

前列腺癌影像引导放疗中电子射野影像装置和经会阴超声实时位置验证方法比较

冀鑫¹, 李珺¹, 庞永鹏¹, 范学武², 田龙¹, 胡逸民³

(1. 河北北方学院附属第一医院, 河北 张家口 075000; 2. 河北省人民医院, 河北 石家庄 050000; 3. 国家癌症中心/国家肿瘤临床医学研究中心/中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院, 北京 100021)

摘要: [目的] 比较电子射野影像装置 (electronic portal imaging device, EPID) 和 Clarity 经会阴超声 (trans-perineal ultrasound, TPUS) 在基于黄金基准标志物的前列腺癌影像引导放疗 (IGRT) 中靶区实时位置验证效能。[方法] 筛选符合标准的前列腺癌患者 10 例, 接受治疗前锥形束 CT 验证以确保前列腺癌 IGRT 分次治疗间靶区位置准确性; 之后接受治疗中实时 EPID 和 TPUS 成像, 分别采用 Bland-Altman 法和独立样本 *t* 检验评价两种成像方法对前列腺癌 IGRT 分次治疗内靶区位置验证一致性和差异。[结果] TPUS 和 EPID 位置验证数值在左右、头脚、腹背 3 个方向上具有中度以上相关性 ($r=0.879, 0.645, 0.531$)。3 个方向上 TPUS 位置验证数值显著性小于 EPID [(0.32±0.20) mm vs (0.51±0.33) mm, (0.41±0.31) mm vs (0.63±0.48) mm, (0.46±0.38) mm vs (0.72±0.45) mm, P 均 < 0.05]。TPUS 和 EPID 记录的总位移时间呈弱相关 ($r=0.482$), 且一致性较差。TPUS 记录的总位移时间显著性少于 EPID [(2.27±0.95) min vs (4.38±1.39) min, $P<0.05$]。[结论] 相比较 EPID, TPUS 综合优势更明显, 更适合用于治疗中前列腺癌靶区实时位置验证。

关键词: 前列腺癌; 图像引导放疗; 电子射野影像装置; 经会阴超声

中图分类号: R737.25; R445.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-170X(2023)01-0048-06

doi: 10.11735/j.issn.1671-170X.2023.01.B009

Comparison of Real Time Position Verification of Electronic Portal Imaging Device Versus Trans-Perineal Ultrasound in Image Guided Radiotherapy for Prostate Cancer

Ji Xin¹, Li Jun¹, Pang Yong-peng¹, Fan Xue-wu², Tian Long¹, Hu Yi-min³

(1. The First Affiliated Hospital of Hebei Northern University, Zhangjiakou 075000, China; 2. Hebei General Hospital, Shijiazhuang 050000, China; 3. National Cancer Center/National Clinical Research Center for Cancer/Cancer Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100021, China)

Abstract: [Objective] To compare the real time position verification efficiency of electronic portal imaging device (EPID) and clarity trans-perineal ultrasound (TPUS) in image guided radiotherapy (IGRT) for prostate cancer based on gold fiducial marker. [Methods] Ten prostate cancer patients who met the inclusion-exclusion criteria were selected and verified by cone beam CT before treatment to ensure the accuracy of target position between fraction treatments in prostate cancer IGRT. The real time EPID and TPUS images were obtained during treatment, and the consistency and difference of the two imaging methods for verification of target position in intra-fraction therapy of IGRT were evaluated by using Bland-Altman method and independent sample *t*-test respectively. [Results] The correlation of TPUS and EPID position verification values in left-right, head-foot, abdomen-back directions was above moderate ($r=0.879, 0.645, 0.531$). TPUS position verification value was significantly less than EPID in three directions [(0.32±0.20) mm vs (0.51±0.33) mm, (0.41±0.31) mm vs (0.63±0.48) mm, (0.46±0.38) mm vs (0.72±0.45) mm, all $P<0.05$]. The total displacement time recorded by TPUS and EPID showed weak correlation and poor consistency ($r=0.482$). The total displacement time recorded by TPUS was significantly less than EPID [(2.27±0.95) min vs (4.38±1.39) min, $P<0.05$]. [Conclusion] Compared with EPID, TPUS has significant comprehensive advantages and is more suitable for real time target position verification in IGRT for prostate cancer.

Subject words: prostate cancer; image guided radiotherapy; electronic portal imaging device; trans-perineal ultrasound

目前, 针对前列腺癌的影像引导放疗 (image guided radiotherapy, IGRT) 主要依靠治疗前 3D 重建

千伏级锥形束 CT (cone beam CT, CBCT) 和计划 CT 基于骨骼、软组织或黄金基准标志物 (gold fiducial marker, GFM) 的靶区位置验证^[1-3]。CBCT 确保了前列腺癌 IGRT 分次治疗间靶区位置准确性, 但无法

通信作者: 田龙, E-mail: 1277473912@qq.com
收稿日期: 2022-08-11; 修回日期: 2022-10-28

确保分次治疗内的准确性。分次治疗内的实时靶区位置验证以兆伏级电子射野影像装置 (electronic portal imaging device, EPID) “电影模式” 成像为主。然而, EPID 较低的影像质量在一定程度上限制了实时验证方法的优化和发展^[4-7]。经会阴超声 (transperineal ultrasound, TPUS) 作为一种简易且经济的软组织成像方法已应用于前列腺癌 IGRT 中^[8-9]。本文对前列腺癌患者进行了治疗中实时 TPUS 和 EPID 连续成像, 评价并比较两种方法对前列腺癌靶区位置验证效能, 以期选择最适合前列腺癌 IGRT 分次治疗内的实时位置验证方法。

1 资料与方法

1.1 研究对象

2020 年 1 月至 9 月河北北方学院附属第一医院收治的前列腺癌患者 10 例, 年龄 43~67 岁, 平均年龄 (54.6±3.9) 岁; Gleason 评分^[10] ≤6 分 6 例, 7 分 3 例, ≥8 分 1 例。纳入标准: ①肿瘤仅适合放疗; ②体质指数为 18~25 kg/m²; ③除前列腺特异性抗原外, 其他生理、生化指标未见明显异常; ④接受 GFM 置入术。排除标准: ①前列腺肥大, 伴严重钙化; ②合并直肠息肉或痔疮。本研究通过医院医学伦理委员会批准 (伦理编号: W2022119)。患者均签署知情同意书。

1.2 治疗前准备

1.2.1 GFM 置入

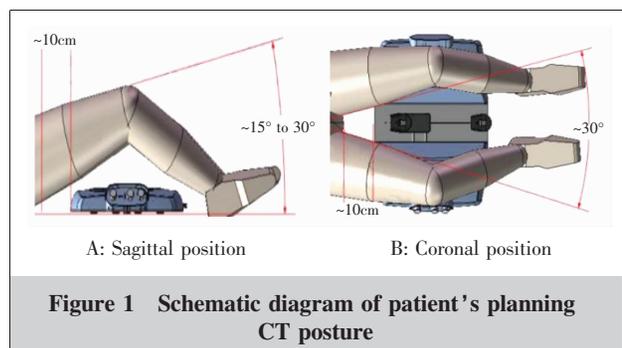
首先, 于放疗前 1 周, 患者使用 Philips iU22 彩色多普勒超声诊断仪, 端扫式 9-4 V 直肠探头, 探头频率 2~10 MHz, 经直肠超声引导术 (操作时嘱患者侧卧, 双腿屈曲, 双手抱膝, 对直肠肛管进行局麻并建立静脉通道)^[11], 细针抽吸术 (采用 5 mL 注射器和 18G 针头随超声探头进入直肠, 穿直肠前壁刺入前列腺体), 将 1 枚 IBA Visicoil helical 线性黄金标志物 (5×Φ0.5 mm) 置入靶区。

1.2.2 计划设计

待 GFM 稳定后进行计划 CT 扫描, 扫描前特别嘱患者排空膀胱、直肠。采用 Philips Big Bore CT, 在管电压 120 KV, 管电流 300 mAs, 层厚 0.5 mm 条件下采集 L4 至闭孔下缘影像。患者仰卧于真空塑形垫上, 矢状位上, 股骨翘起约 15°~30°, 将 Clarity 系

统固定于 CT 机床上并距离耻骨联合 10 cm, 之后进行真空塑形垫塑形填充; 冠状位上, 双腿分开约 30° (Figure 1)。在计划 CT 扫描后, 立即采用 C5-2 低频凸阵探头采集患者 3D TPUS 盆腔影像并上传至 Clarity 系统的模拟定位工作站。

采用 Monaco 计划系统基于计划 CT 影像勾画靶区和设计容积旋转调强放疗计划, 计划靶区处方剂量为 6 MV (67.5 Gy/25 F), 每周 5 次, 治疗模式选择 Pareto 模式下 1F1A (一野一弧, 顺时针 181°~179°), 单弧最大子野数为 100。之后, 通过 Clarity 系统的自动轮廓勾画工作站将计划 CT 同前述超声影像基于 GFM 融合。将计划 CT 影像上靶区和危及器官轮廓拷贝至超声影像上, 特别注意 GFM 的准确勾画和拷贝, 获得计划超声影像。



1.3 EPID

采用机载 I ViewGT 非晶硅 EPID, 空间分辨率为 1 024×1 024, 像素尺寸为 0.25×0.25 mm² (标称), 源探距为 160 cm。首先, 获取一张机架处于 0° 且 GFM 未发生任何显著位移的参考 EPID 平片。在之后的分次治疗机架旋转过程中, 由两名高年资副主任技师同时记录 GFM 发生显著位移时机架角度。旋转结束后导出参考 EPID 平片和 GFM 发生显著位移时所拍摄的 EPID 平片。利用本课题分支研究自行研发的算法^[12], 依次成对输入参考平片和 GFM 发生显著位移时平片 (例如 0° vs 30° 或 0° vs 45°) 至 Matlab 算法程序中, 计算出 GFM 发生显著位移时其空间坐标。之后, 将该时刻 GFM 空间坐标与计划 CT 重建的 GFM 空间坐标比较, 计算 GFM 在左右、头脚、腹背 3 个方向上绝对位移。记录所有 GFM 发生显著位移时刻靶区在 3 个方向上绝对位移值。最后, 记录并导出放疗出束同时“电影模式”下 EPID 影像中 GFM 发生显著位移时刻和总时长。

1.4 TPUS

将 Autoscan 探头固定在放疗机床上完全同定位时位置,并在分次治疗中进行成像,获得实时超声影像。通过 Clarity 系统的影像引导工作站进行“目标体积覆盖估计”计算。以计划超声影像上 GFM 为参考体积,以实时超声影像上 GFM 为目标体积,计算 GFM 空间坐标在左右、头脚、腹背上绝对位移平均值。最后,记录并导出放疗出束同时 Autoscan 探头探测的 GFM 发生位移时刻和总时长。

1.5 统计学处理

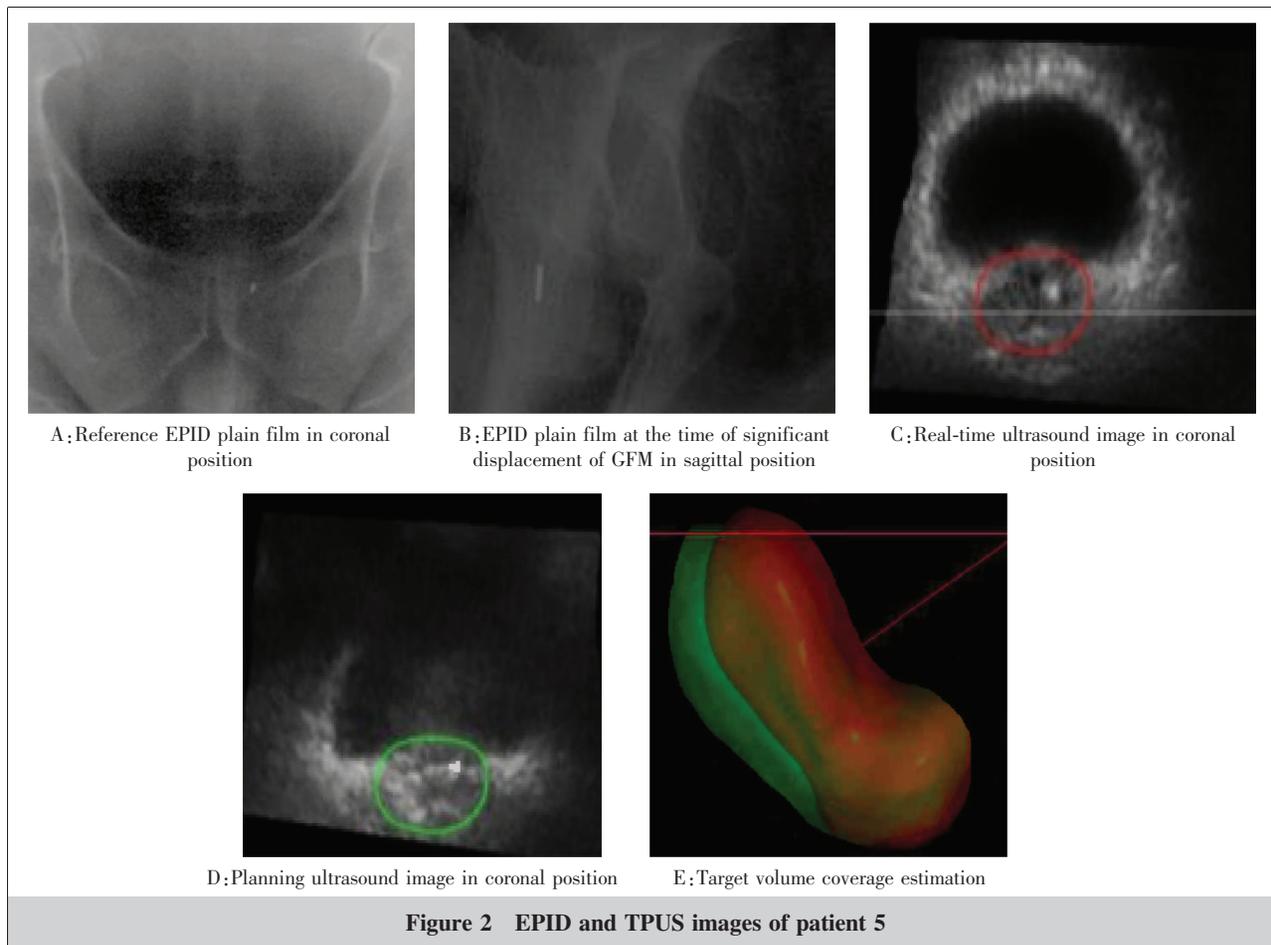
采用 GraphPad Prim 6.0 软件,对于符合正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 描述,组间差异采用配对样本 *t* 检验,采用 Bland-Altman 法评价一致性;采用 Pearson 法评价相关性。*P*<0.05 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 影像和处理

以 5 号患者为例,机头位于 0°时参考 EPID 平

片和 90°时 GFM 发生明显位移的 EPID 平片(Figure 2A~2B),将上述影像输入到 Matlab 算法程序中计算出 90°时刻 GFM 空间坐标($X_{左右}=13.85 \text{ mm}, Y_{头脚}=-32.33 \text{ mm}, Z_{腹背}=10.78 \text{ mm}$)。与相应的计划 CT 重建的空间坐标 (13.20, -32.75, 10.11) mm 相比,左右、头脚、腹背 3 个方向上绝对位移分别为 0.65 mm、0.42 mm 和 0.67 mm。该分次治疗中共发现 GFM 明显位移 6 次(35°、79°、90°、226°、332°、350°),该分次治疗中 3 个方向绝对位移平均值分别为(0.57±0.03) mm、(0.47±0.06) mm、(0.65±0.09) mm。5 号患者全部分次治疗 3 个方向绝对位移总平均值分别为(0.49±0.23) mm、(0.58±0.38) mm、(0.81±0.44) mm。TPUS 影像红色框为实时超声影像中前列腺癌靶区(冠状位),绿色框为计划超声影像中前列腺癌靶区(冠状位),高亮度回声影均为 GFM(Figure 2C~2E)。通过勾勒靶区内 GFM 轮廓并进行参考体积(绿色实体)和目标体积(红色实体)的“目标体积覆盖估计”计算,可获得该时刻实时超声影像中 GFM 相对计划影像中空间坐标在 3 个方向上绝对位移分别为 0.30 mm、0.40 mm 和 0.60 mm。



2.2 位置验证效能

EPID: 两名高年资副主任技师共记录 10 例患者全部分次治疗中 GFM 发生明显位移时 EPID 拍摄共 1 751 次, 每例患者分次治疗平均 (7.00 ± 1.60) 次。10 例患者全部分次治疗左右、头脚、腹背 3 个方向上绝对位移总平均值均值 (α) 为 (0.51 ± 0.33) mm、 (0.63 ± 0.48) mm、 (0.72 ± 0.45) mm。

TPUS: Clarity 超声系统共记录 10 例患者全部分次治疗中 GFM 发生位移共 1 226 次, 每例患者分次治疗平均 (4.90 ± 0.60) 次。10 例患者全部分次治疗左右、头脚、腹背 3 个方向上绝对位移总平均值的均值 (β) 为 (0.32 ± 0.20) mm、 (0.41 ± 0.31) mm、 (0.46 ± 0.38) mm。10 例患者 α 和 β 在 3 个方向上相关系数分别为 0.879、0.645 和 0.531, 具有中度以上相关性。10 例患者 α 和 β 在 3 个方向上均值差异均具有统计学意义 (P 均 < 0.05)。因此, TPUS 在 3 个方向上位置验证数值均显著性小于 EPID。

α 和 β 在 3 个方向上一致性、10 例患者左右方向上两种方法一致性良好 (Figure 3A), 散点基本分布在 Bias 线 (长虚线) 两侧且均位于 95% 一致性界限 (limit of agreement, LoA) 内; 头脚方向上两种方法一致性劣于左右方向, 散点呈不均匀分布于 Bias 线两侧但仍位于 95% LoA 之内 (Figure 3B); 腹背方向上两种方法一致性劣于前两方向, 散点差异较大, 呈极不均匀分布于 Bias 线两侧, 且有一点位于 95% LoA 之外 (Figure 3C)。

10 例患者全部分次治疗总时长为 513 min。两名高年资副主任技师共记录 10 例患者全部分次治疗中 EPID 平片上 GFM 发生明显位移总时长为 43.77 min (8.53%), 每例患者平均位移时长为 (4.38 ± 1.39) min; 未发生明显位移总时长为 469.23 min (91.47%)。Clarity 超声系统共记录 10 例患者全部分次治疗中 GFM 发生位移总时长为 22.69 min (4.42%), 每例患者平均位移时长为 (2.27 ± 0.95) min; 未发生明显位移总时长为 490.31 min (95.58%)。每例患者两种方法全部分次治疗 GFM 发生位移总时长相关系数为 0.482, 呈弱相关性。每

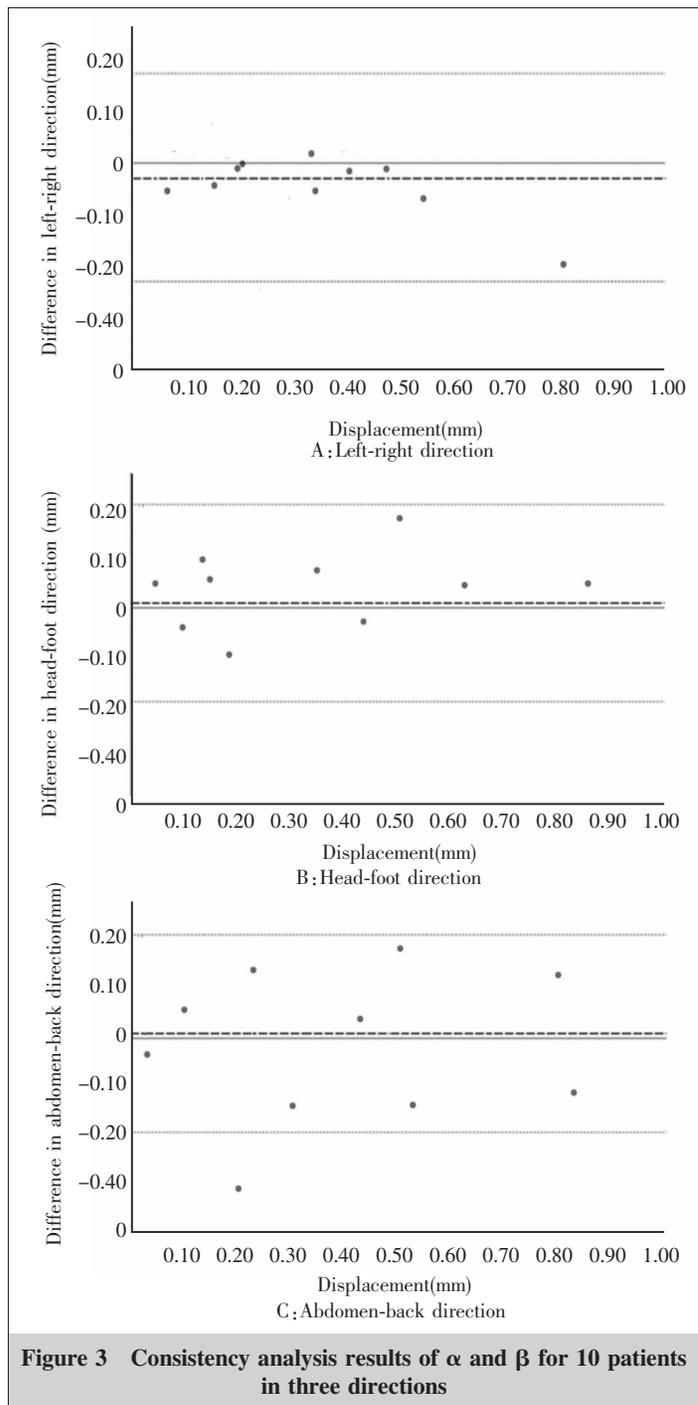


Figure 3 Consistency analysis results of α and β for 10 patients in three directions

例患者两种方法全部分次治疗 GFM 发生位移总时长一致性较差, 散点差异极大, 呈极不均匀分布于 Bias 线两侧, 且有 3 点位于 95% LoA 之外 (Figure 4)。配对样本 t 检验结果显示, 每例患者两种方法全部分次治疗 GFM 发生位移总时长差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。因此, TPUS 记录的每例患者全部分次治疗 GFM 发生位移总时长显著性少于 EPID。

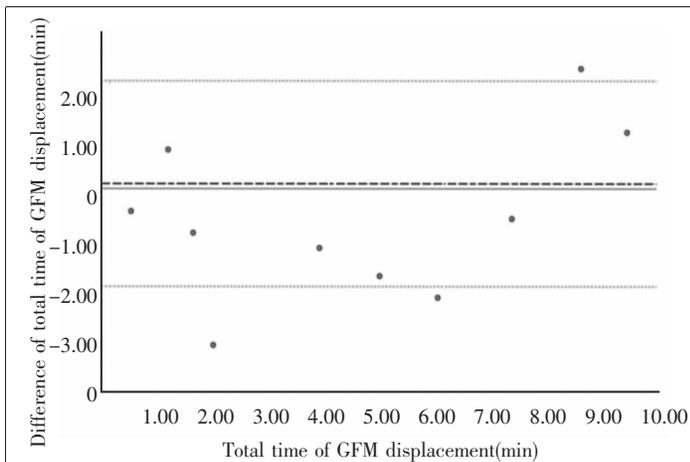


Figure 4 Consistency analysis results of total time of GFM displacement in each patient treated by two methods

3 讨论

本研究通过采用 EPID 和 TPUS 两种方法对 10 例前列腺癌患者进行了治疗中靶区位置实时验证,比较了两种方法各项效能,包括对左右、头脚、腹背 3 个方向上位置验证的一致性和差异,以及对位移总时长记录的一致性和差异。研究发现 EPID 与 TPUS 在左右和头脚方向上位置验证一致性良好,腹背方向上一致性一般。该结果直接地说明在 3 个方向上,TPUS 具有替代 EPID 进行靶区实时位置验证的可行性。研究还发现,TPUS 3 个方向上位置验证数值均显著性小于 EPID,EPID 与 TPUS 记录的位移总时长一致性较差,且 TPUS 记录的位移总时长显著性少于 EPID。造成上述结果的主要原因如下:(1)自行研发算法的局限性。本课题分支研究所研发的算法对成角度的 EPID 平片上 GFM 空间坐标的计算采用的是夹逼近似算法,取得是最优近似值^[12]。因此,计算的 GFM 空间坐标值与真实值存在一定差异。分支研究中,该差异最大为 0.22 mm^[13]。尽管后期对算法进行了优化,但仅简化了计算程序并提高了计算速度,并未优化该关键计算步骤。因此,自行研发算法的局限性是造成 3 个方向上 EPID 位置验证数值均显著性大于 TPUS 的最主要原因。(2)所有 EPID 数据的记录是由两名高年资副主任技师完成的,具有高度主观性。仅凭裸眼对 GFM 发生明显位移的捕捉及判断很难保持完全准确和一致。据统计,两名技师共同捕捉和判断的 GFM 发生明显位移时

EPID 平片占全部平片 85.50%;而对 EPID 位移总时长的判断和记录分歧更大,两名技师判断和记录的 GFM 发生明显位移时刻与时长完全相同次数仅占全部次数 12.94%。因此,EPID 数据的主观性是造成 EPID 与 TPUS 记录的位移总时长一致性较差和 TPUS 记录的位移总时长显著性少于 EPID 的最主要原因。(3)兆伏级 EPID 影像质量较低。冠状位(腹背方向)的 EPID 平片上 GFM 能够准确辨识并判断位移;而越接近矢状位和冠状位(背腹方向)时,由于胯骨、股骨、骶骨等高密度骨性结构的影响,造成 EPID 平片上 GFM 辨识和位移判断困难。因此,较低的影像质量进一步增加了工作的难度,特别是对 GFM 发生明显位移时刻和时长的判断和记录。总之,上述三点原因在一定程度上使得 EPID 位置验证数值偏大,EPID 发生假阳性位移时刻偏多和位移总时长偏长。

基于 Clarity 超声系统的 TPUS 使用了“目标体积覆盖估计”算法,相比较 EPID 算法,该算法完全脱离裸眼,具有高度客观性。以重叠部分的百分比判断 GFM 的位移,位移计算结果更真实和准确;同时,能够更精准地判断 GFM 发生位移的时刻并记录位移总时长。另外,Clarity 超声系统还提供了 GFM 旋转误差,未来利用 GFM 旋转误差并结合六维床^[14],可进一步优化前列腺癌靶区位置验证,这是目前 EPID 所无法实现的。综合上述分析结果表明,TPUS 综合优势更明显,最适合作为前列腺癌 IGRT 分次治疗内的靶区实时位置验证方法。

国外现有相同的研究,Han 等^[14]开展 TPUS 用于前列腺癌靶区位置验证的可行性研究中发现,EPID 与 TPUS 在 3 个方向上靶区位置验证数值一致性良好,且 TPUS 位置验证数值低于 EPID 约 20%,位移总时长低于 EPID 约 15%。该结果与本文结果高度相似。但本研究仍有待完善:①本研究仅对 GFM 3 个方向平移误差进行了研究,而未利用 Clarity 超声系统提供的 GFM 旋转误差开展研究。未来需结合六维床实现 GFM 平移和旋转误差的完整计算,从而最终完全优化前列腺癌靶区位置验证。②本研究仅分析了每例患者两种方法全部分次治疗 GFM 发生位移总时长一致性和差异,未对每例患者单独分次治疗中两种方法对 GFM 发生位移时刻的

判断进行研究比较。③患者数量较少,仍需扩大样本容量。未来需补充上述过程以优化结果。

参考文献:

- [1] 田龙,席强,赵鑫,等. 前列腺癌图像引导放疗中两种引导方法摆位误差的比较[J]. 癌症进展,2019,17(5):552-554,588.
Tian L,Xi Q,Zhao X,et al. Comparison of positioning errors between two guidance methods in image guided radiotherapy for prostate cancer[J]. Cancer Progress,2019,17(5):552-554,588.
- [2] 田龙,席强,刘月霞,等. 前列腺癌图像引导放疗中骨骼对锥形束 CT 校准的影响研究[J]. 癌症进展,2021,19(16):1655-1657.
Tian L,Xi Q,Liu YX,et al. Research on the influence of bone on cone beam CT calibration in image guided radiotherapy of prostate cancer[J]. Cancer Progress,2021,19(16):1655-1657.
- [3] 田龙,闫洁诚,胡逸民. 前列腺癌靶区位移影响因素分析[J]. 北京生物医学工程,2021,40(4):406-412.
Tian L,Yan JC,Hu YM. Analysis of factors affecting prostate cancer target displacement[J]. Beijing Biomedical Engineering,2021,40(4):406-412.
- [4] 赵成宗,张垚,瞿瑜业,等. CBCT 和 EPID 在体部肿瘤放疗摆位的对比研究[J]. 影像研究与医学应用,2019,3(14):37-38.
Zhao CZ,Zhang Y,Qu YY,et al. Comparative study on the placement of CBCT and EPID in radiotherapy of body tumors[J]. Imaging Research and Medical Application,2019,3(14):37-38.
- [5] 周春,成俊,姜玉玲. 电子射野影像系统在头颈部肿瘤放疗中的应用体会[J]. 南通大学学报(医学版),2021,41(2):194-196.
Zhou C,Cheng J,Jiang YL. Application of electronic portal imaging system in radiotherapy of head and neck tumors[J]. Journal of Nantong University(Medical Edition),2021,41(2):194-196.
- [6] 毛荣虎,郭伟,李兵,等. 基于 EPID 在体三维剂量验证系统的物理模型测试及初步临床探索[J]. 中华放射肿瘤学杂志,2021,30(10):1065-1070.
Mao RH,Guo W,Li B,et al. Physical model test and preliminary clinical exploration based on EPID in vivo three-dimensional dose verification system[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology,2021,30(10):1065-1070.
- [7] 郭逸潇,刘志强,李鸿岩,等. 常规 QA 设备对脊柱转移瘤 SRS/SBRT 计划的验证及存在问题探讨[J]. 中国医学物理学杂志,2021,38(12):1464-1471.
Guo YX,Liu ZQ,Li HY,et al. Validation of SRS/SBRT

- plan for spinal metastatic tumors with conventional QA equipment and discussion on existing problems[J]. Chinese Journal of Medical Physics,2021,38(12):1464-1471.
- [8] 高研,赵波,高献书,等. 基于实时超声图像引导技术和线性判别模型分析前列腺癌放疗分次内运动模式[J]. 中华放射肿瘤学杂志,2020,29(6):455-460.
Gao Y,Zhao B,Gao XS,et al. Analysis of fractionated internal motion mode of prostate cancer radiotherapy based on real-time ultrasound image guidance technology and linear discriminant model[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology,2020,29(6):455-460.
- [9] 李毅,车少敏,吴文婧,等. 经会阴四维实时 TPUS 技术评估前列腺癌放疗中剂量靶区分次内的运动[J]. 西安交通大学学报(医学版),2020,41(5):663-667.
Li Y,Che SM,Wu WJ,et al. Evaluation of dose target motion in prostate cancer radiotherapy by perineal four-dimensional real-time TPUS[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University (Medical Edition),2020,41(5):663-667.
- [10] 李鹏,黄英,黄婷,等. 外周带前列腺癌多参数 MRI 与前列腺临床显著癌及 Gleason 评分的相关性[J]. 中国医学影像技术,2020,36(10):1512-1516.
Li P,Huang Y,Huang T,et al. Correlation between multiparameter MRI of peripheral prostate cancer and clinically significant prostate cancer and Gleason score[J]. China Medical Imaging Technology,2020,36(10):1512-1516.
- [11] 梁晓秋,曹凌玲,陈溢旭. 经直肠超声造影引导前列腺穿刺活检诊断前列腺癌[J]. 中国介入影像与治疗学,2020,17(2):93-97.
Liang XQ,Cao LL,Chen YX. Diagnosis of prostate cancer by transrectal contrast-enhanced ultrasound guided prostate biopsy[J]. Chinese Journal of Interventional Imaging and Therapeutics,2020,17(2):93-97.
- [12] 田龙,李明辉,胡逸民. 利用 EPID 图像金球位置自动跟踪算法研究[J]. 中国医学物理学杂志,2014,31(4):5038-5042.
Tian L,Li MH,Hu YM. Research on automatic tracking algorithm of golden ball position using EPID images[J]. Chinese Journal of Medical Physics,2014,31(4):5038-5042.
- [13] 宋华国,步蕊蕊,李永强,等. 不同固定方式在前列腺癌质子重离子放疗六维治疗床中的使用价值及误差分析[J]. 中华放射肿瘤学杂志,2018,27(4):382-386.
Song HG,Bu RR,Li YQ,et al. Application value and error analysis of different fixation methods in six dimensional proton heavy ion radiotherapy bed for prostate cancer[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology,2018,27(4):382-386.
- [14] Han B,Najafi M,Cooper DT,et al. Evaluation of transperineal ultrasound imaging as a potential solution for target tracking during hypofractionated radiotherapy for prostate cancer[J]. Radiat Oncol,2018,13(1):151.