

种植冠粘接固位修复用水门汀的研究进展

林玲^{1,2}(综述), 蔡娉娉^{1,2}, 卓盈颖^{1,2}, 郑志强^{1,2}, 林捷^{1,2}(审校)

关键词: 水门汀; 种植牙; 粘接固位; 可拆卸性; 生物相容性

文献标志码: A 文章编号: 1672-4194(2023)04-0235-07

近年来,随着种植修复技术的成熟和相关材料的不断发展,如何选择合适的种植义齿粘接水门汀引起了不少关注。口腔医生在选择种植义齿和牙体缺损全冠修复 2 种固定修复的粘接水门汀时,考虑的因素存在一定的区别。目前市售的粘接水门汀多以配合牙体粘接为主,牙体缺损固定修复通过水门汀将牙体组织与冠修复体进行粘接,其粘接界面与种植义齿的基台-水门汀-冠的粘接界面不同,适用于牙体组织与冠的粘接水门汀不一定能用于基台与冠的粘接。同时因牙体缺损固定修复粘接时,通常要考虑水门汀对牙釉质的粘接强度、对牙髓的刺激性以及释氟性能等,而种植修复则要考虑并发症。如何平衡水门汀的粘接力和可拆卸性^[1],从而在拆卸牙冠的同时又不破坏种植体的各部分? 选用种植冠粘接固位时的水门汀要考虑的因素有哪些? 现就种植牙冠修复粘接水门汀的分类、固位性和可拆卸性、生物相容性、残留的影响、多余水门汀的检测和去除方法等进行综述,为临床工作中种植修复用水门汀的选择提供参考。

1 粘接固位的优缺点以及水门汀的分类

种植义齿通过基台与上部结构的连接方式分为

螺丝固位和粘接固位。与螺丝固位比较,粘接固位有以下优点^[2]:(1)有更好的美学效果,适合对美学要求较高的前牙区域;(2)降低临床医生和技工的技术敏感性,在后牙区使用更方便;(3)水门汀能代偿冠修复体非被动就位产生的部分应力,减少种植体颈部应力集中,使基台与修复体的连接更为牢靠。缺点表现为咬合间隙不足时稳定性不佳、暂时或半永久粘接时固位不可靠、拆卸困难以及水门汀残留的不良影响等。LAMPERTI 等^[3]在长达 5 a 的随机临床对照实验中发现,螺丝固位与粘接固位的并发症发生率均为 15.4%,且表示出相似的临床与影像结果。

种植冠的常用粘接水门汀根据临床应用时间分为永久粘接水门汀、半永久粘接水门汀和临时粘接水门汀。永久粘接水门汀有树脂改性玻璃离子、聚羧酸锌和树脂等;半永久粘接水门汀有磷酸锌、玻璃离子等;临时粘接水门汀包括含丁香酚的氧化锌水门汀与不含丁香酚的氧化锌水门汀^[4]。各类水门汀在种植修复粘接中的优缺点见表 1。近几年也出现了专门用于种植修复粘接的水门汀,其主要成分和推荐应用时间见表 2。

表 1 各类水门汀在种植修复中优缺点的比较

Tab. 1 Comparison of advantages and disadvantages of cements in implant restorations

水门汀种类	物理特性	优点	缺点	推荐临床应用时间
聚羧酸锌	低溶解度	固位力较好 影像学可检测残余的水门汀 ^[5]	牙科水门汀中微渗漏高	永久粘接
	对钛金属有腐蚀性		基台或冠的喷砂不会增加固位力	
	充裕的工作时间和较快的口内固化速度		不推荐用于长跨度义齿 不推荐使用钛基台	
树脂	低溶解度	牙科水门汀中微渗漏最低 ^[6]	种植体周炎的发生率高 ^[7]	永久粘接
	高弹性模量和高挠曲强度	适用于短基台 适用于咬合力大的区域	高黏度可能会阻碍冠完全就位	
	与钛金属结合的高亲和力	美学性能好 固位力高,冠不易脱落	凝固后,多余水门汀不易去除	

收稿日期: 2023-02-17

资助项目: 福建省自然科学基金项目(2023J01701)

作者单位: 1. 福建医科大学 口腔医学院/附属口腔医院, 福州 350002;

2. 福建省高校口腔医学重点实验室, 福州 350004

作者简介: 林玲, 女, 福建医科大学 2022 级口腔医学专业硕士研究生

通信作者: 林捷. Email: linjie. dds@gmail. com

表 1(续)

水门汀种类	物理特性	优点	缺点	推荐临床 应用时间
树脂改性玻 璃离子	添加的树脂提高拉伸和弯曲强度	适用于咬合力较大的区域		
	低溶解度	适用于金属、金属烤瓷和高强度陶瓷冠	固化后体积稳定性较差	永久粘接
	高吸水性	微渗漏较低	如果不能快速清除多余的	
	与金属有良好的粘接性能	出色的美学性能和固位力 ^[8]	水门汀,后续清理困难	
		影像学可检查残留的水门汀		
磷酸锌		脱位率比临时粘接剂低		
	粘接力低	高刚性,适用于咬合力高的部位	不建议用于短基台或基台边缘	半永久粘接
	高弹性模量	固化后体积稳定	过大的冠粘接	
	高溶解度	影像学可检测残余的水门汀 ^[5]	边缘封闭性不足 ^[9]	
		与树脂和玻璃离子相比,多余的水门汀更易去除		
		高性价比		
玻璃离子	高吸水性	固位力高	调拌比例不佳时微渗漏较高	
	低弹性模量	部分品牌的玻璃离子(如 GC Fuji Temp LT)	不建议在咬合力较高的部位	半永久粘接
	低溶解度	可被射线检测出 ^[10]	使用 ^[11]	
	边缘封闭性好			
含丁香酚的 氧化锌	抗菌性	牙周病原体显著减少 ^[12]		
	高溶解度	水门汀残留较少,种植体周炎的发生率很低 ^[13]		临时粘接
	对钛金属的弱粘接力	影像学及激光荧光法可检测残余的水门汀 ^[5]	溶解度较高,冠边缘容易形成	
	易去除	多余的水门汀易去除	缝隙固位力不足,频繁脱位 ^[14]	
		生物相容性好 ^[12]		
		是临时粘接的理想选择,良好的可拆卸性		
不含丁香酚 的氧化锌	高溶解度	不容易过敏	高微渗漏 ^[6]	
	易去除	消除丁香酚对树脂聚合的负面影响	固位力低 ^[15]	临时粘接
		种植体周炎发生率 ^[13]		
种植修复专 用水门汀	易去除	不容易过敏		
	适宜的固位力	边缘封闭性好		半永久粘接
		可拆卸性好 ^[16]	拆卸时有修复体破裂的可能性 ^[14]	
		易去除多余的水门汀 ^[17]		

表 2 专门用于种植修复的水门汀推荐应用时间及主要成分

Tab. 2 Recommended application time and main components of cements specifically for implant restorations

产品(制造商)	推荐临床应用时间	主要成分
种植临时粘接水门汀 (Premier Implant Cement,美国 Premier Dental 公司)	临时粘接	三乙二醇二甲基丙烯酸酯、甲基丙烯酸羟乙酯、 气相二氧化硅和过氧化苯甲酰
种植临时粘接水门汀 (ImProv Temp Implant Cement,德国 Dentsply 公司)	临时粘接	丙烯酸聚氨酯
种植半永久粘接水门汀 (Harvard Implant Semipermanent,德国 Harvard 公司)	半永久粘接	氧化锌、多功能甲基丙烯酸酯
种植半永久粘接水门汀 (Telio CS Cem Implant,列支敦士登 Ivoclar Vivadent 公司)	半永久粘接	二甲基丙烯酸聚乙二醇、过氧化苯甲酰、稳定剂 和颜料
种植半永久粘接水门汀 (Implalute Implant Cement,英国 Medicept Dental 公司)	半永久粘接	丙烯酸聚氨酯
种植永久粘接水门汀 (Multilink Hybrid Abutment,列支敦士登 Ivoclar Vivadent 公司)	永久粘接	二甲基丙烯酸酯、甲基丙烯酸羟乙酯、钡玻璃、 三氟化铈和球状混合氧化物

2 水门汀的固位性和可拆卸性

种植冠与天然牙冠修复的水门汀选择要求不同,天然牙冠修复的粘接水门汀选择倾向于牙体组织和修复体的化学粘接,保护牙体组织在口腔环境中的长期稳定,而种植冠粘接水门汀倾向于发生并发症时如何平衡水门汀的固位性与可拆卸性。一方面,由于种植修复可发生中央螺丝折断或松动等天然牙没有的机械并发症,且发生种植体周炎、种植冠修复体崩瓷和食物嵌塞等的概率较高,可拆卸性成为种植修复的一个重要需求。从基台上移除牙冠不可使用超负荷的力,避免对牙冠、基台或植入物本身造成永久性损伤。另一方面,临时粘接水门汀虽可以满足可拆卸性的要求,但因固位力低^[15]、存在唾液溶解性以及边缘微渗漏的潜在不利因素^[6],无法提供足够的固位力以维护牙冠的长期稳定性。理想的种植冠粘接水门汀应具备足够固位力以保留牙冠,同时具备可拆卸性的特点。

虽然树脂水门汀提供了较高的固位力,但也提高了种植体周炎的发生率,同时存在拆除牙冠较为困难的缺点,使其使用受到一定限制。研究表明,临时粘接水门汀氧化锌不仅可以提供足够的固位力,而且具有良好的可拆卸性^[13]。LOPES等^[18]建议对种植冠进行临时粘接,在后续拆除种植冠时不会对其造成损害。但使用临时粘接水门汀存在较高的自发脱落率,容易导致患者误吞、误吸,而半永久性粘接水门汀(如甲基丙烯酸酯浸润的氧化锌)有着较好的固位性和可拆卸性,更适合用于种植冠的粘接^[14]。MEHL等^[19]提出了种植修复的半永久粘接模式,在修复体内表面的颈部边缘用小毛刷涂抹1~3 mm宽的薄层水门汀,而非涂布整个内冠,从而减小固位力,实现可拆卸的目的,结果显示,半永久粘接模式可以获得更好的可拆卸性和边缘适合性,也有利于减少水门汀的残留。VESELINOVIĆ等^[20]评估了人工老化(冷热循环、机械循环加载)对磷酸锌水门汀改良技术和半永久水门汀常规技术在种植修复中固位力的影响,其中磷酸锌水门汀改良技术即采用了半永久粘接模式,使用小毛刷在修复体冠边缘及内冠涂布2 mm宽的磷酸锌水门汀薄层。经过12个月的人工老化后,采用万能试验机测量保留值,结果显示,磷酸锌水门汀改良技术的粘接力为48.15 N,半永久水门汀常规技术则为15.55~16.55 N,从而认为,2种技术均可提供可预测的种植冠修复的固位性和可拆卸性。

理想的种植修复粘接水门汀需要在不影响冠固

位性的基础上,同时满足完整拆除种植冠的需求,减少重新制作冠修复体带来的成本和时间,更重要的是避免种植体受到机械拆冠带来的超负荷损害。永久粘接水门汀,如树脂类水门汀和树脂改性玻璃离子水门汀,因其高粘接性和优越的美学性能备受临床医生的喜爱,从而广泛应用于临床工作中。但当种植体发生并发症时,此类水门汀又因高固位力无法完整拆除冠修复体,只能通过机械破坏,后期往往需要再次进行修复。而临时粘接水门汀虽有着良好的可拆卸性,可以在种植体出现问题时完整取下种植冠,但因固位力较低,在唾液中易溶解,冠修复体容易脱落,反而增加了日常维护所需的时间和成本,所以在临床中较少使用此类水门汀进行种植体的最终修复。目前,半永久水门汀在临床的使用备受关注,其兼顾固位性和可拆卸性,既满足日常咀嚼过程中的粘接需求,又可以在种植体出现问题时,完整取下种植冠。市面上有专门针对种植冠粘接生产的水门汀,如Premier、Harvard和Implalute等,但目前此类水门汀还未得到大量应用,尚无法判断是否满足可拆卸性和固位性的双重平衡,需要更多的随机对照实验和大量的临床病例来验证。

3 粘接固位修复体的拆除方法

临床上,从种植基台上拆除粘接固位的冠修复体较为困难,通常采用超声、敲击和器械切割等机械破坏的方法达到拆除冠修复体的目的^[21-22]。超声与敲击是通过施加冲击或牵引力,破坏粘接界面,从而完整取下修复体。器械切割是指使用传统的金刚石车针彻底破坏冠修复体从而进行拆除,但对于氧化锆等高强度陶瓷来说,使用金刚石车针磨除的方法不易进行拆除,并且有损伤种植体和基台的风险^[23]。而其他方法通常具有部分保守性或完全破坏性,存在成功率低、种植体意外脱位等风险。保守或半保守的修复体去除方法均具有不可预测性,并且可能使用到破坏性的拆除方法,因此尚无普遍适用的修复体拆除方法。

近年来,临床医师开始尝试用激光拆除种植全瓷修复体^[24]。钕钇铝石榴石(erbium-doped; yttrium-aluminum-garnet, Er: YAG)激光的波长为2 940 nm,与水分子吸收峰高度重合,拆除全瓷修复体时,通过设置Er: YAG激光的照射参数,使其选择性作用于水门汀而避免损伤人体组织及修复体^[25]。陈宥任等^[26]研究了Er: YAG激光拆除氧化锆冠的可能机制,认为氧化锆陶瓷红外线吸收峰为Zr-O(690 cm⁻¹带),不包含水的特征吸收带,而

树脂水门汀除了有一个 $C=O$ ($1\,680/1\,630\text{ cm}^{-1}$ 带)外,还有水特征吸收带 ($3\,750\sim3\,640\text{ cm}^{-1}$ 带和 $3\,600\sim3\,400\text{ cm}^{-1}$ 带)。在种植修复体的拆除过程中,激光能量主要被树脂水门汀吸收,并破坏水门汀粘接,从而完整取下修复体。CAI 等^[27]报道了 2 种水门汀对激光拆除氧化锆修复体的影响,认为与树脂加强型玻璃离子相比,去除树脂水门汀粘接的种植冠需要更长的时间。这是因为修复体厚度从 1 mm 增加到 4 mm 时,拆除所需的时间也逐渐加长,并且激光无法有效作用于 4 mm 厚的氧化锆的粘接面。

4 水门汀的生物相容性

GALLEGOS 等^[28]发现,磷酸锌、树脂改性玻璃离子与树脂水门汀对细胞均具有生物毒性,可诱导相关细胞发生严重的形态变化。DIEMER 等^[29]通过体外实验进一步验证,树脂水门汀可能会扰乱成骨细胞的生长平衡,进而提供有利于种植体周围骨破坏的条件。MARVIN 等^[30]认为,粘接水门汀中含有丁香酚、氟化物、磷酸和丙烯酸酯等成分,这可能才是其对细胞产生毒性的真正原因。这些成分也可能对钛种植体表面产生不利影响,影响钛种植体表面的骨结合。RODRIGUEZ 等^[31]将氧化锌(含丁香酚和不含丁香酚)、磷酸锌和丙烯酸树脂水门汀磨制成颗粒,直接应用于牙周前成骨细胞或成纤维细胞培养物,检测暴露在水门汀后细胞的活力,结果发现,虽然骨和软组织细胞系都容易受到粘接水门汀测试材料的影响,但牙周成纤维细胞对水门汀的暴露更为敏感。研究发现,玻璃离子对人类牙周成纤维细胞的细胞毒性最大,其次是磷酸锌、含丁香酚的氧化锌和树脂^[32]。这一现象解释了在体内环境中种植体周围骨丢失的可能相关模式。骨丢失的过程尚存在其他因素的影响,例如与软组织部位相关的物理创伤、微生物挑战,以及施加在种植体的力的负载效应,这些因素均可能破坏种植体周围组织。了解水门汀如何影响种植体周围组织的健康,对于改善种植体周围组织的健康状况、防止种植体周围不必要的骨丢失、最终防止种植失败具有重要意义。以上研究强调了粘接水门汀生物相容性的重要性。在临床工作中,应注意水门汀的正确使用,彻底清除残留的水门汀,避免残留水门汀对种植体周围软、硬组织的破坏。

5 水门汀残留的影响

虽然牙周组织和种植体周围的支持结构具有相

似的组织学和临床特征,但也存在明显的不同。天然牙的牙周组织含有大量血管,细菌侵入时会产生较强的炎症防御反应,而种植体周围没有牙周膜和牙骨质,牙槽骨与种植体表面直接接触,周围的结缔组织内只存在少量血管,炎症反应较弱,防御能力较差,细菌容易侵入。水门汀因具有可流动性,可能扩散到邻近的牙周组织,从而引发种植体周炎^[7]。FIORELLINI 等^[33]报道,种植体周黏膜炎的患病率为 43%,种植体周炎的患病率为 22%。

大多数种植体周炎可能与牙周炎有共同的发病机制,曾患有中度或重度牙周炎是种植体周炎患病的危险因素^[34]。有研究发现,种植体周围组织残留的甲基丙烯酸酯水门汀可引起种植体周围骨丢失与化脓性炎症^[35]。目前认为,残留的水门汀硬化后,易对种植体周围黏膜产生机械刺激;另外,因其表面粗糙,易导致细菌繁殖,这是种植体周围疾病发展的一个重要危险因素^[12]。

种植体周炎的发生是复杂的、多因素作用的结果,与牙周炎的反应机制类似,种植体周炎的发生也存在微生物因素。KORSCH 等^[7]的研究发现,用含丁香酚的氧化锌进行冠粘接后,种植体周围细菌减少,这可能是因为丁香酚对种植体周围的细菌产生了影响。丁香酚是丁香油的一种分离化合物,具有抗菌、抗病毒作用,能够抑制微生物的大量生长,具有减少种植体周炎的作用,用含丁香酚的氧化锌对种植义齿支持的上部结构进行粘接是一种值得考虑的方法。提示可在水门汀中加入一些抗菌成分,从而减少种植体周围细菌的聚集。

6 去除残留水门汀的方法

去除残留的水门汀有利于减少种植体周炎的发生率,但目前尚无完全去除残留水门汀的方法。从粘接源头上尽量减少水门汀的残留是预防种植体周炎的有效方法之一。JAGATHPAL 等^[36]提出,可以先在口外复制基台模型,然后安装上含有粘接水门汀的牙冠,挤出多余的水门汀,再转移到口内,从而减少水门汀的残留。但该方法在椅旁复制基台模型,会因为耗时长、技术敏感等原因很难在技术上标准化地执行,而如果通过 3D 打印技术复制基台模型,则会增加冠修复的成本,因此很难在临床上广泛应用。HAAS 等^[37]提出,使用超薄的聚四氟乙烯屏蔽膜覆盖在基台周围,帮助最小化或清除残留的水门汀。这一方法取材方便,但存在技术敏感性高的缺点,使用时难以将 $50\text{ }\mu\text{m}$ 的聚四氟乙烯屏蔽膜均

匀地覆盖在基台表面而不产生任何折痕或折叠,增加了临床工作中的椅旁时间。SEO等^[38]改进了聚四氟乙烯屏蔽膜法,采用橡皮障布来减少冠边缘位于龈下时水门汀的溢出,同时隔离软组织,减少水门汀对软组织的刺激。具体方法是将橡皮障布剪成合适大小,放置在基台边缘的下方,粘接时水门汀不易流入龈下区域,从而减少残留。橡皮障布法在临床上更容易达到减少水门汀残留的目的。

除了粘接过程中减少水门汀的残留,对于粘接结束后已经残留的水门汀也可以通过一些手段进行去除。ROMANOS等^[39]提出,使用凡士林涂抹在修复体及基台边缘,粘接结束后通过气枪加压喷水就可以去除残留水门汀。此方法不需要昂贵的成本和专门的高级培训就可以普遍使用,但为了让凡士林充分流入修复体及基台边缘,则需使用能够进入前庭沟最深处的注射器注射凡士林。还有学者研究发现,聚醚醚酮超声尖可将种植牙冠周围的水门汀残留物清洁到一定深度,在粘接结束后可以使用聚醚醚酮超声尖对种植冠周围残留的水门汀进行清理^[40]。REDA等^[41]通过系统回顾发现,使用牙周探针、超声和牙线等不同操作方法都能够完全去除软组织中不含丁香酚的氧化锌水门汀,从而减少种植体周炎的发生率,但由于不同种类粘接水门汀粘接力的差异,还需要进行不同种类粘接水门汀去除效果的比较。

7 检测残留水门汀的方法

传统的残留水门汀的检测方法包括放射影像学法、牙周内窥镜法和翻瓣探查技术法^[42-43]。牙周内窥镜和翻瓣探查技术均为有创检查,不作为检测残留水门汀的常规方法。放射影像学评价是一种非侵入性方法。影响水门汀X射线阻射性的因素,包括材料组成、厚度、形态、X射线拍摄角度和剂量等,而含锌水门汀(氧化锌、聚羧酸锌、磷酸锌等)有X射线阻射性,易被放射检查识别^[6]。然而,LINKEVICIUS等^[44]报道了X射线放射检测法并非是一种可靠的方法,由于种植体与基台影像的干扰,该方法无法检查位于唇颊与舌腭区域的水门汀,并且较小厚度的水门汀无法显影,只有厚度 ≥ 2 mm才能被检测到。这意味着放射影像学检查法有一定的局限性,水门汀的位置与残留量的厚度均可影响检查的精确度。

激光荧光法最初是为检测龋齿而设计的,对龋齿的测量显示,与完整切片相比,未处理区域附近的

龋齿病变中锌含量增加^[45],通过发射荧光,可以识别出其中的锌元素,从而发现龋齿。在种植修复中,激光荧光法适用于识别含锌元素的水门汀,以氧化锌水门汀最易被识别。与放射影像学相比,激光荧光法的优势在于它可以探测到牙齿各个面的残留水门汀,特别是X射线无法识别的种植体颊舌面及较深的龈下位置。ALIKHASI等^[42]通过激光荧光设备检测残留氧化锌水门汀,利用红色激光二极管通过光纤发射波长为655 nm的激光可以被无机物质吸收的原理,在修复体周围轻轻移动激光设备尖端来识别残留的氧化锌水门汀,检测灵敏度为100%,特异度为96.67%,从而提出了一种新型非侵入性检测残留水门汀的方法。但在实际临床环境中,因牙龈的解剖结构因人而异,该方法检测的精确度有待考量。此外,由于牙龈组织因炎症而引起浮肿以及种植体周围组织中存在各种微生物,很难对种植体周围组织进行标准化,激光荧光法的检测也可能变得困难。岳兆国等^[46]利用三维扫描技术获取残留粘接水门汀的体积数据来检测水门汀残留的量及其分布的位置,但还需与实际体积进行分析和比较,进一步验证这种检测手段的效度和信度。

综上所述,种植修复水门汀目前可分为永久粘接水门汀、半永久粘接水门汀和临时粘接水门汀。永久粘接水门汀种植在临床长期粘接中使用广泛,但存在固位力过高而可拆卸性不足的特点,在种植体出现并发症时,仍需要通过机械破坏种植冠的完整性。临时粘接水门汀因其溶解度高而易脱落,多用于种植修复时间以周为单位的短期观察的粘接。半永久粘接水门汀兼顾固位性和可拆卸性,多用于以月为单位的中长期粘接。除了固位性和可拆卸性以外,水门汀的选择还需要考虑生物相容性、残留水门汀刺激性、影像学检测及如何有效清洁等因素,医师需根据临床实际情况进行选择。目前种植冠粘接固位水门汀的研究仍基于有限的临床报告和实验室研究,还需通过进一步的随机对照临床试验和长期随访来支持本综述中提及的研究结果。

参考文献:

- [1] GADDALE R, MISHRA S K, CHOWDHARY R. Complications of screw- and cement-retained implant-supported full-arch restorations: A systematic review and meta-analysis[J]. Int J Oral Implantol (Berl), 2020, 13(1): 11-40.
- [2] LEE A, OKAYASU K, WANG H L. Screw-versus cement-retained implant restorations: Current concepts[J]. Implant Dent, 2010, 19(1): 8-15.

- [3] LAMPERTI S T, WOLLEB K, HÄMMERLE C H F, et al. Cemented versus screw-retained zirconia-based single-implant restorations; 5-year results of a randomized controlled clinical trial[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2022,33(4):353-361.
- [4] ALMEHMADI N, KUTKUT A, AL-SABBAGH M. What is the best available luting agent for implant prosthesis? [J]. *Dent Clin North Am*, 2019,63(3):531-545.
- [5] PETTE G A, GANELES J, NORKIN F J. Radiographic appearance of commonly used cements in implant dentistry[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2013,33(1):61-68.
- [6] SALEH M, TAŞAR-FARUK S. Comparing the marginal leakage and retention of implant-supported restorations cemented by four different dental cements[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2019,21(6):1181-1188.
- [7] KORSCH M, MARTEN S M, WALTHER W, et al. Impact of dental cement on the peri-implant biofilm-microbial comparison of two different cements in an *in vivo* observational study[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2018,20(5):806-813.
- [8] SNYDER M D, LANG B R, RAZZOOG M E. The efficacy of luting all-ceramic crowns with resin-modified glass ionomer cement[J]. *J Am Dent Assoc*, 2003,134(5):609-612.
- [9] PAN Y H, RAMP L C, LIN C K, et al. Comparison of 7 luting protocols and their effect on the retention and marginal leakage of a cement-retained dental implant restoration[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2006,21(4):587-592.
- [10] CAL E, GUNERI P, UNAL S, et al. Radiopacity of luting cements as a potential factor in peri-implantitis: An *in vitro* comparative study[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2017,37(3):e163-e169.
- [11] CATTANI-LORENTE M A, GODIN C, MEYER J M. Early strength of glass ionomer cements[J]. *Dent Mater*, 1993, 9(1):57-62.
- [12] KORSCH M, WALTHER W, BARTOLS A. Cement-associated peri-implant mucositis; A 1-year follow-up after excess cement removal on the peri-implant tissue of dental implants[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2017,19(3):523-529.
- [13] WOELBER J P, RATKA-KRUEGER P, VACH K, et al. Decementation rates and the peri-implant tissue status of implant-supported fixed restorations retained *via* zinc oxide cement; A retrospective 10-23-year study[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2016,18(5):917-925.
- [14] MÜLLER L, RAUCH A, REISSMANN D R, et al. Impact of cement type and abutment height on pull-off force of zirconia reinforced lithium silicate crowns on titanium implant stock abutments: An *in vitro* study[J]. *BMC Oral Health*, 2021,21(1):592.
- [15] DÄHNE F, MEISSNER H, BÖNING K, et al. Retention of different temporary cements tested on zirconia crowns and titanium abutments *in vitro* [J]. *Int J Implant Dent*, 2021, 7(1):62.
- [16] SARFARAZ H, HASSAN A, SHENOY K K, et al. An *in vitro* study to compare the influence of newer luting cements on retention of cement-retained implant-supported prosthesis[J]. *J Indian Prosthodont Soc*, 2019,19(2):166-172.
- [17] DEGIRMENCI K, SARIDAG S. Effect of different surface treatments on the shear bond strength of luting cements used with implant-supported prosthesis: An *in vitro* study[J]. *J Adv Prosthodont*, 2020,12(2):75-82.
- [18] LOPES A C O, MACHADO C M, BONJARDIM L R, et al. The effect of CAD/CAM crown material and cement type on retention to implant abutments[J]. *J Prosthodont*, 2019, 28(2):e552-e556.
- [19] MEHL C, HARDER S, WOLFART M, et al. Retrieval of implant-retained crowns following cementation[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2008,19(12):1304-1311.
- [20] VESELINOVIĆ V, MARIN S, TATIĆ Z, et al. Application of semipermanent cements and conventional cement with modified cementing technique in dental implantology [J]. *Acta Stomatol Croat*, 2021,55(4):367-379.
- [21] ADDY L D, BARTLEY A, HAYES S J. Crown and bridge disassembly: When, why and how[J]. *Dent Update*, 2007, 34:140-142.
- [22] DEEB J G, CROWELL A, RICHEY K H, et al. *In vitro* study of laser-assisted prefabricated ceramic crown debonding as compared to traditional rotary instrument removal[J]. *Materials (Basel)*, 2022,15(10):3617.
- [23] SHAH K, MCGLUMPHY E, LEE D J, et al. Laser retrieval of cemented zirconia single unit implant restoration; A pilot study: Part I-Force values[J]. *Int J Prosthodont*, 2022, 35(4):425-433.
- [24] ELKHARASHI A, GRZECH-LEŚNIAK K, DEEB J G, et al. Exploring the use of pulsed erbium lasers to retrieve a zirconia crown from a zirconia implant abutment[J]. *PLoS One*, 2020,15(6):e0233536.
- [25] GRZECH-LEŚNIAK K, BENCHARIT S, DALAL N, et al. *In vitro* examination of the use of Er:YAG laser to retrieve lithium disilicate crowns from titanium implant abutments[J]. *J Prosthodont*, 2019,28(6):672-676.
- [26] 陈有任, 罗云, 王敏, 等. Er:YAG 激光在拆除全瓷修复体中应用的研究进展[J]. *口腔疾病防治*, 2022, 30(5): 372-376.
- [27] CAI P P, ZHUO Y Y, LIN J, et al. Er:YAG laser removal of zirconia crowns on titanium abutment of dental implants: An *in vitro* study[J]. *BMC Oral Health*, 2022,22(1):396.
- [28] GALLEGOS S I, PARSAEI S, SIDDIQUI D A, et al. Can dental cement composition affect dental implant success? [J]. *ACS Biomater Sci Eng*, 2019,5(10):5116-5127.
- [29] DIEMER F, STARK H, HELFGEN E H, et al. *In vitro* cytotoxicity of different dental resin-cements on human cell lines[J]. *J Mater Sci Mater Med*, 2021,32(1):4.
- [30] MARVIN J C, GALLEGOS S I, PARSAEI S, et al. *In vitro* evaluation of cell compatibility of dental cements used with titanium implant components[J]. *J Prosthodont*, 2019,28(2): e705-e712.
- [31] RODRIGUEZ L C, SABA J N, CHUNG K H, et al. *In vitro* effects of dental cements on hard and soft tissues associated with dental implants[J]. *J Prosthet Dent*, 2017,118(1): 31-35.

- [32] BAJANTRI P, RODRIGUES S J, SHAMA PRASADA K, et al. Cytotoxicity of dental cements on soft tissue associated with dental implants[J]. *Int J Dent*, 2022,2022;4916464.
- [33] FIORELLINI J P, LUAN K W, CHANG Y C, et al. Peri-implant mucosal tissues and inflammation: Clinical implications[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2019,34;s25-s33.
- [34] ROMANDINI M, LIMA C, PEDRINACI I, et al. Prevalence and risk/protective indicators of peri-implant diseases: A university-representative cross-sectional study [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2021,32(1);112-122.
- [35] DE MARTINIS TERRA E, BERARDINI M, TRISI P. Nonsurgical management of peri-implant bone loss induced by residual cement: Retrospective analysis of six cases[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2019,39(1);89-94.
- [36] JAGATHPAL A J, VALLY Z I, SYKES L M, et al. Comparison of excess cement around implant crown margins by using 3 extraoral cementation techniques [J]. *J Prosthet Dent*, 2021,126(1);95-101.
- [37] HAAS R C, HAAS S E. Cement shield membrane technique to minimize residual cement on implant crowns: A dental technique[J]. *J Prosthet Dent*, 2020,123(2);223-227.
- [38] SEO C W, SEO J M. A technique for minimizing subgingival residual cement by using rubber dam for cement-retained implant crowns[J]. *J Prosthet Dent*, 2017,117(2);327-328.
- [39] ROMANOS G E. A simplified technique to control excess cement material underneath cement-retained implant restorations: Technical note[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2019,34(2);e17-e19.
- [40] KOYUNCUOGLU C Z, KARA H B, AKDEMIR S, et al. Cleaning efficacy of poly-ether-ether-ketone tips in eliminating cement remnants around implants with different abutment heights[J]. *J Oral Implantol*, 2020,46(6);548-554.
- [41] REDA R, ZANZA A, CICONETTI A, et al. A systematic review of cementation techniques to minimize cement excess in cement-retained implant restorations[J]. *Methods Protoc*, 2022,5(1);9.
- [42] ALIKHASI M, ZADEH B Y, MANSOURIAN A, et al. Detection of residual excess zinc oxide-based cement with laser fluorescence (DIAGNOdent): *In vitro* evaluation[J]. *J Oral Implantol*, 2019,45(2);89-93.
- [43] ERZURUMLU Z U, SAGIRKAYA C E, ERZURUMLU K. Evaluation of radiopacities of CAD/CAM restorative materials and resin cements by digital radiography[J]. *Clin Oral Investig*, 2021,25(10);5735-5741.
- [44] LINKEVICIUS T, VINDASIUTE E, PUISYS A, et al. The influence of the cementation margin position on the amount of undetected cement: A prospective clinical study[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2013,24(1);71-76.
- [45] HARRIS H H, VOGT S, EASTGATE H, et al. A link between copper and dental caries in human teeth identified by X-ray fluorescence elemental mapping [J]. *J Biol Inorg Chem*, 2008,13(2);303-306.
- [46] 岳兆国, 张海东, 杨静文, 等. 数字化评估 CAD/CAM 个性化基台与成品基台影响粘接剂残留的体外研究[J]. *北京大学学报(医学版)*, 2021,53(1);69-75.

(编辑:何佳凤)

欢迎订阅 《福建医科大学学报》

双月刊 CN 35-1192/R 邮发代号 34-66