

食管癌放疗计划的设计

卢洁

山东省肿瘤医院放疗科物理室

概述

- n 食管癌的治疗方法主要包括手术、放疗和化疗，其中放疗是最重要的方法之一。80%左右的食管癌患者在整个病程中需要做放疗。
- n 放疗方式包括普通放疗、适形放射治疗和调强放射治疗方式。

普通放疗

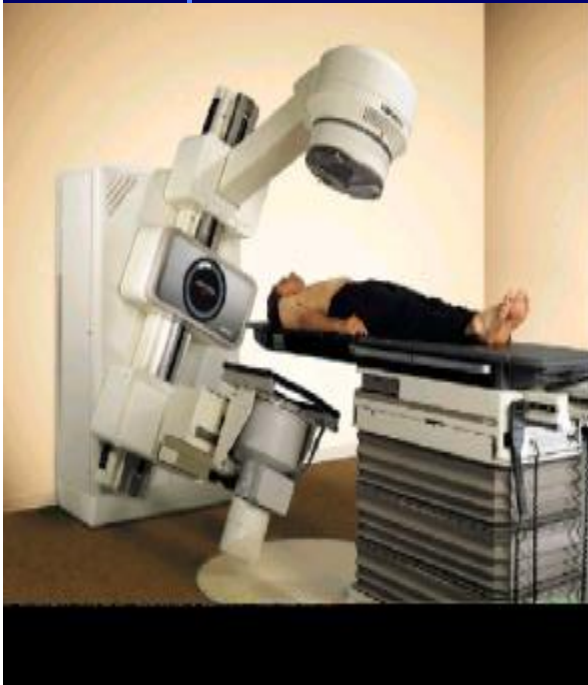
模拟机定位

体表定位

计划片
射野片

计划设计

治疗



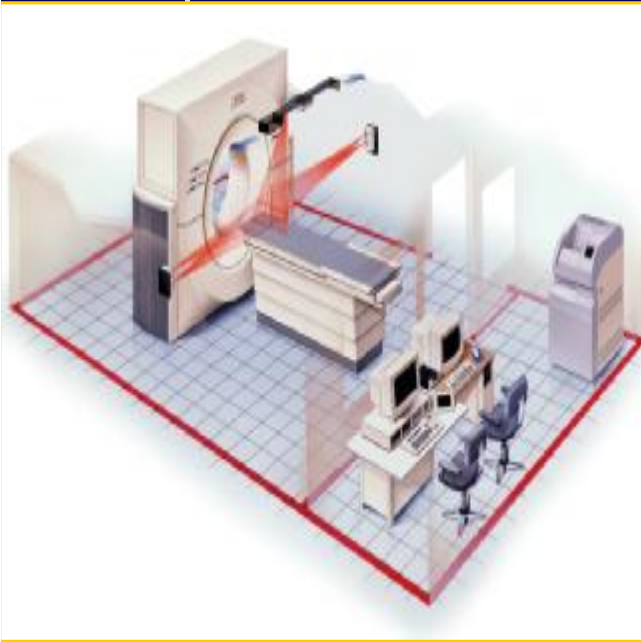
适形、调强放疗

体位固定、CT模拟

计划设计

靶区确定
危险器官确定
照射野设定
挡铅、楔形板、MLC计算

验证、治疗



大孔径定位CT:
机架孔径 :85cm
扫描FOV :60cm

放疗计划设计流程

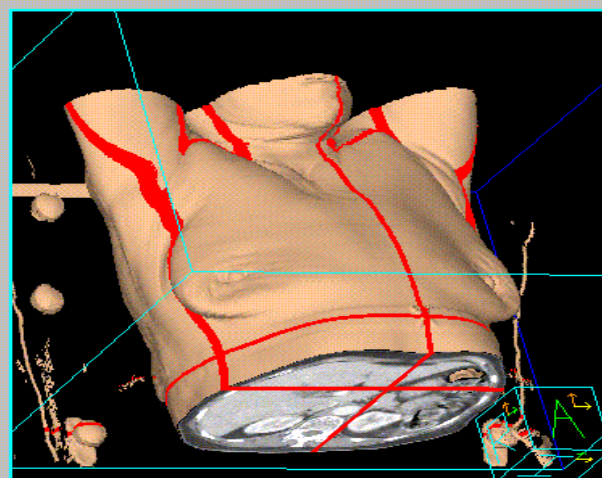
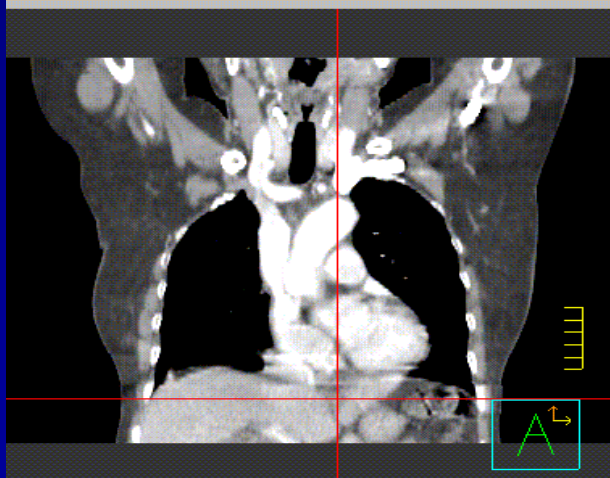
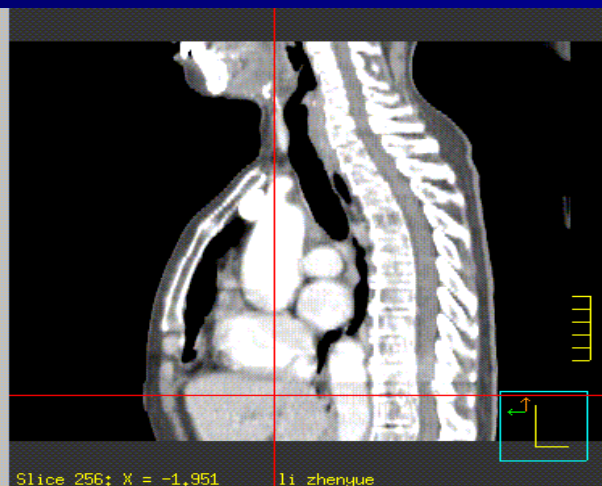
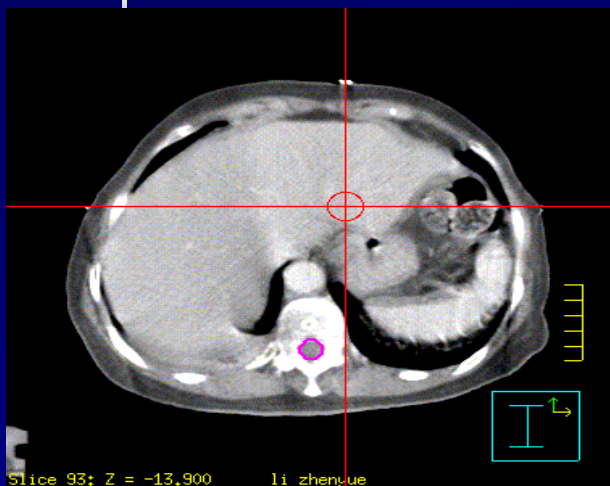
- n 患者体位的固定及CT模拟
- n 靶区定义
- n 危及器官
- n 计划设计
- n 计划分析

患者体位的固定及CT模拟



体位固定后，通过CT两侧墙的激光十字线和顶墙的激光十字线在皮肤上标记3条体位标记线

患者体位的固定及CT模拟



CT模拟系统的组成

- CT机(大孔径, 平面床)
- 射野/ISO确定系统
(激光定位系统)
- CT模拟工作站

CT模拟系统的功能

- 虚拟透视
- 虚拟模拟
- 验证功能
- 图像融合

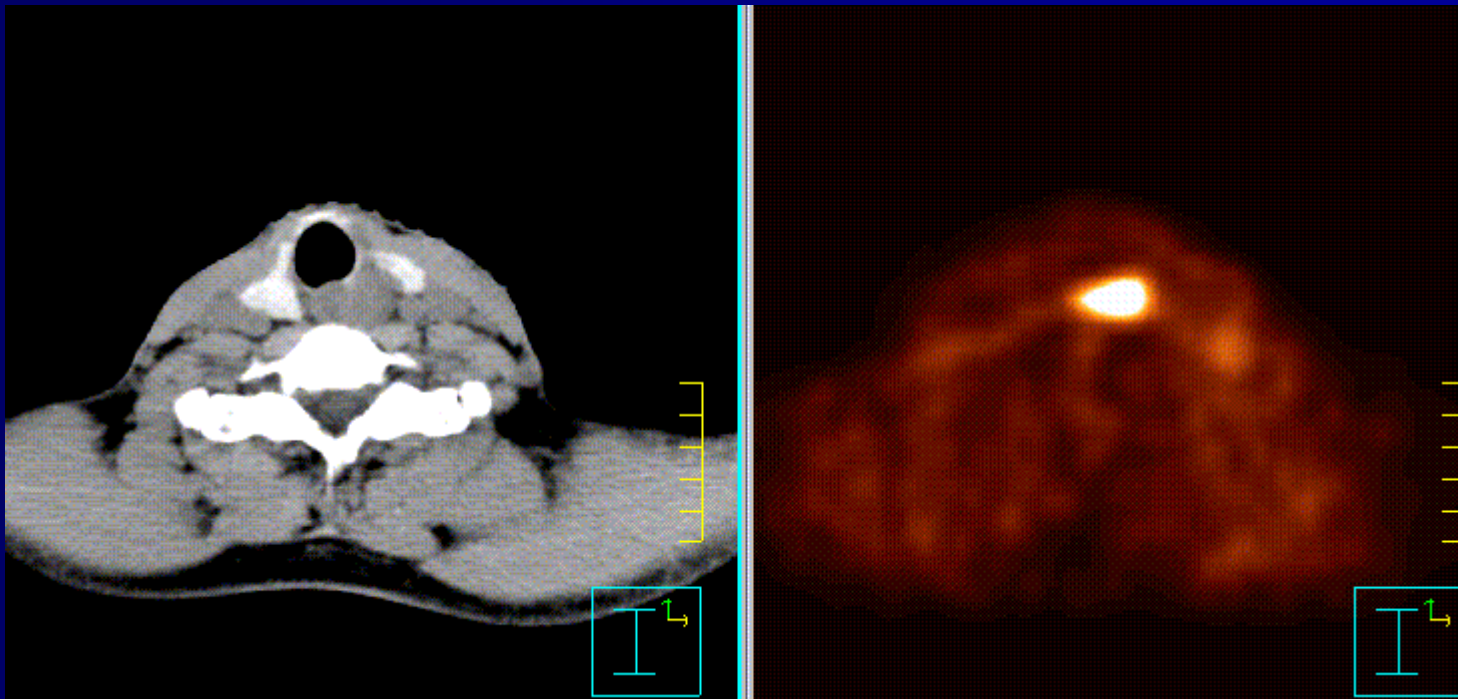
靶区定义

- n 按照ICRU50号报告和62号报告的规定勾画靶区（由医生和影像医生完成）

靶区定义

n **GTV**: 原则上为CT、MRI或PET/CT确定的可见肿瘤区域，如食管癌原发灶部位食管壁增厚、管腔狭窄、管腔外生长的肿块以及纵膈、锁骨上肿大淋巴结等。

靶区定义



CT/PET图像融合确定靶区

靶区定义

- n **CTV**: 食管癌临床靶区原则上应包括原发灶及其前后左右0.8-1cm, 上下3-5cm左右范围及相应节段淋巴引流区。
- n **PTV**: 各个方向外放0.5cm 的边界确定PTV。

危及器官

- n 在放疗中应保护的器官有脊髓、肺、心脏和胃。在这些保护的器官里尤其要注意脊髓、肺、心脏。对于有冠心病的老年患者应尽量减少心脏的受量。

危及器官

- n **脊髓** 脊髓属于“串型”组织，其放射性损伤主要与其接受的最大剂量相关，但照射长度也有一定的相关性。所以比较参数 D_1 （高剂量区1%体积的脊髓所受到的最低照射剂量）。

危及器官

n **肺** 肺属于“并型”组织，肺损伤的发生与其受照的体积直接相关， V_{20} 、 V_{30} 和平均剂量可以预示放射性肺损伤发生的概率，原则上应该尽量减少正常组织的受照体积和受照剂量。

危及器官

- n **心脏** 心肌损伤少见，心脏照射 V_{45} 应小于60%体积。胸中、下段食管癌的照射时心脏无法避免的将部分心脏包含在照射野内，三维计划时应考虑心脏的耐受量，尽量减少心脏的受照体积和受照剂量。

危及器官

- n **胃** 胃的放射耐受量与受照体积密切相关，100cm²胃耐受量约为45Gy。原则上应该尽量减少胃的受照体积和受照剂量。下段食管癌的放射治疗如果考虑对贲门旁和胃左动脉旁淋巴结进行照射，无法避免胃的放射反应，由于胃的耐受量限制，很难达到根治剂量。

计划设计

- n 颈段及胸上段食管癌

- n 胸中下段食管癌

- n 举例说明: 颈段食管癌

 - 胸中下段食管癌

 - 上段食管癌(SIB-IMRT)

- n 新技术发展-ARC计划

计划设计

n 颈段及胸上段食管癌：

适形计划一般采用6MV~8MV X线3-4个固定适形野，分前后左右照射方向，脊髓最大剂量可控制在45Gy左右。

计划设计

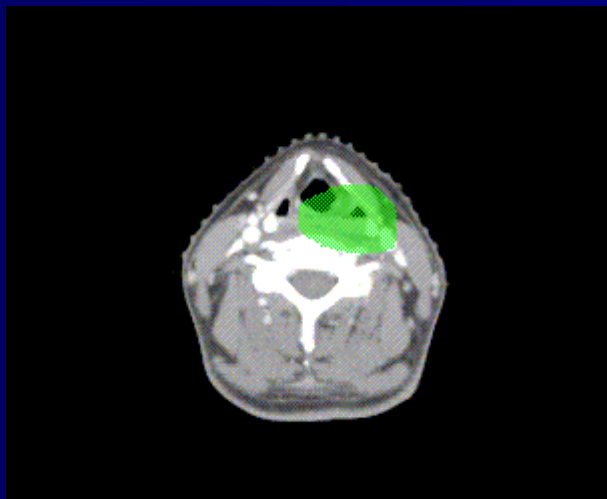
n 胸中、下段食管癌：

适形计划一般采用6MV~15MV X线4个~6个固定适形野，分前后左右4个野或左前、右后、右前、左后、前5个野或在此基础上再加一个适形野。对放疗后缩野加量的病人则尽量采用侧野照射，避开脊髓、胃。

颈段食管癌1例

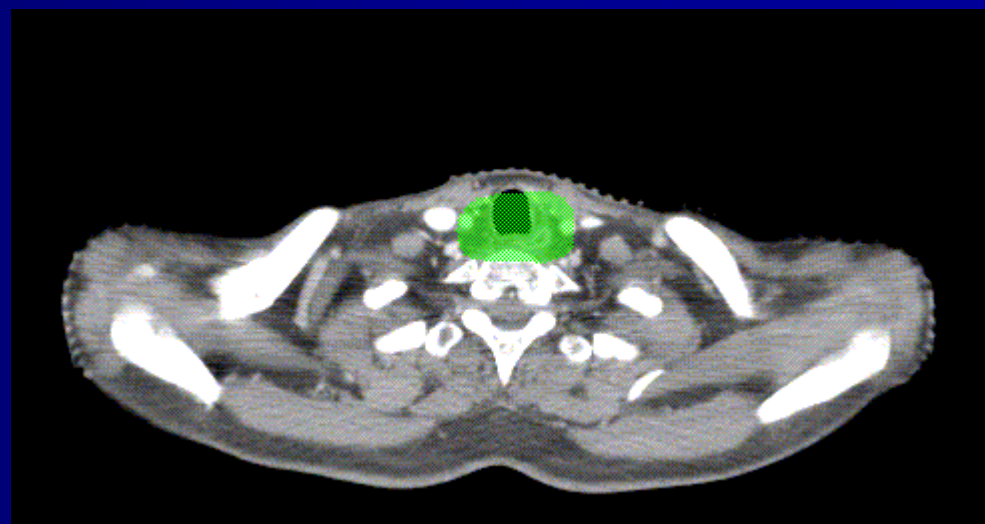
- n 中年男性
- n 病理类型：鳞癌
- n 靶区分布：胸上段食管
- n 靶区剂量：1.9Gy*32次，1次/d,5d/周

颈段食管癌1例

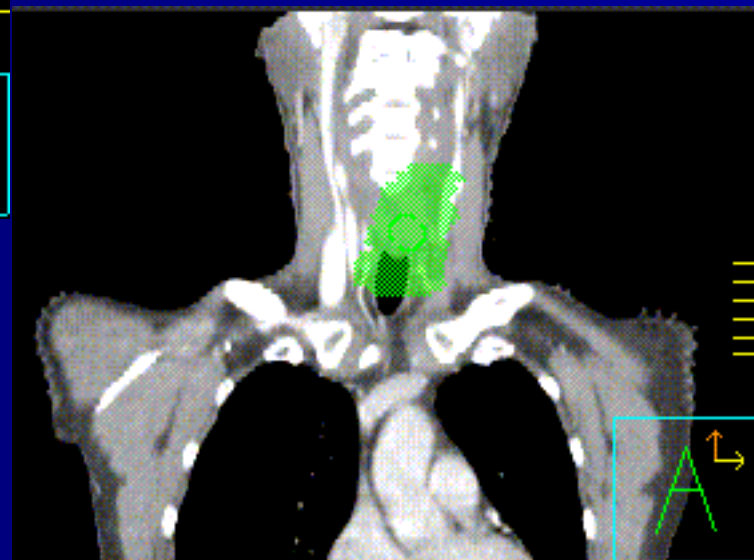
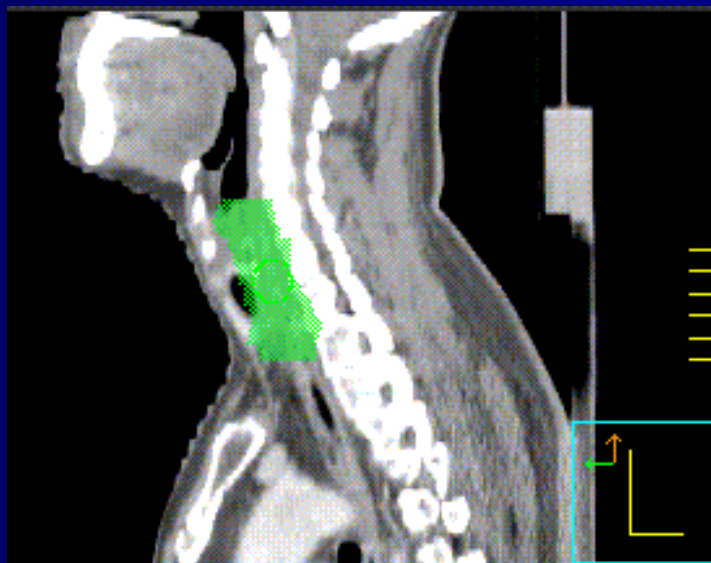


上界

下界



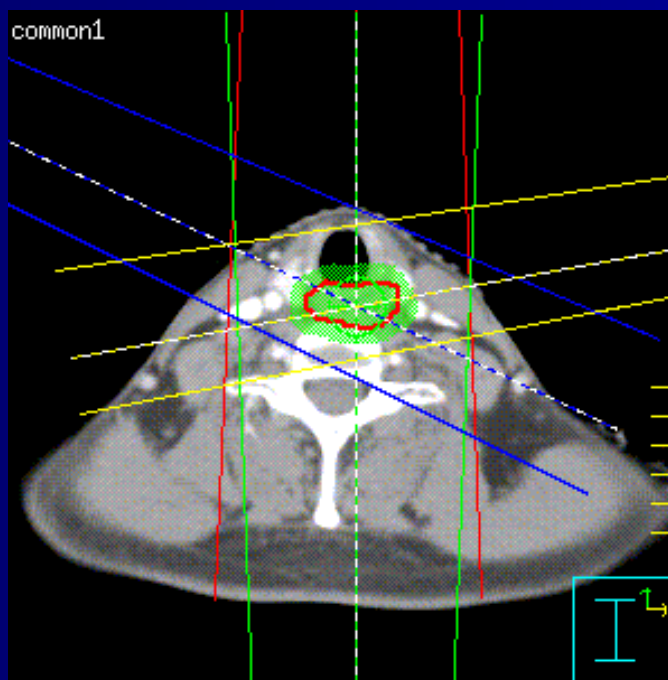
颈段食管癌1例



颈段食管癌普通外照射计划

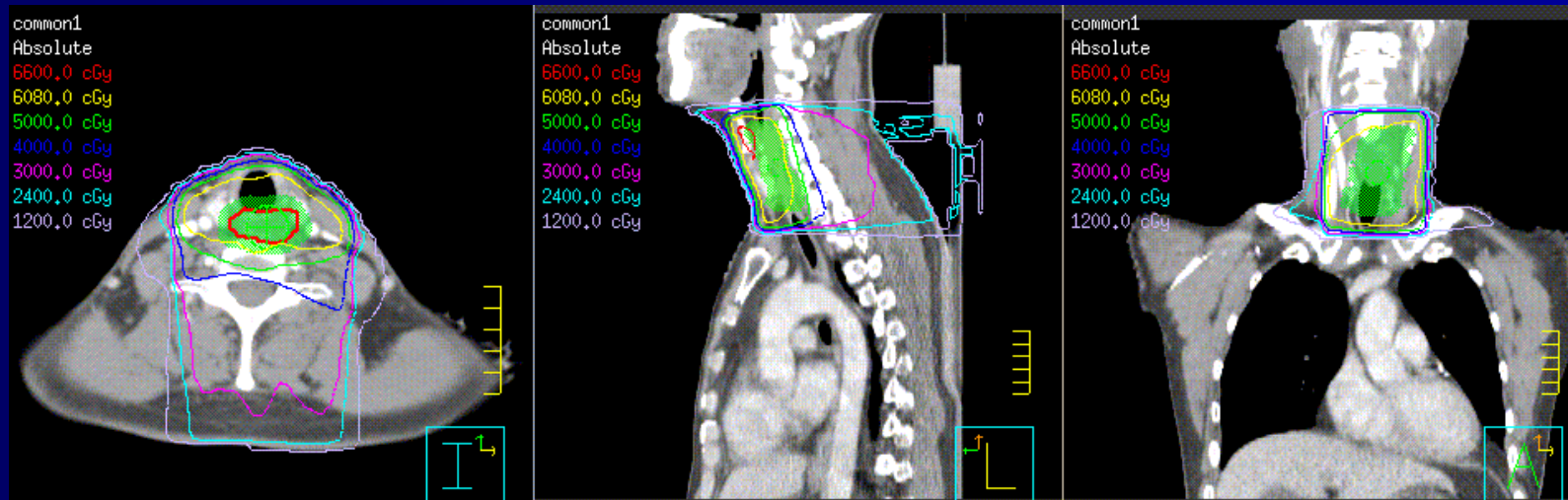
- n 普通外照射计划一般采用6MV X线，先前后两野照射34Gy,脊髓最大剂量控制在35Gy以内；再设两个前斜野避开脊髓加量至60.8Gy(2.0Gy*30.4次，1次/d,5d/周)。

颈段食管癌普通外照射计划



4野普放计划

颈段食管癌普通外照射计划

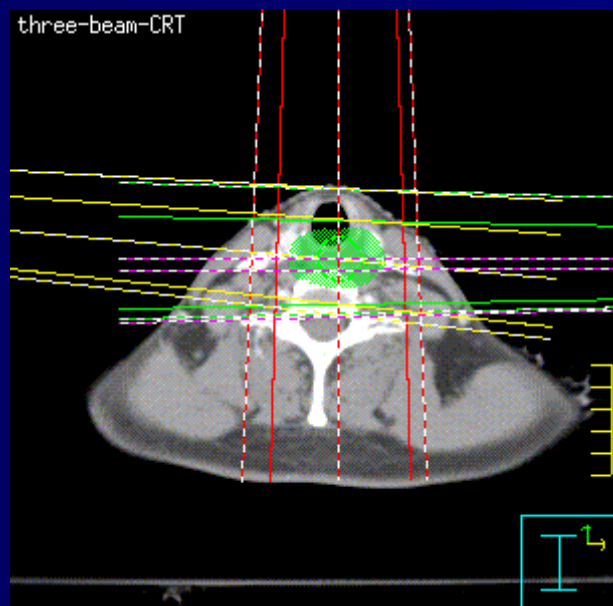


4野普放计划

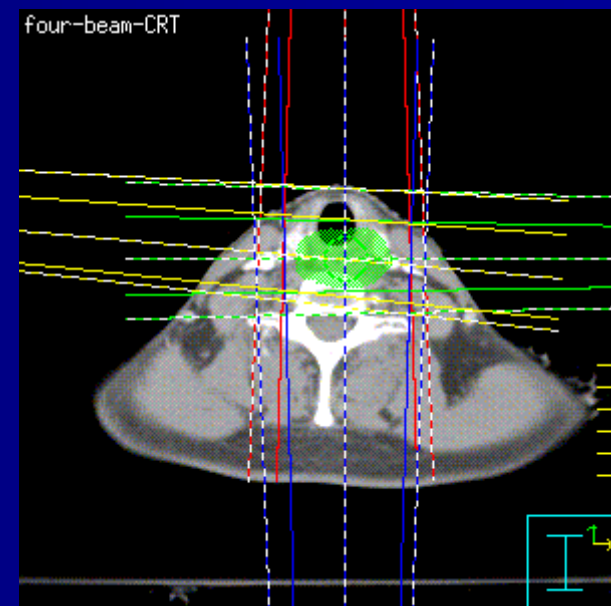
颈段食管癌适形计划

- n 适形计划一般采用6MV X线，3-4个固定适形野，分前后左右照射方向，脊髓最大剂量可控制在45Gy左右。前后野的权重达到60%左右(1.9Gy*32次，1次/d,5d/周)。

颈段食管癌适形计划

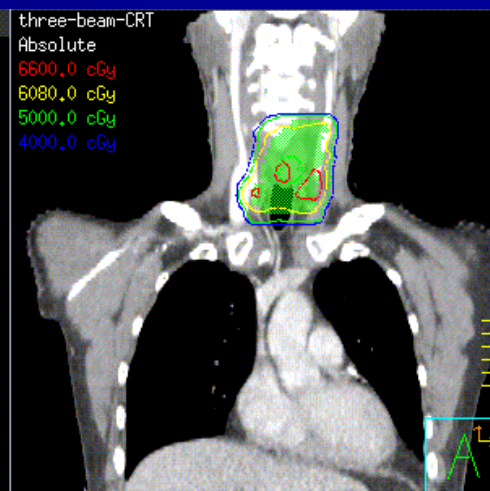
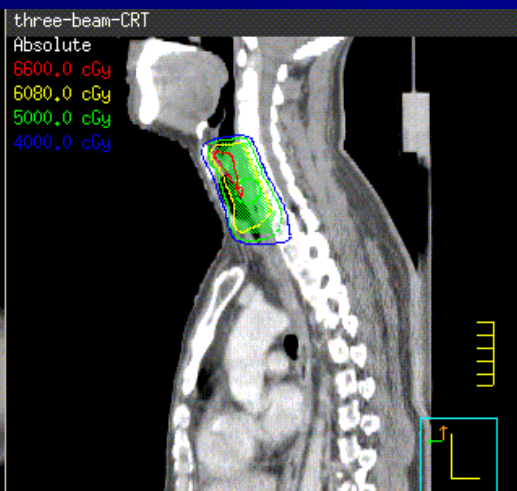
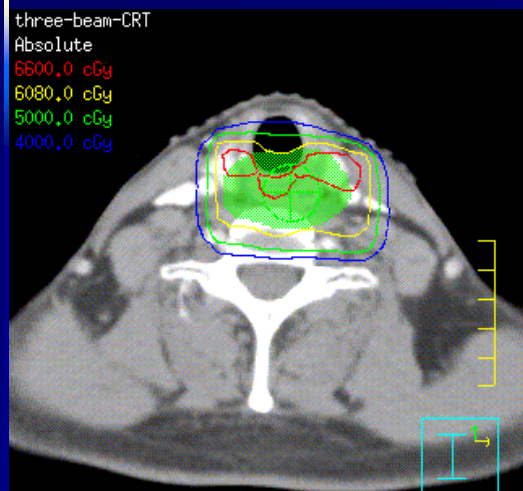


3野适形计划

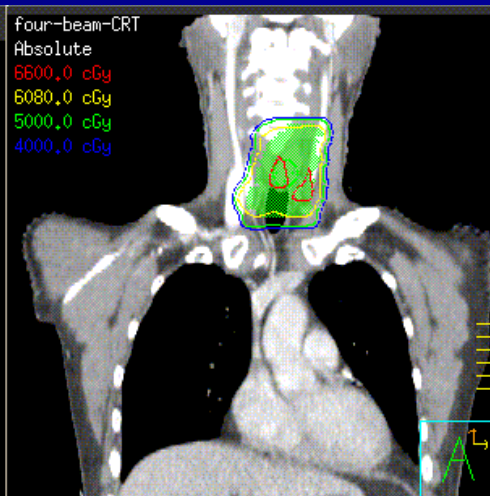
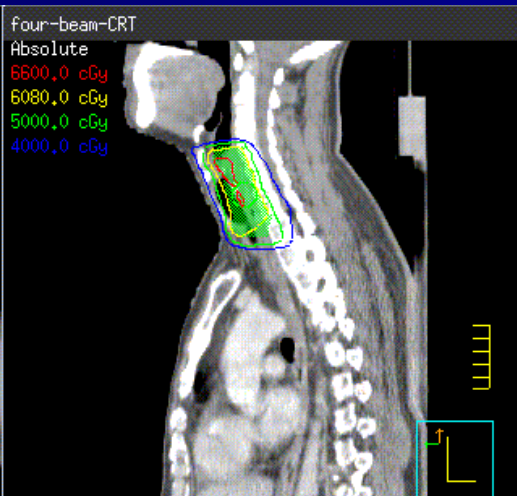
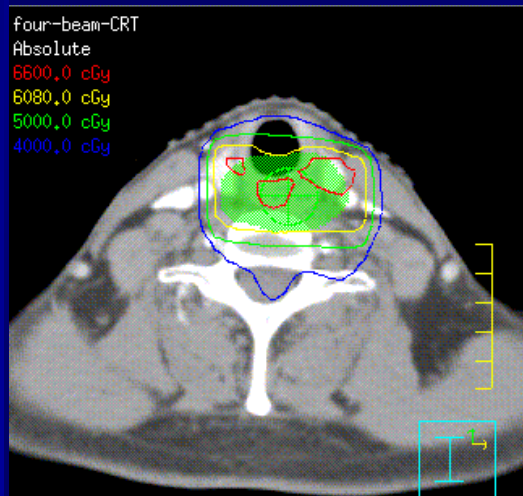


4野适形计划

颈段食管癌适形计划



3 野适形计划



4 野适形计划

颈段食管癌调强放射治疗计划

n 射野原则:

设7个固定野， 0° — 360° 等角度分布；计划系统根据目标条件自动优化出每个子野的形状、权重，并计算得到最终剂量分布(DMPO)，采用多叶准直器静态调强 (“step-shoot”) 方式实施。

(1.9Gy*32次，1次/d,5d/周)

颈段食管癌调强放射治疗计划

n 处方剂量及危及器官限量

ROI	优化条件	Weight
PTV	Uniform dose, 60.8Gy	90
PTV	Dose max, 66Gy	80
PTV	Dose min, 60.8Gy	95
Cord	Dose max. = 40Gy	25
Cord + 3mm	Dose max. = 43Gy	15
Ring	Dose max. = 30Gy	5

颈段食管癌调强放射治疗计划

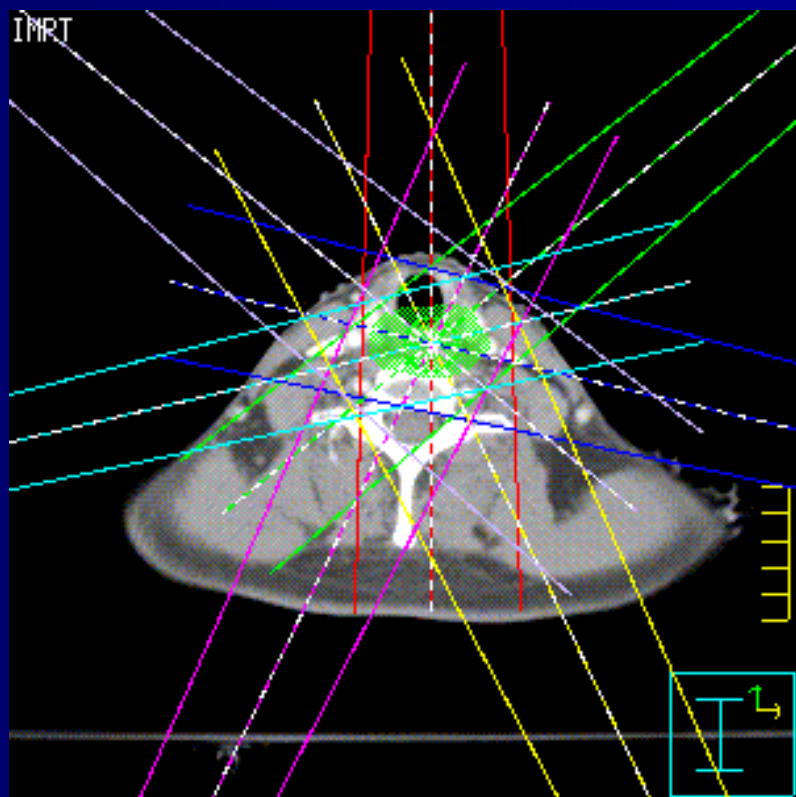
n 优化参数的限定条件:

子野数目: 50

最小子野面积: $3*3\text{cm}^2$

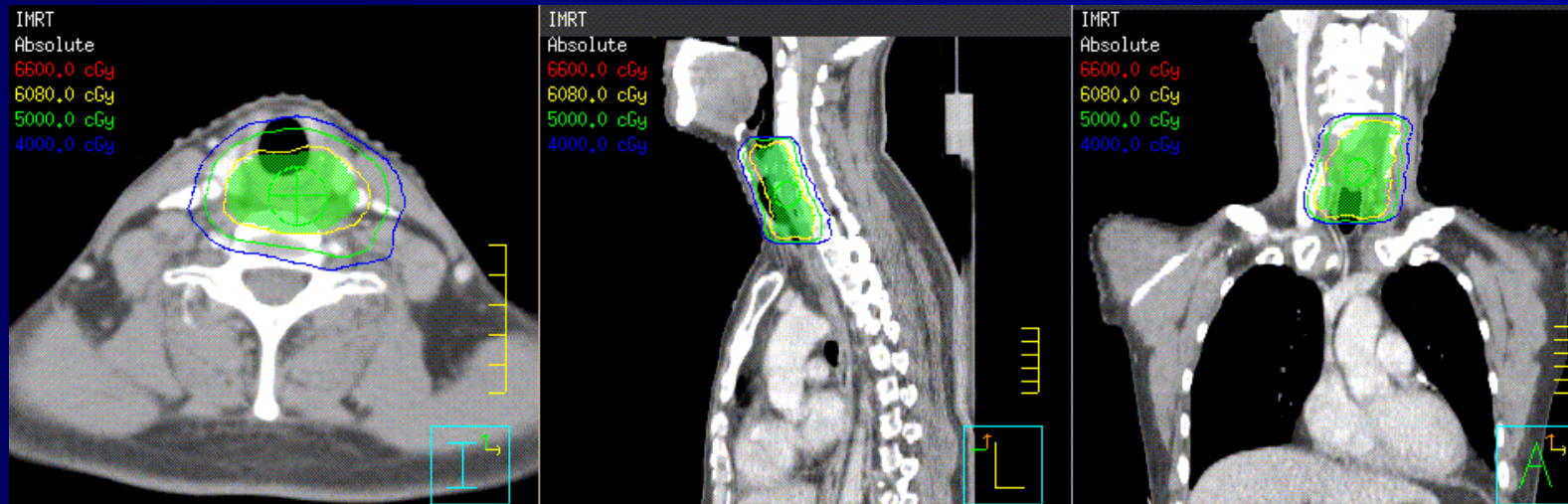
最小机器跳数: 5MU

颈段食管癌调强放射治疗计划



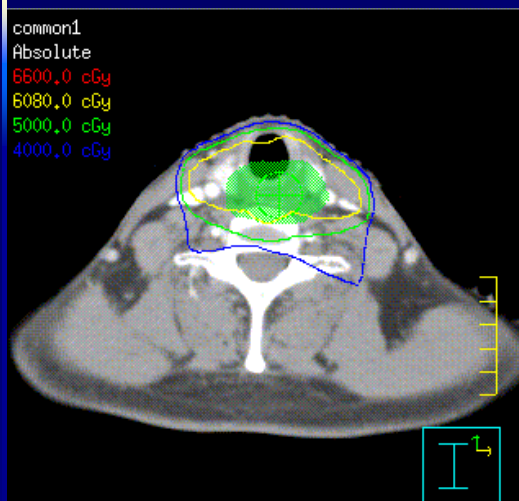
7野调强计划

颈段食管癌调强放射治疗计划

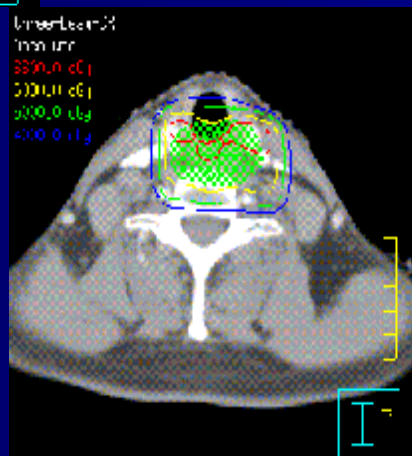


7野调强计划

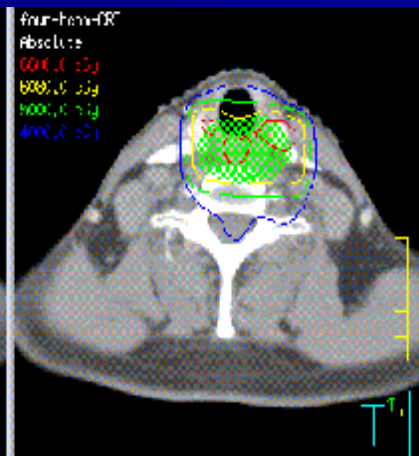
颈段食管癌计划比较



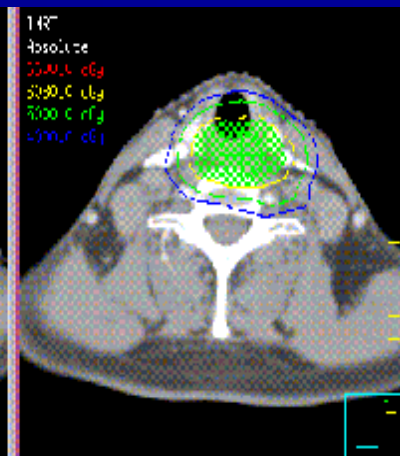
4野普放计划



3适形计划

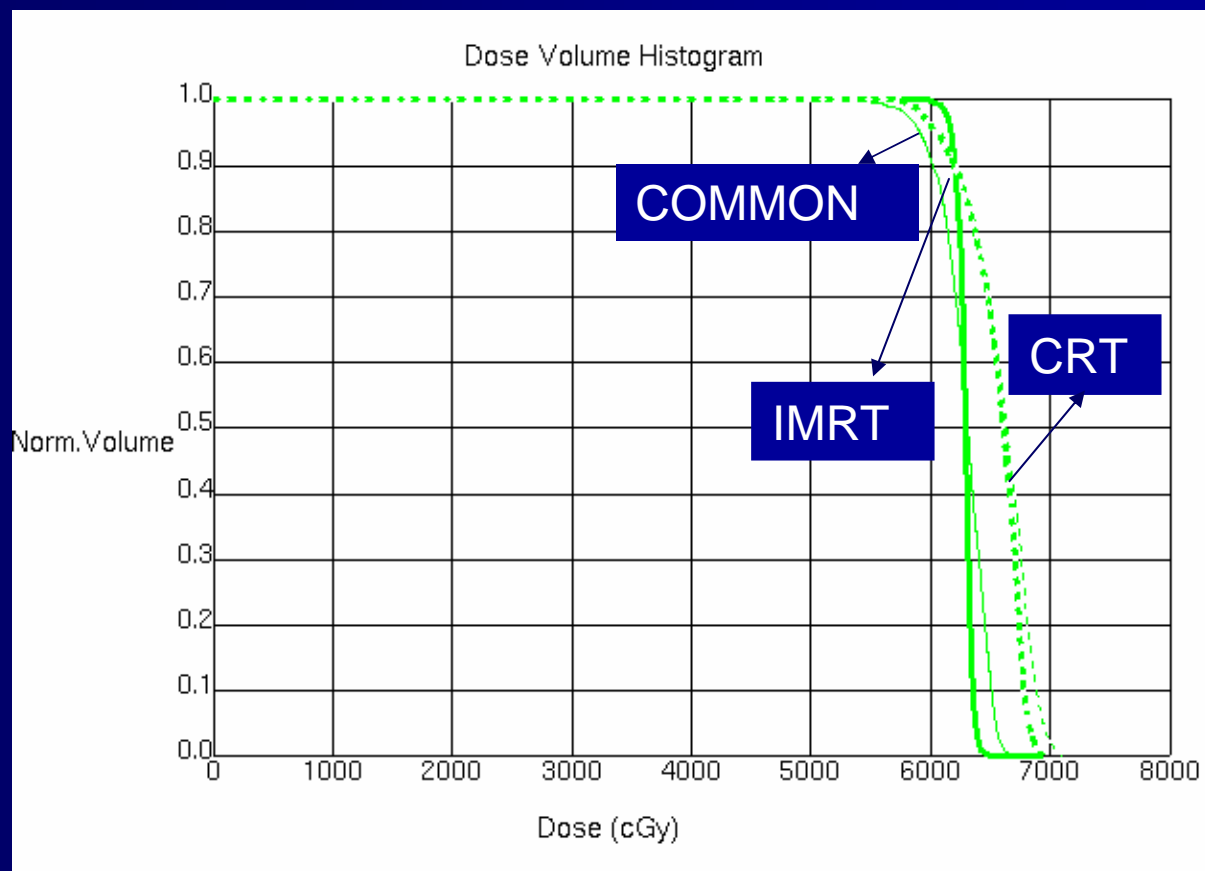


4野适形计划



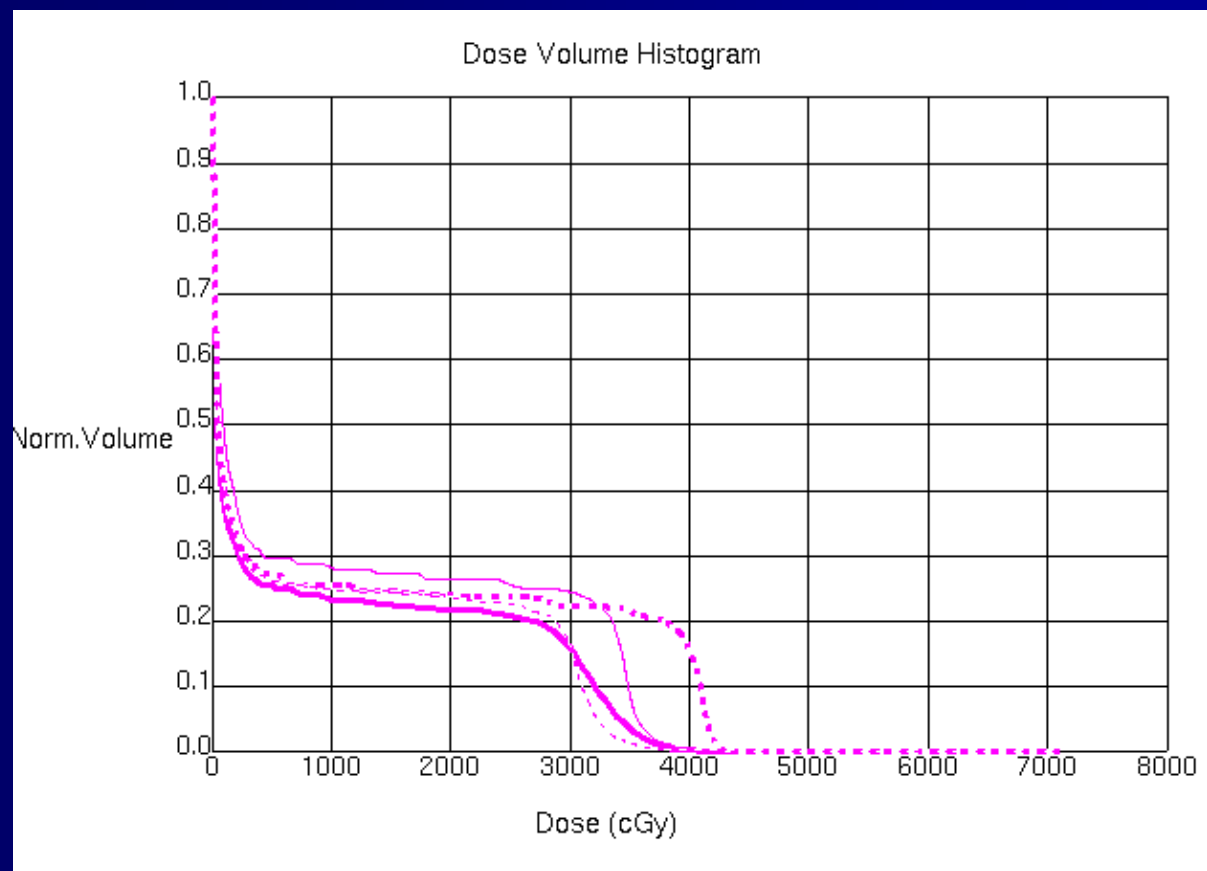
7野调强计划

颈段食管癌计划比较



PTV

颈段食管癌计划比较



脊髓

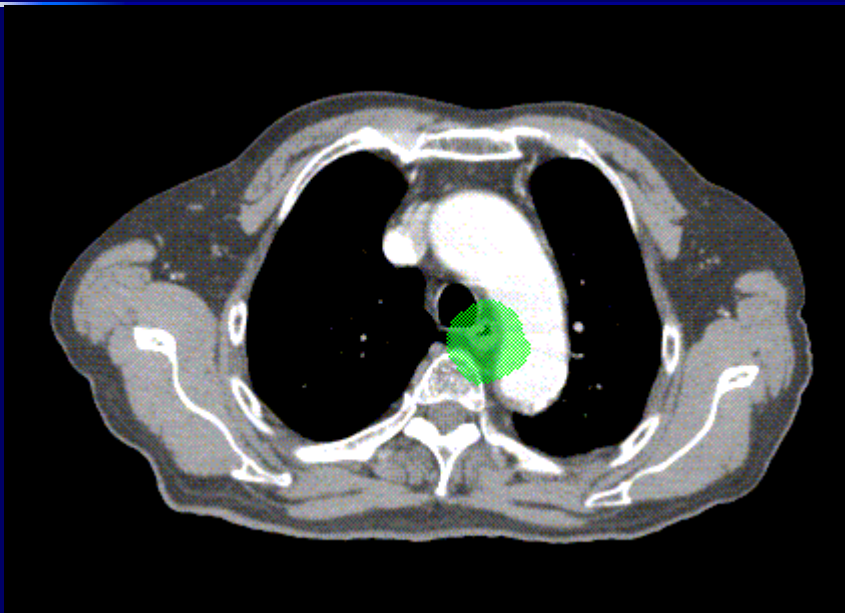
颈段食管癌计划特点

- n 三个计划比较可知普放计划靶区边缘欠量多且适形度差；适形放疗计划较普放计划适形度好，但靶区均匀性不如调强计划；调强计划增大计划复杂性及延长照射时间。
- n 周围毗邻危及器官少，在脊髓不超量的情况下，普放计划和适形放疗计划就可满足临床要求。

胸中下段食管癌1例

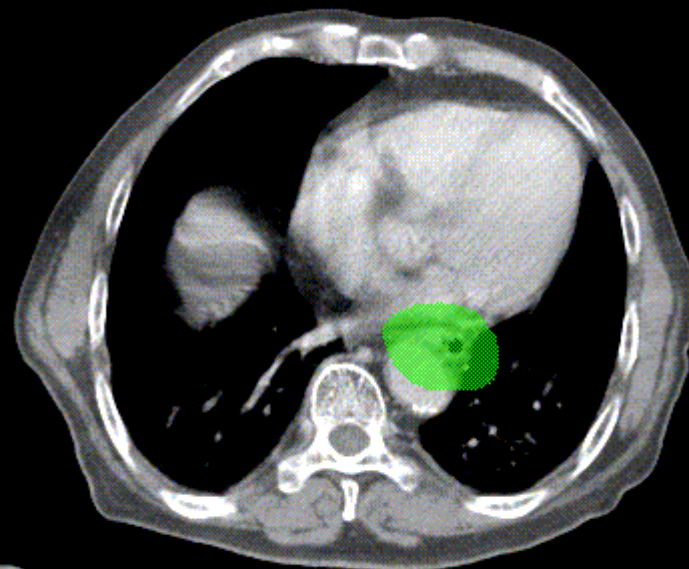
- n 中年男性
- n 病理类型：鳞癌
- n 靶区分布：胸中下段食管
- n 靶区剂量：1.9Gy*32次，1次/d,5d/周

胸中下段食管癌1例

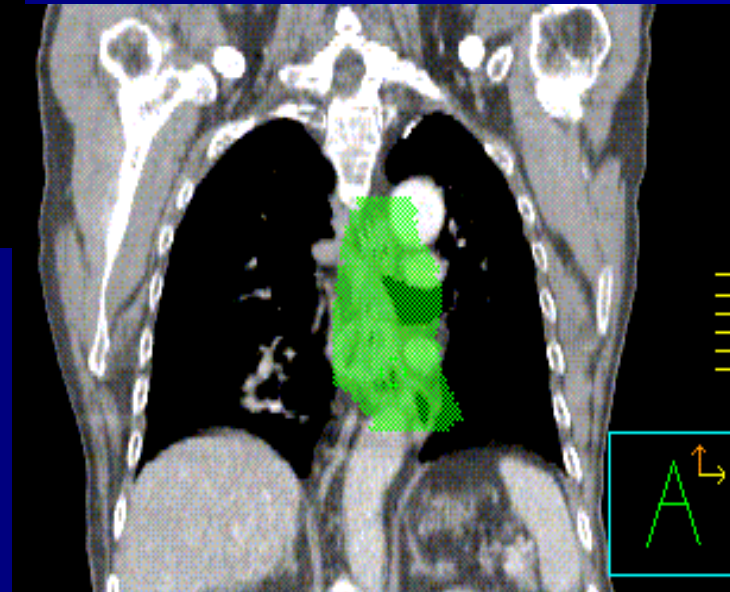
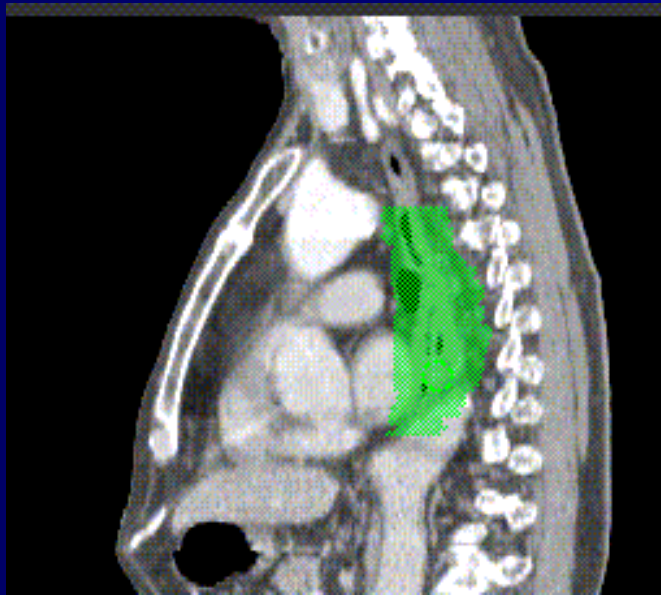


上界

下界



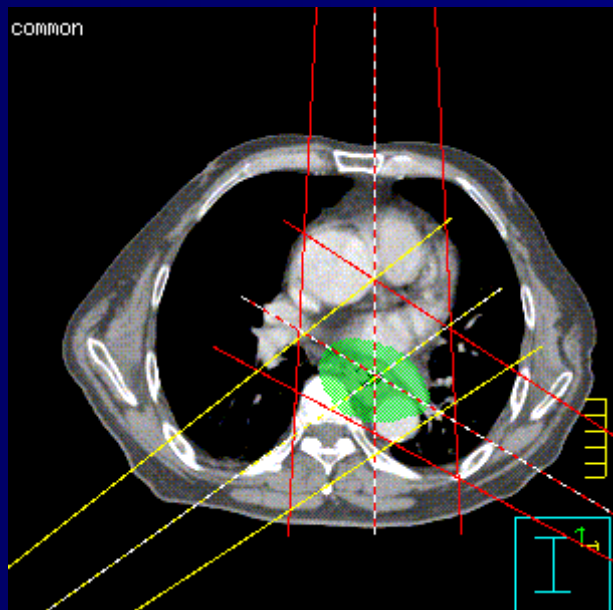
胸中下段食管癌1例



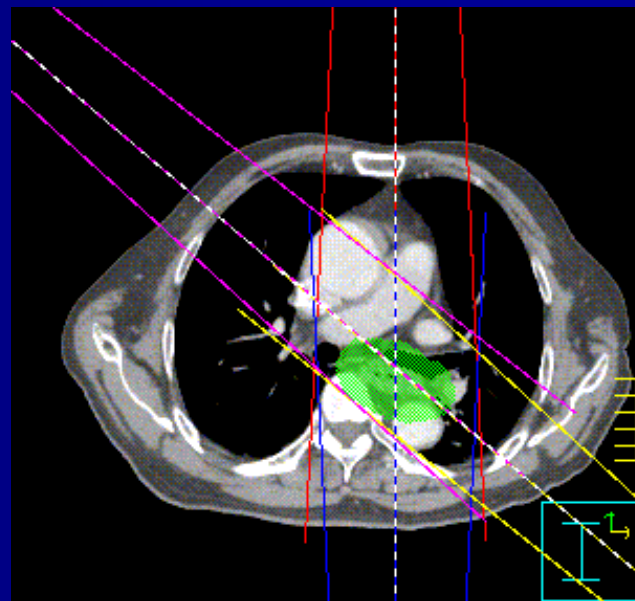
胸中下段食管癌普通外照射计划

- n 3野普放计划：一般采用6MV X线，一前野两个后斜野照射至60.8Gy，脊髓最大剂量控制在45Gy以内，至少有一个后斜野避开脊髓。
- n 4野普放计划：一般采用6MV X线，前后对穿射野，照射剂量达到40Gy时，改为避开脊髓的斜野对穿照射。

胸中下段食管癌普通外照射计划

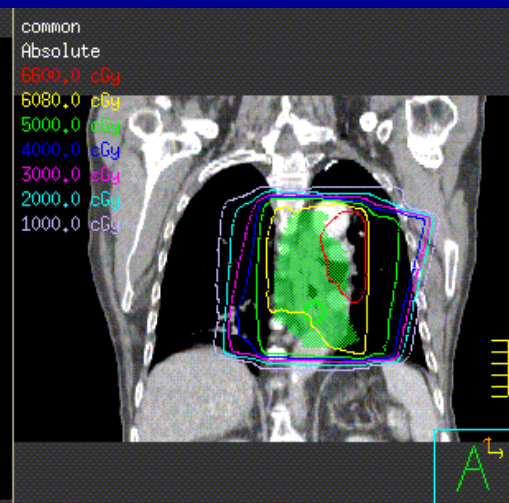
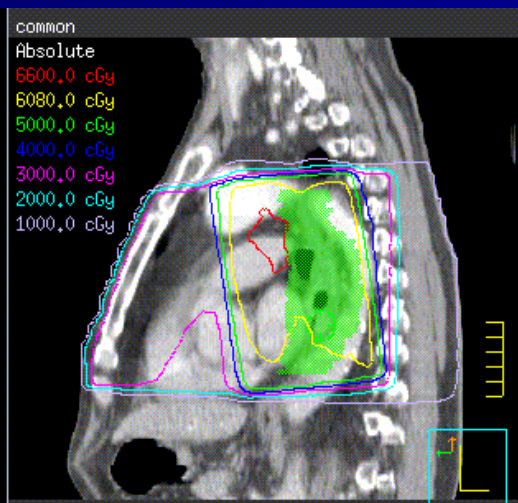
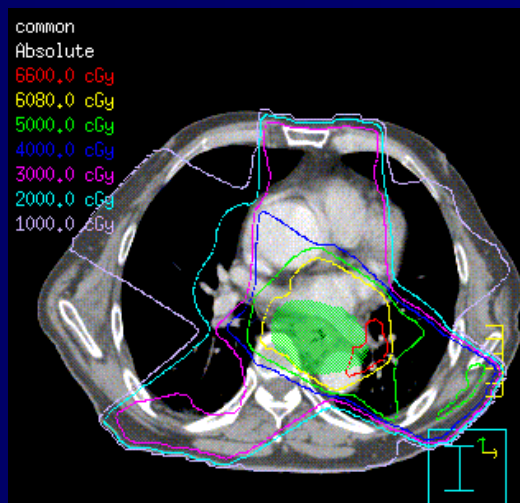


3野普放计划

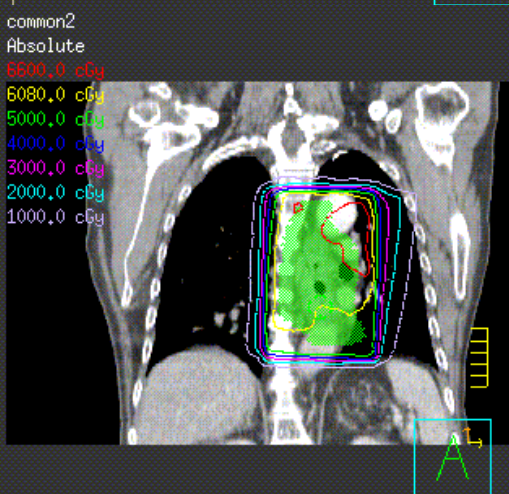
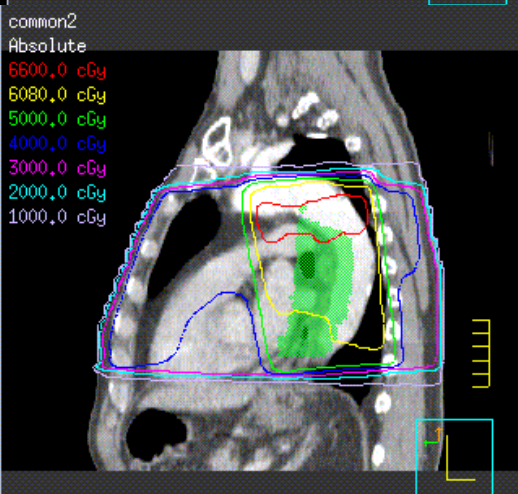
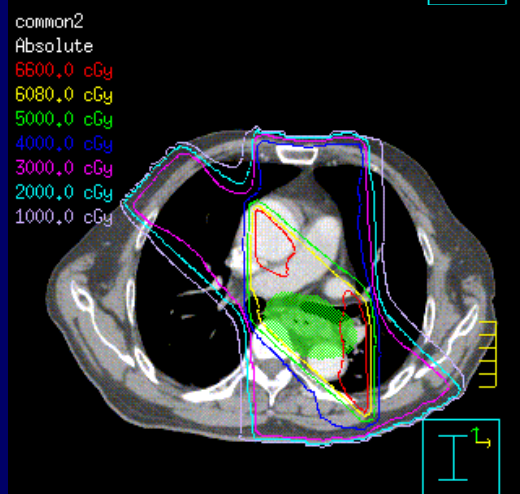


4野普放计划

胸中下段食管癌普通外照射计划



3 野普放计划

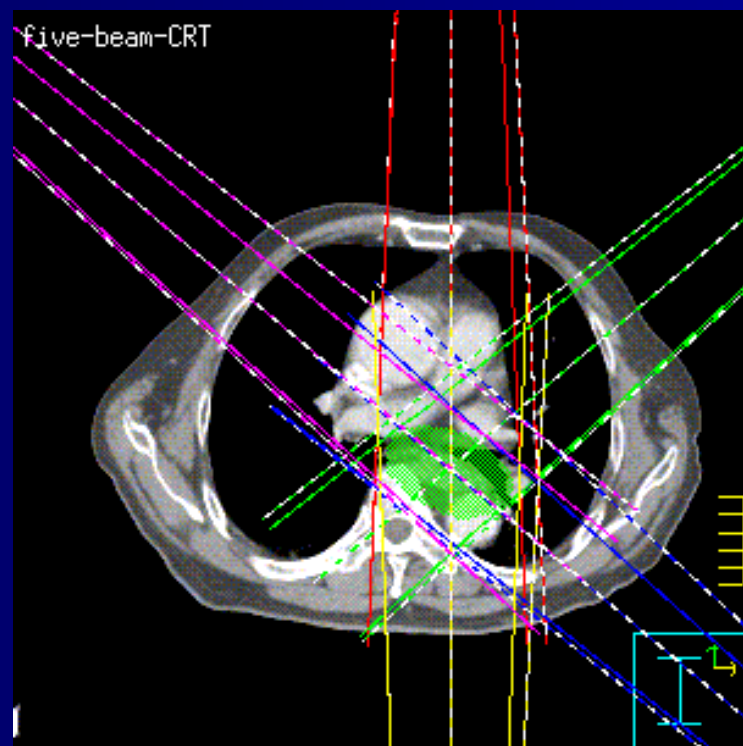


4 野普放计划

胸中下段食管癌适形计划

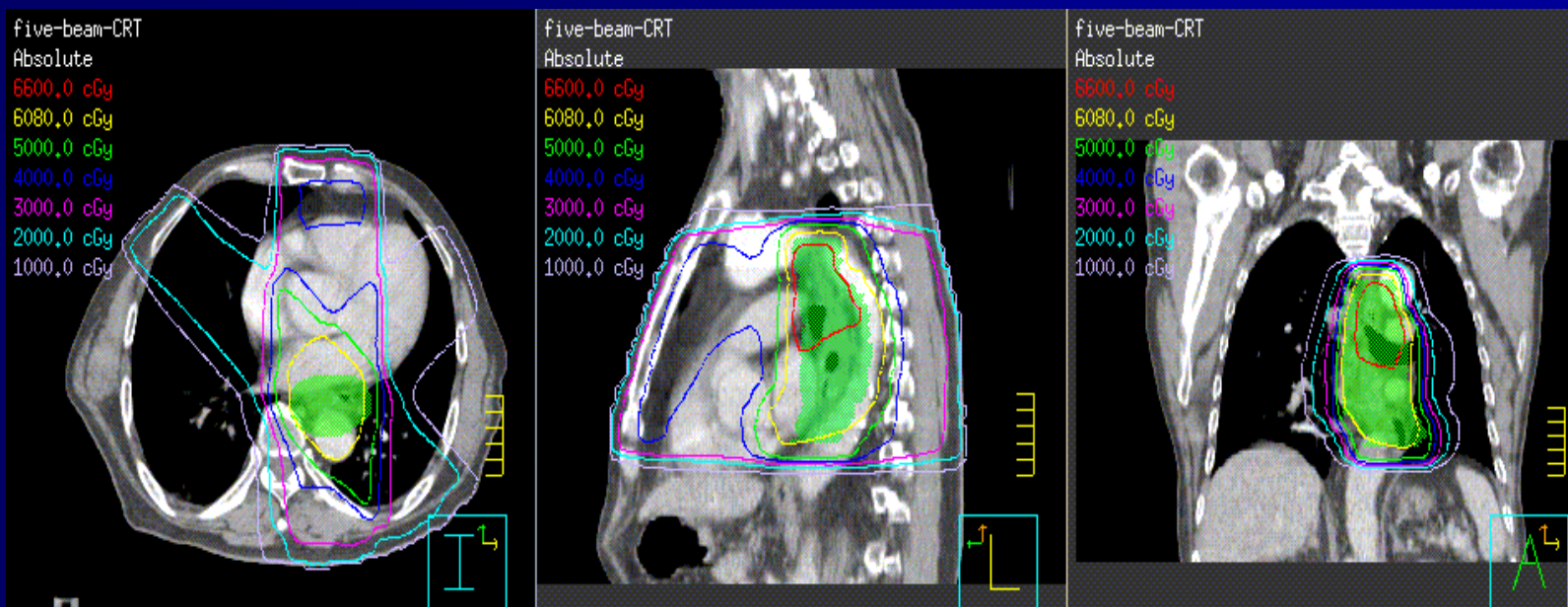
- n 适形计划一般采用6MV~15MV X线，4个~6个固定适形野，分前后左右4个野或左前、右后、右前、左后、前5个野或在此基础上再加一个适形野。前后野的权重50%左右。

胸中下段食管癌适形计划



5野适形计划

胸中下段食管癌适形计划



5野适形计划

胸中下段食管癌调强放射治疗计划

n 射野原则:

设7个固定野， 0° — 360° 等角度分布；计划系统根据目标条件自动优化出每个子野的形状、权重，并计算得到最终剂量分布(DMPO)，采用多叶准直器静态调强 (“step-shoot”) 方式实施。

胸中下段食管癌调强放射治疗计划

n 处方剂量及危及器官限量

ROI	优化条件	Weight
PTV	Uniform dose, 60.8Gy	90
PTV	Dose max, 66Gy	80
PTV	Dose min, 60.8Gy	95
Cord	Dose max. = 40Gy	25
Cord + 3mm	Dose max. = 43Gy	15
Ring	Dose max. = 30Gy	5
Total-lung	Max 30% vol. > 15Gy	30
Total-lung	Max 10% vol. > 25Gy	30

胸中下段食管癌调强放射治疗计划

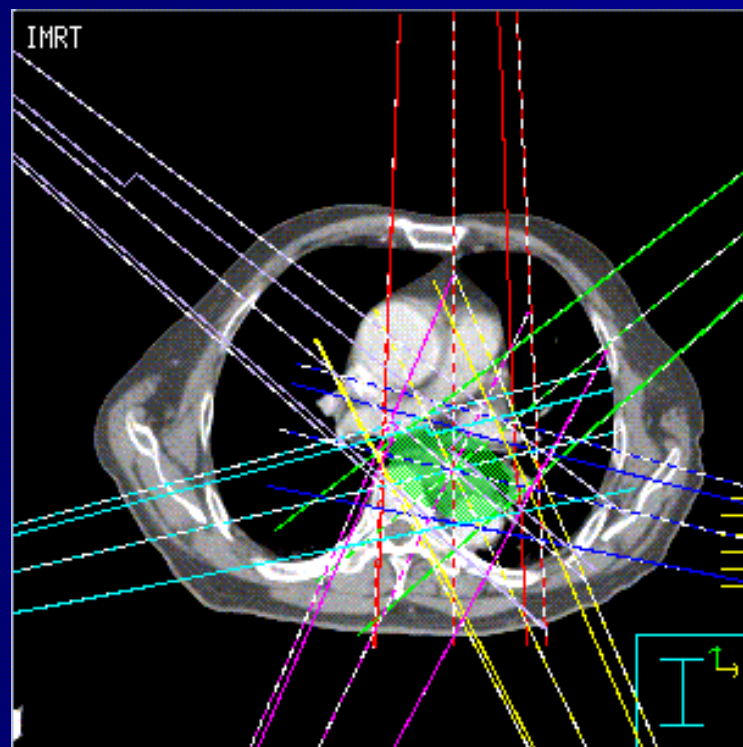
n 优化参数的限定条件:

子野数目: 60-80

最小子野面积: $3*3\text{cm}^2$

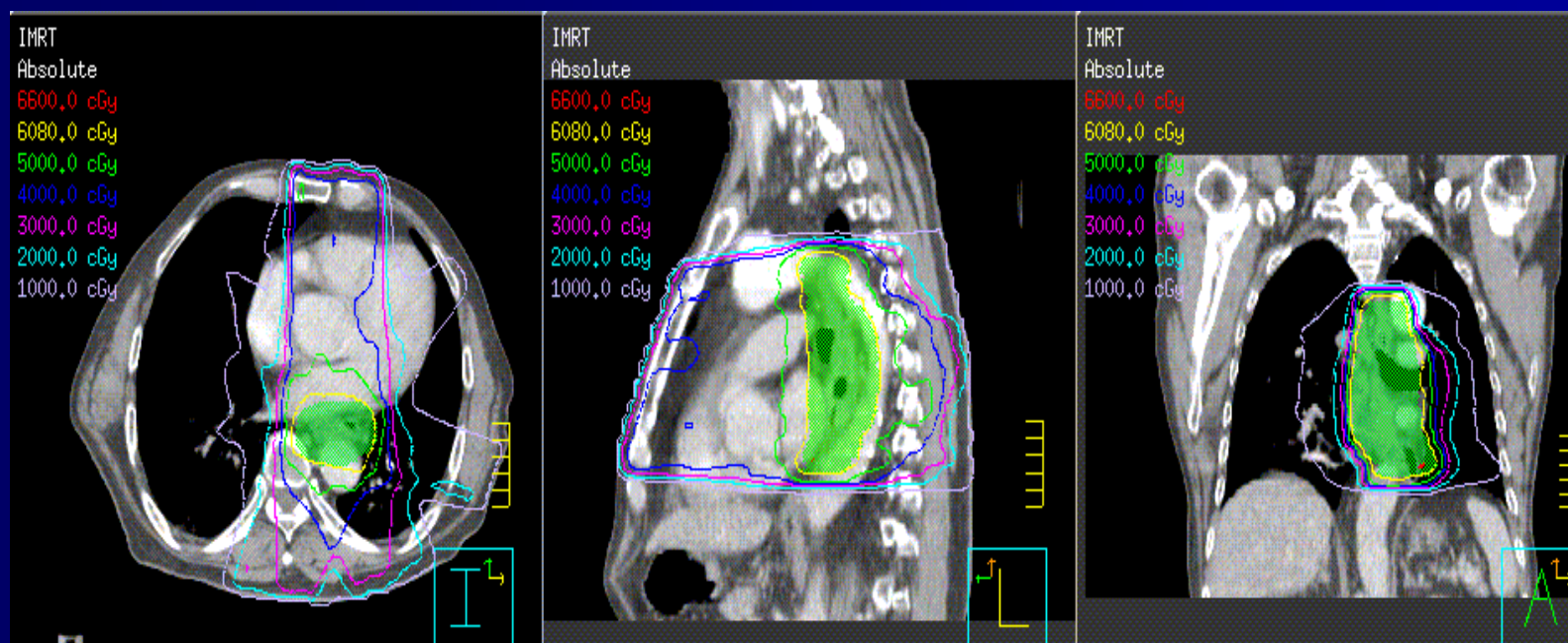
最小机器跳数: 5MU

胸中下段食管癌调强放射治疗计划



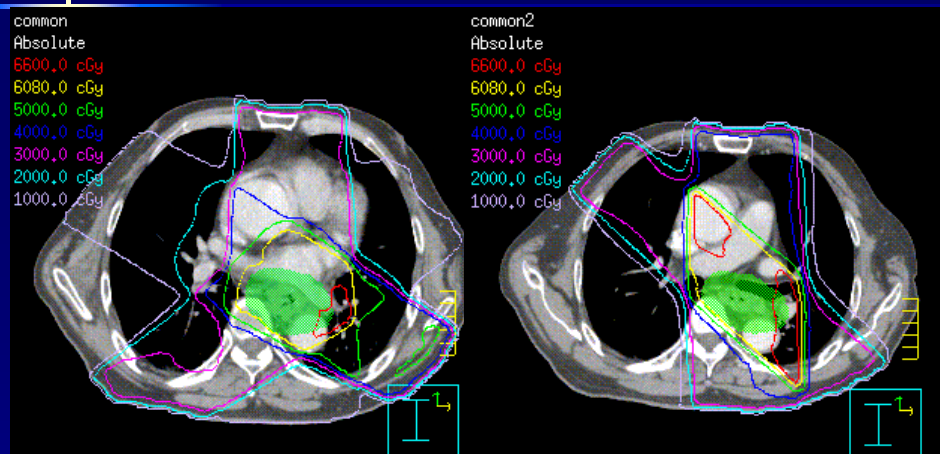
7野调强计划

胸中下段食管癌调强放射治疗计划



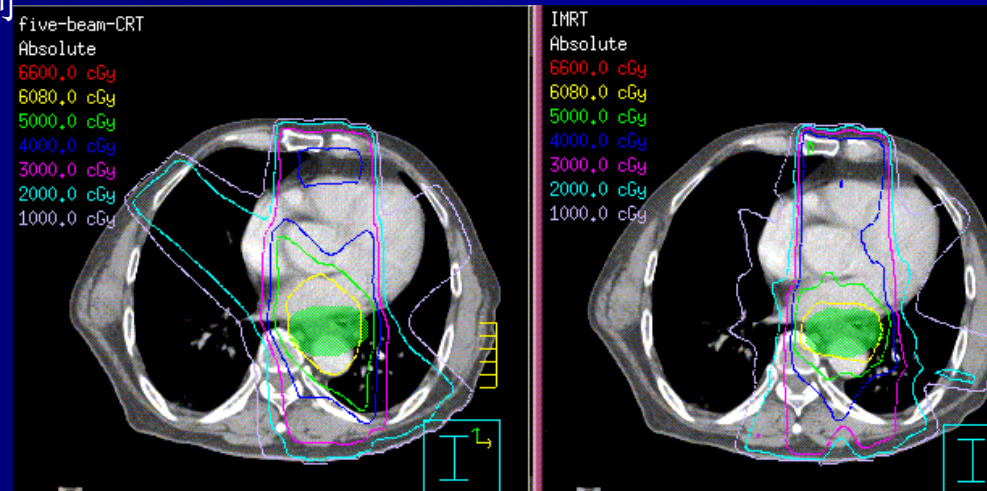
7野调强计划

胸中下段食管癌计划比较



3野普放计划

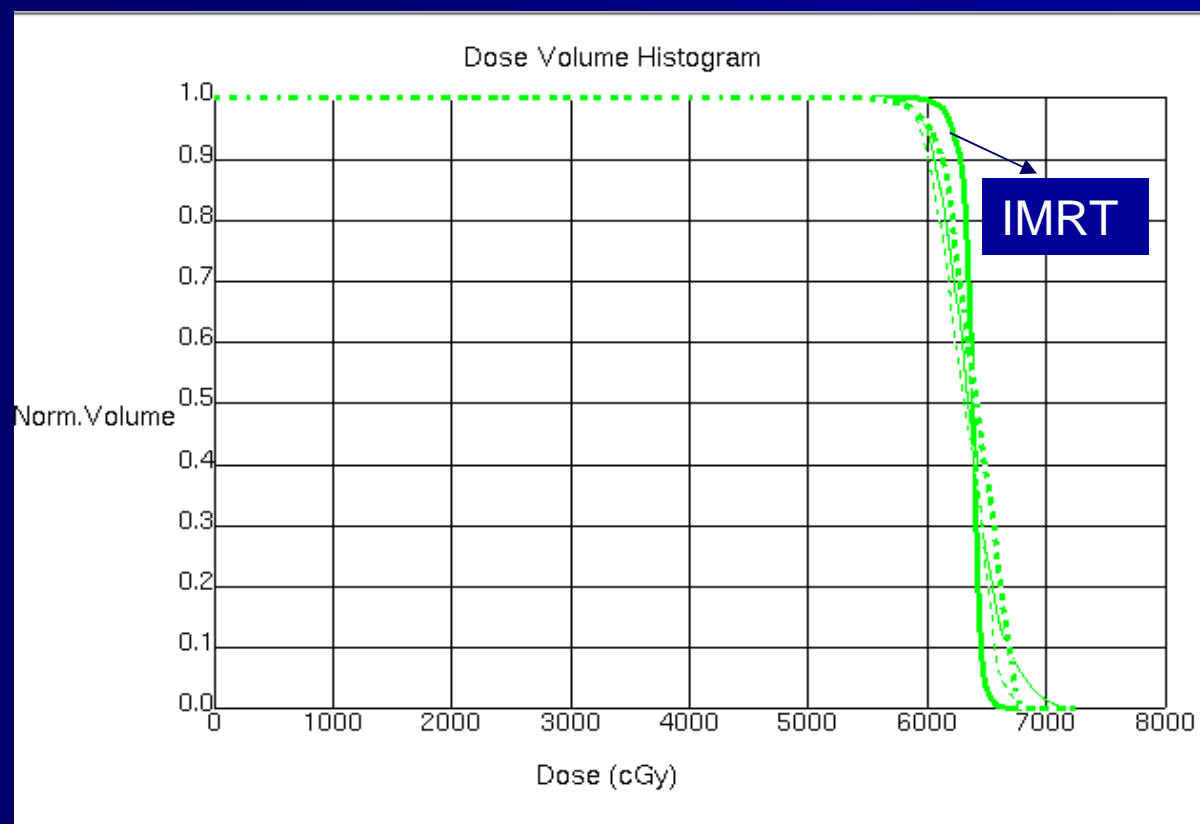
4野普放计划



5野适形计划

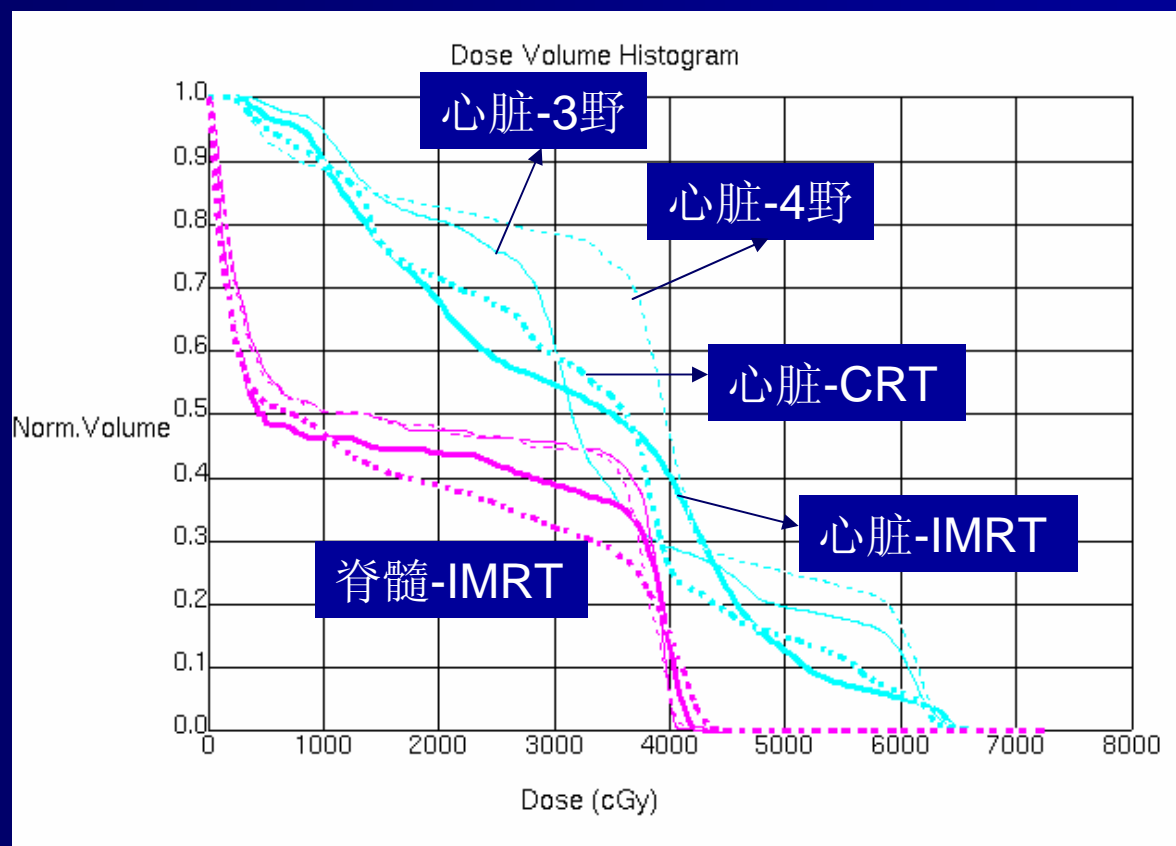
7野调强计划

胸中下段食管癌计划比较



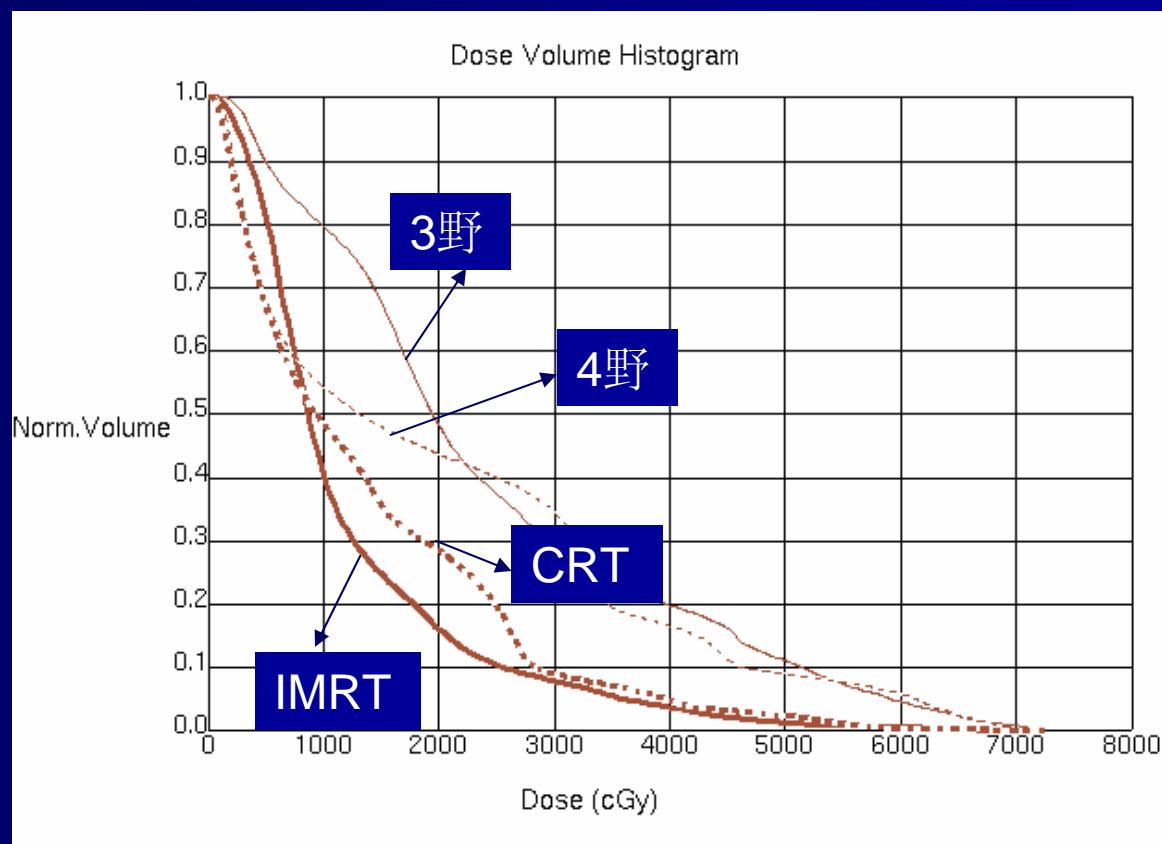
PTV

胸中下段食管癌计划比较



心脏、脊髓

胸中下段食管癌计划比较



双肺

胸中下段食管癌计划特点

- n 三个计划比较可知普放计划靶区边缘欠量多且适形度差；适形放疗计划较普放计划适形度好，心脏、肺受量均有降低；调强放疗计划比前两种计划适形度好且肺受量除了 V_5 均有降低但增大了照射复杂性。
- n 由于靶区范围较大，肺的耐受剂量往往超过剂量限制要求，在这种情况下可考虑采用调强放疗计划减低肺受量，并在一定程度上可以适当提高肿瘤剂量。

上段食管癌SIB-IMRT治疗计划

- n 同时整合加量调强放射治疗(SIB-IMRT)使用一个计划 给予肿瘤较高的剂量而预防照射区较低的剂量，使肿瘤加量和预防照射在同一个治疗计划实施中完成，可以缩短总的治疗时间。采用此治疗可以获得良好的剂量靶区适合度，减少加量区周围高剂量的范围，更好地保护危及器官。

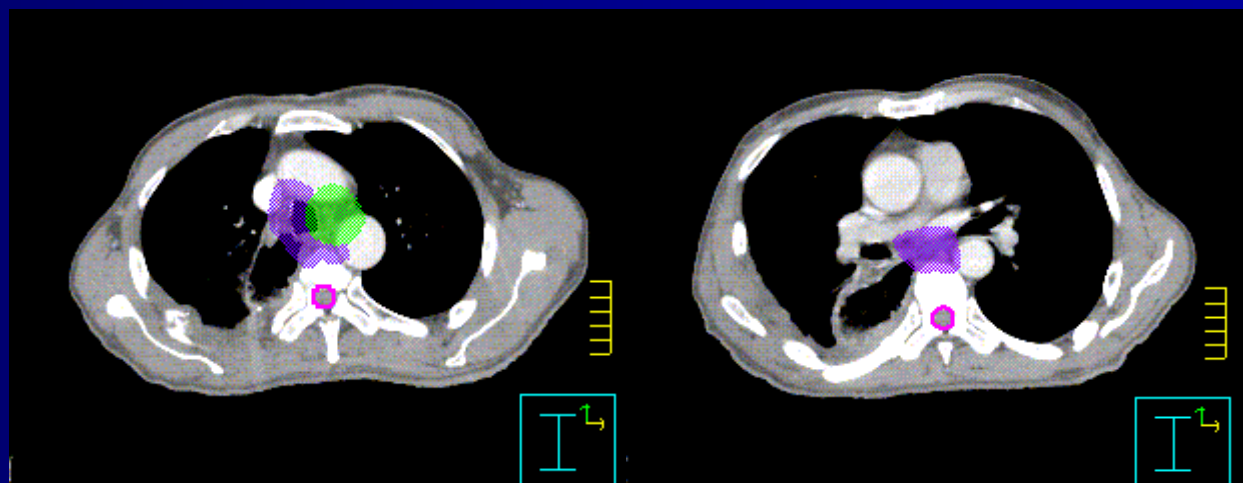
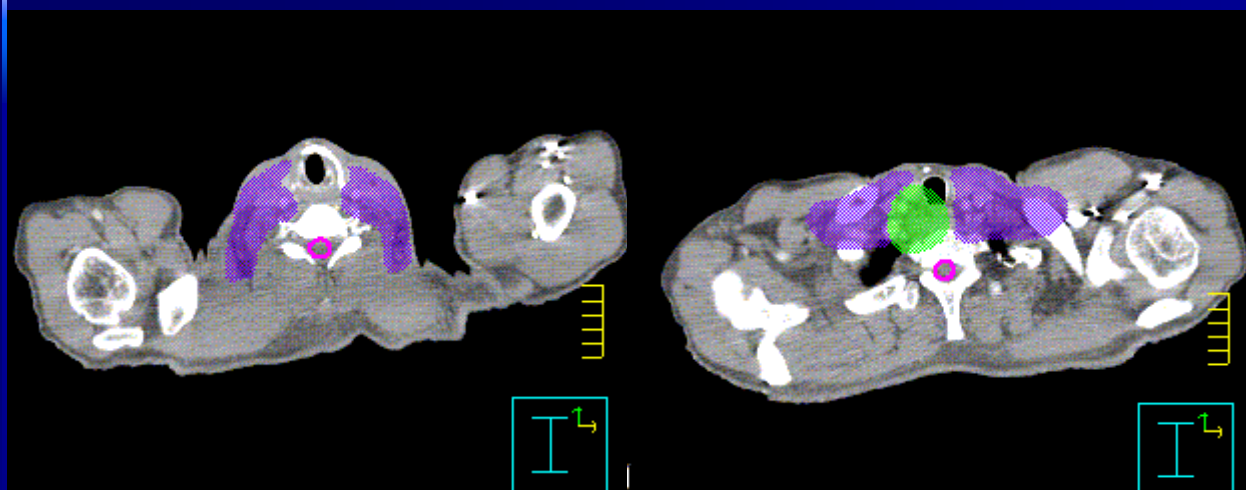
上段食管癌SIB-IMRT治疗计划

- n 通过设定3、5、7、9野的调强放疗计划比较，可知对于上段食管癌SIB-IMRT治疗，5-7个调强照射野即可获得理想的靶区剂量分布和保护危及器官。原发肿瘤可以获得比常规分割高的等效剂量。共面、等角度分布的照射野设计简单、效率高。继续增加照射野数目对改善靶区和危及器官的剂量作用很小，且增加了治疗的复杂性。

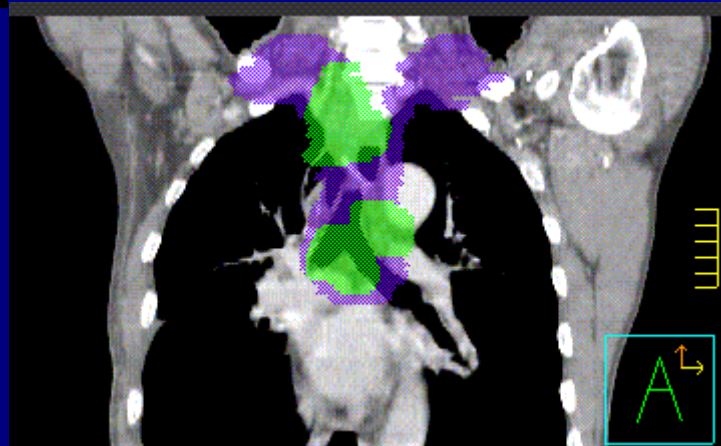
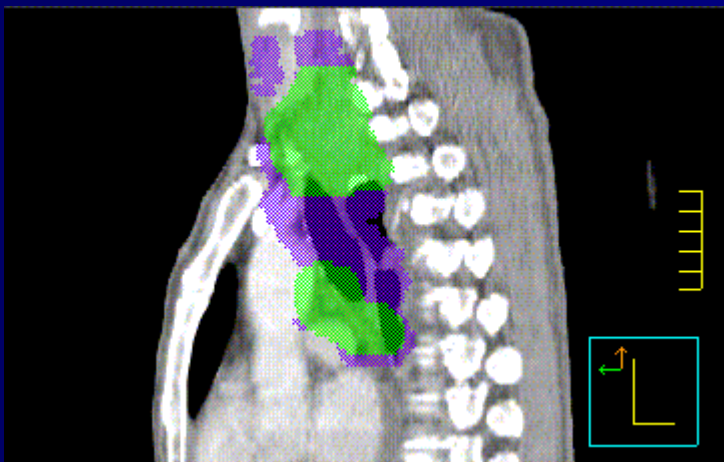
上段食管癌SIB-IMRT治疗计划

- n 靶区分布：CTV1包括可见的肿瘤原发灶并在其上下外放3-4cm，左右、前后外放1cm。CTV2包括颈段食管旁淋巴结、颈深淋巴结、锁骨上淋巴结及上胸食管旁淋巴结，上界达到环甲膜。由CTV 在各个方向外放0.5cm 的边界得到PTV。
- n 靶区剂量： 1次/d, 5d/周
PTV1: 2.2Gy*28次
PTV2: 1.8Gy*28次

上段食管癌SIB-IMRT治疗患者1例



上段食管癌SIB-IMRT治疗患者1例



上段食管癌SIB-IMRT治疗计划

n 射野原则:

设7个固定野， 0° — 360° 等角度分布；计划系统根据目标条件自动优化出每个子野的形状、权重，并计算得到最终剂量分布(DMPO)，采用多叶准直器静态调强 (“step-shoot”) 方式实施。

上段食管癌SIB-IMRT治疗计划

n 处方剂量及危及器官限量

ROI	优化条件	Weight
PTV1	Uniform dose, 61.6Gy	90
PTV2	Uniform dose, 50.4Gy	80
Cord	Dose max. = 40Gy	25
Cord + 3mm	Dose max. = 43Gy	15
Ring	Dose max. = 30Gy	5
Total-lung	Max 30% vol. > 15Gy	30
Total-lung	Max 10% vol. > 25Gy	30

上段食管癌SIB-IMRT治疗计划

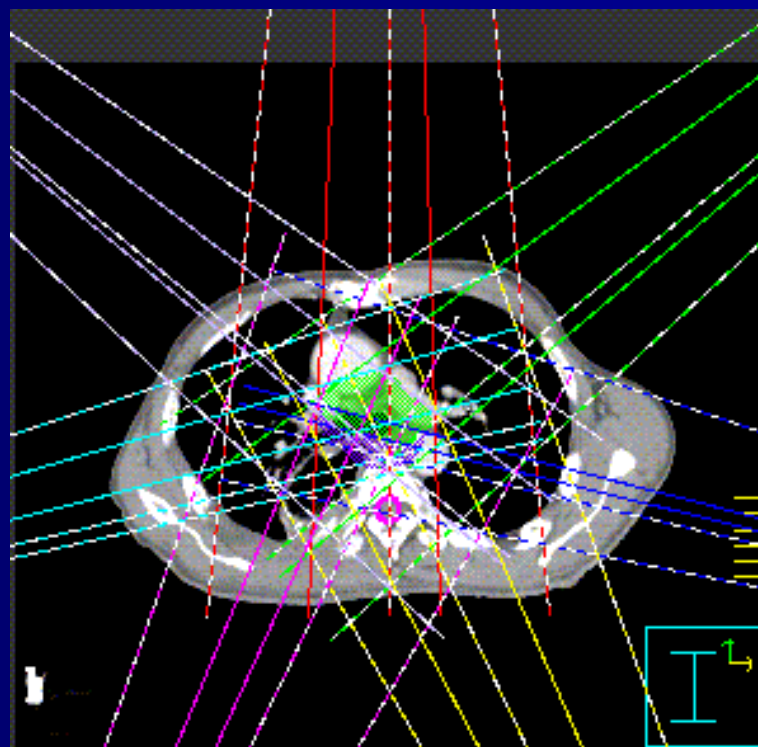
n 优化参数的限定条件:

子野数目: 80-120

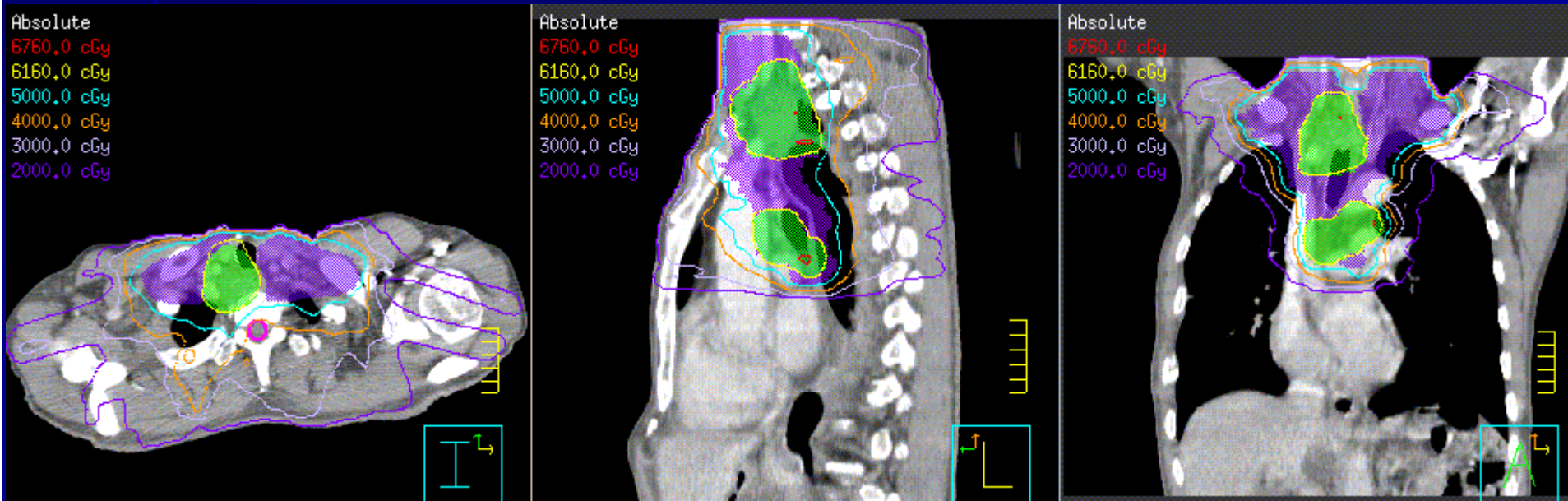
最小子野面积: $3*3\text{cm}^2$

最小机器跳数: 5MU

上段食管癌SIB-IMRT治疗计划

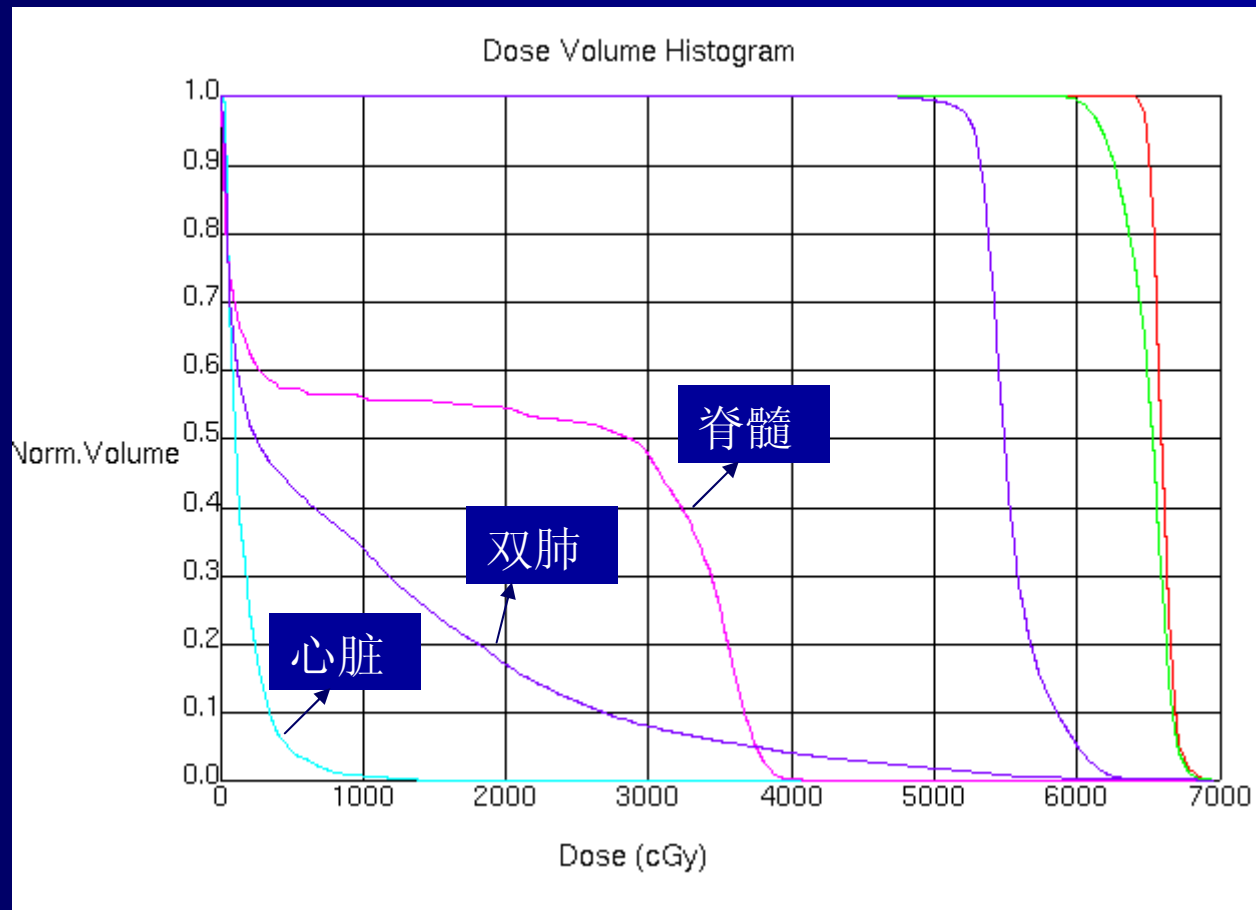


上段食管癌SIB-IMRT治疗计划



7野调强计划

上段食管癌SIB-IMRT治疗计划



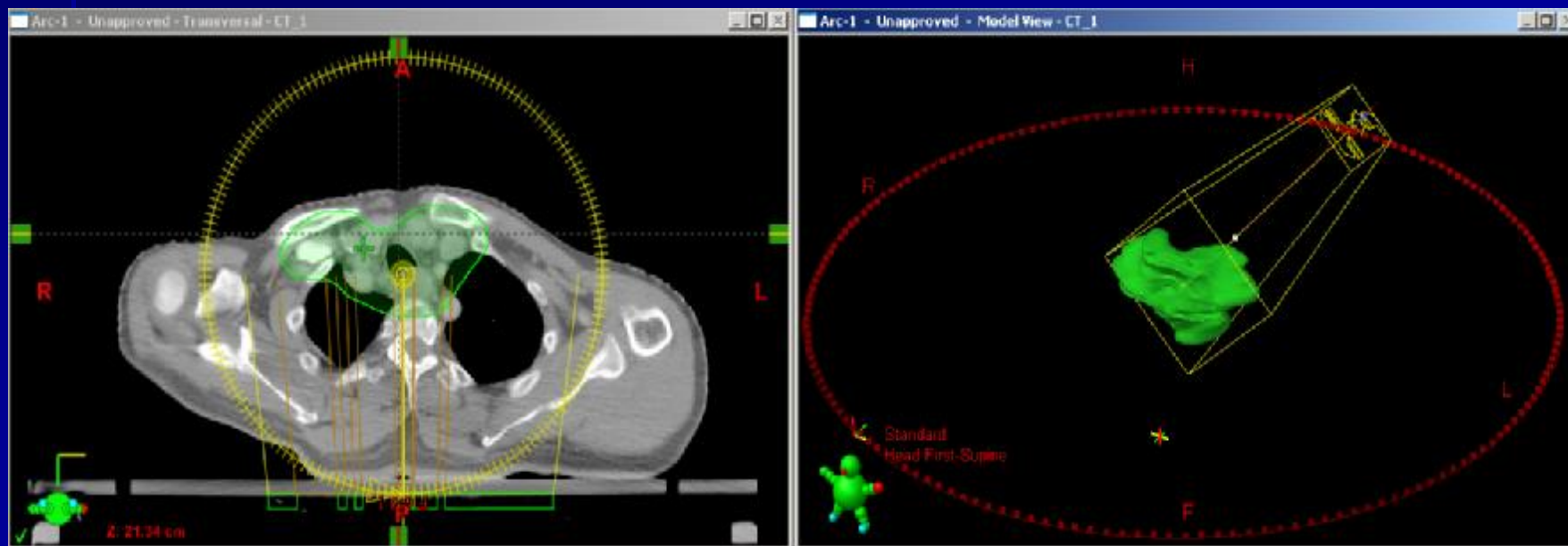
DVH

上段食管癌SIB-IMRT计划特点

- n 由于靶区形状不规则且不同靶区位置剂量要求不同，肺的耐受剂量往往超过剂量限制要求，在这种情况下可考虑采用调强放疗计划减低肺受量，更好的实现（SIB-IMRT）的治疗方式。

新技术发展-RapidArc计划

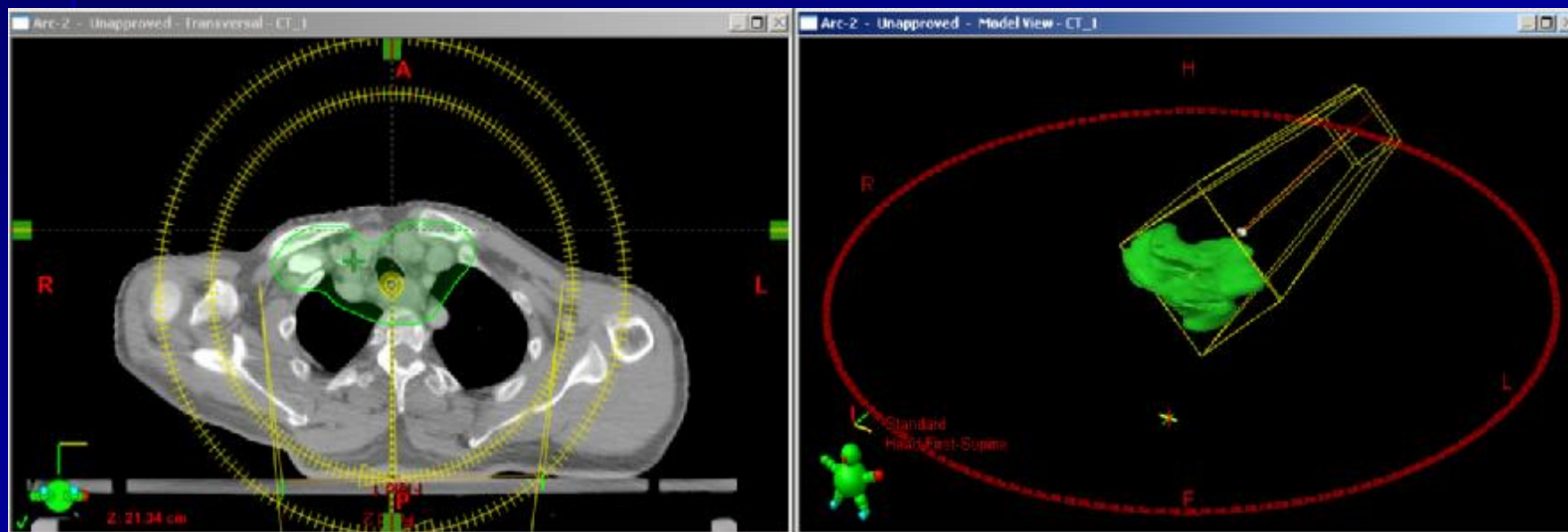
n 单弧旋转调强照射（RapidArc[®]）



6MV X线， 179.9° - 180.1° ，逆时针方向旋转。机头角 30° ，床角 0°

新技术发展-RapidArc计划

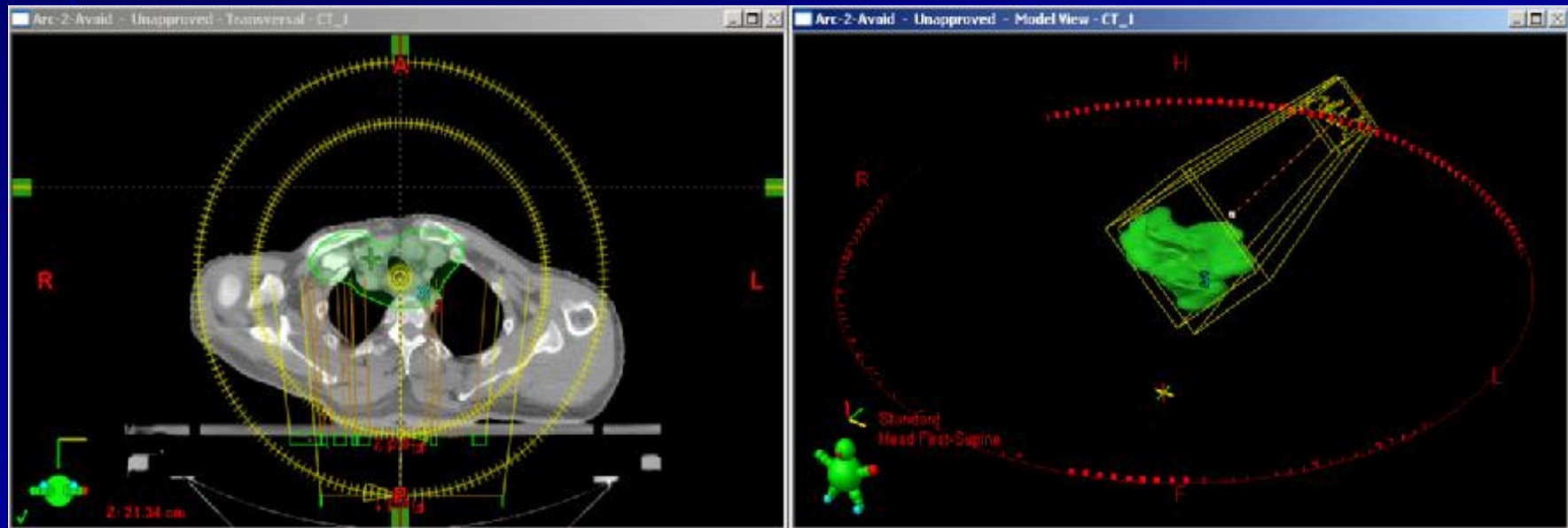
n 双弧旋转调强照射 (RapidArc[®])



2个等中心旋转照射野：6MV X线， 179.9° - 180.1° ，逆时针方向旋转。机头角 30° ，床角 0°
6MV X线， 180.1° - 179.9° ，顺时针方向旋转。机头角 330° ，床角 0°

新技术发展-RapidArc计划

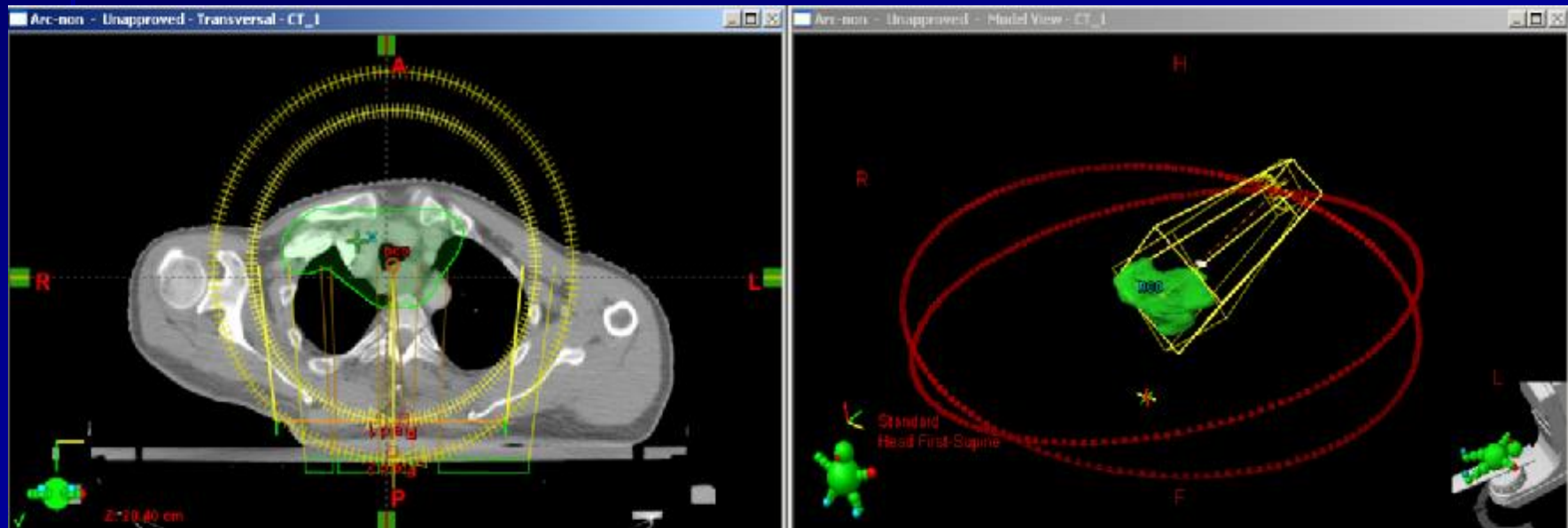
n 双弧旋转调强照射+角度回避 (RapidArc[®])



2个等中心旋转照射野：回避角度为120-70° 及280-240°
回避角度为240-280° 及70-120°

新技术发展-RapidArc计划

n 双弧旋转调强照射+非共面 (RapidArc[®])



2个等中心旋转照射野：床角为 5° / 355°

新技术发展-Rapi dARC计划

单弧

双弧

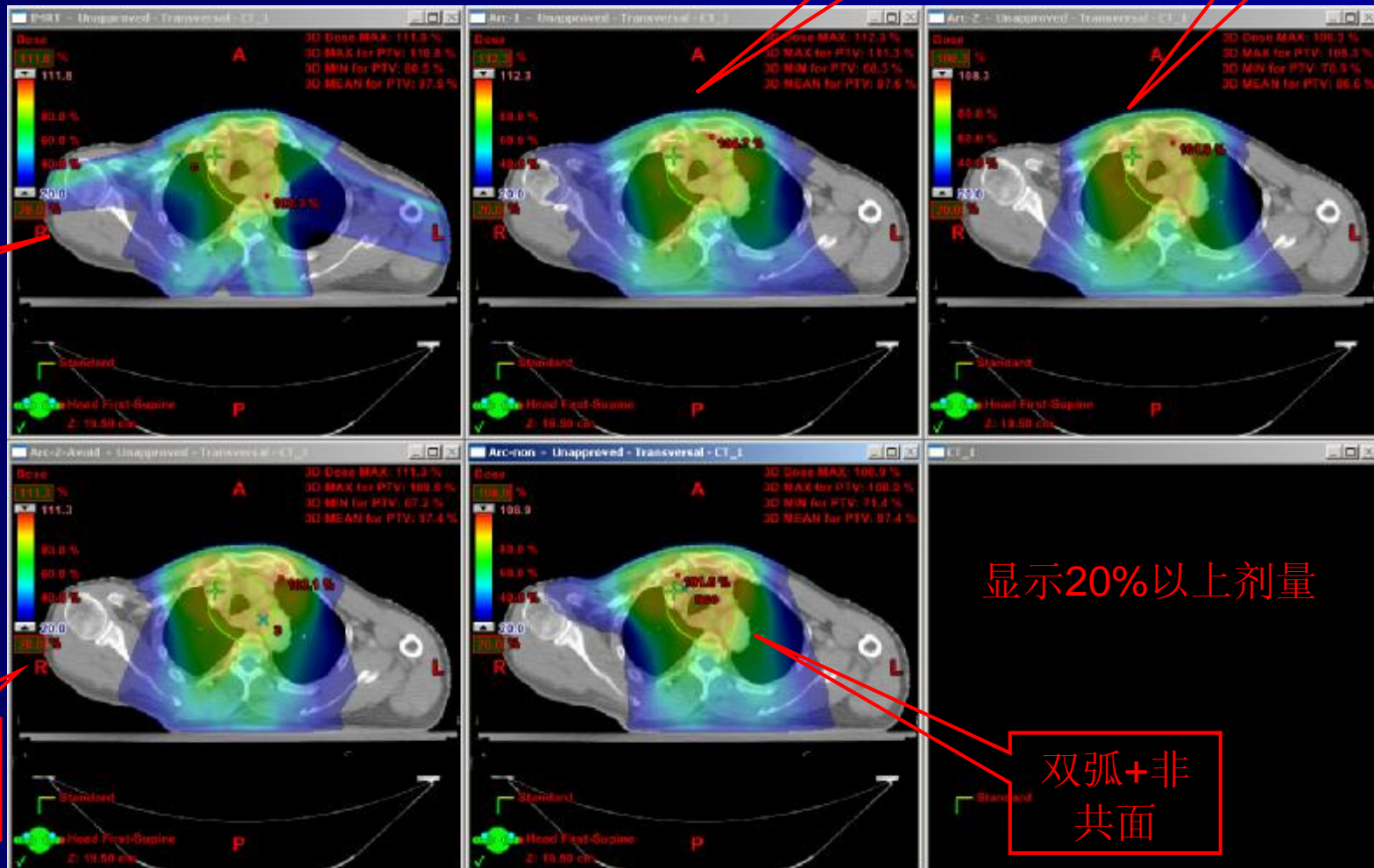
剂量学比较

IMRT

双弧+角度回避

双弧+非共面

显示20%以上剂量



新技术发展-Rapi dARC计划

单弧

双弧

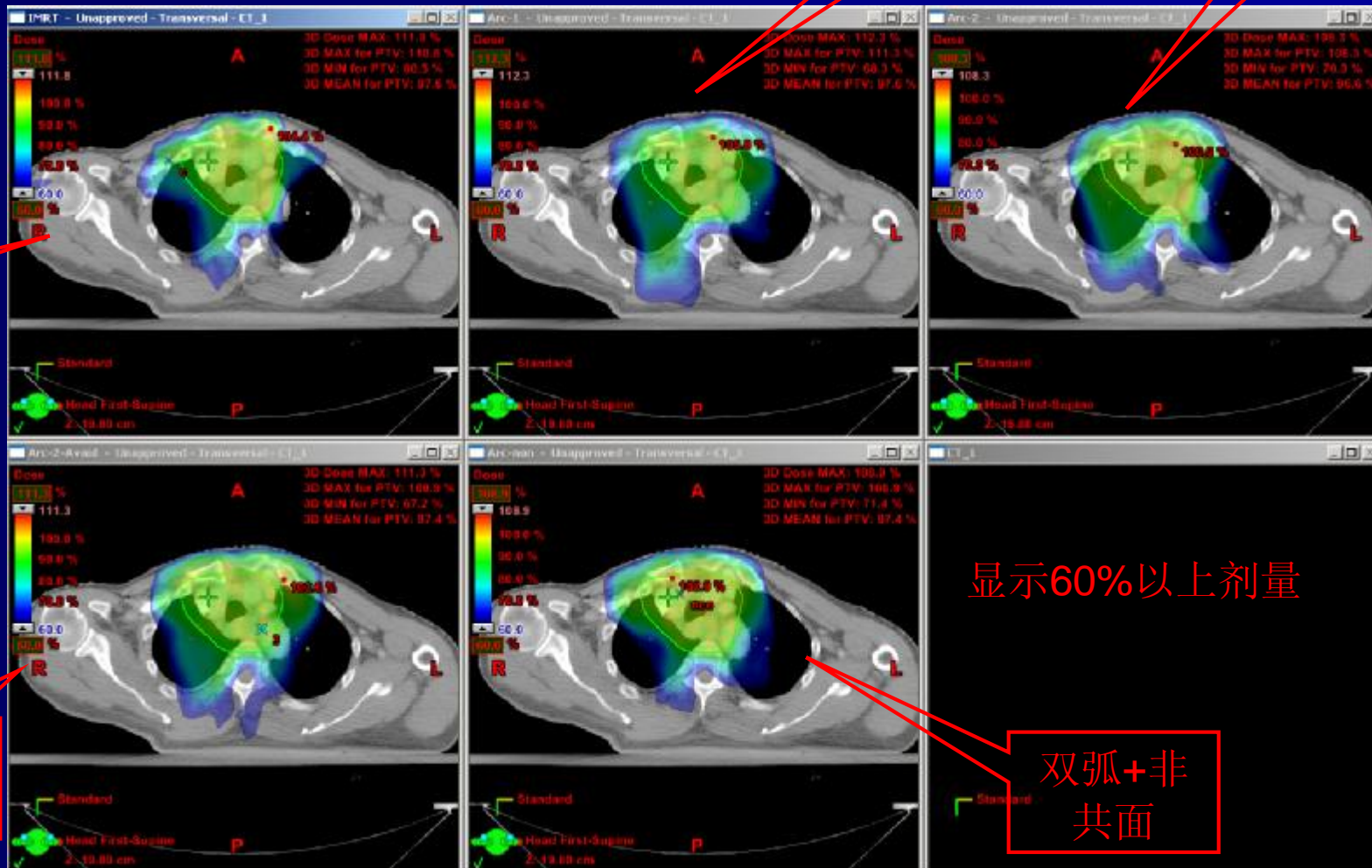
剂
量
学
比
较

IMRT

双弧+角
度回避

显示60%以上剂量

双弧+非
共面



新技术发展-Rapi dARC计划

- n PTV: 达到处方剂量的体积相差不明显; 高剂量体积差别较大, 其中双弧明显少于其他计划方式。
- n 肺: 与IMRT相比Rapi dArc可以减少肺较低剂量的体积, 但单弧尚难达到; Rapi dArc尚不能很好控制高剂量区域。
- n 脊髓: 剂量均不超量; 心脏: 受量略有增加。
- n 总体比较, 对于此病例采用Rapi dArc治疗方式时, 双弧+角度回避和双弧+非共面方式具有较好优势。

新技术发展-Rapi dARC计划

- n Rapi dArc治疗方式总治疗MU远少于IMRT。
- n 实际总治疗时间是IMRT的1/4—1/3左右。
- n 但是计划设计及调整时间是IMRT的2—4倍左右。
- n 由于是一种新的治疗模式，其计划验证尚不完善？？？？？？

山东省肿瘤医院 欢迎您



济兗路440号