

# 聚醚醚酮可摘局部义齿性能的研究及其应用进展

杨永杰 杨振林 袁红霞 霍欢 综述, 昭日格图 审校

(内蒙古医科大学第四附属医院口腔科 内蒙古 包头 014030)

**[摘要]** 聚醚醚酮 (Polyetheretherketone, PEEK) 作为一种新型生物材料已在多个领域中应用, 在口腔修复中用于不同类型修复体上, 如全冠、嵌体、桩核冠、可摘局部义齿等。本文从聚醚醚酮可摘局部义齿的适应证、力学性能、固位和稳定性、适合性、美观性、生物相容性、制备方法及应用进展等方面分析其优缺点以进行综述, 并与已在临床广泛应用的其他材料可摘局部义齿进行比较, 以期为临床应用提供价值。

**[关键词]** 聚醚醚酮; 可摘局部义齿; 钴铬合金; 聚甲基丙烯酸甲酯树脂

**[中图分类号]** R783.6 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1008-6455 (2026) 06-0170-05

## Research and Application Progress of Polyetheretherketone Removable Partial Denture

YANG Yongjie, YANG Zhenlin, YUAN Hongxia, HUO Huan, Zhaorigetu

(Department of Stomatology, the Fourth Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, Baotou 014030, Inner Mongolia, China)

**Abstract:** Polyetheretherketone (PEEK), as a new type of biomaterial, has been applied in multiple fields. In oral restoration, it is used for different types of restorations, such as full crowns, inlays, post-core crowns, removable partial dentures, etc. This article reviews and analyzes the advantages and disadvantages of PEEK removable partial dentures from aspects including mechanical properties, retention and stability, fit, aesthetics, biocompatibility, preparation methods, and application progress. It also compares PEEK removable partial dentures with removable partial dentures made of other materials that are widely used in clinical practice, aiming to provide value for clinical applications.

**Key words:** polyetheretherketone; removable partial denture; cobalt-chromium alloy; polymethyl methacrylate resin

近年来, 我国成年人牙列缺损患病率呈上升趋势, 其中老年群体占比颇高<sup>[1]</sup>。患有牙列缺损的老年人咀嚼功能受很大影响, 存在日常进食难的问题, 为改善此种情况, 恢复老年人咀嚼功能以保证良好的营养吸收, 目前可采用种植义齿、固定义齿、可摘局部义齿等多种修复方式, 但可能因骨量不足、经济状况、基牙状况、口腔卫生状况差等条件限制, 可摘局部义齿仍为牙列缺损患者最常采用的修复方式<sup>[2]</sup>。为满足患者的义齿修复需求, 可摘局部义齿有多种材料可供选择, 以往大都采用钴铬合金、钛或聚甲基丙烯酸甲酯树脂等材料制作, 但这些材料在义齿舒适性、美观性、生物相容性等方面存在难以克服的缺点, 患者常可因金属材料过敏、金属异味、金属颜色等原因不接受传统可摘局部义齿修复。

近年来, 许多学者研究新型生物材料聚醚醚酮制成的可摘局部义齿, 聚醚醚酮 (PEEK) 是聚芳醚酮 (Polyaryletherketone, PAEK) 家族中的一员, 是一种新型热塑性高分子聚合材料, 具有较好的生物相容性、稳定性、

耐高温和耐腐蚀性, 并且其弹性模量与骨接近, 在关节置换、骨骼缺损修复等临床骨科手术中已有大量应用<sup>[3]</sup>。在口腔领域, 不同类型的聚醚醚酮口腔修复体均有临床文献报道, 例如桩核冠、嵌体、冠桥以及可摘局部义齿等<sup>[4]</sup>。且已有许多学者研究发现, 聚醚醚酮可摘局部义齿的各项性能优越, 在临床的初步应用效果较好, 在一定程度上能弥补传统可摘局部义齿的缺陷。本文系统梳理多位学者关于PEEK可摘局部义齿的研究成果, 从力学性能、固位与稳定性、适合性、美观性、生物相容性、制备方法及应用进展等维度进行综述, 为其临床推广应用提供参考依据。

### 1 聚醚醚酮可摘局部义齿的适应证和禁忌证

聚醚醚酮可摘局部义齿由新型高分子聚合材料制成, 可应用于对金属材料过敏或不耐受、美观要求较高的牙列缺损患者<sup>[5]</sup>; 并且此种材料重量较轻, 适合用于对修复义齿重量较敏感, 且牙列缺损面积较大的患者, 以增加患者佩戴舒适性<sup>[6]</sup>; 此外, 聚醚醚酮可摘局部义齿弹性较好,

基金项目: 国药北方科研基金项目 (编号: GYBFGS2024014)

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

第一作者: 杨永杰, 住院医师; 研究方向为口腔修复学。E-mail: 1256282742@qq.com

对基牙、牙周膜及牙槽骨所产生的应力较小, 适合应用于基牙、牙周、牙槽骨条件稍差的患者<sup>[7]</sup>。但聚醚醚酮可摘局部义齿较金属可摘局部义齿强度差, 所以对于咬合力大、义齿跨度大或磨牙症的患者, 可能会引起义齿断裂等问题<sup>[8]</sup>。因此, 对于聚醚醚酮可摘局部义齿应严格按照其适应证及禁忌证选择合适的牙列缺损患者。

## 2 聚醚醚酮可摘局部义齿的力学性能

为满足牙列缺损患者的日常使用, 聚醚醚酮可摘局部义齿的各方面物理性能均应满足临床需求, 包括材料强度、弹性、硬度及承受应力等。

2.1 义齿的强度: 制成可摘局部义齿的材料应具有足够的强度, 承受咀嚼压力后不致义齿折裂受损。有研究表明, 聚醚醚酮、骨皮质和钛的拉伸模量分别为3.7 GPa、14 GPa和102~110 GPa, 拉伸强度分别为96 MPa、104~121 MPa和954~976 MPa, 聚醚醚酮的压缩强度为142 MPa, 虽然聚醚醚酮材料的强度较金属低, 但其基本能满足临床可摘局部义齿修复的需求, 且与牙骨质强度相近可减少牙槽骨的吸收<sup>[9]</sup>。此外, 可摘局部义齿长时间使用容易出现断裂, 常发生在殆支托、小连接体等薄弱处, 有学者将聚醚醚酮材料制成殆支托进行三维有限元分析, 经过100 N咀嚼压力模拟后发现聚醚醚酮殆支托的最佳过渡曲率半径(>0.5 mm)和尺寸(最小厚度/宽度为1.5/3.0 mm和2.0/2.5 mm), 表明如果按照传统金属殆支托凹的尺寸进行牙体预备可能对于聚醚醚酮材料会出现强度不足而断裂<sup>[8]</sup>, 因此, 对于聚醚醚酮可摘局部义齿殆支托、小连接体等强度薄弱部位的设计应与以往金属材料设计不同。

2.2 义齿的弹性: 可摘局部义齿同样也应具有一定的弹性, 对患者自身牙体及骨组织有一定缓冲保护。陈昕等<sup>[7]</sup>实验研究表明, 聚醚醚酮制作的可摘局部义齿相比金属具有更高的弹性, 聚醚醚酮材料的弹性模量与钴铬合金和钛合金的弹性模量相比很低, 应用于牙列远中游离端缺损患者, 可起到保护基牙和牙周膜的作用, 且支架内部受到的应力更小、更均匀。Peng TY等<sup>[10]</sup>还通过对聚醚醚酮和钴铬合金卡环的三维有限元对比分析, 同样得出聚醚醚酮卡环的弹性更好, 对模型的局部应力更小, 固位力适当, 且更美观。

2.3 其他: 金智文等<sup>[11]</sup>研究表明, 聚醚醚酮树脂牙相比于普通合成树脂牙(拜耳牙)和复合树脂牙(Endura塑钢牙)具有适中的硬度和良好的耐磨性, 为临床中挑选合适人工牙提供更多选择。Hussein MO<sup>[12]</sup>还通过三维有限元实验分析得出聚醚醚酮相比临床常见的聚甲基丙烯酸甲酯树脂材料应力集中较小, 在套筒冠可摘局部义齿中采用聚醚醚酮材料也是良好的选择。

总的来说, 聚醚醚酮可摘局部义齿相比传统可摘局部义齿在弹性、轻便性、应力集中及人工牙的耐磨性上有明显的优势, 且对患者的牙体组织也有很好的保护; 但聚醚

醚酮材料的强度相对较低, 虽然可满足临床需求, 但不能完全按照以往金属可摘局部义齿设计思路, 例如以往金属可摘局部义齿强度较高, 可适当地减少义齿厚度, 但在聚醚醚酮可摘局部义齿中减少义齿厚度可能无法满足强度需求会出现折裂现象, 应针对聚醚醚酮材料性能重新思考设计方案。

## 3 聚醚醚酮可摘局部义齿的固位和稳定性

可摘局部义齿的固位及其稳定性十分重要, 固位不良或不稳定容易造成义齿脱位, 影响患者正常咀嚼、说话、吞咽等功能。可摘局部义齿的固位主要依靠卡环产生的固位力, Zheng J等<sup>[13]</sup>实验研究表明, 聚醚醚酮可摘局部义齿卡环在模拟经历21年的抗疲劳实验中始终没有表现出固位失效, 表明聚醚醚酮卡环具有良好的抗疲劳性, 优于钴铬合金可摘局部义齿, 使用寿命相对较长。Tannous F等<sup>[14]</sup>研究表明, 厚度为1.5 mm的聚醚醚酮三臂卡环经过15 000次疲劳测试平均能产生4.9~9.1 N的固位力, 相较于厚度为1.0 mm的钴铬合金三臂卡环其固位力较低, 虽聚醚醚酮卡环所获得的固位力稍差, 但在加厚卡环厚度的设计下, 聚醚醚酮卡环也可满足临床要求至少5 N的固位力<sup>[15]</sup>。Vaddamanu SK等<sup>[16]</sup>研究也发现, 聚醚醚酮卡环在同样深度倒凹就位后所获得的固位力较钴铬合金卡环低, 但聚醚醚酮卡环显示出的抗疲劳性和抗扭转性强于钴铬合金卡环, 有利于卡环进入深倒凹获得更强的固位力。Luo Y等<sup>[17]</sup>学者研究发现, 聚醚醚酮卡环臂末端进入倒凹区的比例越大固位力越强, 当卡环臂全部进入倒凹区内时与对照组钴铬合金卡环的固位力相接近。总之, 聚醚醚酮可摘局部义齿的固位力基本能满足临床需求, 即使在固位力不足的情况下, 还可通过加厚卡环臂、加深卡环臂进入的倒凹深度或增加卡环臂进入倒凹区比例等方法来增加固位。

可摘局部义齿的固位同样也依赖于黏膜的吸附性, Narde J等<sup>[18]</sup>在一项体外实验中研究表明, 聚醚醚酮与聚甲基丙烯酸甲酯树脂材料相比, 其与唾液接触后的接触角相对较小、润湿性较高, 所以聚醚醚酮制作的可摘局部义齿吸附性较好, 固位力较强, 而且舒适性、口腔卫生情况等也较好, 是一种理想的修复材料。陈昕等<sup>[7]</sup>在三维有限元模拟实验中研究发现, 聚醚醚酮可摘局部义齿在肯氏I类患者远中游离端黏膜的最大位移量大于钴铬合金, 对游离端黏膜和牙槽骨的压力也较钴铬合金大, 长期佩戴可能造成牙槽骨吸收, 进而发生义齿下沉等不稳定现象, 因此, 不适用于黏膜和骨质较差的患者。也有学者研究表示, 在聚醚醚酮可摘局部义齿修复1年后的患者与不进行修复的患者相比, 两者牙槽骨吸收量无显著差异, 相对较短时间内的聚醚醚酮可摘局部义齿修复也是维持牙槽骨高度的较好选择<sup>[19]</sup>。总之, 针对远中游离端缺失应用聚醚醚酮可摘局部义齿致患者牙槽骨吸收的研究还较少, 以及牙槽骨吸收后对固位和稳定性影响的程度都需进一步的探究。

#### 4 聚醚醚酮可摘局部义齿的适合性

适合性是可摘局部义齿修复成功标准之一,义齿良好的适合性能提高患者的舒适感,增加义齿的稳定性,患者更愿意接受可摘局部义齿修复。适合性降低可导致义齿与组织之间出现间隙,容易储存食物残渣及细菌,导致患者出现龋齿、牙龈炎、牙周炎、口炎、口臭、口腔念珠菌病等<sup>[20]</sup>。有学者研究表明,聚醚醚酮可摘局部义齿修复18个月后的患者对义齿的适合性、轻便性、美观性评价相对钴铬合金材料修复的患者较高<sup>[6]</sup>。另有学者采用“印模法”结合工程软件对义齿的适合性进行研究,利用软件测量义齿与模型之间的硅橡胶薄膜厚度,得出聚醚醚酮可摘局部义齿与模型之间的平均间隙为 $(0.2449 \pm 0.0319)$  mm,以往研究认为, $0 \sim < 0.05$  mm的义齿间隙视为紧密接触, $0.05 \sim 0.31$  mm的义齿间隙视为满足临床要求,实验结论表明聚醚醚酮可摘局部义齿能满足临床要求<sup>[21-22]</sup>。李欣欣等<sup>[23]</sup>实验研究同样发现,聚醚醚酮可摘局部义齿上殆支托、基托和大连接体处的间隙也均能满足临床需求,表明聚醚醚酮可摘局部义齿各部分均能达到良好的适合性,实验中均可满足临床需求,在实际中可能有良好的应用前景。

#### 5 聚醚醚酮可摘局部义齿的美观性

钴铬合金或钛等材料制成的可摘局部义齿在口腔中能显露出部分金属颜色,对于有美观要求的牙列缺损患者有影响。现研究的纯聚醚醚酮可摘局部义齿虽没有金属颜色,但呈现出棕褐色,仍不能满足牙科材料美观性的要求,郭芳等<sup>[21]</sup>在聚醚醚酮材料中加入氧化钛后呈现白色,与牙体颜色相对接近,作为可摘局部义齿的卡环、人工牙等是可满足临床需求的,但其与牙龈颜色相差较大。陆伟等<sup>[24]</sup>在聚醚醚酮材料中添加二氧化钛及氧化铁后呈现牙龈颜色,并且采用了基托为牙龈色,人工牙等其他部分为牙色的一体化双色技术,且证明了该方法的可行性,对义齿美观性有很大提升。聚醚醚酮材料虽然相对金属颜色有很大优势,但目前可选择颜色仅有赭红、米黄、灰白三种<sup>[4]</sup>,无法完全满足患者的美观需求,对于其颜色的仿真性还需进一步研究。

此外,临床中经常见树脂基托使用时间过长容易发生变色,有学者分别将聚醚醚酮与聚甲基丙烯酸甲酯树脂等材料进行体外浸泡实验,发现聚醚醚酮的颜色稳定性较好,不容易发生变色<sup>[25-26]</sup>,相对以往的树脂材料更有利于保持美观。Polychronakis N等<sup>[27]</sup>研究表明,使用清洁剂(Corega Extradent, UK)也可有效防止聚醚醚酮材料变色。

#### 6 聚醚醚酮可摘局部义齿的生物相容性

可摘局部义齿材料的生物相容性对患者本身也可产生影响,传统的金属材料与口腔黏膜接触时间过长会释放出金属离子,金属离子与临近细胞和组织接触进入血液,进

而可能会导致细胞毒性反应等<sup>[5]</sup>。与金属材料相比,聚醚醚酮的生物相容性良好,其具有耐磨、在不同温度变化下始终保持性能稳定、与其他材料接触的反应性低、菌斑黏附较少和过敏反应等特点,恰可弥补金属材料的缺陷,具有良好的应用前景<sup>[28-29]</sup>。

#### 7 聚醚醚酮可摘局部义齿的制备方法

聚醚醚酮材料的制备方法对可摘局部义齿的性能会产生影响,其制备方法有注塑成型、铣削机械加工、3D打印技术等。

7.1 制备方法对义齿精确性的影响:有学者实验发现经数字化设计后铣削机械加工的聚醚醚酮可摘局部义齿,其殆支托、基托及大连接体等处的间隙均能满足临床需求<sup>[23]</sup>。后有学者采用熔融沉积成型3D打印技术制作的聚醚醚酮可摘局部义齿,同样也可满足临床需求<sup>[21]</sup>。但有学者运用熔融沉积成型3D打印和注塑成型技术制作嵌体或牙冠,表明其不如铣削机械加工技术的精确性好<sup>[30-32]</sup>。

7.2 制备方法对义齿机械性能的影响:有研究表明,采用3D打印技术制备的聚醚醚酮假体其力学性能较佳,机械强度显著高于牙科聚甲基丙烯酸酯基托树脂试件,表明其可用于可摘局部义齿基托等制作,且能满足个性化的临床需求<sup>[33]</sup>。郭芳等<sup>[34]</sup>对于聚醚醚酮材料的制备方法,3D打印、注塑成型和铣削机械加工技术三者的总体力学性能进行比较,发现无显著差异,但3D打印技术在抗压能力方面明显优于注塑成型技术;后又研究发现添加纳米二氧化钛的3D打印聚醚醚酮复合材料机械性能强于纯聚醚醚酮,制作成可摘局部义齿可以更好地满足临床需求<sup>[9]</sup>。目前,制备聚醚醚酮材料常用的还是铣削机械加工技术,其适合性和机械性能均表现良好,但铣削机械加工是减材技术,相较增材的3D打印技术有材料利用率低的劣势;3D打印技术在适合性、精确性上虽可满足临床需求,但是较铣削机械加工技术的精确性稍低,还需进一步改进,该技术是往后口腔修复材料制备的主流方向。而以往常用的注塑成型技术在新型材料制备中,不论在加工过程或性能方面均不占优势,逐渐被其他方法代替。

#### 8 聚醚醚酮可摘局部义齿的应用进展

目前,对于聚醚醚酮可摘局部义齿,其种类分为一体化聚醚醚酮可摘局部义齿和聚醚醚酮可摘局部义齿支架两种。Yoon JM等<sup>[35]</sup>采用新型数字化制作的聚醚醚酮一体化可摘局部义齿与传统的钴铬合金支架相比,聚醚醚酮材料更轻便,适合性也较好,且卡环还具有更好的美观性。党薇等<sup>[6]</sup>制作的聚醚醚酮可摘局部义齿支架同样与钴铬合金支架相比,美观性、轻便性及密合性评价较高较好。但传统可摘局部义齿支架常用钴铬合金或钛合金等刚性材料,这些材料强度均较聚醚醚酮高,而聚醚醚酮相比金属更有弹性,制作成可摘局部义齿可以减少对基牙的压力,牙周条件较差的环境

下同样适用,可见聚醚醚酮材料不论制作成一体化义齿或支架相比金属支架都有很大优势<sup>[36]</sup>。另外,聚醚醚酮材料的种类有纯聚醚醚酮和复合聚醚醚酮,纯聚醚醚酮颜色和抗菌效果较差,在口腔临床应用中常受到限制<sup>[37]</sup>,后有学者研究表明,在聚醚醚酮中加入氧化钛等材料制作成复合聚醚醚酮材料,其颜色变为牙白色,对其美观性能有很大提高,其次强度以及抗菌效果也均有很大改善,表示聚醚醚酮材料在可摘局部义齿修复领域中有很大应用前景<sup>[9]</sup>。

## 9 小结

目前对于聚醚醚酮可摘局部义齿的研究表明,其在临床中的初步应用展示出良好的前景,其力学性能较好,具有轻便、人工牙耐磨等优点,并且其优越的弹性产生的应力集中更小,对基牙有更好的保护,但也可能容易使游离端缺失处受力增加造成牙槽骨吸收。此外,聚醚醚酮材料的强度也低于金属材料,因此,在可摘局部义齿的设计中要考虑义齿的强度,需满足患者日常咀嚼而不易折裂。聚醚醚酮可摘局部义齿的固位和稳定性及适合性均能满足临床需要,但与金属可摘局部义齿相比,聚醚醚酮的固位力相对较低,在固位力不足的情况下,可通过增加卡环数量、卡环厚度或长度、基托范围等方法增强固位力,保证义齿有足够的稳定性。聚醚醚酮可摘局部义齿较金属可摘局部义齿的美观性有很大改善,可选择仿真的牙龈色或人工牙色,但改善后的颜色选择仍较有限,不能完全满足患者的美观需求。对于聚醚醚酮可摘局部义齿的制备目前常采用铣削机械加工技术和3D打印技术,两种技术制备的义齿均能达到临床要求,但相对减材的铣削机械加工技术增材的3D打印技术具有更好的应用前景。聚醚醚酮可摘局部义齿的生物相容性也较好,避免使用金属材料后可能造成的金属异味、金属中毒、金属过敏等不良反应,相对传统可摘局部义齿有很大改进。

综上所述,聚醚醚酮可作为传统可摘局部义齿修复理想的替代材料,其各方面等均有优异表现,但其仍有一定的局限性,如聚醚醚酮可摘局部义齿设计与传统金属可摘局部义齿设计有差异、长期使用游离端缺失处牙槽骨可能容易发生吸收、颜色选择仍较少、义齿制备完成后形状不易改变;另外,聚醚醚酮可摘局部义齿出现破损后因其化学粘接性差,难以像丙烯酸树脂材料一样进行椅旁直接修复,往往需要返厂修理;且其相较传统可摘局部义齿制作耗时间较长,费用相对较高,因此在临床中往往限制患者对其的选择。目前关于聚醚醚酮可摘局部义齿性能的临床实验研究较少,所以对于聚醚醚酮可摘局部义齿仍需进一步探究,尤其需要大量长期的临床口内实验证明其可行性和优越性,为能广泛应用聚醚醚酮可摘局部义齿提供更完整的理论依据。

利益冲突声明: 本文无任何利益冲突。

## [参考文献]

- [1]刘若迎,张珊珊,司燕,等.我国成年人牙齿缺失与修复需求情况及其影响因素分析[J].中国实用口腔科杂志,2023,16(5):585-597.
- [2]胡丹丹,吴琳.可摘局部义齿临床应用和研究现状[J].中国实用口腔科杂志,2018,11(8):498-503.
- [3]Stratton-powell A A, Pasko K M, Brockett C L, et al. The biologic response to polyetheretherketone (PEEK) wear particles in total joint replacement: A systematic review[J]. Clin Orthop Relat Res, 2016,474(11):2394-2404.
- [4]张存良,张力,吴国锋.聚醚醚酮的性能及其在口腔修复中的应用[J].实用口腔医学杂志,2024,40(1):136-140.
- [5]Faria A C, Rodrigues R C, Antunes R P, et al. Effect of temperature variation on the cytotoxicity of cast dental alloys and commercially pure titanium [J]. J Appl Oral Sci, 2009,17(5):421-426.
- [6]党薇,王珍珍,谭灵.PEEK与钴铬合金铸造支架可摘局部义齿的临床应用效果对比分析[J].中国美容医学,2023,32(10):123-127.
- [7]陈昕,毛渤淳,鲁雨晴,等.钴铬合金和聚醚醚酮用于可摘局部义齿支架的三维有限元分析[J].国际口腔医学杂志,2019,46(5):526-531.
- [8]Lyu H, Murakami N, Yamazaki T, et al. Evaluation of PEEK and zirconia occlusal rest designs for removable partial dentures based on finite element analysis[J]. J Prosthodont Res, 2023,67(2):196-205.
- [9]郭芳,黄硕,刘宁,等.三维打印纳米二氧化钛/聚醚醚酮复合材料的生物力学性能[J].山西医科大学学报,2021,52(6):748-752.
- [10]Peng T Y, Ogawa Y, Akebono H, et al. Finite-element analysis and optimization of the mechanical properties of polyetheretherketone (PEEK) clasps for removable partial dentures[J]. J Prosthodont Res, 2020,64(3):250-256.
- [11]金智文,韩建民,刘云松,等.聚醚醚酮制作可摘义齿人工牙耐磨性及硬度的研究[J].口腔颌面修复学杂志,2018,19(4):236-240.
- [12]Hussein M O. Biomechanical performance of PEEK and graphene-modified PMMA as telescopic removable partial denture materials: A nonlinear 3D finite element analysis[J]. Int J Prosthodont, 2022,35(6):793-800.
- [13]Zheng J, Aarts J M, Ma S, et al. Fatigue behavior of removable partial denture cast and laser-sintered cobalt-chromium (CoCr) and polyetheretherketone (PEEK) clasp materials[J]. Clin Exp Dent Res, 2022,8(6):1496-1504.
- [14]Tannous F, Steiner M, Shahin R, et al. Retentive forces and fatigue resistance of thermoplastic resin clasps[J]. Dent Mater, 2012,28(3):273-278.
- [15]Micovic D, Mayinger F, Bauer S, et al. Is the high-performance thermoplastic polyetheretherketone indicated as a clasp material for removable dental prostheses?[J]. Clin Oral Investig, 2021,25(5):2859-2866.
- [16]Vaddamanu S K, Alhamoudi F H, Chaturvedi S, et al. Retentive forces and deformation of fitting surface in RPD clasp made of polyether-ether-ketone (PEEK)[J]. Polymers(Basel), 2023,15(4):956.
- [17]Luo Y, Qiu L, Geng M, et al. Retention and fatigue performance of

- modified polyetheretherketone clasps for removable prosthesis[J]. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2024,154:106539.
- [18]Narde J, Ahmed N, Siurkel Y, et al. Evaluation and assessment of the wettability and water contact angle of modified poly methyl methacrylate denture base materials against PEEK in cast partial denture framework: An in vitro study[J]. *BMC Oral Health*, 2024,24(1):248.
- [19]Lo russo L, Chochlidakis K, Caradonna G, et al. Removable partial dentures with polyetheretherketone framework: The influence on residual ridge stability[J]. *J Prosthodont*, 2022,31(4):333-340.
- [20]Carneiro pereira A L, Bezerra de medeiros A K, De sousa santos K, et al. Accuracy of CAD-CAM systems for removable partial denture framework fabrication: A systematic review[J]. *J Prosthet Dent*, 2021,125(2):241-248.
- [21]郭芳, 陈兆社, 黄硕, 等. 熔融沉积成型氧化钛/聚醚醚酮可摘局部义齿的适合性初探[J]. *中国实用口腔科杂志*, 2022,15(4):458-461.
- [22]Zhao K, Wu S, Qian C, et al. Suitability and trueness of the removable partial denture framework fabricating by polyether ether ketone with CAD-CAM technology[J]. *Polymers(Basel)*, 2024,16(8):1119.
- [23]李欣欣, 柳玉树, 孙玉春, 等. 计算机辅助设计与制作一体化聚醚醚酮可摘局部义齿不同形态组件的适合性评价[J]. *北京大学学报(医学版)*, 2019,51(2):335-339.
- [24]陆伟, 陈晔, 冀堃, 等. 一体化双色3D打印聚醚醚酮口腔修复体的初步临床报告[J]. *实用口腔医学杂志*, 2020,36(3):548-552.
- [25]N J, Ahmed N, Rattan R. Evaluation and assessment of the colour stability of modified polymethyl methacrylate denture base materials and polyether ether ketone in a cast partial denture framework: An in-vitro study[J]. *Cureus*, 2023,15(11):e48189.
- [26]Papathanasiou I, Papavasiliou G, Kamposiora P, et al. Effect of staining solutions on color stability, gloss and surface roughness of removable partial dental prosthetic polymers[J]. *J Prosthodont*, 2022,31(1):65-71.
- [27]Polychronakis N, Lagouvardos P, Polyzois G, et al. Color changes of polyetheretherketone (PEEK) and polyoxymethelene (POM) denture resins on single and combined staining/cleansing action by CIELab and CIEDE2000 formulas[J]. *J Prosthodont Res*, 2020,64(2):159-166.
- [28]D'ercole S, Cellini L, Pilato S, et al. Material characterization and Streptococcus oralis adhesion on Polyetheretherketone (PEEK) and titanium surfaces used in implantology[J]. *J Mater Sci Mater Med*, 2020,31(10):84.
- [29]Wang M, Bhardwaj G, Webster T J. Antibacterial properties of PEKK for orthopedic applications[J]. *Int J Nanomedicine*, 2017,12:6471-6476.
- [30]Negm E E, Aboutaleb F A, Alam-eldein A M. Virtual evaluation of the accuracy of fit and trueness in maxillary poly(etheretherketone) removable partial denture frameworks fabricated by direct and indirect CAD/CAM techniques[J]. *J Prosthodont*, 2019,28(7):804-810.
- [31]Prechtel A, Stawarczyk B, Hickel R, et al. Fracture load of 3D printed PEEK inlays compared with milled ones, direct resin composite fillings, and sound teeth[J]. *Clin Oral Investig*, 2020,24(10):3457-3466.
- [32]Attia M A, Blunt L, Bills P, et al. Micro-CT analysis of marginal and internal fit of milled and pressed polyetheretherketone single crowns[J]. *J Prosthet Dent*, 2023,129(6):906.e1-e10.
- [33]陆伟, 李滌尘, 吴国锋. 3D打印聚醚醚酮口腔修复体的初步临床报告[J]. *实用口腔医学杂志*, 2020,36(1):136-140.
- [34]郭芳, 黄硕, 朱勇, 等. 3种不同工艺制备聚醚醚酮假体的生物力学性能研究[J]. *口腔医学研究*, 2019,35(4):405-408.
- [35]Yoon J M, Liu Y, Sun Y, et al. Clinical evaluation of a one-piece polyetheretherketone removable partial denture fabricated using a novel digital workflow: A self-controlled clinical trial[J]. *J Prosthodont*, 2024,33(8):757-763.
- [36]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.
- [37]Gao C, Wang Y, Han F, et al. Antibacterial activity and osseointegration of silver-coated poly(ether ether ketone) prepared using the polydopamine-assisted deposition technique[J]. *J Mater Chem B*, 2017,5(47):9326-9336.

[收稿日期]2025-2-12

本文引用格式: 杨永杰, 杨振林, 袁红霞, 等. 聚醚醚酮可摘局部义齿性能的研究及其应用进展[J]. *中国美容医学*, 2026,35(6):170-174.

## · 告作者和读者 ·

凡向本刊所投稿件, 论文所涉及的课题如取得国家或部、省级以上基金或属攻关项目, 应脚注于文题页左下方, 如“基金项目: ××基金资助项目(基金编号××××)”, 并附基金资助项目相关批准文件复印件。来稿首页请注明文题(中英文)、全部作者及单位(中英文)、通信作者、作者联系电话和E-mail地址。