

论 著

宫颈癌VMAT放疗计划中实际射野角度与射野角度归零的剂量验证比较*

顾宵寰 李金凯* 李彩虹
王沛沛 昌志刚 胡晓伟
李华玲 李 茹 武 娟

江苏省人民医院(南京医科大学第一附属医院)放射治疗科 (江苏南京 210000)

【摘要】目的 以宫颈癌为例，比较分析容积旋转调强放疗(volumetric modulated arc therapy, VMAT)计划验证中，实际射野角度和射野角度归零的γ通过率的差异性，为临床提供参考。方法 选取20例宫颈癌患者的VMAT计划进行计划验证，探测矩阵使用PTW OCTAVIUS 1500，模体使用PTW OCTAVIUS 4D，分析软件使用PTW VeriSoft，在医科达AXESSE电子直线加速器上，分别进行实际射野角度和射野角度归零的计划验证测量，选用2mm/2%和3mm/3% 两种标准进行γ通过率分析。并进一步将机架角度分解为水平线上和水平线下两种角度范围，探究治疗床对γ通过率的影响。比较几种验证结果的差异性。结果 20例患者γ通过率(%), 实际射野角度(2mm/2% 91.9±2.6, 3mm/3% 99.1±0.4)相比射野角度归零(2mm/2% 94.0±2.3, 3mm/3% 99.5±0.3)有所降低(P<0.05)且差异较大(Cohen's d 值, 2mm2% 1.212, 3mm3% 0.884); 水平线上角度范围, 实际射野角度(2mm/2% 93.0%, 3mm/3% 99.3%)相比射野角度归零(2mm/2% 93.9%, 3mm/3% 99.5%)有所降低(P<0.05)且差异中等(Cohen's d 值, 2mm2% 0.562, 3mm3% 0.568); 水平线下角度范围, 实际射野角度(2mm/2% 90.8%, 3mm/3% 99.1%)相比射野角度归零(2mm/2% 93.9%, 3mm/3% 99.6%)有所降低(P<0.05)且差异很大(Cohen's d 值, 2mm2% 2.472, 3mm3% 1.464)。结论 相比于射野角度归零, 实际射野角度计划验证考虑到了实际治疗时机架旋转的问题, 例如在不同角度, 加速器机架和多叶准直器在重力作用下的影响、治疗床的影响等因素, 更能反映实际治疗情况。

【关键词】OCTAVIUS 4D; VMAT; 计划验证; γ通过率; 射野角度; 剂量验证
【中图分类号】R815.6
【文献标识码】A
【基金项目】国家自然科学基金(82003228)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.02.043

Comparison of Dose Verification between Actual Field Angle and Zero Field Angle of VMAT Plan for Cervical Cancer*

GU Xiao-huan, LI Jin-kai*, LI Cai-hong, WANG Pei-pei, CHANG Zhi-gang, HU Xiao-wei, LI Hua-ling, JI Ru, WU Juan.
Department of Radiation Oncology, Jiangsu Province Hospital(the First Affiliated Hospital with Nanjing Medical University), Nanjing 210000, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective Taking cervical cancer as an example, the difference in the γ pass rate of the actual field Angle and the field Angle in the planned validation of volume rotating intensity modulated radiotherapy (Volumetric Modulated Arc Therapy, VMAT) is provided for clinical reference. **Methods** VMAT plans of 20 cervical cancer patients were selected for plan validation, PTW OCTAVIUS 1500 for detection matrix, PTW OCTAVIUS 4D for mold, PTW VeriSoft for AXESSE On the accelerator, the planned verification measurement of actual field Angle and field Angle were respectively, and two standards of 2mm / 2% and 3mm / 3% were selected for γ pass rate analysis. Further, the frame angle was decomposed into the upper and lower horizontal angles to explore the influence of the treatment bed on the γ pass rate. Comparing the variability of several validation results. **Results** γ pass rate (%) in 20 patients, actual field angle (2mm / 2% 91.9 ± 2.6, 3mm / 3% 99.1 ± 0.4) compared to field angle (2mm / 2% 94.0 ± 2.3, 3mm / 3% 99.5 ± 0.3) decreased (P<0.05) and varied significantly (Cohen's d value, 2mm2% 1.212, 3mm3% 0.884); actual angular range (2mm / 2% 93.0%, 3mm / 3% 99.3%) decreased with zero (2mm / 2% 93.9%, 3mm / 3% 99.5%) (P<0.05) and moderate difference (Cohen' sd, 2mm2% 0.562, 3mm3% 0.568); below the horizontal angle range, the actual field angle ((2mm / 2% 90.8%, 3mm / 3% 99.1%) was decreased (2mm / 2% 93.9%, 3mm. 3% 99.6%) (Cohen's d value, 2mm2% 2.472, 3mm3% 1.464). **Conclusion** Compared with the field angle zero, the actual field angle plan verification takes into account the problem of the actual treatment timing frame rotation, such as the accelerator frame and multi-leaf collimator at different angles Impact, the influence of the treatment bed and other factors, more can reflect the actual treatment situation.

Keywords: OCTAVIUS 4D; VMAT; Verification; Gamma Pass Rate; Beam Angle; Dosimetric Verification

宫颈癌是最常见的恶性肿瘤之一，严重威胁妇女的生命健康。据统计我国每年新发病例接近10万，居女性生殖系统恶性肿瘤的首位。放射治疗是宫颈癌的主要治疗手段之一，适用范围广、疗效好。VMAT为一种容积调制弧形放疗技术，通过加速器机架旋转时调制输出束流，以获得精确的三维雕刻般效果的剂量分布。它利用专业的治疗计划逆向算法使得在治疗过程中可同时改变三个变量，分别为直线加速器机架的旋转速度、MLC的位置和剂量率，以确保得到“快、准、优”的治疗方案^[1]，对精度要求高，应重视患者放疗前计划验证的精确性。目前许多放疗机构因硬件条件限制不能进行实际射野角度的计划验证，只能进行射野角度归零验证，与实际治疗条件不一致，忽略了在不同角度加速器机架、多叶准直器、治疗床等因素对输出剂量的影响^[2]。OCTAVIUS 4D提供了较好的旋转治疗QA解决方案^[3]。本文拟以宫颈癌为例，采用OCTAVIUS 4D测量分析实际射野角度和射野角度归零的γ通过率的差异性。

1 资料与方法

1.1 病例选取 选取在我院放疗科2021年6月至10月治疗的宫颈癌患者20例，均使用一体板(盆腔)、热塑体模固定患者体位。患者取仰卧位，头体居中，双手十指交叉置胸口，排空大小便，喝水800mL，充盈膀胱。使用西门子16排大孔径CT(Somatom Sensation Open CT)进行扫描，扫描层厚5mm，扫描范围为第一腰椎上缘至坐骨结节5cm。靶区由医生根据ICRU50号报告勾画临床靶区(CTV)，范围包括瘤床和淋巴引流区，CTV外扩0.5cm形成PTV。处方剂量均为靶区总剂量50Gy,照射次数25次，均由Monaco5.11计划系统设计VMAT两Arc全弧照射放疗计划，射线能量6MV，最大控制点数75，最小子野宽度0.6cm，计算网格0.3cm，不确定度Per Calculation1%，95%以上处方剂量线覆盖PTV。

1.2 制作验证计划 使用Monaco5.11计划系统，将上述20例宫颈癌患者治疗计划参数保持不变，移植到OCTAVIUS 4D模体CT影像中心上，中心点选择在模体体积中心，制作两组共40例验证计划。其中第一组保留全部射野参数，得到机架实际治疗角度的验证计划；第二组将所有射野的机架角度全部设为零度，其他条件保持一致，得到机架角度归零的验证计划。

1.3 验证设备与测量步骤 探测矩阵使用PTW OCTAVIUS 1500，探测器技术为通气型探测器，探测器数量1405，尺寸4.4X4.4X3mm³，最大射野分布27X27cm²，探测器射野覆盖率50%，最大剂量率48Gy/min，适用于VMAT,IMRT,SRS/SBRT QA。矩阵使用电离

【第一作者】顾宵寰，男，中级技师，主要研究方向：放疗计划设计与质控。E-mail: 1562510694@qq.com
【通讯作者】李金凯，男，副高级技师，主要研究方向：放疗计划设计与质控。E-mail: lijinkai1028@163.com

室探测, 测量绝对剂量, 通过一次测量获得较大射野覆盖, 出厂时在钴-60下校准, 可保持长期优异的稳定性, 无需频繁校准。

测量模体使用PTW OCTAVIUS 4D, 形状为圆柱形等效固体水, 圆柱的长度为34.3 cm、直径32cm, 可以360度旋转, CT值为16, 相对电子密度1.016, 物理密度1.05g/cm³, 将上述PTW OCTAVIUS 1500阵列插入模体中, 使用倾角仪贴在机架旋转轴附近输出角度信息, 使探测器平面始终与射束中心轴保持垂直, 三维体积分析范围从平面扩展到体积, 测量整个圆柱形模体内的剂量分布。阵列测量得到的每个机架角度的平面剂量在分析时与百分深度剂量曲线融合重建, 最终生成模体内的三维剂量分布。此种验证设备探测器平面始终与射束中心轴保持垂直, 排除了因探测器排列位置等因素导致的测量误差。

分析软件使用PTW VeriSoft, 主要用 γ 值分析比较, 按多种偏差标准来计算计划与实测的通过率, 可以提供多种剂量分布的比较, 包括模体不同层面和层面上的各种方向: 左右、头脚、正负斜对角线等, 另外还提供结果的直方图分析。获得的测量结果需经Verisoft软件进行三维剂量重建。剂量重建算法利用时间 & 角度依赖性, 对于每一时间间隔确定其等效射野, 基于在水箱中测量的PDD(0x0 cm²至26×26 cm²), 在指定的间隔内, 获得实际测量和外推的所有剂量点的总和, 所有间隔叠加将最终形成3D模体剂量分布。

测量前先将探测模体及矩阵提前放至加速器机房, 以适应机房的温度气压等环境条件的影响; 测量时首先校准加速器输出剂量、各项机械参数等, 确保加速器性能良好稳定; 将旋转单元正确摆放在治疗床上, 矩阵平板插入旋转单元槽中, 用连接线连接矩阵平板、旋转单元与控制单元; 将倾角仪粘贴在机架的旋转轴附近, 机架调整至零度, 激光定位线与模体刻度线对齐, 蓝牙连接倾角仪与旋转单元, 进行角度自转检测, 模体旋转单元自转一周, 确定旋转单元与倾角仪角度输出一致性, 完成旋转角度校准; 通过网线将控制单元与控制室PC端相连。模体摆放连接完成后进行预热照射, 射野大小27cm×27cm覆盖探测矩阵所有电离室, 确保探测矩阵对剂量响应的线性和稳定性^[9]。打开VeriSoft软件, 测量获取射野大小10×10cm、跳数200MU的模体中心点剂量, 与计划系统同条件下中心点剂量进行一致性校准; 导入上述20例患者的两组共40例验证计划文件, 开始测量。

测量第一组实际机架角度验证计划时, OCTAVIUS矩阵与机架同步旋转, 测量每个设定机架角度的剂量平面; 基于每个机架角度测量的剂量平面计算整个模体体积内剂量, 所有剂量点和对应机架角进行叠加, 形成三维剂量体积, 测量结果如图1; 测量第二组机架角度归零的验证计划时, 机架角度不旋转始终保持在零度, OCTAVIUS矩阵也不转始终保持在水平位即与射束中心轴保持垂直, 测量结果如图2。用VeriSoft软件对比测量剂量与Monaco计划系统中计算的剂量。

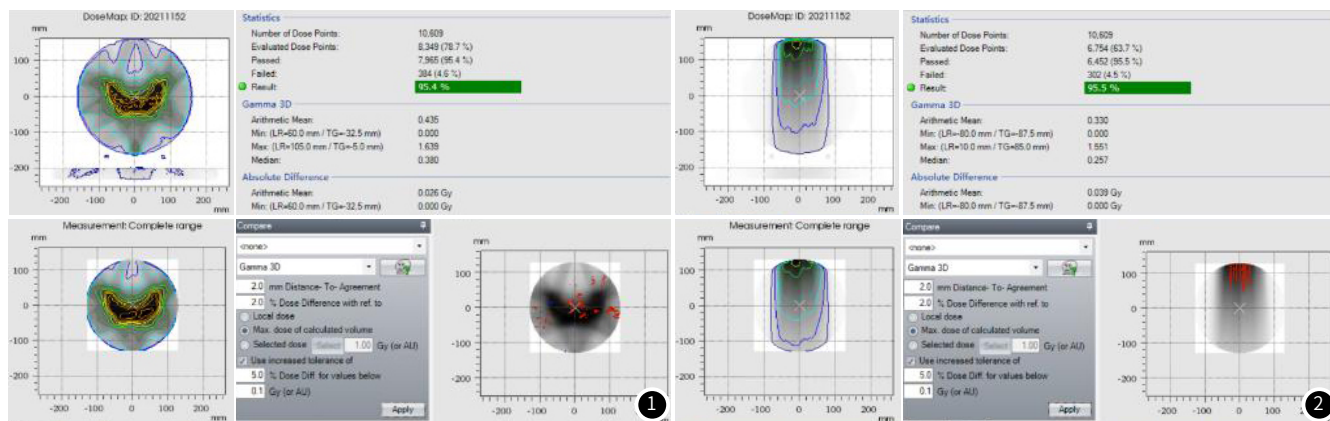


图1 实际机架角度测量结果。图2 机架角度归零测量结果。

1.4 探究水平线上、水平线下角度范围 γ 通过率 为探究治疗床对 γ 通过率的影响, 本研究又选取机架旋转角度水平线上(顺时针旋转270°~90°角度范围, 射野角度不穿过治疗床)和水平线下(顺时针旋转90°~270°角度范围, 射野角度穿过治疗床)两种角度范围, 比较两种角度范围内的射野角度归零与实际机架角度的 γ 通过率差异。

重新制作治疗计划, 将原全弧照射分割为水平线上和水平线下进行分弧照射, 其他计划条件保持不变, 得到新的治疗计划。将此次分弧治疗计划的角度信息按水平线上和水平线下, 分成两组分别传输至Verisoft验证软件。按之前的方式分别制作各对应角度范围的射野角度归零验证计划, 进行测量。

1.5 统计分析 使用SPSS 23软件进行数据分析, 对伽玛通过率数值进行正态性检验, 符合正态分布, 进行配对t检验, 以均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示, $P < 0.05$ 为有统计学意义。

2 结果

因0%~10%剂量区域为散射线照射范围, 10%以上剂量区域为照射野照射范围, 故本研究选取10%以上剂量区域进行比较, 在最大剂量点归一, 20例患者在2mm/2%和3mm/3%两种条件下, 对 γ 通过率进行数据点折线图分析, 见图3。机架实际治疗角度和机架角度归零之间呈现出0.01水平的显著性(2mm/2%时 $t = -5.420$, $P = 0.000$; 3mm/3%时 $t = -3.954$, $P = 0.001$), 以及具体对比差异可知, 机架实际治疗角度的平均值(2mm/2%时

91.9%, 3mm/3%时99.1%), 会明显低于机架角度归零的平均值(2mm/2%时94.0%, 3mm/3%时99.5%)。总共2组配对数据均呈现出差异性, 见表1。

图3. 2mm/2%和3mm/3%条件下, 机架实际治疗角度相比机架角度归零的 γ 通过率对比分析图

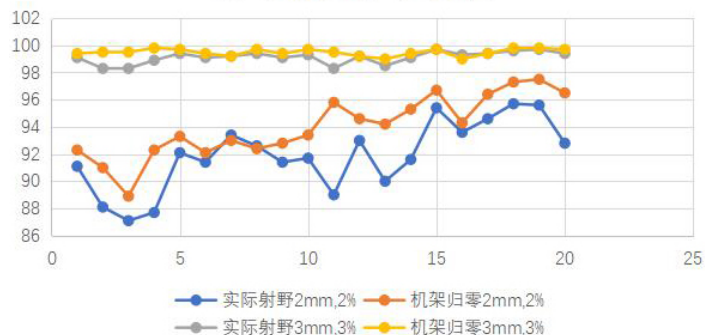


表1 γ 通过率(%)比较

Criteria	Practical beam angle	RZ beam angle	t	P
2mm/2%	91.9±2.6	94.0±2.3	-5.420	0.000
3mm/3%	99.1±0.4	99.5±0.3	-3.954	0.001

此外，本次研究还使用效应量(Effect size)研究差异幅度情况，使用Cohen's d值表示效应量大小(差异幅度大小)，该值越大说明差异越大。配对样本t检验使用Cohen's d 值表示效应量大小， 效应量小、中、大的区分临界点分别是: 0.20、0.50和

0.80，Cohen's d 值计算公式为平均值差值的绝对值/标准差，^[4]结果见表2，Cohen's d值均大于0.80，可见机架实际治疗角度和机架角度归零相比 γ 通过率差异较大。

表2 效应量指标

Criteria	Mean difference	Difference value of 95% CI	Difference standard deviation	The Cohen's d value
2mm/2%	-2.11	-2.925 ~ -1.295	1.741	1.212
3mm/3%	-0.36	-0.552~-0.170	0.408	0.884

对于水平线上角度范围 γ 通过率分析，结果见表3、表4。

表3 水平线上角度范围， γ 通过率(%)比较

Criteria	Practical beam angle	RZ beam angle	t	P
2mm/2%	93.0±2.6	93.9±2.3	-2.450	0.025
3mm/3%	99.3±0.4	99.5±0.3	-2.474	0.024

表4 水平线上角度范围，效应量指标

Criteria	Mean difference	Difference value of 95% CI	Difference standard deviation	The Cohen's d value
2mm/2%	-0.82	-1.525 ~ -0.117	1.461	0.562
3mm/3%	-0.21	-0.394~-0.032	0.376	0.568

水平线下角度范围 γ 通过率分析，结果见表5、表6。

表5 水平线下角度范围， γ 通过率(%)比较

Criteria	Practical beam angle	RZ beam angle	t	P
2mm/2%	90.8±2.5	93.9±2.3	-10.775	0.000
3mm/3%	99.1±0.4	99.6±0.3	-6.381	0.000

表6 水平线下角度范围，效应量指标

Criteria	Mean difference	Difference value of 95% CI	Difference standard deviation	The Cohen's d value
2mm/2%	-3.14	-3.748 ~ -2.525	1.269	2.472
3mm/3%	-0.50	-0.665~-0.335	0.342	1.464

水平线上角度范围，机架实际治疗角度和机架角度归零之间呈现出0.05水平的显著性(2mm/2%时 $t=-2.450$ ， $p=0.025$ ；3mm/3%时 $t=-2.474$ ， $p=0.024$)，以及具体对比差异可知，机架实际治疗角度的平均值(2mm/2%时93.0%，3mm/3%时99.3%)，低于机架角度归零的平均值(2mm/2%时93.9%，3mm/3%时99.5%)。Cohen's d值均大于0.50小于0.80，可见机架实际治疗角度和机架角度归零相比 γ 通过率有中等差异。

水平线下角度范围，机架实际治疗角度和机架角度归零之间呈现出0.01水平的显著性(2mm/2%时 $t=-10.775$ ， $P=0.000$ ；3mm/3%时 $t=-6.381$ ， $P=0.000$)，以及具体对比差异可知，机架实际治疗角度的平均值(2mm/2%时90.8%，3mm/3%时99.1%)，低于机架角度归零的平均值(2mm/2%时93.9%，3mm/3%时99.6%)。Cohen's d值均大于0.80，可见机架实际治疗角度和机架角度归零相比 γ 通过率有很大差异。

3 讨 论

本文以宫颈癌VMAT治疗为例，研究机架实际治疗角度与机架角度归零时剂量验证 γ 通过率(分别在2mm，2%和3mm,3%条件下)的差异性。当前肿瘤放射治疗早已进入了精确定位、精确计划、精确治疗的“三精”时代，三维适形调强放疗(IMRT)、容积旋转调强放疗(VMAT)、螺旋断层放疗(HT)和立体定向放疗(SRT)等技术的不断推陈出新，使靶区的剂量雕刻(高适形度)得以实现，相应的强度调节变量增多，更容易获得满意的剂量分布，但临床使用时亦应注意其变量增多所带来的更多不确定性，应更严格的执行相关的质量保证控制程序。矩阵探测器已是公认的剂量验证的有效工具，本文采用的OCTAVIUS 4D用于治疗前剂量验证是行之有效的^[5]。

本文选取的病例数据均为VMAT照射方式，多个方向的角度均有照射，处方剂量相同，靶区位置、形状、计划参数相近，除射野角度是否归零外其他条件均保持一致，影响剂量验证通过率

的主要因素为加速器执行计划时的稳定性、机架角度到位精度、MLC受重力影响到位精度和治疗床的衰减。阮长利等^[6]的研究已指出,加速器不同机架角时MLC叶片重力、摩擦力、惯性等原因可以导致MLC叶片到位误差、物理半影、漏射线的不同,会对调强放射治疗剂量分布产生影响,其误差在5%以内。AAPM176号报告介绍了关于治疗床对放射治疗剂量影响的文献;沙翔燕等^[7]研究指出全碳素纤维床对吸收剂量的影响在5%以内。

上表实验数据显示,在2mm,2%和3mm,3%条件下,射野角度归零的 γ 通过率高于实际射野角度照射的 γ 通过率,且差异较大。孔伟等^[8]使用Delta4进行IMRT射野角度归零与实际射野角度的剂量验证比较,刘振桁^[9]等使用PTW seven29矩阵及配套八角验证模体进行IMRT多角度与单角度剂量验证比较,牛振洋等使用OCTAVIUS 4D进行VMAT旋转照射和机架归零照射的剂量验证比较均得出相同结论。

本文又将射野分为水平线上和水平线下两种角度范围分别进行测量,以此探究治疗床对验证结果和剂量分布的影响。结果显示,水平线上角度范围,射野角度归零的 γ 通过率高于实际射野角度照射的 γ 通过率,且有中等差异;水平线下角度范围,射野角度归零的 γ 通过率高于实际射野角度照射的 γ 通过率,且有很大差异。

射野角度归零会获得更高的 γ 通过率,但是否能代表实际治疗情况还有待商榷,其 γ 通过率是被高估的。^[10]实际射野角度照射 γ 通过率相比较低,考虑到了治疗床的影响、Gantry和MLC在重力影响下的到位精度,能较全面反映实际照射条件。

参考文献

- [1] Otto K. Volumetric modulated arc therapy: IMRT in a single gantry arc[J]. Med Phys, 2008, 35 (1): 310-317.
- [2] 蒋利鹏, 李智华. 加速器机架角度对多叶准直器叶片到位精度的影响[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2009, 18 (4): 317-320.
- [3] Shimohigashi Y, Araki F, Tominaga H, et al. Angular dependence correction of MatriXX and its application to composite dose verification[J]. J Appl Clin Med Phys, 2012, 13 (5): 3856.
- [4] 颜虹, 徐勇勇. 医学统计学. 第3版[M]. 人民卫生出版社, 2017.
- [5] McGarry CK, O'Connell BF, Grattan MW, et al. Octavius 4D characterization for flattened and flattening filter free rotational deliveries[J]. Med Phys, 2013, 40 (9): 091707.
- [6] 阮长利, 徐利明, 宋启斌, 等. 不同机架角时多叶准直器叶片对不同调强放疗剂量影响[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2011, 20 (4): 345-347.
- [7] 沙翔燕, 王运来, 廖雄飞, 等. 全碳素纤维治疗床对吸收剂量的影响[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2008, 17 (3): 223-225.
- [8] 孔伟, 丁莉, 叶红强, 等. 调强放疗计划中射野角度归零与实际角度的剂量验证比较[J]. 中国医学物理学杂志, 2015, 32 (6): 892-896.
- [9] 刘振桁, 杨文, 唐武兵, 等. 多角度与单角度调强验证对比分析在肿瘤放疗治疗中的应用[J]. 实用医技杂志, 2016, 23 (10): 1049-1051.
- [10] McGarry CK, O'Connell BF, Grattan MW, et al. Octavius 4D characterization for flattened and flattening filter free rotational deliveries[J]. Medical Physics, 2013, 40 (9): 091707.

(收稿日期: 2024-02-19)

(校对编辑: 翁佳鸿)

(上接第139页)

- [5] Martinez LC, Khan SF, Bowman BT. Approach to electrolyte abnormalities, prerenal azotemia, and fluid balance[J]. Prim Care, 2020, 47 (4): 555-569.
- [6] Brookes EM, Power DA. Elevated serum urea-to-creatinine ratio is associated with adverse inpatient clinical outcomes in non-end stage chronic kidney disease[J]. Sci Rep, 2022, 12 (1): 20827.
- [7] Suzuki G, Ichibayashi R, Yamamoto S, et al. Effect of high-protein nutrition in critically ill patients: a retrospective cohort study[J]. Clin Nutr ESPEN, 2020; 38: 111-117.
- [8] Liu M, Zhang Y, Liu LH. Histogram analysis based on unenhanced CT for identifying thymoma and lymphoma among prevascular mediastinal incidentalomas[J]. Cancer Imaging, 2024, 24 (1): 5.
- [9] Miles KA, Ganeshan B, Hayball MP. CT texture analysis using the filtration-histogram method: what do the measurements mean?[J]. Cancer Imaging, 2013; 13 (3): 400-406.
- [10] 徐明哲, 刘爱连, 陈安良, 等. 平扫最佳单能量CT值直方图分析对肾乏脂性错构瘤与透明细胞癌的鉴别价值[J]. 放射学实践, 2018; 33 (11): 1173-1177.
- [11] 严金国, 朱建国, 李燕, 等. 常规CT特征联合直方图分析预测急性肾损伤的价值[J]. 放射学实践, 2023; 38 (3): 300-304.
- [12] Gaing B, Sigmund EE, Huang WC, et al. Subtype differentiation of renal tumors using voxel-based histogram analysis of intravoxel incoherent motion parameters[J]. Invest Radiol, 2015, 50 (3): 144-152.
- [13] Mühlbauer J, Egen L, Kowalewski KF, et al. Radiomics in renal cell carcinoma—a systematic review and meta-analysis[J]. Cancers (Basel), 2021, 13 (6).

- [14] 康彤, 黄文才, 江远亮, 等. 基于增强CT直方图对肾上腺皮质腺瘤与嗜铬细胞瘤的应用价值. 中国CT和MRI杂志. 2024; 22 (4): 109-111.
- [15] ZHANG L-x, XIANG J-j, WEI P-y, et al. Diagnostic value of computed tomography (CT) histogram analysis in thyroid benign solitary coarse calcification nodules[J]. Journal of Zhejiang University-Science B(Biomedicine & Biotechnology), 2018; 19 (3): 211-217.
- [16] 曹勇, 曹斌. 基于CT直方图定量分析技术鉴别肺磨玻璃结节良恶性的临床应用价值. [J] 中国CT和MRI杂志. 2018; 16 (10): 72-74.
- [17] Yap FY, Varghese BA, Cen SY, et al. Shape and texture-based radiomics signature on CT effectively discriminates benign from malignant renal masses[J]. Eur Radiol, 2021, 31 (2): 1011-1021.
- [18] Duan C, Li N, Niu L, et al. CT texture analysis for the differentiation of papillary renal cell carcinoma subtypes[J]. Abdom Radiol (NY), 2020, 45 (11): 3860-3868.
- [19] Ding J, Xing Z, Jiang Z, et al. Evaluation of renal dysfunction using texture analysis based on DWI, BOLD, and susceptibility-weighted imaging[J]. Eur Radiol, 2019, 29 (5): 2293-2301.
- [20] 贾颖, 黄子星, 汪翊, 等. 基于CT增强图像纹理分析对急性胰腺炎合并急性肾损伤的诊断价值[J]. 中国普外基础与临床杂志, 2019; 26 (7): 865-869.

(收稿日期: 2024-02-21)

(校对编辑: 翁佳鸿)