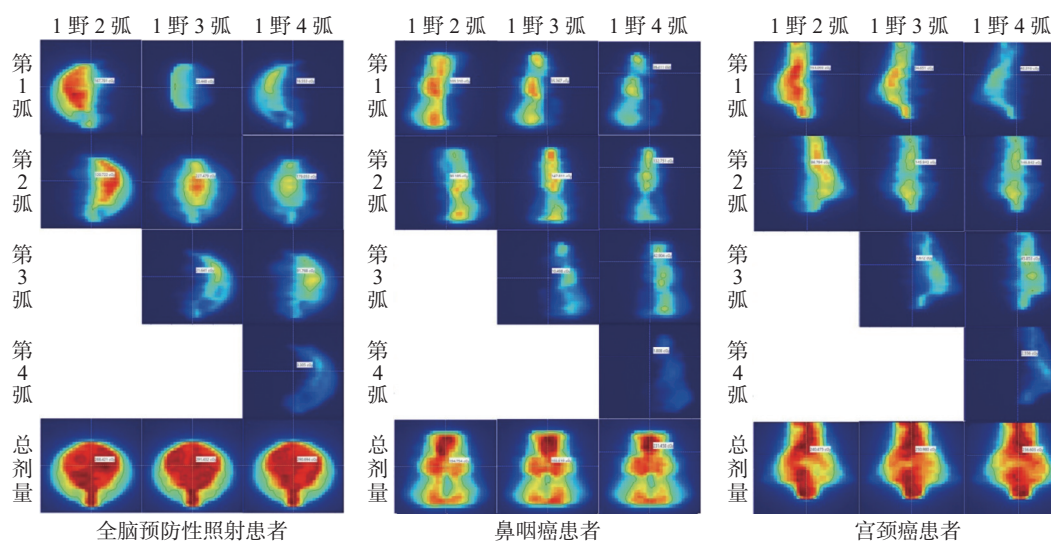


图 3 3 例患者容积旋转调强治疗设计各计划的剂量分布及其各弧的剂量分布图 3 例患者均分别采用 1 野 2、3、4 弧进行计划设计，所有计划射野角度归  $0^\circ$  后在加速器上进行照射，并使用 Matrixx 二维探测器对每个弧的剂量及总剂量进行测量

Figure 3 Dose distribution of each volume-modulated arc therapy planing and each arc of each plan in 3 patients

准确性的影响。洪楷彬等<sup>[11]</sup>和 Wang 等<sup>[12]</sup>分别研究了控制点数量和最小子野宽度设置对 Monaco 计划优化结果的影响。此外, 噪声参数对计算效率和剂量计算精度的影响<sup>[13]</sup>和子野形状优化结合可调制剂量率的适形弧技术在 Monaco 中的应用情况<sup>[14]</sup>, 也都有相应的研究结果。射野和弧数量对计划结果的影响也有诸多研究报道, 比如, Nithya 等<sup>[15]</sup>研究了 VMAT 射野角度以及弧数量的增加对计划结果的影响; 另一些研究者探讨了不同病种应用 VMAT 技术时, 弧数量的不同对治疗计划结果的影响<sup>[16-18]</sup>; Kalet 等<sup>[19]</sup>还研究了射野数量不同对计划的影响。但这些研究都是局限在弧数量 $\leq 2$  的范围内进行的, 而且针对弧数量的不同而产生的剂量学差异, 并没有从本质上阐述其具体原因。特别是使用 3 弧和 4 弧时的剂量学结果在以往的文献中均未见报道。临床上很少使用 3 弧或更多弧进行计划设计, 究其原因, 主要是考虑到治疗效率, 以及绝大多数常规患者并不需要太高的剂量调制度。但了解了 1 野多弧的通量拆分原理, 这对物理师在进行 VMAT 计划设计时, 对于弧数量的选择提供了理论指导, 对临床工作有实际意义。

综上所述, 本研究通过计划模拟和剂量测量 2 种方法分别证实了 Monaco 计划系统采用 1 野多弧设置时, 计划系统是根据弧的数量将通量沿着 x 轴方向拆分成相应份数。了解 Monaco 计划系统的通量拆分方式, 可以更好地指导其在临床工作中的实际应用。

**利益冲突** 所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明** 杨金磊负责研究设计、论文撰写; 卜明伟、李舒畅负责计划模拟实验的具体实施、论文的修改、部分实验数据的整理; 张为天、刘明喆、侯凯然负责患者照射的具体实施、论文的修改、部分实验数据的整理; 刘博宇负责研究主题的提出、研究方向的把握与指导、论文的审阅等

## 参 考 文 献

- [1] Fotina I, Kragl G, Kroupa B, et al. Clinical comparison of dose calculation using the enhanced collapsed cone algorithm vs. a new Monte Carlo algorithm[J]. *Strahlenther Onkol*, 2011, 187(7): 433-441. DOI: 10.1007/s00066-011-2215-9.
- [2] Paudel MR, Kim A, Sarfehnia A, et al. Experimental evaluation of a GPU-based Monte Carlo dose calculation algorithm in the Monaco treatment planning system[J/OL]. *J Appl Clin Med Phys*, 2016, 17(6): 230-241[2021-02-25]. <https://aapm.online>
- [3] Bosse C, Narayanasamy G, Saenz D, et al. Dose calculation comparisons between three modern treatment planning systems[J]. *J Med Phys*, 2020, 45(3): 143-147. DOI: 10.4103/jmp.JMP\_111\_19.
- [4] Delana A, Barbareschi A, Consorti R, et al. Dose calculation accuracy in proximity of a pacemaker: a multicenter study with threecommercial treatment planning systems[J]. *Phys Med*, 2020, 80: 201-208. DOI: 10.1016/j.ejmp.2020.10.015.
- [5] Kathirvel M, Subramani V, Subramanian VS, et al. Dosimetric comparison of head and neck cancer patients planned with multivendor volumetric modulated arc therapy technology[J]. *J Cancer Res Ther*, 2017, 13(1): 122-130. DOI: 10.4103/0973-1482.203600.
- [6] Pyshniak V, Fotina I, Zverava A, et al. Efficiency of biological versus physical optimization for single-arc VMAT for prostate and head and neck cases[J/OL]. *J Appl Clin Med Phys*, 2014, 15(4): 39-53[2021-02-25]. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1120/jacmp.v15i4.4514>. DOI: 10.1120/jacmp.v15i4.4514.
- [7] Anderson N, Lawford C, Khoo V, et al. Improved normal tissue sparing in head and neck radiotherapy using biological cost function based-IMRT[J]. *Technol Cancer Res Treat*, 2011, 10(6): 575-583. DOI: 10.1177/153303461101000607.
- [8] 张勇, 李锐杰. 鼻咽癌放疗计划制作中 Monaco 计划系统函数使用[J]. *中国医疗器械信息*, 2020, 26(1): 36-37. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6586.2020.01.015.  
Zhang Y, Li RJ. The Monaco planning system is commonly used in radiotherapy planning of nasopharyngeal carcinoma[J]. *China Med Dev Inf*, 2020, 26(1): 36-37. DOI: 10.3969/j.issn.1006-6586.2020.01.015.
- [9] 裴运通, 胡金炎, 马阳光, 等. Monaco 计划系统计算网格对头颈部肿瘤小体积危及器官的剂量学影响[J]. *中国医学物理学杂志*, 2019, 36(10): 1145-1151. DOI: 10.3969/j.issn.1005-202X.2019.10.006.  
Pei YT, Hu JY, Ma YG, et al. Dosimetric impact of computational grid size in Monaco treatment planning system on small organs-at-risk in patients with head and neck cancer[J]. *Chin J Med Phys*, 2019, 36(10): 1145-1151. DOI: 10.3969/j.issn.1005-202X.2019.10.006.
- [10] Palanisamy M, David K, Durai M, et al. Dosimetric impact of statistical uncertainty on Monte Carlo dose calculation algorithm in volumetric modulated arc therapy using Monaco TPS for three different clinical cases[J]. *Rep Pract Oncol Radiother*, 2019, 24(2): 188-199. DOI: 10.1016/j.rpor.2019.01.005.
- [11] 洪楷彬, 张瑜, 柏朋刚, 等. 控制点数量设定对 Monaco5.11 计划系统制定鼻咽癌单弧容积旋转调强放疗治疗计划的剂量学影响[J]. *中国医学装备*, 2018, 15(1): 18-21. DOI: 10.3969/J. ISSN.1672-8270.2018.01.006.

- Hong KB, Zhang Y, Bai PG, et al. Influences of the setting of control point number on the formulation of Monaco5.11 plan system for the dosimetry of single volumetric modulated arc therapy plan of nasopharyngeal carcinoma[J]. *China Med Equip*, 2018, 15(1): 18–21. DOI: [10.3969/j.issn.1672-8270.2018.01.006](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-8270.2018.01.006).
- [12] Wang YY, Chen L, Zhu FY, et al. A study of minimum segment width parameter on VMAT plan quality, delivery accuracy, and efficiency for cervical cancer using Monaco TPS[J/OL]. *J Appl Clin Med Phys*, 2018, 19(5): 609–615[2021-02-25]. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/acm2.12422>. DOI: [10.1002/acm2.12422](https://doi.org/10.1002/acm2.12422).
- [13] 李晨光, 赵晶晶, 李正贤, 等. Monaco 统计噪声参数设置对计算效率和剂量精度的影响[J]. *中国医学物理学杂志*, 2018, 35(7): 766–770. DOI: [10.3969/j.issn.1005-202X.2018.07.005](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-202X.2018.07.005).  
Li CG, Zhao JJ, Li ZX, et al. Effects of different uncertainty settings in Monaco treatment planning system on computation efficiency and dosimetric accuracy[J]. *Chin J Med Phys*, 2018, 35(7): 766–770. DOI: [10.3969/j.issn.1005-202X.2018.07.005](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-202X.2018.07.005).
- [14] Thaper D, Kamal R, Singh G, et al. Dosimetric comparison of dynamic conformal arc integrated with segment shape optimization and variable dose rate versus volumetric modulated arc therapy for liver SBRT[J]. *Rep Pract Oncol Radiother*, 2020, 25(4): 667–677. DOI: [10.1016/j.rpor.2020.04.017](https://doi.org/10.1016/j.rpor.2020.04.017).
- [15] Nithya L, Raj NAN, Rathinamuthu S, et al. Influence of increment of gantry angle and number of arcs on esophageal volumetric modulated arc therapy planning in Monaco planning system: a planning study[J]. *J Med Phys*, 2014, 39(4): 231–237. DOI: [10.4103/0971-6203.144488](https://doi.org/10.4103/0971-6203.144488).
- [16] 徐玥靓, 秦颂兵, 陈龙. Monaco 5.11 容积旋转调强中单野单弧与单野双弧的剂量学比较[J]. *中国血液流变学杂志*, 2019, 29(3): 351–353, 357. DOI: [10.3969/j.issn.1009-881X.2019.03.026](https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-881X.2019.03.026).  
Xu YL, Qin SB, Chen L. Single-arc-per-beam and Double-arc-per-beam VMAT dosimetric comparison in Monaco 5.11 treatment planning system[J]. *Chin J Hemorheol*, 2019, 29(3): 351–353, 357. DOI: [10.3969/j.issn.1009-881X.2019.03.026](https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-881X.2019.03.026).
- [17] 庄建发, 纪荣佳, 管凯, 等. 单双弧设定对 Monaco5.0 制定鼻咽癌 VMAT 计划的剂量学影响[J]. *现代仪器与医疗*, 2016, 22(4): 26–27, 66. DOI: [10.11876/mimt201604010](https://doi.org/10.11876/mimt201604010).  
Zhuang JF, Ji RJ, Guan K, et al. Dosimetric effect of single and double arc setting on VMAT plan for nasopharyngeal carcinoma in Monaco5.0[J]. *Mod Instrum Med Treat*, 2016, 22(4): 26–27, 66. DOI: [10.11876/mimt201604010](https://doi.org/10.11876/mimt201604010).
- [18] 薛涛, 何晓阳, 孙云川, 等. MONACO 放疗计划系统 VMAT 计划照射野 Arc 数目对治疗计划影响的比较分析[J]. *中国医疗设备*, 2019, 34(9): 74–76, 84. DOI: [10.3969/j.issn.1674-1633.2019.09.019](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-1633.2019.09.019).  
Xue T, He XY, Sun YC, et al. Comparative analysis of the effect of Arcs per beam of VMAT on the treatment plan in MONACO treatment planning system[J]. *China Med Device*, 2019, 34(9): 74–76, 84. DOI: [10.3969/j.issn.1674-1633.2019.09.019](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-1633.2019.09.019).
- [19] Kalet AM, Richardson HL, Nikolaisen DA, et al. Dosimetric comparison of single-beam multi-arc and 2-beam multi-arc VMAT optimization in the Monaco treatment planning system[J]. *Med Dosim*, 2017, 42(2): 122–125. DOI: [10.1016/j.meddos.2017.02.001](https://doi.org/10.1016/j.meddos.2017.02.001).

(收稿日期: 2021-02-26)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

## 谨防诈骗声明

近期发现有单位盗用我刊名义, 在社会上征集稿件、征收版面费, 造成了极其恶劣的影响, 严重地损害了我刊声誉。在此, 我刊编辑部严正声明, 我们未委托任何单位、公司及网站办理网上投稿、组稿及其相关业务。请广大读者、作者提高警惕, 以免上当受骗。我刊网站([www.ijrmnm.com](http://www.ijrmnm.com))可在线投稿、查询、审稿、退稿等, 欢迎广大读者、作者登录并进行相关浏览和投稿。

联系电话: 022-58089989

联系邮箱: [gjfh2006@irm-cams.ac.cn](mailto:gjfh2006@irm-cams.ac.cn)

本刊编辑部