

[DOI]10.12016/j.issn.2096-1456.2020.04.005

· 临床研究 ·

激光选区熔化钛合金可摘局部义齿支架的临床应用

张雯¹, 谢文强², 郑美华², 孔祥波²

1. 广东省第二中医院口腔科, 广东 广州(510095); 2. 中山大学孙逸仙纪念医院口腔科, 广东 广州(510120)

【摘要】目的 探讨激光选区熔化(selective laser melting, SLM)钛合金可摘局部义齿支架应用于临床时的效果。**方法** 选取本院就诊的牙列缺损患者共20例,按照制作可摘局部义齿钛合金支架的方法不同而分为2组,SLM组与铸造组。对支架的成功率、就位率、义齿的咀嚼效率以及义齿性口炎发生率分别进行比较。结果数据使用SPSS20.0进行统计分析。**结果** SLM组支架的成功率为100.00%,高于铸造组支架的成功率90.00% ($P < 0.001$)。SLM组支架的就位率低于铸造组支架的就位率 ($P < 0.05$)。SLM组义齿的咀嚼效率高于铸造组义齿的咀嚼效率 (0.783 ± 0.030 vs. 0.699 ± 0.037 , $P < 0.001$)。SLM组义齿使用一年的义齿性口炎发生率(10.00%)明显低于铸造组义齿的义齿性口炎发生率(30.00%) ($P < 0.001$)。**结论** 利用SLM制作可摘局部义齿支架在咀嚼效率与降低义齿性口炎发生率优于传统铸造法,可以满足临床使用要求,但跨度大的支架精度有待提高。

【关键词】 牙列缺损; 激光选区熔化; 可摘局部义齿; 支架; 钛合金;
口腔修复; 咀嚼效率; 义齿性口炎; 临床应用

【中图分类号】 R78 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2020)04-0231-05

【引用著录格式】 张雯, 谢文强, 郑美华, 等. 激光选区熔化钛合金可摘局部义齿支架的临床应用[J]. 口腔疾病防治, 2020, 28(4): 231-235.

Clinical application of laser selective melting titanium alloy for removable partial denture frameworks
ZHANG Wen¹, XIE Wenqiang², ZHENG Meihua², KONG Xiangbo². 1. Department of Stomatology, the Second Hospital of Traditional Chinese Medicine of Guangdong Province, Guangzhou 510095, China; 2. Department of Stomatology, Sun Yat-sen Memorial Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510120, China
Corresponding author: ZHENG Meihua, Email: gzzhengm@sina.com, Tel: 86-20-81332985

【Abstract】 Objective To investigate the effect of denture stomatitis of selective laser melting (SLM) titanium alloy for removable partial denture frameworks. **Methods** Twenty patients with dentition defects in our hospital were divided into two groups according to the different methods of creating a removable partial denture framework: the SLM group and casting group. The success rate, placement rate, masticatory efficiency and incidence of denture stomatitis were compared. Experimental data were analyzed with SPSS20.0. **Results** The success rate of the SLM framework group was 100.00%, which was higher than that of the casting group (90.00%) ($P < 0.01$). The rate of framework placement in the SLM group was slightly lower than that in the casting group ($P < 0.05$). The masticatory efficiency of the SLM group was higher than that of the casting group (0.783 ± 0.030 vs. 0.699 ± 0.037 , $P < 0.001$). The incidence of denture stomatitis (10.00%) in the SLM group was significantly lower than that in the casting group (30.00%) ($P < 0.001$). **Conclusion** SLM is superior to the traditional casting method in mastication efficiency and reducing the incidence of denture stomatitis. This method can meet the clinical requirements, but the accuracy of the long-term stent needs to be improved.

【收稿日期】 2018-06-25; **【修回日期】** 2019-09-02

【基金项目】 广东省公益研究与能力建设专项资金项目(社会发展领域)(2014A020212167); 广东省医学科学技术研究基金项目(B2019227)

【作者简介】 张雯, 主治医师, 硕士, Email: taoyan_jiutaoyan@163.com

【通信作者】 郑美华, 副教授, 硕士 Email: gzzhengm@sina.com, Tel: 86-20-81332985



开放科学(资源服务)标识码(OSID)

【Key words】 dentition defect; selective laser melting; removable partial denture; frameworks; titanium alloy; prosthodontics; mastication efficiency; denture stomatitis; clinic application

J Prev Treat Stomatol Dis, 2020, 28(4): 231-235.

全国第三次口腔健康流行病学调查统计显示,65~74岁老年人中,牙列缺损率为77.89%,35~44岁年龄组的牙列缺损率也高达36.4%,而老年人牙列缺损修复率仅为45.45%^[1]。近些年口腔修复学蓬勃发展,修复方法日新月异,目前对于牙列缺损患者的修复主要有可摘局部义齿修复、种植义齿修复、固定局部义齿修复、固定-活动义齿修复以及覆盖义齿修复。其中可摘局部义齿具有适应证广、价格低廉、磨除牙体组织少等优点,其仍为牙列缺损患者中运用最广的修复方式之一。目前临床上使用的可摘局部义齿主要以金属支架式为主。可摘局部义齿支架材料主要有:钴铬合金、钴铬钼合金、纯钛与钛合金。Ti-6Al-4V作为第一种实用型钛合金,目前被广泛应用于汽车、航天、医疗等行业。传统的钛合金支架多为铸造加工,其仍然面临着许多问题^[2-3],所以通过改变制造工艺来提升钛合金支架的性能十分必要。

激光选区熔化法(selective laser melting, SLM)目前被应用于制造可摘局部义齿支架^[4-6]。SLM的制造过程相当于将一个复杂的三维试件分割成许多个简单的二维试件,通过层层堆积形成最终试件,所以SLM可以轻易制作出复杂的试件,尤其适合制作可摘局部义齿支架这种具有复杂的几何形状的试件^[7-9]。相对于传统石蜡铸造技术而言,SLM可以实现无模制作,简化了制造工艺,大大增加了制造效率,节约了原材料的使用^[10]。目前国内外对于SLM钛合金可摘局部义齿支架的临床应用方面的报道较少,本文对SLM钛合金可摘局部义齿支架应用于牙列缺损患者的临床效果进行探讨,旨在为SLM钛合金可摘局部义齿支架的临床使用提供参考。

1 对象和方法

1.1 研究对象

选取广东省第二中医院口腔科2017年3月至2018年3月期间就诊的牙列缺损患者共20例分为SLM组、铸造组2组,制作可摘局部义齿钛合金支架。SLM组患者的义齿支架采用SLM法,铸造组采用传统石蜡铸造法。病例纳入标准:①牙列缺

损>3个月,患者有可摘局部义齿修复的意愿;②余留牙齿健康或已做相应治疗并处于稳定期;③口腔卫生良好,能进行常规口腔卫生维护;④能够配合治疗,定期复查的患者,有意愿接受临床试验要求并知情同意。排除标准:①有余留牙Ⅲ度松动,牙槽骨吸收到根尖1/3的患者;②有进行性牙周疾病的患者;③严重全身系统疾病及心理疾病患者。

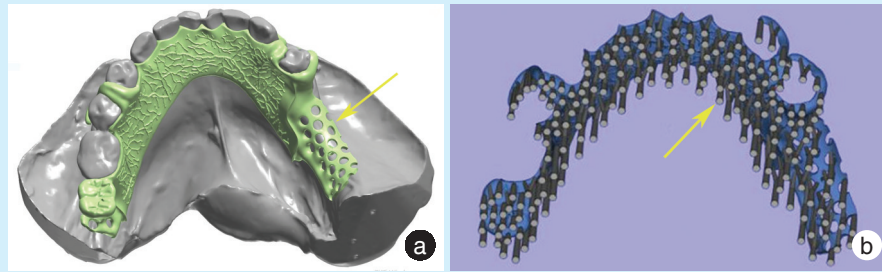
1.2 研究方法

1.2.1 义齿支架制作及试戴 根据可摘局部义齿设计原则对患者进行修复设计并对基牙进行适当的预备。用藻酸盐取模,灌注超硬石膏。记录患者咬合关系,根据咬合记录将模型上颌架。SLM组运用3 Shape D810扫描仪对石膏模型进行扫描,建立患者的口腔数字化模型,在模型上设计义齿支架(图1a)。为保证SLM支架的质量,减小支架变形,在支架模型的非组织面设置支撑(图1b)。在设计好的支架数据保存为STL格式,导入SLM设备Concept Laser (M2, Concept Laser, 德国),使用平均粒径38 μm的Ti-6Al-4V粉末制作可摘局部义齿支架,制作工艺参数见表1^[2]。为消除支架内残留应力,对支架进行热处理,缓慢升温至800℃,保温2 h,在氩气中冷却^[12]。将制作完成的SLM钛合金支架从基板上分离,去除支撑。铸造组常规制作支架蜡型(图2a),蜡型添加铸道(图2b),进行铸造得到义齿支架。2组的钛合金支架制作完成后,对其组织面除进行电解抛光外不进行其他抛光处理,对非组织面进行常规抛光(图3)。使用X线检查支架有无破损及气孔,如有明显缺陷,则定义为支架制作失败,重新制作。

表1 SLM钛合金支架的制作工艺参数

Table 1 Process parameters used for the fabrication of SLM removable partial denture frameworks

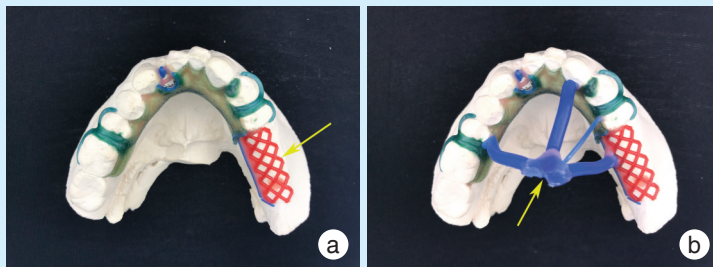
Process parameters	Value
Laser power [W]	200
Layer thickness [μm]	30
Point distance [μm]	45
Exposure time [μs]	200
Scan speed [mm/s]	225
Laser spot size [μm]	70



a: digital models of the SLM group, arrow represents the bracket model; b: addition of supports to the digital models of the SLM group, arrow represents the supports; SLM: selective laser melting

Figure 1 SLM removable partial denture frameworks and their supports

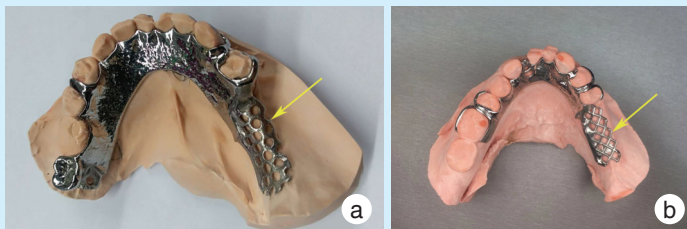
图1 SLM组义齿支架数字化模型及支撑



a: wax pattern of the casting group denture bracket, arrow represents the wax model; b: addition of wax sprues, arrow represents the sprues

Figure 2 Wax pattern of the casting group denture bracket and its sprues

图2 铸造组义齿支架蜡型及铸道



a: SLM group, arrow represent brackets; b: casting group, arrow represents the wax bracket

Figure 3 Completing removable partial denture frameworks

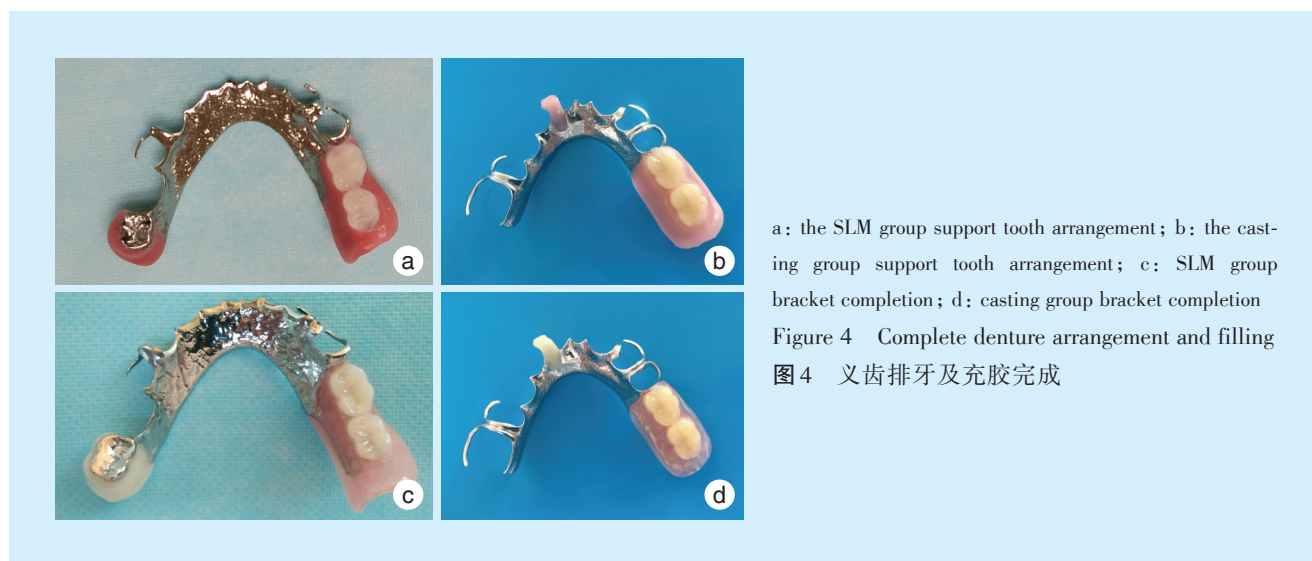
图3 义齿支架完成

1.2.2 义齿制作完成及临床效果评估 技师在制作完成的支架上按照咬合记录进行排牙(图4a和4b),在患者口内进行试戴,检查支架的就位情况。义齿就位的标准为:支托与支托凹密合,无间隙;义齿基托与口腔黏膜紧密贴合;卡环臂进入基牙倒凹,与基牙密合;卡环体位于观测线上,与基牙密合;义齿平稳,无翘动和摆动。支架不经过调改就能顺利就位设定为就位,否则为不就位。将试戴合适的支架进行充胶完成最终义齿(图4c~d)。将义齿戴入患者口内并进行调节。义齿调改结束后评估修复后的咀嚼效率。测试方法为将5 g炒熟的去皮花生放入患者口内,嘱患者咀嚼

20 s后吐到容器中。漱净口内残渣,将残渣一并吐到容器中。将咀嚼物稀释到1 000 mL,用光栅分光光度计测试其吸光度值。在每个患者戴牙后均进行义齿使用与清洁的指导,并进行口腔卫生宣教。患者戴牙后1 d、1周、3、6、12个月后复诊,检查基托下黏膜有无压痛,统计义齿性口炎发生率。

1.3 统计学方法

本研究采用SPSS20.0进行统计学分析。计量数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示,对支架制作成功率、就位率、义齿性口炎发生率等数据采用 χ^2 检验分析,对义齿咀嚼效率的数据采用 t 检验的方法进行分析。设置 $\alpha = 0.05$ 。



a: the SLM group support tooth arrangement; b: the casting group support tooth arrangement; c: SLM group bracket completion; d: casting group bracket completion
 Figure 4 Complete denture arrangement and filling
 图4 义齿排牙及充胶完成

2 结果

2.1 支架成功率及就位率

SLM组10例钛合金义齿支架制作完成后均未发现破损及气孔等缺陷,支架较为致密。铸造组支架中有1例支架存在较大气孔,重新制作支架。SLM组支架有2例无法就位,经调改后顺利就位,这2例患者均为Kennedy I类缺损,支架跨度大。铸造组有1例无法就位,经调改后可以顺利就位。两种制作方法完成支架的成功率比较,SLM组高于铸造组($\chi^2 = 10.526, P = 0.001$),而就位率2组差异无统计学意义($\chi^2 = 3.922, P = 0.048$)。见表2。

表2 2组支架成功率及就位率比较

Table 2 Comparing the success rate and placement rate of dentures between the two groups

Groups	n	Success rate (%)	Insertion rate (%)
SLM group	10	100.00	80.00
Casting group	10	90.00	90.00
χ^2		10.526	3.922
P		0.001	0.048

2.2 义齿的咀嚼效率及患者义齿性口炎发生率

观察2组患者的义齿咀嚼效率,SLM组明显优于铸造组($t = 5.644, P < 0.001$)。见表3。SLM组患者一年内义齿出现1例义齿性口炎,铸造组出现3例义齿性口炎。义齿性口炎发生率SLM组低于铸造组($\chi^2 = 12.500, P < 0.001$)。见表4。

3 讨论

SLM作为一种新技术,在可摘局部义齿支架制作过程中大大简化了制作工艺,不仅仅可以减少

表3 2组义齿的咀嚼效率比较

Table 3 Comparing the masticatory efficiency of dentures between the two groups

Groups	n	chewing efficiency ($\bar{x} \pm s$)
SLM group	10	0.783 $\pm$ 0.030
Casting group	10	0.699 $\pm$ 0.037
t		5.644
P		< 0.001

表4 2组患者发生义齿性口炎的情况比较

Table 4 Comparing denture stomatitis between the two groups

Groups	n	Stomatitis rate (%)
SLM group	10	10.00
Casting group	10	30.00
χ^2		12.500
P		< 0.001

复杂工艺带来的误差,还可以减少材料的浪费,降低成本^[12-14]。随着工艺参数的优化,SLM将会对义齿支架的传统制作工艺产生冲击,引领义齿制作技术革新^[15]。

本研究中SLM组钛合金支架均较为致密,成功率高于铸造组,这是因为铸造组试件在制作过程中需要经过包埋,钛在高温情况下十分活泼,容易与包埋材料发生反应,产生气体,未能排出的气体存在于试件中,形成了缺陷^[16]。在支架试戴过程中SLM组钛合金支架的不就位例数稍多于铸造组,分析发现在SLM组中不就位的病例均为支架跨度较大的情况,而在跨度较小的支架中SLM组的就位率高。过往的文献中报道SLM试件的精度高于铸造试件,但是这些试件多数尺寸较小^[2,7]。由于可摘局部义齿支架的结构复杂,当跨度较大

时,由于球化现象和阶梯效应的影响,SLM支架的精度下降^[10],所以在应用SLM制作大范围可摘局部义齿支架时还需要进一步优化工艺参数^[17]。过往文献证实SLM试件的密合性高于铸造试件^[7,18]。而支架的密合性又会直接影响义齿的咀嚼效率,这也很好地解释了本研究中SLM组义齿的咀嚼效率优于铸造组义齿。本研究中SLM组义齿的义齿性口炎发生率明显低于铸造组义齿。分析原因,一方面是由于SLM提高了钛合金支架的生物相容性;另一方面是由于SLM支架的组织面相较于铸造组更光滑,光滑的表面有助于减少菌斑微生物的附着,进而降低义齿性口炎的发生率。

本研究对SLM在可摘局部义齿支架的应用进行了一个前瞻性的探索研究,但是样本量较小,并且未按照不同患者的缺损范围进行分类研究。在今后的研究中,还需要扩大样本,进一步探究SLM应用中的一些优缺点。

综上所述,SLM应用于钛合金可摘局部义齿支架时,支架的成功率,义齿的咀嚼效率及义齿性口炎发生率均优于铸造组义齿,支架的就位率稍低于铸造组支架。SLM钛合金可摘局部义齿支架可以满足临床使用要求。

参考文献

- [1] 赵钦民. 口腔修复学 [M]. 第7版. 北京: 人民卫生出版社, 2012: 2.
Zhao YM. Prosthodontics [M]. 7th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2012: 2.
- [2] Xie W, Zheng M, Wang J, et al. The effect of build orientation on the microstructure and properties of selective laser melting Ti-6Al-4V for removable partial denture clasps[J]. J Prosthet Dent, 2020, 123(1): 163-172.
- [3] 谢文强, 王洁琪, 庄沛林, 等. 构建方向对SLM钛合金卡环的显微结构及性能影响[J]. 口腔疾病防治, 2019, 27(1): 17-22.
Xie WQ, Wang JQ, Zhuang PL, et al. Effect of construction orientation on the microstructure and properties of SLM Ti alloy clasps [J]. J Prev Treat Stomatol Dis, 2019, 27(1): 17-22.
- [4] Lima JM, Anami LC, Araujo RM, et al. Removable partial dentures: use of rapid prototyping[J]. J Prosthodont, 2014, 23(7): 588-591.
- [5] Kanazawa M, Iwaki M, Minakuchi S, et al. Fabrication of titanium alloy frameworks for complete dentures by selective laser melting [J]. J Prosthet Dent, 2014, 112(6): 1441-1447.
- [6] Ikawa T, Shigeta Y, Hirabayashi R, et al. Computer assisted mandibular reconstruction using a custom-made titan mesh tray and removable denture based on the top-down treatment technique[J]. J Prosthodont Res, 2016, 60(4): 321-331.
- [7] Liu YF, Yu H, Wang WN, et al. A preliminary study on the forming quality of titanium alloy removable partial denture frameworks fabricated by selective laser melting[J]. Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi, 2017, 52(6): 351-354.
- [8] Alageel O, Abdallah MN, Alsheghri A, et al. Removable partial denture alloys processed by laser-sintering technique[J]. J Biomed Mater Res B Appl Biomater, 2018, 106(3): 1174-1185.
- [9] Scepanovic M, Tihacek-Sojic L, Tasic M, et al. Finite element analysis in defining the optimal shape and safety factor of retentive clasp arms of a removable partial denture[J]. Vojnosanit Pregl, 2013, 70(11): 999-1005.
- [10] Chen H, Li H, Zhao Y, et al. Adaptation of removable partial denture frameworks fabricated by selective laser melting[J]. J Prosthet Dent, 2019, 122(3): 316-324.
- [11] Sallica-Leva E, Caram R, Jardini AL, et al. Ductility improvement due to martensite alpha' decomposition in porous Ti-6Al-4V parts produced by selective laser melting for orthopedic implants[J]. J Mech Behav Biomed Mater, 2016, 54: 149-158.
- [12] Alageel O, Abdallah MN, Alsheghri A, et al. Removable partial denture alloys processed by laser-sintering technique[J]. J Biomed Mater Res B Appl Biomater, 2017, 106(3): 1174-1185.
- [13] Koutsoukis T, Zinelis S, Eliades G, et al. Selective laser melting technique of co-cr dental alloys: a review of structure and properties and comparative analysis with other available techniques[J]. J Prosthodont, 2015, 24(4): 303-312.
- [14] 黄宏, 张弓, 彭忠凯, 等. 下颌骨个性化手术钛板的设计与制造技术研究[J]. 口腔疾病防治, 2016, 24(7): 402-406.
Huang H, Zhang G, Peng ZK, et al. Study on design and manufacturing technology of titanium mandible custom-fitting surgical guides[J]. J Prev Treat Stomatol Dis, 2016, 24(7): 402-406.
- [15] Nakata T, Shimpō H, Ohkubo C. Clasp fabrication using one-process molding by repeated laser sintering and high-speed milling [J]. J Prosthodont Res, 2017, 61(3): 276-282.
- [16] Tan FB, Song JL, Wang C, et al. Titanium clasp fabricated by selective laser melting, CNC milling, and conventional casting: a comparative in vitro study[J]. J Prosthodont Res, 2019, 63(1): 58-65.
- [17] Srinivasan M, Schimmel M, Naharro M, et al. CAD/CAM milled removable complete dentures: time and cost estimation study[J]. J Dent, 2019, 80: 75-79.
- [18] Ye Y, Xiong YY, Zhu JR, et al. Comparison of adaptation and microstructure of titanium upper complete denture base fabricated by selecting laser melting and electron beam melting[J]. Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi, 2017, 52(6): 346-350.

(编辑 周春华, 管东华)



官网



公众号