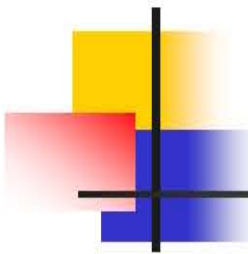


调强验证中的 的 γ 值分析

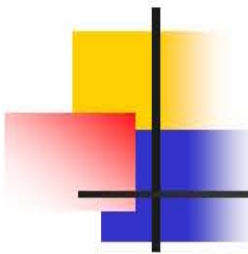
河北医大三院
包超恩

2010.01.30



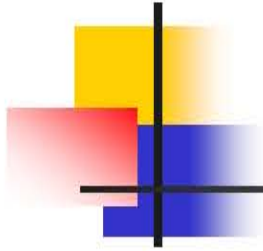
主要内容

- 一、前言
- 二、Dose-Difference 、 DTA & Gamma
- 三、Gamma(γ)公式解析
- 四、Gamma(γ)的意义和局限性
- 五、结语

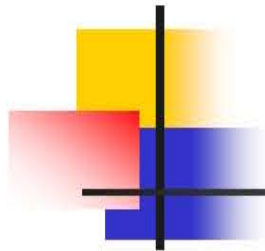


前言

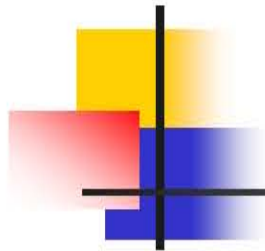
- 随着计算机技术的飞速发展和放疗设备的改进，放疗技术越来越复杂。
- 多数放疗单位已经逐步开展了调强适形放射治疗（**IMRT**）。



- 调强放射治疗是一项较为复杂的技术，它可使放疗剂量分布在三维立体方向与肿瘤靶区的形状完全一致，从而提高治疗增益比。

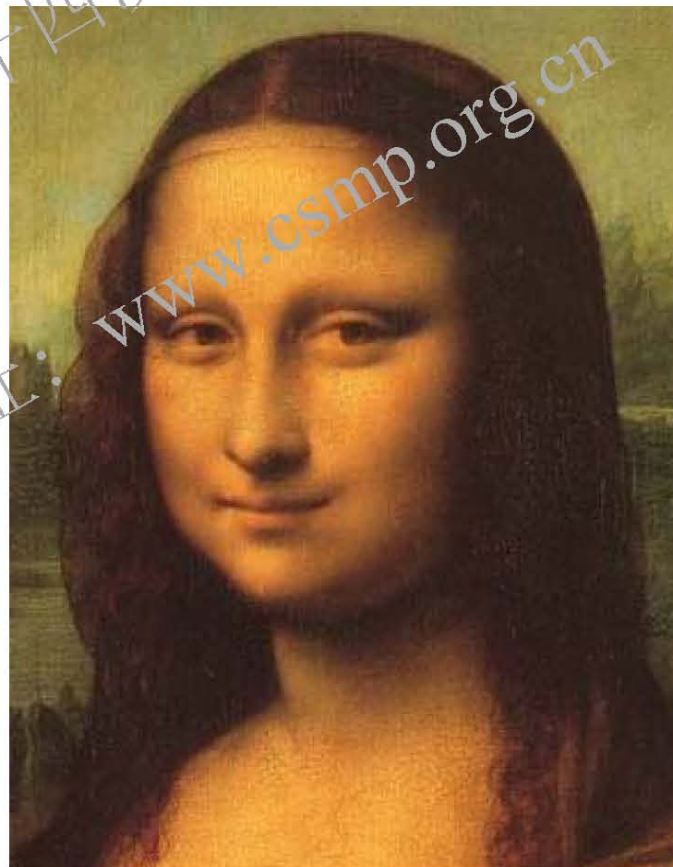


- ICRU第24 号报告指出，原发灶根治剂量的精确性应好于5% ，靶区剂量偏离最佳剂量 5%时，就有可能使原发灶肿瘤失控或并发症增加，从而可能导治疗计划的失败

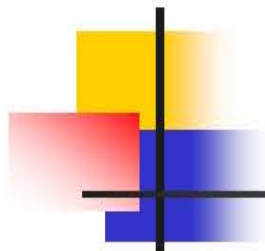


- 在实施调强放射治疗过程中任一环节出了差错就会引起很大的治疗误差，因此在~~进行调强放射治~~之前质量保证是一个重要的环节，它是整个计划顺利进行的重要保证。

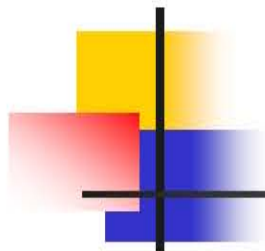
剂量分布的准确性和精确性基于好的QA



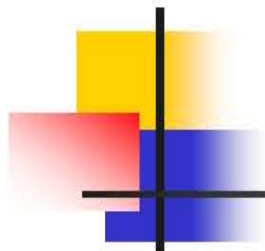
河北医大三院



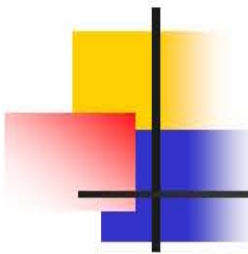
- **IMRT的质量保证在MLC叶片运动位置质量保证的基础上还包括以下几方面：**
 - (1) 照射野注量图验证；
 - (2) 绝对剂量验证；
 - (3) 轴向截面等剂量分布验证；
 - (4) 等中心位置验证。



- 调强验证工具通常包括电离室、胶片、PTW、Matrix、Mapcheck等。
- 胶片是定性的分析等剂量分布的一种工具，通常被认为是验证相对剂量分布的理想选择，但它耗时多，较麻烦。

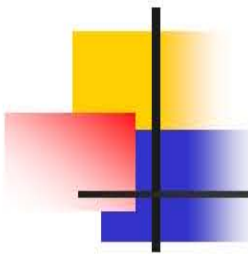


- 定量的评价剂量分布是利用二维半导体矩阵和软件分析工具（例如**Matrix**、**Mapcheck** 等）
- 可以同时测量绝对剂量和相对剂量。这样大大减轻了我们的**QA**任务。



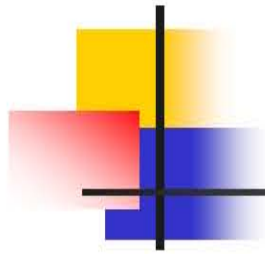
河北医大三院放疗科现有设备

- Varian ix IGRT
- Siemens 16 定位CT
- 核通模拟定位机
- IBA 三维蓝水箱和Matrix
- PTW 指型电离室
- CMS xio 4.40.00

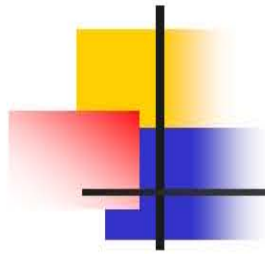


调强验证步骤

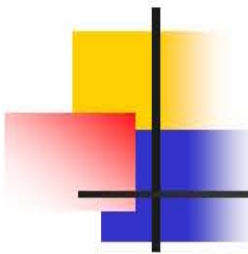
- 用静电计、0.6cc电离室、10cmx10cm照射野、SSD=100cm，加速器预置100 MU对加速器进行输出剂量校准。
- 根据Matrix软件提供的校准步骤。分别进行本底校准、绝对剂量校准、矩阵校准。



- 将固体水模作CT扫描。CT图像传送至治疗计划系统。将患者调强计划移植到体模上并将所有照射野的机架角度归零后进行剂量计算，测量平面选在模体表面下5 cm，绝对剂量的测量选择在等中心点。



- 然后将验证计划传输到加速器控制台，按照测量条件摆放**Matrix**和固体模。照射后用**Matrix**、自带软件进行数据分析，并和计划系统的计算结果进行比较。



Dose-Difference

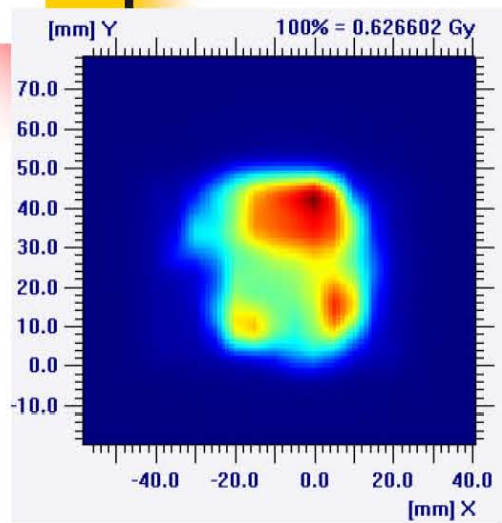
- (absolute) Dose Difference: (绝对) 剂量差别

- 一般应用在剂量平坦区

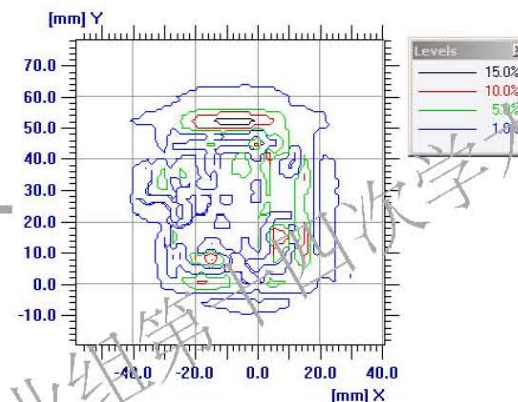
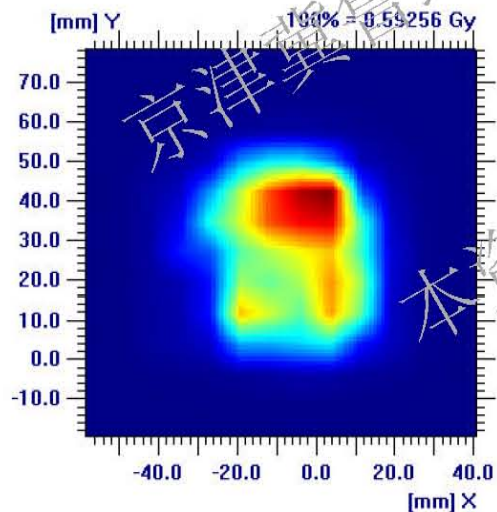
- 滤过标准一般是 $\Delta D_M = 3\%$

- $\delta(\mathbf{r}_m, \mathbf{r}_c) = D_c(\mathbf{r}_c) - D_m(\mathbf{r}_m)$

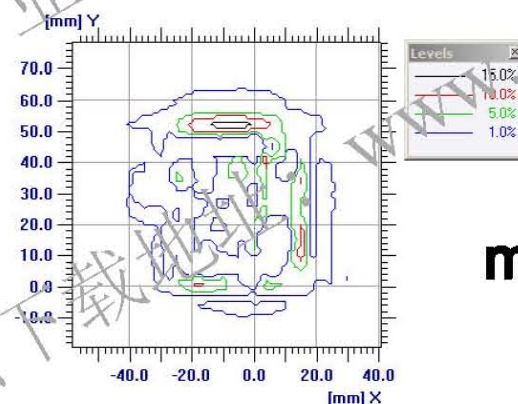
Calculated Matrix



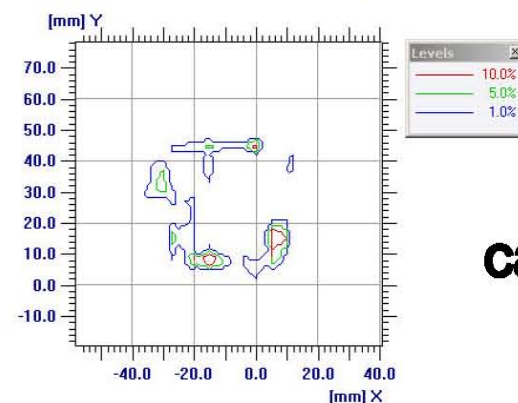
Measured Matrix



**absolute Dose-
difference**

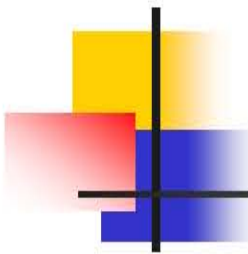


**Dose difference
measured - calculated**



**Dose difference
calculated - measured**

河北医大三院



DTA

- DTA(Distance To Agreement):等剂量位置差别

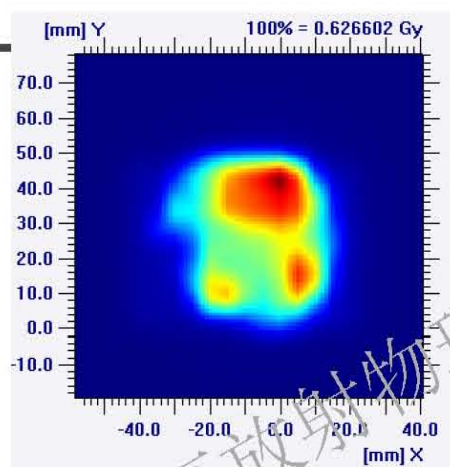
- 就是在TPS输出的计划剂量分布和利用模体测量的剂量分布匹配时，剂量值相同的两个临近点的距离。一般应用于剂量梯度变化大的区域

- 通常情况下，滤过标准是： $\Delta d_m = 3\text{mm}$

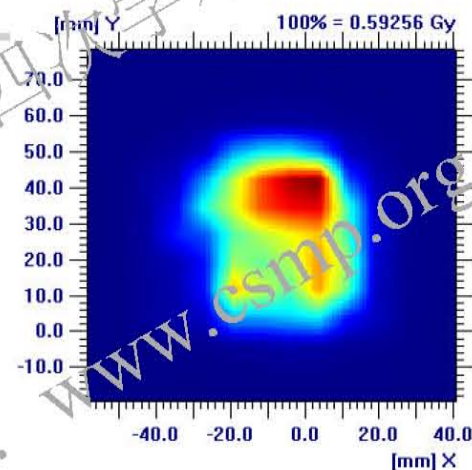
$$r(\mathbf{r}_m, \mathbf{r}_c) = | \mathbf{r}_c - \mathbf{r}_m |$$

其中 $\mathbf{r}_m$, $\mathbf{r}_c$ 两个点的剂量是相同的

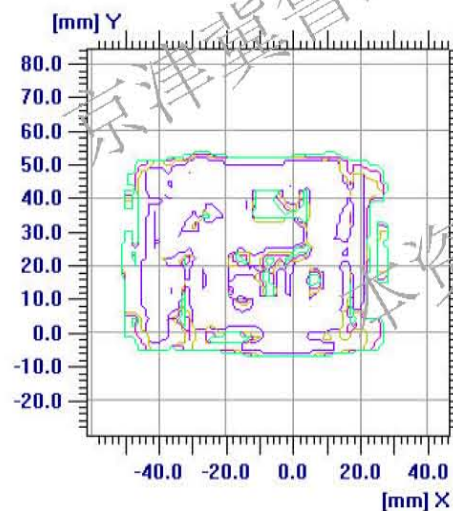
Calculated Matrix



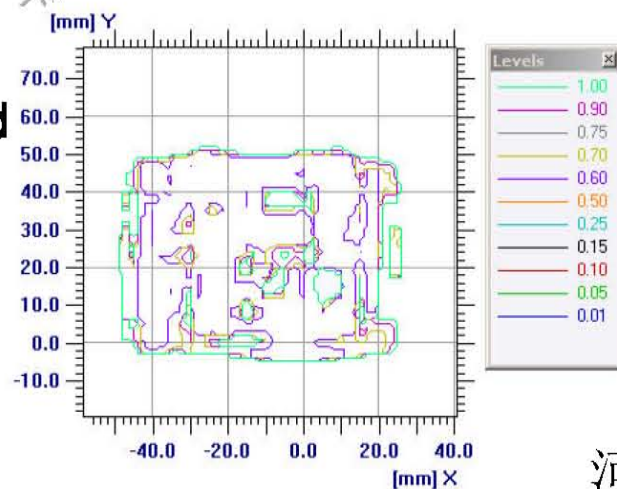
Measured Matrix



DTA
measured - calculated



DTA
calculated - measured



河北医大三院

Measurement Dose Difference δ

Gamma γ

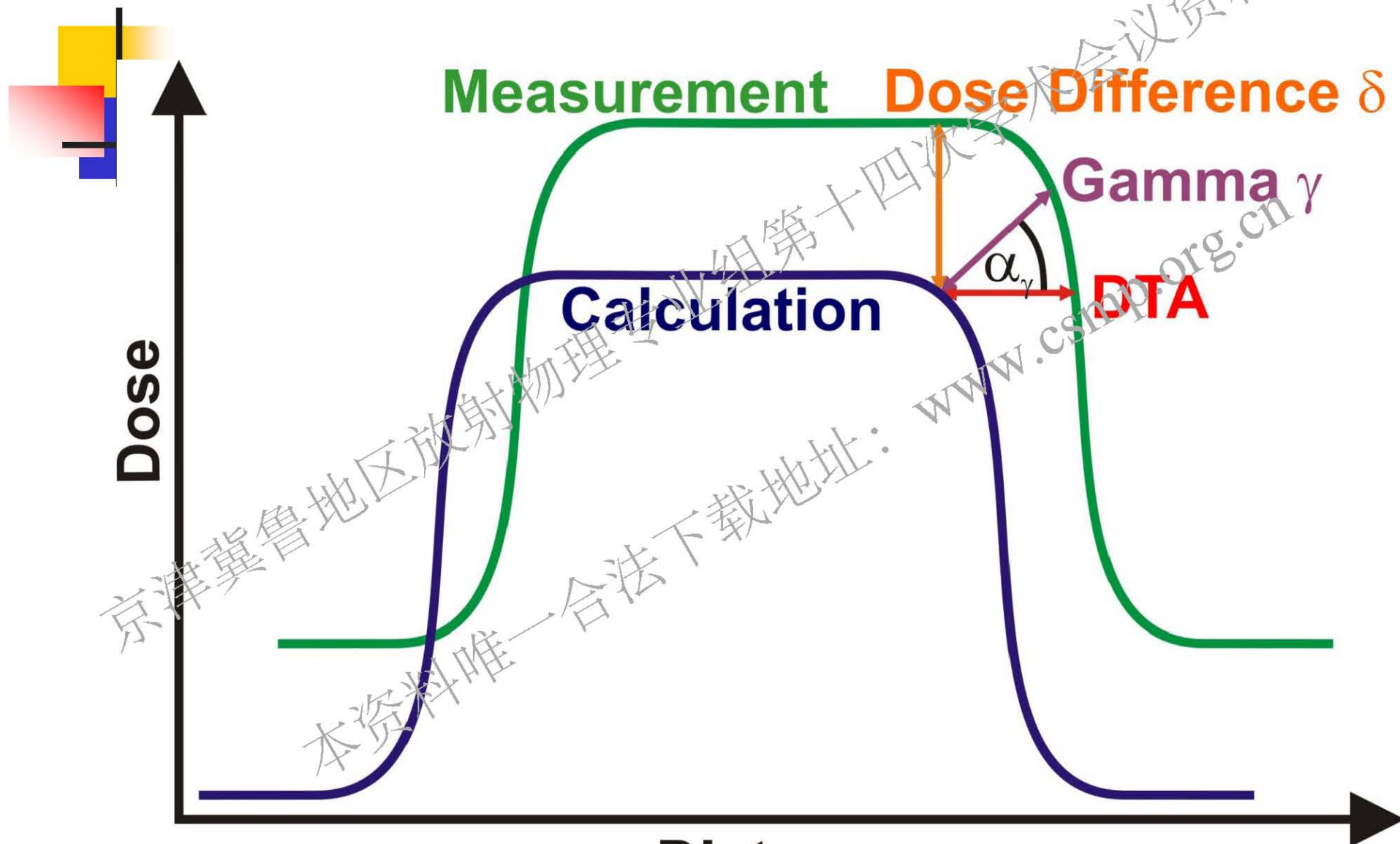
Calculation

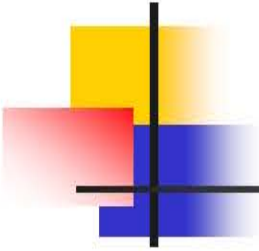
DTA

Dose

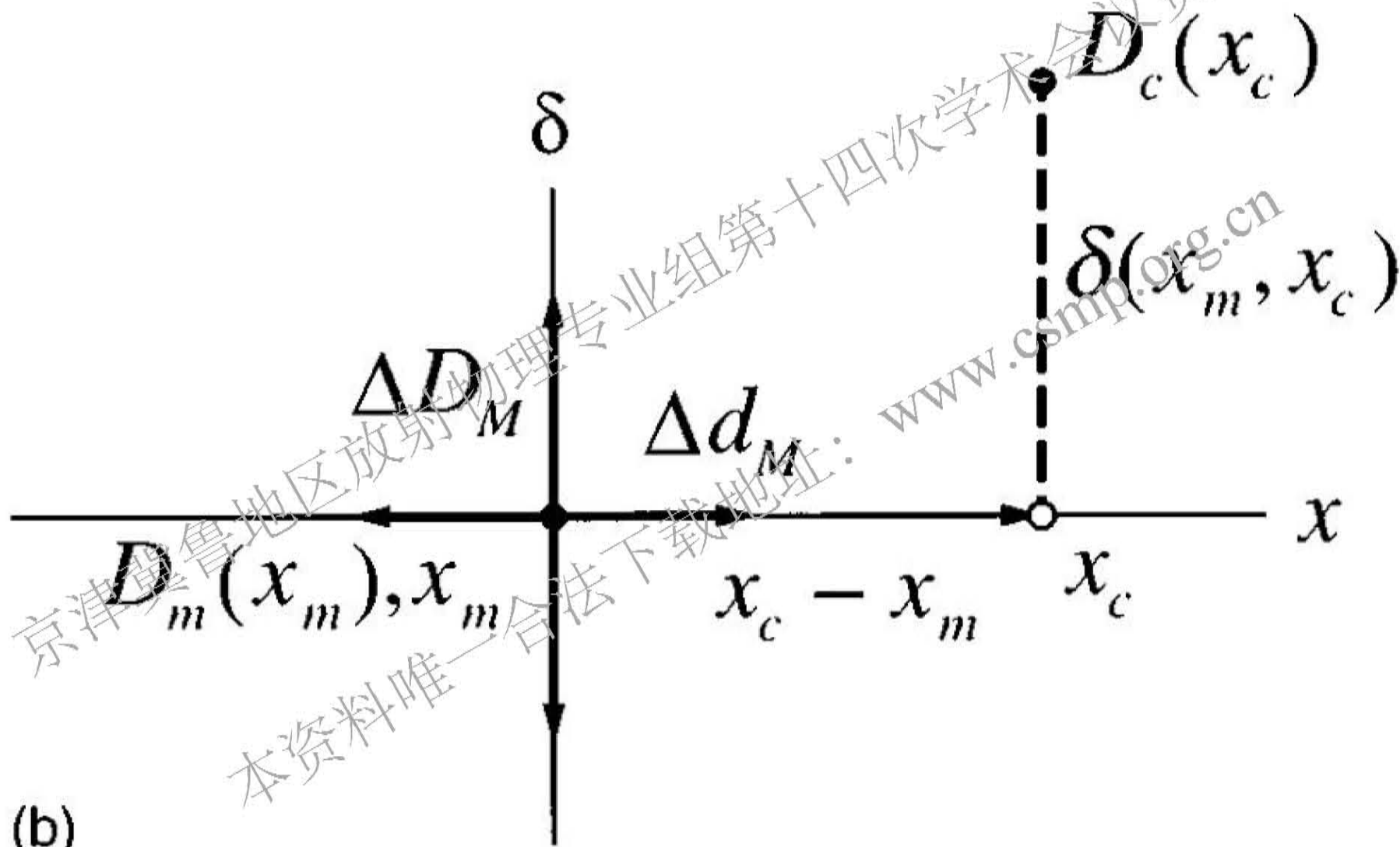
Distance

河北医大三院

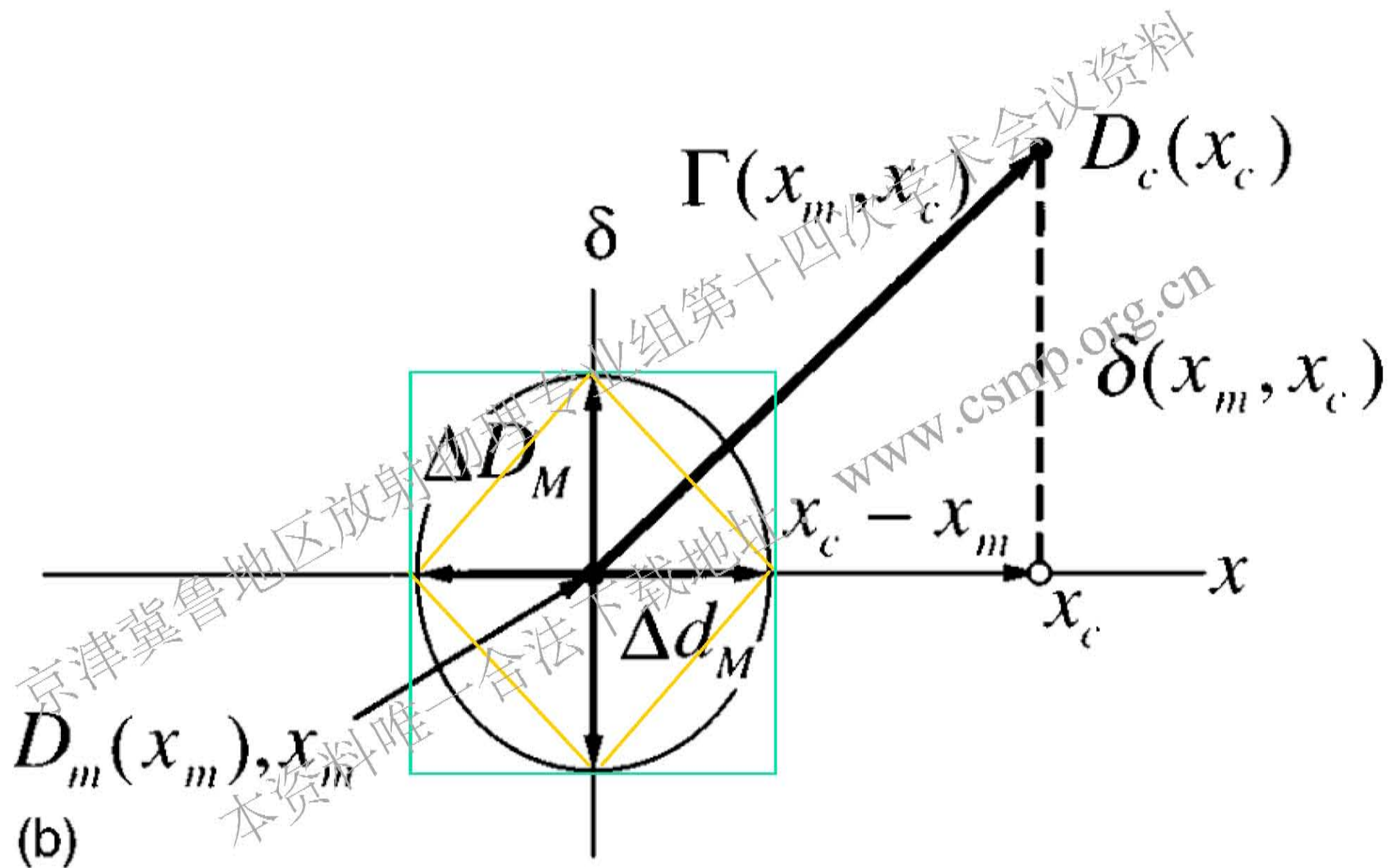


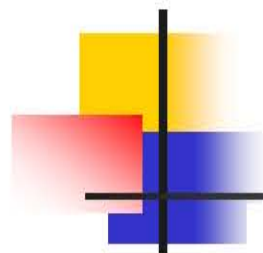


■ Gamma(γ)公式?



(b)





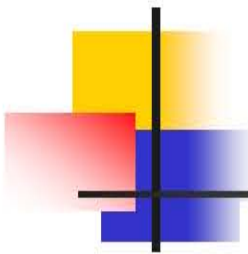
$$1 = \sqrt{\frac{r^2(\mathbf{r}_m, \mathbf{r})}{\Delta d_M^2} + \frac{\delta^2(\mathbf{r}_m, \mathbf{r})}{\Delta D_M^2}}$$

where

$$r(\mathbf{r}_m, \mathbf{r}) = |\mathbf{r} - \mathbf{r}_m|$$

and

$$\delta(\mathbf{r}_m, \mathbf{r}) = D(\mathbf{r}) - D_m(\mathbf{r}_m)$$



Gamma(γ)公式

$$\gamma(\mathbf{r}_m) = \min\{\Gamma(\mathbf{r}_m, \mathbf{r}_c)\} \forall \{\mathbf{r}_c\},$$

where

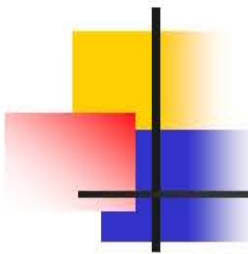
$$\Gamma(\mathbf{r}_m, \mathbf{r}_c) = \sqrt{\frac{r^2(\mathbf{r}_m, \mathbf{r}_c)}{\Delta d_M^2} + \frac{\delta^2(\mathbf{r}_m, \mathbf{r}_c)}{\Delta D_M^2}},$$

$$r(\mathbf{r}_m, \mathbf{r}_c) = |\mathbf{r}_c - \mathbf{r}_m|,$$

and

$$\delta(\mathbf{r}_m, \mathbf{r}_c) = D_c(\mathbf{r}_c) - D_m(\mathbf{r}_m)$$

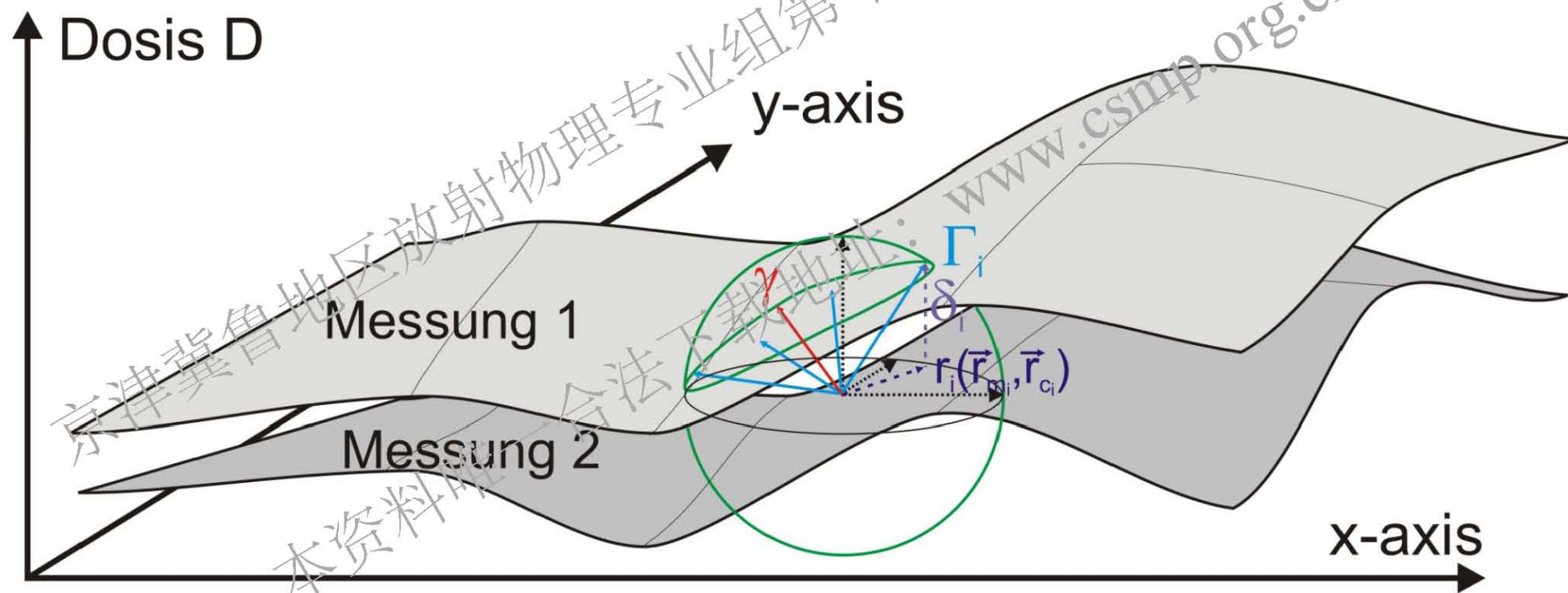
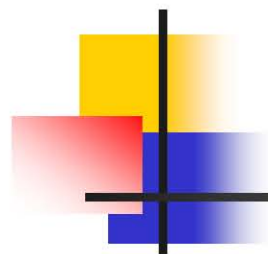
河北医大三院

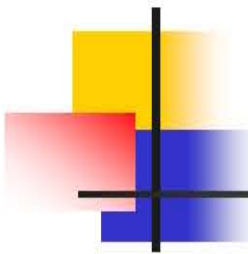
- 
- 根据AAPM建议的标准是（3 mm, 3%）或者（4 mm, 3%）

- $\gamma(r_m) \leq 1$, 通过

- $\gamma(r_m) > 1$, 失败

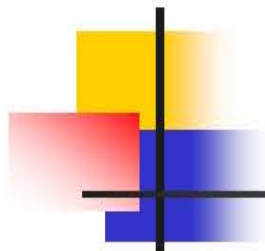






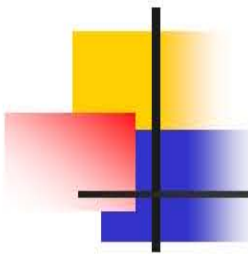
Gamma(γ)的意义和局限性

- 在硬件方面可以验证加速器的性能
 - 机械精度（包括MLC）
 - 射线质和量的稳定性 等
- 在软件方面验证计划系统剂量分布算法的精确性
 - 小野输出剂量
 - 动态MLC
 - 非均匀模体修正 等



- γ 评价方式有两种

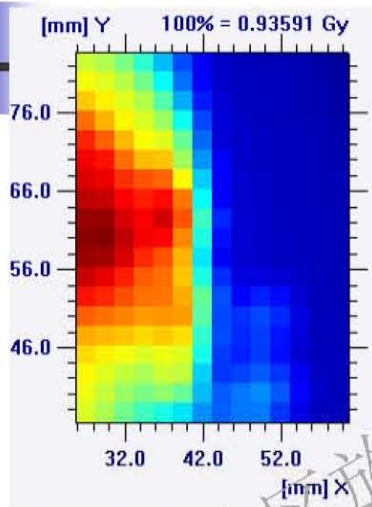
- (Matrix) 1020个探头有多少没通过, 位置在哪里?
- 取统一有效范围(例如10%等剂量线所围成的区域) 计算通过率



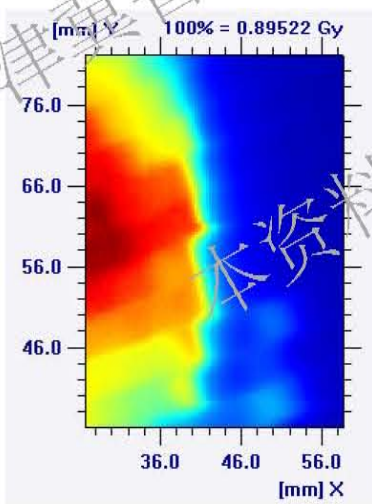
注意！

- 测量的剂量分布和**TPS**输出的剂量分布其坐标比例尺要一致
- 两个分布的分辨率（像素值）是不一样的，测量出的分布分辨率低，可以插值但影响通过率

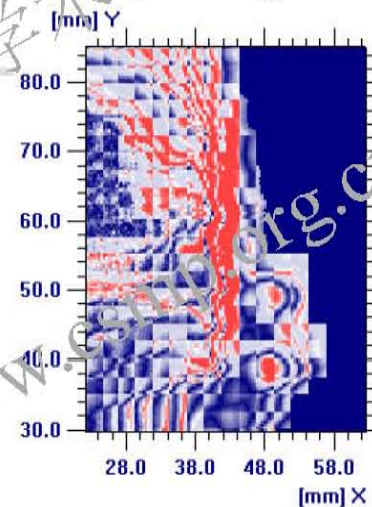
dataset 1



dataset 2

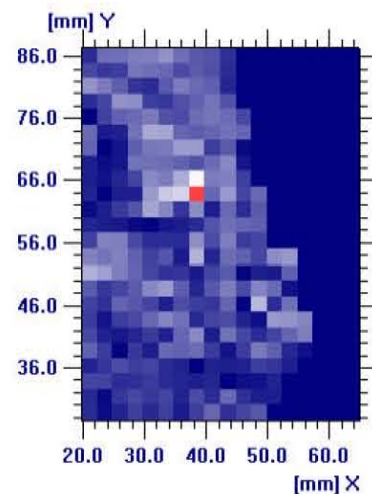


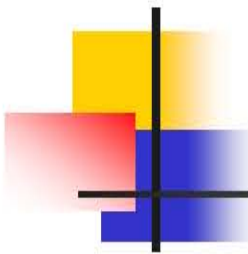
Gamma of „2 vs. 1“



$D_{max} = 100\%$

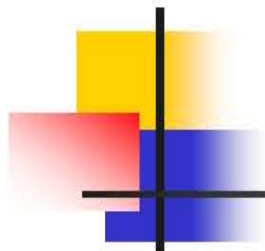
Gamma of „1 vs. 2“



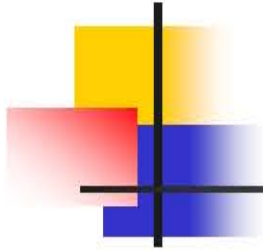


影响 γ 分布通过率的因素

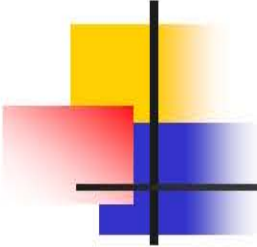
- 系统误差包括灯光野偏移、射野偏移、加速器机头机械精度下降以及MLC到位精度下降，Matrix探测器矩阵校准带来的误差等；
- 随机误差包括Matrix的摆位误差等。

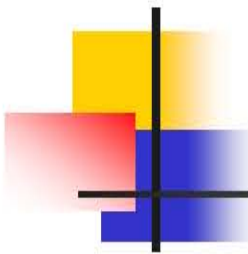


- 验证通过率还与加速器射线束建模（**Beam Modeling**）、计划设计模式（分步法还是直接子野优化（**DMPO**））等因素有关
- 计划系统调强参数设置：最小子野面积、最小子野跳数等
- 建模和加速器类型有关，模型参数取值要合理



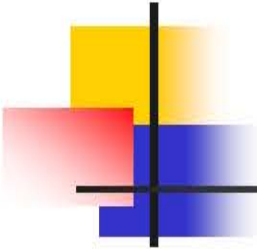
- 不仅要看通过率，还要知道未通过的像素点的具体位置，分析其误差来源。
- 验证治疗计划系统剂量计算的准确性，照射设备的可靠性和稳定性，修正**IMRT**治疗剂量误差和确定其剂量精度范围。

- 
- γ 是定量评价TPS导出剂量分布的一种技术
 - 限制条件:
 - 机架角度归零
 - 均匀模体



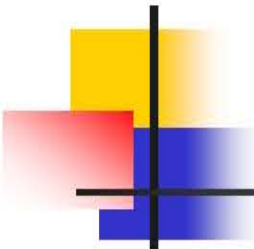
结语

- 在人体中肿瘤靶区和危及器官实际的吸收剂量是多少？以现在的手段还无法使其精确
- 现在研究热点是在病人实际照射过程中记录每个调强野的通量图，反推出剂量分布



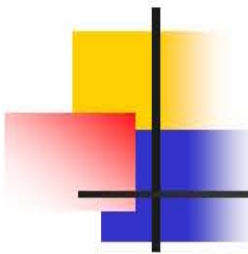
设想

- 在病人实际照射过程中记录每束射线通过人体后的强度分布？
- 像CT重建一样，重建出射线在人体中的剂量分布？



参考文献

Daniel A.Low,William B.Harms,Sasa Mutic,and James A.Purdy “A technique for the quantitative evaluation of dose distributions” , (Medical Physics, Vol. 25, No.5, May 1998)



致谢

- 非常感谢我的老师翟福山教授一直以来对我的关心照顾支持教导
- 特别感谢**IBA**公司王磊工程师提供的帮助



河北医大三院 包超恩 2010.01.30