

鼻咽癌靶区勾画和计划设计指南

Guideline of target delineation and treatment planning for nasopharyngeal
carcinoma

国家癌症中心/国家肿瘤质控中心
2021-12-19 发布

目 次

前言	I
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 质控人员要求	1
5 鼻咽癌诊疗概况	1
5.1 流行病学和病因	2
5.2 鼻咽癌诊断	2
5.3 鼻咽癌分期	2
5.4 鼻咽癌治疗原则	3
6 鼻咽癌调强放疗规范	4
6.1 治疗前准备	4
6.2 治疗决策	4
6.3 模拟定位	6
6.4 图像传输	6
6.5 靶区定义	6
6.6 处方剂量推荐	11
6.7 危及器官限量推荐	11
7 靶区勾画图谱	12
7.1 病历资料	13
7.2 靶区勾画流程及图谱	13
7.3 危及器官图谱	19
8 计划设计规范	23
8.1 计划前期准备	24
8.2 确定治疗等中心位置	26
8.3 定义剂量成形结构	26
8.4 给定处方剂量	27

8.5	设置照射野	30
8.6	设置优化参数	31
8.7	设置优化条件	32
8.8	逆向优化过程	35
8.9	评价治疗计划	35
8.10	生成治疗计划报告	36
8.11	多程计划设计	36
8.12	基于模板的计划设计	38
8.13	局限性	39
图 1	鼻咽癌第 8 版 T 分期和颈部淋巴结分界图示	3
图 2	鼻咽癌放射治疗流程及参与人员	5
图 3	AJCC 第 8 版推荐使用的颈部淋巴结分区示意图	9
图 4	CT/MRI 模拟定位图像配准（颈动脉管层面，头窗）	14
图 5	CT/MRI 模拟定位图像配准（颈动脉管层面，骨窗）	14
图 6	CT/MRI 图像配准（咽后淋巴结 CT 和 MRI 融合后有差异，参考 CT 图像勾画靶区）	14
图 7	CT/MRI 图像配准（颈部淋巴结 CT 和 MRI 融合后有差异，参考 CT 图像勾画靶区）	18
图 8	CT 图像上各层靶区勾画图例	18
图 9	横断位，冠状位，矢状位确认靶区连续性、完整性和安全距	18
图 10	破裂孔（左），卵圆孔（右）位置确认颅底通路安全距离	19
图 11	危及器官图谱	26
图 12	调强放疗计划设计基本步骤	27
图 13	CT 模拟定位床替换为加速器治疗床（左），直接去除 CT 模拟定位床（右）示意图	28
图 14	物质密度与 CT 值对应关系	28
图 15	金属伪影和体表标记点处理示意图	29
图 16	确定治疗等中心位置示意图	29
图 17	T1-2 和 T3-4 期鼻咽癌设置处方剂量示意图	33
图 18	固定野调强（左）和容积旋转调强（右）照射野方向示意图	34
图 19	瓦里安加速器手动合并 X 方向钨门示意图	34
图 20	鼻咽癌横断位、矢状位和冠状位剂量分布图	40
图 21	鼻咽癌靶区和危及器官剂量体积直方图	40
图 22	手动调整钨门设计鼻咽癌二程计划	43

表 1	鼻咽癌靶区名称和定义.....	7
表 2	根据鼻咽原发肿瘤和颈部淋巴结状态推荐的 CTV 范围.....	7
表 3	鼻咽癌颈部淋巴结分区定义（2013 年 RTOG 推荐）.....	8
表 4	鼻咽癌危及器官优先级别.....	9
表 5	鼻咽癌危及器官解剖结构定义.....	10
表 6	危及器官名称及剂量限制.....	11
表 7	危及器官图例名称及颜色.....	26
表 8	剂量成形结构.....	30
表 9	固定野调强计划优化参数设置.....	35
表 10	容积旋转调强计划优化参数设置.....	35
表 11	晚期鼻咽癌优化条件参数设定示例.....	36

前 言

本指南按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本指南由国家肿瘤质控中心提出。

本指南由国家肿瘤质控中心归口。

本指南项目申请单位中国医学科学院肿瘤医院感谢放疗质控专家委员会委员在指南审定过程中提供的专家意见（名单在下方列出，其中委员排名不分先后）；感谢张新高级工程师 [瓦里安医疗器械贸易（北京）有限公司] 和何海青编辑（《中华放射肿瘤学杂志》编辑部）对指南稿件编排规范给予的专业意见；感谢指南起草小组成员在指南起草过程中付出的努力；感谢放疗质控专家委员会秘书处在指南征集、修订、印刷发布过程中的付出；感谢维斯安（上海）医疗器械有限公司给予指南印刷工作的支持。

本指南主要起草人：

易俊林、刘志强：中国医学科学院肿瘤医院

孙 颖：中山大学肿瘤防治中心

王孝深：复旦大学附属眼耳鼻喉科医院

林少俊：福建省肿瘤医院

冯 梅：四川省电子科技大学肿瘤医院/四川省肿瘤医院

本指南审定人：

于 洪：辽宁省肿瘤医院

王 平：天津市肿瘤医院

王小虎：中国科学院近代物理研究所/兰州重离子医院

王若峥：新疆医科大学附属肿瘤医院

王建华：河南省肿瘤医院

王绿化：中国医学科学院肿瘤医院深圳医院

邓小武：中山大学肿瘤防治中心

卢 冰：贵州医科大学附属医院/贵州省肿瘤医院

兰胜民：山西省肿瘤医院

曲宝林：解放军总医院第一医学中心

朱小东：广西医科大学附属肿瘤医院/广西医科大学附属武鸣医院

朱广迎：中日友好医院

朱 远：中国科学院大学附属肿瘤医院（浙江省肿瘤医院）

刘士新：吉林省肿瘤医院
刘孟忠：中山大学肿瘤防治中心
许 青：复旦大学附属肿瘤医院
折 虹：宁夏医科大学总医院肿瘤医院
李 光：中国医科大学附属第一医院
李宝生：山东省肿瘤医院
李晔雄：中国医学科学院肿瘤医院
吴永忠：重庆大学附属肿瘤医院
吴君心：福建省肿瘤医院
何 侠：江苏省肿瘤医院
张大昕：哈尔滨医科大学附属第一医院
张福泉：北京协和医院
陈 凡：青海大学附属医院/青海大学附属肿瘤医院
陈 明：中山大学肿瘤防治中心
郁志龙：内蒙古医科大学附属医院
金 晶：中国医学科学院肿瘤医院深圳医院/中国医学科学院肿瘤医院
郎锦义：四川省肿瘤医院·电子科技大学医学院附属肿瘤医院
夏云飞：中山大学肿瘤防治中心
夏廷毅：空军特色医学中心
钱立庭：中国科学技术大学附属第一医院
郭小毛：复旦大学附属肿瘤医院
席许平：湖南省肿瘤医院
韩 春：河北医科大学第四医院
谢丛华：武汉大学中南医院
潘建基：福建省肿瘤医院
戴建荣：中国医学科学院肿瘤医院

引 言

随着放射治疗（以下简称“放疗”）技术的发展，中国已进入精准放疗时代。调强放射治疗技术成为了肿瘤放疗的主流技术。鼻咽癌的解剖结构特点、肿瘤的生长、浸润、转移特征以及肿瘤与周围重要的正常组织、器官的关系，决定了鼻咽癌的靶区范围大、极度不规则、周围危及器官众多。调强放疗技术的应用能够满足给予肿瘤高剂量的同时，对周围正常组织和器官给予较好的保护的治疗要求。鼻咽癌调强放疗在全国大的肿瘤中心开展近 20 年，鼻咽癌疗效得到明显提高，5 年生存率从常规放疗的 70% 左右提高到 80% 左右^[1-6]。同时，常规放疗引起的口干、张口困难等晚期损伤发生率和严重程度明显下降，明显改善了患者的生活质量。

鼻咽癌靶区的准确定义和优良的计划设计是保证鼻咽癌调强放疗疗效的基础，是治疗成功的关键保障^[7]。

本指南为国内医疗机构制定本单位的鼻咽癌调强放疗方案提供指导，范围涵盖鼻咽癌诊疗常规，靶区定义方法、治疗计划设计方法。在制定指南时，以已发布的国内外相关标准^[8-16]为依据，旨在为国内各医疗单位在鼻咽癌调强放疗的一致性提供参考依据。

鼻咽癌靶区勾画和计划设计指南

1 范围

本指南规定了适合开展鼻咽癌调强放射治疗技术的单位。

本指南规定了鼻咽癌诊疗常规、综合治疗原则，调强放疗靶区的名称、定义、确定手段、危及器官定义、处方剂量、危及器官限制剂量、调强放疗实施方法、计划设计方案、流程、评价方法。

本指南适用于能够开展鼻咽癌调强放疗的医疗机构。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。

凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本文件。

GB/T 17857-1999 医用放射学术语（放射治疗、核医学和辐射剂量学设备）

ICRU 第 83 号报告

中国鼻咽癌工作委员会 鼻咽癌调强放疗临床实践规范指引

NCCN 头颈肿瘤指南 2020

3 术语和定义

GB/T 17857-1999、ICRU83 号报告、NCCN 指南界定的术语和定义适用于本文件。

4 质控人员要求

开展鼻咽癌调强放疗的医疗单位必须依法取得放射治疗诊疗许可。

开展鼻咽癌调强放疗的医疗单位必须具备合格的能够执行调强放疗的设备和质量保证、质量控制设备，确保设备满足治疗要求。

开展鼻咽癌调强放疗的医疗单位必须具备副高级职称及以上的放疗专业医师，配备合格的医学物理师和放疗技师。

所有参与鼻咽癌调强放疗的人员须持证上岗并经过完善培训。所有治疗相关医疗记录需要按照规定保存备查。

5 鼻咽癌诊疗概况

5.1 流行病学和病因

鼻咽癌是中国常见和高发疾病，来自国际原子能机构的统计，2018 年全球新发鼻咽癌病例，中国占 49%。鼻咽癌发病呈现地区高发性，在中国的广东、广西、福建、江西、湖南等南方地区高发，广东高发地区发病率达 30~40/10 万人群。鼻咽癌发病与遗传易感性、EB 病毒感染相关。典型的鼻咽癌临床表现有鼻咽肿物、颈部转移淋巴结和脑神经受累三大体征和鼻塞、回涕带血、耳鸣、听力下降、头痛、面麻和复视等七大症状。

5.2 鼻咽癌诊断

依据病史和临床表现，通过体格检查，鼻咽内镜，鼻咽和颈部（平扫和增强）MRI 和 CT，颈部超声，胸腹部 CT，或者腹部超声，全身骨扫描等影像学检查明确局部病灶侵犯范围、淋巴结转移状态以及有无远地转移，准确获得肿瘤的 TNM 分期证据。鼻咽原发灶侵犯范围要依据 MRI（平扫和增强）检查确定（患者因故不能接受 MRI 检查时须有 CT 检查）。对于具有远转高危因素的患者（T4 和/或 N2-3），建议行 PET-CT 检查除外隐匿的远地转移。

病理学诊断：尽可能获得鼻咽原发灶病理。避免单纯采用颈部淋巴结穿刺和/或活检替代鼻咽原发灶诊断，除非鼻咽原发灶经过多次活检未能获得原发灶病理。采用颈部淋巴结作为诊断者，颈部淋巴结需要原位杂交检测 EBER 阳性，增加诊断的准确性。

分子诊断指标：鼻咽原发灶原位杂交检测 EBER。

反映预后和指导治疗的分子指标：EBV-DNA 拷贝数，原发肿瘤 EGFR 表达情况，Ki-67 等。

除与原发肿瘤相关的影像学、病理学、分子预后指标外，还需要对患者年龄、一般情况、合并症、营养状况、血生化、血常规、甲状腺功能、垂体功能、口腔卫生状态等进行相应检查和评估，为治疗方案选择和预后判断提供依据。

5.3 鼻咽癌分期

鼻咽癌分期采用第 8 版 AJCC 分期。

a) 鼻咽癌 原发肿瘤（T）分期

Tx 原发肿瘤无法评价；

T0 无原发肿瘤证据，但具有 EBV 阳性的颈部淋巴结累及；

Tis 原位癌；

T1 肿瘤局限于鼻咽，或侵犯口咽和/或鼻腔，无咽旁间隙累及；

T2 肿瘤侵犯咽旁间隙和/或邻近软组织累及（翼内肌、翼外肌、椎前肌）；

T3 肿瘤侵犯颅底骨质、颈椎、翼状结构和/或鼻窦；

T4 肿瘤侵犯颅内，累及脑神经、下咽、眼眶、腮腺和/或广泛的软组织区域浸润并超过翼外肌外侧缘。

b) 区域淋巴结 (N)、临床 N (cN) 分期

Nx 区域淋巴结无法评价;

N0 无区域淋巴结转移;

N1 单侧颈部淋巴结转移, 和/或单侧或双侧咽后淋巴结转移, 最大径 ≤ 6 cm, 位于环状软骨下缘以上水平;N2 双侧颈部淋巴结转移, 最大径 ≤ 6 cm, 位于环状软骨下缘以上水平;N3 单侧或双侧颈部淋巴结转移, 最大径 > 6 cm, 和/或位于环状软骨下缘以下水平。

c) 远处转移 (M) 分期

M0 无远处转移;

M1 有远处转移。

d) 临床预后分期

0 期 Tis N0 M0;

I 期 T1 N0 M0;

II 期 T0-1 N1 M0 T2 N0-1 M0;

III 期 T0-2 N2 M0 T3 N0-2 M0;

IVA 期 T4 N0-2 M0 任何 T N3 M0;

IVB 期 任何 T 任何 N M1。

T 分期和颈部淋巴结分区示意图见图 1。

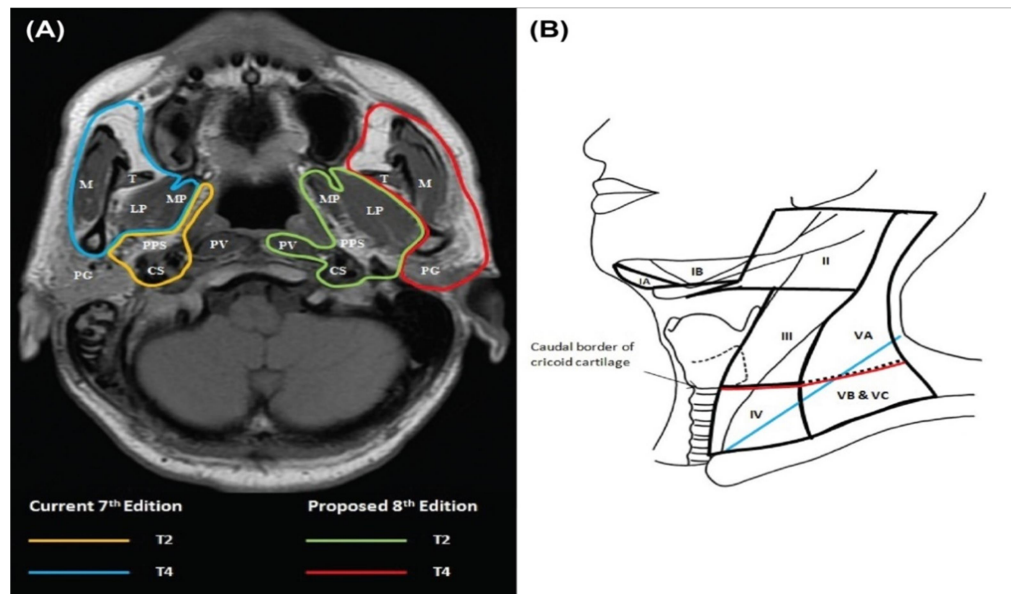


图 1 鼻咽癌第 8 版 T 分期和颈部淋巴结分界图示

5.4 鼻咽癌治疗原则

鼻咽癌治疗原则遵循 NCCN 指南^[1], 结合中国实际, 依据临床分组进行分层治疗。

- a) 临床 I 期 (T1N0M0): 单纯放射治疗。
- b) 临床 II 期 (T1N1M0, T2N0M0, T2N1M0): 单纯放疗或同期放化疗。
- c) 临床 III-IVA 期:
 - 1) 临床研究;
 - 2) 同期放化疗+辅助化疗;
 - 3) 诱导化疗+同期放化疗;
 - 4) 同期放化疗 (2B)。
- d) 临床 IVB 期 (M1):
 - 1) 以化疗为主的综合治疗, 根据化疗后缓解情况以及转移病灶数量补充局部区域放疗;
 - 2) 临床研究。
- e) 复发鼻咽癌的治疗:
 - 1) 早期 (rT1-2): 手术治疗/放疗;
 - 2) 局部晚期 (rT3-4): 放疗/放疗联合化疗;
 - 3) 临床研究。
- f) 移鼻咽癌的治疗: 化疗为主, 寡转移病例推荐化疗后联合放疗。
- g) 多次失败/多脏器失败:
 - 1) 化疗为主/化疗联合免疫治疗/化疗联合抗 EGFR 靶向治疗/化疗联合抗 VEGF 靶向治疗;
 - 2) 临床研究。

6 鼻咽癌调强放疗规范

鼻咽癌放疗是一个非常复杂和系统的工程, 需要制定标准操作流程, 以确保放疗质量和疗效, 鼻咽癌放疗流程见图 2。

6.1 治疗前准备

治疗前准备包括完善的病史收集和体格检查、诊断和分期相关检查、营养评估、合并症评估、口腔状况评估和处理。

6.2 治疗决策

鼻咽癌在接受治疗前, 需要经过多学科团队讨论, 根据治疗原则, 结合患者的年龄、一般情况、合并症、治疗意愿以及所在医院治疗条件和水平, 制定具体的治疗方案。

当多学科团队决定患者先接受诱导化疗时, 需要先行诱导化疗前的放疗定位, 诱导化疗后需要重新定位, 将两次定位图像进行融合, 目的是为了帮助评估诱导化疗后肿瘤大小和位置改变对后续放疗的靶区确定的影响。放疗需要在诱导化疗后 3~4 周内开始。

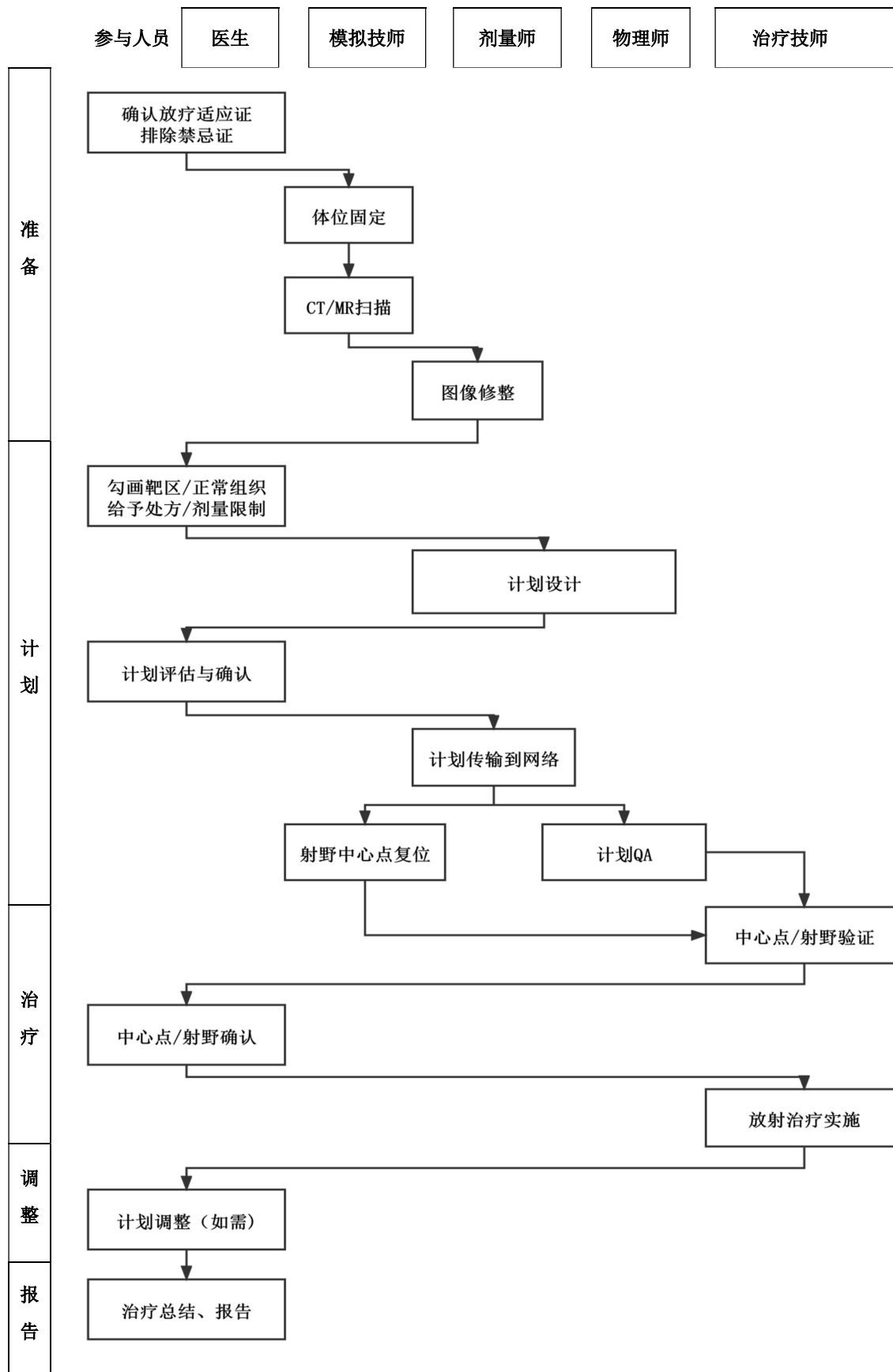


图 2 鼻咽癌放射治疗流程及参与人员

6.3 模拟定位

6.3.1 体位选择

通常采用仰卧，头过伸位。利用外置三维激光进行初步摆位，要求人体正中矢状线与激光 Y 轴平行，患者头部及身体不产生偏侧、旋转等。

6.3.2 体位固定

选择合适的头枕，有条件的单位可制作个性化头枕，增加体位重复性。采用热塑面膜固定。在面罩固定前取下患者带有金属的义齿及其他配饰。

6.3.3 扫描范围

根据肿瘤的范围，确定定位 CT 扫描范围，上界：至少颅底线上 3 cm，下界：锁骨头下缘下 2~3 cm，建议从头顶一直扫描到锁骨头下缘下 3 cm。有纵隔淋巴结转移者，扫描范围根据淋巴结位置个体化决定。扫描 FOV 需要足够大，两侧需要显示锁骨上下区和腋窝。

6.3.4 对比增强

静脉注射对比增强剂，有利于帮助区分血管、淋巴结和肿瘤范围。扫描层厚一般建议 3 mm。如同时行磁共振定位，选择和磁共振模拟定位相同的层厚，通常 2.0~2.5 mm。

建议有条件的单位在定位 CT 的体位下，行磁共振定位扫描。

6.4 图像传输

扫描后的图像经电脑自动重建处理后，将患者的图像资料传到 CT 模拟治疗计划工作站才能做治疗计划。如同时有磁共振定位，传输磁共振图像，进行图像融合。

6.5 靶区定义

6.5.1 靶区名称及命名的原则

根据 ICRU 83 号报告^[8]推荐，鼻咽癌放疗的靶区应定义大体肿瘤体积（gross tumor volume, GTV）、临床靶区（clinical target volume, CTV）、计划靶区（planning target volume, PTV）、危及器官（organ at risk, OAR）和危及器官计划靶区（planning organ at risk volume, PRV）。

6.5.2 GTV

指临床体检或影像学检查可见的大体肿瘤区。GTV 包括原发灶（GTV_{nx} 或 GTV_p）和转移的区域淋巴结（GTV_{nd}），也可为远处转移病灶（GTV_m）。可以根据工作需要对上述靶区增加后缀以进一步明

确性质和位置，如咽后淋巴结可以命名为 GTVrpn，切除的有包膜外受侵的淋巴结区域可以命名为 GTVndtb 等。颈部有多个肿大淋巴结，大小不一、需要给予不同的处方剂量时，可以按照剂量等级分别命名。左右侧则以下划线后缀英文大写字母“L”或“R”。如 GTVnd1_L、GTVnd2_R 等，具体名称见表 1。鼻咽癌原发灶范围的确定以 MRI 为基准，参考 CT，鼻咽内镜检查和/或 PET-CT 确定。

表 1 鼻咽癌靶区名称和定义

靶区名称	定义
GTVnx/p	包括影像学、鼻咽内镜和临床检查所示的鼻咽原发肿瘤
GTVrpn	咽后淋巴结，通常短径 ≥ 5 mm 定义为阳性
GTVnd	颈部转移淋巴结，短径 ≥ 1 cm；或中心坏死周边环形强化的淋巴结（无论大小）；高危区 3 个及以上融合成团的淋巴结且有短径 ≥ 8 mm 的，或细胞学证实为阳性的淋巴结
CTV1	鼻咽原发灶周围以及阳性淋巴结引流区
CTV2	需要预防照射的淋巴引流区

6.5.3 CTV

指肿瘤可能侵犯的范围，即亚临床病灶。对鼻咽癌而言，包括鼻咽原发肿瘤的 CTV 和阳性淋巴结的 CTV 以及淋巴引流区。根据危险度可以分为 CTV1 和 CTV2 等^[17-19]，见表 1；不同期别鼻咽癌 CTV 的推荐范围见表 2；颈部淋巴结分区范围^[14]如表 3 和图 3 所示。

表 2 根据鼻咽原发肿瘤和颈部淋巴结状态推荐的 CTV 范围

AJCC 8 th 分期	CTV1 包括范围	CTV2 包括范围
T1-2N0	原发灶+双侧（RPN + II区）	双侧（III区，Va区）
T1-4N1（II区单个）	原发灶+双侧（RPN + II区，Va区）+同侧III	同侧（IV区，Vb区）+对侧（III区，IV区，Vb区）
T1-4N1（同侧多区）	原发灶+双侧（RPN+ II区）+同侧III-V区	对侧 III-V区
T3-4N2（双侧单个）	原发灶+双侧（RPN + II-III区）	双侧IV区，Vb区
T3-4N2（双侧多区）	原发灶+ 双侧（RPN + II-V区）	—
AnyT N3	根据淋巴结位置参考	根据淋巴结位置参考
<p>注 1：I b 区根据情况选择性照射。需要照射的情形包括：① I b 区有阳性淋巴结；② II a 区有大于 3 cm 淋巴结；③ II 区/或 III 区淋巴结巨大，侵犯颌下腺或颈部皮肤；④ 颈部因淋巴结转移接受了不规则手术患者；⑤ 肿瘤侵犯以 I b 区为淋巴引流首站的解剖结构。</p> <p>注 2：I a，VI，VIII，IX，X 区不常规照射，除非该区域已经存在转移淋巴结。</p>		

表 3 鼻咽癌颈部淋巴结分区定义 (2013 年 RT0G 推荐)

分区	上	下	前	后	外	内
I a 区 (颌下组)	下颌舌骨肌	颈阔肌 (二腹肌前腹下缘)	下颌骨前缘	舌骨体/ 下颌舌骨肌	二腹肌前腹 内侧缘	
I b 区 (颌下组)	颌下腺上缘; 下 颌舌骨肌前端	通过舌骨下缘和 下颌骨下缘; 或 颌下腺下缘 (选 二者中靠下者)/ 颈阔肌	下颌骨前缘	颌下腺后缘 (尾端) /二腹肌后腹 (头端)	下颌骨内侧 (内 侧) 下至尾缘/颈 阔肌 (尾)/翼内 肌 (下端)	二腹肌前腹外 侧缘 (尾端)/ 二腹肌后腹 (头 端)
II 区 (颈静脉上组)	C1 横突的下缘	舌骨体下缘	下颌下腺后缘/二 腹肌后腹后缘	胸锁乳突肌后缘	胸锁乳突肌深 (内 侧) 面/颈阔肌/腮 腺/二腹肌后腹	颈内动脉内侧 缘/斜角肌
III 区 (颈静脉中组)	舌骨体下缘	环状软骨下缘	胸锁乳突肌前缘/ 甲状舌骨肌后 1/3	胸锁乳突肌后缘	胸锁乳突肌深 (内 侧) 面	颈总动脉内侧 缘/斜角肌
IV a 区 (颈静脉下组)	环状软骨下缘	胸骨柄上方 2 cm	胸锁乳突肌前缘 (上端)/胸锁乳 突肌 (下端)	胸锁乳突肌后缘 (上 端)/斜角肌 (下端)	胸锁乳突肌深 (内 侧) 面 (上端)/胸 锁乳突肌外缘 (下 端)	颈总动脉内侧 缘/甲状腺外缘/ 斜角肌 (上端) /胸锁乳突肌内 侧缘 (下端)
IV b 区 (锁骨上内侧 组)	IV a 区的下界 (胸骨柄上方 2 cm)	胸骨柄上缘	胸锁乳突肌深面/ 锁骨深面	斜角肌前缘 (上端) /肺尖, 头臂静脉, 左侧的头臂干 (右 侧)、颈总动脉和锁 骨下动脉 (尾端)	斜角肌外缘	VI 区的外界 (气 管前的部分)/ 颈总动脉内缘
V a 区 (颈后三角组)	舌骨体上缘	环状软骨下缘	胸锁乳突肌后缘	斜方肌前缘	颈阔肌/皮肤	肩胛提肌/斜角 肌 (尾端)
V b 区 (颈后三角组)	环状软骨下缘	颈横血管	胸锁乳突肌后缘	斜方肌前缘	颈阔肌/皮肤	肩胛提肌/斜角 肌 (尾端)
V c 区 (锁骨上外侧 组)	颈横血管 (Vb 区的下界)	胸骨柄上 2 cm/ 锁骨上缘	皮肤	斜方肌前缘 (上端) /前锯肌前方 ± 1 cm (下端)	斜方肌 (上端)/ 锁骨 (下端)	斜角肌/胸锁乳 突肌外缘, IV a 区的外界
VI a 区 (颈静脉前淋 巴结)	舌骨的下缘或 下颌下腺的下 缘 (选择两者中 靠下的一者)	胸骨切迹	皮肤/颈阔肌	舌骨下肌群的前方	两侧胸锁乳突肌 前缘	
VI b 区 (喉前, 气管 前和气管旁喉返神 经淋巴结)	甲状软骨下缘	胸骨切迹	舌骨下肌群后方	喉、甲状腺和气管前 方 (喉前和气管前淋 巴结)/椎前肌 (右 侧)/食管 (左侧)	两侧颈总动脉	气管及食管的外 侧面 (尾端)
VII a 区 (咽后淋巴结)	C1 椎体上缘/硬 腭	舌骨体上缘	上或中咽缩肌 后缘	头长肌和颈长肌	颈内动脉内侧缘	平行于头长肌 外侧缘的线
VII b 区 (茎突后淋巴 结)	颅底 (颈静脉 孔)	C1 横突下缘 (II 区的上限)	茎突前咽旁间隔 后缘	C1 椎体, 颅底	茎突/腮腺深叶	颈内动脉内侧 缘
VIII 区 (腮腺淋巴 结组)	颧弓, 外耳道	下颌角	下颌支后缘及咬 肌后缘 (外侧), 翼内肌 (内侧)	胸锁乳突肌前缘 (外 侧), 二腹肌后腹 (内 侧)	皮下组织中的 SMAS (表浅肌肉 腱膜系统) 层	茎突和茎突肌
IX 区 (颊面部组)	眼眶的下缘	下颌骨的下缘	皮下组织中的 SMAS (表浅肌肉 腱膜系统) 层	咬肌的前缘及颊脂 体 (Bichat 脂肪垫)	皮下组织中的 SMAS (表浅肌肉 腱膜系统) 层	颊肌
X a 区 (耳后淋巴 结)	外耳道上缘	乳突尖	乳突前缘 (下端) /外耳道后缘 (上 端)	枕部淋巴结前界— 胸锁乳突肌后缘	皮下组织	头夹肌 (下端) /颞骨 (上端)
X b 区 (枕部淋巴 结)	枕外隆凸	V 区的上界 (舌 骨体上缘)	胸锁乳突肌后缘	斜方肌的前 (外侧) 缘	皮下组织	头夹肌

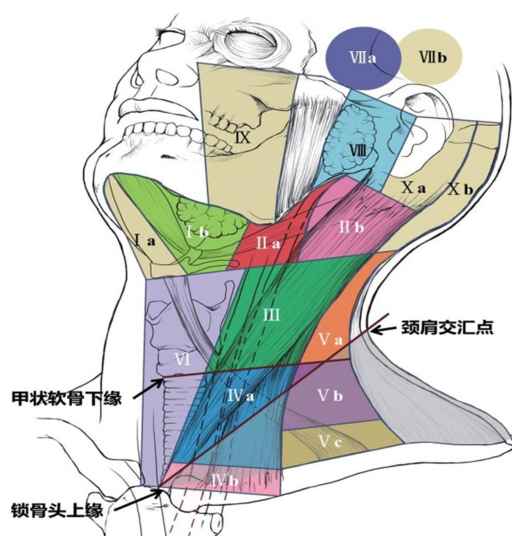


图 3 AJCC 第 8 版推荐使用的颈部淋巴结分区示意图

6.5.4 PTV

包括摆位误差及治疗间/治疗中靶区的移动范围。PTV 是一个几何概念，是为了确保 CTV 内的每一点都能真正得到处方剂量的照射。在设定 PTV-CTV 边界的时候需要考虑 CTV 的位置、形状、大小等内部因素，以及患者摆位、布野、技术等外部因素^[20-21]。最终的剂量报告应该以原始的 PTV 为准。PTV 通常和各家单位所使用的加速器、治疗操作规程相关，应该实测每个单位的 PTV，如无条件实测，鼻咽癌调强放疗的 PTV 建议采用 3 mm。

6.5.5 OAR

根据鼻咽癌原发灶及颈部淋巴结转移规律，上述靶区周围的正常组织都是危及器官^[22-24]，RTOG 对治疗计划系统（TPS）中 OAR 的命名建议两个单词之间不留空格，词首字母大写，如 SpinalCord。对于双侧器官以下划线加“L”或“R”的后缀，如 Parotid_R 或 Parotid_L，如果双侧合为一个器官则用复数，如 Parotids。根据这些正常组织的功能以及损伤后产生的后果将鼻咽癌危及器官分为三个等级。危及器官的优先级别见表 4，各危及器官的解剖结构定义见表 5。

表 4 鼻咽癌危及器官优先级别

1 类优先级	2 类优先级	3 类优先级
脑干	垂体	耳蜗/中耳
脊髓	下颌骨	腮腺
颞叶	颞下颌关节	颌下腺
视神经	晶体	口腔/舌
视交叉	眼球	喉/食管
		甲状腺
		咽缩肌（上中下）

表5 鼻咽癌危及器官解剖结构定义

器官	TPS 名称	上界	下界	前界	后界	外界	内界
脑干	BrainStem	视束, 大脑后动脉	枕骨大孔	桥前池或基底动脉后缘	中脑水管或第四脑室前缘	大脑后动脉, 小脑下前动脉, 小脑脚	—
脊髓	SpinalCord	枕骨大孔或小脑消失的一层	锁骨头下 2 cm	不包括蛛网膜下隙			—
视神经	OpticNerve	上直肌以下	下直肌以上	眼球中心的缘	视神经管		—
视交叉	Chiasm	下界向上一至二层	垂体或鞍上池	视神经孔	漏斗	颈内动脉或大脑中动脉	—
颞叶	TemporalLobe	大脑外侧裂的上缘	颅中窝底	颞骨和大脑外侧裂, 蝶骨大翼	颞骨岩部和小脑幕, 枕前切迹; 自枕叶后端向前约 4 cm 处	颞骨	海绵窦, 蝶窦, 蝶鞍, 大脑外侧裂, (包括海马旁回, 海马和钩)
颞下颌关节	TMjoint	关节腔消失	下颌头出现下颌颈成 C 型弯曲的上一层面	颞骨关节结节前缘, 咬肌后缘 (包括下颌骨的髁突)	包括颞骨的关节窝表面	下颌骨髁突外侧	—
腮腺	Parotid	外耳道, 乳突	下颌下间隙的后缘出现	咬肌, 下颌骨后缘, 翼内肌	胸锁乳突肌前腹, 二腹肌后腹外侧, 乳突	下颌间隙, 颈阔肌	二腹肌后腹, 茎突, 咽旁间隙, 胸锁乳突肌
颌下腺	Sub-mandibular	翼内肌下缘或 C3 水平	下颌下三角 (下颌体下缘, 二腹肌前缘后缘所围成) 脂肪间隙出现的层面	下颌舌骨肌和舌骨舌肌的外侧	咽旁间隙, 颈部血管和二腹肌前腹, 胸锁乳突肌	下颌支, 皮下脂肪或颈阔肌	颈部血管, 上中咽缩肌, 舌骨, 二腹肌前腹, 下颌舌骨肌, 舌骨舌肌
舌	Tongue	硬腭下缘或软腭	二腹肌前腹	下颌骨后缘或游离	软腭, 口咽, 扁桃体, 舌骨	下颌骨或下牙槽内侧	—
喉	Larynx	会厌的上缘	环状软骨下缘	甲状软骨或环状软骨前缘	包括杓状软骨和甲状软骨上下角和咽缩肌后缘	舌骨内侧, 甲状软骨或环状软骨外侧, 颈部血管、神经和甲状腺侧叶	—
上咽缩肌	Pharyngeal Const_Upper	翼板下缘	舌骨上缘	鼻咽或口咽或喉咽或舌根	头长肌, 颈长肌或颈椎椎体	颈动脉鞘	—
中咽缩肌	Pharyngeal Const_Middle	舌骨上缘	舌骨下缘	舌骨	同上	舌骨	—
下咽缩肌	Pharyngeal Const_Lower	舌骨下缘	环状软骨下缘	喉咽, 环状软骨	同上	甲状软骨和甲状腺	—
气管	Trachea	环状软骨下缘	锁骨头下缘 2 cm	甲状腺或峡部后缘	食管前缘	甲状腺侧叶	气管环内缘
食管	Esophagus	环状软骨下缘	锁骨头下缘 2 cm	气管	椎体或颈长肌	脂肪间隙或甲状腺	—
甲状腺	Thyroid	梨状窝下缘或甲状软骨中点	第 5-7 椎体	胸骨舌骨肌或胸锁乳突肌	颈部血管或颈长肌	颈部血管或胸锁乳突肌	甲状软骨/环状软骨/食管/咽缩肌
臂丛	BrachialPlexus	C4 椎体下缘 C5 神经根	神经出椎体的下界是 T1, 前中斜角肌间隙 (神经束), 锁骨头下 1-2 层	前斜角肌	中斜角肌	脂肪间隙	脊髓
器官	TPS 名称	边界		器官	TPS 名称	边界	
内耳	Ear_inner	分别勾画耳蜗和颈内动脉管		晶体	Lens	晶体和周围玻璃体的边界清晰	
中耳	Ear_middle	分别勾画鼓室和咽鼓管骨部		下颌骨	Mandible	下颌骨以中线为界, 可以分左右	
眼	Eyes	确保视网膜被完全勾画		垂体	Pituitary	位于垂体蝶鞍内确保勾画完全, 在以 3 mm 为层厚的 CT 扫描上可见约 1~2 层	

6.5.6 PRV

摆位误差及治疗间/治疗中危及器官的移动范围。一般认为对串联器官应扩边生成 PRV，尤其是鼻咽癌相关的脊髓、脑干、颞叶、视神经、视交叉；也有人认为体积较小的耳蜗、晶体、垂体等受到勾画误差和摆位误差等不确定因素的影响容易被放大，也应该生成 PRV。和 PTV 一样，应该实测每个单位的 PRV，如无条件实测，鼻咽癌调强放疗的 PRV 建议采用 3 mm。当 PTV 与 PRV 重叠时，应该根据 PTV 和 PRV 的优先等级决定重叠区的处方剂量定义和评估方式。

6.6 处方剂量推荐

GTVnx/p	
T1-2	6600~6996 cGy / 2.0~2.12 Gy / 30~33 F
T3-4	6996~7392 cGy / 2.12~2.24 Gy / 30~33 F
GTVnd	6999 cGy / 2.12 Gy / 33 F
GTVrpn	6996~7392 cGy / 2.12~2.24 Gy / 33 F
CTV1	6006 cGy / 1.82~2.0 Gy / 30~33 F
CTV2	4800~5400 cGy / 1.6~1.82 Gy / 28~30 F

6.7 危及器官限量推荐（表 6）

表 6 危及器官名称及剂量限制

优先级别	名称	剂量限制条件和剂量	
1 类优先危及器官	BrainStem	D_{max}	<5400 cGy
	BrainStem_03	$D_{1\%}$	<6000 cGy
	SpinalCord	D_{max}	<4500 cGy
	SpinalCord_03	$D_{1\%}$	<5000 cGy
	OpticNerve_L	D_{max}	<5400 cGy
	OpticNerve_L_03	$D_{1\%}$	<6000 cGy
	OpticNerve_R	D_{max}	<5400 cGy
	OpticNerve_R_03	$D_{1\%}$	<6000 cGy
	Chiasm	D_{max}	<5400 cGy
	Chiasm_03	$D_{1\%}$	<6000 cGy
	TemporalLobe_L	D_{max}	<6000 cGy
	TemporalLobe_L_03	$D_{1\%}$	<6500 cGy
	TemporalLobe_R	D_{max}	<6000 cGy
	TemporalLobe_L_03	$D_{1\%}$	<6500 cGy

表 6 危及器官名称及剂量限制 (续)

优先级别	名 称	剂量限制条件和剂量	
2 类优先中度危险危及器官	Pituitary	D_{max}	<6000 cGy
	Mandible_L	$V_{50 Gy}$	<30%
	Mandible_R	$V_{50 Gy}$	<30%
	TMjoint_L	D_{max}	<7000 cGy
	TMjoint_R	D_{max}	<7000 cGy
	Lens_L	D_{max}	<600 cGy
	Lens_R	D_{max}	<600 cGy
	Eye_L	D_{mean}	<3500 cGy
	Eye_R	D_{mean}	<3500 cGy
	BrachialPlex_L	D_{max}	<6600 cGy
	BrachialPlex_R	D_{max}	<6600 cGy
3 类优先低度危险危及器官	Parotid_L	D_{mean}	<2600 cGy
		$V_{30 Gy}$	<50%
	Parotid_R	D_{mean}	<2600 cGy
		$V_{30 Gy}$	<50%
	Submandibular_L	D_{mean}	<3500 cGy
	Submandibular_R	D_{mean}	<3500 cGy
	Oral Cavity	D_{mean}	<4500 cGy
		$D_{1\%}$	<7000 cGy
	Cochlea_L	D_{mean}	<4500 cGy
	Cochlea_R	D_{mean}	<4500 cGy
	IAC_L	D_{mean}	<4500 cGy
	IAC_R	D_{mean}	<4500 cGy
	VestibulSemi_L	D_{mean}	<4500 cGy
	VestibulSemi_R	D_{mean}	<4500 cGy
	ETbone_L	D_{mean}	<5200 cGy
	ETbone_R	D_{mean}	<5200 cGy
	TympanicCavity_L	D_{mean}	<3400 cGy
	TympanicCavity_R	D_{mean}	<3400 cGy
	Mastoid_L	D_{mean}	<3000 cGy
	Mastoid_R	D_{mean}	<3000 cGy
Larynx_Glottic	D_{mean}	<4500 cGy	
Larynx_Supraglottic	D_{mean}	<4500 cGy	
PharynxConst_I	D_{mean}	<4500 cGy	

表 6 危及器官名称及剂量限制（续）

优先级别	名 称	剂量限制条件和剂量	
3 类优先低度危险危及器官	PharynxConst_M	D_{mean}	<4500 cGy
	PharynxConst_S	D_{mean}	<4500 cGy
	Esophagus	$V_{35 \text{ Gy}}$	<50%
	Trachea	D_{mean}	<4500 cGy
	Thyroid	D_{mean}	<4500 cGy
注：1 类危及器官_03，代表该危及器官外放 3 mm 形成的 PRV。当鼻咽原发肿瘤紧贴或者侵犯 I 类器官时，在患者和家属充分知情前提下，可以适当放宽 I 类器官的上限剂量限制，尽量减少肿瘤靶区的低剂量体积 ^[16]			

7 靶区图谱

GTV 分原发灶 GTVnx 或 GTVp 和淋巴结，淋巴结可以分颈部淋巴结（GTVnd）和咽后淋巴结（GTVrpn）。CTV 分高危区 CTV1 和预防区 CTV2，根据靶区定义确定 CTV1 和 CTV2 的范围。

7.1 病历资料

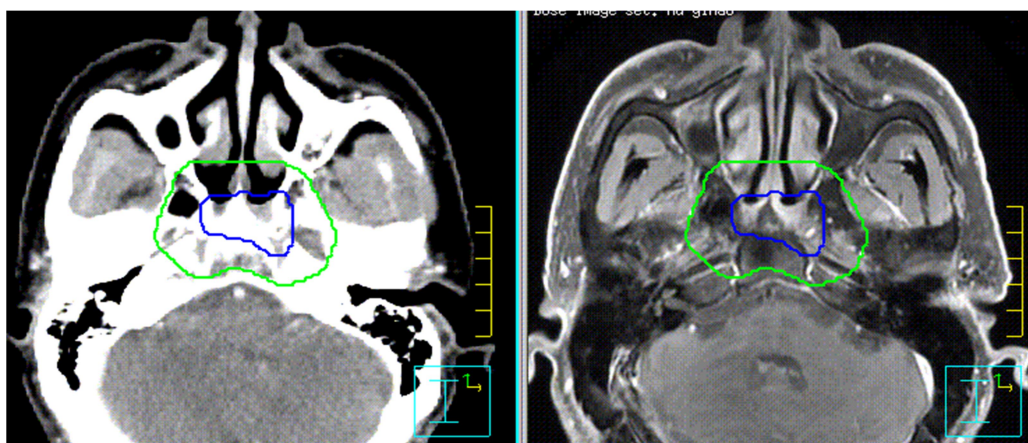
患者 XXX，男，47 岁，因左颈肿物 1 月余就诊。外院颈部淋巴结穿刺为鳞状细胞癌，我院鼻咽镜检查发现鼻咽肿瘤，活检病理为鼻咽癌，非角化、未分化型。MRI 示：鼻咽左侧壁及顶后壁增厚，左侧咽隐窝消失，最厚约 0.6 cm，T1WI 等信号，T2WI/FS 稍高信号，DWI 高信号，增强不均匀强化，左侧蝶骨底部骨质信号异常，增强扫描强化，斜坡骨质结构正常。双侧咽后、右侧 II 区，左侧 II，III，V a 区可见多发淋巴结，大者短径约 1.3 cm，其余影像学检查未发现远地转移证据。EBV DNA PCR 定量未检出。诊断：P 鼻咽分化差的癌（非角化，未分化型），第八版 UICC 分期 T3N2M0，III 期。给予同期放化疗治疗方案。

7.2 靶区勾画流程及图谱（基于 7.1 病例）

有条件的单位最好能够行 MRI 模拟和 CT 模拟同时定位，或者通过变形配准将诊断 MRI 和 CT 模拟定位图像融合，帮助准确判断肿瘤侵犯范围。

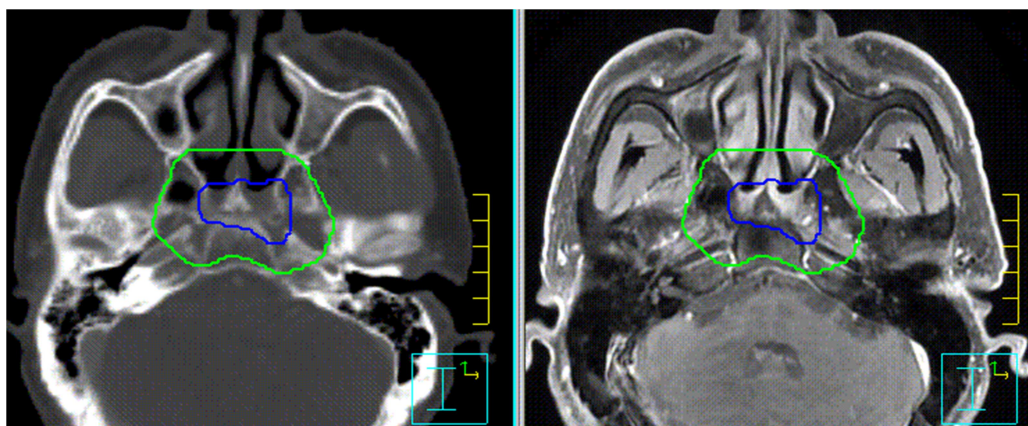
7.2.1 CT、MRI 图像融合配准

在物理师的帮助下，在横断位，冠状位和矢状位都需要确认配准的准确性，在颅底层面，需要骨窗和头窗进行比较和确认（图 4、5）。CT/MRI 图像融合主要目的是帮助准确判断大体肿瘤 GTV 和阳性淋巴结/咽后淋巴结 GTVnd/rpn。CT/MRI 图像融合即使是 MRI 模拟机定位图像，也存在配准和图像变形和辨识的差异，不能用 CT、MRI 图像互相排除肿瘤侵犯范围，因治疗计划在 CT 图像上行进行，一定要参考 CT 图像上肿瘤的位置，如图 6、7。



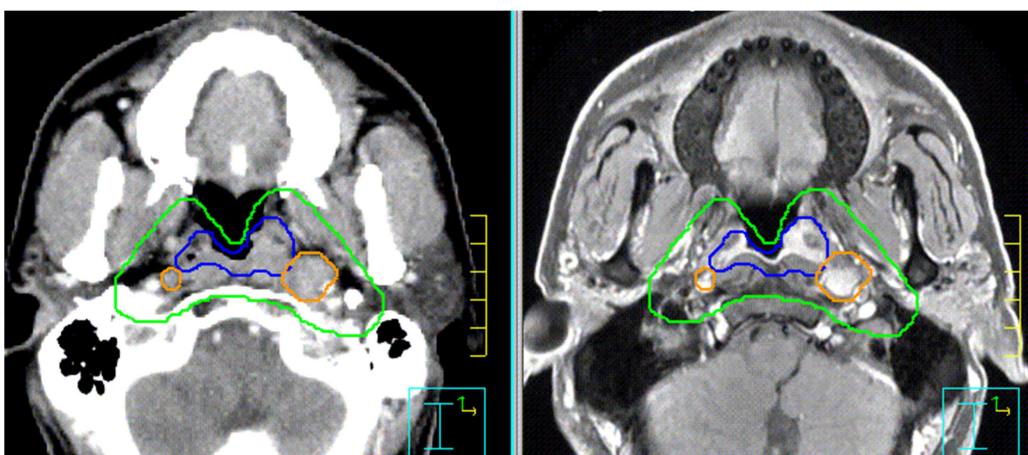
蓝色为 GTVnx，绿色为 CTV1

图 4 颈动脉管层面头窗 CT/MRI 模拟定位图像配准



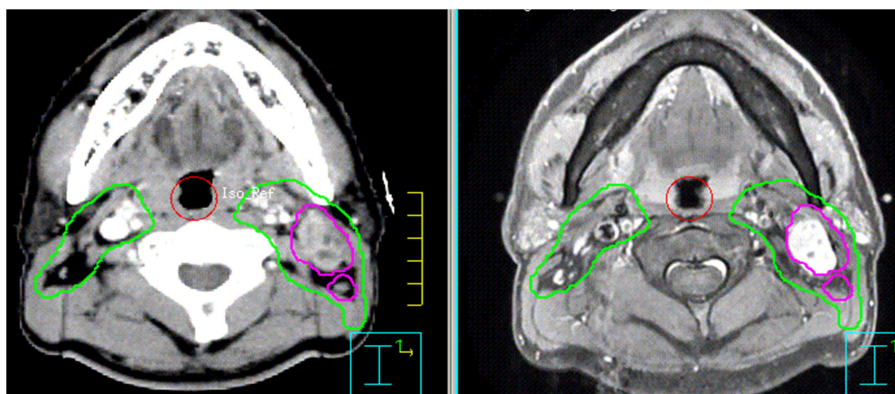
蓝色为 GTVnx，绿色为 CTV1

图 5 颈动脉管层面骨窗 CT/MRI 模拟定位图像配准



蓝色为 GTVnx，橙色为 GTVrpn，绿色为 CTV1；CT 和 MRI 融合后有差异，参考 CT 图像勾画靶区

图 6 咽后淋巴结 CT/MRI 图像配准

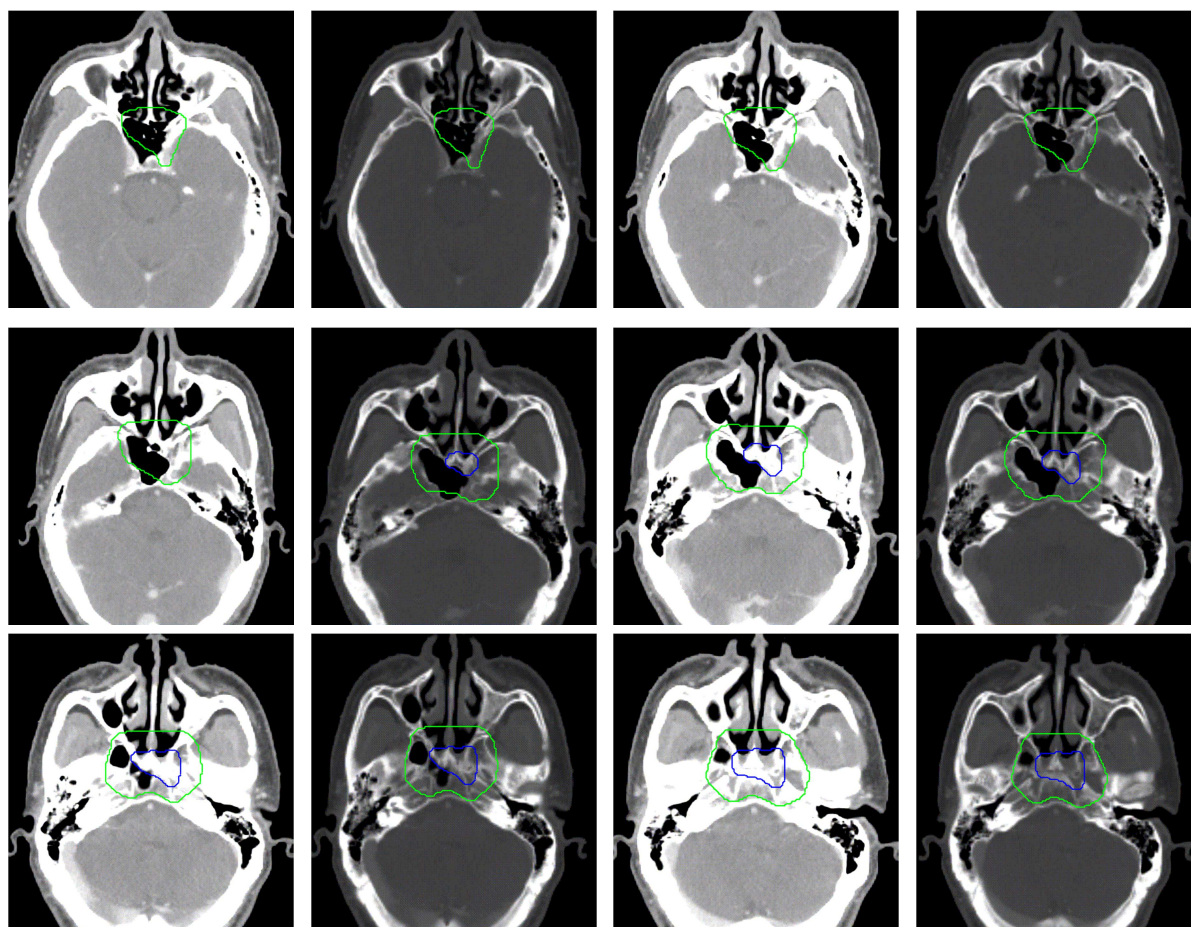


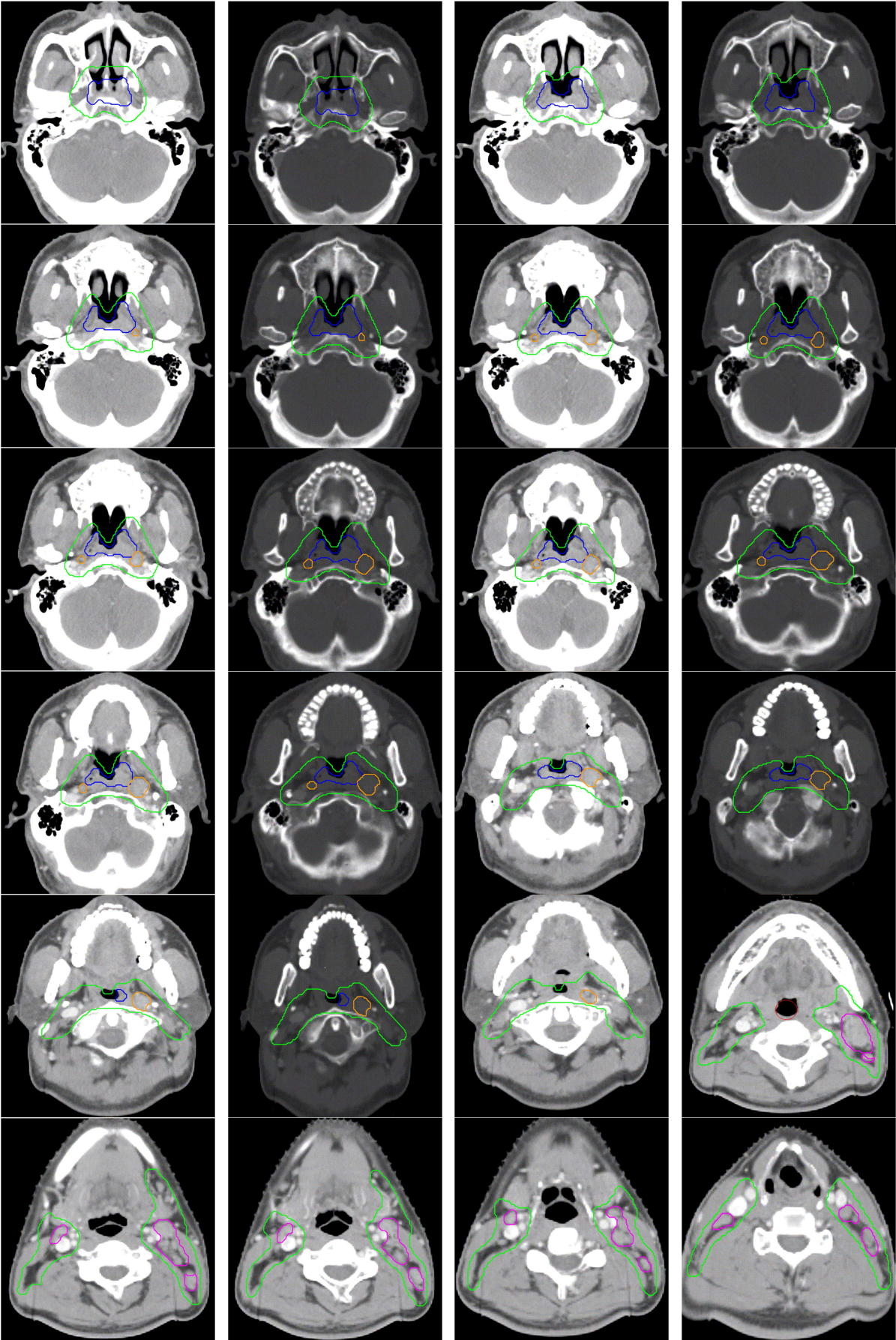
紫色为 GTVnd，绿色为 CTV1；CT 和 MRI 融合后有差异，参考 CT 图像勾画靶区

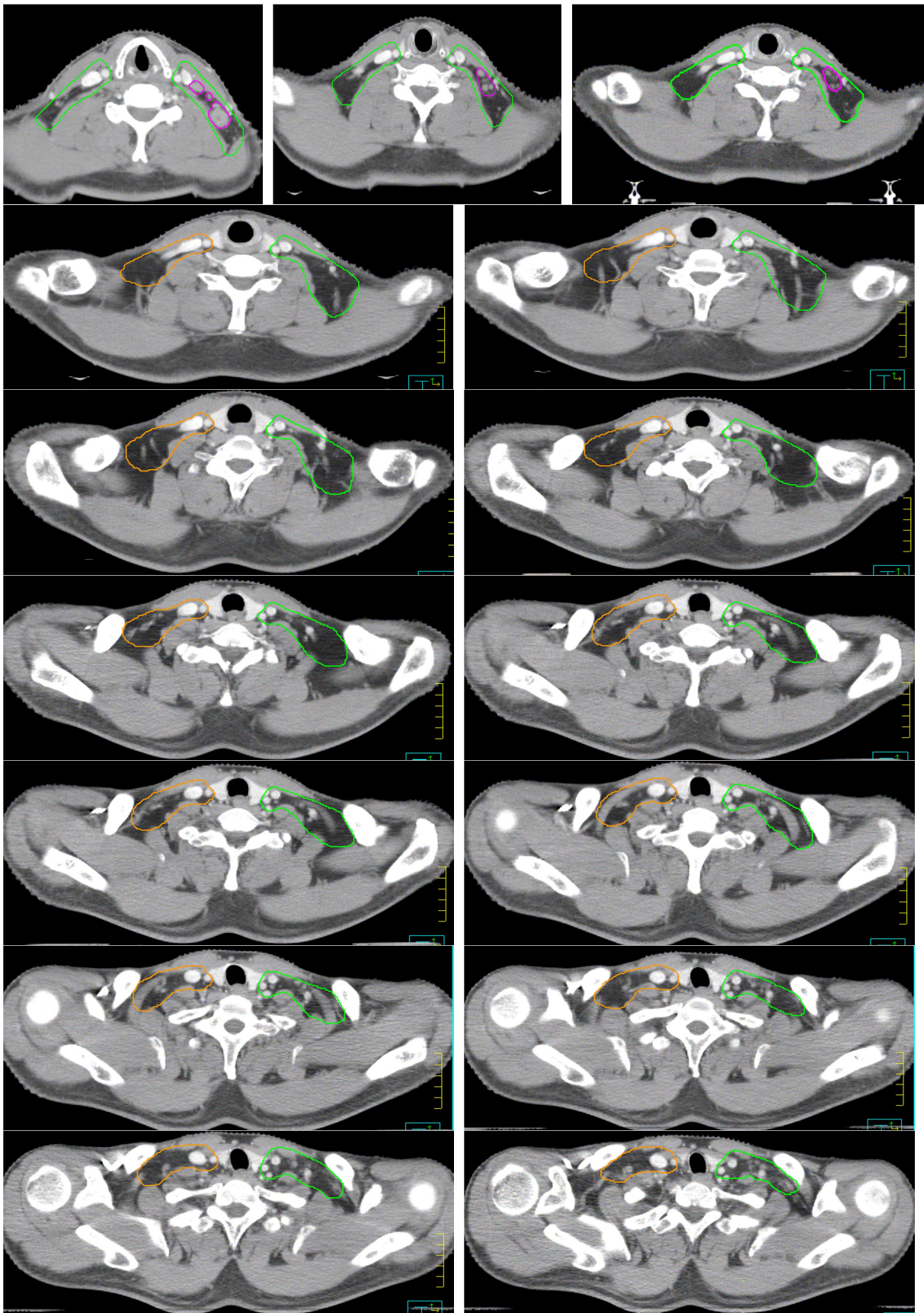
图 7 颈部淋巴结 CT/MRI 图像配准

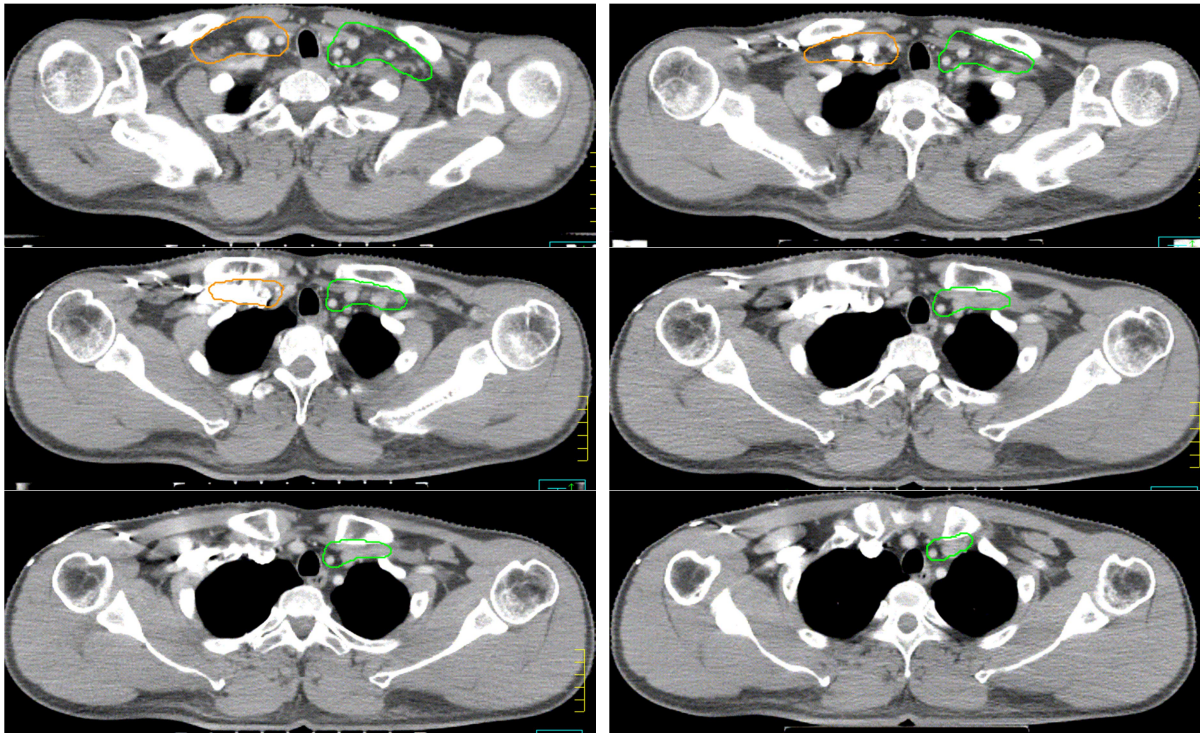
7.2.2 靶区勾画图例

颅底层面最好结合 MRI 定位图像，如果没有 MRI 定位图像，CT 图像要在骨窗和头窗反复比对并参考或融合诊断 MRI 图像。C1 横突以下层面，建议在软组织窗上勾画。图 8 为基于 7.1 病例的 CT 图像上各层靶区勾画图例。









注：各单位可以根据 CTV1 和 CTV2 的危险度，适当调整下界的位置；蓝色 GTVnx，橙色 GTVrpn，紫色 GTVnd，绿色 CTV1，黄色 CTV2

图 8 CT 图像上各层靶区勾画图例

7.2.3 勾画技巧

利用 CT/MRI 图像融合帮助确定 GTVnx/GTVnd/GTVrpn 后，建议转到同时显示横断位，冠状位和矢状位的界面，如下图所示。在横断位上勾画，在冠状位和矢状位上确认范围。在勾画 CTV 之前，在冠状位从前到后和矢状位上从左到右浏览，确认 GTV 和 GTVrpn/nd 是否勾画全面以及上下层面之间的连续性和相对关系并做适当修饰。CTV 勾画完成后，同样需要在冠状位从前到后和矢状位上从左到右浏览，确认 CTV 与 GTV 和 GTVrpn/nd 以及正常组织之间的安全距离并做适当修饰（图 9）。

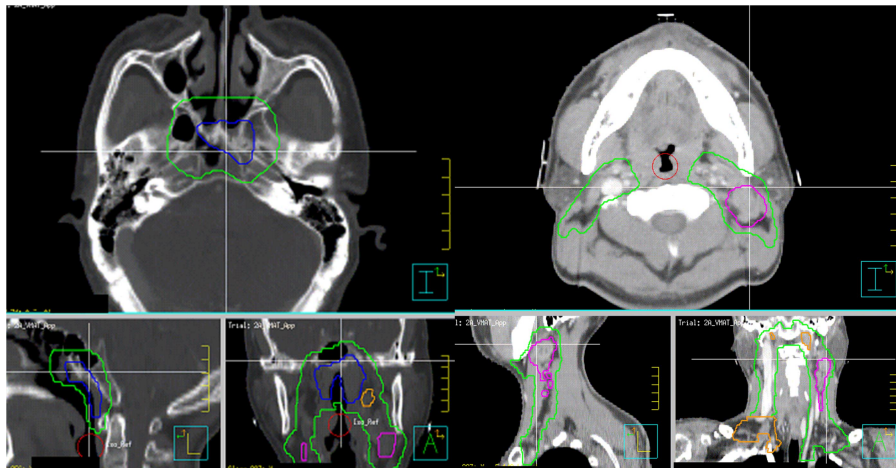
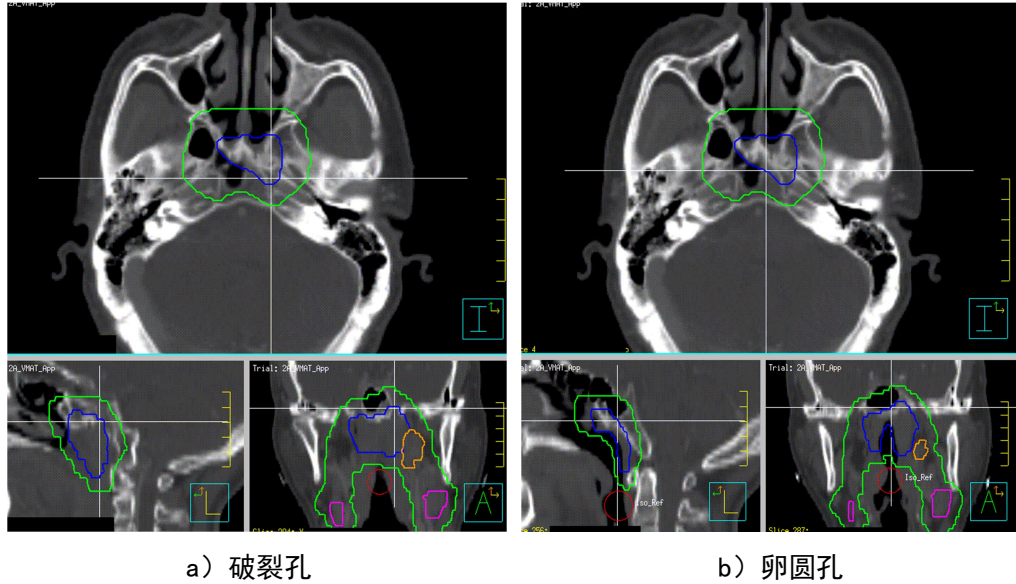


图 9 横断位、冠状位、矢状位确认靶区连续性、完整性、安全距离

7.2.4 勾画完成后检查

特别检查颅底快速通路方向上距颅内的安全距是否足够（图 10）。



a) 破裂孔

b) 卵圆孔

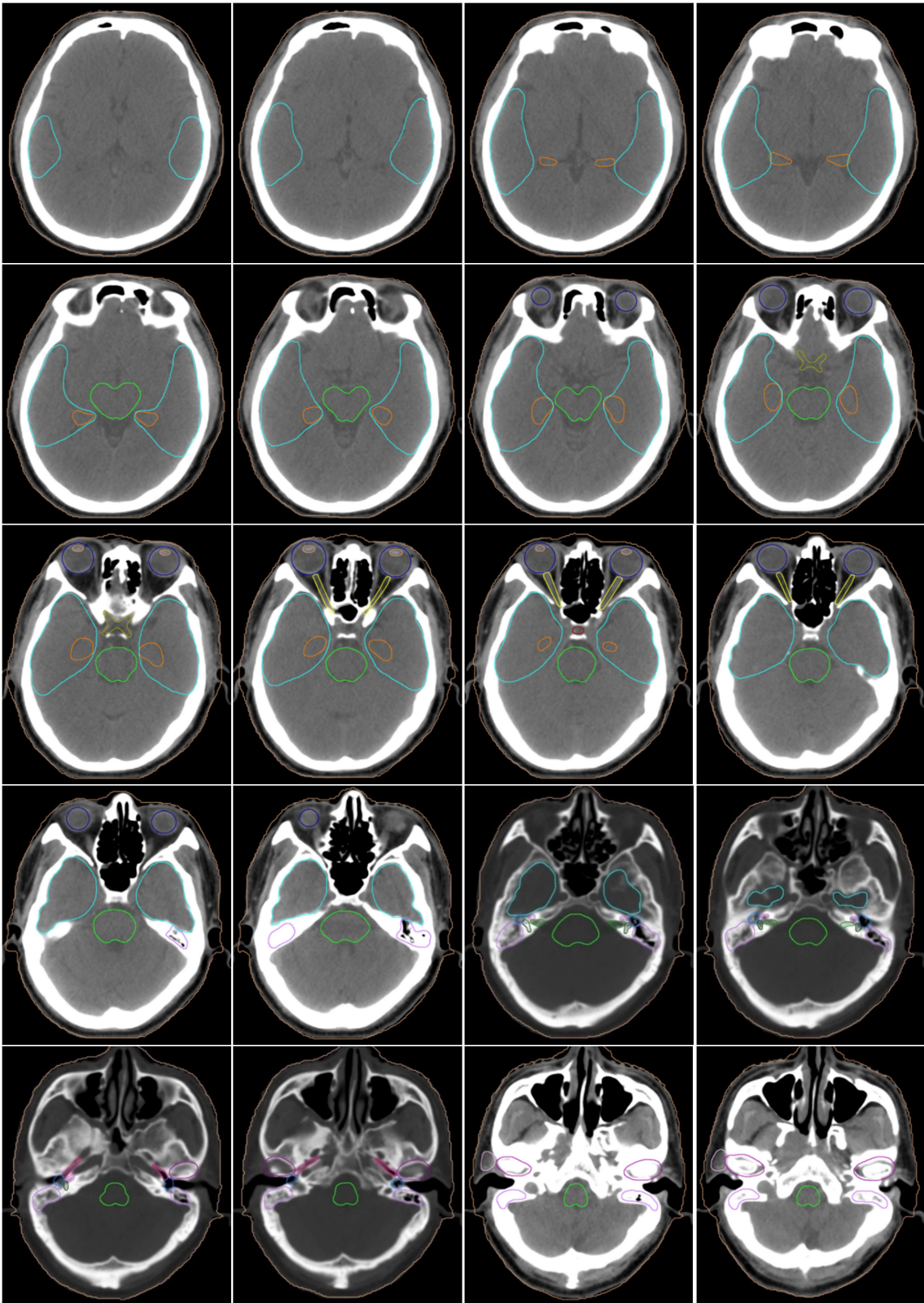
图 10 破裂孔和卵圆孔位置确认颅底通路安全距离

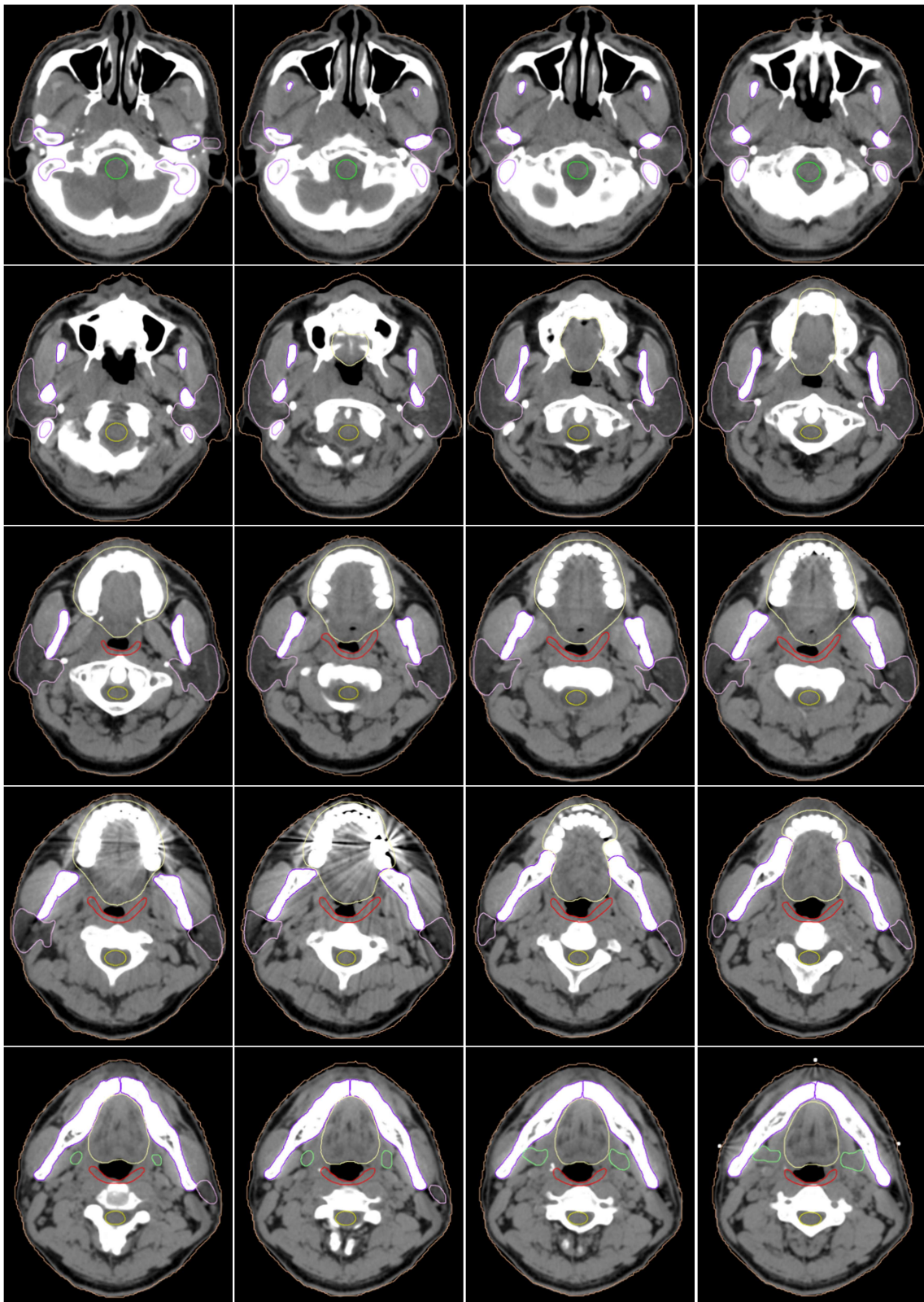
7.3 危及器官图谱

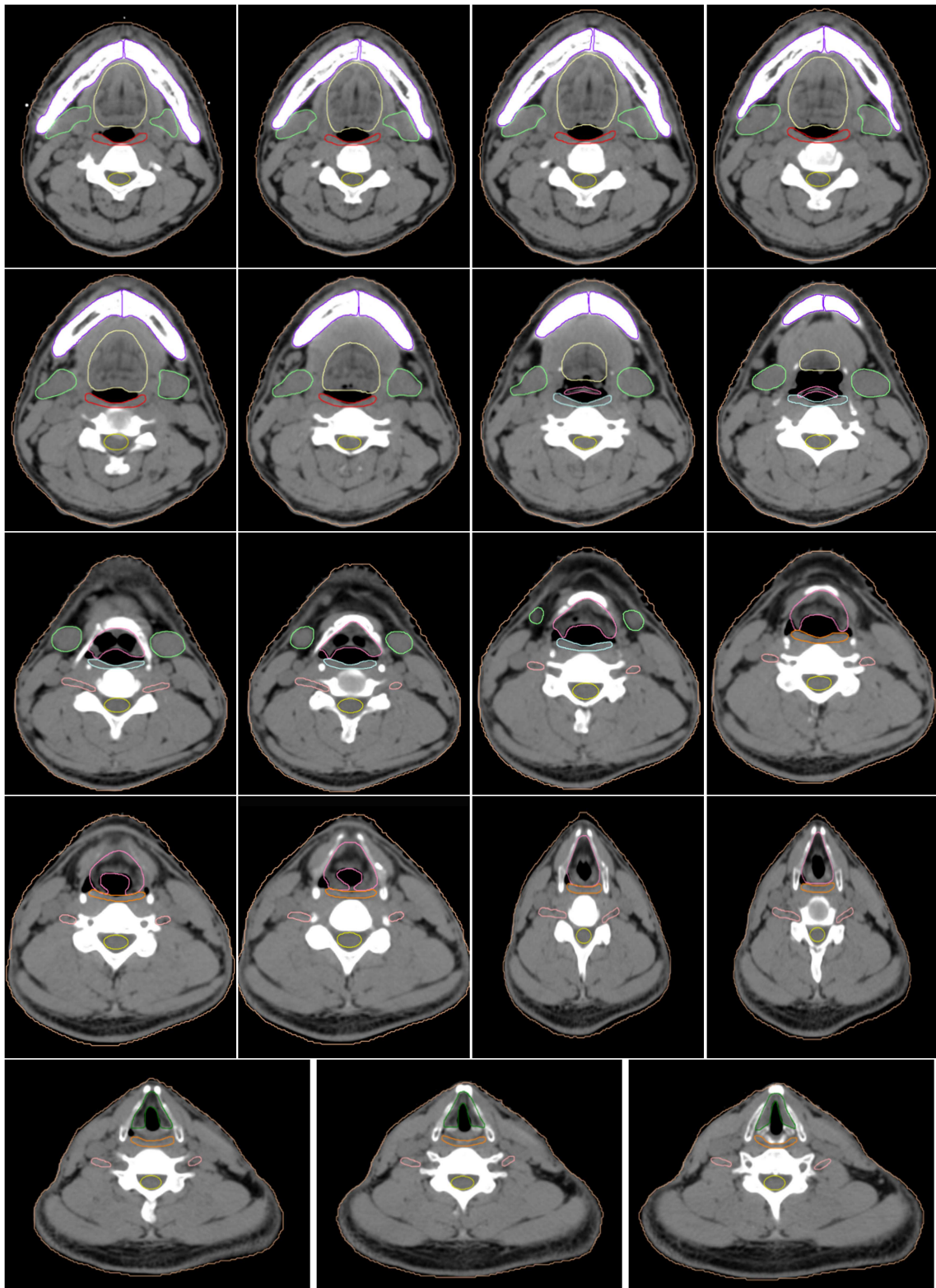
危及器官勾画的图例名称及颜色如表 7 所示，图 11 为危及器官图谱。

表 7 危及器官图例名称及颜色

OARs	TPS 命名	OARs	TPS 命名
脑干	BrainStem	乳突	Mastoid_L/R
脊髓	SpinalCord	口腔	OralCavity
颞叶	TemporalLobe_L/R	腮腺	Parotid_L/R
海马	Hippocampus_L/R	颌下腺	Submandibular_L/R
视交叉	Chiasm	甲状腺	Thyroid
视神经	OpticNerve_L/R	下颌骨	Mandible_L/R
眼球	Eye_L/R	颞颌关节	TMjoint_L/R
晶体	Lens_L/R	上咽缩肌	PharynxConst_S
垂体	Pituitary	中咽缩肌	PharynxConst_M
耳蜗	Cohlea_L/R	下咽缩肌	PharynxConst_I
前庭半规管	VestibulSemi_L/R	声门上喉	Larynx_Supraglottic
内听道	IAC_L/R	声门喉	Larynx_Glottic
鼓室	TympanicCavity_L/R	臂丛神经	BrachialPlex_L/R
咽鼓管	ETbone_L/R	气管	Trachea
		食管	Esophagus







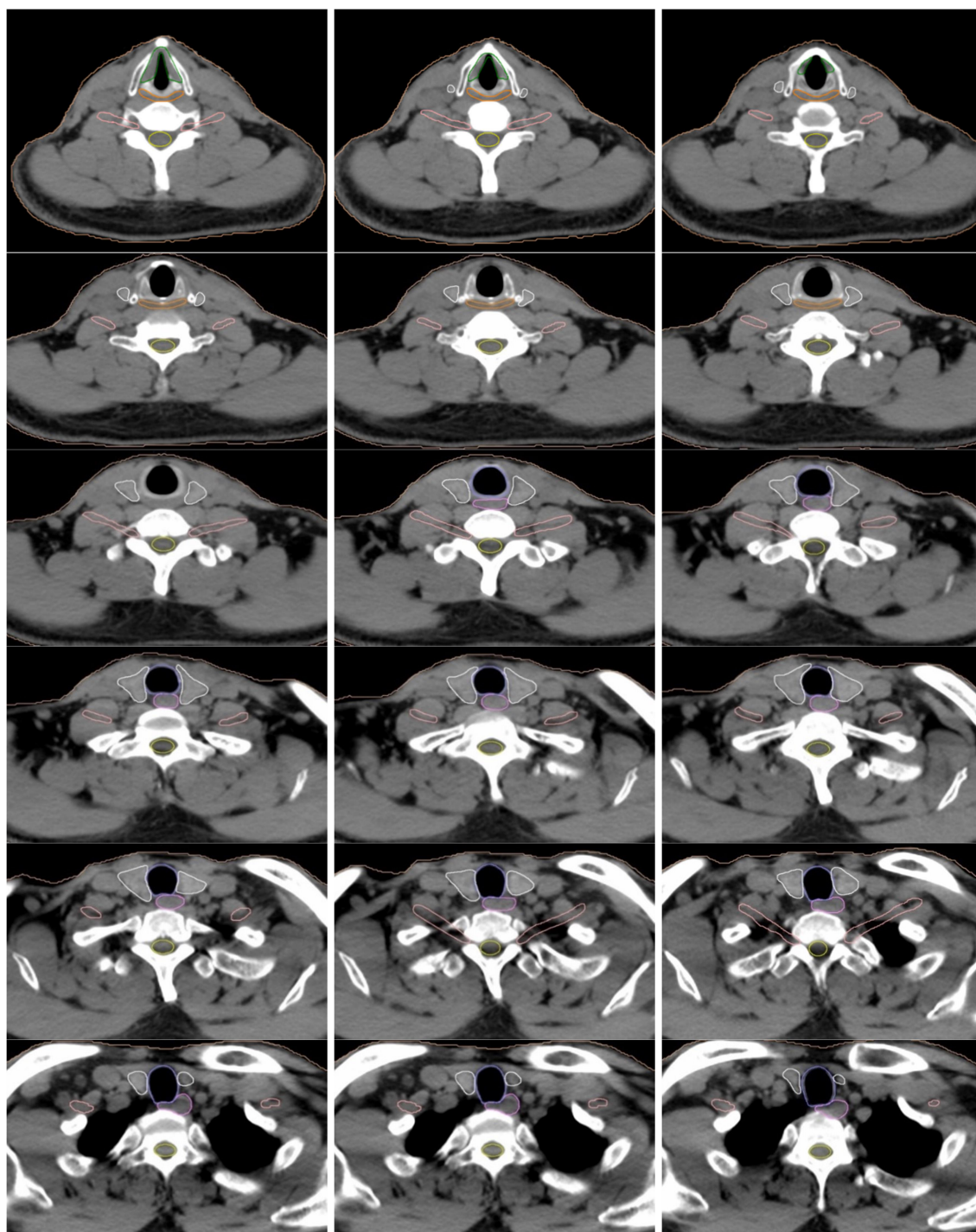


图 11 危及器官图谱

8 计划设计规范

调强放疗计划设计基本步骤(图 12)包括计划的前期准备、确定治疗等中心、定义剂量成形结构、给定处方剂量、设置照射野、设置优化参数、设置优化条件、逆向优化过程、评价治疗计划是否满意、满足临床要求后生成治疗计划报告。除此以外,还涉及多程计划设计和剂量合成,以及基于模板的计划设计。本指南以 Pinnacle 治疗计划系统为例,详细说明鼻咽癌固定野调强技术^[25]和容积旋转调强技术的

计划设计^[26]。

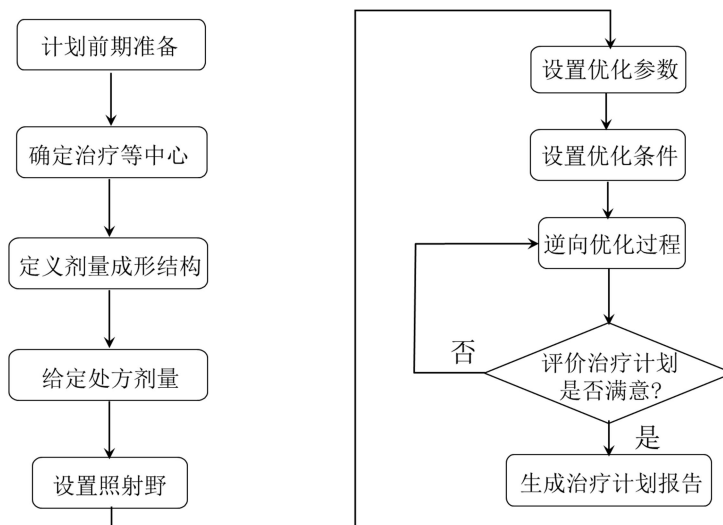


图 12 调强放疗计划设计基本步骤

8.1 计划前期准备

8.1.1 CT 模拟定位床的处理

传输到计划系统的 CT 定位图像包括 CT 模拟定位床,因其与加速器治疗床具有不同的结构和密度,为减小对剂量计算的影响^[27],计划设计时建议:

- a) 计划系统可以模拟或添加加速器治疗床模型时,将 CT 模拟定位床替换为加速器治疗床,方法包括①扫描加速器治疗床并配准融合到计划 CT 图像上,②勾画加速器治疗床及组件并相应修改其物理或电子密度;
- b) 计划系统中无法模拟加速器床模型时,首先需去除 CT 模拟定位床对剂量计算的影响,然后①测量加速器治疗床对射线衰减的影响,或者②计划设计时应避免照射床结构或至少避免照射高密度床结构射野方向。图 13 是 CT 模拟定位床替换为加速器床和去除 CT 模拟定位床示意图。

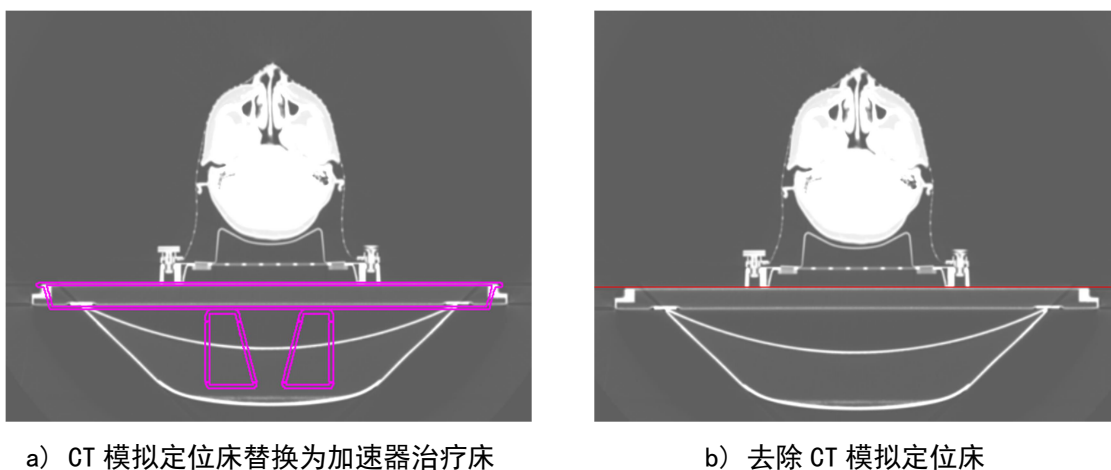


图 13 CT 模拟定位床替换为加速器治疗床,去除 CT 模拟定位床示意图

8.1.2 选取合适 CT 值-密度表

不同模拟定位设备和不同扫描部位情况下，测量物质或电子密度与 CT 值的对应关系，将其导入治疗计划系统，计划设计时根据模拟定位设备和扫描部位，选择合适的 CT 值-密度表，确定物质或电子密度与 CT 值之间的对应关系，用于剂量计算。以西门子模拟定位设备为例，图 14 是鼻咽癌计划设计时选取的物质密度与 CT 值的对应关系。

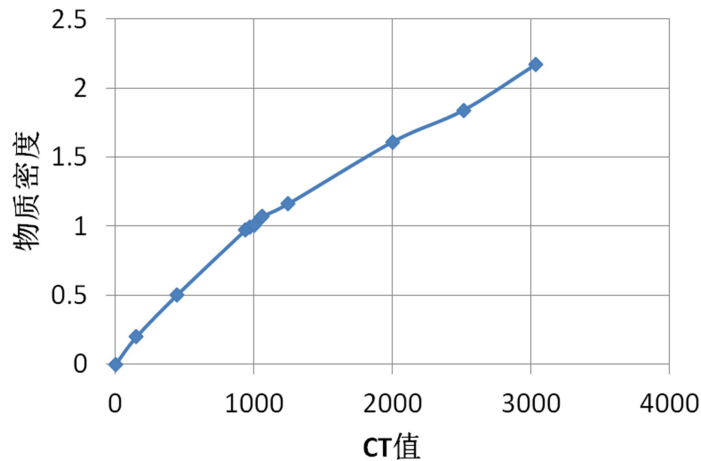


图 14 物质密度与 CT 值对应关系

8.1.3 金属伪影和体表标记点处理（图 15）

金属伪影的处理：

- 确定金属的物质密度，选择合适的 CT 值-密度表以覆盖 CT 值与物质密度的对应；
- 勾画放射状金属伪影，将其密度设置为 $1 \text{ cm}^3/\text{g}$ 。

体表标记点的处理：

实际治疗过程中，体表标记点处所用标记物质并不真实存在，因此需将其勾画出来，并将其密度设置为 $0 \text{ cm}^3/\text{g}$ 。

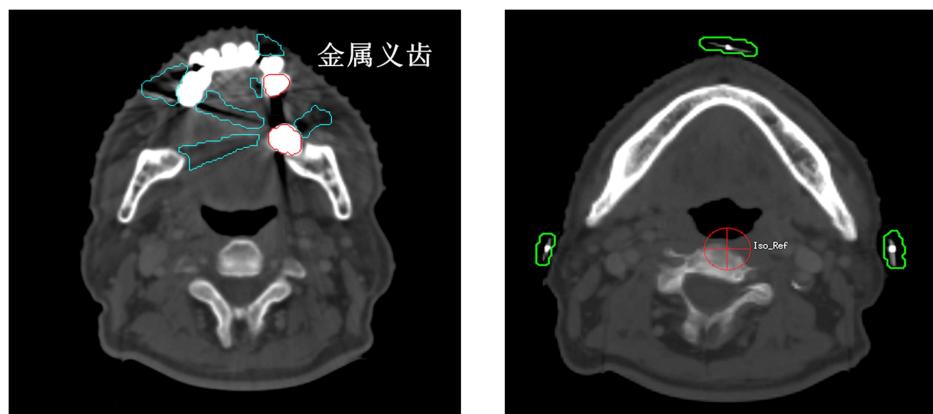


图 15 金属伪影和体表标记点处理示意图

8.2 确定治疗等中心位置

首先，在 CT 定位图像上根据体表定位标记设定体位参考点，命名为 Ref 并设置为绿色；如果参考等中心在鼻咽癌靶区范围内，并且照射野在任何方向上可以完全覆盖靶区，则不需要额外定义治疗等中心，即确定参考等中心为治疗等中心，命名为 Iso_Ref 并设置为红色；如果参考等中心偏离鼻咽癌靶区，照射野无法完全覆盖靶区，则需要定义治疗等中心，一般选择鼻咽癌靶区的几何中心位置，命名为 Iso 并设置为红色，同时需要注意治疗等中心点避免位于颈部斜坡和气管插管处，并且为校正位置提供方便，若某方向校位距离小于 0.5 cm 时，可考虑其方向不进行校位。图 16 是确定鼻咽癌治疗等中心位置示意图，由于参考等中心位置偏向靶区一侧，照射野无法完全覆盖靶区体积，定义了治疗等中心位置，治疗开始前需要对患者进行位置校正。



图 16 确定治疗等中心位置示意图

8.3 定义剂量成形结构

剂量成形结构（dose shaping structures, DSS）主要包括：包围靶区的环状结构、靶区周边的正常组织、靶区凹陷部位的扇形区域、剂量热点和冷点等。表 8 详细描述了剂量成形结构的名称、勾画目的、勾画方法及示例，其中勾画方法中“(0.6 - 0.3) cm”表示靶区外放 0.6 cm 的区域减去靶区外放 0.3 cm 的区域得到的剂量约束环状结构，其余环状结构的勾画方法与其类似。

表 8 剂量成形结构


名称	勾画目的	勾画方法	示例
Ring1_PGTVnx_GTVrpn	约束靶区 PGTVnx 和 GTVrpn 剂量跌落速度和适形度	“(0.6 - 0.3) cm”	

表 8 剂量成形结构 (续)

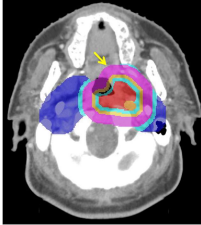
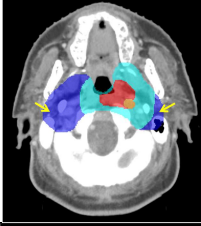
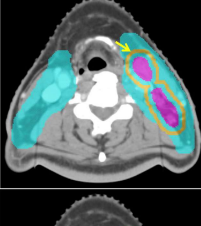
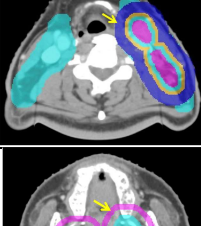
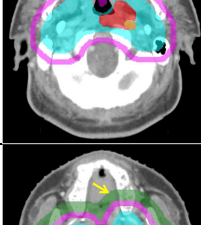
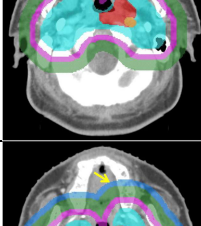
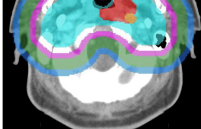
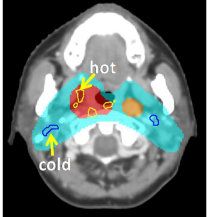
名称	勾画目的	勾画方法	示例
Ring2_PGTVnx_GTVrpn	约束靶区 PGTVnx 和 GTVrpn 剂量跌落速度和适形度	“(1.5 - 0.6) cm”	
PTV1-PGTVnx_GTVnd	约束靶区 PGTVnx, GTVrpn 和 GTVnd 以外, PTV1 以内区域的均匀性和适形度	合并 PGTVnx, GTVrpn 和 GTVnd 并外放 1 cm, PTV1 减去此外放区域	
Ring1_GTVnd	约束靶区 GTVnd 剂量跌落速度和适形度	“(0.6 - 0.3) cm”	
Ring2_GTVnd	约束靶区 GTVnd 剂量跌落速度和适形度	“(1.5 - 0.6) cm”	
Ring	约束靶区 PTV1 和 PTV2 剂量跌落速度和适形度	“(1.0 - 0.5) cm”	
Ring5000	约束靶区 PTV1 和 PTV2 剂量跌落速度和适形度	“(2.0 - 1.0) cm”	
Ring4000	约束靶区 PTV1 和 PTV2 剂量跌落速度和适形度	“(2.5 - 2.0) cm”	

表 8 剂量成形结构 (续)

名称	勾画目的	勾画方法	示例
NT	保护靶区周边正常组织	合并 PTV1 和 PTV2 并外放 2.5 cm 得到区域 a, 体轮廓减去区域 a	
Fan Up & Fan Down	约束靶区凹陷的区域的剂量跌落和适形度	合并 PTV1 和 PTV2 并外放 2.5 cm 得到区域 a, 合并 PTV1 和 PTV2 并沿 AP 方向外放 20 cm, LR 方向外放 2.5 cm 得到区域 b, 区域 b-a 并在体轮廓之内	
PTV1-0.2	欠量区不能出现在靶区 PTV1 内	PTV1 内收 0.2 cm	
PTV2-0.4	欠量区不能出现在靶区 PTV2 内	PTV2 内收 0.4 cm	
PGTVnx-0.3	欠量区不能出现在靶区 PGTVnx 内	PGTVnx 内收 0.3 cm	
MID	保护气管、喉和甲状腺区域	在 PTV1 和 PTV2 两侧分开的区域体中线位置宽度 0.5 到 1.0 cm 的长条形区域	

表 8 剂量成形结构 (续)

名称	勾画目的	勾画方法	示例
Soft	保护黏膜和味觉	软腭位置, 与 PTV1 距离 0.3 cm 处	
剂量冷点和热点	保证靶区均匀性	根据剂量线轮廓自动生成或手动勾画	

8.4 给定处方剂量

根据治疗计划申请单给定处方剂量 Prescription1, 一般处方剂量应该至少包括 95% 体积的靶区。图 17 是根据申请单给定的鼻咽癌处方剂量的示例, 包括单次剂量、归一化方法和照射次数。

对于鼻咽癌 T1-2 期病例, 以单次剂量 212 cGy 为例, 归一化到靶区 PGTV_{nx} 的平均剂量, 次数设置为 33 次。对于鼻咽癌 T3-4 期病例, 以单次剂量 224 cGy 为例, 归一化到靶区 PGTV_{nx} 的平均剂量, 次数设置为 33 次。

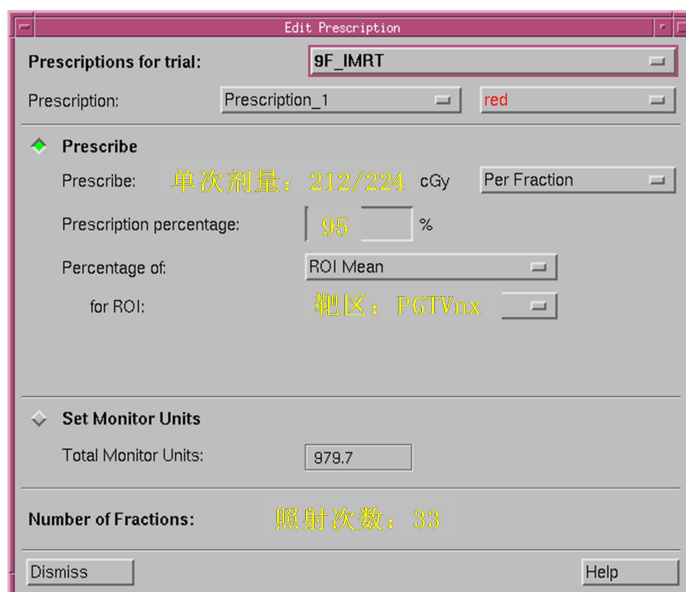


图 17 鼻咽癌计划设置处方剂量示意图

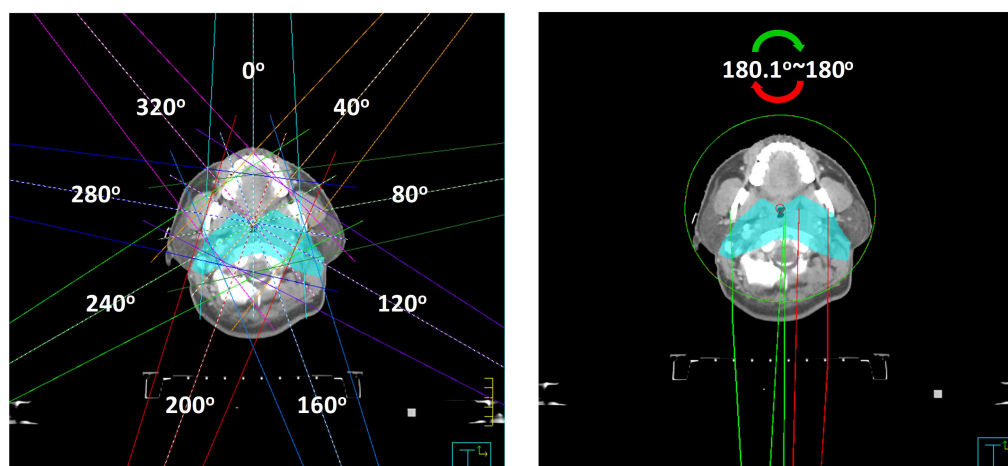
8.5 设置照射野

8.5.1 射野基本参数

固定野调强计划采用 9 野均分的方式布置射野（图 18），起始角度为 200° ，相隔 40° 一个射野，即 200° 、 240° 、 280° 、 320° 、 0° 、 40° 、 80° 、 120° 、 160° ；能量选择 6 MV；射野投照方式选择 Step-and-Shoot MLC 或 Sliding Window MLC 形式。

容积旋转调强计划采用两个共轭全弧（图 18），角度范围 $180.1^\circ \sim 180^\circ$ ，每隔 4° 一个控制点；能量选择 6 MV；射野投照方式选择 Dynamic Arc 形式。

照射野排序一般约定：照射野之间通常采用顺时针方向排序，从 180.1° 开始至 180° 结束。



a) 固定野调强

b) 容积旋转调强

图 18 固定野调强和容积旋转调强照射野示意图

8.5.2 合钨门技术

设计固定野调强计划时，由于瓦里安加速器 X 方向钨门宽度大于 14 cm 时会自动分野，为提高效率，设计计划时考虑采用手动合钨门技术。合并原则是尽量使漏照的靶体积最小，方法是通过调整 X1 和 X2 方向钨门的位置以及小机头 Collimator 的角度，图 19 是合并钨门后的效果示意图。

瓦里安加速器自动分野与手动合钨门计划相比较，手动合并钨门方式可以节约优化时间和治疗时间，同时计划质量接近，建议临床采用手动合并部分射野钨门的方式设计鼻咽癌固定野调强计划。

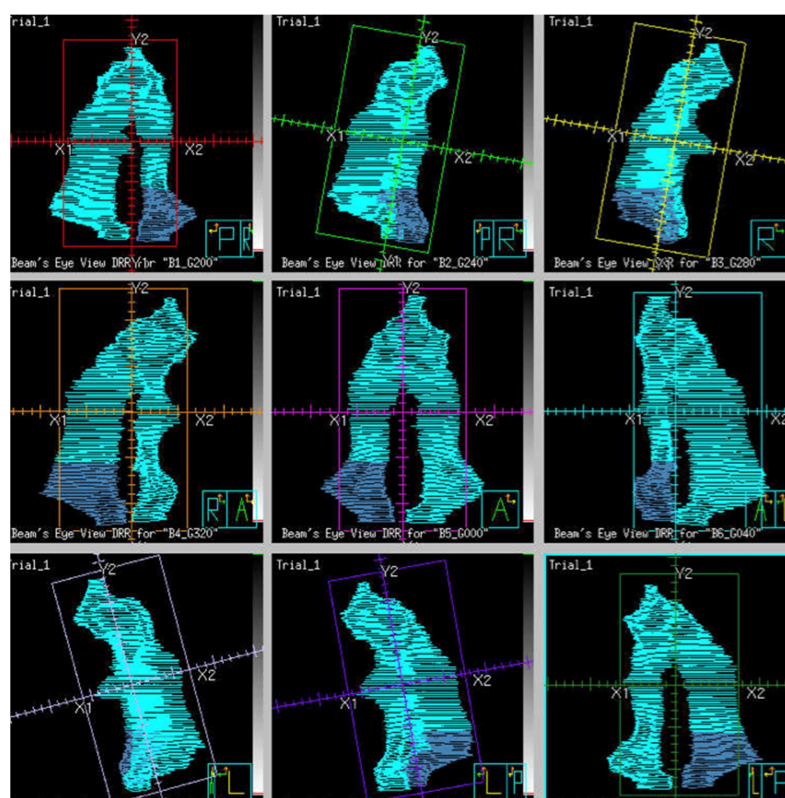


图 19 瓦里安加速器手动合并 X 方向钨门示意图

8.6 设置优化参数

固定野调强计划可以设置的优化参数包括最大子野数量、最小子野面积、最小子野跳数、最大迭代次数、卷积迭代次数和容差。表 9 总结了不同分期鼻咽癌固定野计划设计时的优化参数设置，其中 Step-and-Shoot 模式下子野数量设置可以用优化参数数量除以 100~120 进行估计。

表 9 固定野调强计划优化参数设置

最大子野数		最小子野面积	最小子野跳数	最大迭代次数	卷积迭代次数	容差
T1-2 期	T3-4 期	5 cm ²	5 MU	90~130	20~35	0.0001
60~70	70~80					

容积旋转调强计划可以设置的优化参数包括叶片运动限值、最大投照时间、控制点间隔、最大迭代次数、卷积迭代次数和容差。表 10 总结了鼻咽癌容积旋转调强计划设计时的优化参数设置，其中叶片运动限值在不同品牌加速器间有区别。

表 10 容积旋转调强计划优化参数设置

叶片运动限值		最大投照时间	控制点间隔	最大迭代次数	卷积迭代次数	容差
医科达	瓦里安	150~200 s	4 deg	120~160	45~55	0.0001
1.0 cm/deg	0.5 cm/deg					

8.7 设置优化条件

根据治疗计划申请单对靶区处方剂量和危及器官耐受剂量的限制要求，设置优化条件。优化条件的设定分为靶区、危及器官和剂量成形结构的剂量限制，靶区一般给予高权重，设置四个优化条件包括最大剂量（Max Dose）、最小剂量（Min Dose）、最小剂量体积直方图（Min DVH）和均匀剂量（Uniform Dose）；危及器官一般给予中 / 低权重，设置优化条件时分为串行和并行器官组织分别给予，对于串行器官组织（如脑干、脊髓），优化条件包括最大剂量和最大等效均匀剂量（Max EUD）^[28-29]，对于并行器官组织（如腮腺），优化条件包括最大剂量体积直方图（Max DVH）和最大等效均匀剂量；剂量成形结构一般给予中 / 低权重，设置优化条件包括最大剂量和最大等效均匀剂量。

表 11 是一个典型的 T3-4 期鼻咽癌病例优化条件的参数设定示例，其中每一个优化条件包括感兴趣结构（region of interest, ROI）名称、优化条件种类 Type、目标剂量 Target、目标体积 Volume、权重 Weight 和 a 值。此示例适用于固定野调强计划和容积旋转调强计划。

表 11 典型鼻咽癌优化条件参数设定示例

ROI	Type	Target (cGy)	% Volume	Weight	a
PGTVnx	Max Dose	7600		40	
PGTVnx	Min Dose	7350		50	
PGTVnx	Uniform Dose	7450		2	
PGTVnx	Min DVH	7392	95	50	
GTVrpn	Max Dose	7600		40	
GTVrpn	Min Dose	7350		50	
GTVrpn	Uniform Dose	7450		2	
GTVrpn	Min DVH	7392	95	50	
GTVnd	Max Dose	7150		40	
GTVnd	Min Dose	6950		50	
GTVnd	Uniform Dose	7050		2	
GTVnd	Min DVH	6996	95	50	
PTV1-PGTVnx_GTVnd	Max Dose	6300		75	
PTV1	Min Dose	5980		100	
PTV1-PGTVnx_GTVnd	Uniform Dose	6100		2	
PTV1	Min DVH	6020	95	100	
PTV2	Max Dose	6200		85	
PTV2	Min Dose	5950		100	
PTV2	Uniform Dose	6050		2	
PTV2	Min DVH	6006	95	100	

表 11 典型鼻咽癌优化条件参数设定示例 (续)

ROI	Type	Target (cGy)	% Volume	Weight	a
Brain Stem PRV	Max Dose	5150		70	
Brain Stem PRV	Max EUD	1750		1	1
Spinal Cord PRV	Max Dose	3500		70	
Spinal Cord PRV	Max EUD	1600		1	1
Parotid L	Max DVH	2000	67	10	
Parotid L	Max DVH	3000	43	20	
Parotid L	Max EUD	2900		0.3	1
Parotid R	Max DVH	2000	67	10	
Parotid R	Max DVH	3000	43	20	
Parotid R	Max EUD	2900		0.3	1
Lens L	Max Dose	800		20	
Lens L	Max EUD	550		0.3	1
Lens R	Max Dose	800		20	
Lens R	Max EUD	550		0.3	1
Optic Nerve L	Max Dose	5250		25	
Optic Nerve L	Max EUD	3000		0.3	1
Optic Nerve R	Max Dose	5250		25	
Optic Nerve R	Max EUD	3000		0.3	1
Optic Chiasm	Max Dose	5250		25	
Optic Chiasm	Max EUD	3200		0.3	1
Larynx	Max DVH	4000	15	10	
Larynx	Max EUD	2800		0.3	1
Trachea	Max DVH	4000	30	10	
Trachea	Max EUD	3400		0.3	1
Mandible L	Max DVH	5000	25	20	
Mandible L	Max EUD	3900		0.3	1
Mandible R	Max DVH	5000	25	20	
Mandible R	Max EUD	3900		0.3	1
TMJ L	Max Dose	6000		20	
TMJ L	Max EUD	3350		0.3	1
TMJ R	Max Dose	6000		20	
TMJ R	Max EUD	3350		0.3	1

表 11 典型鼻咽癌优化条件参数设定示例 (续)

ROI	Type	Target (cGy)	% Volume	Weight	a
Temporal Lobe L	Max Dose	6030		20	
Temporal Lobe L	Max DVH	4000	20	30	
Temporal Lobe L	Max EUD	2000		0.5	1
Temporal Lobe R	Max Dose	6030		20	
Temporal Lobe R	Max DVH	4000	20	30	
Temporal Lobe R	Max EUD	2000		0.5	1
Pituitary	Max Dose	6030		25	
Pituitary	Max EUD	4000		0.3	1
Thyroid Gland	Max DVH	4000	45	10	
Thyroid Gland	Max EUD	3500		0.3	1
Ring1_PGTVnx_GTVrpn	Max Dose	7200		20	
Ring2_PGTVnx_GTVrpn	Max Dose	6400		40	
Ring1_GTVnd	Max Dose	6700		25	
Ring2_GTVnd	Max Dose	6300		40	
Ring	Max Dose	5700		20	
Ring5000	Max Dose	4900		20	
Ring5000	Max EUD	3200		0.5	1
Ring4000	Max Dose	4100		20	
Ring4000	Max EUD	2650		0.5	1
NT	Max Dose	3850		50	
NT	Max EUD	1650		0.3	1
PGTVnx-0.3	Min Dose	7430		50	
PTV1-0.2	Min Dose	6020		100	
PTV2-0.4	Min Dose	6020		100	
MID	Max Dose	3800		40	
soft	Max DVH	3000	55	10	
soft	Max DVH	4000	25	20	
soft	Max EUD	3200		0.5	1
Fan Up	Max Dose	3800		20	
Fan Up	Max EUD	2400		0.5	1
Fan Down	Max Dose	3800		20	
Fan Down	Max EUD	1800		0.5	1

8.8 逆向优化过程

所谓逆向过程，即根据靶区处方剂量和危及器官限量要求的临床目标来定义、求解最优化问题，临床实践中通过初始设置优化条件、不断的优化迭代调整优化条件得以最终实现临床目标。

固定野调强计划逆向优化过程主要确定不同照射野方向上由多叶准直器形成的子野数量、子野形状序列、子野强度和子野权重等。

容积旋转调强计划逆向优化过程主要确定每个控制点的机架旋转速度、叶片运动速度、剂量率、控制点子野形状、控制点子野强度和权重等。

8.9 评价治疗计划

利用横断位、矢状位和冠状位的剂量分布，剂量体积直方图（dose volume histogram, DVH），射野方向观（beam-eye-view, BEV）子野形状，射野跳数等评价治疗计划质量，图 20 和图 21 是一例典型鼻咽癌治疗计划的剂量分布和 DVH 曲线。考虑从以下几个方面进行评价：

- 是否满足靶区处方剂量的要求，靶区均匀性和适合度是否合适，靶区外是否存在剂量热点，靶区内是否存在剂量冷点；
- 危及器官是否完整勾画，其受照剂量是否在临床允许范围内；
- 计划是否可以实施，比如判断射野方向上加速器机头是否会和患者发生碰撞、计划是否满足加速器执行限制以及患者拍摄摆位验证片时是否可以覆盖靶区等；
- 计划实施效率如何，充分考虑计划实施的难易程度，不宜布置过多的射野或设置过多的子野 / 投照时间，鼻咽癌固定野调强计划一般需要子野数 60~80，射野总跳数 600~1000 MU，容积旋转调强计划两个弧一般需要投照时间 300~400 s，射野总跳数 600~1000 MU；
- 治疗计划是否已无改进的余地，可以通过高年资物理师根据临床经验判断或借助计划预测软件判断。

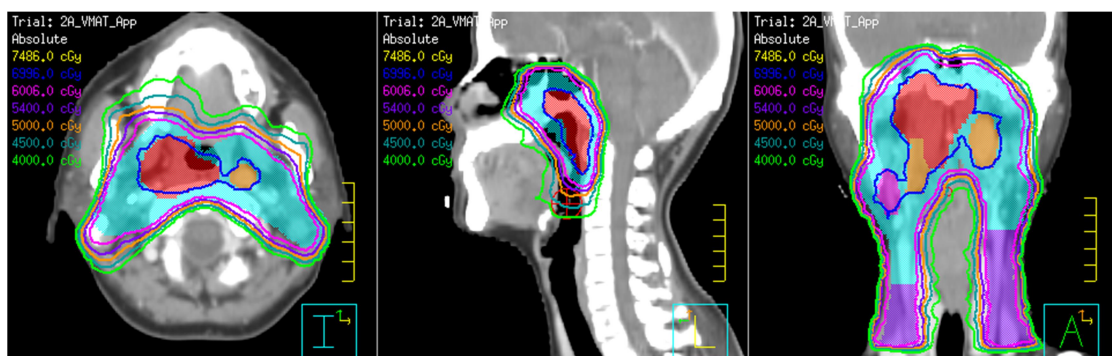


图 20 鼻咽癌横断位、矢状位和冠状位剂量分布图

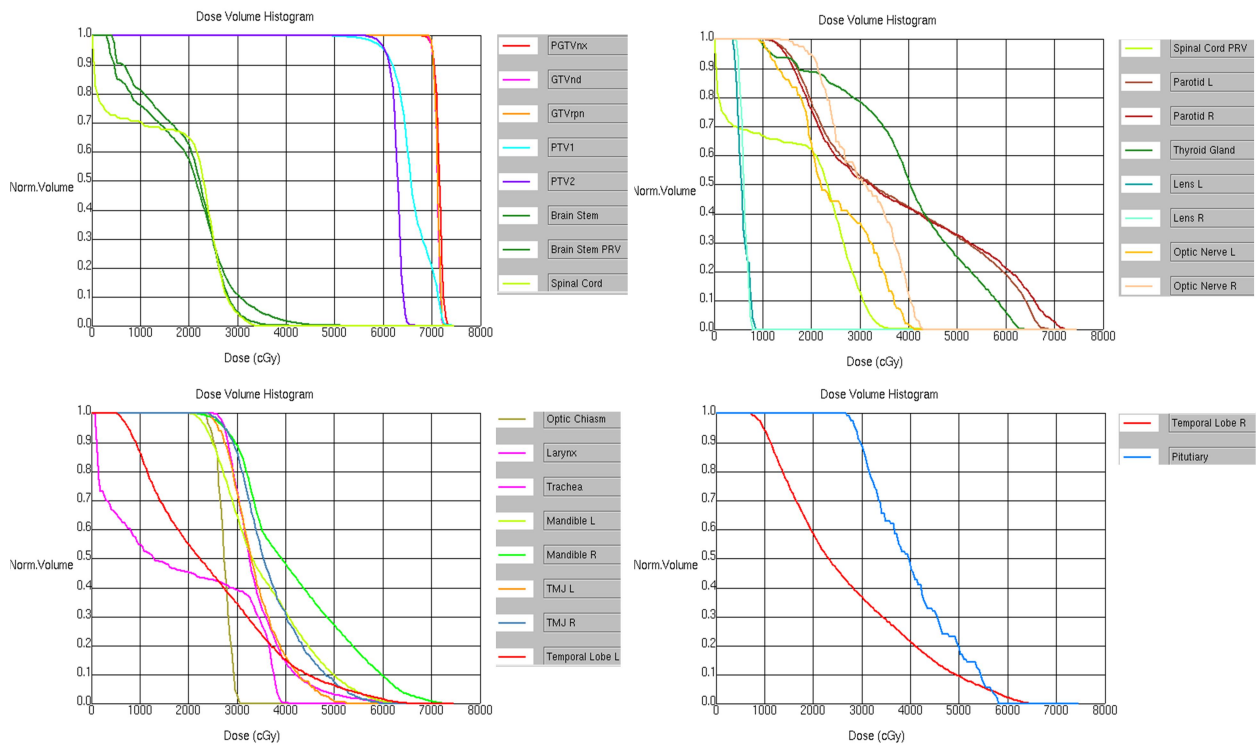


图 21 鼻咽癌靶区和危及器官剂量体积直方图

8.10 生成治疗计划报告

通过计划物理师和医生审核的计划可以生成治疗计划报告，用于核查物理师核查计划。打印的治疗计划报告应注意以下几点：

- a) 治疗计划 Plan 的命名：鼻咽癌固定野计划命名为 9F_IMRT_App，容积旋转调强计划命名为 2A_VMAT_App，名称中从左到右依次代表射野数量或弧数量、治疗技术和临床应用标识，对应的 Trial 名与 Plan 保持一致；
- b) 照射野和射野 ID 命名：鼻咽癌固定野计划中以鼻咽癌固定野 200°为例，其射野命名为 B1_G200，射野 ID 按照角度顺序依次命名为 1、2、...、9；容积旋转调强计划中以第一个弧为例，其射野命名为 A1_G180.1-180，射野 ID 依次命名为 A1、A2。以上射野名称中从左到右依次代表第几个角度或弧度、具体的角度或弧度数值；
- c) 打印内容包括射野参数列表，等中心 CT 图像横断面、矢状面和冠状面并在横断面上标注等中心到前、后、左、右体表垂直距离，横断面、矢状面和冠状面的剂量分布图，以及靶区和危及器官的剂量体积直方图。

8.11 多程计划设计

8.11.1 二程计划剂量成形结构勾画

鼻咽癌二程计划中靶区 PTV2 不予照射,因此需要调整剂量成形结构,包括约束靶区的结构 Ring_P2 代替 Ring, Ring4000_P2 代替 Ring4000, Ring5000_P2 代替 Ring5000, 限制凹陷区域的结构 Fan Up_P2 和 Fan Down_P2 代替 Fan Up 和 Fan Down, 正常组织 NT_P2 代替 NT, 剂量成形结构的勾画方法与表 8 描述相同, 勾画时不考虑不予照射的靶区 PTV2。

8.11.2 二程计划给定处方剂量

复制一程治疗计划, 与一程计划类似, 根据二程治疗计划申请单增加一个处方 Prescription2, 计划设计时处方单次剂量、剂量归一化方式和照射次数按照合成计划设定, 以方便评价二程治疗计划, 同时, 将一程处方 Prescription1 单次剂量设置为 0。

8.11.3 二程计划设定照射野:

设计固定野调强计划时, 在复制的计划中增加 200°、240°、280°、320°、0°、40°、80°、120°、160° 九个照射野, 射野名称前均加上 P2_代表二程计划照射野, 并相应修改二程计划照射野对应的处方为 Prescription2。

设计容积旋转调强计划时, 在复制的计划照射野名称前加上 P2_以区别一程计划, 相应修改二程计划照射野对应的处方为 Prescription2。

8.11.4 二程计划设置优化参数

固定野调强计划最大子野数量可减少 10~20 个, 将一程计划照射野的优化类型选为 None, 代表不参与优化, 二程计划照射野选为直接机器参数优化 DMPO 算法。

容积旋转调强最大投照时间可减少 10~20 秒, 其他参数均与一程相同。

8.11.5 二程计划设置优化条件和逆向优化过程

在优化条件设置中, 基于一程计划的优化条件, 将二程新勾画的剂量成形结构替换一程的结构, 将一程计划中用到的限制靶区 PTV2 剂量冷点的补丁删除。

优化过程包括两种方式:

- a) 在一程计划的基础上继续优化;
- b) 将计划重置后重新开始优化。

8.11.6 多程计划剂量合成与评价

二程计划设计完成后, 需要与一程计划进行剂量合成, 以便医生评价治疗计划, 本指南只针对同一套 CT 图像上的剂量合成进行说明, 先将设计好的二程计划复制出一个新的 Trial 命名为 P1_2_Com 作为合成计划。

固定野调强计划中将 Prescription1 的设置按照一程计划复原，将 Prescription2 的治疗次数调整为实际治疗次数，便可以完成固定野调强计划的合成。

容积旋转调强计划中需要先保存一程计划，并将其导入合成计划中，将 Prescription1 的设置按照一程计划复原，将 Prescription2 的治疗次数调整为实际治疗次数，计算导入的一程计划射野剂量便可以完成容积旋转调强计划的合成。

如果是同一套 CT 图像上的多程计划，剂量合成方法类似。

评价方法和原则与一程计划类似，可以通过比较横断位、矢状位和冠状位的剂量分布和剂量体积直方图评价二程与合成计划。

8.11.7 二程计划特殊情况的简化处理

当靶区 PTV1 与 PTV2 的分界在同一横断面时 [图 22 (a)]，可以通过手动调整钨门的方式设计二程计划，如图 22 (b) 和 22 (c) 所示，将 Y 方向钨门的下界调整到 PTV1 靶区的下界，重新计算剂量，从图 22 (d) - (f) 中的剂量分布和 DVH 中可以看出二程计划和一程计划质量非常接近，至此完成二程计划设计。

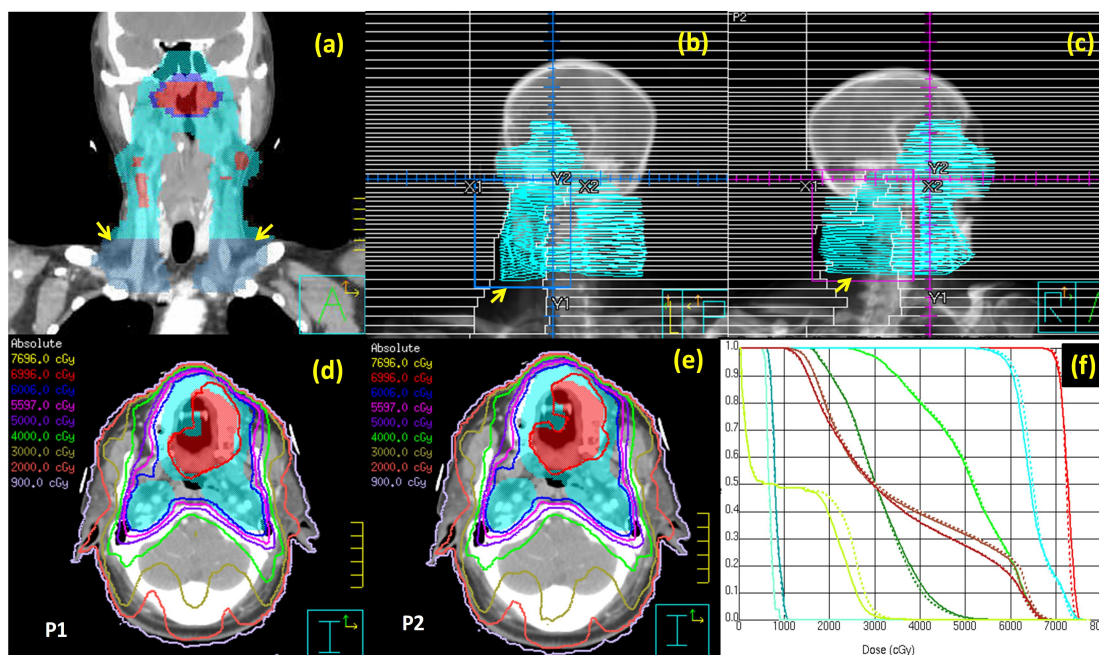


图 22 手动调整钨门设计鼻咽癌二程计划

8.12 基于模板的计划设计

从表 11 中可以看出鼻咽癌的优化条件共有 86 个，其中一个优化条件至少有两个可调参数，设计计划时需要调整 172 个优化参数，这么多优化参数设置增加了计划设计的时间和难度。

基于模板的计划设计通常包括：自动生成解剖结构名称和颜色，自动生成剂量成形结构，自动设定

照射野方向，自动设置处方剂量，自动设置优化参数，自动设定初始优化条件等。有条件的单位可以开展基于模板的计划设计流程。

8.13 局限性

咽癌放疗技术包括常规放疗、三维适形放疗和调强放疗，其中调强放疗技术手段包括固定野调强技术、容积旋转调强技术、螺旋断层调强技术和质子调强放疗技术等。本指南针对目前临床应用比较广泛的固定野调强和容积旋转调强技术进行了详细说明，没有涉及常规放疗、三维适形放疗以及调强放疗中的螺旋断层调强技术和质子调强技术等，同时本指南的计划设计流程以 Pinnacle 治疗计划系统为例，没有涉及 Monaco, Eclipse, RayStation 等计划系统，但整体计划设计流程的基本思路相同。

参 考 文 献

- [1] NCCN. Guidelines for head and neck cancers. Version 1, 2019[R/OL].[2019-10-10]. https://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/head-and-neck.pdf
- [2] Chen YP, Chan A, Le QT, et al. Nasopharyngeal carcinoma[J]. *Lancet*, 2019, 394(10192):64-80. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)30956-0
- [3] Zhang Y, Chen L, Hu GQ, et al. Gemcitabine and cisplatin induction chemotherapy in nasopharyngeal carcinoma[J]. *N Engl J Med*, 2019, 381(12):1124-1135. DOI: 10.1056/NEJMoa1905287
- [4] Sun Y, Li WF, Chen NY, et al. Induction chemotherapy plus concurrent chemoradiotherapy versus concurrent chemoradiotherapy alone in locoregionally advanced nasopharyngeal carcinoma: a phase 3, multicentre, randomised controlled trial[J]. *Lancet Oncol*, 2016, 17(11):1509-1520. DOI: 10.1016/S1470-2045(16)30410-7
- [5] Chen L, Hu CS, Chen XZ, et al. Concurrent chemoradiotherapy plus adjuvant chemotherapy versus concurrent chemoradiotherapy alone in patients with locoregionally advanced nasopharyngeal carcinoma: a phase 3 multicentre randomised controlled trial[J]. *Lancet Oncol*, 2012, 13(2):163-171. DOI: 10.1016/S1470-2045(11)70320-5
- [6] 黄晓东, 高黎. 鼻咽癌[M]//李晔雄, 主编. 肿瘤放射治疗学. 5 版. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2018
- [7] Moran JM, Dempsey M, Eisbruch A, et al. Safety considerations for IMRT: Executive summary[J]. *Pract Radiat Oncol*, 2011, 1(3):190-195. DOI: 10.1016/j.prro.2011.04.008
- [8] Menzel HG. The ICRU Report 83: prescribing, recording and reporting photon-beam intensity-modulated radiation therapy (IMRT) [J]. *J ICRU*, 2010, 10(1):1-106
- [9] Radiation Therapy Oncology Group Protocol[EB/OL].[2021-01-01]. <http://www.rtog.org/members/protocols/0615/0615.pdf>.
- [10] Lin S, Pan J, Han L, et al. Nasopharyngeal carcinoma treated with reduced-volume intensity-modulated radiation therapy: report on the 3-year outcome of a prospective series[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2009, 75(4):1071-1078. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2008.12.015
- [11] 中国鼻咽癌临床分期工作委员会. 2010 鼻咽癌调强放疗靶区及剂量设计指引专家共识[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2011, 20(4): 267-269. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2011.04.001
- [12] Yi J, Huang X, Gao L, et al. Intensity-modulated radiotherapy with simultaneous integrated boost for locoregionally advanced nasopharyngeal carcinoma[J]. *Radiat Oncol*, 2014, 9:56. DOI: 10.1186/1748-717X-9-56
- [13] Radiation Therapy Oncology Group Protocol[EB/OL].[2021-01-01]. <http://www.rtog.org/members/protocols/0225/0225.pdf>.

- [14] Grégoire V, Ang K, Budach W, et al. Delineation of the neck node levels for head and neck tumors: a 2013 update. DAHANCA, EORTC, HKNPCSG, NCIC CTG, NCRI, RTOG, TROG consensus guidelines[J]. *Radiother Oncol*, 2014, 110(1):172-181. DOI: 10.1016/j.radonc.2013.10.010
- [15] Lee AW, Ng WT, Pan JJ, et al. International guideline for the delineation of the clinical target volumes (CTV) for nasopharyngeal carcinoma[J]. *Radiother Oncol*, 2018, 126(1):25-36. DOI: 10.1016/j.radonc.2017.10.032
- [16] Lee AW, Ng WT, Pan JJ, et al. International guideline on dose prioritization and acceptance criteria in radiation therapy planning for nasopharyngeal carcinoma[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2019, 105(3):567-580. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2019.06.2540
- [17] Li JG, Yuan X, Zhang LL, et al. A randomized clinical trial comparing prophylactic upper versus whole-neck irradiation in the treatment of patients with node-negative nasopharyngeal carcinoma[J]. *Cancer*, 2013, 119(17):3170-3176. DOI: 10.1002/cncr.28201
- [18] Chen J, Ou D, He X, et al. Sparing level Ib lymph nodes by intensity-modulated radiotherapy in the treatment of nasopharyngeal carcinoma[J]. *Int J Clin Oncol*, 2014, 19(6):998-1004. DOI: 10.1007/s10147-013-0650-6
- [19] Apisarnthanarax S, Elliott DD, El-Naggar AK, et al. Determining optimal clinical target volume margins in head-and-neck cancer based on microscopic extracapsular extension of metastatic neck nodes[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2006, 64(3):678-683. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2005.08.020
- [20] Mongioj V, Orlandi E, Palazzi M, et al. Set-up errors analyses in IMRT treatments for nasopharyngeal carcinoma to evaluate time trends, PTV and PRV margins[J]. *Acta Oncol*, 2011, 50(1):61-71. DOI: 10.3109/0284186X.2010.509108
- [21] Yin WJ, Sun Y, Chi F, et al. Evaluation of inter-fraction and intra-fraction errors during volumetric modulated arc therapy in nasopharyngeal carcinoma patients[J]. *Radiat Oncol*, 2013, 8:78. DOI: 10.1186/1748-717X-8-78
- [22] van de Water TA, Bijl HP, Westerlaan HE, et al. Delineation guidelines for organs at risk involved in radiation-induced salivary dysfunction and xerostomia[J]. *Radiother Oncol*, 2009, 93(3):545-552. DOI: 10.1016/j.radonc.2009.09.008
- [23] Christianen ME, Langendijk JA, Westerlaan HE, et al. Delineation of organs at risk involved in swallowing for radiotherapy treatment planning[J]. *Radiother Oncol*, 2011, 101(3):394-402. DOI: 10.1016/j.radonc.2011.05.015
- [24] Sun Y, Yu XL, Luo W, et al. Recommendation for a contouring method and atlas of organs at risk in nasopharyngeal carcinoma patients receiving intensity-modulated radiotherapy[J]. *Radiother Oncol*, 2014, 110(3):390-397. DOI: 10.1016/j.radonc.2013.10.035
- [25] Bortfeld TR, Kahler DL, Waldron TJ, et al. X-ray field compensation with multileaf collimators[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 1994, 28(3):723-730. DOI: 10.1016/0360-3016(94)90200-3
- [26] Otto K. Volumetric modulated arc therapy: IMRT in a single gantry arc[J]. *Med Phys*, 2008, 35(1):310-317. DOI: 10.1118/1.2818738

[27] Olch AJ, Gerig L, Li H, et al. Dosimetric effects caused by couch tops and immobilization devices: report of AAPM Task Group 176[J]. Med Phys, 2014, 41(6):061501. DOI: 10.1118/1.4876299

[28] Niemierko A. Reporting and analyzing dose distributions: a concept of equivalent uniform dose[J]. Med Phys, 1997, 24(1):103-110. DOI: 10.1118/1.598063

[29] 乐文友, 戴建荣, 高黎. 鼻咽癌调强放疗等效均匀剂量优化方法对腮腺的保护作用[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2006, 15(6): 484-488. DOI: 10.3760/j.issn:1004-4221.2006.06.013

国家癌症中心/国家肿瘤质控中心指南
鼻咽癌靶区勾画和计划设计指南
NCC/T-RT 009-2021

*

开本 880×1230 1/16 字数 18 千字
2021 年 12 月第一版 2021 年 12 月第一次印刷



NCC / T - RT 009 - 2021