

## 解读AAPMTG 101号报告 (下)

Stereotactic body radiation therapy: The report of AAPM Task Group 101  
Med. Phys. 37 (8), August 2010

徐英杰  
医科院肿瘤医院

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## 内容

- V. 病人固定、靶区定位和治疗实施
- VI. 剂量学的特别考虑
- VII. SBRT的临床应用
- VIII. 发展方向

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

### V. 病人固定、靶区定位和治疗实施

- 病人实际治疗剂量≠病人计划剂量
- 误差主要来源：靶区或周边组织的变化
- 建议：
  - ◆ 在SBRT中，使用IGRT来提高实施剂量的空间准确性；
  - ◆ 摆位框架可以用来完成初步的摆位，而不应作为唯一的定位技术

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

### V.A. 固定装置

- SBRT中固定装置的选择取决于治疗机探测和修正病人治疗位置的能力
- 即使是图像引导摆位系统也只能减少而不能完全取代适当的固定装置。

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

Table IV. Achievable accuracies (reported in this literature) categorized by body site and immobilization/repositioning device.

Author, year	Site	Immobilization/repositioning	Reported accuracy
Lax, 1994 <sup>1</sup>	Head/neck	Wood frame/stereotactic coordinates	3.7 mm Lat, 5.7 mm Long
Hamilton, 1994 <sup>2</sup>	Spine	Score final cut on skin marks	2 mm
Murphy, 1997 <sup>3</sup>	Spine	Frameless/plaster collared markers with real-time imaging and tracking	1.6 mm radial
Lutz, 1998 <sup>4</sup>	Spine	Body cast with stereotactic coordinates	±3.6 mm mean vector
Tong, 2001 <sup>5</sup>	Spine	Custom stereotactic frame and in-room CT guidance	1.5 mm system accuracy, 2-3 mm positioning accuracy
Cheng, 2002 <sup>6</sup>	Spine	MIPO BodyFix with stereotactic frame/linea/CT on rails with 4D robotic couch	1 mm system accuracy
Samuel, 1997 <sup>7</sup>	Liver	Prone position jaw and arm straps	5 mm
Sakagawa, 2000 <sup>8</sup>	Liver	MVCT on line	Not reported
Wang, 2000 <sup>9</sup>	Liver, liver	Elekta <sup>TM</sup> body frame	3.2mm lat, 4.4 mm long
Fiss, 2004 <sup>10</sup>	Lung, liver	MIPO BodyFix	Body anatomy translation 0.4, 0.1, 1.6 mm (mean X,Y,Z); tumor translation before image guidance 2.9, 2.5, 3.2 mm (mean X,Y,Z)
Herfarth, 2001 <sup>11</sup>	Liver	Leibinger body frame	1.8-4.4 mm
Nagata, 2002 <sup>12</sup>	Lung	Elekta <sup>TM</sup> body frame	2 mm
Fukunoto, 2002 <sup>13</sup>	Lung	Elekta <sup>TM</sup> body frame	Not reported
Hara, 2002 <sup>14</sup>	Lung	Custom bed transferred to treatment unit after confirmatory scan	2 mm
Hof, 2003 <sup>15</sup>	Lung	Leibinger body frame	1.8-4 mm
Timmerman, 2003 <sup>16</sup>	Lung	Elekta <sup>TM</sup> body frame	Approx. 5 mm
Wang, 2006 <sup>17</sup>	Lung	Medical Intelligence body frame stereotactic coordinates/CT on rails	0.3 ± 1.8 mm AP, -1.8 ± 3.2 mm Lat, 1.5 ± 3.7 mm SI

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

### V.B. 图像引导摆位

- 图像引导
  - ◆ 减少靶区和危及器官的空间不确定性
  - ◆ 治疗实施中监测靶区的位置
- 传统方法：EPID
  - ◆ 结合植入基准点的方法，椎体部肿瘤的误差 < 2mm

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## V.B. 图像引导摆位

- 三维图像引导，精确定位骨性和软组织靶区
  - ◆ MV/kV 锥形束
  - ◆ MV 扇形束
  - ◆ kV 图像系统
  - ◆ 超声图像引导
- 射频跟踪：Calypso系统
- 任何摆位系统，都应对其随机和系统误差进行细致评估，建立质量保证程序

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## V.C. 控制呼吸运动的摆位、肿瘤跟踪和门控方法

- 呼吸运动对胸、腹部靶区的影响评价及其控制方法的更详细描述见 **AAPMTG76**.

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## V.C. 控制呼吸运动的摆位、肿瘤跟踪和门控方法

### • V.C.1 图像引导方法

- ◆ 透视
- ◆ 门控x线照相

有些问题无法解决：例如靶区运动到邻近危及器官的位置，可能带给危及器官更高剂量的照射

锥形束CT扫描的呼吸相关（respiration-correlated）方法：慢速扫描（4min）来获得大量投影，分到各个时相。

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## V.C. 控制呼吸运动的摆位、肿瘤跟踪和门控方法

### • V.C.2 可视跟踪方法

- ◆ 立体红外摄像法（Stereoscopic infrared cameras）
- ◆ 摄像测量法（Video photogrammetry）

这些方法基于如下假设：

外部标记点的运动与内部肿瘤的运动相关

某些情况，尤其是肺部肿瘤，该假设不成立，应谨慎使用

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## V.C. 控制呼吸运动的摆位、肿瘤跟踪和门控方法

### • V.C.3 呼吸门控方法

- ◆ 常与上述的两种方法联合使用
- ◆ 其效果受病人呼吸周期重复性的影响
- ◆ 增加病人治疗时间——提高剂量率有可能抵消其所增加的治疗时间
- ◆ 呼吸运动幅度 < 2cm 的病人可能不受益

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## V.C. 控制呼吸运动的摆位、肿瘤跟踪和门控方法

### • V.C.3 呼吸门控方法

- ◆ 建议：
  - 评价每个SBRT病人胸腹部肿瘤的运动情况
  - 若使用跟踪方法，需验证体表标记与肿瘤运动的关联度
  - 监测每次SBRT治疗，评价运动的重复性

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## V.D. 治疗实施的报告

- SBRT应建立起质量保证程序和适当的治疗实施记录
- 确定重定位或重计划的启动水平
- 记录靶区及邻近器官的各种变化，及处理情况
- 监测并记录病人在整个治疗过程中的情况

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## VI. 剂量学的特别考虑

- VI.A. 小/窄射野的几何形状引起的剂量学问题
  - 建议：使用空间分辨率约1mm或更佳（立体定向探测器stereotactic detector）的探测器来测量基本剂量学数据
    - 摆位的影响
    - 射野大小和MLC型号
    - 探测器直径与射野大小
  - 建议：探测器的最大内径应小于所测量最小射野的半高宽（FWHM）的1/2

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## VI. 剂量学的特别考虑

- VI.B. 小射野的非均质计算引起的剂量学问题
  - 非均质修正在肿瘤被低密度组织如肺包绕时十分重要。
  - 多数SBRT计划系统采用基于蒙卡的剂量卷积核，然后进行卷积迭代的方法进行计算。
  - 新的算法考虑光子和反冲电子的输运，但非均质修正仍只是一种近似。

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## VI. 剂量学的特别考虑

- VI.B. 小射野的非均质计算引起的剂量学问题
  - 放射物理中心使用胸部模体来对一些剂量计算方法进行比较，发现卷积迭代方法和clarkson/笔形束算法的结果在靶区的中心很相似，但是在靶区边缘有显著性差异。
  - AAPM TG 65建议在病人剂量计算时使用组织非均匀修正。
  - AAPM TG 65不允许笔形束算法用于低密度组织包绕靶区的情况。

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## VI. 剂量学的特别考虑

- VI.B. 小射野的非均质计算引起的剂量学问题
  - 建议：
    - 考虑了3D散射的算法如卷积/迭代的方法可用于于大多数的临床情况，包括电子失衡的情况。
    - 使用蒙特卡洛方法更加理想，但是目前该方法没有在临床广泛使用。
    - 笔形束算法仅考虑1D散射修正，建议不要用于肺部等肿瘤的剂量计算。
    - 更详细的信息参考85号报告和TG65。

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## VII. SBRT的临床应用

- 开展SBRT应有严格的规程和相应工具
  - (1) 建立起SBRT使用范围，包括治疗部位的选择及各部位的临床目标
  - (2) 确定治疗方式，能达到临床目标的剂量分次和治疗计划目标（靶区定义、靶区覆盖、适形度因子等）
  - (3) 对每种治疗方式，确定在病人摆位、治疗实施和验证中所需的装置
  - (4) 确定实施SBRT所需的人员
  - (5) 建立和执行SBRT装置的验收和调试程序
  - (6) 建立SBRT定位、治疗计划、治疗实施和验证的指南，记录方法、日常质量保证程序及干预水平
  - (7) 人员培训

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## VII.A. 建立SBRT的使用范围和临床目标

- 临床物理师的决定起很重要作用
  - ◆ 对某一部位的治疗如何用现有设备进行病人固定、定位、治疗计划和实施
  - ◆ 整个团队一起讨论
- 应提交完整的关于SBRT用现有资源能达到的临床和技术目标的可行性分析
- 依据ASTRO/ACR的SBRT实践指南，清楚地列出团队中每个成员的作用和职责

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## VII.A.1. 对设备的考虑

- SBRT装置的选择首先是考虑空间的大小以及和现有装置包括计划和记录、验证系统的可整合性

不要使用笔形束算法进行肺部SBRT计算

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## VII.A.2. 对时间和人员的考虑

- SBRT需要物理人员参与其过程的每个环节，包括最初对固定和定位系统的调试、小野的测量和验证及后续的质量保证。
- 建议：
  - ◆ 高质量的SBRT需要有资质的医生、治疗师、剂量师、物理师来执行。
  - ◆ 每个参与SBRT的人员经常参与培训以更新知识，了解新的发展

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## VII.B. 验收、调试和质量保证

- 验收——厂家
- 调试——医院（建立基线）
- 质量保证——医院（系统误差最小化）
- 各种测试：模拟图像数据、剂量计算算法、MLC叶片序列、MU计算算法、叶片速度、用于SBRT的机器剂量率及在该剂量率下剂量刻度的准确性、小MU的输出准确性、病人固定和摆位、运动跟踪和门控等等

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## VII.B. 验收、调试和质量保证

Table 5. Summary of published recommendations for SBRT QA/Commissioning

Source	Proposed goal	Proposed test	Reported achievable tolerance	Proposed frequency
Wang et al., 2009 <sup>1</sup>	End-to-end QA accuracy	Spacer x ray DRB fusion	1.0 to 1.2 mm root mean square	Initial commissioning and annually thereafter
Wang et al., 2009 <sup>1</sup>	Image registration accuracy	Spacer x ray DRB fusion	0.2 mm average, 1.5 mm maximum	Daily (during treatment)
Wang et al., 2009 <sup>1</sup>	Image registration accuracy	Hidden target (using spacer x ray DRB fusion)	0.41 ± 0.92 mm	Initial commissioning and annually thereafter
Wang et al., 2009 <sup>1</sup>	Image registration accuracy	Hidden target (using implanted fiducials)	0.28 ± 0.36 mm	Initial commissioning and annually thereafter
Wang et al., 2009 <sup>1</sup>	Image registration accuracy	Dosimetric assessment of hidden target (using implanted fiducials)	0.68 ± 0.29 mm	Initial commissioning and annually thereafter
Wang et al., 2009 <sup>1</sup>	Image registration accuracy	Consistency comparison to MV imaging (spacer using hidden target)	0.50 ± 0.5 mm	Baseline at commissioning and monthly thereafter
Wang et al., 2009 <sup>1</sup>	Overall positioning accuracy, including image registration (on-board systems)	Winston-Lutz test modified to make use of the in-room imaging system	±2 mm for multiple couch angles	Initial commissioning and monthly thereafter
Wang et al., 2009 <sup>1</sup>	MLC accuracy	Light field, radiographic film, or EPID	<0.5 mm (especially for IMRT delivery)	Annually
Wang et al., 2009 <sup>1</sup>	End-to-end localization accuracy	Hidden target in anthropomorphic phantom	1.10 ± 0.42 mm	Initial commissioning and annually thereafter
Wang et al., 2009 <sup>1</sup>	Respiratory motion tracking and gating in 4D CT	Phantoms with cyclical motion	N/A	N/A
Wang et al., 2009 <sup>1</sup>	CT geometric accuracy	Portal image vs CBCT image (scatter coincidence)	±2 mm	Daily

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## VII.B. 验收、调试和质量保证

- 注意累计系统误差
  - ◆ 使用带标记点的模体完整的模拟整个过程
    - IGRT引导模体摆位，用治疗射野来拍摄标记点的验证片
    - 用已知的误差对模体进行摆位，然后用IGRT系统来修正他们
  - ◆ 使用带有电离室和胶片的模体
    - 移动模体来模拟呼吸运动的影响
  - ◆ 测试六维床时可使用多个标记点来评估旋转误差

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## VII.B. 验收、调试和质量保证

- 真实病人不同于理想模体
  - 针对治疗的QA
    - 图像
    - 剂量分割, 正常组织限量, 靶区覆盖标准
    - 运动的抑制, 跟踪方案, 治疗验证和记录.....
  - 针对病人的QA
    - 计划的确认, 数据的完整
    - 病人的摆位和靶区的定位 (包括重定位的启动水平)
    - 病人的安全

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## VII.C. 病人的安全和医学物理师

- 病人的安全检查
  - 正确的病人
  - 正确的计划
  - 正确的中心
  - 正确且适合的固定装置
  - 防碰撞 (病人或附属物)
  - 病人肢体等对射线的干扰
  - MV正交片的拍摄
  - 计划的验证 (MU计算或测量)
  - 治疗前对治疗机参数包括激光灯的验证
  - 治疗中监测病人的运动
  - .....

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## VII.C. 病人的安全和医学物理师

- 建议:
  - 病人第一次治疗, 至少一个有资质的物理师参与治疗的全部过程
  - 后续分次, 建议一个物理师待命
  - 治疗师应接受过SBRT的培训
  - 治疗前, 医生对每次的图像引导结果及验证片进行确认

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## VII.D. 质量的改进

- 个体化治疗的复杂性和多变性, 以及SBRT技术的持续进展, 要求相应的QA随之改进
- 应规律地用现有的和推荐的设备去检验已有的QA内容

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## VIII. 发展方向

- (1) 增加射野自适应功能: 包括图像变形配准、可预测组织随时间变化的剂量优化
- (2) 治疗中考虑生物效应
- (3) 改进临床计划系统中的小野剂量学
- (4) SBRT与化疗辅助治疗

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## VIII. 发展方向

- (5) 结合分子图像——肿瘤识别、预测及作为治疗效果评估的质量标准
- (6) 在计划系统中考虑肿瘤运动, 并评估运动肿瘤所接受的SBRT剂量
- (7) 使用VMAT, 缩短时间
- (8) 质子和重离子治疗

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## 小结

- 报告对开展SBRT技术给予了很详细的指导
- 结合本医院的条件，尽可能在本报告的指导下开展SBRT技术

2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议

## 感谢

- 戴建荣主任
- 杨瑞杰博士
- 物理室的各位同事



2011/9/1 京津冀鲁晋地区学术会议