

ICS

CCS 点击此处添加 CCS 号

T/

团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

# 数字化技术在颌骨缺损修复重建中应用的 专家共识

Expert consensus on application of digital technique in jaw defect reconstruction

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2022.03.31）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华口腔医学会 发布

# 目 次

前言 .....	II
引言 .....	III
1 范围 .....	1
1.1 数字化技术在颌骨缺损外科修复重建中的应用 .....	1
1.1.1 适用范围 .....	1
1.1.2 局限性 .....	1
1.2 数字化技术在颌骨缺损患者个性化赈复体制作中的应用 .....	1
1.2.1 适用范围 .....	1
1.2.2 局限性 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 技术使用所需设备 .....	2
4.1 数据采集设备 .....	2
4.2 数字外科软件 .....	2
4.3 CAD/CAM 设备 .....	2
4.4 外科手术导航系统 .....	2
5 术前数据采集 .....	2
5.1 数字化技术在颌骨缺损外科修复重建中的应用 .....	2
5.2 数字化技术在颌骨缺损患者个性化赈复体制作中的应用 .....	2
6 术前设计及设计转化 .....	3
6.1 数字化技术在颌骨缺损外科修复重建中的应用 .....	3
6.1.1 颌骨缺损的三维评估 .....	3
6.1.2 虚拟颌骨缺损重建手术 .....	3
6.1.3 数字化设计转化方式 .....	3
6.1.4 颌骨缺损外科修复重建方式的选择 .....	4
6.2 数字化技术在颌骨缺损患者个性化赈复体制作中的应用 .....	4
6.2.1 缺损的三维评估 .....	4
6.2.2 个性化赈复体的制作 .....	4
7 临床效果评价 .....	4
7.1 颌骨缺损外科修复重建的临床效果评价 .....	4
7.2 颌骨缺损个性化赈复体的临床效果评价 .....	4
8 展望 .....	4
参考文献 .....	6

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中华口腔医学会口腔颌面修复专业委员会提出。

本文件由中华口腔医学会归口。

本文件起草单位：北京大学口腔医院、中国人民解放军总医院、上海交通大学附属第九人民医院、四川大学华西口腔医院、武汉大学口腔医院、空军军医大学口腔医院、中山大学附属口腔医院、中国医科大学附属口腔医院、中南大学湘雅医院、中山大学孙逸仙纪念医院、南京大学医学院附属口腔医院、浙江大学口腔医院、郑州大学第一附属医院、首都医科大学附属北京口腔医院。

本文件主要起草人：蔡志刚、单小峰、康一帆、张雷、彭歆、周永胜、佟岱、王勇、胡敏、孙坚、李龙江、尚政军、魏建华、白石柱、廖贵清、孙长伏、蒋灿华、李劲松、杨旭东、王慧明、何巍、韩正学。

## 引 言

近年来，数字化技术在医学领域日益普及，逐渐形成了以医学需求为牵引，集成计算机辅助设计、数控加工、增材制造、机器人等先进技术的交叉研究领域——数字外科学，推动了医学科学从“经验”模式向“精确”模式的转变<sup>[1]</sup>。

颌骨缺损的修复重建一直是口腔颌面外科领域中极具挑战性的难题，使用血管化游离骨移植是目前“金标准”<sup>[2,3]</sup>。术前通过三维扫描技术、计算机断层扫描获得患者颌骨的三维信息，进行分析和个性化设计。术中通过计算机辅助设计与制作技术、计算机辅助导航技术及外科手术导板进行微创化、精确化实施。术后量化评估手术效果。配合牙种植体恢复咀嚼、发音功能。在因各种原因无法进行骨组织瓣修复颌骨缺损的患者中，数字化技术辅助下制作的个性化赈复体同样能帮助其恢复基本的口颌功能。特别是在制取口腔印模方面，使用计算机断层扫描或三维扫描获得的数字化印模，其优势在于可以规避患者误吸风险、对患者的张口度要求低且大大降低了治疗过程中的不适感。数字化技术在口腔颌面外科中的应用，让实现复杂软硬组织缺损的功能性重建成为可能<sup>[4-24]</sup>。

目前国内各大高校附属医院、口腔医学中心使用数字化技术起步时间不同、各具特色，对其理解也有所差异。近十年数字化技术发展日新月异，如何针对性的合理应用数字化技术尚无统一的、规范化的流程，为使其更好的服务于颌骨缺损的修复重建，亟待建立一个规范化的诊疗模式。数字化技术在颌骨缺损修复重建的规范化使用，有利于节约医疗成本和资源，更好的解决传统修复重建技术在临床应用中的缺陷和难题。本专家共识的制定联合国内多家知名口腔医学中心，总结各中心近年来在使用数字化技术中的经验、体会，为数字化技术在颌骨缺损修复重建中的使用提供参考，便于该技术在基层医院推广应用，使更多的口腔颌面外科医生和患者受益于该技术。

# 数字化技术在颌骨缺损修复重建中应用的专家共识

## 1 范围

本专家共识适用于口腔颌面外科、口腔修复科的临床医师使用。

### 1.1 数字化技术在颌骨缺损外科修复重建中的应用

#### 1.1.1 适用范围

- 1) 因肿瘤、外伤、炎症等因素导致上颌骨或下颌骨缺损的患者；
- 2) 全身情况能够耐受游离组织瓣修复等大型全麻手术。

#### 1.1.2 局限性

- 1) 需要一定的术前准备时间，对高度恶性疾病患者有延误手术风险；
- 2) 制作手术所需的个性化材料费用较高，如：模型、导板等。

### 1.2 数字化技术在颌骨缺损患者个性化赈复体制作中的应用

#### 1.2.1 适用范围

- 1) 因肿瘤、外伤、炎症等因素导致上颌骨或下颌骨缺损的患者；
- 2) 不愿意或无法耐受外科颌骨修复重建等大型全麻手术。

#### 1.2.2 局限性

颌骨缺损的赈复体修复以恢复生理功能为主，可能对面部外形的修复效果欠佳。

## 2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 计算机辅助外科 Computer assisted surgery, CAS

是一种基于计算机对大量数据信息的高速处理及控制能力，通过虚拟手术环境为外科医师提供支援，使手术更安全准确的一门新技术。CAS包括以影像为引导的计算机辅助外科和无需影像引导的计算机辅助外科两种。是虚拟手术、手术导航技术、机器人技术、计算机辅助设计及计算机辅助制造技术、快速成型技术等诸多技术在外科临床中的综合应用。（张志愿，口腔颌面外科学，第8版，北京：人民卫生出版社，2020.）

### 3.2 血管化游离骨移植 Vascularized free bone graft

是指应用显微外科技术行血管吻合，血液循环重建的一种新的骨游离移植技术。临床上目前应用最广泛的是腓动脉供血的腓骨移植和旋髂深动脉供血的髂骨移植。（郭传瑛，张益，口腔颌面外科学，第3版，北京：北京大学医学出版社，2021.）

### 3.3 颌面赈复体 Maxillofacial prosthesis

是应用口腔修复学的原理和方法，修复患者的颌面部缺损。人工材料制作用以修复颌面部缺损的修复体称为颌面赈复体。（赵铤民，口腔修复学，第8版，北京：人民卫生出版社，2020.）

### 3.4 口腔三维数据获取技术 Oral-maxillofacial 3D data acquisition

是指借助各种工具和方法，获得口腔颌面部软硬组织表面及内部三维形态数据的扫描测量技术。从临床应用角度可分为：牙颌模型扫描技术、口内扫描技术、颜面部扫描技术和体层扫描技术，适用于扫描不同的颌面部软硬组织。（赵铤民，口腔修复学，第8版，北京：人民卫生出版社，2020.）

### 3.5 计算机辅助设计与制作技术 Computer assisted design/computer assisted manufacture, CAD/CAM

是通过对CT、MRI图像中不同密度的组织，选择不同的窗位，根据体素堆积成像的原理，建立骨骼硬组织或软组织三维图像模型，并通过计算机辅助设计软件驱动计算机数控机床，生产出不同材料的三维实体模型。（张志愿，口腔颌面外科学，第8版，北京：人民卫生出版社，2020.）

### 3.6 计算机辅助导航技术 Computer assisted navigation system, CANS

是指医生在术前利用医学影像学设备和计算机图形学的方法，对患者多模式的图像数据进行三维重建和可视化处理，获得三维模型，制定合理、精确的手术计划。在术中通过注册操作，把三维模型与患者的实际体位、空间中手术器械的实时位置统一在一个坐标系下，并利用三维定位系统对手术器械在空间中的位置实时采集并显示，医生通过观察三维模型中手术器械与病变部位的相对位置关系，对患者进行导航手术治疗。（郭传瑛，张益，口腔颌面外科学，第3版，北京：北京大学医学出版社，2021.）

### 3.7 外科手术导板 Surgical guide

具有引导作用的骨面接触板，是一种个性化手术器械，用于术中准确定位点、线的位置、方向和深度，辅助术中精确建立孔道、截面、空间距离、相互成角关系及其他复杂空间结构等<sup>[25]</sup>。

## 4 技术使用所需设备

### 4.1 数据采集设备

计算机断层扫描（Computed tomography, CT）数据是骨组织手术常用数据，颌面部手术一般要求层厚达到 $\leq 1.25\text{mm}$ ，可满足颌面手术精度要求。三维扫描仪是口腔科常用数字化设备，用于采集患者的牙列及咬合信息。锥形束CT（Cone-beam CT, CBCT）对于骨组织及牙体组织有较高的分辨率，并且患者所受放射剂量相对较低，同样也可用于颌骨及牙列的数据采集。

### 4.2 数字外科软件

数字外科软件主要用于外科手术前手术规划和术后验证。数字外科软件需要具备以下功能：数据的三维重建和测量，包括长度、角度和容积测量；手术方案的规划，包括分割、融合、移动、镜像等多种功能模块；手术方案导出；术后手术精度评价。

### 4.3 CAD/CAM 设备

CAD/CAM设备用于制作颌骨模型、手术导板等。现阶段3D打印技术已较为成熟，有多种型号的设备可以完成3D打印，但不同设备的技术参数差异较大，需要满足以下条件：1. 层厚 $\leq 0.2\text{mm}$ ；2. 打印精度 $\leq 0.1\text{mm}$ ；3. 打印误差（形变率、三维偏移） $\leq 5\%$ 。

### 4.4 外科手术导航系统

外科手术导航系统是导航手术的核心部件，目前国内外已有多家手术导航系统面世。被动式红外线定位方法更方便灵活，也是目前最为常用的定位方法。颌颌面外科手术导航系统一般由计算机工作站、定位装置、示踪装置和显示器组成。

## 5 术前数据采集

### 5.1 数字化技术在颌骨缺损外科修复重建中的应用

术前需获取患者的影像学数据，受区与供区分别进行CT扫描，层厚 $\leq 1.25\text{mm}$ ，数据以DICOM文件格式输出。受区扫描范围：眶上缘以上2cm至锁骨上水平。

术前制取牙列的石膏模型进行三维扫描，或直接使用口内扫描仪获取患者牙列及咬合信息。如果进行下颌骨缺损重建时使用外科手术导航系统，术前还需要制作咬合板。

### 5.2 数字化技术在颌骨缺损患者个性化赈复体制作中的应用

术前需获取患者的影像学数据，头颈部进行CT扫描，层厚 $\leq 1.25\text{mm}$ ，数据以DICOM文件格式输出。进行CT扫描时应使用非阻射材质的开口器保持患者处于张口状态。

## 6 术前设计及设计转化

### 6.1 数字化技术在颌骨缺损外科修复重建中的应用

#### 6.1.1 颌骨缺损的三维评估

将患者头颈部的CT导入手术计划软件中，根据患者的疾病类型确定颌骨缺损的范围。如果需要切除颌骨，则在CT上逐层确定颌骨的切除范围，在软件内虚拟截骨，模拟手术过程，获得颌骨的缺损模型。

#### 6.1.2 虚拟颌骨缺损重建手术

将采集的颌区CT数据以DICOM格式输入软件中，分割出颌区数据。将颌骨缺损模型中的牙列替换为三维扫描的牙列模型。当颌骨缺损未及中线或上颌骨缺损伴有眶底缺损时，应使用镜像技术模拟患侧颌骨形态，虚拟重建缺损。根据牙弓形态及咬合关系对移植骨进行分段并调整至理想位置。当颌骨缺损累及中线或全上/下颌骨缺损等无法使用镜像技术时，应遵循以咬合为导向的颌骨重建原则。还可以使用正常人颌骨数据库进行数据匹配，获得最相似的上/下颌骨作为缺损区域重建的参考。

将颌骨缺损模型数据、镜像数据以及重建数据进行融合，获得理想的颌骨重建模型。以STL文件格式输出。

#### 6.1.3 数字化设计转化方式

现阶段推荐使用外科导航技术、外科导板技术或两者的联合应用，以下对两者的应用要点、优势及不足进行说明。

##### 6.1.3.1 外科导航技术

使用外科导航技术需要将缺损的颌骨模型、重建的颌骨模型与患者CT数据在外科导航系统中匹配。在手术中首先需要将导航数据与患者进行配准注册。导航技术应用于上颌骨缺损重建时，需要将导航定位架安装于颅骨前部，一般应尽可能接近术区并保持在发际线内1cm，可使安装导航定位架导致的斑痕尽量隐蔽。应用于下颌骨缺损重建时，可将下颌骨使用咬合板与上颌骨进行颌间结扎固定，并将导航定位架安装于颅骨前部，与上颌骨导航流程相似。需要注意在每一步使用导航系统时都需要保持下颌骨与上颌骨的相对位置关系不变。此外也可将导航定位架固定于下颌骨，此方法的优点在于术中下颌骨位置不受限制，更利于操作，但只适用于点注册的配准方式。

外科导航技术的优势：

- 1) 术中实时动态显示；
- 2) 更利于深部解剖结构的位置确定，如使用钛网重建眶底；
- 3) 除骨组织外还可标记重要软组织；
- 4) 相较于数字化手术导板，术中可灵活调整手术方案。

外科导航技术的不足：

- 1) 设备要求成本较高；
- 2) 术中反复验证可能增加手术时间；
- 3) 导航定位架及颌间结扎可能增加患者的额外创伤。

##### 6.1.3.2 外科导板技术

使用外科导板技术需要术前打印颌骨模型、手术导板、预弯接骨板。接骨板可与颌骨模型固定后拍摄CT或进行三维扫描，从而获得接骨板钉道与颌骨间的准确位置关系，并将钉道位置预留在导板上。根据制作导板的材料性质，可使用低温消毒或浸泡消毒等方式。在手术中受限于切口暴露等问题可能会导致导板的就位不畅，注意务必在保证导板完全就位的前提下才能进行截骨，避免由于导板位移导致的肿瘤切除范围变化。

导板外形设计无统一标准，但需要满足如下要求：

- 1) 牙支持式导板相较于骨支持式有更好的精度；
- 2) 如使用骨支持式导板，应减少对骨组织的过度包裹延伸，从而减少对健康软组织的剥离；
- 3) 避免导板对肿瘤表面的压迫；
- 4) 注意对肿瘤未累及的重要解剖结构的保护，如眶下神经、颧神经等。

外科导板技术的优势：

- 1) 设备成本相对较低，利于推广应用；
- 2) 所有准备工作均在术前完成，节约术中时间；
- 3) 手术精确度较高。

外科导板技术的不足：

- 1) 制作周期相对较长；
- 2) 术中无法灵活更改手术方案，如更改手术方案后完全需要手术医生凭经验完成手术。

#### 6.1.4 颌骨缺损外科修复重建方式的选择

儿童青少年患者处于生长发育期，进行颌骨缺损的修复重建需要谨慎选择。原则上超过14周岁，生长发育趋于成熟的可以参考成人修复方式。

口腔颌面外科常见的上颌骨缺损类型为Brown II型及III型缺损，血管化游离骨移植应作为颌骨缺损重建的首选。Brown III型缺损需要使用个性化预弯钛网或个性化3D打印材料修复眶底。下颌骨缺损重建的首选同样为血管化游离骨移植。外科医生需要根据不同的缺损类型选择适合的骨组织瓣来源。

### 6.2 数字化技术在颌骨缺损患者个性化赈复体制作中的应用

#### 6.2.1 缺损的三维评估

将患者头颈部的CT导入手术计划软件中，重建患者的软组织图像，去除非缺损区，获得缺损部分的三维模型。缺损部分的三维模型应包括：缺损区周围完整的软组织；剩余的单颌牙列。缺损模型以STL格式输出。

#### 6.2.2 个性化赈复体的制作

使用CAD/CAM设备制作缺损模型，在缺损模型上，使用弹性树脂完成阻塞器的制作。患者佩戴阻塞器后，常规完成活动义齿的制作。活动义齿与阻塞器使用磁性附着体进行连接。

## 7 临床效果评价

### 7.1 颌骨缺损外科修复重建的临床效果评价

术中即刻临床效果评价可使用外科导航系统或术中CT进行手术精度的实时验证。

术后短期临床效果评价可采用数据融合的方法评价手术精度，获取术后1至3个月内的螺旋CT数据，输入软件中，生成术后三维重建颌骨模型，导出STL格式数据。将术前设计的理想颌骨重建模型数据与术后实际的三维重建颌骨模型数据导入软件中，通过多点配准对齐坐标系，选择重建区域为目标区域，比较术前设计与术后实际的差异，从而评价手术的精确性。

术后远期临床效果评价包括患者的面部外形主观满意度以及软组织的变化量，获取术后6个月及以上的螺旋CT数据，输入软件中，在软组织窗下获得患者面部外形轮廓的三维重建模型，导出STL格式数据。通过多点配准对齐，选择重建区域为目标区域，比较术前与术后的软组织改变量或术后双侧软组织对称性，从而评价手术的临床效果。

患者剩余牙列的咬合关系同样可作为临床效果评价的标准。此外，重建区域的骨高度可通过CT等影像学数据直接测量，是否满足种植牙的骨量要求同样是重要的评价标准之一。

### 7.2 颌骨缺损个性化赈复体的临床效果评价

通过三维扫描仪，获得患者佩戴赈复体前后的三维面相。将获得的三维面相导入软件中，通过对健侧的多点配准对齐坐标系，选择患侧区域为目标区域，比较患者面部、唇部的解剖数据，从而评价赈复体对面部丰满度的恢复效果。通过患者的语音发音评价赈复体的封闭性。同时，还需要评估患者的咀嚼效率和吞咽功能。

## 8 展望



数字化技术的广泛应用推广源于相应技术的创新与升级，随着其功能逐渐完善，将整体提升口腔颌面外科的综合诊治水平。未来通过整合可穿戴设备、手术机器人、增强/混合现实技术及5G传输技术，用于远程医疗会诊及协作手术，将进一步促进医疗的精确性和可及程度<sup>[26]</sup>。

人工智能技术已在口腔颌面外科初步应用于多种疾病的诊断，也逐步开展使用人工智能计算颌骨缺损区域形态的相关工作，为大范围、跨中线的复杂颌骨缺损提供了新的临床思路。然而受限于地域和伦理，数据来源的局限性降低了模型在不同地域、人种间的普适性。同时也缺乏公开的基准数据集，导致尚无统一的评价标准。将来在全国乃至全球的数据互通基础上，人工智能技术将会在医学领域更上一层楼。

个性化植入物包括3D打印的金属植入物以及高分子材料植入物。相较于目前广泛使用的预成型植入物，其优势在于可精确恢复缺损区的骨形态，并且通过优化其结构可获得更好的机械强度。但受限于目前的制作技术，个性化植入物制作的时间成本和经济成本较高，难以大规模的开展使用。随着3D打印技术的不断成熟，以期能使其更适用于临床需求。

增强/混合现实技术是一种新兴的数字化技术，通过头戴式显示器可在空间中显示三维重建的虚拟图像，将影像学数据、术前虚拟设计直接转移至术区，实现影像与解剖结构的吻合，减少在手术计划及影像传递过程中医生的精力、时间消耗及数据误差。还可以通过语音、手势等操作在无接触下对三维模型进行操作。目前该技术在颌面外科已初步应用，拥有十分广阔的发展前景<sup>[27]</sup>。

## 参 考 文 献

- [1] 张益, 刘筱菁. 数字技术改变着现有的诊疗思维和模式:从外科谈起[J]. 中华口腔医学杂志, 2016, 51(4):205-209.
- [2] Brown J S, Barry C, Ho M, et al. A new classification for mandibular defects after oncological resection[J]. *Lancet Oncology*, 2016, 17(1): e23-e30.
- [3] Brown J S, Shaw R J. Reconstruction of the maxilla and midface: introducing a new classification[J]. *Lancet Oncology*, 2010, 11(10): 1001-1008.
- [4] 蔡志刚. 数字化外科技术在下颌骨缺损修复重建中的应用[J]. 中华口腔医学杂志, 2012, 47(8):474-478.
- [5] 梁节, 单小峰, 黄进伟等. 数字化技术辅助游离组织皮瓣在颌骨缺损重建中的应用[J]. 中华显微外科杂志, 2014(37):316-322.
- [6] 章文博, 于尧, 王洋等. 数字化外科技术在上颌骨缺损重建中的应用[J]. 北京大学学报(医学版), 2017, 25(1):1-5.
- [7] Zheng G, Su Y, Liao G, et al. Mandibular reconstruction assisted by preoperative simulation and accurate transferring templates: Preliminary report of clinical application[J]. *Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, 2013, 71(9):1613-1618.
- [8] Zhang W B, Mao C, Liu X J, et al. Outcomes of orbital floor reconstruction after extensive maxillectomy using the computer-assisted fabricated individual titanium mesh technique [J]. *Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, 2015, 73(10): 2065.e1-2065.e15.
- [9] Shan X F, Chen H M, Liang J, et al. Surgical navigation-assisted mandibular reconstruction with fibula flaps[J]. *International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, 2016, 45(4):448-453.
- [10] Yu Y, Zhang W B, Liu X J, et al. Three-dimensional accuracy of virtual planning and surgical navigation for mandibular reconstruction with free fibula flap[J]. *Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, 2016, 74(7): 1503.e1-1503.e10.
- [11] Yu Y, Zhang W B, Wang Y, et al. A revised approach for mandibular reconstruction with the vascularized iliac crest flap using virtual surgical planning and surgical navigation[J]. *Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, 2016, 74(6): 1285.e1-1285.e11.
- [12] Wang Y Y, Zhang H Q, Fan S, et al. Mandibular reconstruction with the vascularized fibula flap: comparison of virtual planning surgery and conventional surgery[J]. *International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, 2016:1400-1405.
- [13] Wu J, Sun J, Shen S G, et al. Computer-assisted navigation: its role in intraoperatively accurate mandibular reconstruction[J]. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 2016, 122(2):134-142.
- [14] Liang Y, Jiang C, Wu L, et al. Application of combined osteotomy and reconstruction pre-bent plate position (CORPPP) technology to assist in the precise reconstruction of segmental mandibular defects[J]. *Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, 2017, 75(9):2026.e1-2026.e10.
- [15] Bao T, He J, Yu C, et al. Utilization of a pre-bent plate-positioning surgical guide system in precise mandibular reconstruction with a free fibula flap[J]. *Oral Oncology*, 2017, 75:133-139.
- [16] Azarmehr I, Stokbro K, Bell R B, et al. Surgical navigation: a systematic review of indications, treatments, and outcomes in oral and maxillofacial surgery[J]. *Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, 2017, 75(9):1987-2005.
- [17] Shen Y, Li J, Ow A, et al. Acceptable clinical outcomes and recommended reconstructive strategies for secondary maxillary reconstruction with vascularized fibula

osteomyocutaneous flap: A retrospective analysis[J]. *Journal of Plastic Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 2017, 70(3):341-351.

[18] Fu K, Liu Y, Gao N, et al. Reconstruction of maxillary and orbital floor defect with free fibula flap and whole individualized titanium mesh assisted by computer techniques[J]. *Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, 2017, 75(8): 1791.e1-1791.e9.

[19] Zheng L, Lv X, Zhang J, et al. Translating computer-aided design and surgical planning into successful mandibular reconstruction using a vascularized iliac-crest flap[J]. *Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, 2018, 76(4):886-893.

[20] Kang Y-F, Liang J, He Z, et al. Orbital floor symmetry after maxillectomy and orbital floor reconstruction with individual titanium mesh using computer-assisted navigation [J]. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 2020, 73(2): 337-43.

[21] Qiu S, Kang Y, Ding M, et al. Mandibular reconstruction with the iliac flap under the guidance of a series of digital surgical guides[J]. *Journal of Craniofacial Surgery*, 2021, 32(5): 1777-1779.

[22]王洋,王育新,张诗雷等. 3D打印赝复体即刻修复Brown II类缺损的临床初步研究[J]. *中华整形外科杂志*, 2018, 34(03):218-223.

[23]李永锋,刘华蔚,王超等. 三维打印个性化修复体修复颧眶-上颌复合体骨缺损初探[J]. *中华口腔医学杂志*, 2021, 56(07):633-638.

[24] Ye H, Ma Q, Hou Y, et al. Generation and evaluation of 3D digital casts of maxillary defects based on multisource data registration: A pilot clinical study[J]. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 2017, 118(6):790-795.

[25] 中华医学会医学工程学分会数字骨科学组, 国际矫形与创伤外科学会(SICOT)中国部数字骨科学组. 3D打印骨科手术导板技术标准专家共识[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2019, 21(1):6-9.

[26]蔡志刚. 数字化外科技术在颅颌面修复重建中的应用及进展[J]. *中华整形外科杂志*, 2022, 38(1): 1-8.

[27]唐祖南,Hui Yuh Soh,胡未豪等. 混合现实技术在口腔颌面部肿瘤手术中的应用[J]. *北京大学学报(医学版)*, 2020, 52(06):1124-1129.