

瓷贴面粘接技术的研究进展

杨振林，昭日格图*

(内蒙古医科大学第四附属医院口腔科，内蒙古 包头 014030)

【摘要】瓷贴面修复是采用粘接技术，对牙体表面缺损、着色、变色和畸形等，在保存活髓、少磨牙或不磨牙的情况下使用全瓷修复材料粘接覆盖，以恢复牙体的正常形态和色泽的一种修复方法。随着各种瓷贴面材料的不断改进及粘接技术的不断优化，瓷贴面修复技术已逐渐发展成熟，并受到大众青睐。但由于该修复方式的粘接性能直接关系到修复体的成功率，如何提高瓷贴面修复体的粘接强度成为了近年来的研究热点。现就牙釉质粘接剂的发展、瓷贴面组织面及釉质粘接面的处理三个方面进行综述，为临床研究使用提供依据。

【关键词】瓷贴面；粘接剂；美学修复；全瓷修复体

【中图分类号】R783.2

【文献标识码】A

【文章编号】2096-3718.2023.11.0134.04

DOI: 10.3969/j.issn.2096-3718.2023.11.044

瓷贴面是一种牙齿修复技术，是对牙体表面缺损、着色、变色等异常改变，在相对少磨牙或不磨牙的情况下，使用全瓷修复材料粘接并覆盖其表面以恢复牙体的正常形态，改善其色泽。随着各种瓷贴面材料的不断改进及粘接技术的逐渐优化，瓷贴面修复技术的发展也日益成熟。因瓷贴面具有良好的生物相容性，对口腔组织无毒性，磨除牙体组织少及美观效果良好等优点而深得大众的喜爱。近年来，瓷贴面修复技术被国内外众多学者所关注，但由于修复体表面和牙体表面处理方式、粘接剂的不同粘接方式均影响着瓷贴面修复体的粘接强度，进而影响着修复体的成功率^[1]，所以提高瓷贴面修复体的粘接强度及长期稳定性成为了亟待解决的问题。瓷贴面的使用寿命与牙体预备的精密度、患者的咬合力量、修复体粘接的牢固度等均有很大的关系，而最终粘接的成功取决于粘接界面的处理。本文旨在从粘接剂的发展、瓷贴面组织面的处理及釉质粘接面的处理三个方面进行综述，以探讨瓷贴面粘接技术的进展并为临床应用提供理论依据，现综述如下。

1 粘接剂的发展

1.1 粘接系统的演变 自从 BONOCURE 于 1995 年开创现代口腔粘接技术以来，牙体粘接系统已经发展至第八代^[2]：第一代粘接系统为化学结合，所使用的粘接剂主要成分为双酚 A- 甲基丙烯酸缩水甘油酯，但粘接强度较低；第二代在第一代的基础上增加了低粘度树脂，相较于第一代增加了粘接强度；第三代粘接系统靠粘接剂和玷污层进

行结合，但粘接效果易受其他因素影响；第四代的粘接系统具有划时代意义，可以彻底去除玷污层从而形成混合层，极大提升了粘接强度，但由于其操作步骤繁多、技术敏感性高，已经基本被临床所淘汰；第五代粘接系统简化了临床操作，并将预处理剂和粘接树脂合为一瓶，其粘接机制主要为粘接剂与酸蚀后的釉质表面形成树脂突，和混合层结合所产生的机械锁合，粘接强度高，对各种修复体的粘接强度达 20~24 MPa；第六代粘接系统被称为“自酸蚀粘接系统入门”，其试图消除酸蚀步骤，将酸蚀、底涂及粘接合为一步，仅使用一种溶液就完成对牙釉质及牙本质的处理并完成粘接；实验表明，其与牙釉质有足够的粘接强度，但与牙本质的粘接强度却无法达到临床要求^[3]；第七代粘接系统为了减少临床操作步骤，操作时将酸蚀、底涂及粘接简化成一步，自酸蚀粘接系统的特点是将玷污层进行改性，而不是完全去除，不需要单独进行酸蚀、冲洗的步骤，且操作较简便，但其与釉质之间的粘接强度却比较低；第八代粘接系统是新型通用性粘接剂，在全酸蚀粘接技术或自酸蚀粘接技术中均可运用，简化了临床的操作步骤，降低了技术敏感性，并且还有较强的粘接强度，但其在自酸蚀技术和自酸蚀技术中表现并不相同^[4]，其运用于不同技术所产生的区别、与釉质的粘接强度能否达到临床要求还有待进一步研究。

1.2 粘接系统的分类 在预备牙体的过程中，对牙齿结构的机械处理会在牙齿表面留下一层均匀的碎屑，这一层称为玷污层，主要由羟基磷灰石和改变的胶原蛋白组成，其堵塞牙本质小管的入口，降低了其渗透性。依据粘接性

作者简介：杨振林，硕士研究生，住院医师，研究方向：口腔修复学。

通信作者：昭日格图，硕士研究生，主任医师，研究方向：口腔修复学。E-mail: 841621794@qq.com

能,牙釉质粘接系统主要分为全酸蚀粘接系统、自酸蚀粘接系统、通用型粘接系统。

全酸蚀粘接剂是指用酸蚀剂同时处理牙釉质和牙本质,使其表面脱矿,形成表面高低不平的蜂窝状结构,将粘接剂涂抹到釉质后,液体渗入其中,固化后形成不同形态树脂突,与釉质之间形成机械嵌合,从而增强了与树脂的粘接强度。早期的粘接剂多为全酸蚀粘接系统,其中三步法为独立应用酸蚀剂、底涂剂、粘接树脂,但由于三步法组成成分多、操作时间长而很少运用于临床;二步法全酸蚀粘接技术则是建立在传统三步法之上的全酸蚀粘接,是将底涂剂和粘接树脂组合为单一溶液的粘接技术,但由于简化后的溶液渗透能力下降,从而无法保证临床粘接效果。全酸蚀粘接系统虽作为瓷贴面粘接的金标准并且粘接强度高,但全酸蚀粘接所导致的渗漏问题仍需进一步解决^[5]。

自酸蚀粘接系统粘接强度比全酸蚀粘接系统更佳,且应用范围更为广阔。按照临床操作步骤的不同,可将其分为两步法自酸蚀粘接系统和一步法自酸蚀粘接系统。两步法是将酸蚀和底漆的步骤组合为一步,使用一瓶溶液即可完成酸蚀和底涂操作,然后粘接树脂,完成粘接。而一步法则将酸蚀、底漆、粘接步骤组合成一步,即使用一瓶溶液完成粘接过程。自酸蚀粘接剂的基本成分是酸性功能单体,其 pH 值相对高于磷酸酸蚀剂。自酸蚀粘接系统溶解玷污层,也使玷污层下方的牙本质表层脱矿,粘接剂渗入胶原纤维网中形成混合层;同时溶液渗入牙本质小管中形成不同形态的树脂突结构,混合层和树脂突所形成的机械锁结是自酸蚀粘接剂的粘接力的主要来源。目前自酸蚀粘接剂广泛运用于临床,强度可达到 20~30 MPa,显著地提高了粘接强度^[6]。

通用型粘接系统是近年来开创的简单便捷、粘接强度较高的新型粘接系统。大多数的通用型粘接剂属于超轻型(pH 值 ≥ 2.5)、轻型(pH 值 ≈ 2)和中强型(pH 值在 1~2),其本质是自酸蚀类粘接剂。通用型粘接剂含有特定的羧酸盐或磷酸盐功能单体,既可以选择酸蚀-冲洗模式使用,又可选择自酸蚀模式使用,可与光固化型、自固化型和双固化型树脂水门汀联合使用,可用于直接充填体和间接修复体的粘接^[7]。但这种粘接的稳定性是依赖粘接物质的,并且受水解降解的影响,因此仍需要采取额外的措施,减少不稳定因素,以确保其长期的稳定性。相比于传统全酸蚀粘接方法,通用型粘接方法具有操作步骤优化、操作难度降低等优势^[8],但其粘接强度的差异鲜有研究,简化步骤的通用型粘接剂的粘接方法能否取代操作繁琐的传统粘接法,仍需进一步研究。

目前临床所用的粘接剂主要包括树脂类粘接剂、玻璃

离子型粘接剂、树脂改良玻璃离子类粘接剂及磷酸盐类粘接剂,不同种类粘接剂的粘接强度也不同,其中树脂类粘接剂相较于其他种类粘接剂粘接强度高,在瓷贴面粘接方面占主导地位。

2 瓷贴面修复体粘接面的处理

瓷贴面主要依靠粘接固位,所以应尽可能增大与贴面材料的粘接面积,从而提高粘接强度。瓷贴面组织面的处理是决定瓷贴面与粘接剂之间粘接强度的首要因素,瓷贴面的粘接效果很大程度受到瓷贴面组织面处理的影响,所以瓷贴面组织面的处理成为了临床重点关注的研究热点之一。常用的表面处理方法有机械法和化学法两种,包括机械打磨、喷砂、酸蚀、激光蚀刻、硅烷偶联剂等。

机械打磨是指使用砂纸打磨瓷贴面表面,可以增加组织面粗糙度,但由于无法改变贴面内部微结构,且打磨的深度无法控制,临床上并不常用。喷砂是常见的表面处理方式,多用氧化铝颗粒作为喷砂材料,通过设备喷溅颗粒来增加组织面的粗糙程度,从而增强粘接性能,并且喷砂可清洁组织面,提高剪切粘接强度;而有研究学者则认为,喷砂所引起的组织面缺陷会降低修复体的长期稳定性^[9]。因瓷贴面组织面粗化程度易受到喷砂角度、喷射压力、喷射颗粒大小等因素的影响,所以仍需研究此方式更加优化的处理结果,以增加修复体的剪切粘接强度,从而提高贴面的使用寿命。

酸蚀是临床常用的增加组织面粗糙度的方法,可以使组织面产生多空隙结构,表面形成凹凸不平的蜂窝状结构从而增大粘接面积,形成的微孔结构有利于形成机械嵌合。氢氟酸(HF)是使用最广泛的陶瓷酸蚀剂,HF 酸蚀是瓷贴面常用的处理方法,能与陶瓷发生化学反应,生成六氟化硅(SiF_6)的化学物质,该物质经过清洗后能使得陶瓷表面形成微孔,从而能增加陶瓷与树脂的粘接面积。有研究发现利用 5% 的 HF 酸蚀瓷贴面组织面 20 s,能够显著提高粘接强度^[10],提示随着 HF 的浓度增高粘接的强度也逐渐增高。但 HF 酸蚀过程中不能与树脂形成机械锁结结构,并且过度的酸蚀能造成陶瓷强度下降,进而影响粘接强度。

激光蚀刻主要是利用仪器瞬间产生的高能量使陶瓷表面产生空隙,形成凹凸不平的表面,增加陶瓷表面粗糙度,从而增加粘接强度并且起到清洁的作用。临床上常见的激光类型有:钕钇铝石榴石(Er:YAG)激光、钕铝石榴石(Nd:YAG)激光、二氧化碳(CO_2)激光。Er:YAG 激光以短脉冲方式发射激光,短脉冲式的激光强度可达到 1 000 W 或更高,这些激光强度高、吸光性也高,适用于

清除硬组织,且这些激光处理后的窝沟表面呈现出与酸蚀作用类似的白垩色表面,可增强粘接强度。Er: YAG 激光射线波长与水的主吸收峰重叠,并且能够被羟基磷灰石高度吸收,水的体积膨胀可以产生巨大压力,发生所谓的微爆破,去除牙体硬组织。有研究表明使用 Er: YAG 激光对瓷贴面组织面处理后的粘接强度高于单纯喷砂或采用 CO₂ 激光处理后的粘接强度^[11-12]。

硅烷偶联剂是一种双性功能分子,一端为可聚合的甲基丙烯酸酯基团,能与树脂中的基质发生共聚反应;另一端含有可水解的硅氧基团,能与瓷表面吸附形成硅氧键,从而将瓷与树脂牢固地粘接在一起,显著提高粘接效能。硅烷偶联剂的应用已有数十年的历史,最早应用于牙科复合树脂中的偶联剂是乙烯基硅烷偶联剂,后来发现,由于甲基丙烯酰氧丙基三甲氧基硅烷所含的硅氧基团与树脂基质具有较好的相容性,能更好地提高复合树脂的机械物理性能,目前已被广泛应用和肯定^[13-14]。

瓷贴面与树脂粘接强度的高低与其本身亲水性能密切相关,大气压低温等离子体可以在不改变材料自身性能的前提下,活化材料表面,从而提高材料的湿润性。大气压低温等离子体应用广泛,在口腔医学领域中不仅局限于牙齿美白、材料消毒灭菌,随着技术的发展和成熟,可以成为更加精细、便捷的治疗手段^[15]。蒸汽相水解技术是通过加热的方式,促进水和其他液体的挥发,在高压蒸汽环境下,促进反应物前驱体水解或与其发生物理化学反应,以此在核层物质上形成包覆均匀的壳层物质。静电自组装工艺是指利用带相反电荷聚电解质在固液界面通过静电作用交替吸附沉积成膜。这两种技术可以实现对瓷贴面的改性,从而大幅度增加粘接强度。但现阶段由于无法统一操作时间、发生功率、气体的类型等问题,故大气压低温等离子体技术还有很多问题有待研究。

3 釉质粘接面的处理

牙体的制备应该尽可能置于牙釉质内,从而提高了粘接强度,最大程度上防止继发龋齿、牙齿过敏等并发症的发生。所以釉质表面的处理方式也成为了增强粘接强度的重要因素。天然牙釉质表面由一薄层无釉柱结构组成,在口腔中,其表面通常被一层获得性膜所覆盖,呈现非极性、表面能较低,不利于粘接,故其表面处理十分重要。

牙釉质内羟基磷灰石矿物质分布不均匀,酸蚀可造成牙釉质表面不均匀脱矿,形成凹凸不平的蜂窝状表面结构,这种结构不仅增加了与贴面材料的粘接面积,而且能够使牙釉质与粘接剂之间形成微机械嵌合作用,从而产生更加牢固粘接效果。此外,酸蚀后形成的新鲜

表面,其表面能会增大,有利于粘接剂的润湿^[16]。最常用的牙釉质酸蚀剂是质量分数为 35%~37% 的磷酸水溶液。

Er: YAG 激光在口腔医学领域运用十分广泛,对于牙周病、牙体根管治疗,种植体表面处理等均有涉及。有研究表明,使用一定能量的 Er: YAG 激光处理釉质表面之后,可造成牙釉质表面形成凹凸不平的粗糙界面^[17]。比较酸蚀和 Er: YAG 激光处理釉质表面后与正畸托槽的粘接强度,得出低功率的 Er: YAG 激光蚀刻釉质表面后可提供满足临床要求的剪切粘接强度。但 AL HABDAN 通过测试并比较激光蚀刻釉质表面与 37% 磷酸酸蚀釉质表面后的粘接强度,得出酸蚀处理后的粘接强度高于激光蚀刻处理后的粘接强度^[18]。所以现阶段的 Er: YAG 激光处理釉质表面是否能达到磷酸酸蚀釉质表面相同的效果还有待进一步研究。

4 小结与展望

粘接剂的发展过程呈现了粘接步骤从繁到简,粘接强度从弱到强的趋势,且通用型粘接剂作为新型第八代粘接剂,它的出现标志着树脂粘接产品进入了一个新的发展时期。但通用型粘接剂并非十全十美,有研究表明通用性粘接剂的剪切粘接强度要强于传统全酸蚀粘接剂^[19-20],但也有学者表示,后者粘接后的远期稳定性要优于前者^[21]。目前关于在不同牙本质暴露量下比较通用型粘接剂和传统全酸蚀粘接剂的文献较少,因此拥有着简化粘接步骤优势的通用型粘接剂的临床实际粘接性能及各方面优势都还有待考证。

随着瓷贴面材料的创新发展、粘接系统的日益优化,瓷贴面修复技术日益成熟。在临床操作过程中,应严格把握贴面修复的适应证,且因釉质粘接强度高于牙本质,故牙体预备应尽可能在釉质上,并通过磷酸酸蚀、激光蚀刻等方式来增加牙体粘接面积^[22]。但在牙体表面使用 Er: YAG 激光蚀刻处理时,能够满足临床粘接强度要求的具体功率及是否能够达到磷酸酸蚀釉质表面相同的效果仍有待进一步研究。而对于瓷贴面修复材料则可通过机械打磨、喷砂、酸蚀、激光蚀刻不同程度的改变其表面微结构,从而增加其粘接强度^[23]。近年来大气压低温等离子体是一种新型的材料表面处理方式,等离子体在不影响材料本身特性的情况下,在材料表面形成惰性保护层,从而提高材料的粘接性和生物相容性^[24-25],但其装置具体使用条件及在使用过程中对机体的影响机制还需进一步研究。

瓷贴面处理的每个过程都可能会影响到粘接效果,在进行粘接操作时,应使用橡皮障严密隔湿,避免与唾液等

异物进行接触, 污染粘接剂, 影响粘接强度。同时应严格控制粘接剂的厚度, 避免粘接剂因口腔温度的变化发生膨胀而影响粘接效果。

综上, 瓷贴面修复可根据患者情况制定不同的设计方案, 把握好修复后的颜色效果, 在对口腔软硬组织无损害的条件下, 需严格要求瓷贴面组织面、釉质粘接面的处理方式, 运用成熟的处理方式及粘接系统, 以获得更加稳定的美学修复效果。

参考文献

- [1] 刘小雪, 李艳萍, 何丽娜, 等. 不同粘接系统联合硅烷偶联剂对陈旧性复合树脂粘接效果的影响 [J]. 口腔医学研究, 2021, 37(10): 936-939.
- [2] 朱万春, 林洋. 牙体粘结剂的发展和现状 [J]. 川北医学院学报, 2012, 27(1): 85-88.
- [3] 田雪丽, 甘抗, 王艺婷, 等. 冷热循环影响不同粘接系统与纤维桩粘接强度的比较研究 [J]. 中华老年口腔医学杂志, 2018, 16(1): 41-45.
- [4] ONAY E O, KORKMAZ Y, KIREMITCI A. Effect of adhesive system type and root region on the push-out bond strength of glass-fibre posts to radicular dentine[J]. Int Endod J, 2010, 43(4): 259-268.
- [5] 曹二弯, 李凤兰, 司小京. 两种全酸蚀粘接剂对牙本质与玻璃陶瓷粘接界面封闭性能的影响 [J]. 临床口腔医学杂志, 2020, 36(6): 334-337.
- [6] 李秀花, 于鹏, 田福聪, 等. 磷酸预处理对两步法自酸蚀粘接剂与牙釉质粘接强度的影响 [J]. 口腔医学研究, 2019, 35(8): 748-751.
- [7] 陈晔, 杨松, 郑明, 等. 通用型与全酸蚀型粘接剂在即刻牙本质封闭中的粘接效果比较 [J]. 中国卫生标准管理, 2022, 13(20): 65-70.
- [8] SISMANOGLU S. Efficiency of self-adhering flowable resin composite and different surface treatments in composite repair using a universal adhesive[J]. Niger J Clin Pract, 2019, 22(12): 1675-1679.
- [9] 秦敬杰, 郑翔宇, 李睿. 不同表面处理方式和不同粘结剂对氧化锆全瓷冠粘结强度的影响 [J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(34): 5455-5459.
- [10] RAMAKRISHNAIAH R, ALKHERAIF A A, DIVAKAR D D, et al. The effect of hydrofluoric acid etching duration on the surface micromorphology, roughness, and wettability of dental ceramics[J]. Int J Mol Sci, 2016, 17(6): 822.
- [11] 张新媛, 霍静怡, 董海涛, 等. Er:YAG 激光表面处理对玻璃陶瓷材料颜色和透明度的影响研究 [J]. 中国实用口腔科杂志, 2022, 15(4): 448-452.
- [12] 秦娇娇, 焦珊, 王成坤. Er:YAG 和 Nd:YAG 激光对牙本质与瓷修复体粘接面粘接强度影响的研究进展 [J]. 国际口腔医学杂志, 2019, 46(3): 361-366.
- [13] 丁宏, 陈济芬, 吴建勇. 不同偶联剂和粘接剂对烤瓷瓷面与金属托槽抗剪切强度影响的体外研究 [J]. 口腔医学, 2016, 36(2): 116-119.
- [14] 张娜, 莫宏兵. 过氧化氢和硅烷偶联剂联合处理对纤维桩与不同粘接系统的影响 [J]. 医学理论与实践, 2019, 32(7): 940-942.
- [15] LEE M H, MIN B K, SON J S, et al. Influence of different post-plasma treatment storage conditions on the shear bond strength of veneering porcelain to zirconia[J]. Materials (Basel), 2016, 9(1): 43.
- [16] 韩菲, 陈晨, 杨家雪, 等. 磷酸酸蚀和不同磷酸酯单体预处理牙釉质表面的微观形态学观察和粗糙度评价 [J]. 口腔医学, 2020, 40(10): 878-882.
- [17] 宋丹丹, 方慧敏, 曹阳, 等. Er:YAG 激光预备对牙釉质表面性能及树脂粘结强度的影响 [J]. 口腔医学研究, 2017, 33(1): 38-41.
- [18] AL HABDAN A H, AL RABIAH R, AL BUSAYES R. Shear bond strength of acid and laser conditioned enamel and dentine to composite resin restorations: An in vitro study[J]. Clin Exp Dent Res, 2021, 7(3): 331-337.
- [19] 许屹立, 于皓. 通用型粘接剂对牙体组织粘接效果影响因素的研究进展 [J]. 口腔疾病防治, 2022, 30(1): 68-72.
- [20] 陈温霞, 钟萍萍, 庄晓东, 等. 通用型粘接剂和水门汀对氧化锆与全瓷托槽粘接力的影响 [J]. 实用口腔医学杂志, 2020, 36(5): 711-715.
- [21] 双雯, 汤晔, 罗祎, 等. 两种粘接剂对全瓷与氟斑牙牙本质粘接剪切强度的研究 [J]. 贵州医药, 2020, 44(9): 1358-1359, 1363.
- [22] 姜步琳, 黄翠. 不同酸蚀模式对通用型粘接剂粘接效果的影响 [J]. 口腔医学研究, 2022, 38(11): 1018-1021.
- [23] 杨翔文. 3 种不同材料瓷贴面临床修复效果的文献分析 [J]. 口腔材料器械杂志, 2016, 25(3): 153-156.
- [24] DONG X Q, RITTS A C, STALLER C, et al. Evaluation of plasma treatment effects on improving adhesive-dentin bonding by using the same tooth controls and varying cross-sectional surface areas[J]. Eur J Oral Sci, 2013, 121(4): 355-362.
- [25] PARK C, PARK S W, YUN K D, et al. Effect of plasma treatment and its post process duration on shear bonding strength and antibacterial effect of dental zirconia[J]. Materials (Basel), 2018, 11(11): 2233.