

种植基台的表面污染及其处理方法的研究进展

王小霞¹ 岳莉¹ 朱卓立²

1. 口腔疾病防治全国重点实验室 国家口腔医学中心 口腔疾病国家临床医学研究中心
四川大学华西口腔医院口腔修复工艺科 成都 610041;
2. 口腔疾病防治全国重点实验室 国家口腔医学中心 口腔疾病国家临床医学研究中心
四川大学华西口腔医院老年口腔科 成都 610041

[摘要] 种植基台-软组织牢固的生物学封闭与种植基台-种植体稳定的机械连接是种植修复良好功能和美学的基础。种植基台表面污染会对该生物学封闭和机械连接造成不利影响，然而适用于义齿加工厂的种植基台的清洗、消毒和灭菌方法目前尚无共识。本文将对研究义齿加工厂加工上部修复体后出厂的种植基台的表面污染现状、影响及其清洗、消毒和灭菌方法的相关文献研究进行综述，以期为义齿加工厂建立种植基台的出厂前标准卫生处理程序提供参考。

[关键词] 种植基台；表面污染；并发症；清洗；消毒；灭菌

[中图分类号] R78 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/gjkq.2026109



本文链接

OSID 码

Research progress on the surface contamination of implant abutments and their treatment methods

Wang Xiaoxia¹, Yue Li¹, Zhu Zhuoli²

1. State Key Laboratory of Oral Diseases & National Center for Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Dept. of Dental Technology, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 2. State Key Laboratory of Oral Diseases & National Center for Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Dept. of Geriatric Dentistry, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Supported by: Project of Health Commission of Sichuan Province (ChuanGanYan 2024-901)

Correspondence: Zhu Zhuoli, Email: zzl7507@126.com

[Abstract] The biological integration of implant abutments with soft tissues and the stable mechanical connection between the implant and abutment are fundamental to the optimal function and aesthetics of implant restorations. Surface contamination of implant abutments may compromise their biological integration and mechanical stability. However, no consensus has been reached regarding the cleaning, disinfection, and sterilization methods for implant abutments in dental laboratory settings. This work aims to review the literature on the prevalence and implications of surface contamination on implant abutments supplied by dental laboratories. Cleaning, disinfection, and sterilization methods for implant abutments are also assessed. The objective is to inform the development of standardized predelivery hygiene protocols for implant abutments within the dental laboratory workflow.

[Key words] implant abutment; surface contamination; complication; cleaning; disinfection; sterilization

种植修复是治疗牙列缺损和牙列缺失的主流

方式之一^[1]，而种植修复并发症的出现较为常见。种植修复并发症主要有2类：硬件并发症和生物学并发症^[2]。硬件并发症包括中央螺丝松动（发生率为8.00%）和种植部件断裂（发生率为5.60%）^[3-4]，生物学并发症包括种植体周围黏膜炎（患病率为49.50%）和种植体周围炎（患病率为15.15%）^[5]。

[收稿日期] 2024-10-10；**[修回日期]** 2025-07-16

[基金项目] 四川省卫生健康委员会项目（川干研 2024-901）

[第一作者] 王小霞，硕士，Email: 2521609541@qq.com

[通信作者] 朱卓立，主任医师，博士，Email: zzl7507@126.com

种植修复并发症的防治是当下研究热点和难点,然而相关研究主要集中于探究种植部件的设计和表面特性、医生的修复方案和外科手术操作及患者自身相关因素的影响^[6-8],鲜有关关注种植基台表面清洁度的影响。种植基台与种植体通过中央螺丝或弹性形变形成稳定的机械连接,与周围软组织通过“半桥粒”形成良好的黏膜整合^[9],可以防止细菌渗入、牙龈萎缩和牙槽骨吸收,在种植修复的功能和美学预后中起决定性作用^[10-13]。在中国,种植基台被划分为高度危险口腔器械,需要达到灭菌水平并严格管理、存放和运输^[14]。国际上,种植基台被认定为半关键医疗器械,要求植入前灭菌或高水平消毒^[15]。然而,种植基台表面污染与种植体周软硬组织破坏之间的确切关系尚未得到广泛关注,适用于种植基台的清洗、消毒和灭菌方法尚无标准^[16]。因此,本文将对种植基台表面污染的现状、影响及种植基台的清洗、消毒和灭菌方法的相关研究进行综述,以期为义齿加工厂种植基台出厂前标准化卫生处理程序的建立提供参考,为预防种植体周软硬组织炎症提供新视角。

1 种植基台表面污染的研究现状

种植基台分为预成基台和个性化基台,个性化基台包括圆筒状基台和计算机辅助设计和计算机辅助制造(computer aided design and computer aided manufacturing, CAD/CAM)基台^[17],个性化基台在义齿加工厂经历复杂的加工过程,出厂后其表面易残留多种污染物。有研究^[18-19]在个性化基台表面检测到硫、磷、硅、铁、钴、铬、镍、镁、钨、锡、金、铜、锆和钨等非种植基台自身材料元素,也有学者^[20-21]分析认为个性化基台表面残留蜡、冷却液、研磨碎屑、喷砂砂砾、油脂、抛光膏、粘接剂、橡胶碎屑等加工污染物。Kim等^[20]还在个性化基台表面发现了蜡样芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)和华氏葡萄球菌(*Staphylococcus warneri*),其中,蜡样芽孢杆菌是一种主要的食源性病原体^[22],华氏葡萄球菌是一种牙周致病菌^[23]。在种植上部修复体加工过程中,预成基台将暴露于义齿加工厂有菌、多尘的环境,接触各种污染源,也可能经历个性化调磨或预粘接过程,在交付临床时,其表面也可能存在污染。Canullo等^[24]研究发现:研磨、蒸汽清洗后的预成基台表

面存在碳、氧、钛、钒、钼等污染元素,Yin等^[16]也在预粘接出厂的预成基台表面检测到碳、氧、钛、钙、硅、铝、镁、硫等元素,分析这些元素可能来自润滑剂、粘接剂、油脂、石膏颗粒、钛、瓷材料或这些污染物的混合。此外,Canullo等^[25]还通过细菌培养实验发现:经过研磨并蒸汽清洗的预成基台表面存在细菌污染,鉴定其为革兰阳性菌。由此可见,无论是个性化基台还是预成基台,加工后其表面都存在污染,然而种植基台出厂前必要的清洗、消毒和灭菌程序却被普遍忽视。一项研究^[26]调查了全球85所大学在个性化基台连接到种植体之前使用的清洗、消毒和灭菌程序,其中22所大学没有采取任何措施,仅2所大学(2.4%)完成了3项必需程序。现存的关于种植基台清洗、消毒和灭菌的管理准则未得到一致应用,制造商或义齿加工厂对种植基台执行的卫生处理程序的资料不足^[20],种植基台表面污染的评价数据和监管方法缺乏,适用于义齿加工厂出厂前有效的种植基台卫生处理方案尚无标准。

2 种植基台表面污染的影响

2.1 种植基台穿龈部分污染的影响

种植基台的穿龈部分与周围软组织直接接触,其表面特性如微观形貌、润湿性和清洁度将影响软组织细胞的黏附、增殖和相关蛋白的表达,尤其是在细胞接触的早期阶段^[27-28]。纤维蛋白凝块黏附是体内细胞黏附和组织愈合的基础,研究^[29]表明,碎屑和微生物污染可以抑制钛种植基台表面的纤维蛋白凝块黏附,进而对组织愈合造成不利影响。种植基台表面的材料碎屑和化学残留会使人牙龈成纤维细胞(human gingival fibroblasts, HGF)的白细胞介素-6(interleukin-6, IL-6)和血管内皮生长因子(vascular endothelial growth factor, VEGF)基因表达增多、I型胶原生成速率降低,细胞黏附减弱,进而对最初的软组织愈合和附着过程产生负面影响^[21]。外来污染也可能增加破骨细胞活性,引发炎症硬组织反应^[24]。Lacey等^[30]的研究发现:低剂量的钛铝钒和钴铬合金颗粒即可增加破骨细胞活性,并可通过内源性介质促进单核细胞、巨噬细胞存活,造成局部组织炎症反应和骨质溶解。钛颗粒也可上调促炎因子的表达,激活并吸引外周单核细胞迁移至局部,参与并加剧炎症反应,促进破骨细胞的形成与骨吸

收^[31-32]。此外,种植体周黏膜被认为是少血供和少细胞的瘢痕愈合组织,在免疫学上,其对细菌感染抵抗力较低^[33],外来微生物污染可能打破种植体周微生态平衡,导致种植体颈部组织感染,造成生物学并发症^[20]。

2.2 种植基台种植体连接部分污染的影响

种植基台的种植体连接部分的表面结构较复杂,其污染往往比穿龈部分更丰富,且擦拭、浸泡等清洗方式对其清洁效果往往较差^[16]。种植基台-种植体连接处的污染可能造成种植修复后的硬件并发症和生物学并发症。首先,污染物颗粒会影响种植基台-种植体的配合,导致连接界面上的机械应力增加、预载荷损失,降低机械连接的力学稳定性,继而造成软组织退缩和牙槽嵴吸收,导致美学和功能障碍,有时甚至会发生种植基台折裂或种植体的松动和脱落^[25,34]。Micarelli等^[35]通过体外实验获得的数据证实:完全去除来自种植基台定制加工过程的污染物可以改善基台/中央螺丝复合体的预载荷,强调使用无污染中央螺丝和种植基台以减少中央螺丝松动。种植基台-种植体连接界面的污染物颗粒会增大微间隙,其中定植的细菌渗漏及其释放的细菌毒素可能引起种植体周软硬组织非特异性自身免疫反应和炎症,进一步降低种植修复的成功率^[36-37]。

3 种植基台的清洗、消毒和灭菌方法

3.1 种植基台的清洗方法

3.1.1 蒸汽清洗和擦拭

清洗是指去除物体表面可见的有机和无机污染物,卫生场所中常使用清洁剂或酶溶液以手动或机械的方式完成。在高水平消毒和灭菌之前,为避免污染物干扰消毒和灭菌的有效性,必须进行彻底清洗^[9,16]。义齿加工厂通常在种植上部修复体加工完成后通过蒸汽清洗去除种植基台表面明显的加工残留污染物,此操作无法完全去除材料表面的细小微粒^[20],例如,Canullo等^[25]在实验中对钛基台执行5 s蒸汽清洗后,扫描电子显微镜(scanning electron microscopy, SEM)观察到种植基台的穿龈部分和种植体连接部分表面仍残留大量微粒。此外,钛种植基台表面通常覆有一层氧化膜,该氧化膜与加工过程产生的污染物混合形成顽固的化学污染,不能通过蒸汽清洗去除^[38]。Canullo等^[39]通过临床随机对照试验发现:蒸汽清

洗的污染钛基台植入1周后其表面细胞黏附面积低于无污染原厂基台,但差异无统计学意义。也有部分研究^[16,20]用清洁剂擦拭种植基台,该方法对于结构复杂的种植体连接部分表面的效果较差,且其清洁效果与操作者的操作精细程度密切相关。

3.1.2 超声清洗

超声清洗采用高频声波搅动介质产生空化效应和振动作用,高效去除物体表面的污染物^[16],且超声清洗机价格低廉,义齿加工厂已普遍配备,故超声清洗的可推广性较高。Farronato等^[40]的研究采用碳酸氢钠、硝酸和丙酮等化学试剂结合超声清洗处理激光蚀刻的个性化钛基台,SEM下未检测到污染物。Linkevicius等^[41]的研究认为:清洗剂超声清洗比蒸馏水超声清洗去除抛光氧化锆表面有机污染物的效果更好。Gehrke等^[19]在实验中采用Finevo抗菌清洗剂、80%乙醇和医用纯水超声清洗钛基台、氧化锆基台、氧化锆复合型基台和二硅酸锂复合型基台,SEM发现:几种种植基台表面污染物显著减少,但该学者也表示无法实现污染物的完全去除。Gehrke等^[42]进一步的研究发现:该超声三步清洁法除了可提高抛光氧化锆表面HGF存活率外,对于未抛光氧化锆和抛光前后钛样品表面HGF的存活率、IL-6或VEGF的表达无影响。Sarfaraz等^[43]利用SEM和能谱仪也证实该超声三步清洁法去除氧化锆复合型基台表面的加工残留污染物的效果优于蒸汽清洗和多酶溶液超声清洗。此外,Al-Saleh^[44]发现:超声清洗聚醚醚酮基台会增加材料表面粗糙度,Behr等^[45]也发现:超声清洗导致复合型基台粘接界面粗糙度增加、抗断裂性减弱。《医疗机构消毒技术规范》^[46]规定超声清洗可应用于有管腔医疗器械,但其应用于植入式医疗器械的安全性和可行性还有待探究。未来种植基台超声清洗的相关研究应聚焦于超声介质的选择和超声程序的设定以得出最佳应用方案,建立标准可行的超声清洗流程。

3.1.3 低温等离子体清洗

低温等离子体是在压力13~265 Pa产生的电离气体(包括氧气、氩气、氢气等),可以在保持材料完整性的同时通过物理和化学2种方式去除物体表面污染物并修饰材料表面^[47]。Canullo等^[25]发现:氩等离子体清洗可有效去除钛基台表面的润滑剂、钛金属颗粒和微生物,且其通过2、5、6年随访的临床随机对照试验^[48-51]证实等离子体清洗的种植基台植入后可以更好地保持种植体周软硬组织

高度,但该学者^[52]也提出,等离子体清洗会提高种植基台表面能,也可能导致更多的细菌黏附。Carossa等^[53]综述了相关的研究后发现:氩气等离子体处理钛种植体表面可以增强细胞早期黏附,但其长期效果尚缺乏研究证据。Farronato等^[40]的研究发现:单独使用氩气等离子体清洗激光蚀刻的个性化钛基台的效果较差,仍有23%的基台表面检测到污染。Nakajima等^[21]的实验也发现:清洁剂、清洁剂与等离子体清洗组合清洗氧化锆盘的效果优于单独使用等离子体清洗的效果。不同研究采用的清洗程序存在一定差异,可能是其处理效果不一致的原因之一。等离子体清洗种植基台尚无规范的技术程序,其处理后的长期影响也尚无足够研究数据,且等离子体清洗设备往往操作较复杂、价格较昂贵,因此该方法目前推广难度较高。

3.2 种植基台的消毒方法

消毒是指使用物理或化学方法减少物体表面病原微生物数量至安全水平的过程,种植基台相关研究中常常利用超声清洗结合消毒剂进行机械、化学联合消毒。Kim等^[20]利用0.12%氯己定作为抗菌剂、丙酮作为有机溶剂和98%乙醇作为消毒剂联合超声清洗处理个性化钛基台,SEM和细菌培养实验证实该方法可有效去除种植基台表面加工残留污染物和细菌。Gehrke等^[9]提出:采用抗菌剂、乙醇和医用纯水对个性化基台进行超声清洗处理,并通过模拟实验证明该方法可以有效减少各种材料和类型种植基台表面的细菌污染。Mehl等^[54]采用异丙醇和Mucalgin消毒剂(Merz Dental公司,德国)依次加入超声清洗机清洗3和5 min的方法处理二硅酸锂、钛和氧化锆盘,材料表面的亲水性和细胞黏附力增强,且材料表面形态无改变。超声清洗与消毒剂结合的方式在大量研究中被证实效果理想,但种植基台的宏观和微观设计,如几何形状、表面粗糙度和微观纹理对该方法的有效性是否存在潜在影响还需深入探究,且部分消毒剂有一定细胞毒性^[18,55],其具体应用方式还需更全面的研究。

3.3 种植基台的灭菌方法

灭菌是指清除物体表面所有活性微生物的过程。Sharon等^[18]的研究发现:高温高压蒸汽、氯己定和次氯酸钠处理个性化钛基台可以有效灭菌,但氯己定有一定细胞毒性。Homayouni等^[13]的研究发现:Er:YAG激光、高温高压蒸汽、双氧水、次

氯酸钠处理钛盘可以达到理想的灭菌效果,但次氯酸钠会增加材料表面粗糙度。国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)推荐对种植基台等半关键医疗器械在134℃下进行高压灭菌^[15]。《口腔器械消毒灭菌技术操作规范》^[14]也规定口腔医疗器械的灭菌方式首选高温高压蒸汽灭菌(103.6 kPa、121℃)15 min。高温高压蒸汽灭菌方法通过适当的加热和加压,可以去除材料表面包括细菌孢子在内的所有活性微生物,但需要注意的是,必须使物体表面达到良好清洁状态后再执行该灭菌方式才能保证效果^[9]。有观点^[56]认为,热稳定的金属和氧化锆种植基台可以安全地蒸压而不影响其性能,但对热敏感的材料如树脂或预粘接基台的粘接界面,高温高压蒸汽可能增加材料的断裂风险^[57]。目前,高温高压蒸汽灭菌处理对于预粘接种植基台粘接界面的影响的相关研究结论存在差异^[57-59],可能是由于操作程序或选用材料不一致,还需进一步探究。

3.4 不同类型种植基台的表面污染处理

钛和氧化锆是种植基台最常用的2种材料,不少研究对钛和氧化锆基台的表面污染处理方法进行了探究。超声清洗结合消毒剂/灭菌剂、有机溶剂及蒸馏水/医用纯水的三步清洁法处理钛和氧化锆基台可以达到较好的清洗和消毒效果,但不同研究所选用介质和超声时间、频率不一,实际应用中应依据各地规范灵活选择介质和设置程序。等离子体清洗虽能提高材料表面能,但去污染效果不佳,且操作复杂、设备不常见。对于二硅酸锂材料,超声三步清洁法同样能达到较理想的清洗和消毒效果,但Mehl等^[54]认为:从对细胞黏附力的影响方面评估,蒸汽清洗、等离子体清洗、超声清洗的效果无显著差异。对于可用作临时基台的聚醚醚酮, Rutkunas等^[11]提出的清洗剂振荡清洗的方式可以降低聚醚醚酮表面粗糙度、增大接触角和促进48 h后的HGF活性,而超声清洗则可能增加聚醚醚酮表面粗糙度^[44],这可能与介质选择或机械作用有关。对于复合型基台或预粘接基台,常用的超声三步清洗方法同样可有效去除其表面加工残留污染物^[60],但可能会增加粘接界面粗糙度^[45], Hofmann等^[61]也发现:使用含丙酮溶液进行超声清洗的试样粘接层部分溶解。此外,超声清洗很难去除粘接剂残留,因此有学者^[16]建议在显微镜下检查并清除多余粘接剂, Gehrke等^[19]则认为:粘接后抛光处理,可减少复合型基

台表面粗糙度,促进清洁。目前尚无普遍认可的适用于各材料和类型种植基台的表面污染处理方案,不同处理方法对不同种植基台产生的短期和长期影响还需要进一步探究。

4 结语

义齿加工厂出厂的种植基台表面普遍存在加工残留污染物和微生物污染,污染类型和程度与义齿加工厂的加工流程和卫生处理方法紧密相关,也可能存在地区特异性,需要进一步增大样本量、扩大研究范围进行实验探究,明确污染物种类和来源,有利于提出针对性的加工厂卫生管理方案。

种植基台表面污染可能对种植基台-软组织的生物学封闭与种植基台-种植体的机械连接造成不利影响,进而威胁种植体周组织健康和种植修复的功能、美学效果。需要进一步探究明确各污染成分的影响,进而提出环境卫生监管措施,选择合适的清洗、消毒和灭菌方法,对于使用未规范化处理的种植基台而发生的种植修复并发症的病因分析和治疗也有一定参考意义。

适用于义齿加工厂的种植基台的清洗、消毒和灭菌方案目前尚无共识。现研究中对种植基台采取的卫生处理方法主要包括蒸汽清洗和擦拭、超声清洗、等离子体清洗、消毒剂消毒和高温高压蒸汽灭菌,其具体执行程序尚不统一,需要更充分的研究探寻高效、方便、低成本、易于推广的适用于各类型和材料种植基台的卫生处理方法,建立标准化程序并制定监管措施。

现研究多采用体外实验,口内唾液、血液的存在可能对材料表面性能产生影响,进一步影响细菌、细胞和材料的相互作用,体外单细胞培养条件与机体内环境也存在差异,因此还需进一步进行体内实验来验证表面污染和不同卫生处理方法对种植基台功能的确切影响。

种植基台清洗、消毒后的包装方式对于其表面污染状况也会产生影响。工作模型表面通常存在一定污染物,若将模型与基台一起包装出厂,可能导致基台表面再污染。按照《口腔器械消毒灭菌技术操作规范》要求,种植基台清洗、消毒后应使用医用纸塑袋密封包装,密封宽度>6 mm,包内器械距封处>25 mm^[4]。这样不仅有利于后续灭菌过程,规范出厂及运输流程,还更有利于临床医生收件后确认基台清洁、无菌状态。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

5 参考文献

- [1] Alghamdi HS, Jansen JA. The development and future of dental implants[J]. *Dent Mater J*, 2020, 39(2): 167-172.
- [2] Lee JH, Lee JB, Kim MY, et al. Mechanical and biological complication rates of the modified lateral-screw-retained implant prosthesis in the posterior region: an alternative to the conventional implant prosthetic system[J]. *J Adv Prosthodont*, 2016, 8(2): 150-157.
- [3] Ju CM, Lee Y, Hong SJ, et al. Risk factors associated with screw loosening in CAD-CAM custom abutments: a 6-year retrospective study[J]. *J Prosthet Dent*, 2025, 133(5): 1235-1241.
- [4] Yi Y, Koak JY, Kim SK, et al. Comparison of implant component fractures in external and internal type: a 12-year retrospective study[J]. *J Adv Prosthodont*, 2018, 10(2): 155-162.
- [5] Apaza-Bedoya K, Galarraga-Vinueza ME, Correa BB, et al. Prevalence, risk indicators, and clinical characteristics of peri-implant mucositis and peri-implantitis for an internal conical connection implant system: a multicenter cross-sectional study[J]. *J Periodontol*, 2024, 95(6): 582-593.
- [6] Rakic M, Galindo-Moreno P, Monje A, et al. How frequent does peri-implantitis occur—a systematic review and meta-analysis[J]. *Clin Oral Investig*, 2018, 22(4): 1805-1816.
- [7] Murakami H, Igarashi K, Fuse M, et al. Risk factors for abutment and implant fracture after loading[J]. *J Oral Sci*, 2021, 63(1): 92-97.
- [8] Soulami S, Slot DE, van der Weijden F. Implant-abutment emergence angle and profile in relation to peri-implantitis: a systematic review[J]. *Clin Exp Dent Res*, 2022, 8(4): 795-806.
- [9] Gehrke P, Riebe O, Fischer C, et al. Microbiological cleaning and disinfection efficacy of a three-stage ultrasonic processing protocol for CAD-CAM implant abutments[J]. *J Adv Prosthodont*, 2022, 14(5): 273-284.
- [10] Borie M, Lambert F, Lecloux G, et al. Peri-implant

- soft tissue integration in humans—influence of materials: a study protocol for a randomised controlled trial and a pilot study results[J]. *Contemp Clin Trials Commun*, 2020, 19: 100643.
- [11] Rutkunas V, Borusevicius R, Liaudanskaite D, et al. The effect of different cleaning protocols of polymer-based prosthetic materials on the behavior of human gingival fibroblasts[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(21): 7753.
- [12] Avila-Ortiz G, Gonzalez-Martin O, Couso-Queiruga E, et al. The peri-implant phenotype[J]. *J Periodontol*, 2020, 91(3): 283-288.
- [13] Homayouni A, Bahador A, Moharrami M, et al. Effect of 5 popular disinfection methods on microflora of laboratory: customized implant abutments[J]. *Implant Dent*, 2019, 28(5): 437-446.
- [14] 国家卫生和计划生育委员会. 口腔器械消毒灭菌技术操作规范: WS 506—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- National Health and Family Planning Commission. Regulation for disinfection and sterilization technique of dental instruments: WS 506—2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [15] Processing of health care products—information to be provided by the medical device manufacturer for the processing of medical devices: ISO 17664: 2017 [S]. Geneva: International Organization for Standardization, 2017.
- [16] Yin LN, Zhu YB, Yu HJ, et al. Evaluating the efficiency of three methods to clean and disinfect screw- and cement-retained prostheses[J]. *J Prosthet Dent*, 2022, 127(5): 775-782.
- [17] 施斌, 曾浩. 种植修复基台的选择[J]. *华西口腔医学杂志*, 2017, 35(2): 124-126.
- Shi B, Zeng H. Selection of abutment for implant restoration[J]. *West China J Stomatol*, 2017, 35(2): 124-126.
- [18] Sharon E, Pietrokovski Y, Engel I, et al. Biocompatibility, surface morphology, and bacterial load of dental implant abutments following decontamination protocols: an *in-vitro* study[J]. *Materials*, 2023, 16(11): 4080.
- [19] Gehrke P, Abazari C, Schlichter K, et al. Qualitative and semi-quantitative assessment of processing-related surface contamination of one- and two-piece CAD/CAM abutments before and after ultrasonic cleaning[J]. *Materials*, 2020, 13(14): 3225.
- [20] Kim S, Choi C, Cha YS, et al. The efficacy of convenient cleaning methods applicable for customized abutments: an *in vitro* study[J]. *BMC Oral Health*, 2021, 21(1): 78.
- [21] Nakajima K, Odatsu T, Shinohara A, et al. Effects of cleaning methods for custom abutment surfaces on gene expression of human gingival fibroblasts[J]. *J Oral Sci*, 2017, 59(4): 533-539.
- [22] Leong SS, Korel F, King JH. *Bacillus cereus*: a review of “fried rice syndrome” causative agents[J]. *Microb Pathog*, 2023, 185: 106418.
- [23] Veras EL, dos Santos NC, Souza JGS, et al. Newly identified pathogens in periodontitis: evidence from an association and an elimination study[J]. *J Oral Microbiol*, 2023, 15(1): 2213111.
- [24] Canullo L, Micarelli C, Iannello G. Microscopical and chemical surface characterization of the gingival portion and connection of an internal hexagon abutment before and after different technical stages of preparation[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2013, 24(6): 606-611.
- [25] Canullo L, Micarelli C, Lembo-Fazio L, et al. Microscopical and microbiologic characterization of customized titanium abutments after different cleaning procedures[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2014, 25(3): 328-336.
- [26] Canullo L, Tallarico M, Chu S, et al. Cleaning, disinfection, and sterilization protocols employed for customized implant abutments: an international survey of 100 universities worldwide[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2017, 32(4): 774-778.
- [27] Corvino E, Pesce P, Mura R, et al. Influence of modified titanium abutment surface on peri-implant soft tissue behavior: a systematic review of *in vitro* studies[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2020, 35(3): 503-519.
- [28] Pesce P, Menini M, Tommasato G, et al. Influence of modified titanium abutment surface on peri-implant soft tissue behaviour: a systematic review of histological findings[J]. *Int J Oral Implantol (Berl)*, 2019, 12(4): 419-429.

- [29] Ulusoy HÖ, Ercan E, Özatik O, et al. Fibrin clot adherence on cleaned and decontaminated titanium abutment surfaces: an *in vitro* study[J]. *Clin Implant Dent Rel Res*, 2024, 26(6): 1190-1199.
- [30] Lacey DC, De Kok B, Clanchy FI, et al. Low dose metal particles can induce monocyte/macrophage survival[J]. *J Orthop Res*, 2009, 27(11): 1481-1486.
- [31] Yang S-Y, Zhang K, Bai L, et al. Polymethylmethacrylate and titanium alloy particles activate peripheral monocytes during periprosthetic inflammation and osteolysis[J]. *J Orthop Res*, 2011, 29(5): 781-786.
- [32] Toledano-Serrabona J, Bosch BM, Díez-Tercero L, et al. Evaluation of the inflammatory and osteogenic response induced by titanium particles released during implantoplasty of dental implants[J]. *Sci Rep*, 2022, 12: 15790.
- [33] Ivanovski S, Lee R. Comparison of peri-implant and periodontal marginal soft tissues in health and disease[J]. *Periodontol* 2000, 2018, 76(1): 116-130.
- [34] Shemtov-Yona K, Arieli A, Barhum M, et al. The effect of contaminating media on the static and dynamic mechanical resilience of dental implant abutments' screws: *in vitro* study[J]. *Clin Implant Dent Rel Res*, 2024, 26(2): 289-298.
- [35] Micarelli C, Canullo L, Baldissara P, et al. Implant abutment screw reverse torque values before and after plasma cleaning[J]. *Int J Prosthodont*, 2013, 26(4): 331-333.
- [36] D'Ercole S, Dotta TC, Farani MR, et al. Bacterial microleakage at the implant-abutment interface: an *in vitro* study[J]. *Bioengineering*, 2022, 9(7): 277.
- [37] Sasada Y, Cochran D. Implant-abutment connections: a review of biologic consequences and peri-implantitis implications[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2017, 32(6): 1296-1307.
- [38] Canullo L, Dehner JF, Penarrocha D, et al. Soft tissue response to titanium abutments with different surface treatment: preliminary histologic report of a randomized controlled trial[J]. *Biomed Res Int*, 2016, 2016: 2952530.
- [39] Canullo L, Penarrocha-Oltra D, Marchionni S, et al. Soft tissue cell adhesion to titanium abutments after different cleaning procedures: preliminary results of a randomized clinical trial[J]. *Med Oral*, 2014: e177-e183.
- [40] Farronato D, Fumagalli D, Asa'ad F, et al. Decontamination of customized laser-microtextured titanium abutments: a comparative *in vitro* study of different cleaning procedures[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2018, 38(5): e87-e95.
- [41] Linkevicius T, Gineviciute E, Alkimavicius J, et al. Comparison of different cleaning procedures for decontaminating zirconium oxide surface after polishing[J]. *Int J Prosthodont*, 2023, 36(5): 588-594.
- [42] Gehrke P, Smeets R, Gosau M, et al. The influence of an ultrasonic cleaning protocol for CAD/CAM abutment surfaces on cell viability and inflammatory response *in vitro*[J]. *In Vivo*, 2019, 33(3): 689-698.
- [43] Sarfaraz H, Netalkar PP, Shetty M, et al. Decontaminating the surfaces of bonded screw-retained implant prostheses: a comparison of three different post-processing cleaning techniques[J]. *J Prosthet Dent*, 2025, 133(2): 541.e1-541.e6.
- [44] Al-Saleh S. Efficacy of contemporary agents on disinfection and surface roughness of polyetheretherketone implant abutments[J]. *Photodiagn Photodyn Ther*, 2022, 38: 102798.
- [45] Behr M, Schneider-Feyrer S, Huber C, et al. The effect of sterilization and ultrasonic cleaning on resin cement interface of customized dental implant abutments[J]. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2020, 104: 103660.
- [46] 中华人民共和国卫生部. 医疗机构消毒技术规范: WS/T 367—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012. Ministry of Health of the People's Republic of China. Regulation of disinfection technique in health-care settings: WS/T 367—2012[S]. Beijing: Standards Press of China, 2012.
- [47] Matthes R, Jablonowski L, Holtfreter B, et al. Fibroblast growth on zirconia ceramic and titanium disks after application with cold atmospheric pressure plasma devices or with antiseptics[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2019, 34(4): 809-818.
- [48] Canullo L, Tallarico M, Penarrocha M, et al. Plasma of argon cleaning treatment on implant abutments in periodontally healthy patients: six years postloading

- results of a randomized controlled trial[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2017, 37(5): 683-690.
- [49] Canullo L, Penarrocha D, Micarelli C, et al. Hard tissue response to argon plasma cleaning/sterilisation of customised titanium abutments versus 5-second steam cleaning: results of a 2-year post-loading follow-up from an explanatory randomised controlled trial in periodontally healthy patients[J]. *Eur J Oral Implantol*, 2013, 6(3): 251-260.
- [50] Canullo L, Peñarrocha D, Clementini M, et al. Impact of plasma of argon cleaning treatment on implant abutments in patients with a history of periodontal disease and thin biotype: radiographic results at 24-month follow-up of a RCT[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2015, 26(1): 8-14.
- [51] Canullo L, Tallarico M, Peñarrocha-Oltra D, et al. Implant abutment cleaning by plasma of argon: 5-year follow-up of a randomized controlled trial[J]. *J Periodontol*, 2016, 87(4): 434-442.
- [52] Canullo L, Masucci L, Quaranta G, et al. Culturomic and quantitative real-time-polymerase chain reaction analyses for early contamination of abutments with different surfaces: a randomized clinical trial[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2021, 23(4): 568-578.
- [53] Carossa M, Cavagnetto D, Mancini F, et al. Plasma of argon treatment of the implant surface, systematic review of *in vitro* studies[J]. *Biomolecules*, 2022, 12(9): 1219.
- [54] Mehl C, Kern M, Zimmermann A, et al. Impact of cleaning procedures on adhesion of living cells to three abutment materials[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2017, 32(5): 976-984.
- [55] Ortega-Llamas L, Quiñones-Vico MI, García-Valdivia M, et al. Cytotoxicity and wound closure evaluation in skin cell lines after treatment with common antiseptics for clinical use[J]. *Cells*, 2022, 11(9): 1395.
- [56] Furuya K, Takemoto S, Yamashita S, et al. Low-temperature degradation of high-strength Y-TZP (yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal)[J]. *Dent Mater J*, 2020, 39(4): 577-586.
- [57] Lang R, Hiller KA, Kienböck L, et al. Influence of autoclave sterilization on bond strength between zirconia frameworks and Ti-base abutments using different resin cements[J]. *J Prosthet Dent*, 2022, 127(4): 617.e1-617.e6.
- [58] Pils D, Baeppler RJ, Junker R, et al. Application of a standard autoclaving protocol does not harm structural integrity of two-piece zirconia abutments under detachment force testing[J]. *Clin Oral Investig*, 2019, 23(7): 3133-3137.
- [59] Wiedenmann F, Liebermann A, Spintzyk S, et al. Influence of different cleaning procedures on tensile bond strength between zirconia abutment and titanium base[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2019, 34(6): 1318-1327.
- [60] Gehrke P, Tabellion A, Fischer C. Microscopical and chemical surface characterization of CAD/CAM zirconia abutments after different cleaning procedures. A qualitative analysis[J]. *J Adv Prosthodont*, 2015, 7(2): 151-159.
- [61] Hofmann P, Kunz A, Schmidt F, et al. Influence of exposure of customized dental implant abutments to different cleaning procedures: an *in vitro* study using AI-assisted SEM/EDS analysis[J]. *Int J Implant Dent*, 2023, 9(1): 33.
- (本文编辑 王姝)