

· 综述 ·

口内电阻焊接在无牙颌种植修复中的应用

刘向东¹ 张思慧² 何凯讯² 罗家坤² 陈江¹

¹福建省口腔疾病研究重点实验室 福建省口腔生物材料工程技术研究中心 福建省高校口腔医学重点实验室 福建医科大学口腔医学院·附属口腔医院, 福州 350004; ²福建医科大学口腔医学研究院 福建医科大学口腔颌面种植研究中心 福建医科大学口腔医学院·附属口腔医院, 福州 350004

通讯作者: 陈江, Email: jiangchen@fjmu.edu.cn, 电话: 0591-83754882

【摘要】 无牙颌种植术后即刻修复可以快速恢复患者咀嚼、发音功能, 避免牙齿缺失带来的美学及功能障碍。目前种植即刻义齿制作存在不能有效防止种植体微动和制作时间长等缺陷。而口内电阻焊接将种植体上部配件与弯制钛支架焊接固定, 坚强固定多个种植体同时快速完成即刻修复。本文将从其发展历史、原理、优势、局限性及展望5个方面介绍口内电阻焊接技术。

【关键词】 无牙颌; 即刻修复; 口内焊接技术

基金项目 福建省卫生健康科技计划项目 (2016-1-71)

Application of intraoral welding technique in edentulous implant restoration

Liu Xiangdong¹, Zhang Sihui², He Kaixun², Luo Jiakun², Chen Jiang¹

¹Fujian Key Laboratory of Oral Diseases & Fujian Provincial Engineering Research Center of Oral Biomaterial & Stomatological Key lab of Fujian College and University, School and Hospital of Stomatology, Fujian Medical University, Fuzhou 350004, Fujian Province, China; ²Institute of Stomatology & Research Center of Dental and Craniofacial Implants, School and Hospital of Stomatology, Fujian Medical University, Fuzhou 350004, Fujian Province, China

Corresponding author: Chen Jiang, Email: jiangchen@fjmu.edu.cn, Tel: 0086-591-83754882

【Abstract】 Immediate restoration after implant placement in edentulous patients can provide quick esthetic and function rehabilitation. So far there are still some problems in the fabrication of immediate prosthesis such as inefficiency of the prevention of implant micromovements. The fabrication usually takes much time. Intraoral welding technique can be utilized to splint implants and shorten the time of immediate prosthesis welding the implant abutments and titanium bar in the oral cavity. This paper reviews the intraoral welding technique including its development history, principle, advantages, disadvantages and prospects.

【Key words】 Edentulous; Immediate restoration; Intraoral welding technique

Fund program: Youth Project of Health and Family Planning Commission (2016-1-71)



刘向东
医师、硕士研究生,
研究方向: 口腔种植与无牙颌即刻修复治疗



陈江
主任医师、教授、
博士生导师、党委书记, 研究方向:
主要从事数字化种植技术和并发症研究

DOI: 10.12337/zgkqzzzz.2021.04.008

收稿日期 2021-01-13 本文编辑 石淑芹, 宋宇

引用本文: 刘向东, 张思慧, 何凯讯, 等. 口内电阻焊接在无牙颌种植修复中的应用 [J]. 中国口腔种植学杂志, 2021, 26(2): 120-123.

DOI: 10.12337/zgkqzzzz.2021.04.008.

无牙颌种植术后即刻修复可以快速恢复患者的咀嚼、发音功能,避免牙齿缺失带来的美学和功能障碍^[1]。目前种植即刻义齿制作方式主要有种植术后取模制作^[2]和预制修复体种植术后重衬^[3]两种,前者需要克服多个种植体存在时取模误差,并且翻制石膏模型的膨胀和树脂材料的收缩会导致被动就位丧失。虽然后者可以一定程度弥补以上不足,但仍存在穿出通道磨除较多降低修复体强度的可能,甚至会出现修复体折断影响种植体长期稳定性^[4]。修复体被动就位是无牙颌种植治疗成功的关键^[5-6],口内焊接技术指在口内将种植体上部配件与弯制钛支架焊接固定,可以实现精确被动就位,并增强修复体强度^[7]。本文将围绕口内电阻焊接的发展、原理、优势、局限性进行综述,以期为临床治疗提供参考。

一、口内电阻焊接的发展

Mondani等^[8]于1982年首次提出口内电阻焊接技术,用于直接在口内焊接钛种植体上部修复配件以快速制作固定修复体。Hruska^[9]等研究显示,口内电阻焊接支架可以减少临时修复体折断的风险,436个种植体采用口内电阻焊接技术制作部分牙列或全牙列临时修复体,5年成功率为99.3%。Degidi等^[7]利用钛丝作为支架,在口内焊接多个种植体制作个性化金属增强临时修复体并进行即刻负载,6个月后随访观察无失败病例。Degidi研究表明上颌无牙颌^[10],下颌无牙颌^[11],倾斜种植体^[12],全口无牙颌^[13]均可在种植体植入手术当天,结合口内电阻焊接技术制作最终修复体^[14]。Avvanzo^[15]认为口内电阻焊接可以有效抵抗侧向力,保证骨增量处即刻负载的成功率。

2017年Bacchiocchi对钛丝焊接模式进行改进,发明了球型焊接杆。由光滑修复套筒、(4级)钛杆、末端小球与旋转环组成,部件之间组装并焊接,不会产生任何张力。即刻最终修复2年后,种植体留存率为97.7%,修复成功率为92.9%。球形焊接的优势在于可以将连接杆置于骨嵴正上方,减小了钛支架的占位影响且不需要对钛支架进行弯制,操作简单,缺点是种植体之间钛杆长度需要根据术中实际情况进行调改^[16]。

Albiero提出数字化辅助下口内电阻焊接技术,在手术规划设计软件中确定修复体外形和种植体位置后,预先设计基台穿龈高度、角度、连接钛丝的预弯形状和放置位置,打印或切割带有种植体替代体的模型,安装焊接基台后,术前预弯制连接钛丝,减少了连接钛丝成形、修复体构件内面调改所需的椅旁时间^[17-19]。利用数字化方法可以精确控制修复体构件的厚度和钛丝分布位置^[20-21],减少钛支架干扰修复体就位,但需要将预弯制的连接钛丝扫描后导入数字化软件中与原设计形状匹配,再弯制修改,反复扫描与匹配步骤多、耗时较长。

二、口内电阻焊接的原理及应用

1. 钛金属电阻焊接原理:

工业上对钛金属焊接可以采用激光焊接和电弧焊,口内电阻焊接时金属熔化仅发生在接触点处,产热不会损害口腔组织。焊接过程中,铜电极对钛丝和基台间施加并维持压力,使两者接触点之间形成一个稳定的电阻,短时间内铜电极产生大电流通过焊件接触点产生热量,迅速升温,熔化局部接触区域,降温冷却后金属结晶成一个整体,即焊接在一起。由于钛材料的导热性远低于铜电极,焊接结束后热量由铜电极散发,避免了热量向种植体周围传导。针对电阻焊接在种植修复中的应用,Ceschini等^[22]研究发现:①电阻焊接应用广泛,不同等级的纯钛(2级或4级)、焊接时能量大小、焊接环境(潮湿空气或水中)和冷却过程等改变,均形成了类似的微观结构改变;②口内电阻焊接不会导致基台的几何形状发生明显的变化;③微观结构分析显示,焊接产生的温度激增只局限于焊接结合中心的几百微米范围内,体外红外热成像显示焊接区域峰值温度从未超过39.0℃,即使在模拟多失误累加的实验中,焊接区的温度升高为(42.8±2)℃,也远低于造成骨组织灼伤的56.0℃^[23];④焊接过程中产生的热量不会造成金属熔化滴落,不会烫伤周围软硬组织;⑤结合中心和热影响区域结晶改变致硬度下降,但不影响焊接支架整体疲劳强度。

2. 口内焊接过程可分为三个阶段:准备阶段、焊接阶段和修复阶段。

(1) 准备阶段:预制中空的即刻修复体以容纳焊接后的钛支架。种植体植入后,安装基台和钛临时基底并弯制钛丝与各个钛基底同时接触,钛丝分布不影响修复体就位。两焊接点距离≤8mm,可以使用直径1.5mm钛丝,两焊接点距离在8mm和15mm之间,使用直径2.0mm钛丝。缺牙区位点可以使用1.2mm钛丝做固位钛丝。

(2) 焊接阶段:焊接钳两极分别放置在钛丝和钛基底的两侧,整个焊接过程中必须施加恒定的压力,以确保焊接部件之间紧密接触。通过电极的电流在钛材料接触面产热,2~5ms即可将接触点温度提高到1660℃,达到钛的熔点。保持焊接部件间稳定的压力直至结晶完成。冷却凝固形成的钛结晶将连接钛丝与基台牢固连接在一起。主体钛支架焊接完成后取出至口外完成固位钛丝的焊接。

(3) 修复阶段:调改钛支架直至即刻修复体可以准确就位,恢复合适的垂直距离。对钛支架进行喷砂、涂布遮色剂,修复体与钛支架间充填树脂、固化、塑形修复体组织面形态、抛光、试戴并调颌。

三、口内电阻焊接在无牙颌种植修复中的优势

1. 快速、精确地实现被动就位:

修复体的精确被动就位是种植治疗长期成功的前提^[6]。利用数字应变仪对电阻焊接支架、数字化辅助设计与数字化辅助制作钛支架、铸造合金支架和铸造钛合

金支架螺钉固定后的应变进行测量,电阻焊接支架应变平均值为83 microm/m,四组之间应变值比较没有统计学差异,电阻焊接支架可获得与其他金属支架相似的精度^[24]。研究发现使用口内电阻焊接后种植体边缘骨吸收率较低,可能与口内电阻焊接形成的刚性支架结构是精确的被动就位并避免了反复拆卸和频繁修改有关^[10]。

2. 种植体周围骨组织稳定,骨结合成功率高:

6个月随访192颗种植体骨结合率为100%^[7]。上颌无牙颌即刻修复12个月随访显示,共153颗种植体均获得良好的骨结合,平均边缘骨吸收为 (0.57 ± 0.21) mm^[10]。2年的前瞻性研究表明在下颌无牙颌即刻最终修复种植体骨结合率为100%,平均边缘骨增高 (0.21 ± 0.25) mm,可能与种植体位于骨下植入有关^[14]。远端倾斜种植体的无牙颌即刻修复3年随访显示种植体骨结合率为97.8%,边缘骨吸收为 (1.03 ± 0.69) mm,轴向种植体骨结合率为99.2%,边缘骨吸收为 (0.92 ± 0.75) mm,两者之间没有统计学差异^[12]。3年前瞻性研究显示即刻最终修复体的种植体骨结合率为99.1% (6个月时观察结果),上颌边缘骨吸收为 (0.97 ± 0.36) mm,下颌边缘骨吸收为 (1.02 ± 0.41) mm^[13]。另一项为期6年的随访研究表明,上颌种植体留存率为92.19%,累积边缘骨吸收为 (1.39 ± 0.67) mm,下颌种植体留存率87.89%,边缘骨吸收为 (1.29 ± 0.71) mm^[25]。高效的骨结合可能与焊接形成的固定夹板增强种植体的稳定性有关^[7]。经典的骨结合理论认为,种植体骨界面的微动和过载是种植治疗失败主要因素之一^[26-27]。焊接形成的固定夹板可以显著提高修复体的稳定性并使种植体微动低于临界阈值^[28]。

3. 能够作为最终修复体使用:

多篇文献报道显示口内电阻焊接制作的即刻最终修复体长期随访成功率不低于96.67%^[10-14]。Degidi等^[29]对电阻焊接钛支架进行频率为10 Hz、 5×10^6 次(10年)疲劳测试发现其疲劳强度为137 N,可以满足临床使用需要。修复体在手术当天安装后无需频繁拆卸,减小对种植体周围组织的损伤,降低边缘骨吸收的风险;减少传统最终修复体制作过程中如取模、石膏模型膨胀、蜡型收缩、支架铸造等步骤中带来的误差;与数字化切割钛支架相比,制作简易,耗时短,成本较低;出现的牙尖崩裂等小机械并发症可以直接使用树脂修补,无需像烤塑修复体等需要重新制作^[10]。

四、口内电阻焊接的局限性

口内焊接技术敏感性高,学习曲线长;后牙区咬肌、舌肌影响焊接操作;焊接后的钛支架与即刻修复体间的空隙使用树脂材料充填,树脂材料的固化收缩产生的内应力无法释放。

五、口内电阻焊接的发展展望

目前使用的焊接钛丝是二级钛,使用机械性能更好

的钛丝可提升修复体的抗弯强度和稳定性。内衬的复合树脂性能也应满足最终修复体的机械性能需求,以减少机械并发症的发生。目前只有个别种植体系统如Ankylos、XiVe有电阻焊接所需的上部修复配件,未来可以探索其他种植体系统配件或第三方制作配件与口内焊接技术联合应用,扩大口内电阻焊接技术的应用。已有学者报道焊接结合数字化方法,即术前软件设计修复体,术中调整,缩短椅旁时间。但口腔数字化软件中缺乏钛丝设计工具,弯制后钛丝仍需反复扫描匹配后在软件中对比修改,可以探索整合数字化软件并增加该工具,进一步缩短即刻修复完成时间。弯制连接钛丝以保证上部修复配件整体被动就位需要一定的训练与经验,简化钛丝的弯制以快速获得被动就位是今后的探索方向。

种植术后即刻修复已成为种植医生和患者的共同目标。口内电阻焊接技术制作无牙颌即刻修复或最终修复可以实现精确的被动就位,减少椅旁操作时间,提供坚固的夹板作用。与数字化技术相结合并不断更新材料性能,简化操作并拓宽应用范围有望成为口内焊接未来研究的方向。

利益冲突 本文作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] De Bruyn H, Raes S, Ostman PO, et al. Immediate loading in partially and completely edentulous jaws: a review of the literature with clinical guidelines[J]. *Periodontol* 2000, 2014,66(1):153-187. DOI: 10.1111/prd.12040.
- [2] Horiuchi K, Uchida H, Yamamoto K, et al. Immediate loading of Brånemark system implants following placement in edentulous patients: a clinical report[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2000,15(6):824-830.
- [3] Misch CM. Immediate loading of definitive implants in the edentulous mandible using a fixed provisional prosthesis: The denture conversion technique[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2004,62(9 Suppl 2):106-115. DOI: 10.1016/j.joms.2004.06.042.
- [4] Gallucci GO, Bernard JP, Bertosa M, et al. Immediate loading with fixed screw-retained provisional restorations in edentulous jaws: the pickup technique[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2004,19(4):524-533.
- [5] Able FB, de Mattias Sartori IA, Thomé G, et al. Retrospective, cross-sectional study on immediately loaded implant-supported mandibular fixed complete-arch prostheses fabricated with the passive fit cementation technique[J]. *J Prosthet Dent*, 2018,119(1):60-66. DOI: 10.1016/j.prosdent.2017.02.006.
- [6] 陈江. 种植修复体精准被动就位的意义及评价[J]. *中华口腔医学杂志*, 2020,55(11):825-830. DOI: 10.3760/cma.j.cn112144-20200622-00358.

- [7] Degidi M, Gehrke P, Spanel A, et al. Syncrystallization: a technique for temporization of immediately loaded implants with metal-reinforced acrylic resin restorations[J]. Clin Implant Dent Relat Res, 2006, 8(3):123-134. DOI: 10.1111/j.1708-8208.2006.00011.x.
- [8] Mondani PL, Mondani PM. [The Pierluigi Mondani intraoral electric solder. Principles of development and explanation of the solder using syncrystallization][J]. Riv Odontostomatol Implantoprosesi, 1982,(4):28-32.
- [9] Hruska AR. Intraoral welding of pure titanium[J]. Quintessence Int, 1987,18(10):683-688.
- [10] Degidi M, Nardi D, Piattelli A. Immediate loading of the edentulous maxilla with a final restoration supported by an intraoral welded titanium bar: a case series of 20 consecutive cases[J]. J Periodontol, 2008,79(11):2207-2213. DOI: 10.1902/jop.2008.080141.
- [11] Degidi M, Nardi D, Piattelli A. Immediate rehabilitation of the edentulous mandible with a definitive prosthesis supported by an intraorally welded titanium bar[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2009,24(2):342-347.
- [12] Degidi M, Nardi D, Piattelli A. Immediate loading of the edentulous maxilla with a definitive restoration supported by an intraorally welded titanium bar and tilted implants[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2010,25(6):1175-1182.
- [13] Degidi M, Nardi D, Piattelli A. Immediate definitive rehabilitation of the edentulous patient using an intraorally welded titanium framework: a 3-year prospective study[J]. Quintessence Int, 2010,41(8):651-659.
- [14] Degidi M, Nardi D, Piattelli A. Prospective study with a 2-year follow-up on immediate implant loading in the edentulous mandible with a definitive restoration using intraoral welding[J]. Clin Oral Implants Res, 2010,21(4):379-385. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2009.01865.x.
- [15] Avvanzo P, Fabrocini LA, Ciavarella D, et al. Use of intraoral welding to stabilize dental implants in augmented sites for immediate provisionalization: a case report[J]. J Oral Implantol, 2012,38(1):33-41. DOI: 10.1563/AAID-JOI-D-10-00047.
- [16] Bacchiocchi D, Guida A. The Ball Welding Bar: A New Solution for the Immediate Loading of Screw-Retained, Mandibular Fixed Full Arch Prostheses[J]. Int J Dent, 2017,2017:2679085. DOI: 10.1155/2017/2679085.
- [17] Albiero AM, Benato R. Computer-assisted surgery and intraoral welding technique for immediate implant-supported rehabilitation of the edentulous maxilla: case report and technical description[J]. Int J Med Robot, 2016,12(3):453-460. DOI: 10.1002/rcs.1715.
- [18] Albiero AM, Benato R, Benato A, et al. Use of Intraoral Welding to Increase the Predictability of Immediately Loaded Computer-Guided Implants[J]. Int J Periodontics Restorative Dent, 2017,37(4):591-598. DOI: 10.11607/prd.3027.
- [19] Albiero AM, Benato R, Fincato A. Immediately Loaded Intraorally Welded Complete-Arch Maxillary Provisional Prosthesis[J]. Int J Periodontics Restorative Dent, 2015,35(5):725-731. DOI: 10.11607/prd.2293.
- [20] Albiero AM, Benato R, Momic S, et al. Implementation of computer-guided implant planning using digital scanning technology for restorations supported by conical abutments: A dental technique[J]. J Prosthet Dent, 2018,119(5):720-726. DOI: 10.1016/j.prosdent.2017.07.015.
- [21] Albiero AM, Benato R, Momic S, et al. Guided-welded approach planning using a computer-aided designed prosthetic shell for immediately loaded complete-arch rehabilitations supported by conometric abutments[J]. J Prosthet Dent, 2019,122(6):510-515. DOI: 10.1016/j.prosdent.2018.12.002.
- [22] Ceschini L, Boromei I, Morri A, et al. Microstructural characterization and hardness properties of electric resistance welding titanium joints for dental applications[J]. Proc Inst Mech Eng H, 2015,229(6):429-438. DOI: 10.1177/0954411915585598.
- [23] Degidi M, Nardi D, Sighinolfi G, et al. In vitro infrared thermography assessment of temperature peaks during the intra-oral welding of titanium abutments[J]. Infrared Physics & Technology, 2012,55:279-283.
- [24] Degidi M, Caligiana G, Francia D, et al. Strain gauge analysis of implant-supported, screw-retained metal frameworks: Comparison between different manufacturing technologies[J]. Proc Inst Mech Eng H, 2016,230(9):840-846. DOI: 10.1177/0954411916653623.
- [25] Degidi M, Nardi D, Piattelli A. A six-year follow-up of full-arch immediate restorations fabricated with an intraoral welding technique[J]. Implant Dent, 2013,22(3):224-231. DOI: 10.1097/ID.0b013e31829261ed.
- [26] Brunski JB, Moccia AF Jr, Pollack SR, et al. The influence of functional use of endosseous dental implants on the tissue-implant interface. I. Histological aspects[J]. J Dent Res, 1979,58(10):1953-1969. DOI: 10.1177/00220345790580100201.
- [27] Carter DR, Van Der Meulen MC, Beaupré GS. Mechanical factors in bone growth and development[J]. Bone, 1996,18(1 Suppl):5S-10S. DOI: 10.1016/8756-3282(95)00373-8.
- [28] Degidi M, Daprile G, Piattelli A. Implants inserted with low insertion torque values for intraoral welded full-arch prosthesis: 1-year follow-up[J]. Clin Implant Dent Relat Res, 2012,14 Suppl 1:e39-45. DOI: 10.1111/j.1708-8208.2011.00345.x.
- [29] Degidi M, Nardi D, Morri A, et al. Fatigue limits of titanium-bar joints made with the laser and the electric resistance welding techniques: microstructural characterization and hardness properties[J]. Proc Inst Mech Eng H, 2017,231(9):839-850. DOI: 10.1177/0954411917709835.