

不同修复材料对粘接固定桥存留率的影响研究进展

马家平, 楼婷, 王星*

新疆医科大学第一附属医院口腔医学院, 口腔修复种植科, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2024年1月7日; 录用日期: 2024年2月1日; 发布日期: 2024年2月8日

摘要

随着人们对于口腔修复治疗微创性需求的提升, 粘接桥在牙列缺损中的应用越来越广泛, 但粘接桥的存留率一定程度上限制了这一修复方式的推广应用。粘接桥修复材料近年来发展迅速, 对于粘接桥存留率有所提升, 本文总结了粘接桥修复材料对于粘接桥存留率的影响, 以期为临床医生提供参考和指导。

关键词

粘接固定桥, 修复材料, 存留率

Research Progress on the Effect of Different Restorative Materials on the Retention Rate of Resin Bonded Bridges

Jiaping Ma, Ting Lou, Xing Wang*

Department of Prosthodontics and Implants, The First Affiliated Hospital (Affiliated Stomatological Hospital) of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

Received: Jan. 7th, 2024; accepted: Feb. 1st, 2024; published: Feb. 8th, 2024

Abstract

With the increasing demand for minimally invasive oral prosthodontics, the application of adhesive bridges in dentition defects has become more and more extensive, but the retention rate of adhesive bridges limits the popularization and application of this repair method to a certain ex-

*通讯作者。

tent. Resin bonded bridges repair materials have developed rapidly in recent years, and the retention rate of resin bonded bridges has increased. This paper summarizes the effects of different restorative material on the retention rate of resin bonded bridges, in order to provide reference and guidance for clinicians.

Keywords

Resin Bonded Bridges, Restorative Material, Retention Rate

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国经济水平不断增长,人们对于自我保护意识明显增加,对于口腔修复治疗的微创需求也不断提升。粘接固定桥(Resin-Bonded Bridges)简称粘接桥,在传统修复治疗中,粘接桥相比于固定桥修复,其牙体组织预备量较少,价格优惠,临床操作时间短,操作过程中患者不适感较轻,即使修复失败后患者也有选择其他修复方式的机会,极大地满足了人们对于微创的需求[1]。但粘接桥的存留率相对较低以及技术敏感性高却限制临床医生选择其作为第一修复方案。如今随着粘接技术与修复材料的发展,粘接桥的存留率也随之提升。粘接桥可由金属材料、陶瓷材料以及树脂材料等制作而成,不同的材料由于力学性能不同,对于修复效果也有所区别。本文主要对不同修复材料对于粘接桥存留率的影响进行综述,以期为临床医生提供参考和指导。

2. 粘接桥失败的表现

(1) 粘接桥的脱落及松动:粘接桥最常见失败原因是脱粘接。脱粘接与粘接剂的选择,粘接面的预处理,基牙的选择,咬合关系的恢复以及医师的临床操作密切相关。(2) 粘接桥的断裂:粘接桥应力集中于连接体,而连接体的设计,粘接桥修复材料的力学性能,异常殆力等是造成粘接桥断裂的原因。(3) 基牙继发龋、折裂以及脱落:粘接桥脱胶或粘接桥固位体边缘封闭性差以及边缘线过长会造成基牙继发龋,粘接桥的合理设计会减少对基牙的伤害。(4) 牙龈炎:与邻牙接触不良食物嵌塞,粘接桥松动下沉,桥体压迫牙龈或食物残渣积存。(5) 美观效果不好:不同修复材料美观性能不同,全瓷材料美观效果、生物相容性较好,而树脂材料长时间后会出现变色,金属烤瓷粘接桥会发生崩瓷现象,扭转的基牙会露出金属色。

3. 粘接桥存留率的影响因素

3.1. 缺牙部位

粘接桥普遍应用于受殆力较小的前牙区,Kern [2]记录了前牙区悬臂梁氧化铝基玻璃渗透瓷陶瓷粘接桥 18 年来的临床应用,其 10 年及 15 年生存率为 95.4%和 81.8%;Kern 等[3]通过临床研究前牙区应用氧化锆全瓷悬臂梁粘接桥,评估其 10 年存活率为 92.0%,文章中还提到前牙区缺牙原因对粘接桥存留率无影响;Thoma 等[4]分析了 18 项前牙区共 1227 个粘接桥和 11 项关于后牙区共 602 个粘接桥的临床研究,总结出后牙区 5 年内脱粘接率 21.8% (95% CI: 12.1%~37.5%)高于前牙区 11.2% (95% CI: 7.2%~17.2%)。

Thoma 等[4]总结分析了 14 项上颌骨共 795 个粘接桥和 12 项下颌骨共 763 个粘接桥的临床研究,

得出上颌骨 5 年内脱粘接率为 12.4% (95% CI: 7.6%~19.9%), 下颌骨 5 年内脱粘接率为 18.2% (95% CI: 11.2%~28.6%), 上颌骨和下颌骨的差异无统计学意义。Tanoue 等[5]则认为上颌骨粘接桥存留率高于下颌骨。

3.2. 修复材料

粘接桥材料主要有金属烤瓷、全瓷和纤维增强树脂, 其中全瓷材料包括二硅酸锂陶瓷、氧化锆陶瓷、氧化铝基玻璃渗透瓷陶瓷等。金属烤瓷粘接桥具有良好的力学性能, 弹性模量高, 不易折断, 其失败主要原因是脱粘接。全瓷粘接桥具有良好生物相容性, 美观效果较好, 但氧化铝基玻璃渗透瓷陶瓷强度较低, 容易发生折裂; 氧化锆陶瓷强度高, 弹性模量大, 不易折裂。纤维增强树脂粘接价格低廉, 美观, 但强度较低, 远期修复效果不能保证。

3.3. 粘接剂

选择合适的粘接剂能大大提高粘接桥的存留率, 目前常用的粘接剂主要分为树脂粘接剂, 玻璃离子水门汀和树脂水门汀。其中树脂水门汀是指一类具有粘接和封固性能的树脂基复合材料, 临床上用于粘固或粘接固定修复体, 其效果优于传统的无机水门汀[6]。不同粘接剂之间的应力分布不同, 粘接剂的应力分布于粘接剂的特性有关。Penteado 等[7]比较了 7 组树脂水门汀与二硅酸锂玻璃陶瓷粘接桥的粘接, 用三维有限元分析得出粘接层的应力集中大小与弹性模量成正相关。

3.4. 固位体设计

粘接桥的设计需要考虑多方面的因素, 如病人的需要, 解剖学限制以及生物力学。粘接桥以固位体的数目不同分为了单端粘接桥和双端粘接桥, 单端粘接桥桥磨除牙体组织少, 患者更容易维持口腔卫生, 继发龋的发生率也更低, 临床操作相对更简单; 过去认为双端粘接桥更加牢固, Alraheam 等[8]总结近期的研究均表明单端粘接桥长期存留率高于双端粘接桥, Kern 等[9]通过临床研究得出 10 年内存留率双端粘接桥为 73.9%, 单端粘接桥为 94.4%。Mine 等[10]认为其原因可能是双端粘接桥基牙不同方向的微小动度有关, 两个基牙移动性的差异往往导致基牙上的固位体产生扭转力和剪切力, 从而导致固位体与移动性较小的牙齿脱粘, 不同的动度会导致难以发现的脱粘接, 增加他们患龋的可能性。

4. 不同修复材料对粘接桥存留率的影响

4.1. 金属材料

金属材料的预处理极大提高了其粘接效能, 1979 年, Tanaka 等[11]通过点蚀提供了合适的表面处理, 以此确保树脂表面粘接效能的提升。Livaditis 和 Arora 等[12] [13]还建立了超声分散、电镀锡等与金属表面结合的预处理方法。这些技术和材料的结合使得贱金属合金, 如 Ni-Cr 和 Co-Cr 合金的化学键合成为可能。金属材料具有良好的力学性能, 有较高的硬度、强度, 弹性模量大, 不易断裂, 且容易达到粘接桥翼板的厚度要求。Baran 等[14]通过体外断裂强度实验及三维有限元分析, 得出了双端钴铬合金粘接桥体外断裂强度为 $637.47 \pm 151.91\text{N}$, 且应力集中点为连接体部, 但最终发生了基牙断裂。

金属材料粘接桥存留率在不同的文章中差异很大, Thoma 等[4]分析得出 5 年存留率为 91.3%, 10 年存留率从 18% [15]到 88% [16]不等, 其原因可能与评估方法或失败标准有关。此外, 其他几个变量, 如粘合剂处理方法和使用的金属合金, 也可能会影响存留率。Yoshida 等[17]收集并观察自 1990 年到 1994 年间接受双端金属翼板粘接桥以及固定义齿修复的患者, 发现金属翼板粘接桥组和固定义齿修复组的 15 年累积生存率分别为 66.5% 和 61.6%, 且建议基牙有轻度或者无龋损的患者首选粘接桥修复方式。Tanoue

等[18]在1983年到2013年间,对266例患者的311个金属材料粘接桥的保留进行了评估,其存留率为41.2% ± 6.5%。Saker等[19]对20例前牙区氧化铝基玻璃渗透瓷粘接桥和20例传统金属烤瓷粘接桥进行了60个月的对比研究,发现金属烤瓷粘接桥5年存留率为100%,氧化铝基玻璃渗透瓷粘接桥为90%,认为金属材料与全瓷材料对粘接桥存留率的影响无显著差异,但作者也表示其研究局限性,样本量较少,观察期较短。

笔者查阅一定量文献后认为金属材料粘接桥失败原因主要为脱粘接,金属材料表面的预处理是保证其粘接强度的关键,通常使用的方法有电解蚀刻法、氧化铝喷砂法、硅膜法、化学蚀刻法和镀锡法等。但预处理的方式经济性都比较差,加上金属美观性较差,目前越来越多的临床医生以及患者更加倾向于使用全瓷材料的粘接桥,随着全瓷材料的发展,越来越多的研究[20]表明全瓷材料粘接桥存留率甚至高于金属材料粘接桥。

4.2. 全瓷材料

1904年随着Land[21]第一个长石质全瓷冠的出现,这种具有良好生物相容性的非金属材料越来越受临床医生和患者的欢迎。1965年,McClean[22]首创了在长石质陶瓷材料中添加 Al_2O_3 以提高机械及物理性能。如今,口腔修复陶瓷已经从低强度陶瓷和低粘接剂结合到现代高强度陶瓷和改进的粘接技术,这些陶瓷可以应用于多种临床病例。陶瓷材料的脆性、抗拉强度、耐磨性以及边缘封闭性等问题一直限制陶瓷在口腔中的应用,随着陶瓷技术的发展,这些问题也随之解决。全瓷粘接桥的陶瓷材料包括CAD/CAM氧化锆、氧化铝基玻璃渗透瓷和热压铸硅酸锂玻璃陶瓷。其中氧化锆具有优异的强度、抗断裂性能和韧性[23],在粘接桥中应用较为广泛;热压铸硅酸锂玻璃陶瓷透明性、折光率等与天然牙釉质接近,铸造修复体色泽逼真,边缘密合性良好,是目前公认的美学效果最好的全瓷修复材料[24]。全瓷粘接桥在尽量减少牙体预备量的同时,还能兼顾优良的美观条件,在此基础上可以使用改进后的定位夹板来保证精准的粘接,降低技术敏感性,使修复效果尽可能达到最佳[25]。

氧化铝基玻璃渗透瓷因为氧化铝的加入改善了物理性能,Galiatsatos和Bergou[26]进行了一项为期8年的研究,发现前牙区氧化铝基玻璃渗透瓷粘接桥的存留率为85.18%。Kern[27]的研究评估了双固位体和单固位体氧化铝基玻璃渗透瓷粘接桥的长期存留率,发现单固位体组粘接桥的存留率为92.3%,双固位体组的存留率为67.3%。该研究还表明在37例粘接桥中,5例以粘接桥断裂为最常见失败原因。Saker等[19]对20例前牙区氧化铝基玻璃渗透瓷粘接桥和20例传统金属烤瓷粘接桥进行了60个月的对比研究,发现金属烤瓷粘接桥的脱落数量比全瓷组少,全瓷组有3例脱粘接和2例折裂。在Chen等[28]关于全瓷粘接桥存留率的系统综述中,报道了使用氧化锆全瓷材料制造粘接桥的一些优点,综述认为,支架断裂主要发生在玻璃基陶瓷如硅酸盐陶瓷和氧化铝基玻璃渗透瓷的粘接桥中,氧化锆全瓷粘接桥显示出优越的存留率。这与Thoma[4]等关于粘接桥存留率的综述中描述的一致,尤其是以玻璃基陶瓷连接体处及支架断裂最为常见。与玻璃陶瓷(如二硅酸锂)相比,氧化锆由于陶瓷中缺少二氧化硅和玻璃相而不能被酸蚀刻,因此不具有传统粘接技术的优点。另一方面,与玻璃陶瓷不同的是,氧化锆支架的连接体较小,因此与玻璃陶瓷相比,氧化锆具有更好的韧性和弯曲强度[29]。

由此可见,全瓷粘接桥失败的原因主要为粘接桥断裂以及脱粘接,临床应用中玻璃基全瓷粘接桥主要应用于前牙区的缺失修复,后牙区所受殆力较大,氧化锆全瓷粘接桥应用较多。

4.3. 纤维增强复合树脂材料

纤维增强复合树脂(Fiber-Reinforced Composites, FRCs)有着与牙齿极为相似的颜色,与牙齿相似的弹性模量以及良好的粘接性能。随着现代人们对于无金属美容修复体的需求越来越高,纤维增强复合树脂

材料已经被广泛应用于口腔。纤维增强复合材料可以由碳石墨纤维、芳纶纤维、聚乙烯纤维和玻璃纤维制成[14], 口腔领域主要引用的是聚乙烯纤维和玻璃纤维。Filip 等[30]通过研究 everStick (芬兰 Stick Tech 公司)直接纤维增强复合材料、间接纤维增强复合材料、金合金、二硅酸锂玻璃陶瓷和氧化锆五种材料粘接桥的生物力学行为, 也发现了连接体处的应力集中, 但有纤维增强者能显著分散应力, 且两种增强纤维相比, everStick 材料的应力最小, 表现最佳。Tezvergil-Mutluay 等[31]发现 everStick 具有牢固的化学结合, 抗挠曲强度高, 材料内部结构的微裂机制可以模拟牙周膜实现应力中断, 具有明显的牙周保护作用。

Kumbuloglu 和 Özcan [32]发现, 纤维增强复合树脂粘接桥通常失败是由于修复体脱粘或贴面复合材料分层, 但几乎所有的并发症都很轻微, 在医生干预后, 除了一个最初的修复体之外, 所有的修复体都保持了功能。在 4.8 年的随访后, 得出纤维增强复合树脂粘接桥的存留率为 97.7%。Mendes 等[20]在综述中得出纤维增强复合树脂粘接桥 5 年内存留率为 81.7%。Van Heumen 等[33] [34] [35]的多项研究得出纤维增强复合树脂粘接桥 5 年内存留率为 60%~80%。为了延长纤维增强复合树脂粘接桥的使用寿命, Chen 等[36]对纤维增强复合树脂粘接桥的断裂因素进行了研究, 通过多次载荷-破坏试验, 得出影响其性能的主要因素是纤维体积、纤维位置和纤维排列方向。Brunner 等[37]通过研究不同材料粘接桥在循环荷载下的承受能力, 其中纤维增强复合树脂承受力明显小于金属材料与氧化锆全瓷材料, 但与二硅酸锂玻璃陶瓷无明显差异。

5. 总结

国内外对于不同修复材料对于粘接桥的影响相关文献相对较少, 且意见不统一, 尚不能得出准确结论。不同修复材料对于粘接桥力学性能的改变较大, 三维有限元分析法研究粘接桥的生物力学性能成为潮流。相信随着计算机技术、修复材料和口腔医学技术的发展, 粘接桥会得到广泛的应用。

参考文献

- [1] Chan, A.W. and Barnes, I.E. (2000) A Prospective Study of Cantilever Resin-Bonded Bridges: An Initial Report. *Australian Dental Journal*, **45**, 31-36. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2000.tb00239.x>
- [2] Kern, M. (2017) Fifteen-Year Survival of Anterior All-Ceramic Cantilever Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses. *Journal of Dentistry*, **56**, 133-135. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.11.003>
- [3] Kern, M., Passia, N., Sasse, M., et al. (2017) Ten-Year Outcome of Zirconia Ceramic Cantilever Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses and the Influence of the Reasons for Missing Incisors. *Journal of Dentistry*, **65**, 51-55. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.07.003>
- [4] Thoma, D.S., Sailer, I., Ioannidis, A., et al. (2017) A Systematic Review of the Survival and Complication Rates of Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses after a Mean Observation Period of at Least 5 Years. *Clinical Oral Implants Research*, **28**, 1421-1432. <https://doi.org/10.1111/clr.13007>
- [5] Tanoue, N., Matsumura, H., Yamamori, T., et al. (2021) Longevity of Resin-Bonded Fixed Partial Dentures Made of Metal Alloys: A Review of the Literature. *Journal of Prosthodontic Research*, **65**, 267-272. https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_20_00122
- [6] 赵信义. 口腔材料学[M]. 第 6 版. 北京: 人民卫生出版社, 2020.
- [7] Penteado, M.M., Tribst, J., Jurema, A., et al. (2019) Influence of Resin Cement Rigidity on the Stress Distribution of Resin-Bonded Fixed Partial Dentures. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, **22**, 953-960. <https://doi.org/10.1080/10255842.2019.1609456>
- [8] Alraheam, I.A., Ngoc, C.N., Wiesen, C.A., et al. (2019) Five-Year Success Rate of Resin-Bonded Fixed Partial Dentures: A Systematic Review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, **31**, 40-50. <https://doi.org/10.1111/jerd.12431>
- [9] Kern, M. and Sasse, M. (2011) Ten-Year Survival of Anterior All-Ceramic Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **13**, 407-410.
- [10] Mine, A., Fujisawa, M., Miura, S., et al. (2021) Critical Review about Two Myths in Fixed Dental Prostheses:

- Full-Coverage vs. Resin-Bonded, Non-Cantilever vs. Cantilever. *Japanese Dental Science Review*, **57**, 33-38. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2020.12.002>
- [11] Tanaka, T., Atsuta, M., Uchiyama, Y., *et al.* (1979) Pitting Corrosion for Retaining Acrylic Resin Facings. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **42**, 282-291. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(79\)90217-8](https://doi.org/10.1016/0022-3913(79)90217-8)
- [12] Arora, V., Sharma, M.C. and Dwivedi, R. (2014) Comparative Evaluation of Retentive Properties of Acid Etched Resin Bonded Fixed Partial Dentures. *Medical Journal Armed Forces India*, **70**, 53-57. <https://doi.org/10.1016/j.mjafi.2013.03.011>
- [13] Livaditis, G.J. (1986) Etched-Metal Resin-Bonded Intracoronal Cast Restorations. Part I: The Attachment Mechanism. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **56**, 267-274. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(86\)90001-6](https://doi.org/10.1016/0022-3913(86)90001-6)
- [14] Baran, I., Arslan, M. and Gungor, H. (2018) Effect of Different Framework Materials of Resin-Bonded Bridges on Load to Fracture Values and Stress Distribution. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, **21**, 1585-1589. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_281_18
- [15] Creugers, N.H., De Kanter, R.J. and van't Hof, M.A. (1997) Long-Term Survival Data from a Clinical Trial on Resin-Bonded Bridges. *Journal of Dentistry*, **25**, 239-242. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(96\)00033-4](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(96)00033-4)
- [16] Younes, F., Raes, F., Berghe, L.V., *et al.* (2013) A Retrospective Cohort Study of Metal-Cast Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses after at Least 16 Years. *European Journal of Oral Implantology*, **6**, 61-70.
- [17] Yoshida, T., Kurosaki, Y., Mine, A., *et al.* (2019) Fifteen-Year Survival of Resin-Bonded vs Full-Coverage Fixed Dental Prostheses. *Journal of Prosthodontic Research*, **63**, 374-382. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2019.02.004>
- [18] Tanoue, N. (2016) Longevity of Resin-Bonded Fixed Partial Dental Prostheses Made with Metal Alloys. *Clinical Oral Investigations*, **20**, 1329-1336. <https://doi.org/10.1007/s00784-015-1619-9>
- [19] Saker, S., El-Fallal, A., Abo-Madina, M., *et al.* (2014) Clinical Survival of Anterior Metal-Ceramic and All-Ceramic Cantilever Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses over a Period of 60 Months. *The International Journal of Prosthodontics*, **27**, 422-424. <https://doi.org/10.11607/ijp.3776>
- [20] Mendes, J.M., Bentata, A.L.G., De Sá, J., *et al.* (2021) Survival Rates of Anterior-Region Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses: An Integrative Review. *European Journal of Dentistry*, **15**, 788-797. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1731587>
- [21] Land, C.H. (1904) Porcelain Dental Art. *Dental Cosmos*, **45**, 437-444.
- [22] McLean, J.W. and Hughes, T.H. (1965) The Reinforcement of Dental Porcelain with Ceramic Oxides. *British Dental Journal*, **119**, 251-267.
- [23] Lally, U. (2012) Resin-Bonded Fixed Partial Dentures Past and Present—An Overview. *Journal of the Irish Dental Association*, **58**, 294-300.
- [24] 李鑫. 全瓷粘接桥修复的研究进展和临床应用[J]. 全科口腔医学电子杂志, 2019, 6(28): 20-21.
- [25] Yazigi, C., Elsayed, A. and Kern, M. (2021) Secure and Precise Insertion of Minimally Invasive Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses after Ridge Augmentation by Means of a Positioning Splint. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, **33**, 415-421. <https://doi.org/10.1111/jerd.12656>
- [26] Galiatsatos, A.A. and Bergou, D. (2014) Clinical Evaluation of Anterior All-Ceramic Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses. *Quintessence International (Berlin, Germany)*, **45**, 9-14.
- [27] Kern, M. (2005) Clinical Long-Term Survival of Two-Retainer and Single-Retainer All-Ceramic Resin-Bonded Fixed Partial Dentures. *Quintessence International (Berlin, Germany)*, **36**, 141-147.
- [28] Chen, J., Cai, H., Ren, X., *et al.* (2018) A Systematic Review of the Survival and Complication Rates of All-Ceramic Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses. *Journal of Prosthodontics*, **27**, 535-543. <https://doi.org/10.1111/jopr.12678>
- [29] Zarbah, M. (2022) Zirconia Resin Bonded Bridges: An Innovative Approach for Minimally Invasive Dental Prostheses. *Ceramics-Silikaty*, **66**, 211-217. <https://doi.org/10.13168/cs.2022.0015>
- [30] Filip, K., Akikazu, S., Lippo, V.J.L., *et al.* (2015) Three-Dimensional Finite Element Analysis of Anterior Two-Unit Cantilever Resin-Bonded Fixed Dental Prostheses. *The Scientific World Journal*, **2015**, Article ID: 864389. <https://doi.org/10.1155/2015/864389>
- [31] Arzu, T., Lassila, L.V. and Vallittu, P.K. (2008) Microtensile Bond Strength of Fiber-Reinforced Composite with Semi-Interpenetrating Polymer Matrix to Dentin Using Various Bonding Systems. *Dental Materials Journal*, **27**, 821-826. <https://doi.org/10.4012/dmj.27.821>
- [32] Kumbuloglu, O. and Özcan, M. (2015) Clinical Survival of Indirect, Anterior 3-Unit Surface-Retained Fibre-Reinforced Composite Fixed Dental Prosthesis: Up to 7.5-Years Follow-Up. *Journal of Dentistry*, **43**, 656-663. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.04.006>
- [33] Van Heumen, C.C.M., Kreulen, C.M. and Creugers, N.H.J. (2009) Clinical Studies of Fiber-Reinforced Resin-Bonded

Fixed Partial Dentures: A Systematic Review. *European Journal of Oral Sciences*, **117**, 1-6.

<https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2008.00595.x>

- [34] Van Heumen, C.C., Van Dijken, J.W., Tanner, J., *et al.* (2009) Five-Year Survival of 3-Unit Fiber-Reinforced Composite Fixed Partial Dentures in the Anterior Area. *Dental Materials*, **25**, 820-827.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.01.103>
- [35] Van Heumen, C.C.M., Tanner, J., Van Dijken, J.W.V., *et al.* (2010) Five-Year Survival of 3-Unit Fiber-Reinforced Composite Fixed Partial Dentures in the Posterior Area. *Dental Materials*, **26**, 954-960.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.05.010>
- [36] Chen, Y.C. and Fok, A. (2021) Shape Optimization of a 2-Unit Cantilevered Posterior Resin-Bonded Fixed Dental Prosthesis. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **129**, 181-190.
- [37] Brunner, K.C. and Ozcan, M. (2020) Load Bearing Capacity and Weibull Characteristics of Inlay-Retained Resin-Bonded Fixed Dental Prosthesis Made of All-Ceramic, Fiber-Reinforced Composite and Metal-Ceramic after Cyclic Loading. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, **109**, Article ID: 103855.
<https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.103855>