临床新进展

颌面赝复治疗的进展

冯志宏 赵铱民*

摘 要

目的：围绕近年来颌面赝复的发展进行综述与展望，为开创颌面缺损修复的新篇章提供借鉴。**方法**：根据 28 篇代表性中英文文献（近五年文献为 18 篇）阐述的有关颌面赝复固位技术的发展、颜面缺损的即刻（种植）修复、颌面赝复体的数字化设计及制作三大领域的最新进展，进行总结归纳。**结果**：颌面赝复是进行颌面缺损修复重建的主要方式之一。随着多种先进技术、新型材料的融合应用，现代颌面修复重建的水平得到了显著的提高。**结论**：传统的以“替代”为典型代表的颌面缺损赝复已逐渐不能满足日益发展的社会需求，而以“重建”为标志的新的颌面缺损修复理念和技术成为当今的主流趋势。

关键词 颌面缺损；颌面赝复体；数字化技术；固位技术；即刻修复

1 引言

由于肿瘤切除、外伤及先天因素等原因导致的颌面缺损，不仅造成咀嚼、语言及吞咽等功能的缺陷甚至丧失，而且因容貌的毁损给患者造成严重的心理创伤，甚至使其丧失生活信心[1]。颌面缺损通常采用两种方式进行修复：一是通过颌面外科技术进行修复和功能重建，二是通过赝复体进行修复和功能重建。根据不同的缺损情况，二者各有优劣，具有互补性。现代颌面缺损修复则往往是两种方式兼而有之：利用外科技术实现大面积组织缺损的修复、颌骨及颜面部骨缺损重建，利用赝复技术精准

作者单位 军事口腔医学国家重点实验室，口腔疾病国家临床医学研究中心，陕西省口腔医学重点实验室，空军军医大学第三附属医院修复科
*通讯作者 赵铱民
联系方式 029-84779195
电子邮箱 zhaoym@fmmu.edu.cn
通讯地址 陕西省西安市长乐西路 145 号，710032
基金项目 全军后勤科研计划重点项目，项目编号：BLB18J005”

地恢复患者的容貌和功能。此外，现代颌面缺损修复大量吸收了多学科的先进技术，如种植、仿生、放射、信息、数字化、机器人以及材料学、生物力学等，使得该学科的内容更加广泛，也具有更强的修复重建能力，显著提高了颌面缺损的修复重建水平。现代颌面修复的理念已被越来越多的颌面修复医师们所接受，正在改变颌面缺损修复的传统观念[2]。顺应多种技术融合、强化多学科合作，是颌面修复学发展的必然趋势。本文主要对近年来以赝复体修复为主体的颌面缺损修复的固位技术、即刻修复技术以及数字化设计及制作技术进行回顾和展望。

2 颌面赝复体固位技术的变迁

由于上颌骨形态不规则，邻近结构复杂，且采用自体组织瓣移植重建上颌骨缺损需要供区，而部分患者因放化疗、身体健康状况及肿瘤复发等因素，无法采取组织移植方式重建上颌骨缺损。赝复体则成为该部分患者首选的修复方式。由于赝复体的体积及重量大，且余留天然牙多位于一侧，因此，采用余留天然牙、倒凹固位的赝复体，存在固位稳定不足、缺损侧咀嚼效率低、基牙承受较大侧向力和咀嚼压力等问题。应用颧骨种植体在缺损侧为赝复体提供支持、固位与稳定，在有效提升咀嚼效率的同时，亦能保护余留的天然牙[3–5]。

2.1 颧骨种植技术为上颌骨缺损赝复体提供支持与固位

2017 年，Butterworth 等首次报道了颧骨种植体穿通软组织瓣并即刻修复上颌骨低位缺损的新技术[6]。该技术使用筋膜组织瓣充填缺损区，封闭口鼻腔穿通。借助计算机术前设计、导板或导航的指引，在颌骨切除同期植入颧骨种植体，其基台在手术同期穿出软组织瓣，进行临时修复，并早期负载，以尽早地恢复患者的部分咀嚼功能。该技术早期主要用于低位上颌骨缺损：即仅限于牙槽骨的缺损、以及牙槽骨缺损伴口鼻腔穿通。随着概念延伸，现在部分不涉及眶底的上颌骨缺损也采用该技术进行修复。但所有缺损均需保留颧骨，以允许颧骨种植体植入并获得充足的骨量支持。相比于采用骨组织瓣移植，该技术仅需筋膜软组织瓣移植，创伤更小。

Chris 等 2022 年报道了 35 例患者、125 枚颧骨种植体应用该技术进行低位上颌骨缺损重建后的 5 年追踪随访，结果显示患者满意度良好，术后患者的面部畸形均较轻微。且该报道显示，即使术后接受放疗，颧骨种植体的成功率与未接受放疗者无统计学差异[7]。当然该结果受到随访时间及病例数的限制，仍需长期的大样本的随访来进一步验证该技术的可靠性。

无牙𬌗上颌骨缺损及双侧上颌骨缺损是上颌骨缺损中最难以修复的两类，主要是因为其固位、支持及稳定均难以获得可靠的保证。20 世纪 90 年代，赵铱民、刘宝林等创造了在双侧颧弓根部植入种植体修复上颌骨缺失的方法，成功地解决了全上颌骨缺失赝复体的支持和固位问题，有效恢复了患者的咀嚼功能。由于数字化技术、种植导航技术的进步使得颧骨种植修复双侧上颌骨缺失更加精准和高效。通过导航或种植机器人手术可以精准地在颧骨上植入种植体。术前利用数字化技术规划种植体位置角度、并设计制作完成连接种植体的上部金属支架，利用支架改变植体的穿出方向，使得镶嵌于环形支架内的磁性附着体的衔铁与镶嵌于赝复体上的磁体获得精准的对位。最终使双侧颧骨种植体支持固位的赝复体能够良好地恢复患者的咀嚼、吞咽及发音等生理功能[8]。但针对恶性肿瘤切除导致的上颌骨缺损患者，需慎重考虑其复发问题。且当放疗范围包括颧骨、放疗剂量在 50Gy 以上时，作者仍建议需慎重考虑其对种植体骨结合的影响。

2.2 颜面赝复体由粘贴固位转变为种植附着体固位

颜面赝复体常用的固位技术主要包括专用皮肤粘结剂粘贴固位和种植附着体固位两种方式，有时也辅以倒凹固位等。但皮肤粘结剂易受到环境湿度、温度及粘贴区组织性质的影响，且需每天取戴，较为不方便。随着颅颌面种植体的研发，特别是个性化种植体的出现以及附着体技术的发展，使得种植附着体固位技术的优势得到进一步发挥。计算机技术在颌面赝复领域的应用，使得“赝复引导的颅颌面种植”成为现实，术前可实现种植体位点、角度、数量、赝复体及内衬树脂基板以及附着体设置的完整规划、组合，以避免盲目种植，导致术后无法与赝复体实现良好匹配的不良结果[9]。

在诸多附着体种类之中，种植磁附着技术成为主流趋势[10–14]。对于鼻缺损、眶缺损等有一定深度的缺损区，最宜采用种植磁附着体，利用缺损腔的深度对抗侧向力，利用磁吸附力实现固位，常能达到最佳的固位稳定效果。而外耳赝复体则因凸出于面部，易受到侧向力而脱落，所以建议选用种植杆

卡附着体，也可以杆卡和磁性附着体联合使用。建议用金属杆连接种植体后，在连接杆上设置磁性附着体，或在连接杆两端设计磁性附着体。利用连接杆对抗侧向力，利用磁吸附力保持固位，固位可靠又方便摘戴。

2.3 个性化颅面部种植体系统的研发

长期以来，颅颌面短种植体缺乏是影响我国采用颅颌面种植技术修复颌面缺损难以开展的一个重要原因。因此，颌面赝复研究的一个重点是研制出商品化的颅颌面种植体系统及上部配件。颅颌面部骨质复杂，厚度差异大，标准化的骨种植体难以应用。研发适于不同部位的相应骨质骨量的个性化种植体是主要方向。

数字化技术为实现此目标提供了可能性。通过数字化设计和纯钛金属的 3D 打印，可为患者提供不同直径、不同长度的种植体。眶缺损患者的眶周骨量允许植入直径 3mm、长度 5 ～ 6mm 的种植体，即可为眶赝复体提供良好的固位。鼻缺损患者的鼻底部与上前牙的牙根之间可植入直径 4mm、长度为 6 ～ 8mm 或更长的种植体。上颌骨前部或全上颌骨缺损同时伴有鼻及面中部组织缺损时，也可考虑在颧骨、上颌结节等处植入种植体，为颌骨、颜面赝复体提供固位、稳定与支持。在外耳、或外耳联合周围组织缺损时，多应用直径 3 ～ 6mm、长度 4 ～ 5mm 的短种植体。上述这些种植体，往往需要利用个性化设计和 3D 打印完成。目前，魏洪波、赵铱民等已研发出个性化颅颌面种植体系统，包括 3mm、4mm、5mm 直径，3mm、4mm、5mm、6mm 长度的颅颌骨种植体。

还可以根据患者颅颌骨 CT 数据、骨面外形而设计制作出个性化、异形化种植体，并经标准化的表面处理及消毒后为患者植入。有望成为国内首个专用的个性化颅颌面种植体系统，为解决颅颌骨较薄、骨面形态不规则等难题提供了良好的策略。

3 颜面缺损的即刻（种植）修复

无牙殆患者的即刻种植即刻修复理念及技术为颜面缺损的即刻修复提供了良好的思路与参考。当患者需要手术切除颜面器官和（或）组织时，术前利用面部扫描仪行面部扫描、并利用口内扫描仪（如 3shape 口内扫描仪）行局部扫描，将二者数据进行拟合，必要时还可与 CT 数据拟合，获取具有局部精准形态的颜面部三维模型，或颜面与颅颌骨的复合三维模型。在此基础上，进行模拟手术切除、种植规划、预成赝复体设计，并以 3D 打印完成赝复体。术中严格按照预期切除范围切除组织，在伤口初步愈合后，即可为患者佩戴该赝复体，初步恢复患者面容。待伤口彻底愈合后，再利用数字化技术制作正式赝复体。如 Ciocca 和 Po-Hsu Chen 等均报道了利用计算机辅助设计与制作技术（computer-aided design and computer-aided manufacturing，CAD/CAM）技术在术前为患者设计制作出鼻赝复体，鼻切除创伤初步愈合后，为患者佩戴即刻鼻赝复体。在制作正式赝复体前即可恢复患者的容貌，为促进患者的心身健康具有巨大的作用 [15-17]。

当患者颜面部缺损已经存在，且预期采用种植附着体固位的赝复体修复时，应遵循“赝复指导种植”理念，通过数字化技术规划设计种植体位点、数量、角度及深度，术前设计制作种植上部连接杆、树脂基板及硅橡胶赝复体。术中在导板或导航的指引下，精准植入种植体，安装预成的金属连接杆，缝合局部伤口后即刻佩戴赝复体，实现颜面缺损的种植附着体赝复体即刻修复。早期恢复患者容貌，可有效地改善患者的心理状态。魏洪波、白石柱等针对外耳缺损患者实现了术前制作完成赝复体、颜面种植导板，术后即刻佩戴赝复体的“当天种植固位颜面赝复体”全数字化流程 [18]。外耳缺损赝复体即刻修复的一个难点是如何确保种植导板的稳定性。由于软组织的移动性，使得种植导板在术中会发生移动。通过口内咬合精准对位方式，设计制作牙支持式外耳种植导板被证明是一种有效的方法。

4 颌面赝复体的数字化设计及制作

4.1 颌骨缺损赝复体的数字化设计及制作技术

随着 CT 技术、口内扫描技术的发展，获取上颌骨缺损腔、余留牙列、牙槽嵴及上腭的数字化印模已经基本得到解决。三维打印、数字化切削及相应材料的发展与应用使得中空式赝复体的数字化设计与制作亦得以实现。吴国峰、Tasopoulos 等利用口内扫描获取数字化印模，并进行聚醚醚酮支架的设计及 3D 打印，在聚醚醚酮支架的基础上完成上颌赝复体的制作 [19,20]。也有学者担心口内光学扫描难以获取较深倒凹区的数据，特别是当缺损腔的入口较小时，扫描仪工作端难以伸入缺损腔内进行扫描。所以，建议将口内扫描及 CT 扫描联合使用，以获取更加全面、精确的数据，为后期赝复体的设

计制作提供更为准确的印模[21]。

4.2 颜面缺损赝复体的数字化设计及制作技术

随着计算机辅助设计与制作技术（CAD/CAM），特别是反求工程与快速原型技术被逐渐引入颜面缺损赝复领域，为其带来了革命性变化，使得颜面缺损的智能化仿真设计与快速制作成为可能，显著提高了颜面赝复体的制作效率和修复效果，逐步替代了传统的制取面模、测量、蜡型雕刻、试戴调整、翻制石膏型腔、充填硅橡胶等繁琐的操作步骤，成为本领域重要的发展方向。

4.2.1 颜面部三维形态及色彩信息的精准获取

颜面部软组织的三维模型是进行颜面赝复体智能化仿真设计的基础。准确地获取缺损区及周围正常组织的三维模型是整个治疗过程中的关键环节，与最终的修复效果密切相关。立体摄影测量技术应用立体摄像机和特殊的闪光系统，快速（少于 1s）获得图像资料，采用 CCD 数码相机输入计算机并作处理，其精度可以控制在 0.5mm 以内。采像速度快，无电离辐射，患者乐于接受并能很好地配合。立体摄影测量技术既可对面部软组织的重建进行直观评价，又可以进行三维测量和定量分析，是目前面部软组织三维重建和测量最有效的方法之一。为获取更加准确的颜面部缺损区三维数据，还可采用口内扫描仪进行局部扫描，利用专业的医学影像软件，将局部数据与面部扫描数据进行拟合拼接，获得面部三维模型。比较常用的医学影像三维重建软件有 Mimics、3D-Doctor、Amira、VGStudioMax、3Dmed 等。

4.2.2 负型技术间接制作硅橡胶颜面赝复体

获取颜面部三维模型后，需要利用特殊软件进行赝复体的设计，这是整个颜面赝复体仿真快速制作过程中最重要的一个环节，决定了后期加工制作的方法，与最终的修复效果直接相关。在 3D 数字化模型的基础上，可进行颜面赝复体的精确设计，包括赝复体的固位设计（种植体的数量、位置及角度）、固位支架、形态、厚度、边缘等，最终完成赝复体设计。白石柱等研制出专业的颜面赝复体智能仿真设计软件，操作简单，能够辅助医师设计出颜面赝复体的三维模型。早期的颜面赝复体快速成型制作仍通过快速成型技术制作赝复体树脂模型或蜡型，然后再通过传统的装盒失蜡方法翻制成硅橡胶赝复体。随着负型技术的出现，2003 年，白石柱等首次利用负型技术理念设计制作出赝复体的阴模，直接灌注硅橡胶而获得赝复体[22]，大大简化了颜面赝复体的制作过程。并通过触觉反馈三维数字雕刻系统逐步完善了负型技术中表面精细皮纹的设计及制作细节。Zbrush 软件是目前比较流行的三维数字化雕刻软件，它的出现完全颠覆了传统三维设计工具的工作方式，将复杂的角色建模、雕刻过程变得简单且容易。设计师可以通过软件提供细腻的笔刷快速地雕刻出生物体逼真的面部结构形态，便捷地塑造出皱纹、发丝、雀斑等皮肤细节，同时可以通过丰富多样的平滑工具高效地形成生物体不同结构间的自然过渡。三维数字化雕刻技术为提高颜面赝复体设计的速度及形态仿真程度提供了良好的保障。

4.2.3 颜面赝复体的比配色技术

由于面部形态的特殊性，以及赝复材料的特异性，使得高效精准的比配色仍是一个难题。目前，尚没有一种客观、科学的颜面赝复体比配色技术。油画颜料仍是目前主流的硅橡胶赝复体染色剂。常规颜面赝复体的配色有两种方式。一种方式以内着色为主，外着色为辅，这也是颜面赝复体的主流染色方式。该技术的要点是在充填硅橡胶前，根据赝复体不同部位的颜色需求，分别调拌颜料至硅橡胶中直至达到要求后，分区域将配色好的硅橡胶涂抹于负型型盒的对应区域。关闭型盒，固化后，再对部分区域辅以外着色进行调整。另一种方式则以内着色为辅，外着色为主。该方法是灌注前将硅橡胶调至患者基础肤色，充胶固化后，主要通过外着色实现与患者缺损区周围皮肤的匹配。其缺点是染色层易剥脱，且当染色层较厚时，易导致皮纹变浅甚至消失，影响赝复体的修复效果[23]。

学者们一直寄希望于数字化技术能改变和提升赝复体的比配色技术。在颜面赝复领域应用的测色方法主要有依赖医生经验的主观测量法和依靠设备的客观测量法。而后者又包括光谱光度法、分光光度法和数字化测色系统。以数码单反相机为中心组建的数字化测色系统正逐渐的在医学领域得到应用。利用它可以克服接触式测色仪器对皮肤和半透明物体测色时的不足，并且可以测量较大面积的物体以及定量地对物体颜色进行分析。陈江飞、赵铱民等以数码单反相机及结构光扫描仪为中心，探索建立数字化颜面皮肤颜色采集系统的可行性，并以曲率变化为面部复杂曲面的分割基础，通过分区域

采集面部曲率变化较小区域的颜色来降低光照不均匀对颜色采集带来的影响。颜面部色彩信息的准确获取为直接3D打印硅橡胶赝复体提供了数据基础。

应用数字化技术进行赝复体比配色的研究，一直是颌面赝复学界的一个热点，也是难点。曾有学者采用分光光度计、色度计等方式，采用色彩要素解析复原方法、神经网络分析比配色法等进行比配色的研究，至今尚未形成可行的临床方法，故而值得进一步深入研究。

4.2.4 直接 3D 打印制作硅橡胶颜面赝复体

直接 3D 打印硅橡胶颜面赝复体是颜面缺损赝复体制作的理想目标。但由于直接打印硅橡胶材料、染色剂、颜色再现系统及打印设备的限制，很长一段时间内，仍未实现该目标。2013 年 Xiao 和 Zardawi 等基于数学模型、利用 Zcorp Z510 打印系统开发出了具备 240 种色彩信息的 3D 彩色打印系统，通过打印淀粉渗透印硅胶模型，能够精确打印再现人类皮肤颜色 [24]。

2016 ~ 2018 年 Jindal 等利用聚二甲基硅氧烷（polydimethylsiloxane，PDMS）、填料、催化剂和交联技术，制备了四种不同类型的可直接 3D 打印的硅橡胶，并对其硬度、撕裂强度、生物安全性等进行评价，与目前商品化的颜面赝复用硅橡胶基本相似，为颜面赝复体的直接 3D 打印提供了材料基础 [25-26]。

2018 年 Unkovskiy 等利用立体摄影测量技术与结构光扫描技术获取患者面部的形态与颜色信息，设计出具有颜色信息的外鼻赝复体三维模型，并利用 Zcorp Z510 打印系统初步直接打印出具有基础颜色的硅橡胶外鼻赝复体 [27]。其仍需外着色进行颜色调整，且鼻赝复体的边缘稍厚，适合性稍差。但为实现硅橡胶颜面赝复体的直接 3D 打印迈出了重要的一步。2021 年 Unkovskiy 等利用上述技术直接 3D 打印出种植附着体固位的耳赝复体，并以数字化技术制作出种植连接杆及上部树脂支架 [28]。至此，实现了种植附着体固位颜面赝复体的全数字化流程。缺点仍是耳赝复体的边缘较厚，适合性稍差，需外着色进行颜色调整。目前，直接 3D 打印技术的一个主要问题是材料的耐久性、色彩的准确性和稳定性，仍需进行深入研究。

随着计算机技术、3D 打印技术、颜面赝复材料、比配色技术等技术的整体进步，直接打印与患者肤色高度匹配、适合性良好的硅橡胶颜面赝复体的设想终将成为现实。

5 小结

传统颌面缺损赝复作为“替代”时代的典型代表，在医学科技高度发展的今天，其作用和意义已显得局限。以“重建”为标志的新的现代颌面缺损修复理念和技术正在改变颌面缺损修复的现状。希望颌面缺损修复的医师、技师们能积极主动地接受这种颌面外科学、修复学等多学科融合的，以疾病为中心的颌面缺损修复理念，积极拓展知识领域，努力研究面临的种种问题，以期能伴随着数字化技术和材料学的进步，开创颌面缺损修复新的篇章。

参考文献

[1] 赵铱民 . 颌面赝复学 . 上卷 . 颌骨及腭部缺损的修复 [M]. 西安 : 世界图书出版西安公司 , 2004:1-10.

[2] 赵铱民 . 颌面缺损的数字化精准修复 [J]. 中华医学杂志 , 2015, 31:2508-2509.

[3] Ye H, Wang Z, Sun Y, et al. Fully digital workflow for the design and manufacture of prostheses for maxillectomy defects[J]. J Prosthet Dent. 2021; 126(2):257-261.

[4] Noh K, Pae A, Lee JW, et al. Fabricating a tooth-and implant-supported maxillary obturator for a patient after maxillectomy with computer-guided surgery and CAD/CAM technology:a clinical report[J]. J Prosthet Dent. 2016; 115(5):637-642.

[5] 孙兆琦 , 钱珍 , 王明一 . 颧种植体支持式赝复体修复单侧上颌骨缺损的临床应用及生物力学评价 [J]. 中华整形外科杂志 , 2021, 37(5):501-507.

[6] Butterworth CJ, Rogers SN. The zygomatic implant perforated (ZIP) flap:a new technique for combined surgical reconstruction and rapid fixed dental rehabilitation following low-level maxillectomy[J]. Int J Implant Dent. 2017; 3(1):1-8.

[7] Butterworth CJ, Lowe D, Rogers SN. The Zygomatic Implant Perforated (ZIP) flap reconstructive technique for the management of low-level maxillary malignancy–clinical & patient related outcomes on 35 consecutively treated patients[J]. Head & neck. 2022; 44(2):345-358.

[8] 曲行舟 , 王震 , Ong Hui Shan, 等 . 导航辅助穿颧种植体植入修复双侧上颌骨缺损的临床应用 [J]. 中华整形外科杂志 , 2021, 37(5):514-519.

[9] Klimczak J, Helman S, Kadakia S, et al. Prosthetics in facial reconstruction[J]. Craniomaxillofac Trauma Reconstr. 2018; 11(1):6-14.

[10] Vera C, Barrero C, Shockley W, et al. Prosthetic reconstruction of a patient with an acquired nasal defect using extraoral implants and a CAD/CAM copy-milled bar[J]. J Prosthodont. 2014; 23(7):582-587.

[11] Chaturvedi S, Bhagat T, Verma AK, et al. Rehabilitation of Nose following Chemical Burn Using CAD/CAM Made Substructure for Implant Retained Nasal Prosthesis:A Clinical Report[J]. Case Rep Dent. 2017; 2017:2784606.

[12] Nanda A, Jain V, Kumar R, et al. Implant-supported auricular prosthesis[J]. Indian J Dent Res. 2011; 22(1):152-156.

[13] Yeganeh F, Haghighat A, Amini-Pozveh M. Dental implant-retained auricular prosthesis[J]. Dent Res J (Isfahan). 2018; 15(6):444-446.

[14] Vijverberg MA, Verhamme L, van de Pol P, et al. Auricular prostheses attached to osseointegrated implants:multidisciplinary work-up and clinical evaluation[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol. 2019; 276(4):1017-1027.

[15] Ciocca L, Bacci G, Mingucci R, et al. CAD-CAM construction of a provisional nasal prosthesis after ablative tumour surgery of the nose:a pilot case report[J]. Eur J Cancer Care (Engl). 2009; 18(1):97-101.

[16] Chen PH, Seidenfaden JC, Sooudi I, et al. Using digital technology to create a custom esthetic bandage for patients after rhinectomy[J]. J Prosthet Dent. 2021; 125(2):357-360.

[17] Ciocca L, De Crescenzio F, Fantini M, et al. Rehabilitation of the nose using CAD/CAM and rapid prototyping technology after ablative surgery of squamous cell carcinoma:a pilot clinical report[J]. Int J Oral Maxillofac Implants. 2010; 25(4):808-812.

[18] Wei H, Bi Y, Li M, et al. Fully digital workflow for ear defect rehabilitation with an immediate implant-retained auricular prosthesis[J]. J Prosthet Dent. 2022; S0022-3913(22)00228-1.

[19] Ding L, Chen X, Zhang J, et al. Digital fabrication of a maxillary obturator prosthesis by using a 3-dimensionally–printed polyetheretherketone framework[J]. J Prosthet Dent. 2021; S0022-3913(21)00209-2.

[20] Tasopoulos T, Chatziemmanouil D, Kouveliotis G, et al. PEEK maxillary obturator prosthesis fabrication using intraoral scanning, 3D printing, and CAD/CAM[J]. Int J Prosthodont. 2020; 33(3):333-340.

[21] 周恬 , 顾晓宇 . 数字化和传统方法制备上颌骨缺损赝复体的效果评价 [J]. 口腔颌面修复学杂志 , 2021, 22(6):430-434.

[22] Bi Y, Wu S, Zhao Y, et al. A new method for fabricating orbital prosthesis with a CAD/CAM negative mold[J]. J Prosthet Dent. 2013; 110(5):424-428.

[23] Ranabhatt R, Singh K, Siddharth R, et al. Color matching in facial prosthetics:A systematic review[J]. J Indian Prosthodont Soc. 2017; 17(1):3-7.

[24] Xiao K, Zardawi F, van Noort R, et al. Color reproduction for advanced manufacture of soft tissue prostheses[J]. J Dent. 2013; 41 Suppl 5:e15-23.

[25] Jindal SK, Sherriff M, Waters MG, et al. Development of a 3D printable maxillofacial silicone:Part I. Optimization of polydimethylsiloxane chains and cross-linker concentration[J]. J Prosthet Dent. 2016; 116(4):617-622.

[26] Jindal SK, Sherriff M, Waters MG, et al. Development of a 3D printable maxillofacial silicone:Part II. Optimization of moderator and thixotropic agent[J]. J Prosthet Dent. 2018; 119(2):299-304.

[27] Unkovskiy A, Spintzyk S, Brom J, et al. Direct 3D printing of silicone facial prostheses:A preliminary experience in digital workflow[J]. J Prosthet Dent. 2018; 120(2):303-308.

[28] Unkovskiy A, Wahl E, Huettig F, et al. Multimaterial 3D printing of a definitive silicone auricular prosthesis:An improved technique[J]. J Prosthet Dent. 2021; 125(6):946-950.