

数字化口腔定位支架在头颈部肿瘤放射治疗中的应用现状

和子慕¹ 李凤兰^{1,2}

1. 山西医科大学口腔医学院 太原 030000;

2. 山西省人民医院口腔修复科 太原 030000

[摘要] 在放射治疗中, 由于射线不可避免地对正常细胞产生辐射作用, 头颈部肿瘤患者常会发生严重的口腔并发症, 例如: 放射治疗诱发性口腔黏膜炎、张口困难、吞咽困难、放射性颌骨坏死和放射性龋病等。这些并发症会影响甚至中断放射治疗的进行, 对放射治疗后患者的生活质量造成难以估量的影响。为减小放射治疗带来不利影响, 近年来, 国内外学者对口腔定位支架 (OPS) 开展了广泛的研究, 其中传统型 OPS 对一些口腔并发症的预防起到明显的作用, 但其在设计制作以及推广应用上存在一些不足, 数字化 OPS 的研究应运而生。本文主要对数字化 OPS 的设计制作方法、口腔并发症的预防以及放射治疗摆位的影响进行总结分析, 对其应用前景进行了展望。

[关键词] 口腔支架; 头颈部肿瘤; 放射治疗; 计算机辅助设计; 放射性口腔黏膜炎; 摆位误差

[中图分类号] R782 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/gjkq.2024018



开放科学 (资源服务)
标识码 (OSID)

Present application of digital oral positioning stents in radiotherapy of head and neck tumor

He Zimu¹, Li Fenglan^{1,2}

1. School of Stomatology, Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, China; 2. Dept. of Prosthodontics, Shanxi Provincial People's Hospital, Taiyuan 030000, China

Supported by: Four "Batches" Innovation Project of Invigorating Medical Research through Science and Technology of Shanxi Province (2022XM41)

Correspondence: Li Fenglan, Email: uniquelfl@163.com

[Abstract] In radiotherapy, normal tissues are inevitably damaged by radiation. Thus, patients suffering from head and neck tumor often develop serious oral complications, such as radiotherapy-induced oral mucositis, trismus, dysphagia, radiation osteonecrosis of the jaws, and radiation caries. These complications can affect or interrupt the delivery of radiation therapy. Accordingly, they have an immeasurable impact on the quality of patients' lives after radiotherapy. To reduce the adverse effects of radiotherapy, domestic and foreign scholars have conducted extensive research on oral positioning stents (OPS). Conventional OPS plays a significant role in the prevention of those oral complications, but they have any disadvantages in design, fabrication, promotion, and application. Research on digital OPS has emerged. This work summarizes and analyzes the fabrication process, prevention of oral complications, and radiotherapy setup with digital OPS to improve the research direction and application prospects.

[Key words] oral stents; head and neck cancer; radiation therapy; computer aided design; radiotherapy-induced oral mucositis; setup errors

[收稿日期] 2023-01-09; **[修回日期]** 2023-08-29

[基金项目] 山西省“四个一批”科技兴医创新计划项目 (2022XM41)

[作者简介] 和子慕, 住院医师, 硕士, Email: 1940533842@qq.com

[通信作者] 李凤兰, 主任医师, 博士, Email: uniquelfl@163.com

头颈部肿瘤 (head and neck tumor, HNT) 发病率位居人类所有肿瘤疾病的第7位^[1]。据统计全球每年新增HNT患者83万例、死亡43万例^[2], 我国

每年新增37.2万例、死亡8.8万例^[3]。其临床类型按发病率从高到低排序前三位依次为甲状腺癌、鼻咽癌和口腔癌^[3]。放射治疗(简称放疗)是HNT的主要治疗手段之一,更是鼻咽癌的首选治疗方法^[4]。然而,毗邻肿瘤的口腔正常组织在治疗过程中会受到一定剂量的射线照射,导致一系列急性或慢性并发症的发生,常见的急性口腔并发症包括放疗诱导的口腔黏膜炎、吞咽困难、口干症、张口困难^[5-6];晚期较严重的并发症有口干症、吞咽困难、牙关紧闭、放射性骨坏死、放射性龋病、念珠菌病和牙周病等^[7-8]。这些并发症影响着HNT患者的治疗,黏膜疼痛使得治疗延迟甚至中断;口干症、张口受限和吞咽困难等影响进食并严重降低了患者的生活质量^[5]。因此,预防并减少这些并发症的发生对HNT患者的治疗、预后和生活质量尤为重要。

口腔定位支架(oral positioning stents, OPS)通过推离正常口腔组织远离靶区,减少射线辐射,从而预防不良反应的发生^[9]。目前OPS制作方法有传统型和数字化两种。传统型OPS是使用藻酸盐印模材料制取患者上下颌印模并灌制石膏模型,获取开口状态下的咬合记录,制作个性化放疗OPS蜡型,再装盒、充塑、固化,打磨抛光后完成放疗OPS的制作^[10]。2017年,Wilke等^[11]和丁继平等^[12]分别报道了数字化OPS的制作方法:获取患者的上下颌数字化模型,在相应的软件设备中设计打印OPS。传统型OPS已被证实对黏膜炎、口干症、颌骨坏死等有显著的保护作用^[13-15],但因其设计复杂、制作繁琐、技术敏感性强,仅在国内个别放疗研究机构中使用^[11]。我国大部分地区仍采用的是口咬医用注射器、软木塞等简陋方法固位^[16],存在佩戴不舒适、对正常组织的固定效果差、位置重复率低等问题。近年来,国内外学者研究并设计了不同方法制作数字化OPS,本文主要对数字化OPS的设计制作方法、对口腔并发症的预防以及对摆位误差的影响作一综述,为数字化OPS的临床应用提供参考。

1 数字化 OPS 制作方法

1.1 通过CT获取解剖结构进行设计

Wilke等^[11]通过计算机断层成像(computed tomography, CT)方法对上颌和下颌牙列区域进行 ≤ 1 mm厚度采样,使用Velocity肿瘤成像信息系统和

3D Slicer开源医学成像软件平台重建上下颌骨模型并导出为立体光刻(stereo lithography, STL)文件格式;导入3D建模软件Meshmixer中,下颌骨沿颞下颌关节旋转和移动,模拟生理性下颌骨运动,设置切牙距离为20 mm,用上下颌牙列覆盖矩形模型,通过布尔运算从矩形模型中减去患者的牙列模型,获取具有开口距离的牙列数字印模,去除多余的材料;使用Form 2打印机打印支架。

丁继平等^[12]采用120 kV,层厚0.625 mm,层距0.625 mm的螺旋CT断层扫描患者咬合后的印模膏,图像以医学数字成像和通信(digital imaging and communication in medicine, DICOM) 3.0标准存储,Mimics 10.01软件重建上下颌三维模型;在MEDCAD模块中手动填倒凹,运用布尔运算在口腔支架中央设计圆柱形通气道,于前端3个位置勾画不同深度的标记孔,保存为二进制STL格式,将该文件导入3D打印机打印数字化OPS。

孙方方等^[17]拍摄开口位锥形束计算机断层成像(cone beam computed tomography, CBCT),导出“.dcm”格式数据。导入设计软件iPD-Stent,模型自动填倒凹;勾画开口部件殆垫范围后,软件自动生成颌间连结体,开口部件覆盖上颌双侧尖牙至第一磨牙和下颌双侧第一磨牙间所有牙齿,边缘包绕牙冠颊舌面殆1/3;添加压舌部件,调整压舌部件的位置和大小,后1/3下压,与前2/3约呈15°角,平滑边角后完成数字化OPS的设计。将完成的设计以“.stl”格式导出,导入三维打印软件EnvisionTEC制作OPS。

1.2 光学或激光获取解剖结构进行设计

Zaid等^[18]采用传统方法获得患者的上下颌模型,使用aluwax殆架记录切牙间距20 mm的颌位关系,使用3D扫描仪EinScan-Pro扫描上颌和下颌模型,以及记录咬合关系的殆架和模型,使用Meshmixer软件手动调整或通过MeshLab 1.2.1软件自动调整上颌、下颌和咬合关系的网格配准程度;导入到3D建模软件Meshmixer中设计数字化压舌定位支架,使用Form 2打印机打印支架。

Bruno等^[19]运用TRIOS3口腔扫描仪获取上颌牙列、下颌牙列和牙尖交错位时的图像;将文件导入牙科数字模型设计软件ceramill mind中,使用ceramill M-Splint插件进行侧向支架和压舌板设计,在数字化殆架上设置虚拟距离参数,Bennett和髁导斜度分别是10°和35°,前牙开口距离为10 mm;

使用Autodesk Meshmixer软件优化设计OPS；使用Varseo 3D打印机打印OPS。

前3种方法^[11-12,17]是采用CT获取图像设计制作数字化OPS。螺旋CT扫描获取的解剖模型体素较大^[20]，大的体素尺寸会影响牙齿咬合面的精度，产生不精确OPS；在适应证上，要满足没有金属修复体或汞合金产生的明显的金属成像伪影，伪影的存在可能降低上下颌牙列勾画和重建的准确性^[21]。后2种^[18-19]则是采用扫描牙列模型或口内扫描获取的牙列图像设计制作OPS。获取的牙列数据尺寸精度和形态精度较前3种更好^[22]。有3种设计方法^[11,18-19]的开口距离是在建模软件或数字化验架中生成的，与患者真实开口时的颞下颌关节、髁道斜度以及切道斜度有一定的偏差，对OPS在口内的就位有一定影响。

有4种设计方法^[11-12,18-19]需依托商用牙科与工业软件Meshmixer、MEDCAD和ceramill mind等才能完成定位支架的数字化设计，其设计时间长，软件成本费用高，技术敏感性强，都有待进一步改进。有一项研究^[17]研发了放疗口腔定位支架专用设计软件iPD-Stent，支架设计耗时仅需约15 min，可兼容开口位CBCT数据、开口位口内扫描数据、牙列模型和开口位颌位关系记录及其模型扫描数据；自动识别颌面解剖形态；软件自带压舌、推舌、推颊等模型。该方法^[17]设计制作简易，操作性强，耗时短，方便推广。

还有学者^[23]对压舌部位及连接热塑膜部位进行改进，在数字化OPS咬合精确度、舌的位置再现性以及患者摆位时间缩短方面具有重要作用。

2 OPS对口腔并发症的作用

2.1 放疗诱发性口腔黏膜炎 (radiation therapy-induced oral mucositis, RIOM)

RIOM是常见的HNT放疗并发症之一，是HNT在放疗后出现以口腔溃疡为主的损害，患者会出现严重疼痛不适，影响进食、吞咽和说话。累计辐射剂量达到10~30 Gy时，表现出黏膜红肿、深大溃疡和假膜覆盖，有灼热感、进食刺激痛或明显疼痛^[24]。RIOM的发生率约为80%，Ⅲ级和Ⅳ级的发生率为42%~56%，35% RIOM患者会因辐射的不良反应而减少或中止治疗^[24]。有文献报道，佩戴传统型OPS可将鼻咽癌患者的口腔平均辐射

剂量降低至(32.98±1.91) Gy，将Ⅲ级黏膜炎并发症的概率降至22.83%，比不佩戴者降低了2.52%^[25]，并可得上颌窦癌等Ⅲ级RIOM的发生时间推迟1周，其Ⅲ级RIOM发病率比不佩戴者降低了19.4%^[26]。传统型OPS还能够减轻扁桃体癌和鼻咽癌13%~58.12%患者的味觉损害^[13,27]。然而，OPS在预防口干症上存在争议，Goel等^[14]和Mall等^[28]认为传统型OPS能够预防口干症的发生，且有研究^[15,25]发现OPS降低鼻咽癌和舌癌等腮腺的平均辐射剂量至28.0~35.0 Gy，但Stieb等^[27]的发现不支持这一结论。另有研究^[29]发现数字化OPS可分别减少舌癌患者上唇、上颊以及腭部56%、53%、40%~72%的平均辐射剂量；也可减少鼻咽癌患者舌13.32%的平均辐射剂量^[17]。综上所述，数字化OPS能够减少放疗过程中唇、颊、舌和腭的平均辐射剂量；但在临床症状研究中，数字化OPS对口干症严重程度的影响，味觉障碍的种类、严重程度与放疗辐射剂量的关系仍有待进一步研究。

2.2 张口困难

张口困难，又称张口受限，指患者开口度小于正常值或完全不能开口。患者端坐或直立，在最大张口时上下颌中切牙切缘间的距离为最大开口度；对于无牙颌患者，最大开口度为测量最大张口状态下，上、下颌牙槽嵴顶之间的距离；健康成人的正常开口度为37~45 mm，张口困难的评价标准即最大开口度≤35 mm^[30]。放疗后，HNT患者张口受限的发生率为5%~30.7%，张口受限的发生率可随辐射剂量的递增而增加^[31]，有研究^[7]表明翼内肌接受的辐射剂量越大，每增加10 Gy辐射量，张口困难的发生率增加24%。张口受限在靠近舌根、扁桃体、磨牙后三角区、软腭、咬肌、翼肌和颞下颌关节等部位的肿瘤放疗后尤其常见^[8]。张口受限还与颞下颌关节、翼外肌、咬肌等咀嚼肌肌肉纤维化有关^[32]。数字化OPS的使用使下颌处于开口颌位状态，有可能会将翼内肌、翼外肌、咬肌和颞下颌关节推离高剂量区域并减少受照面积，从而降低张口受限的发生率。综上所述，数字化OPS在预防张口受限中，还需严谨充足的数据对咀嚼肌和颞下颌关节接受的辐射剂量进行分析；在临床症状研究中，也需补充张口受限发生率的数据。

2.3 吞咽困难

在接受放射治疗和化学治疗（简称放化疗）的头颈部肿瘤患者中，超过76%的患者出现吞咽

困难,其中根治性同步放化疗患者吞咽困难的发生率为60%^[33]。吞咽系统包括口腔、咽和喉。正常的吞咽过程包括自主的口腔阶段和不自主的咽部阶段:在口腔中,需要牙齿、唇、颊、舌、下颌骨和舌骨的协调运动咀嚼食物;舌将食物推入咽部,随后舌根、软腭和会厌分别关闭口腔、鼻咽腔及气管与咽腔通道;食物在咽缩肌、下咽负压吸引和重力作用下进入食管^[34]。在HNT放疗过程中,吞咽系统与肿瘤位置临近,极易受到辐射损伤,口咽部黏膜容易发生溃疡疼痛,舌根运动无力,会厌反射能力减弱,喉部抬高水平降低,咽部肌肉收缩时间延长,吞咽功能缺乏协调性,从而导致吞咽困难。有研究^[35]结果显示,舌肌、咽缩肌、声门、喉前庭和食管上括约肌受到的辐射剂量与后期吞咽困难的发生密切相关,当上、中咽缩肌接受的平均辐射剂量高于60 Gy时,吞咽困难的发生率明显升高。Feng等^[36]发现当咽缩肌受到的辐射剂量降至52~55 Gy时,吞咽困难的发生率可降低30%;喉前庭接受辐射剂量<55 Gy,吞咽困难的发生率可降低20%。会厌V60(会厌接受60 Gy辐射剂量的体积占会厌总体积的百分比)<60%和颊舌骨肌、下颌舌骨肌接受的辐射剂量≤69 Gy时可减少吞咽障碍的发生^[35]。另有研究^[37]发现,放疗引起的Ⅲ级和Ⅳ级黏膜炎能够加重吞咽困难。研究^[27]发现,佩戴传统型OPS可使吞咽困难的发生率由31%降至21%。咽上缩肌起于翼突下颌缝、下颌舌骨线后端和舌根侧缘,与对侧同名肌汇总形成咽正中缝,数字化OPS使下颌处于开口颌位状态,并使舌固定于口底或一侧,牵拉咽上缩肌、颊舌骨肌和下颌舌骨肌,将舌根和会厌推离高剂量照射区域,减少这些解剖结构的受照面积,从而降低吞咽困难的发生率。综上所述,数字化OPS有可能改善吞咽功能,未来应对数字化OPS是否能够减少咽缩肌、颊舌骨肌、下颌舌骨肌、舌根和会厌接受的辐射剂量进行深入研究,并且在临床症状中获取科学的数据进行分析。

2.4 其他口腔并发症

放射性颌骨坏死是HNT放疗后发生的最严重并发症之一,主要表现为牙龈红肿,牙齿松动脱落,牙槽骨外露以及死骨排出,颌面部软组织炎性肿胀、流脓,窦道形成,局部麻木感;口内外贯通逐渐扩大引起颌面部溃烂,将严重影响患者的生活质量甚至危及生命^[38]。放射性颌骨坏死约95%发生于下颌骨,放射性下颌骨坏死发病率为

5%~15%,70%~90%的放射性颌骨坏死发生于放疗结束后3年内^[39]。研究^[17]发现,数字化OPS可将下颌骨接受的平均辐射剂量降至(35.34±3.98) Gy,减少了10.12%的辐射剂量。

放射相关龋病^[40-41]是一种出现于头颈部放疗后的快速进展性疾病,HNT放疗患者患龋率为24%~57%,龋均为3.6,是导致患者放疗后失牙的主要原因之一。有研究^[15]发现舌癌和口底癌患者在调强放射治疗(intensity modulated radiation therapy, IMRT)期间,佩戴传统型OPS可将上颌骨牙齿接受的平均辐射剂量降至(20.9±13.1) Gy,减少了41.62%的平均辐射剂量。综上所述,还需前瞻性研究数字化OPS对牙齿接受辐射剂量的影响和对放射相关龋病发生率的预防效果。OPS影响头颈部肿瘤放疗患者口腔并发症的相关研究总结见表1。

3 数字化OPS对放疗摆位误差的影响

在HNT放疗中,肿瘤周围解剖结构复杂,视神经、脑干、腮腺、脊髓等重要的正常组织和器官相互毗邻。为了减少正常组织的并发症,在三维适形放疗技术中,因为高剂量的肿瘤区域和其周围需要保护的重要器官剂量骤跌的特点,需要减少摆位误差提高治疗效果,所以对于精度摆位提出了更高的要求^[42]。头颈部肿瘤精准放疗技术主要包括体位固定、计划设计和精确放疗三部分,其中准确的体位固定是精确放疗的首要环节^[43]。现头颈部肿瘤的放疗体位固定方式是将头颈部热塑膜与体部固定装置结合在一起。有研究^[44]发现,头颈部热塑膜材质在冷却后有一定伸缩性,在放疗过程中膜球变形量达30%,产生一定的摆位误差。因为头颈部热塑膜材质的特性、面部肌肉的不自主活动、体重的减轻和发泡胶颈部的形状,所以下颈部框和下颈部椎体框在腹背方向和旋转角度存在较大的摆位误差,其中下颈部框及下颈部椎体框腹背部摆位偏差大于0.3 cm的占比分别为22.36%和31.48%^[45]。樊文慧等^[46]发现使用热塑膜结合发泡胶固定技术并佩戴可分离式数字化OPS能够降低头颈部腹背部摆位误差至(0.046±0.036) cm,整体矢状旋转角度的摆位误差降至0.54°±0.24°。因此,数字化OPS能够减小HNT放疗患者的摆位误差,今后应对摆位重复性差的舌、下颌骨和颈椎进行深入研究,观察对摆位误差的

影响；以及根据摆位误差，计算临床靶区扩至计划靶区时的外放边界是否能够减少。

表 1 OPS对HNT放疗患者口腔并发症的影响研究总结

Tab 1 Influence of OPS on oral complications in HNT patients

口腔并发症	肿瘤临床分类	放疗方式	OPS	主要发现	参考文献
RIOM 黏膜炎	鼻咽癌	IMRT	传统型	佩戴OPS者的口腔平均剂量降低至 (32.98±1.91) Gy, 将Ⅲ级黏膜炎并发症的发生率降至22.83%, 比不佩戴者降低了2.52%; 佩戴OPS者的腮腺平均剂量降低至 (29.42±2.25) Gy, 比不佩戴者的平均剂量降低了8.78%~15.39%	[25]
	鼻腔鼻窦癌、口腔癌、口咽癌	3D-适形治疗和IMRT	传统型	佩戴OPS者Ⅲ级RIOM的发生时间推迟1周, Ⅲ级RIOM发病率比不佩戴者降低了19.4%	[26]
	舌癌	IMRT	数字化	佩戴OPS者的上唇、上颊以及腭部的平均剂量分别减少了56%、53%、40%~72%	[29]
味觉损害	鼻咽癌	常规放疗	传统型	佩戴OPS者味觉损害发生率为21.05%, 较不佩戴者减少了58.12%	[13]
口干症	舌癌	常规放疗	传统型	放疗开始30 d, 佩戴OPS者较不佩戴者的口干不良事件评分降低40%	[14]
	舌癌	常规放疗	传统型	放疗后3个月, 佩戴OPS者的未刺激唾液流率和刺激唾液流率分别为0.29 mL/min和0.64 mL/min, 较不佩戴者分别增加38.1%、25.49%	[28]
	口咽癌	IMRT	传统型	放疗后6个月, 佩戴OPS者的未刺激唾液流率和刺激唾液流率分别为0.13 mL/min和0.48 mL/min, 较不佩戴者分别增加62.5%、29.73%	
				单侧放疗佩戴OPS者和不佩戴OPS者MDASI-HN口干症的平均得分为3.08±2.91、3.38±3.19, 不具有统计学意义 (P=0.707)	[27]
				双侧放疗佩戴OPS者和不佩戴OPS者MDASI-HN口干症的平均得分为4.20±2.97、4.04±2.99, 不具有统计学意义 (P=0.604); 佩戴者味觉损害发生率为2%, 较不佩戴者减少了13%; 佩戴者吞咽困难发生率为21%, 较不佩戴者减少了10%	
放射性颌骨坏死	鼻咽癌	IMRT	数字化	佩戴OPS者下颌骨接受的平均辐射剂量为 (35.34±3.98) Gy, 较不佩戴者减少了10.12%; 佩戴OPS者舌接受的平均辐射剂量降为 (35.96±4.98) Gy, 较不佩戴者减少13.32%	[17]
放射相关龋病	口腔癌	IMRT	传统型	佩戴OPS者上颌骨牙齿接受的平均剂量为 (20.9±13.1) Gy, 较不佩戴者减少了41.62%; 佩戴OPS者腮腺接受的平均剂量降低至 (35.0±9.7) Gy, 较不佩戴者降低了16.27%	[15]

注: HNT为头颈部肿瘤; OPS为口腔定位支架; RIOM为放疗诱发性口腔黏膜炎; IMRT为调强放射治疗; MDASI-HN为MD安德森症状量表头颈部模块。

4 小结与展望

本文总结了数字化OPS的设计制作方法、OPS对HNT放疗并发症的重要作用以及数字化OPS在放疗摆位误差方面的影响。与传统型OPS相比, 数字化OPS能够降低OPS制作技术的敏感性, 降低时间、经济成本, 方便应用于基层放疗机构, 加强口腔中心与放疗机构的联合诊疗, 协助提高放疗医师的摆位效率, 降低HNT患者放疗的并发症, 减轻放疗并发症对患者的负担, 改善HNT患者的放疗后生活质量。根据现有临床证据, 数字化OPS在对放疗并发症口干症、张口受限、吞咽困难、放射性颌骨坏死以及放射性龋病的预防方面仍需要更高质量、更大样本和更长时间的随访研究予以验证。

利益冲突声明: 作者声明本文无利益冲突。

5 参考文献

- [1] Mody MD, Rocco JW, Yom SS, et al. Head and neck cancer[J]. *Lancet*, 2021, 398(10318): 2289-2299.
- [2] Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, et al. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. *CA Cancer J Clin*, 2018, 68(6): 394-424.
- [3] Xia CF, Dong XS, Li H, et al. Cancer statistics in China and United States, 2022: profiles, trends, and determinants[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2022, 135(5): 584-590.
- [4] Lv JW, Zhou GQ, Li JX, et al. Magnetic resonance imaging-detected tumor residue after intensity-modu-

- lated radiation therapy and its association with post-radiation plasma Epstein-Barr virus deoxyribonucleic acid in nasopharyngeal carcinoma[J]. *J Cancer*, 2017, 8(5): 861-869.
- [5] Brook I. Early side effects of radiation treatment for head and neck cancer[J]. *Cancer Radiother*, 2021, 25(5): 507-513.
- [6] Gabryś HS, Buettner F, Sterzing F, et al. Parotid gland mean dose as a xerostomia predictor in low-dose domains[J]. *Acta Oncol*, 2017, 56(9): 1197-1203.
- [7] Strojan P, Hutcheson KA, Eisbruch A, et al. Treatment of late sequelae after radiotherapy for head and neck cancer[J]. *Cancer Treat Rev*, 2017, 59: 79-92.
- [8] Brook I. Late side effects of radiation treatment for head and neck cancer[J]. *Radiat Oncol J*, 2020, 38(2): 84-92.
- [9] Brandão TB, da Graça Pinto H, Vechiato Filho AJ, et al. Are intraoral stents effective in reducing oral toxicities caused by radiotherapy? A systematic review and meta-analysis[J]. *J Prosthet Dent*, 2022, 128(6): 1380-1386.
- [10] Bodard AG, Racadot S, Salino S, et al. A new, simple maxillary-sparing tongue depressor for external mandibular radiotherapy: a case report[J]. *Head Neck*, 2009, 31(11): 1528-1530.
- [11] Wilke CT, Zaid M, Chung C, et al. Design and fabrication of a 3D-printed oral stent for head and neck radiotherapy from routine diagnostic imaging[J]. *3D Print Med*, 2017, 3(1): 12.
- [12] 丁继平, 涂文勇, 胡海生, 等. 基于3D打印技术的个体化口腔放疗支架的设计[J]. *中国医疗器械杂志*, 2017, 41(6): 458-459, 468.
Ding JP, Tu WY, Hu HS, et al. Design of individualized oral radiotherapy stent based on 3D printing technique[J]. *Chin J Med Instrum*, 2017, 41(6): 458-459, 468.
- [13] 秦文娟, 罗伟, 林仕荣, 等. 个体化口腔支架在鼻咽癌患者放疗中对口腔正常组织的保护作用[J]. *癌症*, 2007, 26(3): 285-289.
Qin WJ, Luo W, Lin SR, et al. Sparing normal oral tissues with individual dental stent in radiotherapy for primary nasopharyngeal carcinoma patients[J]. *Chin J Cancer*, 2007, 26(3): 285-289.
- [14] Goel A, Tripathi A, Chand P, et al. Use of positioning stents in lingual carcinoma patients subjected to radiotherapy[J]. *Int J Prosthodont*, 2010, 23(5): 450-452.
- [15] Verrone JR, Alves FA, Prado JD, et al. Benefits of an intraoral stent in decreasing the irradiation dose to oral healthy tissue: dosimetric and clinical features[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 2014, 118(5): 573-578.
- [16] 邵明海, 王旭峰, 于长辉, 等. 头颈部肿瘤放疗中软木塞简易个体化口腔支架的位置重复性探讨[J]. *现代实用医学*, 2012, 24(7): 762-763.
Shao MH, Wang XF, Yu CH, et al. Repeatability of position of cork simple individualized oral stent in radiotherapy for head and neck cancer[J]. *Mod Pract Med*, 2012, 24(7): 762-763.
- [17] 孙方方, 黄蓉, 孟佳丽, 等. 数字化头颈部放疗口腔定位支架临床应用的初步评价[J]. *中华口腔医学杂志*, 2022, 57(10): 1022-1028.
Sun FF, Huang R, Meng JL, et al. Preliminary clinical effect evaluation of digital head and neck radiotherapy oral positioning stents[J]. *Chin J Stomatol*, 2022, 57(10): 1022-1028.
- [18] Zaid M, Bajaj N, Burrows H, et al. Creating customized oral stents for head and neck radiotherapy using 3D scanning and printing[J]. *Radiat Oncol*, 2019, 14(1): 148.
- [19] Bruno JS, Miranda-Silva W, Guedes VDS, et al. Digital workflow for producing oral positioning radiotherapy stents for head and neck cancer[J]. *J Prosthodont*, 2020, 29(5): 448-452.
- [20] 任家银. CBCT和螺旋CT扫描参数对三维模型体积精度的影响[C]//中华口腔医学会口腔颌面放射专业委员会. 2020年中华口腔医学会口腔颌面放射专业委员会第十八次全国口腔颌面医学影像学专题研讨会论文汇编. 北京: 中华口腔医学会, 2020: 109.
Ren JY. Effect of scanning parameters of CBCT and spiral CT on volume accuracy of 3D model[C]//Society of Oral and Maxillofacial Radiology, Chinese Stomatological Association. A compilation of papers from the 18th National Oral and Maxillofacial Medical Imaging Symposium of the Oral and Maxillofacial Radiation Society of the Chinese Stomato-

- logical Association in 2020. Beijing: Chinese Stomatological Association, 2020: 109.
- [21] 周永胜, 叶红强. 口腔修复中虚拟患者的构建和应用[J]. 中华口腔医学杂志, 2022, 57(10): 997-1002. Zhou YS, Ye HQ. Construction and application of virtual patients in prosthodontics[J]. *Chin J Stomatol*, 2022, 57(10): 997-1002.
- [22] Ye JH, Wang SM, Wang ZX, et al. Comparison of the dimensional and morphological accuracy of three-dimensional digital dental casts digitized using different methods[J]. *Odontology*, 2023, 111(1): 165-171.
- [23] Hong CS, Oh D, Ju SG, et al. Development of a semi-customized tongue displacement device using a 3D printer for head and neck IMRT[J]. *Radiat Oncol*, 2019, 14(1): 79.
- [24] Maria OM, Eliopoulos N, Muanza T. Radiation-induced oral mucositis[J]. *Front Oncol*, 2017, 7: 89.
- [25] Hou Z, Li SS, Jiang YY, et al. Benefits of intraoral stents for sparing normal tissue in radiotherapy of nasopharyngeal carcinoma: a radiobiological model-based quantitative analysis[J]. *Transl Cancer Res*, 2021, 10(10): 4281-4289.
- [26] Inoue Y, Yamagata K, Nakamura M, et al. Are intraoral stents effective for reducing the severity of oral mucositis during radiotherapy for maxillary and nasal cavity cancer[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2020, 78(7): 1214.e1-1214.e8.
- [27] Stieb S, Perez-Martinez I, Mohamed ASR, et al. The impact of tongue-deviating and tongue-depressing oral stents on long-term radiation-associated symptoms in oropharyngeal cancer survivors[J]. *Clin Transl Radiat Oncol*, 2020, 24: 71-78.
- [28] Mall P, Chand P, Singh BP, et al. Effectiveness of positioning stents in radiation-induced xerostomia in patients with tongue carcinoma: a randomized controlled trial[J]. *Int J Prosthodont*, 2016, 29(5): 455-460.
- [29] 丁继平, 涂文勇, 胡海生, 等. 3D打印口腔支架对舌癌术后调强放疗危及器官的剂量学影响[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2015, 22(15): 1221-1225. Ding JP, Tu WY, Hu HS, et al. Influence on normal tissue dosimetry in intensity-modulated radiotherapy of post-operative lingual carcinoma patients with 3D intraoral stent[J]. *Chin J Cancer Prev Treat*, 2015, 22(15): 1221-1225.
- [30] Dijkstra PU, Huisman PM, Roodenburg JL. Criteria for trismus in head and neck oncology[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2006, 35(4): 337-342.
- [31] Watters AL, Cope S, Keller MN, et al. Prevalence of trismus in patients with head and neck cancer: a systematic review with meta-analysis[J]. *Head Neck*, 2019, 41(9): 3408-3421.
- [32] Massaccesi M, Dinapoli N, Fuga V, et al. A predictive nomogram for trismus after radiotherapy for head and neck cancer[J]. *Radiother Oncol*, 2022, 173: 231-239.
- [33] Shune SE, Karnell LH, Karnell MP, et al. Association between severity of dysphagia and survival in patients with head and neck cancer[J]. *Head Neck*, 2012, 34(6): 776-784.
- [34] 何三纲. 口腔解剖生理学[M]. 8版. 北京: 人民卫生出版社, 2020: 253-255. He SG. *Oral anatomy and physiology*[M]. 8th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2020: 253-255.
- [35] MD Anderson Head and Neck Cancer Symptom Working Group. Beyond mean pharyngeal constrictor dose for beam path toxicity in non-target swallowing muscles: dose-volume correlates of chronic radiation-associated dysphagia (RAD) after oropharyngeal intensity modulated radiotherapy[J]. *Radiother Oncol*, 2016, 118(2): 304-314.
- [36] Feng FY, Kim HM, Lyden TH, et al. Intensity-modulated chemoradiotherapy aiming to reduce dysphagia in patients with oropharyngeal cancer: clinical and functional results[J]. *J Clin Oncol*, 2010, 28(16): 2732-2738.
- [37] Hutcheson KA, Lewin JS, Barringer DA, et al. Late dysphagia after radiotherapy-based treatment of head and neck cancer[J]. *Cancer*, 2012, 118(23): 5793-5799.
- [38] He Y, Ma C, Hou J, et al. Chinese expert group consensus on diagnosis and clinical management of osteoradionecrosis of the mandible[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2020, 49(3): 411-419.
- [39] 韩煜, 刘忠龙, 原光辉, 等. 头颈部恶性肿瘤放疗治疗后下颌骨放射性骨坏死发病的影响因素研究

- [J]. 中华口腔医学杂志, 2021, 56(5): 421-427.
- Han Y, Liu ZL, Yuan GH, et al. Influential factors related to osteoradionecrosis of the mandible in oral and maxillofacial cancer patients following radiotherapy[J]. Chin J Stomatol, 2021, 56(5): 421-427.
- [40] Moore C, McLister C, Cardwell C, et al. Dental caries following radiotherapy for head and neck cancer: a systematic review[J]. Oral Oncol, 2020, 100: 104484.
- [41] 李焱垚, 蒋丽, 邹玲. 鼻咽癌放疗致放射相关龋病预防措施的研究进展[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2022, 31(10): 939-943.
- Li YY, Jiang L, Zou L. Research progress on preventive measures of radiation-related caries caused by radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma[J]. Chin J Radiat Oncol, 2022, 31(10): 939-943.
- [42] Siebers JV, Keall PJ, Wu QW, et al. Effect of patient setup errors on simultaneously integrated boost head and neck IMRT treatment plans[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2005, 63(2): 422-433.
- [43] Stroom JC, Heijmen BJ. Geometrical uncertainties, radiotherapy planning margins, and the ICRU-62 report[J]. Radiother Oncol, 2002, 64(1): 75-83.
- [44] 黄新阳, 周俊东, 吴传锋, 等. 基于红外定位系统的放疗摆位偏差预警系统对头颈肩膜形变的分析与研究[J]. 中国医学物理学杂志, 2022, 39(4): 421-425.
- Huang XY, Zhou JD, Wu CF, et al. Analyzing the deformation of head-neck-shoulder thermoplastic mask by OPS-based early warning system for setup errors in radiotherapy[J]. Chin J Med Phys, 2022, 39(4): 421-425.
- [45] 林晓生, 方涌文, 姚文燕, 等. 基于图像引导下探索鼻咽癌不同区域六维方向摆位误差的相关性[J]. 广东医学, 2022, 43(8): 970-976.
- Lin XS, Fang YW, Yao WY, et al. The correlation among six-dimensional orientation errors in different regions of nasopharyngeal carcinoma based on image guidance[J]. Guangdong Med J, 2022, 43(8): 970-976.
- [46] 樊文慧, 劳峥, 石慧烽, 等. 3D打印可分离式口腔支架在口腔癌放疗中的摆位准确性研究[J]. 中国口腔颌面外科杂志, 2022, 20(5): 466-470.
- Fan WH, Lao Z, Shi HF, et al. Accuracy of detachable 3D-printed stent placement in radiotherapy for oral cancer patients[J]. China J Oral Maxillofac Surg, 2022, 20(5): 466-470.
- (本文编辑 吴爱华)

《临床牙周病学和口腔种植学》(第7版) 出版发行

书籍名称:《临床牙周病学和口腔种植学》(第7版)

主编:托德·伯格伦德(瑞典)、威廉·詹诺比尔(美)、尼克劳斯·朗(瑞士)、马利亚诺·桑兹(西班牙)

主译:闫福华、葛少华、陈斌、李艳芬、邱宇、张杨珩、于洋

出版社:辽宁科学技术出版社

出版时间:2023年8月

内容简介:本书是牙周和种植领域的经典教材,拥有近40年的历史,随着学科的发展不断完善,每5~8年更新1次。本次发行的第7版分为上、中、下3卷,共18部分,49个章节,涵盖了牙周解剖学、牙周微生物学、咬合创伤、牙周组织病理学、牙周组织再生、牙周病治疗方案、牙周感染控制、牙槽嵴重建治疗以及咬合和修复治疗等内容。本书纳入了2018年牙周病和种植体周病新分类,以基于循证证据的种植修复牙列缺失的治疗决策为特色,是牙周病学、口腔种植学医生的必备参考资料,适合口腔医学本科生、研究生、临床医生和研究人员阅读。

