

基于EPID采用参数化梯度法测定光子束射野边界

胡金炎¹, 张丽媛², 刘乐乐¹, 王学敏³, 裴运通¹, 郭跃信¹

1. 郑州大学第一附属医院放射治疗部, 河南 郑州 450052; 2. 郑州市中心医院放疗科, 河南 郑州 450052; 3. 陕西省肿瘤医院放射治疗科, 陕西 西安 710061

【摘要】目的:探究参数化梯度方法(PGM)测量电子射野影像系统(EPID)光子束射野大小的可行性。**方法:**PGM通过一个修改的双曲正切函数拟合Profile半影区。瓦里安EDGE机载aS1200采集6 MV和10 MV FF及FFF射束EPID数据, TrueBeam机载aS1000采集6 MV FF射束EPID数据。 γ 分析1 mm/1%标准量化PGM拟合Profile半影区与EPID测量半影区一致性。比较半高宽方法与PGM测量的FF射束射野大小, 比较最大斜率方法与PGM测量的FFF射束射野大小; 比较PGM在不同射束能量、不同EPID探测器类型和引入铅门位置误差后测量射野边界的稳定性和扩展性。**结果:**半影区PGM拟合与EPID实测数据Pearson相关系数大于0.999, γ 值小于0.2。FF射束, 半高宽方法测定射野均大于PGM, 且随着射野增大而增大, Profile本影去除后, 两种方法测量差值显著减小; FFF射束, 最大斜率方法与PGM测定射野大小差值在0.1 mm以内。PGM能够稳定测量不同能量、不同模态、不同EPID探测器类型射野边界, 能够准确识别铅门1 mm位置变动。**结论:**PGM可作为一种鲁棒通用的方法适用于EPID光子束射野质量保障。

【关键词】光子束; 电子射野影像系统; 参数化梯度方法; 射野检测; 质量保障

【中图分类号】R312; R811.1

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2018)11-1261-08

EPID-based parameterized gradient method for photon beam field size determination

HU Jinyan¹, ZHANG Liyuan², LIU Lele¹, WANG Xuemin³, PEI Yuntong¹, GUO Yuexin¹

1. Department of Radiation Oncology, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China; 2. Department of Radiation Oncology, Zhengzhou Central Hospital, Zhengzhou 450052, China; 3. Department of Radiotherapy, Shaanxi Provincial Cancer Hospital, Xi'an 710061, China

Abstract: Objective To investigate the feasibility of using parameterized gradient method (PGM) to determine photon beam field size based on electronic portal image dosimetry (EPID). **Methods** Profile penumbra region was fitted by PGM via a modified hyperbolic tangent function. Varian EDGE aS1200 detector was used to collect the EPID data of 6 MV and 10 MV flattening-filter (FF) and flattening-filter-free (FFF) photon beams, while TrueBeam aS1000 detector was used to obtain the EPID data of 6 MV FF photon beams. Gamma analysis with 1 mm/1% criterion was used to quantitatively assess the consistency between Profile penumbra region fitted by PGM and that measured by EPID. The FF photon beam field sizes calculated by full-width at half-maximum method and those determined by PGM were compared, and the FFF photon beam field sizes obtained by maximum slope method and those obtained by PGM were also compared. By varying beam energies and types of EPID detectors and introducing Jaw position errors, the robustness and scalability of PGM for photon beam field size determination were evaluated. **Results** Pearson correlation coefficient between penumbra region fitted by PGM and data measured by EPID was greater than 0.999 and γ was less than 0.2. For FF beams, the field size calculated with full-width at half-maximum method were larger than that obtained with PGM, and even larger as the field size increasing. However, after subtracting the umbra region from profile, the differences in measurements between two methods were significantly reduced. For FFF beams, the differences between the field sizes calculated with maximum slope method and those obtained with PGM were within 0.1 mm. PGM achieved a stable measurement of field size at different beam energies, modalities, independent of EPID detector characteristics, and is effective in detecting Jaw errors which was within ± 1 mm. **Conclusion** PGM can be universally applied to EPID photon beam of all modalities for quality assurance (QA).

【收稿日期】2018-09-10

【作者简介】胡金炎, 硕士研究生, 助理工程师, 研究方向: 医学物理, E-mail: fcchujy@zzu.edu.cn

【通信作者】郭跃信, 主任技师, 研究方向: 放疗物理与图像引导, E-mail: guoyx0371@126.com

Keywords: photon beam; electronic portal image dosimetry; parameterized gradient method; field size determination; quality assurance

前言

直线加速器(Linac)射野大小测定对于计划系统精准建模和放疗剂量实施至关重要,是加速器质量控制的重要内容^[1-2]。胶片和三维水箱是测量射野大小的经典方法,其中,胶片具有分辨率高等优点,但操作较为繁琐,不确定性因素大导致重复性差,限制了临床使用^[3-4],而三维水箱使用不便,需要使用高空间分辨率探测器,如半导体或者宝石,结合高分辨率步进方式^[5-6],因此寻找一种准确简便的方法进行射野大小测量很有必要。Linac机载电子射野影像系统(Electronic Portal Image Dosimetry, EPID)具有亚毫米空间分辨率和数据采集处理方便快捷等特点,将其用于Linac质量控制是国内外研究热点之一^[7-9]。传统均整(Flattening-Filter, FF)光子束射野大小是通过计算射野内Profile半高宽(Full-Width at Half-Maximum, FWHM)来测定,FWHM方法依赖于Profile归一化点的选择,易受探测器尺寸、扫描步进和散射条件等参数的影响^[10];对于非均整(Flattening-Filter Free, FFF)射束圆锥形状Profile,FWHM方法也不再适用,而是通过定位Profile最大斜率点(Maximum Slope Method, MSM)来测定射野大小,探测器分辨率、扫描噪声和速度同样会影响其精度^[11]。Lebron等^[6,12]提出参数化梯度方法(Parameterized Gradient Method, PGM),通过构建解析函数来建模光子束Profile,从而确定射野边界,在水箱扫描数据中取得理想的效果,但PGM能否应用于EPID测量数据,还有待进一步研究。本研究旨在探究PGM用于界定EPID采集的不同能量FF及FFF光子束射野边界的可行性。

1 材料和方法

1.1 EPID数据采集预处理

TrueBeam机载aS1000 EPID,有效测量面积40 cm×30 cm,探测器个数1 024×768,分辨率0.39 mm^[13];EDGE机载aS1200 EPID,有效测量面积40 cm×40 cm,探测器个数1 190×1 190,分辨率0.336 mm^[14]。在瓦里安Eclipse 13.5上设计3 cm×3 cm、5 cm×5 cm、10 cm×10 cm、15 cm×15 cm、20 cm×20 cm和30 cm×30 cm方野计划,FF射束剂量率600 MU/min,FFF射束剂量率800 MU/min,采用各向异性分析算法(Anisotropic Analytical Algorithm, AAA) 13.5,计算网格2.5

mm³。数据采集之前进行EPID机械校准(MV等中心和影像板预设位置校准)和图像校准(Dark Field和Flood Field)。由于aS1000机械支撑臂的作用,在Y铅门方向G侧受背向散射影响,使用瓦里安提供的PDPC(Portal Dosimetry Pre-Configuration)数据包对其做背散校正^[15],aS1200在设计上加入背散屏蔽层而无需这一步处理^[14]。在TrueBeam、EDGE加速器上执行计划,于源轴距(Source Axis Distance, SAD)100 cm处以Integrity模式采集TrueBeam 6 MV FF射束EPID数据以及EDGE加速器6 MV和10 MV FF及FFF射束EPID数据,测量结果以DICOM格式导出。

由于EPID并非公认标准射野大小测量方法,使用Gafchromic EBT3自显影胶片及其处理软件FilmPro QA 2014对两台加速器铅门(Jaw)实际到位精度进行测试,并作为EPID方法比较基准。胶片距源100 cm,其上置5 cm固定水,其下置10 cm固体水,执行前述设计计划中5 cm×5 cm、10 cm×10 cm、15 cm×15 cm和20 cm×20 cm射野。

使用MATLAB 2017a软件对图像进行数据分析处理,在图像中心提取X方向和Y方向Profile,Profile平滑后归一到射野中心轴(Center Axis, CAX)。Profile由3个不同区域组成,即中央区(Central)、半影区(Penumbra)和本影区(Umbra)^[16],其划分是根据Profile三阶差分函数,两个极值点P1和P2分别向外侧延展6 mm为半影区,靠近CAX为中央区,远离CAX为本影区(图1)。因为射野大小测定只与半影区有关,所以本研究只提取半影区数据进行分析。

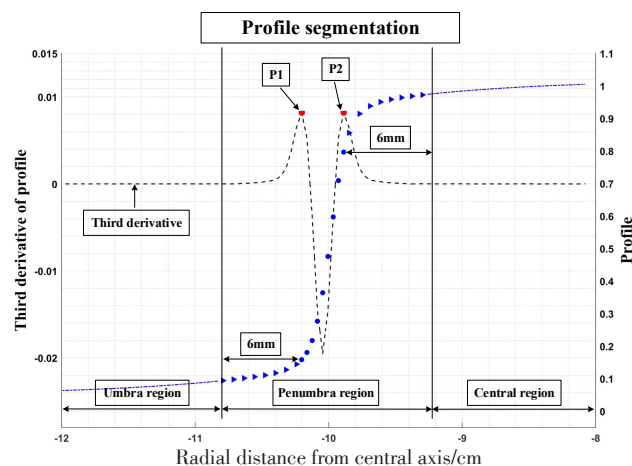


图1 光子束Profile曲线的中央区、半影区和本影区
Fig.1 Central, penumbra and umbra regions of photon beam Profile

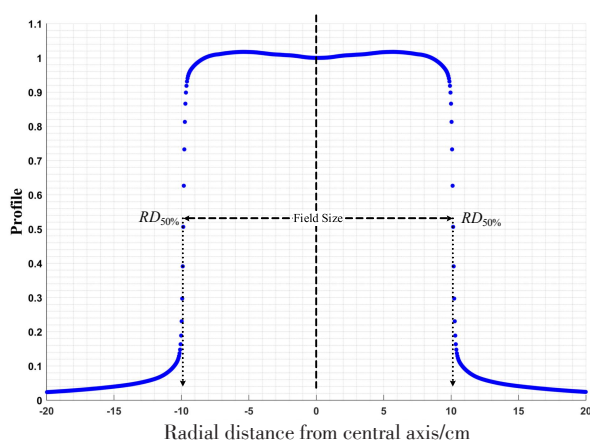
1.2 射野边界测定方法

1.2.1 PGM 考虑到半影区形状类似于“S”形,与神经网络中双曲正切激活函数类似^[17]。PGM通过构造一个修改的双曲正切函数来拟合 Profile 曲线的半影区:

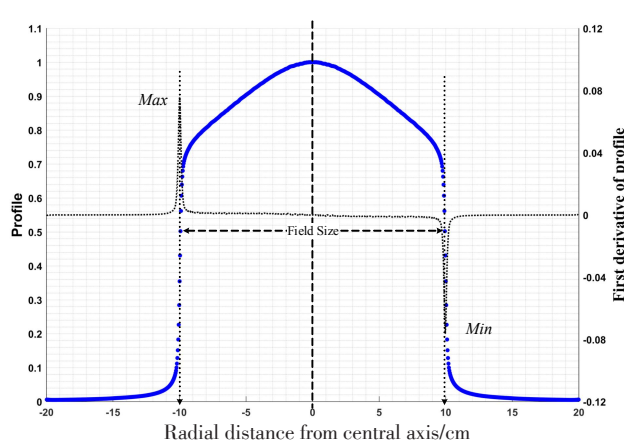
$$P(r) = \alpha - \left(\frac{\beta}{1 + e^{\frac{\mu - r}{\rho}}} \right) \quad (1)$$

其中, r 为半影区数据点偏移起始点的距离; α 、 β 、 μ 、 ρ 为依赖于射野大小、射束能量等剂量学特征的参数。通过最小二乘法求解式(1)中参数:

$$\min \left\| (P(r) - y_r) \right\|_2^2 = \min \sum_r (P(r) - y_r)^2 \quad (2)$$



a: FWHM for FF beam



b: MSM for FFF beam

图2 射野测量经典方法

Fig.2 Typical methods for radiation field size determination

FF: Flattening-filter; FFF: Flattening-filter-free; FWHM: Full-width at half-maximum; MSM: Maximum slope method

1.2.3 MSM FFF射束射野大小确定是计算 Profile 曲线一阶差分,一阶差分最小值与最大值之间距离定义为辐射野(图2b)。由于测量数据是离散的,一阶差分最大值和最小值不一定正好落在测量点上,需对一阶差分做高斯拟合插值。

1.3 PGM测定射野边界准确性

FWHM方法验证PGM在FF射束上测定射野边界的准确性,MSM验证PGM在FFF射束上测定射野边界的准确性。

1.4 PGM稳定性和扩展性

1.4.1 射束能量的影响 分析aS1200不同射束能量(6 MV FF及FFF, 10 MV FF及FFF)下的测量数据,对比不同能量模式下射野变化,测试PGM测量不同能量射野边界的稳定性。

1.4.2 EPID探测器类型的影响 6 MV FF射束能量下,分别采集aS1000和aS1200 EPID数据,比较不同类型探测器射野大小变化。

1.4.3 误差引入后的识别灵敏性 aS1200 6 MV FF射

束下人为引入铅门(Jaw)位置误差(X和Y方向), 10 cm×10 cm和20 cm×20 cm开野X Jaw和Y Jaw各向外侧移动1 mm,考查PGM识别射野变动的灵敏性。

1.2.2 FWHM方法 FF射束射野边界测定的传统方法是FWHM,定义为半影区离轴剂量下降至CAX剂量50%的点(图2a)。由于实际测量数据是离散的,当半影区不存在精确等于中心轴50%剂量点时,使用线性插值方法得到。

束下人为引入铅门(Jaw)位置误差(X和Y方向), 10 cm×10 cm和20 cm×20 cm开野X Jaw和Y Jaw各向外侧移动1 mm,考查PGM识别射野变动的灵敏性。

2 结果

2.1 背向散射校正

图3a和图3b分别显示散射校准之后 TrueBeam 和 EDGE 加速器 EPID 测量 X 和 Y 方向 Profile,虽然 TrueBeam 30 cm×30 cm 射野内 G 侧 X 和 Y 方向没有完全重合,但 Profile 在其它位置特别是半影区具有较好的重合性,背向散射对于射野测量影响减少至可接受范围。

2.2 铅门到位精度测试

表1为EBT3胶片测量两台加速器Jaw到位精度结果,显示两台加速器Jaw到位精度在±1 mm内,符合TG-142报告要求。

2.3 PGM与EPID实测一致性

使用1 mm/1%标准 γ 分析评估PGM拟合数据与

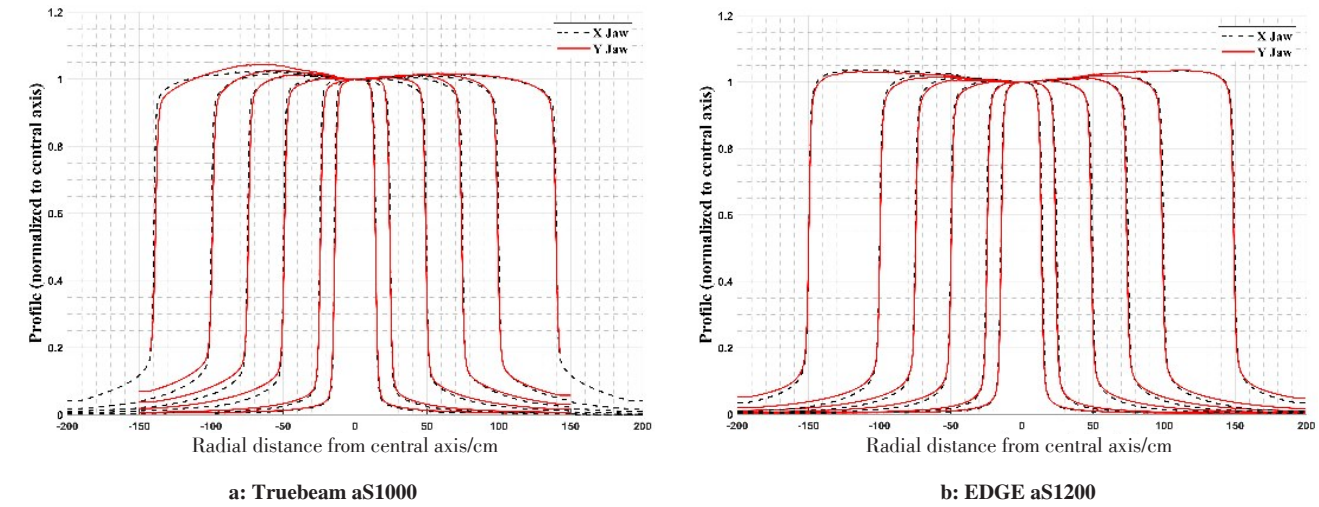


图3 X和Y铅门方向Profile
Fig.3 Profile of X and Y Jaw

表1 胶片测量TrueBeam和EDGE加速器射野大小(mm)
Tab.1 Measurement of TrueBeam and EDGE field size by film (mm)

Accelerator	50×50	100×100	150×150	200×200
TrueBeam	50.21×50.12	100.20×100.15	150.18×150.08	200.13×200.11
EDGE	50.20×50.13	100.14×100.06	150.05×149.98	200.15×200.09

EPID 实测数据 Profile 半影区的一致性。图 4a 和图 4b 分别显示 EDGE 加速器 6 MV FF 和 6 MV FFF 射束 5 cm×5 cm、10 cm×10 cm 和 15 cm×15 cm 开野 X 方向半影区拟合和测量数据及对应 γ 值。拟合与测

量数据 Pearson 相关系数 $R^2>0.999$ 且 $\gamma<0.2$, 表明拟合数据与测量数据具有极好一致性。表 2 为基于式 (2) 估计的 α 、 β 、 μ 、 ρ 参数, 拟合了 EDGE 加速器 6 MV FF 及 FFF 射束 X Jaw 方向半影区测量数据。

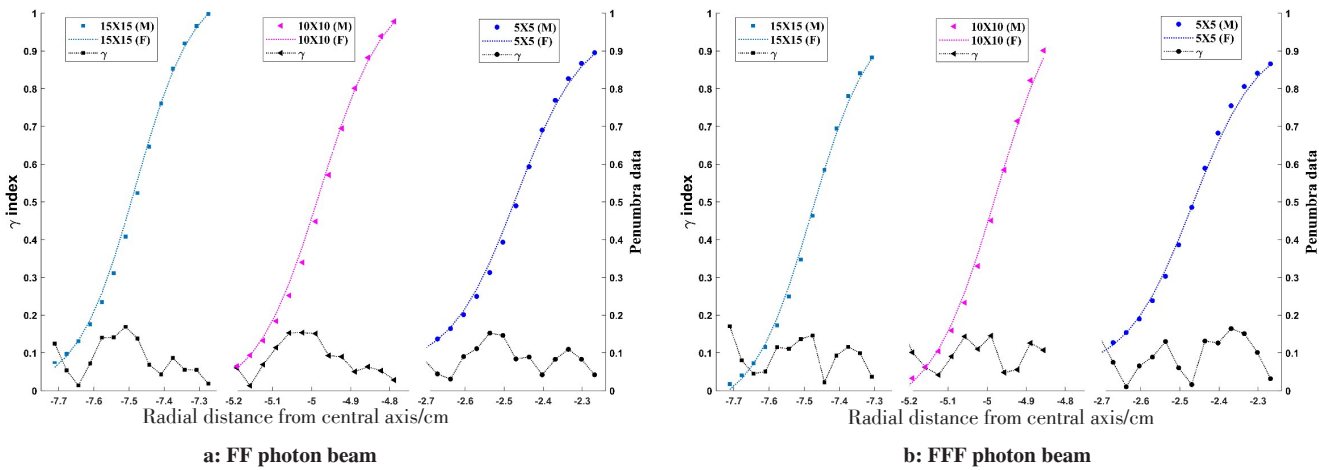


图4 EDGE加速器半影区实测与拟合数据一致性及其 γ 值
Fig.4 Consistency and γ index between the measured (M) and fitted (F) profiles in the penumbra regions of Varian EDGE

2.4 PGM测定射野边界准确性

表 3 和表 4 分别对比 aSi1200 EPID 探测器 FWHM 方法与 PGM 测定 6 MV FF 射束及 MSM 与 PGM 测定 6 MV FFF 射束 X 和 Y 方向射野大小。6 MV FF 射束, PGM 测定射野小于 FWHM 方法, 且随

射野增大, 差异也增大, 当射野为 30 cm×30 cm 时, 两种方法计算差值在 X 方向达到 0.380 mm, 而在 Y 方向达到 0.471 mm。对于 6 MV FFF 射束, MSM 和 PGM 测定射野大小在两个方向均具有很好一致性, 计算差值在 0.1 mm 内。

表 2 EDGE 加速器 6 MV FF 及 FFF 射束 X Jaw 方向 Profile 半影区拟合参数
Tab.2 Parameters of 6 MV FF and FFF fitted to X Jaw Profile penumbra region scanned with EDGE Linac

Radiation field/mm ²	6 MV FF				6 MV FFF			
	α	β	μ	ρ	α	β	μ	ρ
30×30	0.042	-0.940	-7.086	0.842	0.038	-0.928	-6.741	0.834
50×50	0.058	-0.912	-7.044	0.847	0.047	-0.896	-7.030	0.848
100×100	0.084	-0.878	-6.940	0.830	0.057	-0.818	-6.922	0.841
150×150	0.098	-0.868	-7.112	0.832	0.059	-0.743	-6.748	0.838
200×200	0.108	-0.865	-7.230	0.830	0.059	-0.675	-6.873	0.839
300×300	0.115	-0.880	-7.015	0.832	0.056	-0.566	-6.995	0.838

表 3 对比 FWHM 方法与 PGM 测定 FF 射束射野大小
Tab.3 Comparison of field sizes determined by FWHM method versus PGM

Radiation field/mm ²	6 MV FF X Jaw/mm			6 MV FF Y Jaw/mm		
	FWHM	PGM	Difference	FWHM	PGM	Difference
30×30	29.389	29.281	0.108	28.322	28.215	0.107
50×50	49.481	49.355	0.126	48.172	48.021	0.151
100×100	99.724	99.549	0.175	98.790	98.573	0.217
150×150	149.855	149.621	0.234	148.685	148.396	0.289
200×200	199.871	199.585	0.286	198.785	198.441	0.344
300×300	299.661	299.281	0.380	299.050	298.579	0.471

PGM: Parameterized gradient method

表 4 对比 MSM 与 PGM 测定 FFF 射束射野大小
Tab.4 Comparison of field sizes determined by MSM versus PGM

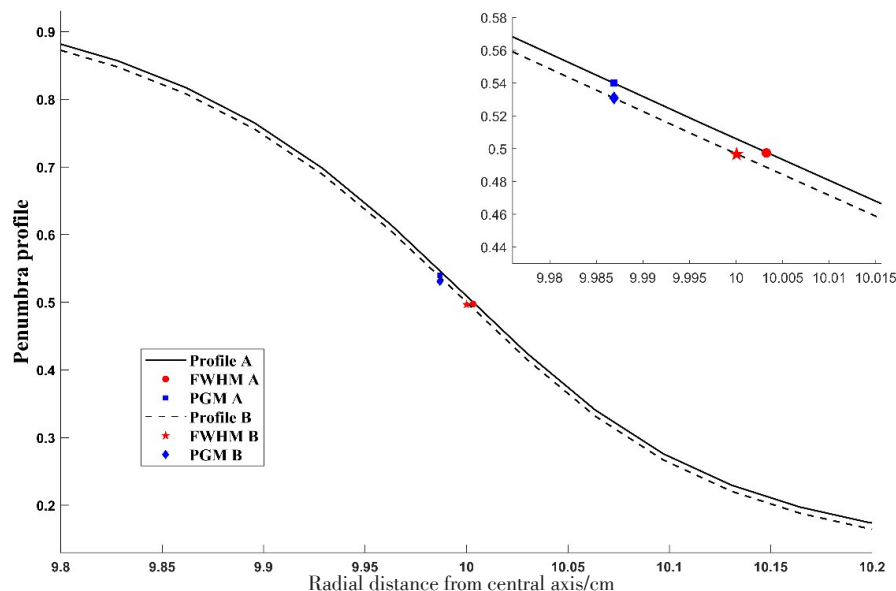
Radiation field/mm ²	6 MV FFF X Jaw/mm			6 MV FFF Y Jaw/mm		
	FWHM	PGM	Difference	MSM	PGM	Difference
30×30	29.314	29.258	0.056	28.081	28.114	-0.033
50×50	49.408	49.323	0.085	48.184	48.190	-0.006
100×100	99.577	99.505	0.071	98.224	98.206	0.018
150×150	149.580	149.559	0.021	148.190	148.195	-0.005
200×200	199.539	199.537	0.003	198.279	198.301	-0.022
300×300	299.217	299.241	-0.024	298.503	298.497	0.006

为了探究散射条件对射野边界测量的影响,图 5a 对比了本影去除前后 FWHM 方法与 PGM 测量 20 cm×20 cm 射野 X 方向 B 侧边界点变化情况,显示 Profile 减去本影,两种方法重新测量射野,FWHM 方法测定射野变小,而 PGM 测定射野没有改变。图 5b 对比本影去除前后 X 和 Y 方向 FWHM 方法与 PGM 计算射野差值,显示射野大于 10 cm×10 cm 时,本影去除后两种方法计算的射野差值显著减小;射野小于 10 cm×10 cm 时,两种方法计算射野差值没有明显改变。

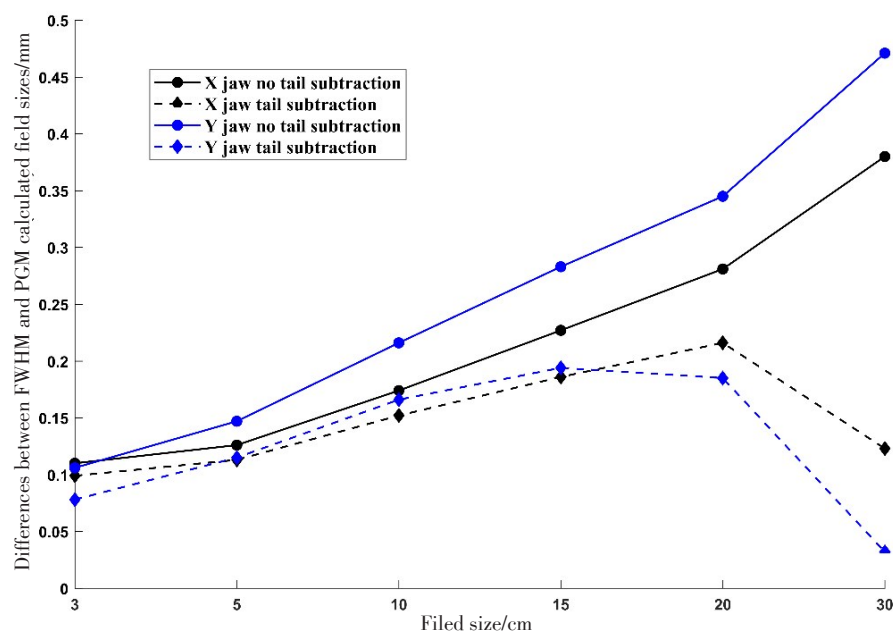
2.5 PGM 稳定性和扩展性

2.5.1 射束能量的影响 表 5 总结了 PGM、FWHM 和 MSM 这 3 种方法测定 EDGE 加速器不同能量和有无均整器模式 X 方向射野大小平均值(μ)和标准差(σ),其中,FWHM 方法只考虑 FF 射束,MSM 只考虑 FFF 射束,结果显示这 3 种方法的 μ 和 σ 相近,且 σ 值很小,说明 EDGE 加速器在不同能量下射野大小具有很好的一致性,PGM 能够稳定测量不同能量射野大小。Y 方向也具有类似的结论。

2.5.2 不同 EPID 探测器类型的影响 表 6 列出了 TrueBeam 和 EDGE 加速器 FWHM 方法和 PGM 测量



a: Edge points of the original profile (Profile A) and the umbra subtracted profile (Profile B)



b: Differences between the field sizes before and after umbra subtraction

图5 本影去除对FWHM方法和PGM射野测量影响

Fig.5 Effects of subtracting the umbra region from profile on FWHM method and PGM for field size determination

6 MV FF射束X方向射野大小及差值,此处FWHM方法测量射野做本影去除。两种方法测量前3个射野(3 cm×3 cm、5 cm×5 cm和10 cm×10 cm),TrueBeam均小于EDGE;后两个射野(20 cm×20 cm和30 cm×30 cm),TrueBeam大于EDGE。对同一台加速器,两种方法测定射野大小接近,且FWHM方法测量射野要大于PGM,表明PGM对不同类型EPID探测器测量表现出一致性。

2.5.3 误差引入后的灵敏性识别 表7显示了引入Jaw位置误差之后,PGM方法识别射野位置变化的灵敏性。10 cm×10 cm和20 cm×20 cm射野分别向X Jaw和Y Jaw外侧方向移动1 mm,PGM均能准确地识别出位置变动,

与实际移动值误差小于0.1 mm,表明PGM能够准确辨识Jaw很小位置变动,具有很强特异性。

3 讨论

EPID作为一种质量保证(QA)工具在临床中得到广泛应用,本文描述的PGM能有效地界定EPID光子束射野边界,提供了一种快速检测射野大小的方法。对于FF射束,PGM不易受散射条件的影响,提供了比FWHM方法更为一致的测量结果;对于FFF射束,PGM具有与MSM等同的效果,但在数据处理上更为简单直接。

表 5 不同射束能量对 FWHM、MSM 和 PGM 3 种方法测定射野大小的影响(mm, $\mu \pm \sigma$)Tab.5 Effect of photon beam energy on field size determination by FWHM, MSM and PGM(mm, $\mu \pm \sigma$)

Radiation field/mm ²	PGM	FWHM	MSM
30×30	29.270±0.018	29.391±0.008	29.316±0.002
50×50	49.324±0.030	49.480±0.007	49.400±0.008
100×100	99.510±0.041	99.744±0.032	99.556±0.022
150×150	149.568±0.044	149.865±0.035	149.555±0.025
200×200	199.542±0.051	199.890±0.050	199.500±0.040
300×300	299.235±0.051	299.555±0.025	299.160±0.060

表 6 FWHM 方法和 PGM 测量 TrueBeam 及 EDGE 加速器射野大小

Tab.6 TrueBeam and EDGE Linac field sizes obtained with FWHM method and PGM

Radiation field/mm ²	FWHM/mm			PGM/mm		
	TrueBeam	EDGE	Difference	TrueBeam	EDGE	Difference
30×30	28.772	29.382	-0.610	28.704	29.283	-0.579
50×50	49.065	49.472	-0.407	48.952	49.359	-0.407
100×100	99.476	99.706	-0.230	99.321	99.554	-0.233
150×150	149.798	149.811	-0.013	149.628	149.625	0.003
200×200	200.011	199.807	0.204	199.855	199.591	0.264
300×300	300.260	299.397	0.863	300.129	299.274	0.855

表 7 引入 Jaw 位置偏差 PGM 测定射野变化灵敏性(mm)

Tab.7 Sensitivity of PGM for field size determination after introducing Jaw position errors (mm)

X Jaw		PGM		Y Jaw		PGM	
Set value	Deviation	Set value	Deviation	Set value	Deviation	Set value	Deviation
100	-	99.553	-	100	-	98.306	-
101 (X1)	1	100.556	1.003	100 (Y1)	1	99.252	0.946
101 (X2)	1	100.513	0.960	101 (Y2)	1	99.249	0.943
200	-	199.587	-	200	-	198.44	-
201 (X1)	1	200.581	0.994	201 (Y1)	1	199.40	0.960
201 (X2)	1	200.583	0.996	201 (Y2)	1	199.45	1.010

FWHM 方法、MSM 和 PGM 测量射野均小于胶片测量值(设定值),这可能与 EPID 半导体响应特性有关,这与曹征等^[19]、马阳光等^[20]所得结论一致。在加速器日常 QA 过程中,射野大小的变化趋势较绝对射野大小更有意义,采用 EPID 能简便快捷地测量射野大小,评估其随时间的变化特性。年检时使用胶片检测铅门绝对到位精度是保证加速器正常运行的更为实际的办法。

FWHM 方法测定射野大于 PGM,且射野增大,差异也增大。一个可能的原因是:射野增大时增加了散射(机头散射和模体散射),模糊了射野边界。Profile 曲线减去本影,相当于减去半影区一部分散射线的贡献,FWHM 方法测定的射野减小,而 PGM 测定的射野没有改变,说明 FWHM 方法容易受到散射

的影响,在散射较多的情况下高估了射野的尺寸,该结论与 Lebron 等^[6]报道的一致,而 PGM 通过确定 Profile 拐点的位置测量射野大小,具有更好鲁棒性。

MSM 和 PGM 具有很好的一致性,这是由于 MSM 与 PGM 基于同样的原理,即通过确定半影区 Profile 拐点位置,只不过 MSM 是先求 Profile 一阶差分,然后高斯拟合一阶差分确定极值点位置,而 PGM 先参数拟合 Profile,直接求导确定极值点。在 FFF 射束上,本研究结果与 Lebron 等^[6]的结论不一致,Lebron 等在三维水箱扫描 Axesse 和 Versa HD 加速器 Profile,MSM 和 PGM 测量射野大小平均差值为 0.5 mm,可能的原因是水箱扫描 Profile 数据点间隔较大(扫描步进最小为 1 mm,远大于 EPID 分辨率)和探头体积较大导致的体积平均

效应,使得MSM在确定半影区Profile一阶差分极值点时具有较大不确定性。

双曲正切函数在数学上能够很好地拟合Profile曲线半影区测量数据,但仍需对公式中各个参数的物理意义作进一步的探讨。把式(1)中各个参数对最终拟合曲线的贡献单独提取出来,分析表2各个参数值,发现 α 近似等于Profile进入半影区的离轴比,而 $\alpha+\beta$ 近似等于Profile离开半影区离轴比。双曲正切函数具有很好导数性质,因而其拐点即二阶导数为零的点为 μ , μ 加上固定的起始偏移为射野半径。当参数 ρ 减小时,半影区变得更加陡峭,接近于理想电子平衡和点源情况;当参数 ρ 增大时,拟合半影区变得平缓,射野大小明显变宽,参数 ρ 反映了半影区侧向电子平衡和几何半影的物理特性。

PGM主要优点是通用性,适用于各种临床情况(FF及FFF射束)。本研究在TrueBeam和EDGE加速器不同射束能量,不同类型EPID探测器中取得一致的测量精度,Lebron等^[6]在三维水箱光子束测量数据中也得到类似的结论。在加速器QA和治疗计划系统验收等方面,由于解析函数固有的优点,其用于采集数据与标准数据集的比较,特别是使用金标准数据建模的加速器,是PGM的应用前景之一。其它的优点包括研究光子束剂量学特性、由于分辨率和扫描步进的限制对采集的缺失数据进行插值建模等。通过解析函数拟合测量数据,可以增强对采集数据的理解和利用,方便进行数据分析以研究现象背后的物理特性,开发一个通用的软件工具分析Linac验收、调试和QA期间收集的数据,提取有意义的特征参数,实现加速器状态在线和稳定性监测则是更为深远的价值。

4 结 论

PGM适用于不同光子束能量以及不同EPID探测器类型射野边界测量,其作为一种可靠的通用方法不仅具有一定的临床应用前景,还为解物理现象背后的机制提供了技术手段。

【参考文献】

- [1] DAS I J, CHENG C W, WATTS R J, et al. Accelerator beam data commissioning equipment and procedures: report of the TG-106 of the Therapy Physics Committee of the AAPM[J]. Med Phys, 2008, 35(9): 4186-4215.
- [2] KLEIN E E, HANLEY J, BAYOUTH J, et al. Task group 142 report: quality assurance of medical accelerators[J]. Med Phys, 2009, 36(9): 4197-4212.
- [3] CASANOVA BORCA V, PASQUINO M, RUSSO G, et al. Dosimetric characterization and use of GAFCHROMIC EBT3 film for IMRT dose verification[J]. J Appl Clin Med Phys, 2013, 14(2): 4111.
- [4] ALDELAIJAN S, DEVIC S. Comparison of dose response functions for EBT3 model GafChromic™ film dosimetry system[J]. Phys Medica, 2018, 49: 112-118.
- [5] DIETERICH S, SHEROUSE G W. Experimental comparison of seven commercial dosimetry diodes for measurement of stereotactic radiosurgery cone factors[J]. Med Phys, 2011, 38(7): 4166-4173.
- [6] LEBRON S, YAN G H, LI J, et al. A universal parameterized gradient-based method for photon beam field size determination[J]. Med Phys, 2017, 44(11): 5627-5637.
- [7] SUN B, GODDU S M, YADDANAPUDI S, et al. Daily QA of linear accelerators using only EPID and OBI[J]. Med Phys, 2015, 42(10): 5584-5594.
- [8] CLEWS L, GREER P B. An EPID based method for efficient and precise asymmetric Jaw alignment quality assurance[J]. Med Phys, 2009, 36(12): 5488-5496.
- [9] 郑倩倩, 杨涛, 王小深, 等. 基于电子射野影像系统与加速器日志文件重建模体内剂量的初步比较[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2017, 37(4): 298-301.
- [10] ZHENG Q Q, YANG T, WANG X S, et al. The preliminary comparison of the reconstructed doses with electronic portal imaging device (EPID) and dynalogs files for *in vivo* phantom dosimetry [J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2017, 37(4): 298-301.
- [11] PODGORŠAK E B. Radiation physics for medical physicists[M]. Berlin: Springer, 2006.
- [12] BUDGELL G, BROWN K, CASHMORE J, et al. IPEM topical report 1: guidance on implementing flattening filter free (FFF) radiotherapy [J]. Phys Med Biol, 2016, 61(23): 10.
- [13] LEBRON S, LU B, YAN G H, et al. Parameterization of photon beam dosimetry for a linear accelerator[J]. Med Phys, 2016, 43(2): 748-760.
- [14] KING B W, GREER P B. A method for removing arm backscatter from EPID images[J]. Med Phys, 2013, 40(7): 071703.
- [15] MHATRE V, PILAKKAL S, CHADHA P, et al. Dosimetric comparison of a-Si 1200 and a-Si 1000 electronic portal imager for intensity modulated radiation therapy (IMRT)[J]. J Nucl Med Radiat Ther, 2018, 9(354): 2.
- [16] HOBSON M A, DAVIS S D. Comparison between an in-house 1D profile correction method and a 2D correction provided in Varian's PDPC Package for improving the accuracy of portal dosimetry images [J]. J Appl Clin Med Phys, 2015, 16(2): 4973.
- [17] 胡逸民, 张红志, 戴建荣. 肿瘤放射物理学[M]. 北京: 原子能出版社, 1999.
- [18] HU Y M, ZHANG H Z, DAI J R. Radiation oncology physics[M]. Beijing: Atomic Energy Press, 1999.
- [19] FRIEDMAN J, HASTIE T, TIBSHIRANI R. The elements of statistical learning[M]. Berlin: Springer, 2001.
- [20] LOW D A, HARMS W B, MUTIC S, et al. A technique for the quantitative evaluation of dose distributions[J]. Med Phys, 1998, 25(5): 656-661.
- [21] 曹征, 李红霞, 鲍杨漪, 等. 应用EPID代替胶片法对MLC的质控研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2015, 24(5): 573-574.
- [22] CAO Z, LI H X, BAO Y Y, et al. The study of electronic portal imaging devices for the position accuracy of multi-leaf collimator instead of the film [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2015, 24(5): 573-574.
- [23] 马阳光, 裴运通, 麦日珍, 等. EPID在VMAT技术验收测试中的应用研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2017, 26(2): 197-202.
- [24] MA Y G, PEI Y T, MAI R Z, et al. Commission of volumetric modulated arc therapy with electronic portal image device [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2017, 26(2): 197-202.

(编辑:谭斯允)