

[DOI] 10.12016/j.issn.2096-1456.2022.12.011

• 综述 •

聚醚醚酮在桩核冠修复中的应用前景

许晓杰, 赵媛

兰州大学口腔医学院牙体牙髓科 甘肃省重点研究实验室,甘肃 兰州(730000)

【摘要】 聚醚醚酮是一种具有良好的力学性能、化学稳定性以及生物相容性的特种工程塑料。目前聚醚醚酮在全口义齿、可摘局部义齿等口腔修复领域得到了广泛应用。相关实验研究表明聚醚醚酮桩优于玻璃纤维桩,具有良好的粘接强度以及抗折性能。目前相关聚醚醚酮桩核修复病例报道较少,已有相关临床病例报道表明聚醚醚酮桩核修复效果良好,美学性能优异,可视为理想的桩核材料。对于聚醚醚酮桩的制取方式及表面处理的方法需要进一步优化。本文就聚醚醚酮作为口腔材料的性能及在桩核冠系统领域的应用前景进行综述。

【关键词】 聚醚醚酮; 全口义齿; 可摘局部义齿; 桩核冠; 玻璃纤维桩; 聚醚醚酮桩; 改性; 表面处理

【中图分类号】 R78 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2022)12-0902-05

【引用著录格式】 许晓杰,赵媛. 聚醚醚酮在桩核冠修复中的应用前景[J]. 口腔疾病防治, 2022, 30(12): 902-906. doi:10.12016/j.issn.2096-1456.2022.12.011.

Application prospect of polyetheretherketone in postcore crown restorations XU Xiaojie, ZHAO Yuan. Department of Cariology and Endodontology, Hospital of Stomatology, Lanzhou University, Gansu Provincial Key Laboratory of Stomatology, Lanzhou 730000, China

Corresponding author: ZHAO Yuan, Email: zhaoy@lzu.edu.cn, Tel: 86-931-8915051

【Abstract】 Polyetheretherketone (PEEK) is known as a high-grade engineering plastic with good mechanical properties, chemical stability and biocompatibility. Currently, PEEK materials have been widely used in prosthodontics, such as complete dentures and removable partial dentures. The relevant research shows that PEEK posts are superior to glass fiber posts, which have high tensile bond strength and bending strength. At present, few case reports of PEEK postcores have been published, and clinical case reports suggest that PEEK postcores have good oral prosthetic aesthetics and are ideal and reliable postcore crown materials. However, the preparation and surface treatment methods of PEEK require further refinement. A review of the related properties of PEEK and the prospects of its application in the field of post-core crown restoration will be presented in this paper.

【Key words】 polyetheretherketone; complete denture; removable partial denture; post-core crown; glass-fiber post; polyetheretherketone post; modification; surface treatment

J Prev Treat Stomatol Dis, 2022, 30(12): 902-906.

【Competing interests】 The authors declare no competing interests.

This study was supported by the grants from the Natural Science Fund Project of Gansu Provincial Science and Technology Department (No. 20JR10RA594).



微信公众号

桩核冠修复成功的重要因素为应力分布合适,理想的根管桩应具有与牙本质相似的力学和

物理性能。虽然目前临床上最常应用的玻璃纤维桩具有美学性能、生物相容性及力学性能良好,所

【收稿日期】 2021-10-08; **【修回日期】** 2021-11-10

【基金项目】 甘肃省科学技术厅自然科学基金项目(20JR10RA594)

【作者简介】 许晓杰,硕士,Email: xuxj15@lzu.edu.cn

【通讯作者】 赵媛,教授,博士,Email: zhaoy@lzu.edu.cn, Tel: 86-931-8915051

采用酸蚀-冲洗粘接的固位方式更为方便等优点;但相关的临床病例报道以及体外实验表明纤维桩仍存在不足^[1]。其一是玻璃纤维桩在临床使用中易出现脱粘接的问题,研究表明玻璃纤维桩与根管壁及牙胶(特别是在根尖部)并没有形成良好的粘接,从而产生间隙导致桩松动甚至脱落^[2]。其二,三维有限元分析表明玻璃纤维桩并未强化牙齿结构,甚至在牙本质和桩交界处产生了较高的应力^[3]。其三,玻璃纤维桩的弹性模量(45.7~53.8 GPa)仍是牙本质的弹性模量(18.6 GPa)的三倍,二者弹性模量并未匹配。此外玻璃纤维桩在潮湿的口腔环境下抗折性能差、易产生微渗漏等问题也引起了学者的关注^[4]。为达到理想的修复效果,学者们试图寻找新材料来代替玻璃纤维桩。聚醚醚酮(polyetheretherketone, PEEK)是一种综合性能极佳的高分子材料,具有耐疲劳、耐酸、耐碱、耐伽玛射线等良好的机械性能和生物力学特性。聚醚醚酮可通过3D打印制作出个性化、精确的修复体,随着对聚醚醚酮材料研究的深入,聚醚醚酮逐渐应用于嵌体、贴面、全冠、固定桥、全口义齿等口腔医疗领域^[5-8]。近年来,越来越多的学者将聚醚醚酮作为桩核冠材料进行研究,聚醚醚酮桩逐渐成为研究热点之一。本文就聚醚醚酮的性能及聚醚醚酮在桩核冠修复领域的应用前景进行综述。

1 聚醚醚酮的材料特点

1.1 聚醚醚酮的性能

1.1.1 聚醚醚酮的物理性能 聚醚醚酮是一种半结晶的高分子材料,熔点为340℃,密度为1.3~1.5 g/cm³,硬度110 HV,抗张强度100 MPa;与钛金属(102~110 Pa)及玻璃纤维弹性模量(42 GPa)相比。聚醚醚酮的弹性模量(3.6~4.0 GPa)更接近牙本质的弹性模量(18 GPa),可明显降低“应力屏蔽”效应,明显减少了粘接面间的应力转移,适合口腔修复^[5]。聚醚醚酮抗弯曲强度(170 MPa)、耐磨性能(比磨损因子为0.6)与金属合金的性能相当^[6]。力学性能测试表明,聚醚醚酮的断裂载荷为1 200 N,其在1 200 N时开始形变,至1 383 N时断裂,远超口腔最大平均咀嚼负荷(870 N)。Cekic-Nagas等^[9]研究表明聚醚醚酮较PMMA、复合树脂、纤维增强型复合材料相比具有较高的抗折能力,可减少基牙所承担的咀嚼载荷。聚醚醚酮具有优异的耐蠕变性能,在40 MPa下,对其在23℃下行

1 000 h的拉伸,蠕变并不明显^[5]。聚醚醚酮吸水率为6.5 g/mm³,聚醚醚酮具有低的溶解度(水溶性0.5 g/mm³)和低亲水性。未改性的聚醚醚酮与水的接触角为80°~90°。

1.1.2 聚醚醚酮的化学性能 聚醚醚酮为内含一个酮键和两个醚键的主链单元重复而成的高聚物,苯环与醚键、酮键对位连接,外层电子具有很高的离域范围,具有极强的稳定性。除与浓硫酸发生反应外,聚醚醚酮几乎可以耐受任何化学药品。聚醚醚酮即使长期暴露在温度较高的水环境中,仍不会产生化学损害。研究表明聚醚醚酮在高温盐溶液环境下仍能保持尺寸和力学性能的稳定^[10]。这也是其具有良好生物相容性的原因。

1.1.3 聚醚醚酮的生物性能 目前已有大量实验表明聚醚醚酮及其复合材料无生物毒性,具有良好的生物相容性^[6]。聚醚醚酮及其复合物的生物相容性已经通过FDA的测试认可,并且相关生物材料敏感性试验及基因毒性试验未见明显异常。Zhao等^[11]通过蛋白质组学分析了聚醚醚酮、氧化锆和钛蛋白质表达的动态变化,发现聚醚醚酮与钛实验组细胞变化模式相似,细胞适应性无显著差异。

1.2 聚醚醚酮的改性

聚醚醚酮等大多数聚合物都存在表面能低的问题,而改变聚醚醚酮表面能的方法有很多,这些方法大致可分为两大类:表面改性和复合生物活性材料。聚醚醚酮表面改性为以下几种方式:喷砂粗化、激光改性、等离子气体蚀刻、等离子电子束沉积、浓硫酸蚀刻。聚醚醚酮与生物活性材料复合有熔融烧结、原位合成等方法^[12]。

学者们将聚醚醚酮与具有生物活性的材料如碳纳米纤维、羟基磷灰石、氟磷灰石等复合,可提高聚醚醚酮材料的表面能,并且能增强相关的机械力学性能,此类研究逐渐成为聚醚醚酮改性的研究热点。目前已有PEEK-Optima(美国)、Bio-HPP(欧洲)两种性能增强型聚醚醚酮复合材料应用于口腔修复治疗中。PEEK-Optima为Invivo bio-materials Solutions公司开发的热塑性植入材料,其加入碳纤维改善了抗折强度以及抗蠕变等性能。Bio-HPP由Bredent GmbH公司开发的口腔修复材料,其加入0.3~0.5 mm陶瓷填料改善了表面光滑度和均匀性等性能^[6]。

碳纤维增强型聚醚醚酮(carbon-fiber-reinforced polyetheretherketone, CFR-PEEK)为最常用的

PEEK医用复合材料,也是研究最为深入的一种生物惰性PEEK复合材料^[13]。PEEK与碳纤维复合极大提高了弹性模量,增加了材料的抗折强度并改善了相关的物理性能,研究表明碳纤维含量为30%的CFR-PEEK的弹性模量与牙本质一致,抗折强度、挠曲强度均符合口腔临床修复要求^[5]。PEEK与碳纤维熔融共混后可制备出CFR-PEEK打印丝材,通过3D打印可个性化定制口腔修复体及植入物^[7]。目前CFR-PEEK已开始应用于腰椎融合器和髌假体。实验研究表明CFR-PEEK口腔种植体具有更好的应力分布,能够明显减少“应力屏蔽”效应^[14]。

2 聚醚醚酮在桩核冠修复中的应用及研究进展

与牙本质的弹性模量不匹配是导致桩与根管脱粘接的重要因素,间接增加了牙根折裂的可能性。聚醚醚酮的弹性模量与玻璃纤维相比更接近牙本质,并且力学性能优于玻璃纤维。低吸水性聚醚醚酮受潮湿环境影响效果较小,能耐受口腔环境(温度变化、循环咬合力和唾液污染等)。故学者们开展聚醚醚酮桩实验研究,探究其是否能代替玻璃纤维桩。

2.1 有限元研究

根管桩应力分布不均导致桩松动甚至牙根折裂的问题,给患者带来经济、生理、心理上的负担。应用三维有限元技术能有效模拟临床上根管桩的整个受力过程和根管壁的应力分布,进而分析材料生物力学性能。Nahar等^[15]通过三维有限元分析得出聚醚醚酮桩与玻璃纤维桩的应力分布相似,都集中于根尖的1/3处,但聚醚醚酮桩应力集中区域少于玻璃纤维桩,并且聚醚醚酮桩在根管内应力分布良好,其桩核折裂发生率更低。于豪等^[16]通过三维有限元分析得出,聚醚醚酮桩可以显著降低根管桩自身及粘接界面的应力,在力学分布上比钛桩和纤维桩均匀。Ibrahim等^[17]通过对聚醚醚酮桩三维有限元分析得出,与钛桩和玻璃纤维桩相比,聚醚醚酮桩的应力分布更为良好,造成垂直性根折的可能性更低,其预后效果更好。

2.2 体外实验

根管桩需要良好的粘接性能以保证不发生脱粘接等问题。目前相关实验研究及临床病例对于聚醚醚酮桩的粘接均采用双固化树脂水门汀(与玻璃纤维桩粘接形式一致),实验结果证明聚醚醚酮桩的粘接性能良好^[12,18]。学者们实验发现经过

合适的表面处理,可使聚醚醚酮表面微孔形成增加粗糙度,尤其是98%浓硫酸处理,聚醚醚酮能产生一个高度多孔且可渗透的表面^[19],使得树脂粘接剂可通过微孔渗透而增强粘接效果,达到临床根管桩粘接要求。Attia等^[12]对聚醚醚酮桩采用不同的表面处理方法后检测聚醚醚酮桩粘接性能,结果表明浓硫酸实验组的粘接强度明显高于其他实验组,符合临床根管桩的粘接要求。Benli等^[18]研究发现,对聚醚醚酮桩进行表面处理(98%硫酸蚀刻处理)后较金属和玻璃纤维桩相比具有更高的粘接强度和表面粗糙度。

学者们通过实验证实,聚醚醚酮良好的物理力学性能使其适用于桩核冠修复。Li等^[20]进行了聚醚醚酮桩核在口腔模拟环境的测试,实验结果表明聚醚醚酮桩核具有良好的固位力及抗折性能。Teixeira等^[21]将聚醚醚酮与纳米陶瓷复合制成桩核,其具有良好的力学性能,抗折裂性能与玻璃纤维桩相当,发生根折的几率低于玻璃纤维桩。Sugano等^[22]将聚醚醚酮桩加玻璃纤维套管与复合树脂核组成桩核系统,用于具有根尖孔粗大的牙齿中,实验结果表明聚醚醚酮桩修复效果良好,聚醚醚酮桩表现出了较高的断裂载荷。

2.3 临床病例报道

聚醚醚酮已被广泛应用于全口义齿、可摘局部义齿、种植体等口腔修复领域,部分学者也将聚醚醚酮应用于桩冠材料。目前相关聚醚醚酮桩核冠修复病例报道较少,仅为个别病例报道。Zoidis等^[23]报道了一例使用改良聚醚醚酮桩核与二硅酸锂陶瓷冠修复上颌侧切牙的病例,其美学效果和力学性能良好,X线片示聚醚醚酮桩粘接良好。患者3年后复诊,临床检查发现聚醚醚酮桩未脱粘接,且冠方修复体完好无松动。胡静等^[24]报道了一例使用聚醚醚酮桩核+全瓷冠修复左上中切牙的病例,修复体边缘密合,邻接良好,无松动脱落,患者对修复体满意并认可。

3 聚醚醚酮桩的制备及不足之处

理想的桩道材料应具有足够的弹性以及与牙本质相似的力学性能来伴随牙齿进行自然运动,从而降低牙根折裂发生率^[25]。聚醚醚酮桩的弹性模量接近牙本质,并且具有良好的力学特性,可被视为理想的桩道材料。

目前聚醚醚酮桩核可通过CAD/CAM切削(减材)以及熔融沉积3D打印(增材)制取。CAD/CAM

切削技术即将患牙根管系统或者预制的玻璃纤维桩模型导入计算机辅助设计软件(如 CEREC、Amann-Girrbach)设计出该桩冠的三维模型,在数控铣床中按照三维模型将聚醚醚酮盘切削成桩核^[8]。熔融沉积打印技术即使用高温熔融沉积打印机制备聚醚醚酮桩,将根管桩的三维模型在相关切片软件(如 Cura)中进行分层切片,而后数据导入高温熔融沉积打印机中。加热聚醚醚酮打印丝至熔点区间(334 ℃~340 ℃)成液相,通过高温喷头挤出成型,熔融沉积制备出聚醚醚酮桩。

聚醚醚酮经过合适的表面处理,可与树脂产生良好的粘接。目前聚醚醚酮表面最佳的处理方法为 98% H₂SO₄ 处理 60 s,再用去离子水冲洗 60 s。浓硫酸可与聚醚醚酮表面的苯环发生磺化反应,在聚醚醚酮的聚合物链中引入功能性磺酸基团(-SO₃),从而改善聚醚醚酮表面能,使得树脂更好地渗透进入。但若浓硫酸处理时间过长,聚醚醚酮表面出现劣化破坏,则会使得粘接性能减弱^[26]。在实际临床操作中口腔医生不能椅旁使用浓硫酸处理聚醚醚酮表面,因此对于聚醚醚酮桩表面处理需要进一步的研究,寻求简单高效、方便安全的表面处理方式是未来研究的重点。

虽然体外实验研究表明聚醚醚酮桩的粘接性能受潮湿环境影响较小,但缺乏相关临床研究来证明聚醚醚酮桩在口腔环境中长期情况。另外,相关研究表明聚醚醚酮桩位于根尖部区域的粘接强度较位于根管冠部及中部显著降低,这可能是由于根尖部光固化灯的光照强度降低以及根尖部湿度难以控制等原因造成^[27]。聚醚醚酮桩与玻璃纤维桩在根尖部粘接强度较弱,但目前没有相关的实验研究比较二者位于根尖部的粘接强度,未来应将提高聚醚醚酮桩根尖区域粘接强度作为研究重点。

随着数字牙科技术日益发展,CAD/CAM 技术已逐渐成为口腔临床修复中最常使用的扫描印模技术,对于聚醚醚酮桩的制作可通过数字化扫描制作出符合患者个性化的桩核,从而达到理想的修复效果^[28]。但目前对于聚醚醚酮桩的切削制取需耗费大量时间及精力,相应地增加了患者的经济负担。在未来临床治疗中仍需精进现有的聚醚醚酮桩制取方式,寻找更加经济节约的制取方式。

当学者们对于聚醚醚酮的研究越来越深入后,更多学者不满足于聚醚醚酮本身的特性,将聚醚醚酮与其他填料进行复合来增强其性能。CFR-

PEEK 可满足作为理想桩道材料的要求,弹性模量与牙本质一致且力学性能优良。但其存在的颜色美观性差、光透性较弱等问题都会影响材料对于树脂的粘接性能,故需要相关的实验研究证明 CFR-PEEK 的可行性。目前对于 CFR-PEEK 桩实验研究相对较少,可能与 CFR-PEEK 桩制取难度有关。因为 CFR-PEEK 的高熔点以及半结晶等性能,使其对 3D 打印系统的要求较高,对 CFR-PEEK 桩的制备和研究仍需要进一步探索。

4 结 语

聚醚醚酮为理想的口腔修复材料。对于桩核冠系统而言,经过合适的表面处理的聚醚醚酮桩,表现出了良好粘接强度和抗折强度。而性能更佳的 CFR-PEEK 桩的制备和体外实验需要更进一步研究,来验证其成为桩核冠修复材料的可能性。目前相关聚醚醚酮桩核冠修复病例报道较少,有待于更多临床病例报道来证实。

[Author contributions] Xu XJ wrote the article. Zhao Y revised the article. All authors read and approved the final manuscript as submitted.

参考文献

- [1] Bonchev A, Radeva E, Tsvetanova N. Fiber reinforced composite posts-a review of literature[J]. Int J Sci Res, 2017, 6(10): 1887-1893. doi: 10.21275/24101703.
- [2] Gomes GM, Gomes OM, Gomes JC, et al. Evaluation of different restorative techniques for filling flared root canals: fracture resistance and bond strength after mechanical fatigue[J]. J Adhes Dent, 2014, 16(3): 267-276. doi: 10.3290/j.jad.a31940.
- [3] Schmitter M, Rammelsberg P, Lenz J, et al. Teeth restored using fiber-reinforced posts: *in vitro* fracture tests and finite element analysis[J]. Acta Biomater, 2010, 6(9): 3747-3754. doi: 10.1016/j.actbio.2010.03.012.
- [4] Komada W, Inagaki T, Ueda Y, et al. Influence of water immersion on the mechanical properties of fiber posts[J]. J Prosthodont Res, 2017, 61(1): 73-80. doi: 10.1016/j.jpor.2016.05.005.
- [5] 闫鹏涛. 聚醚醚酮口腔生物复合材料的制备及性能研究[D]. 长春: 吉林大学, 2013.
Yan PT. Preparation and properties of poly(ether ether ketone) bio-actived dental composite[D]. Changchun: Jilin University, 2013.
- [6] Alexakou E, Damanaki M, Zoidis P, et al. PEEK high performance polymers: a review of properties and clinical applications in prosthodontics and restorative dentistry[J]. Eur J Prosthodont Restor Dent, 2019, 27(3): 113-121. doi: 10.1922/EJPRD_01892Zoidis09.
- [7] Papathanasiou I, Kamposiora P, Papavasiliou G, et al. The use of PEEK in digital prosthodontics: a narrative review[J]. BMC Oral Health, 2020, 20(1): 217. doi: 10.1186/s12903-020-01202-7.

- [8] Bathala L, Majeti V, Rachuri N, et al. The role of polyether ether ketone (peek) in dentistry- a review[J]. J Med Life, 2019, 12(1): 5-9. doi: 10.25122/jml-2019-0003.
- [9] Cekic-Nagas I, Egilmez F, Ergun G, et al. Load-bearing capacity of novel resin-based fixed dental prosthesis materials[J]. Dent Mater J, 2018, 37(1): 49-58. doi: 10.4012/dmj.2016-367.
- [10] Kurtz SM, Devine JN. PEEK biomaterials in trauma, orthopedic, and spinal implants[J]. Biomaterials, 2007, 28(32): 4845-4869. doi: 10.1016/j.biomaterials.2007.07.013.
- [11] Zhao M, An M, Wang Q, et al. Quantitative proteomic analysis of human osteoblast-like MG-63 cells in response to bioinert implant material titanium and polyetheretherketone[J]. J Proteomics, 2012, 75(12): 3560-3573. doi: 10.1016/j.jprot.2012.03.033.
- [12] Attia M, Shokry TE, Abdel-Aziz M. Effect of different surface treatments on the bond strength of milled polyetheretherketone posts[J]. J Prosthet Dent, 2022, 127(6): 866-874. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.08.033.
- [13] Alam F, Kartik M, Joseph H, et al. Additively manufactured polyetheretherketone (PEEK) with carbon nanostructure reinforcement for biomedical structural applications[J]. Adv Eng Mater, 2020, 22(10): 1438-1656. doi: 10.1002/adem.202000483.
- [14] Rea M, Ricci S, Ghensi P, et al. Marginal healing using polyetherether ketone as healing abutments: an experimental study in dogs[J]. Clin Oral Implants Res, 2017, 28(7): 46-50. doi: 10.1111/clr.12854.
- [15] Nahar R, Mishra SK, Chowdhary R. Evaluation of stress distribution in an endodontically treated tooth restored with four different post systems and two different crowns-a finite element analysis[J]. Oral Biol Craniofac Res, 2020, 10(4): 719-726. doi: 10.1016/j.job-cr.2020.10.004.
- [16] 于豪, 白石柱, 冯志宏, 等. 聚醚醚酮用于桩核冠修复的三维有限元分析[J]. 实用口腔医学杂志, 2020, 36(1): 5-9. doi: 10.3969/j.issn.1001-3733.2020.01.001.
- Yu H, Bai SZ, Feng ZH. A three-dimensional finite element analysis of PEEK materials used in post-core crown system[J]. J Pract Stomatol, 2020, 36(1): 5-9. doi: 10.3969/j.issn.1001-3733.2020.01.001.
- [17] Ibrahim RO, Al-Zahawi AR, Sabri LA. Mechanical and thermal stress evaluation of PEEK prefabricated post with different head design in endodontically treated tooth: 3D-finite element analysis [J]. Dent Mater J, 2021, 40(2): 508-518. doi: 10.4012/dmj.2020-053.
- [18] Benli M, Eker GB, Kahraman Y, et al. Surface characterization and bonding properties of milled polyetheretherketone dental posts [J]. Odontology, 2020, 108(4): 596-606. doi: 10.1007/s10266-020-00484-1.
- [19] Wang C, Wang S, Yang Y, et al. Bioinspired, biocompatible and peptide-decorated silk fibroin coatings for enhanced osteogenesis of bioinert implant[J]. J Biomater Sci Polym Ed, 2018, 29(13): 1595-1611. doi: 10.1080/09205063.2018.1477316.
- [20] Li P, Hasselback D, Unkovskiy A, et al. Retentive characteristics of a polyetheretherketone post-core restoration with polyvinylsiloxane attachment[J]. Polymers (Basel), 2005, 12(9): 2005. doi: 10.3390/polym12092005.
- [21] Teixeira KN, Duque TM, Maia HP, et al. Fracture resistance and failure mode of custom-made post-and-cores of polyetheretherketone and nano-ceramic composite[J]. Oper Dent, 2020, 45(5): 506-515. doi: 10.2341/19-080-L.
- [22] Sugano K, Komada W, Okada D, et al. Evaluation of composite resin core with prefabricated polyetheretherketone post on fracture resistance in the case of flared root canals[J]. Dent Mater J, 2020, 39(6): 924-932. doi: 10.4012/dmj.2019-153.
- [23] Zoidis P. The use of modified polyetheretherketone post and core for an esthetic lithium disilicate anterior ceramic restoration: a clinical report[J]. Int J Prosthodont, 2021, 34(1): 120-125. doi: 10.11607/ijp.6504.
- [24] 胡静, 钟声, 越野, 等. 数字化制作 PEEK 桩核+全瓷冠修复一例 [C]//第十次全国口腔修复工艺学学术年会论文集. 北京, 2020: 324.
- Hu J, Zhong S, Yue Y. A case of digitally made PEEK post core+all-porcelain crown restoration[C]//Proceedings of the 10th National Annual Conference of Prosthodontics. Beijing, 2020: 324.
- [25] Lanza A, Aversa R, Rengo S, et al. 3D FEA of cemented steel, glass and carbon posts in a maxillary incisor[J]. Dent Mater, 2005, 21(8): 709-715. doi: 10.1016/j.dental.2004.09.010.
- [26] Sproesser O, Schmidlin PR, Uhrenbacher J, et al. Effect of sulfuric acid etching of polyetheretherketone on the shear bond strength to resin cements[J]. J Adhes Dent, 2014, 16(5): 465-472. doi: 10.3290/j.jad.a32806.
- [27] Mathew S, Raju IR, Sreedev CP, et al. Evaluation of push out bond strength of fiber post after treating the intra radicular post space with different post space treatment techniques: a randomized controlled *in vitro* trial[J]. J Pharm Bioallied Sci, 2017, 9(Suppl 1): S197-S200. doi: 10.4103/jpbs.JPBS_156_17.
- [28] Libonati A, Di TV, Gallusi G, et al. CAD/CAM customized glass fiber post and core with digital intraoral impression: a case report [J]. Clin Cosmet Investig Dent, 2020, 12: 17-24. doi: 10.2147/CCIDE.S237442.

(编辑 张琳)



官网