

数字化技术在颧骨颧弓内推术中的应用进展*

安鹏¹ 陈友利² 杨玉芳¹ 向雪飞¹ 唐正龙^{1,2} 综述 王宇^{1,2} 审校

(1. 贵州医科大学口腔医学院, 贵州 贵阳 550004; 2. 贵州医科大学附属口腔医院口腔颌面外科, 贵州 贵阳 550004)

【摘要】 颧骨与颧弓是表现面中份特征与立体感的重要解剖结构, 过高的颧骨与颧弓直接影响面部的美观与和谐。颧骨颧弓内推术作为临床上矫正突出颧骨颧弓的主要手术方式, 近年来得到了长足发展。随着计算机技术、图像处理、数字化技术的应用, 颧骨颧弓内推术也不断取得新的进展。数字化技术和颧骨颧弓内推术的结合在提高手术精确度, 保持稳定性和减少并发症等方面起着至关重要的作用。本文就近年来数字化技术在颧骨颧弓内推术中的术前测量与模拟、术中转化及术后分析等应用的相关文章作一综述, 以期对数字化技术在颧骨颧弓内推术的未来发展提供方向。

【关键词】 数字化技术; 颧骨颧弓内推术; 3D 打印; 面中份整形; 人工智能技术

【中图分类号】 R782.2 **【文献标志码】** A **DOI:**10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2025. 07. 028

Application progress of digital technology in reduction malarplasty

AN Peng¹, CHEN Youli², YANG Yufang¹, XIANG Xuefei¹, TANG Zhenglong^{1,2} reviewing WANG Yu^{1,2} checking

(1. School of Stomatology, Guizhou Medical University, Guiyang 550004, China;

2. Department of Oral and Maxillofacial Surgery, The Affiliated Stomatological Hospital of Guizhou Medical University, Guiyang 550004, China)

【Abstract】 Zygomatic bone and zygomatic arch are important anatomical structures that represent the characteristics and three-dimensional sense of the middle face. Excessive zygomatic bone and zygomatic arch directly affect the beauty and harmony of the face. As the main surgical method for clinical correction of prominent zygomatic arch, reduction malarplasty has made great progress in recent years. With the application of computer technology, image processing and digital technology, the reduction malarplasty has also made new progress. The combination of digital technology and reduction malarplasty plays an important role in improving the accuracy of surgery, maintaining stability and reducing complications. This article reviews the application of digital technology in preoperative measurement and simulation, intraoperative transformation and postoperative analysis of reduction malarplasty in recent years, in order to provide direction for the future development of digital technology in reduction malarplasty.

【Key words】 Virtual surgical planning; Reduction malarplasty; 3D printing; Mid-face contour; Artificial intelligence technology

由于历史发展、文化背景、民俗习惯的差异, 以及原有基础条件的不同, 不同地域的人群具有不同的审美观^[1], 与西方人喜欢高突、有棱角的颧骨不同, 柔和且平缓的面部轮廓在东方人中更受欢迎。因此, 越来越多的东亚女性选择颧骨颧弓内推术以获得理想的面部轮廓。颧骨颧弓内推术和面部提升的结

合也被证明是一种有效、持久和令人满意的面部年轻化方法^[2]。随着数字化技术的发展及渗透领域的扩大, 颧骨颧弓内推术在数字化技术的辅助下也更趋于精准和完美^[1]。现就数字化技术在该术式中的应用进展作一综述。

1 经典的颧骨颧弓内推术

经典颧骨颧弓内推术的整形理念包括截骨和内推以缩小宽度或体积过大的颧骨以及宽度过大的颧弓。在该理念下, 国内外学者不断改进提出了众多经典术式。1983 年, Onizuka 等^[3]首次提出颧骨磨削术。将颧骨和颧弓的突出部分用骨凿凿除, 尽管该术式降低了颧骨颧弓的突度, 但精确度及安全性均难以保证, 目前已被摒弃。1997 年, Sumiya 等^[4]提出了 I 型

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(82160193); 贵州省科技计划项目(黔科合基础-ZK[2022]一般 384)

通信作者: 王宇, E-mail: 1767184488@qq.com

引用本文: 安鹏, 陈友利, 杨玉芳, 等. 数字化技术在颧骨颧弓内推术中的应用进展[J]. 西部医学, 2025, 37(7): 1088-1092. DOI: 10. 3969/j. issn. 1672-3511. 2025. 07. 028

截骨的颧骨内推技术,由于截骨位置较靠后,其只适用于颧骨突度正常而颧弓宽度过大的病例。而对于颧骨体突度明显且颧弓宽度过大的病例, Kim 和 Seul 于 2000 年提出了经典长臂去骨的 L 型截骨术^[5]。后来经过学者们不断改进,衍生出了短

臂去骨的 L 型截骨^[6]、长短臂均不去骨的 L 型截骨^[7-8]、以及长短臂均去骨的 L 型截骨术^[9]等众多术式(表 1)。目前,口内切口联合耳前小切口的 L 型骨切开内推术已经成为亚洲人改善面部轮廓的主流手术^[10-12],见图 1。

表 1 经典的颧骨颧弓内推术

Table 1 Classic reduction malarplasty

术式	适应症	手术切口	研究者	年份
颧骨磨削术	颧骨体积稍大,颧弓宽度正常	口内切口或冠状切口	Onizuka T 等 ^[3]	1983
I 型截骨术	颧弓宽,颧骨体积及突度正常	口内联合耳前小切口	Sumiya 等 ^[4]	1997
长臂去骨的 L 型截骨	颧弓宽,颧骨突出,高度过大	口内联合耳前小切口	Kim 等 ^[5]	2000
短臂去骨的 L 型截骨	颧弓宽,颧骨突出,长度过大	口内联合耳前小切口	Chen T 等 ^[6]	2011
长短臂均不去骨的 L 型截骨	颧弓宽,颧骨突出,体积正常	口内联合耳前小切口	林立新等 ^[7]	2011
长短臂均去骨的 L 型截骨	颧弓宽,颧骨突出体积过大	口内联合耳前小切口	Tang K 等 ^[9]	2014

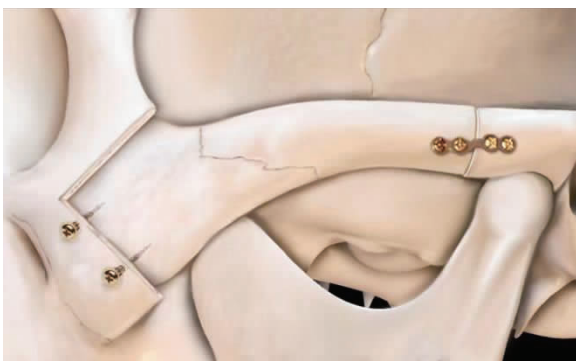


图 1 经典 L 型颧骨颧弓内推术

Figure 1 Classic L-shaped reduction malarplasty

然而,由于传统经典的颧骨颧弓内推术的术前设计很难实现术中转化,术中操作仍基于术者主观经验,缺乏精确度和稳定性。目前仍存在众多局限性:①对于颧骨颧弓突出的程度并未形成统一的量化的评判标准,缺乏对手术的指导。②术中截骨量的确定存在困难,截骨和内推效果的可预测性难以实现。③颧骨颧弓内推术与下颌角成形术及颏成形术等术式协同调整面部轮廓,协调面部比例时,缺乏可量化的参考数据指导不同轮廓整形手术^[13]的联合应用。在此背景下,数字化技术在颧骨颧弓内推术中的应用有着重要的临床意义。

2 数字化辅助颧骨颧弓内推术

2.1 数字化测量与术前模拟

2.1.1 颧骨顶点定位与移动的定量研究 从理论上讲,颧骨顶点(以下称颧顶)位于颧部皮肤最突出区域的下方^[14]。然而,在实际操作过程中由于个体差异及软组织水肿等原因,这种位置对应关系变得模糊。Nagasao 等^[14]利用 CB Works(日立)软件对颧骨进行形态分析并建立三维坐标系,通过四个标记点(眶下缘、眶外侧缘、颧颌结合部和颧突颧弓结合部)形成的矩形区域与颧顶之间的距离来定义颧顶的突度。虽然数字化技术可以提供标准化的测量方法,但仍需考虑到个体间的差异。颧骨的面部特征还与性别、种族和个性化的许多因数有关。鉴于此, Jirawatnotai 等^[15]结合 2D 和 3D CT 技术精准确定颧顶位置,并计算其平均值,从而精确地评估了颧骨的性别特征,这一方法为手术提供了更为个性化的参考数据。该研究

颧顶突度的测量方法与 Nagasao 等^[14]的研究相同,同时还指出男性的颧顶更远离面中线而女性则更突出,研究还指出颧骨应该横向内推并向前移动以获得更好的手术效果。精准找到颧顶还可以辅助定位手术的截骨线, Qiao 等^[16]提出的三点定位法通过确定耳屏后突点(Tr 点)和颧弓截骨线的上下缘外表面点(L1 和 L2),使手术定位更加精确和可重复,这种方法通过对颧弓定位测量的参考点截骨,在术前明确距离以更精确地定位颧弓的截骨线,提高了手术的精确性。

此外,研究者 Lee 等^[17]使用 CT 成像技术详细测量了患者的颧顶位置,通过模拟不同的截骨量和内推量(1~4 mm)分析这些变量对手术结果的具体影响。最终发现截骨是颧顶向内侧移动的主要决定因素,而骨内推主要影响颧顶的向前和向上移动,明确了不同手术操作如截骨和骨内推对颧顶位置改变的影响程度。综合以上研究,手术医师可以更准确地设计手术方案,使其既符合美学标准又符合患者的个体需求。

2.1.2 术前数字化模拟和规划 颧骨颧弓内推术的术前数字化模拟和规划有助于确定个体的颧骨形态并选择适当的术式,为实际手术的精确开展及临床环境中实现个性化截骨术提供重要参考价值。Zou 等^[18]通过 3D CT 和数字化软件建立坐标系,利用几何方程精确计算截骨量,这种方法提供了术前模拟的重要数学基础。通过几何方程计算颧骨的截骨量,更客观地达到理想的复位效果,为辅助手术设计和提高手术的准确性提供了理论依据。然而,双侧颧弓截骨位置的差异容易导致面部不对称, Kim 等^[19]基于 CT 和 Invivo 5 软件对颧弓进行测量和截骨的模拟。通过确定 A 点(外耳道最上缘点)和 B 点(颧弓上理想截骨点),把两个点转化到 3D 坐标系中并自动确定距离 L_{ab} 。然后通过该距离确定颧弓截骨位置,保证了颧弓截骨的准确性和对称性,这种精细的术前规划和模拟对于实现理想的术后效果至关重要。

此外,我国学者 Tao 等^[20]通过模拟颧骨复合体在内推力作用下的运动来计算内推效果并在颧弓上方检测到稳定且高效的内推区域。模拟结果表明,高效内推区的前缘,位于关节节点前方(7.80~9.13 mm);高效内推区后缘位于关节节点前方(4.70~5.73 mm)。这些区域的截骨可以提供稳定的内推效果^[20-21],因此该区域也被称为“稳定内推截骨区域”^[20]。但该研究的模拟技术并未考虑如软组织牵引、钛板钛钉的固定

等因素对于手术效果的影响,未来研究可能需要增加模拟条件以期更加贴近临床实际环境。在颧骨的三维变化上,有学者在分析骨内推和骨切除与颧骨变化的关系时,发现骨内推或骨切除与颧骨前、中宽度和颧骨突度变化具有显著相关性,而与颧弓宽度变化关系不明显^[22]。其首次分别研究骨内推量及骨切除量与颧弓宽度及颧骨突度变化的定量关系,根据不同术式提出不同的线性回归方程指导颧骨颧弓的内推和截骨。尽管这些研究在骨骼层面提供了较为精确的模拟和规划,软组织的动态变化和不可预测性仍是手术模拟和规划中的一个挑战。未来的研究需要更多关注软组织的影响,并体现在模拟技术和手术规划中。

2.2 数字化技术的实际转化

2.2.1 3D 打印导板及钛板 通过数字化辅助设计和 3D 打印技术制作的导板及钛板有助于临床医生直观了解解剖结构、精确实现颧骨颧弓内推的手术操作、减少手术并发症的发生并提升手术效果^[23-25]。3D 技术已经在口腔颌面外科领域逐渐得到广泛应用,国内学者荀文兴等^[26]将患者 CT 数据导入 Mimics 19.0 软件进行手术模拟、软件设计截骨导板,术中按截骨导板截开并内推颧骨颧弓后预弯钛板固定,证实了 CAD/CAM 手术导板能减少手术时间和术后并发症。对于术后恢复不佳而迫切需要二次手术的患者,其颧骨复合体完整结构已经被破坏,精确的术前模拟及术中转化就显得更加重要。Cho 等^[27]通过计算机辅助模拟手术和 3D 打印的牙列支持式颧骨截骨复位导板进行颧骨颧弓的二次整复手术,重新定位颧骨复合体的位置并实现了良好的对称,有效地减少了人为的误差,降低了术后并发症。

此外,定制钛板可以直接应用于手术中,减少了手术时间并提高了操作效率,这种方法对于复杂或需要高度精确对齐的手术尤其有效。Ha 等^[28]利用 3D 打印技术制作截骨导板指导截骨,通过 CAD/CAM 技术定制钛板进行颧骨复位,有效克服了传统复位导板占据空间及钛板不够贴合的技术难题,实现了精确的整复效果^[28-29]。未来,随着技术的进一步发展和优化,针对手术导板体积的优化和更精确的固定技术的开发,将进一步提升手术视野并简化手术过程,从而在提高颧骨颧弓内推术的成功率和安全性方面发挥更大的作用。

2.2.2 数字化辅助切口设计与固定 目前,口内联合耳前切口是最常见的手术切口^[30],具有同时暴露颧骨和颧弓、疤痕小、面神经分支损伤风险低等优点^[31-33]。然而,这种手术入路的视野受限,需要精确的技术和熟练的操作来重新定位和固定颧骨复合体^[30]。Kim 等^[19]通过直尺和圆规确定术前设计的颧弓的最窄截骨位置,可以最大程度减小耳前切口的长度。为了进一步提高手术切口的隐蔽性。Lee 等^[34]使用颧部小切口配合内窥镜技术进行手术,减少了疤痕并避免了面神经损伤,但增加了手术的复杂度和难度,可能影响到手术的精确性。目前,数字化导航技术已广泛应用于颧骨颧弓骨折中,但其并未实现手术切口的隐蔽^[35],未来内窥镜和数字化导航技术的结合可能是提高操作的微创性和实时精确性的关键。

颧骨颧弓内推术后固定不良通常是引发严重的面颊下垂、颧骨凹陷、骨不连等并发症的重要因素之一^[36-37]。本研究发现

将颧弓插入颧弓根和颧骨之间的间隙中可以形成榫卯结构,可以减少颧弓端的坚固内固定,在良好榫卯结构的基础上传统的两点固定有望减少为单点固定^[38]。Ge 等^[39]在此基础上进一步通过手术模拟和钛制的手术导板实现了对榫卯结构的精确术中转化,对颧骨和颧弓均有良好的固定效果。Al-Watary 等^[40]利用 3D 打印颧骨模型进行生物力学分析,模拟不同钛板钛钉及不同固定位置对颧骨复合体的稳定性影响,发现在颧骨位置采用两颗长钛钉或一块短臂固定在上颌骨的 L 型钛板可以实现最低的颧骨应力和最小的位移,而在颧弓位置采用榫卯结构加单颗短螺钉的固定方法具有最好的稳定性。

2.2.3 人工智能(Artificial intelligence, AI)和机器人技术

由于个体差异、解剖结构的复杂性以及实际手术视野的局限性,面部轮廓手术面临巨大的挑战。AI 可以正确收集、采纳并分析外部数据,通过学习实现特定的任务和目标^[41],通过智能分析和人脸对称性的识别为面部轮廓整形手术后面部不对称患者制定手术方案提供参考^[42]。手术机器人可以建立在 AI 处理数据的基础上实现精确的手术执行,在面部轮廓手术中已经得到初步应用。Shi 等^[43]设计了一种基于虚拟现实(Virtual reality, VR)的下颌角整形手术辅助机器人。手术机器人通过高精度的操作减少了人为误差,提高了手术的可预测性,增强了医生对手术过程的掌控^[44]。

目前手术机器人存在的技术限制包括机器人系统的空间占用问题、对特定手术环境的适应性,以及手术设备与现有医疗实践的兼容性。同时需要更多的临床试验和前瞻性研究来验证该技术在手术中的效果和安全性。尽管如此,AI 和机器人辅助技术仍展示出了巨大的潜力。通过不断的技术革新和临床验证,预期这些先进的工具将更好地服务于医生和患者,推动面部轮廓整形特别是颧骨颧弓内推术的不断发展。

2.3 术后的软硬组织的分析和测量 面部软硬组织的分析和测量对判断面部形态、指导轮廓整形手术以及达到面部轮廓年轻化的美学目的具有重要意义^[45],可以更精准地预测和实现手术后的美学效果。在面部硬组织比例的重建方面, Yang 等^[46]学者通过指出当面中部与面下部宽度比例接近 4:3 时,患者满意度较高。该发现提示在手术规划中考虑理想的面部比例的重要性,并可作为面部轮廓整形手术的一个重要参考指标。在软组织的测量方面, Calignano 等^[47]从 MRI 图像重建的 3D 模型中提取解剖标志,利用 3D 扫描仪将面部软组织图像用彩色编码技术编码后,通过数字图像处理系统将其转换成灰度图,对数据进行预处理和测量,该方法通过高级图像处理技术减少了人工测量的局限性,为更精确的软组织分析提供了工具。此外,有研究者发现位于颧骨下缘至前鼻脊之间的软组织在术后变化最为显著,颧骨颧弓内推术可引起该区域软组织一定程度的下垂^[48],这与普遍认为术后软组织改变集中在面中下部的认识是一致的。但该研究采用 CT 数据,相较于核磁共振成像精度不足,对患者随访时间有限,且未考虑随时间延长而自然衰老的过程^[48-50],研究也仅针对于软组织分析,并未结合内推术后颧骨的变化。

为确定术后软组织的三维变化及骨量与软组织改变之间的相关性, Lim 等^[51]在患者 CT 图像上测量手术前后从正中矢

状线到颧骨和软组织突出中心点的垂直距离,以此得到软组织与骨组织的变化关系^[52]。Jie 等^[53]对颧骨颧弓内推术前后的软硬组织进行了进一步的研究,发现骨组织沿着骨轮廓的切线方向移动 1 mm 会导致颧骨区域软组织移动 0.815 mm,上颌区域软组织移动 0.520 mm,定量地揭示了骨组织和软组织之间存在的相关性,有助于更好地理解手术过程中软硬组织的相互作用和变化,从而优化手术结果。尽管 CT 和 MRI 等成像技术在软组织测量中应用广泛,它们在精确度和对软组织动态特征捕捉方面仍有局限。未来软组织测量将着眼于更高的分辨率和更细致的软组织动态捕捉技术,这些研究和为未来的整形外科提供了丰富的研究方向和实践基础。通过继续优化和集成这些技术,更有效地实现患者的美学需求和手术安全。

3 小结与展望

颧骨颧弓内推术是一种复杂而又不乏精细的面中份轮廓整形术,术前的模拟和规划、术中的转化及术前后的测量成为该术式的重点和难点。目前数字化技术在该术式中应用的研究仍处于初期阶段,未来的颧骨颧弓内推术将继续依赖于数字化技术的发展,推动手术的个性化和精准化。主要展望如下:①更加精确的术前规划:进一步优化影像技术和模拟技术,减少术中不确定性和术后并发症的发生。②3D 打印技术的改进:提升 3D 打印导板和钛板的设计,减少其体积,提高其在手术中的应用灵活性,确保更好的手术视野和操作空间。③AI 和机器人辅助手术的推广:随着 AI 和机器人技术的发展,进一步优化术前模拟、术中导航和术后评估,提升手术的精准度和效果。特别是机器人辅助技术,将有望在未来成为颧骨颧弓内推术的重要工具。④综合软硬组织分析:结合更多的影像技术,如高精度的核磁共振成像,进行术前和术后的综合分析,提高手术效果的预测能力,并考虑软组织的动态分析和自然衰老过程,提供更全面的术后管理方案。通过这些发展,颧骨颧弓内推术将实现更高的个性化、精准化和安全性,为患者提供更理想的面部轮廓整形效果。

【参考文献】

- [1] 杜安通,江华,朱翊. 数字化技术在下颌角截骨手术中的应用进展[J]. 中国美容整形外科杂志,2022,33(4):246-248,后插 4.
- [2] BAEK R M, LEE S W. Face lift with reposition malarplasty [J]. *Plast Reconstr Surg*, 2009, 123(2): 701-708.
- [3] ONIZUKA T, WATANABE K, TAKASU K, *et al.* Reduction malar plasty[J]. *Aesthetic Plast Surg*, 1983, 7(2): 121-125.
- [4] SUMIYA N, KONDO S, ITO Y, *et al.* Reduction malarplasty [J]. *Plast Reconstr Surg*, 1997, 100(2): 461-467.
- [5] KIM Y H, SEUL J H. Reduction malarplasty through an intraoral incision: a new method[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2000, 106(7): 1514-1519.
- [6] CHEN T, HSU Y, LI J, HU J, *et al.* Correction of zygoma and zygomatic arch protrusion in East Asian individuals[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2011, 112(3): 307-314.
- [7] 林立新,林洪哲,黄勇,等. 改良颧骨颧弓截骨缩小术的临床应用[J]. 中华医学美容美容杂志,2011,17(4):269-272.
- [8] 王毅敏,CHUA CHEK-HAU,穆雄铮,等. 颧骨颧弓缩小截骨术的手术径路比较[J]. 中国美容医学,2008,(1):54-56.
- [9] TANG K, HSU Y, HU J, *et al.* New horizontal v-shaped osteotomy for correction of protrusion of the zygoma and the zygomatic arch in East Asians: indication and results[J]. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 2014, 52(7): 636-640.
- [10] 李根,侯敏. 不同类型 L 形截骨颧骨颧弓降低术的应用进展[J]. 中国美容整形外科杂志,2019,30(12):731-733.
- [11] CHEN T, HSU Y, LI J, *et al.* Correction of zygoma and zygomatic arch protrusion in East Asian individuals[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2011, 112(3): 307-314.
- [12] MA Y Q, ZHU S S, LI J H, *et al.* Reduction malarplasty using an L-shaped osteotomy through intraoral and sideburns incisions [J]. *Aesthetic Plast Surg*, 2011, 35(2): 237-241.
- [13] YOO H S, BYUN I H, AHN D K, *et al.* Multiplane Facelift Following Facial Bone Contouring for Enhanced Mobilization and Rejuvenation[J]. *J Craniofac Surg*, 2020, 31(7): 1962-1966.
- [14] NAGASAO T, NAKANISHI Y, SHIMIZU Y, *et al.* An anatomical study on the position of the summit of the zygoma: theoretical bases for reduction malarplasty[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2011, 128(5): 1127-1138.
- [15] JIRAWATNOTAI S, SRISWADPONG P. The difference in the location of the malar summit between genders in Southeast Asians with appropriate references[J]. *Arch Craniofac Surg*, 2021, 22(2): 78-84.
- [16] QIAO T, HOU M, LINY Y, *et al.* Digital localization of osteotomy position in prominent zygomatic arch[J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2021, 49(11): 1000-1004.
- [17] LEE S W, MYUNG Y, JEONG Y W. Bone Resection Versus Setback in Reduction Malarplasty: A Quantitative Analysis of the Migration of the Summit of the Zygoma[J]. *Aesthetic Plast Surg*, 2016, 40(3): 349-359.
- [18] ZOU C, NIU F, LIU J F, *et al.* Application of Computer Techniques in Correcting Mild Zygomatic Assymetry With Unilateral Reduction Malarplasty[J]. *J Craniofac Surg*, 2015, 26(6): 2002-2004.
- [19] KIM H L, KWON J S, CHOI Y J, *et al.* A three-dimensional planned osteotomy on the zygomatic arch for reduction malarplasty [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2017, 46(8): 1024-1025.
- [20] TAO Q, MIN H, YANGYANG L, *et al.* "Digital Simulation of Osteotomy Reduction of a Prominent Zygomatic Arch"[J]. *J Craniofac Surg*, 2021, 32(7): 2553-2556.
- [21] HWANG C H, LEE M C. Revision malarplasty guided by strategic categorization[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2019, 72(2): 322-334.
- [22] HE Y, WANG Y, AL-WATARY M Q H, *et al.* Three-dimensional analysis of zygomatic change after L-shaped reduction malarplasty with bone setback or resection [published online ahead of print, 2023 Apr 21][J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2023, 83: 42-50.
- [23] 石菲菲,葛文慧,许来俊. 数字化 3D 打印技术在口腔医学中的临床应用进展[J]. 山东医药,2023,63(11):104-108.

- [24] AHMED N, ABBASI M S, HAIDER S, *et al.* Fit Accuracy of Removable Partial Denture Frameworks Fabricated with CAD/CAM, Rapid Prototyping, and Conventional Techniques: A Systematic Review[J]. *Biomed Res Int*, 2021, 2021; 3194433.
- [25] NESIC D, SCHAEFER B M, SUN Y, *et al.* 3D Printing Approach in Dentistry: The Future for Personalized Oral Soft Tissue Regeneration[J]. *J Clin Med*, 2020, 9(7): 2238.
- [26] 荀文兴, 李金清, 李跃军. 计算机辅助设计及 CAD/CAM 手术导板在颧骨截骨整形术中的应用[C]. 中华口腔医学学会全科口腔医学专业委员会第八次学术会议论文集.
- [27] CHO J, KWON J S, LEE U L. Occlusion-Fit Three-Dimensional-Printed Zygoma Repositioner[J]. *J Craniofac Surg*, 2018, 29(3): 731-732.
- [28] HA S H, JUNG S, CHOI J Y. Reduction Malarplasty Using Customized Surgical Stent Based on 3D Virtual Surgery, CAD/CAM, and 3D Printing Technology: Case Series[J]. *J Craniofac Surg*, 2022, 33(5): 1578-1582.
- [29] LASSAUSAIE A, SESQUÉ A, BARTHÉLÉMY I, *et al.* Virtual Surgery Planning and Three-Dimensional Printing Template for Osteotomy of the Zygoma to Correct Untreated Zygomaticomaxillary Complex Fracture[J]. *J Craniofac Surg*, 2020, 31(4): 1142-1145.
- [30] AL-WATARY M Q, HAO J, HE Y, *et al.* Evaluation of Different Fixation Methods Combinations After L-Shaped Osteotomy Reduction Malarplasty: An In Vitro Biomechanical Study[J]. *Aesthetic Plast Surg*, 2024, 48(16): 3170-3179.
- [31] KIM J W, HWANG W. Optimal fixation location in intraoral reduction malarplasty using an l-shaped osteotomy[J]. *J Craniofacial Surg*, 2019, 30(8): 2490-2492.
- [32] LEE K C, HA S U, PARK J M, *et al.* Reduction malarplasty by 3-mm percutaneous osteotomy [J]. *Aesthet Plast Surg*, 2006, 30(3): 333-341.
- [33] YANG D B, CHUNG J Y. Infracture technique for reduction malarplasty with a short preauricular incision[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2004, 113(4):1253-1261.
- [34] LEE J S, KANG S, KIM Y W. Endoscopically assisted malarplasty: one incision and two dissection planes[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2003, 111(1): 461-467; discussion 468.
- [35] CHU Y Y, YANG J R, PEK C H, *et al.* Application of real-time surgical navigation for zygomatic fracture reduction and fixation[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2022, 75(1): 424-432.
- [36] LEE Y H, LEE S W. Zygomatic nonunion after reduction malarplasty[J]. *J Craniofacial Surg*, 2009, 20(3): 849-852.
- [37] BAEK R M, KIM J, KIM B K. Three-dimensional assessment of zygomatic malunion using computed tomography in patients with cheek ptosis caused by reduction malarplasty[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2012, 65(4): 448-455.
- [38] WANG Y, HSU Y, CHEN G, *et al.* The importance of the mortice and tenon joint on the zygomatic arch in reduction malarplasty—a retrospective study [J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2022, 50(4): 316-321.
- [39] GE H, WANG Y, GAO H, *et al.* The accuracy of virtual surgical planning assisted management for L-shaped reduction malarplasty: A retrospective study[J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2024, 52(3): 363-368.
- [40] AL-WATARY M Q, GAO H, SONG L, *et al.* Stability of different fixation methods after reduction malarplasty under average and maximum masticatory forces: a finite element analysis [J]. *Biomed Eng Online*, 2023, 22(1): 37.
- [41] HOLMES J H, SACCHI L, BELLAZZI R, *et al.* Artificial Intelligence in Medicine AIME 2015[J]. *Artif Intell Med*, 2017, 81: 1-2.
- [42] 雷博文, 杨斌. 人工智能技术在颌面外科领域中的应用[J]. *中国美容整形外科杂志*, 2022, 33(8): 449-453.
- [43] SHI Y, LIN L, ZHOU C, *et al.* A study of an assisting robot for mandible plastic surgery based on augmented reality [J]. *Minim Invasive Ther Allied Technol*, 2017, 26(1): 23-30.
- [44] LIN L, ZHAO Z, HAN W, *et al.* Advances in Robot-Assisted Surgery for Facial Bone Contouring Surgery [J]. *J Craniofac Surg*, 2023, 34(2): 813-816.
- [45] GAO B, YUAN Y, LI K, *et al.* Facial Contour Rejuvenation by Reduction Malarplasty Combined With Second-Stage Fat Grafting[J]. *J Craniofac Surg*, 2021, 32(1): 179-183.
- [46] YANG F, QI Z, DU L, *et al.* The Relationship Between the Facial Proportion Changes in Hard Tissue and the Satisfaction of Patients After Reduction Malarplasty: a Research Based on Three-Dimensional Cephalometry [J]. *Aesthetic Plast Surg*, 2020, 44(3): 750-763.
- [47] CALIGNANO F, VEZZETTI E. A morphological methodology for three-dimensional human face soft-tissue landmarks extraction: a preliminary study[J]. *Aesthetic Plast Surg*, 2011, 35(3): 289-302.
- [48] GAO J, WEI M, YUAN J, *et al.* Midfacial Soft Tissue Changes After Reduction Malarplasty: A Computed Tomographic Study[J]. *J Craniofac Surg*, 2022, 33(2): 579-583.
- [49] WEN L H, ZHONG P H, WANG X L, *et al.* Analysis of age-related changes in midfacial fat compartments in Asian women using computed tomography[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2019, 72(11): 1839-1846.
- [50] ABIRI A, JUO Y Y, TAO A, *et al.* Artificial palpation in robotic surgery using haptic feedback[J]. *Surg Endosc*, 2019, 33(4): 1252-1259.
- [51] LIM H K, CHOI Y J, CHOI W C, *et al.* Three-dimensional soft tissue changes after reduction malarplasty in female patients [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2022, 51(12): 1556-1561.
- [52] HWANG H S, PARK M K, LEE W J, *et al.* Facial soft tissue thickness database for craniofacial reconstruction in Korean adults[J]. *J Forensic Sci*, 2012, 57(6): 1442-1447.
- [53] JIE B, YAO B, AN J, *et al.* Correlation Between Soft and Hard Tissue Changes in the Zygomaticomaxillary Region After Bone Contouring Surgery for Fibrous Dysplasia—A Preliminary Study[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2019, 77(9): 1904. e1-1904. e11.

(收稿日期: 2024-05-23; 修回日期: 2025-05-12; 编辑: 刘灵敏)