



山东省肿瘤医院
山东省肿瘤防治研究院

食管癌放疗质量控制

放射物理技术科
陈进琥



背景

- QA&QC是影响肿瘤精确放射治疗成败的关键因素之一
- QA&QC贯穿放疗的全过程：定位、计划、验证、治疗等
- QA&QC的主要作用是保证病人的安全，提供更加精确、高质量的治疗



背景

- 放疗过程中的QA&QC主要包括：
 1. 治疗机的性能：剂量学、机械性、影像系统等
 2. **TPS**性能：数据模型、图像重建、剂量计算等
 3. 放疗辅助设备：固定板、**CT**模拟机、呼吸管理等
 4. 治疗实施方面：计划验证、影像引导、执行核验

以上是物理师日常工作重点，也逐步受到重视



背景

- 目前临床工作偏重的是设备和软/硬件的性能测试和质量控制
- 认真做好上述质控工作就能完全保证病人治疗的质量？

人为原因

- WHO在2008年发现：自1976-2007年登记的3125例造成损害放射治疗事故中，高达55%的事故原因发生在计划阶段；在1992-2007年报告的4500例近于损害的不良事件中，9%发生在计划阶段，38%发生在传输方面，18%发生在治疗阶段，剩余35%是多阶段复合原因造成的。



背景

- 放疗强调个体化，每一例病人计划都需要做到正确、恰当、合理、精确
- 每一例病人的计划都可能在导入、操作、结果、传输、执行方面出现错误和误差，因此要做好计划的质控。
- 随着新技术的应用，技术更复杂，治疗更精确、环节更多，风险也逐步增大！
- 放疗计划质控可以分以下几个方面：计划制定的质控（**核查**）、计划执行的质控（**验证**）



背景

- 在完善加速器质控工作基础上，应该建立起合理有效的计划制定核查的流程和规范
- 计划制定核查是一系列详细而严密的检查核对，是放疗过程中一项减少和避免错误，以确保计划的制定和执行符合临床治疗方案，保证病人安全，提高和确保计划质量的重要步骤



计划制定核查分级

- 自查
- 他查
- 高级审核
- 首次治疗核对



独立核对



执行顺序



计划制定核查分级

- **自查：**计划者在制定计划的全过程中，自我进行操作、应用规范、内容的检查与核对。
- **他查：**由高年资物理师对计划进行审核*。
- **高级审核：**由具备一定资格和经验的高年资物理师进行最终审核。
- **首次治疗核对：**亦终末核查。由当班技师、制定计划的物理师（或值班物理师）、主管医师共同在首治疗时对计划进行核对。

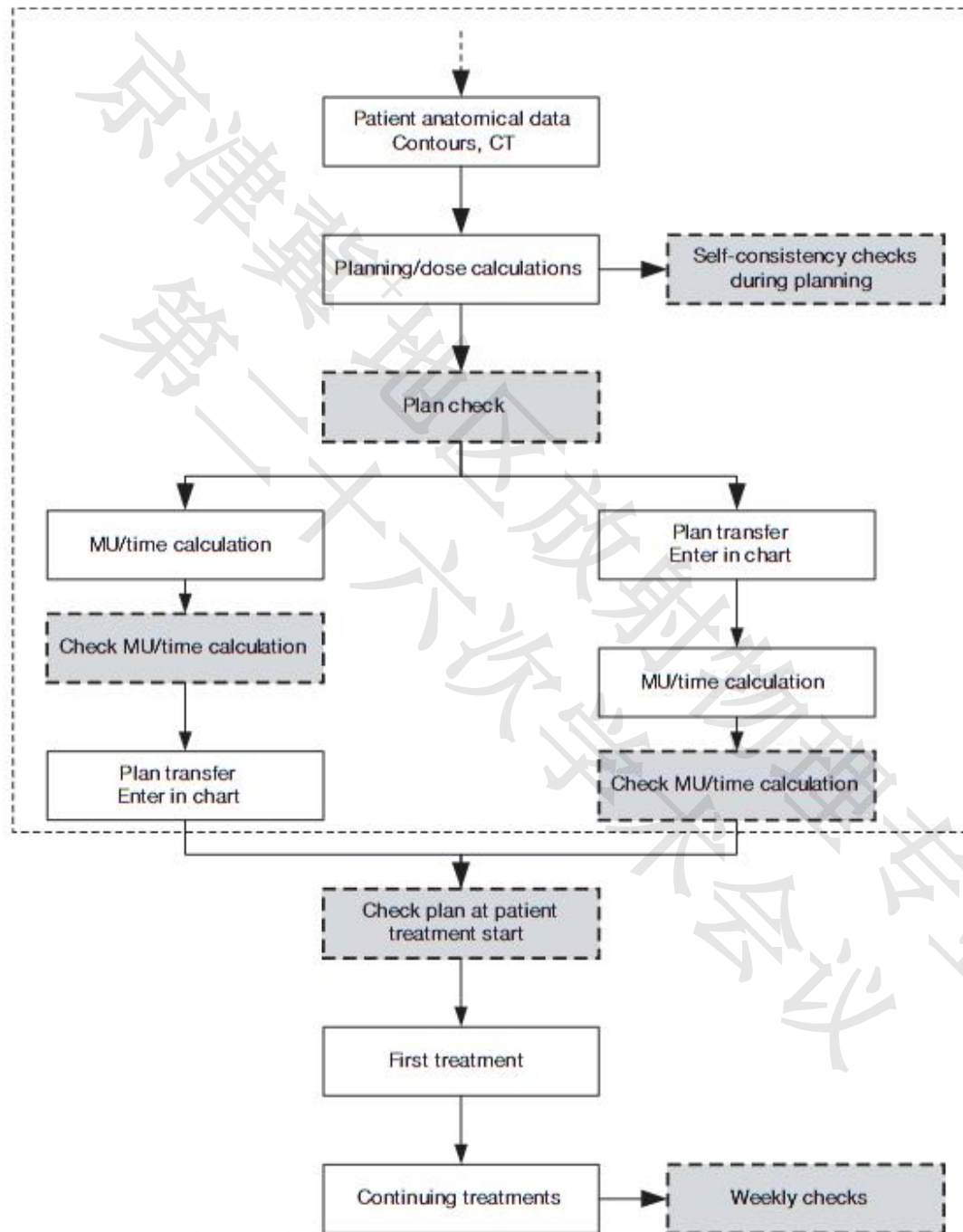


FIG. 16. Outline of treatment planning and delivery QA.



自 查

- 患者信息：姓名（中英文）、系统号（定位）、住院号、科室
- 图像信息：平扫/强化、4D-CT、定位时间、扫描范围（影响剂量计算）、命名
- ROI：GTV/CTV命名、PTV命名（后处理）、OAR（命名、勾画、后处理）、辅助ROI
- 处方：单次剂量、分割数*、qd/bid/qod? cGy/Gy?



自 查

- POI：参考点的确定、等中心位置/数目
- 照射方式：CRT、IMRT、VMAT、混合
- 机器参数：机器模型选用要一致！
- 射束：命名、能量、参数
- 附属物：固定方式、TPS插入（置换）床板、bolus、楔形板、限光筒
- 算法：剂量计算算法、优化算法

Brain Lab / Monte Carlo, Eclipse / ACUROS或AAA, Pinnacle / Collapsed Cone Convolution或Adaptive Convolve, XiO / Superposition或Fast Superposition, Monaco / Monte Carlo, TomoTherapy / Convolution Superposition, In House TPS / Monte Carlo



自 查

- 优化参数：条件是否合理、充分
- 计划结果：PTV及OAR剂量是否符合临床要求、等剂量线分布，剂量归一
- 他查+医师审核后调整或确认（循环）
- 计划上传：病人信息、对应机器、分割数、射束参数、剂量与MU，多靶点
- 报告打印
- 验证计划



他查

同自查项目，但偏重于：

- 辅助ROI是否合理
- POI设置是否合理（尤其是使用电子线时）
- 机器正确、处方正确
- 照射方式是否合理
- 射束数目，角度合理、安全，附属物使用
- 剂量分布、OAR受量有无改善空间
- 多次或多部位计划叠加评估
- 报告的打印及标注是否正确

山东省肿瘤医院 适形调强放射治疗申请单

姓名: 床号: 23 住院号: 0000368020

姓名		性别		年龄	
科室		床号		住院号	
诊断			负责医师		
既往放疗史					
靶区部位(现行)					
患者(家属)	姓名:	主管医师		姓名:	
	电话:			电话:	
放疗体位	头脚方向: () 1. 头先进 2. 足先进 体位方向: () 1. 仰卧位 2. 俯卧位 3. 特殊体位				
治疗技术	1. 三维适形放疗 2. 调强放疗 3. 容积旋转调强放疗 4. 螺旋断层调强放疗 5. 其他				
治疗区	1. 一区 2. 二区 3. 三区 4. 四区 5. 五区 (21EX) (Clinical Unique) (RapidArc) (Precise) (23EX) 6. 六区 7. 七区 8. 八区 9. 九区 其他 (VMAT) (CX) (Tomotherapy) (Clinical Trilogy)				
图像引导放疗方式		1. CBCT 2. KV平片 3. EPID 4. MVCT 5. 其他			
患者定位信息	面膜固定	面膜类型(大小) 口含器(有无) 填充物(有无) 头枕类型(A B C D E F) 枕			
	特殊固定	体膜固定() 腹盆固定器() 乳腺托架()			
	负压袋固定	坐标	首次定位	第一次复位	第二次复位
		长(Z)			
		宽(X)			
	操作/记录者信息	记录	审核		日期
	备注				

山东省肿瘤医院 适形调强放射治疗申请单

姓名: 床号: 23 住院号: 0000368020

靶区、危及器官剂量限定要求及计划确认

	处方剂量(Gy × 次)	外放边界	处方总剂量(Gy)	备注	
GTV					
CTV/ITV					
PTV					
危及器官剂量限量 (按照处方总剂量评估)					
危及器官	剂量限量	危及器官	剂量限量	危及器官	剂量限量
晶体 _左		食管		肾脏 _左	
晶体 _右		气管		肾脏 _右	
眼球 _左		肺 _左		小肠	
眼球 _右		肺 _右			
视神经 _左		全肺		膀胱	
视神经 _右					
脑干		心脏		直肠	
腮腺 _左					
腮腺 _右		肝脏		卵巢 _左	
颞颌关节 _左				卵巢 _右	
颞颌关节 _右		胃		股骨头 _左	
喉		脊髓		股骨头 _右	

备注:

申请医师签字: 计划确认医师签字:

填写要求:

1. 首页需要选择的内容, 请在括号内填入相应数字即可。
 2. 对于表中未列及的危及器官可以在备注中填写。
 3. 如有复位计划, 请临床医师重新打印并填写靶区及危及器官剂量限定要求表。
- 如有靶区和危及器官实际受量不符合临床剂量要求的, 请在备注中予以说明。

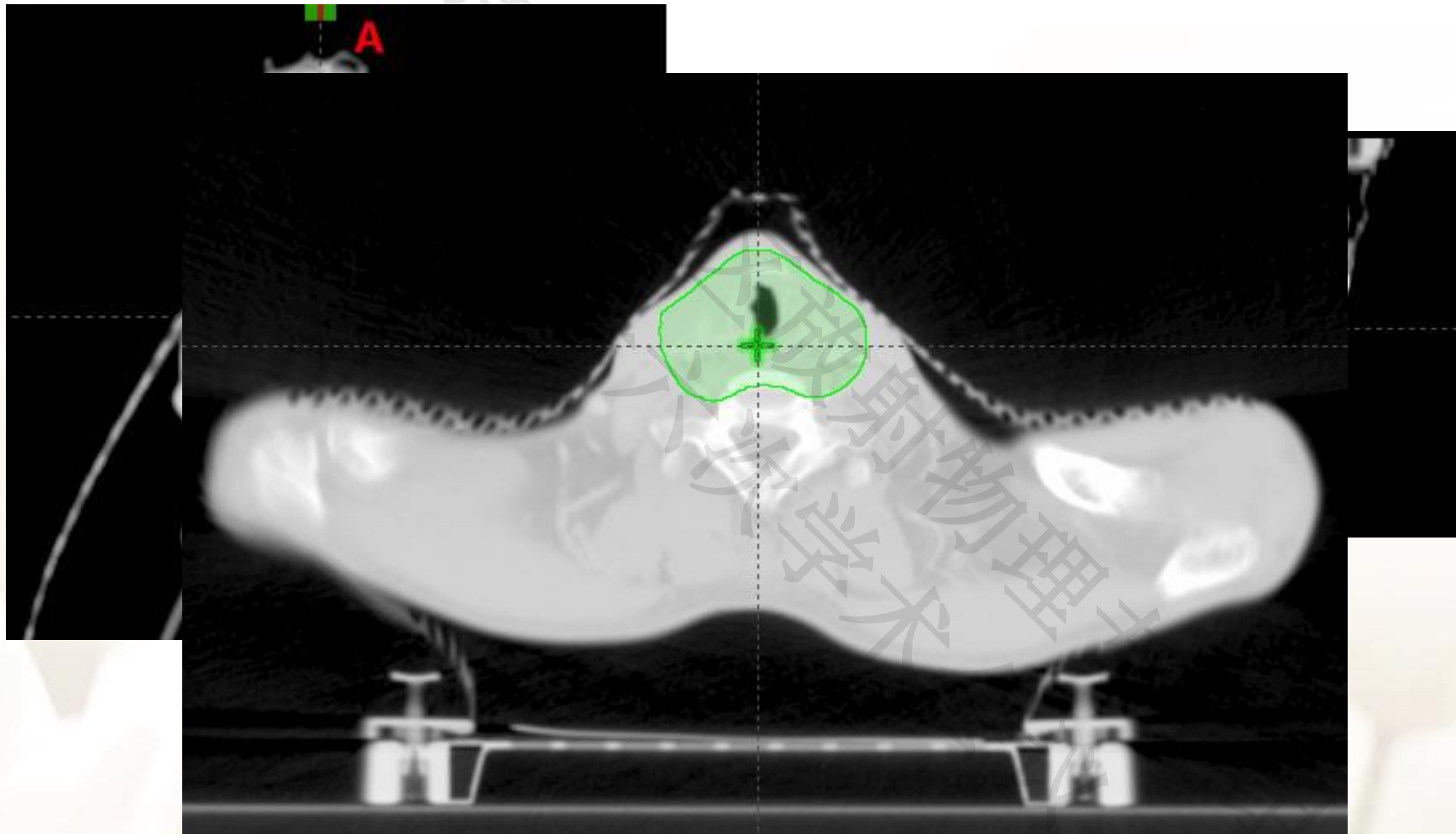
核对申请单信息是否一致



Fields	Dose Prescription	☐ Field Alignments	☐ Plan Objectives	☐ Optimization Objectives	Dose Statistics	Calculation
Fractionation Id	Dose / Fraction [cGy]	Number of Fractions		Total Dose [cGy]	Target Volume	
F1	200.0	30		6000.0	PTV	

Fields	Dose Prescription	☐ Field Alignments	☐ Plan Objectives	☐ Optimization Objectives	Dose Statistics	Calculation
Fractionation Id	Dose / Fraction [cGy]	Number of Fractions		Total Dose [cGy]	Target Volume	
F1	300.0	20		6000.0	PTV	

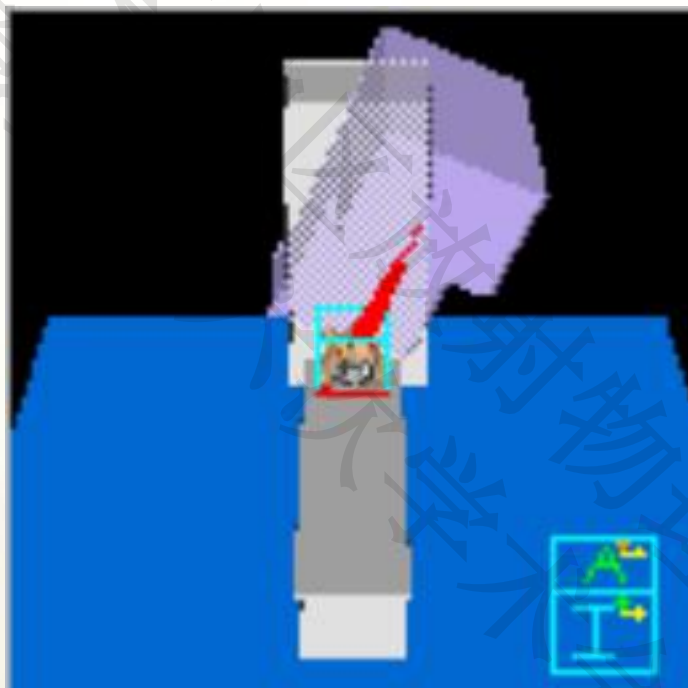
核对计划处方输入



横断面看似可以，但通过矢状面显示发现这种情况容易造成较大误差



核对治疗床板型号及位置



检查射野角度的安全性



Patient Name: [REDACTED] Date/Time: 2015-03-19 08:46:55
Patient ID: 0000206554 Comment:
Plan Name: Plan_0107 Institution: SD - V9.2
Trial Name: Trial_1 Physician/Physicist: 141119/
Revision: R01.P01.D03 Planner: Elekta
Lock Status: The plan was locked by baitong, with user name p3rtp, at 2015-01-07 15:05:08.

Plan Summary Sheet

Beam Setup

2MRT, 69个野

Beam	Machine	Energy	Modality	Prescription	Isocenter	SSD (cm)	MU Per Fraction
						Start / Avg	
B1	5947	6Mv	Photons	Prescription_1	ISO	83.57 / 83.57	~ 203
B2	5947	6Mv	Photons	Prescription_1	ISO	87.35 / 87.35	~ 98
B3	5947	6Mv	Photons	Prescription_1	ISO	89.01 / 89.01	~ 116
B4	5947	6Mv	Photons	Prescription_1	ISO	90.44 / 90.44	~ 179
B5	5947	6Mv	Photons	Prescription_1	ISO	89.50 / 89.50	~ 161
B6	5947	6Mv	Photons	Prescription_1	ISO	79.18 / 79.18	~ 61
B7	5947	6Mv	Photons	Prescription_1	ISO	79.76 / 79.76	~ 77

Beam	Collimators (cm) (Control Pt 1)				Gantry		Couch	Coll	Block	Wedge	Bolus	Comp
	X1	X2	Y2	Y1	Start / Stop							
B1	10.00	4.37	17.00	1.00	0.00/ 0.00	0.00	0.00	MLC	None	No	No	No
B2	11.00	2.86	16.00	2.00	51.00 51.00	0.00	0.00	MLC	None	No	No	No
B3	6.75	0.96	11.00	1.00	103.00 103.00	0.00	0.00	MLC	None	No	No	No
B4	4.44	7.36	15.50	1.50	154.00 154.00	0.00	0.00	MLC	None	No	No	No
B5	3.47	10.35	16.00	1.50	206.00 206.00	0.00	0.00	MLC	None	No	No	No
B6	0.00	9.50	17.00	0.00	257.00 257.00	0.00	0.00	MLC	None	No	No	No
B7	4.95	5.46	17.50	1.50	309.00 309.00	0.00	0.00	MLC	None	No	No	No

Prescriptions

Prescription_1

Prescribe 180 cGy per fraction to 95.5 % of "PTV" mean dose for 4 fractions.
Actual "PTV" mean dose from all prescriptions/beams is 753.787 cGy.
7 beams are assigned to this prescription.

Isocenter

ISO

Position patient such that lasers line up with patient marks.
Move the table LEFT 2.00 cm (looking from foot of table.)
Move the table UP 9.10 cm.
Move the table OUT (away from the gantry) 3.30 cm.

SSD = 83.57 cm

(Ref) SSD = 92.16 cm

Plan Authorization:

Handwritten signature/initials

核对打印报告内
容是否一致，及
标注信息、签字



高级审核

偏重于计划的真实有效性及安全性

- TPS及网络病人信息的编辑（治疗方式、病种等）
- 处方、机器选择是否一致
- 剂量分布合理
- OAR符合临床要求
- 计划参数网络上传正确、一致
- 各方签字与确认



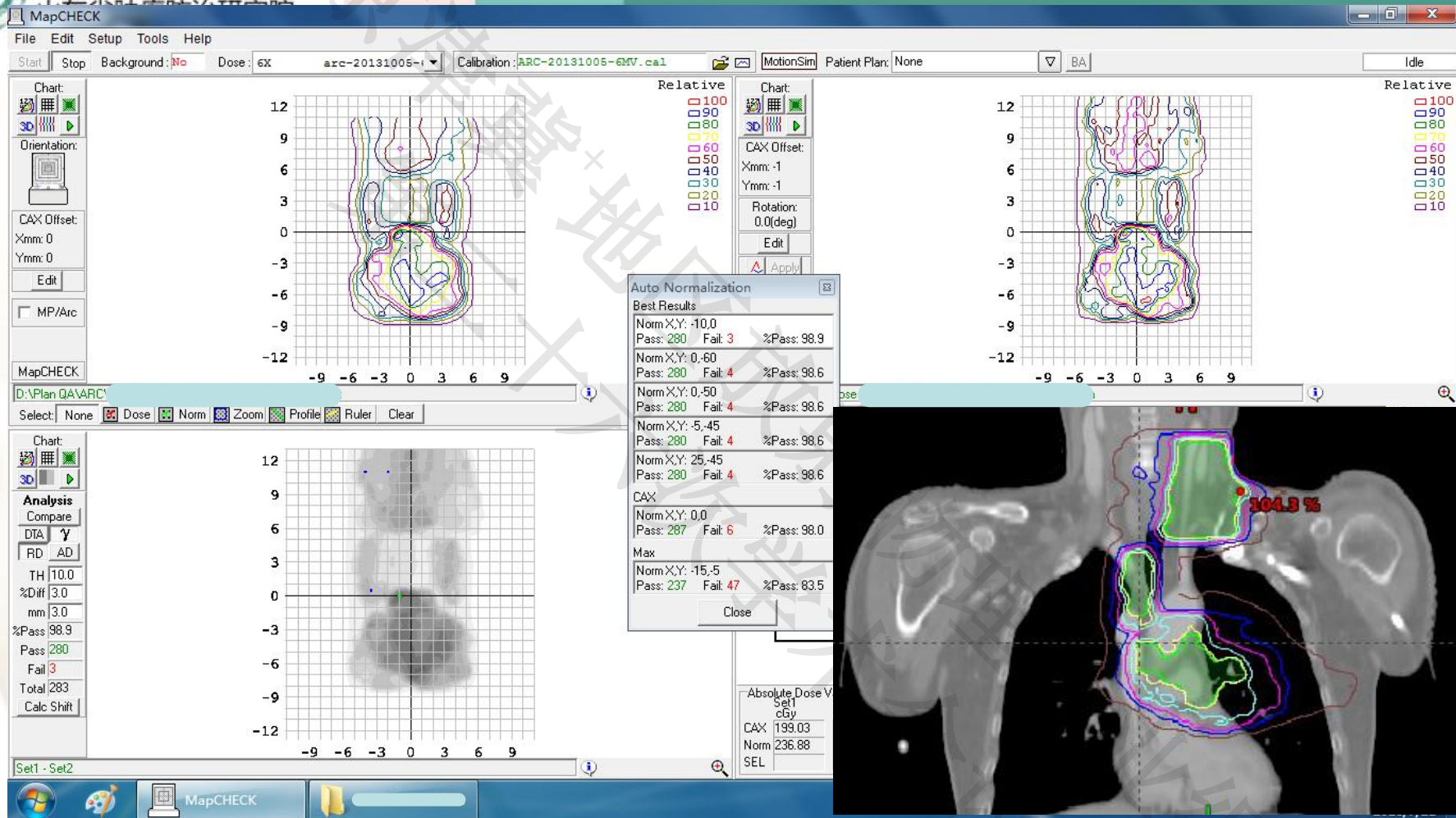
高级审核

- 建立有效的TPS QA制度，与QA负责人定期检查参数设置是否正确（模型参数、常用/默认设置）
- 加强TPS与治疗管理网络的使用及安全性管理
- 贯彻执行由科室领导牵头，高年资物理师和技师、工程师组成的定期回顾总结及巡检制度。对检查项目进行量化评分，施行考核奖罚制度。

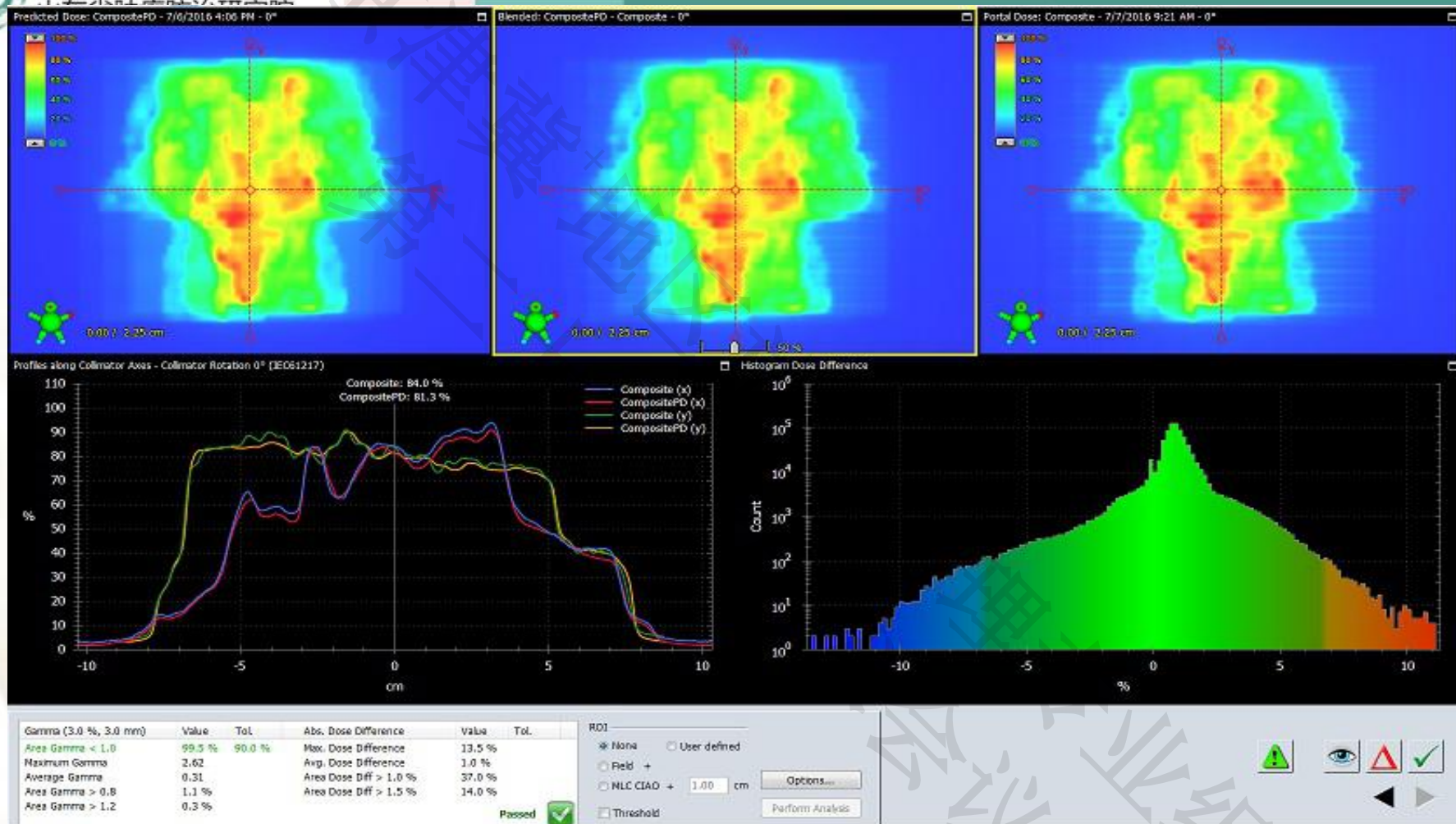


首次治疗核对

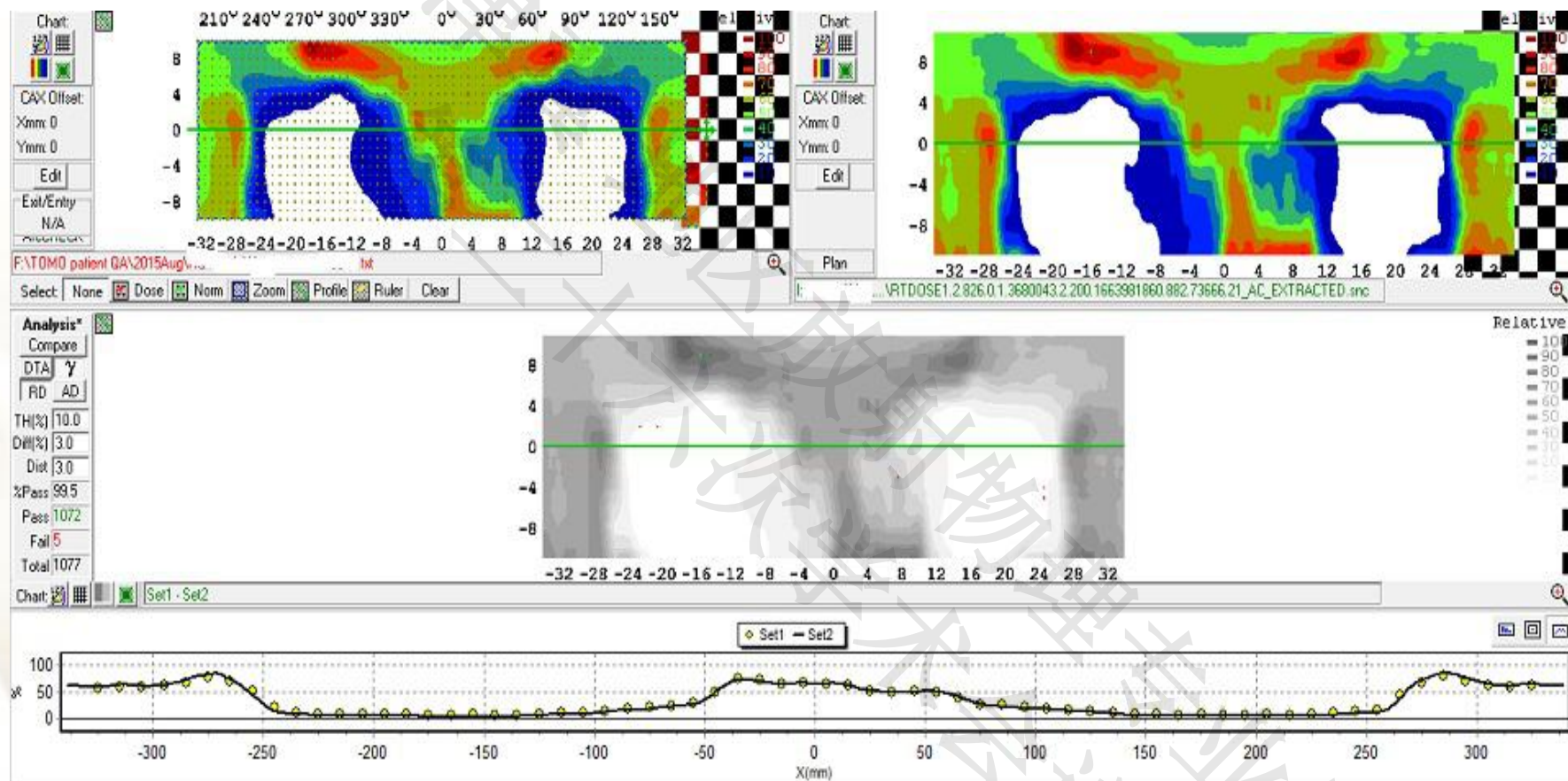
- 病人信息一致
- 执行计划与机器、打印报告一致（射野数、角度、MU、射野面积）
- 定位方式
- SSD及摆位野
- 所有射野的安全性与可执行性
- 附属物
- 影像野设置
- 剂量验证是否已通过



二维剂量验证



二维剂量验证

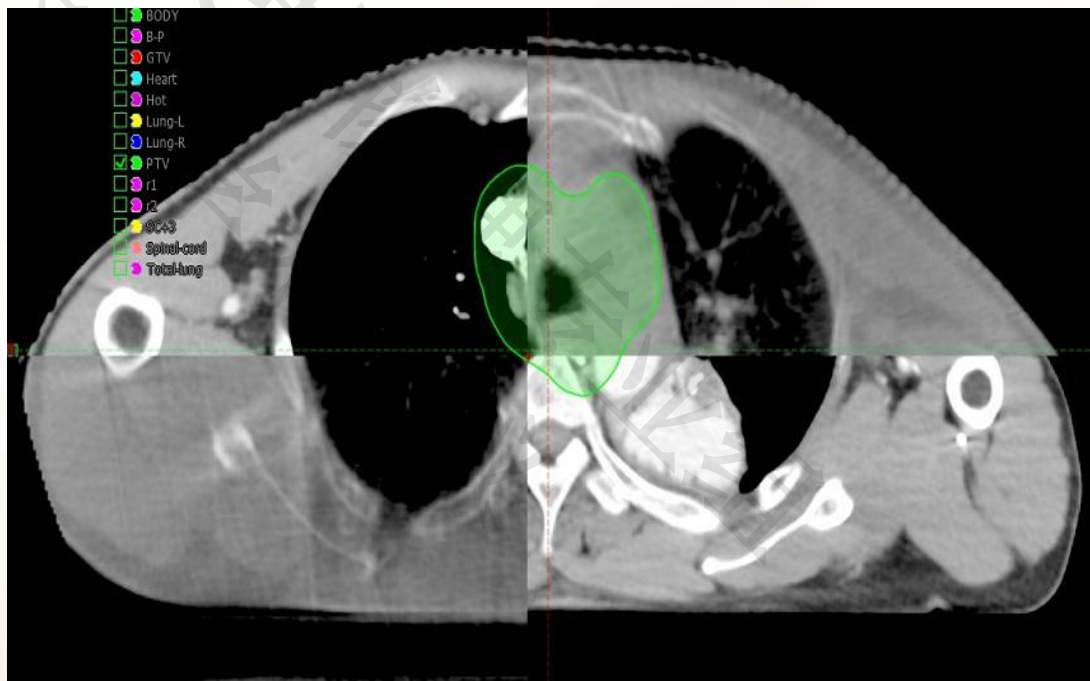
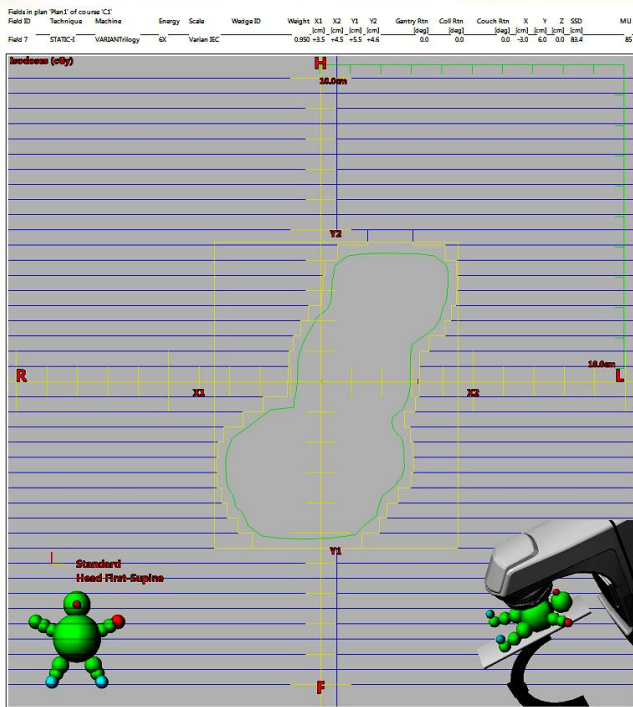


三维剂量验证



首次治疗核对

- 射野形状（MLC）核对：CRT、IMRT
- 病人位置验证：KV、CBCT、EPID





多级审核

优点：

- 通过多次核查尽可能减少错误，提高放疗质量
- 锻炼和提高所有人员的素质，不断积累经验
- 增加沟通，有利于团队协作和发展
- 形成良性示范效应，提高和改善其他工作流程

缺点

- 耗时，繁琐
- 不能完全避免错误的产生



制度和操作保障

主观

- 加强人员操作培训
- 强化人员责任意识和工作纪律
- 建立和执行奖罚制度
- 制定操作流程及规范
- 制定相应的项目核对一览表



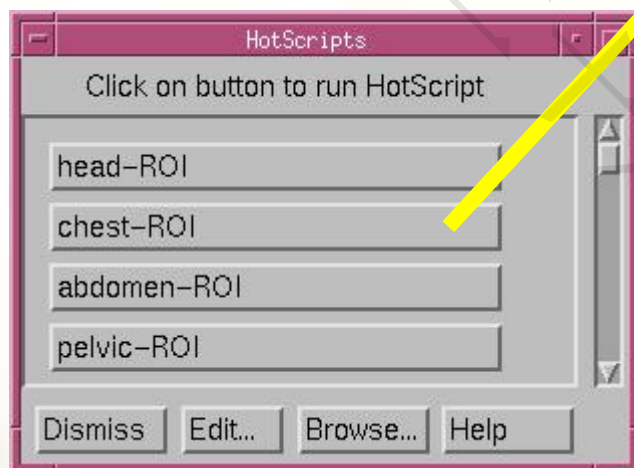
制度和操作保障

客观

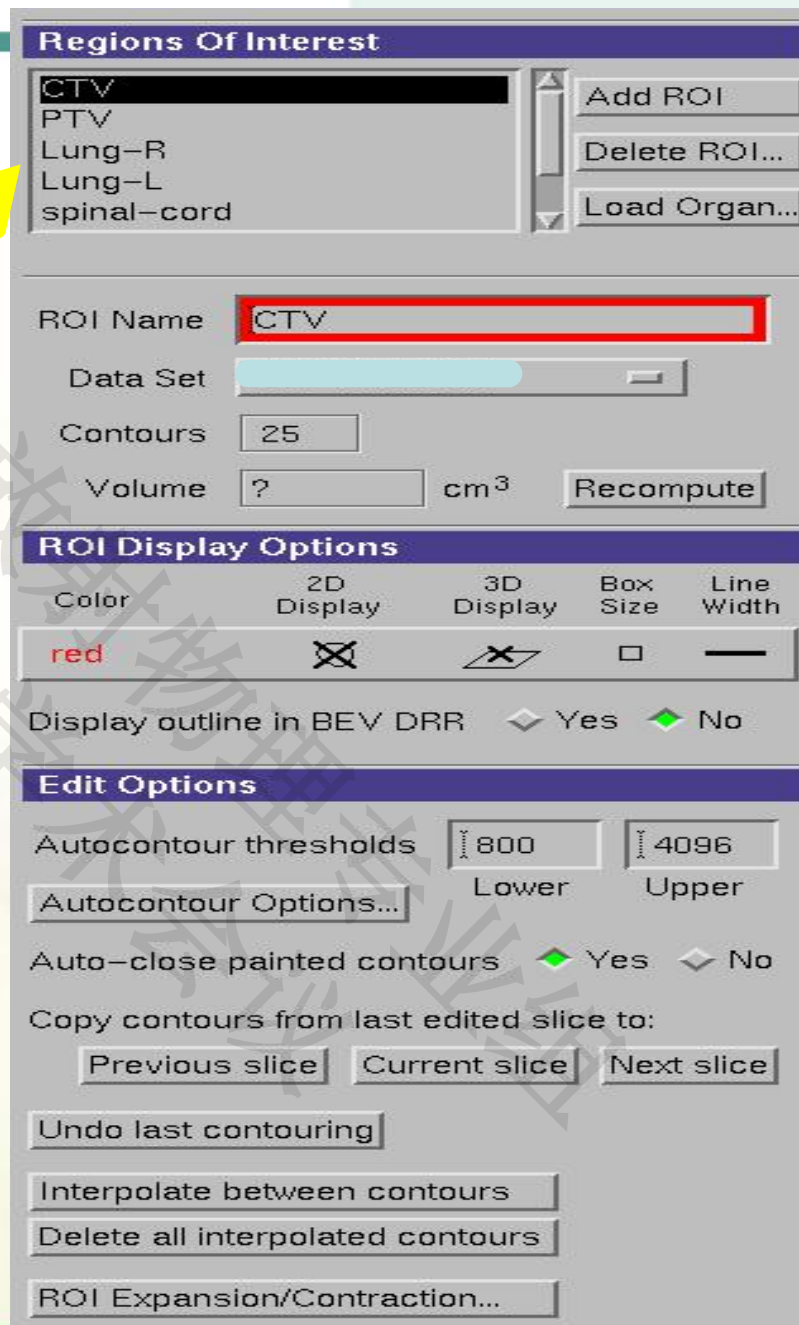
- 使用模板和热键
- 使用高级模板（自动计划）
- 使用第三方工具核对计划



模板和热键



ROI





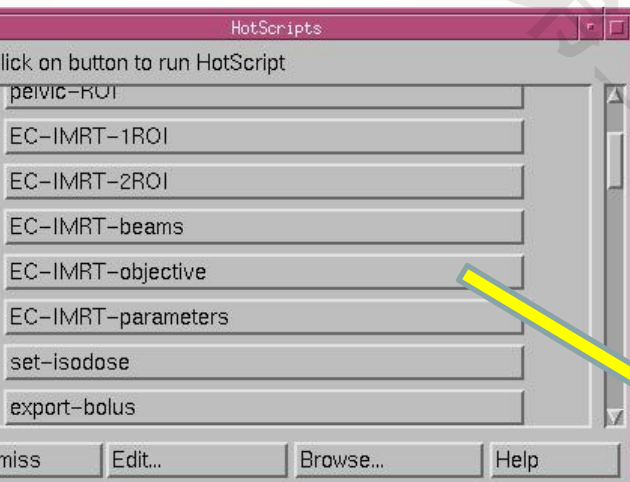
模板和热键

射野命名





模板和热键



优化参数

Inverse Planning

File Options Utilities Display Optimize Convert Patient: sun jiyong, lung, IMRT Plan: Plan_0720 Rev: R02.P01.D02 Trial_1 Help

Max Iterations: 45 Current Iteration: 0 Parameters: 0

IMRT Parameters... Reset Beams

Start Optimization Stop Optimization

Beam Dose Status Opening Density Matrix A1

Beam	Dose Status
A1	Uncomputed
A2	Uncomputed
A3	Uncomputed
A4	Uncomputed
A5	Uncomputed

Dose Volume Histogram

Viewing Window

Dose Volume Histogram

Norm. Volume

Dose (cGy)

Dose: Normalized Absolute Volume: Normalized Absolute

Plan Eval...

ROI Type Constrain Target cGy % Volume % Variation Weight Objective Value a gEUD

PTV	Uniform Dose		6200		20	--
PTV	Min DVH		6000	100	95	--
PTV	Max DVH		6350	3	50	--
PTV	Max Dose		6400		70	--
Total-Lung	Max DVH		3000	10	10	--
Total-Lung	Max DVH		1500	30	10	--
Total-Lung	Max DVH		500	55	10	--
Heart	Max DVH		4000	20	10	--
Heart	Max DVH		2000	50	10	--
Spinal-cord	Max Dose		3800		30	--

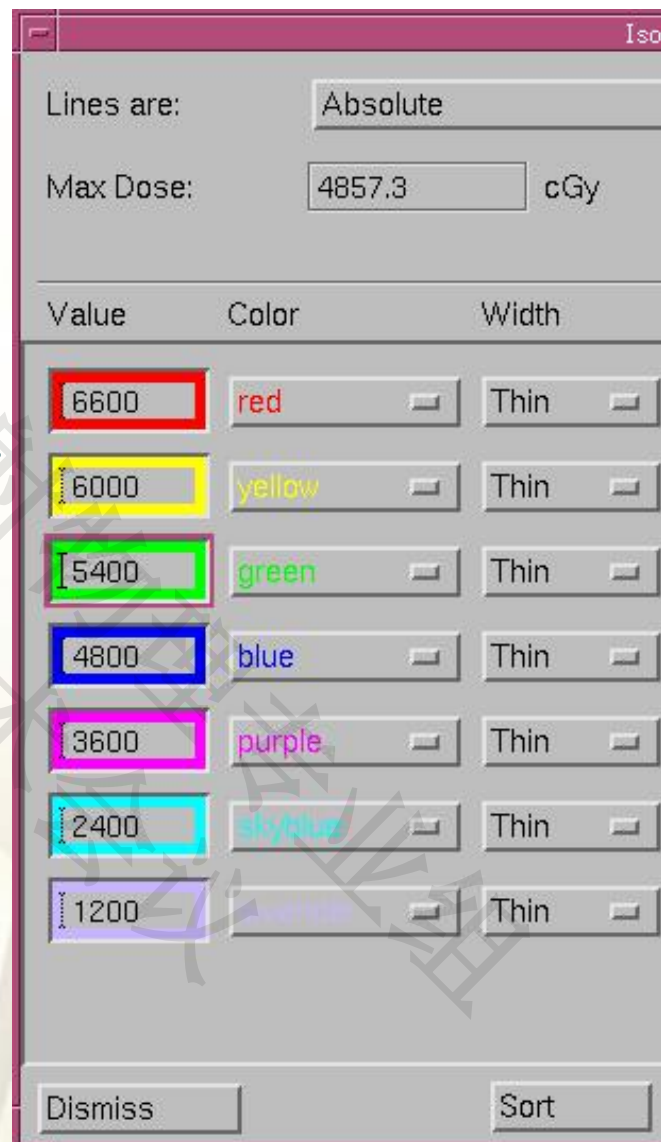
Composite objective value: -- Recompute Values



模板和热键

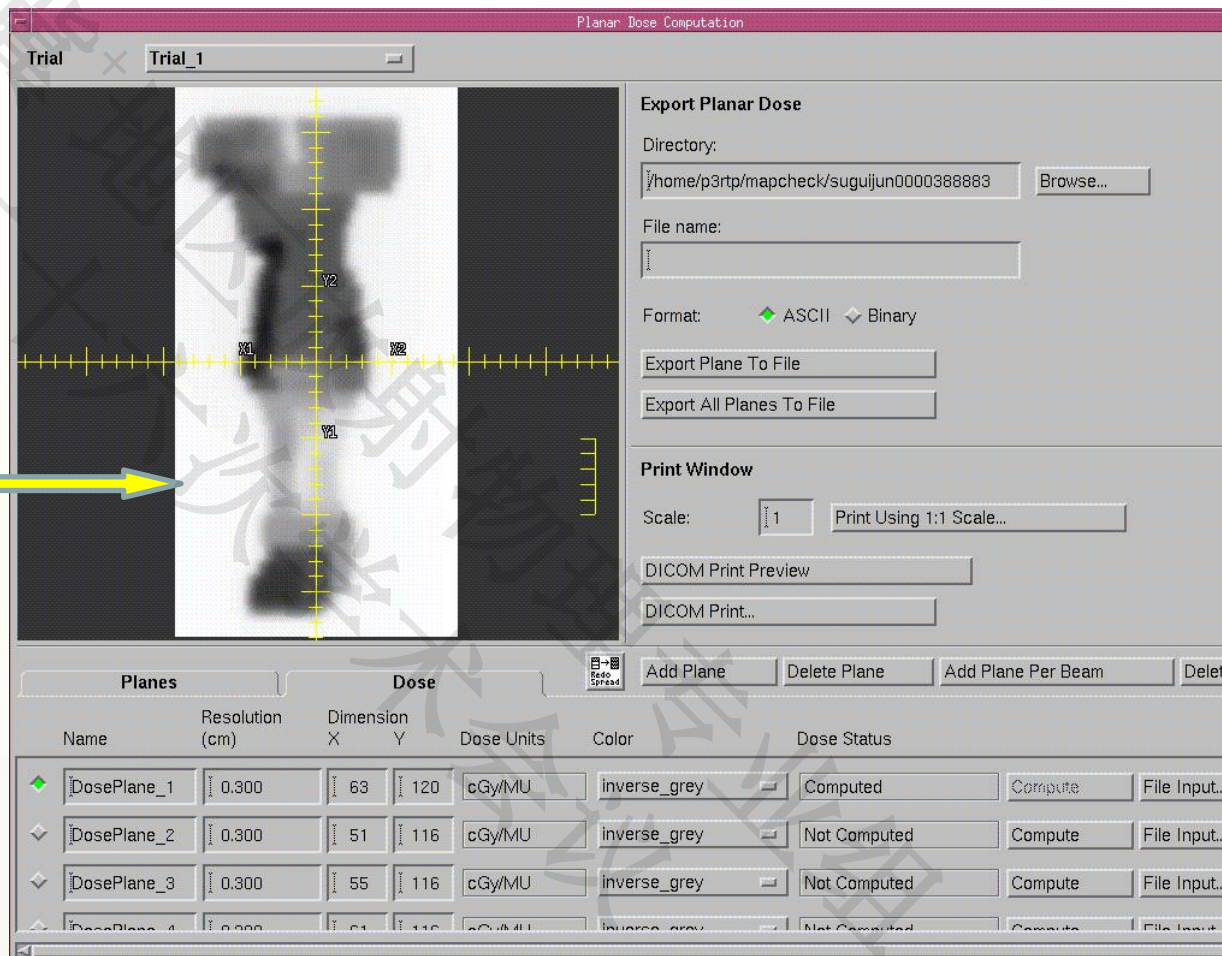
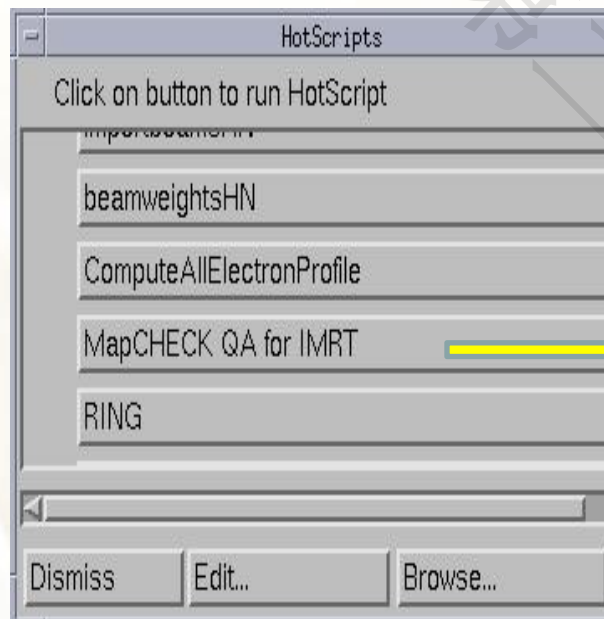


等剂量曲线





模板和热键



生成验证计划



高级模板

- Eclipse的RapidPlan模块
- Pinnacle的AutoPlan模块
- 其他自主开发的自动计划模块

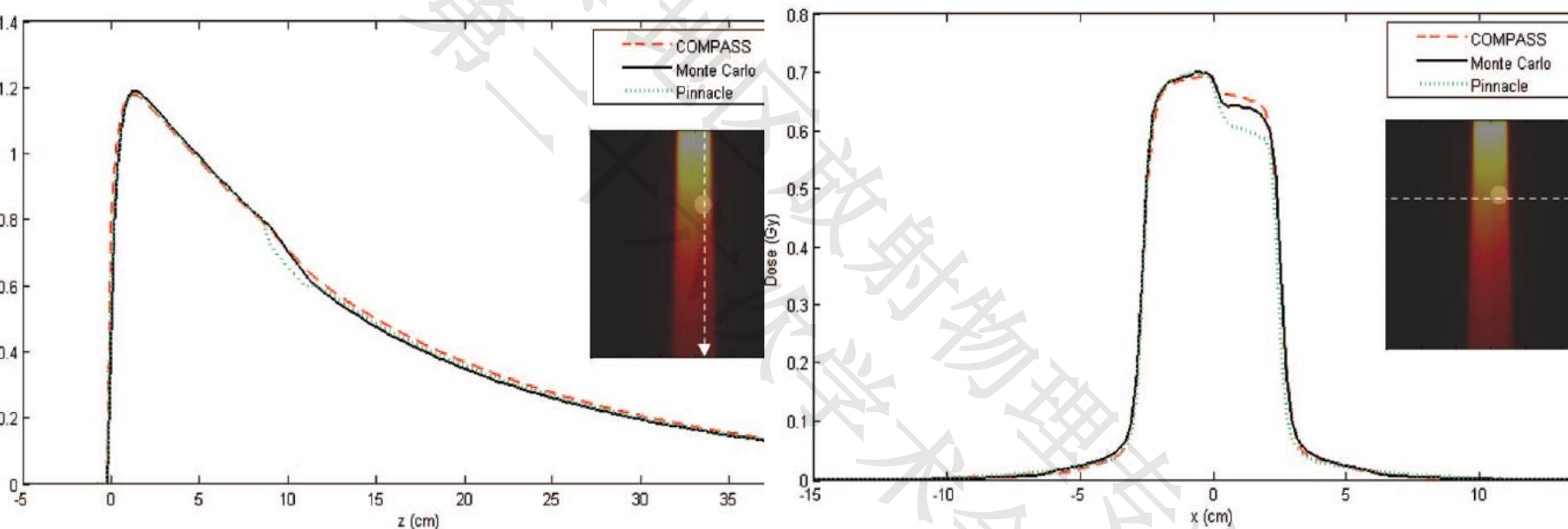


第三方核对工具

- 相对独立的其他TPS
- COMPASS软件
- Mobius 3D软件
- PlanIQ 软件
- 自主开发软件
- 在线的评价工具



第三方核对工具



COMPASS软件及Pinnacle 与MC计算差异

R Visser, DJ Wauben, GM De et al. *Med Phys*, 2013, 40(2):157-157



第三方核对工具

TABLE 1. Comparisons of absolute dose values and output factors (OFs) for Mobius3D and COMPASS dose calculation and reconstruction.

Reference values		Mobius3D		COMPASS			
		Calculation	Diff (%)	Calculation	Diff (%)	Reconstruction	Diff (%)
CF	0.685	0.685	-0.0	0.682	-0.4	0.685	0.0
Field	OF						
2	0.816	0.791	-3.1	0.811	-0.6	0.788	-3.4
3	0.856	0.844	-1.4	0.852	-0.5	0.842	-1.6
4	0.884	0.882	-0.2	0.880	-0.5	0.874	-1.1
5	0.908	0.901	-0.7	0.906	-0.2	0.902	-0.6
7	0.950	0.948	-0.2	0.952	0.2	0.949	-0.1
10	1.000	1.000	0.0	1.000	0.0	1.000	0.0
20	1.096	1.098	0.2	1.094	-0.2	1.105	0.8

CF = calibration factor; OF = output factor.



Mobius 3D模块分析剂量计算误差



Delivered Fractions ▲

Fraction	QA	Delivered	Duration	Mean Dose	DVH Limits	3D Gamma	RMS Values	Data Transfer		
☐	--		Mon, June 20, 2016, 04:45 PM	7 min 56 sec	-3.22%	Pass	92.8%	1.34 mm	Pass	View
☒ 1		Tue, June 21, 2016, 10:18 AM	8 min 0 sec	-3.22%	Pass	92.8%	1.12 mm	Pass	View	
☒ 2		Wed, June 22, 2016, 10:11 AM	1722 min	-3.22%	Pass	92.8%	1.12 mm	Pass	View	
☒ 3		Tue, June 28, 2016, 02:16 PM	7 min 55 sec	-3.22%	Pass	92.8%	1.12 mm	Pass	View	
☒ 4		Thu, June 30, 2016, 01:27 PM	7 min 17 sec	-3.22%	Pass	92.8%	1.35 mm	Pass	View	

Update Fractions

Mobius FX模块分析每次治疗
与初始计划的误差



核对项目分类

- 一致性、安全性、合理性
- 非常重要、重要、一般
- 常见错误、罕见错误



核对项目分类

- 一致性、安全性、合理性
- 非常重要、重要、一般
- 常见错误、罕见错误





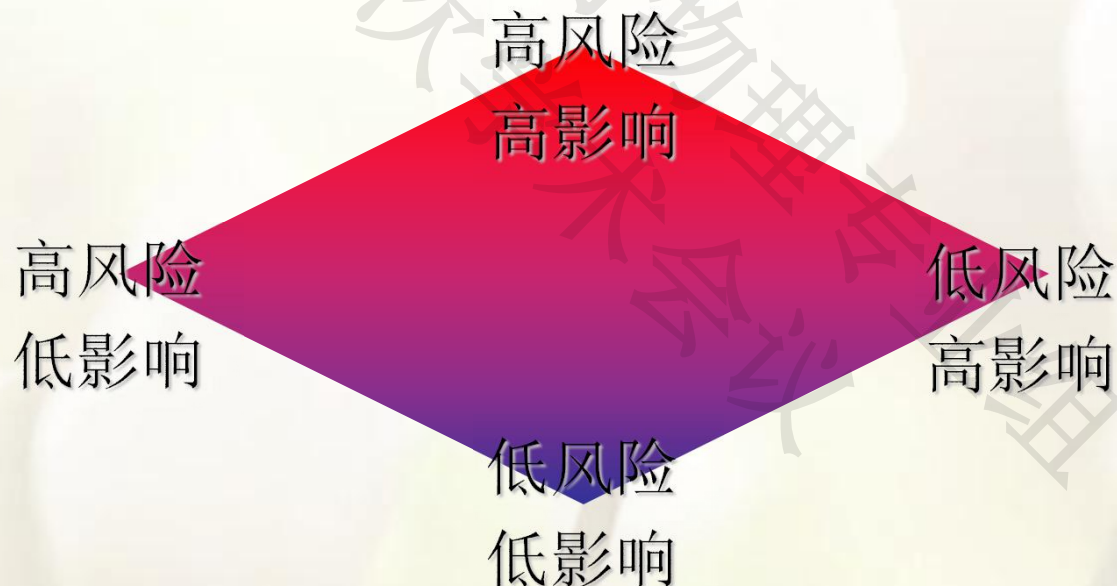
质量风险管理

- 放疗环节繁多，并且每一步作用都不能忽视
- 放疗技术不断进步，对全过程质控要求愈加严格
- 我国的国情决定了物理师工作压力大，工作量多
- 物理师人员配备不足，素质和技能水平有待提高
- 目前临床工作多注重设备性能QA&QC，未重视应用操作与之结合



质量风险管理

- 因此要建立质控管理/风险分析控制系统
- IAEA、ASTRO、ESTRO、IEC及AAPM均提出过相关问题及解决方法
- AAPM. Task Group 100报告 *Med. Phys.* 43(7), 2016, 4209-62





致 谢

- 首先感谢尹勇主任和卢洁副主任的指导
- 李成强、刘潇、林秀桐及谷家冰的支持和帮助
- 感谢在这项工作上做出重要贡献的业内各位专家



山东省肿瘤医院
山东省肿瘤防治研究院

谢谢