

无牙颌患者种植固定义齿饰面材料研究及应用进展

陈燕^{1,2}, 顾新华¹

1. 浙江大学医学院附属第一医院口腔科, 浙江 杭州 310003

2. 浙江大学口腔医学院, 浙江 杭州 310058

[摘要] 目前无牙颌患者种植固定义齿常用饰面材料包括丙烯酸树脂、聚合瓷、陶瓷、氧化锆等,不同材料的理化性质、临床表现各不相同。临床上固定义齿饰面材料的选择与患者口腔修复空间及软硬组织状况、颌力、生活习惯、口腔副功能、对颌牙材料及患者期望有关。无牙颌患者种植固定义齿相关的常见机械并发症为饰面材料的折裂/崩瓷及磨损,可通过咬合调整、修复体设计加工以及合适的修复材料选择予以规避。本文就常用无牙颌患者种植固定义齿饰面材料的特点、选择与设计要点、临床常见修复体材料相关并发症的病因及处理展开综述,以期临床无牙颌患者种植固定义齿饰面材料的选择提供参考。



[关键词] 无牙颌;种植;固定义齿;牙科修复材料;并发症;综述

[中图分类号] R783.6 [文献标志码] A

Research progress and clinical application of veneer materials for implant-fixed restoration in edentulous jaws

CHEN Yan^{1,2}, GU Xinhua¹ (1. Department of Stomatology, the First Affiliated Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310003, China; 2. Zhejiang University School of Stomatology, Hangzhou 310058, China)

Corresponding author: GU Xinhua, E-mail: guxh@zju.edu.cn, <https://orcid.org/0000-0001-6674-1803>

[Abstract] Commonly used materials for fixed restorations in edentulous jaws include acrylic resins, polymerized ceramics, ceramics and zirconia, which have distinct physicochemical properties and clinical application features. The selection of these materials in clinical practice is related to the prosthodontic space, oral soft and hard

收稿日期(Received):2024-04-14 接受日期(Accepted):2024-06-07 网络预发表日期(Online):2024-09-24

基金项目(Funding):浙江省医药卫生科技计划(2023KYA092)

第一作者(First author):陈燕,硕士研究生,主要从事无牙颌种植修复材料及并发症相关研究;E-mail:22218777@zju.edu.cn;<https://orcid.org/0009-0007-6428-9906>

通信作者(Corresponding author):顾新华,主任医师,教授,博士生导师,主要从事人体硬组织仿生矿化和口腔种植临床研究;E-mail:guxh@zju.edu.cn;<https://orcid.org/0000-0001-6674-1803>

tissue conditions, occlusal force, lifestyle habits, oral parafunctions, opposing dentition materials, and expectations of patients. Common mechanical complications associated with fixed restorations in edentulous jaws are cracking/chipping and abrasion of the facing materials, which can be avoided through occlusal adjustment, restoration design and processing, and the selection of appropriate restorative materials. This article reviews the characteristics, selection, and design considerations of commonly used materials for fixed restorations in edentulous jaws, as well as the causes and management of common clinical complications related to restorative materials, aiming to provide references for the selection of appropriate materials in fixed restorations for edentulous jaws in clinical practice.

[**Key words**] Edentulous jaw; Transplantation; Fixed partial denture; Dental restorative materials; Complication; Review

[J Zhejiang Univ (Med Sci), 2024, 53(5): 578-585.]

无牙颌不仅影响美观,还会造成患者的咀嚼、发音等功能大大受损,极大影响患者的生活质量。随着口腔种植技术、口腔材料的不断发展,全口种植义齿已成为无牙颌患者的一种有效治疗方案,其远期疗效获得国内外广泛认可^[1]。研究显示,在至少5年的随访中,无牙颌全口种植固定义齿的存活率可达90%^[2-3]。在另一项回顾性研究中,种植支持的全口固定义齿5年和10年的存活率分别为98.6%和97.2%^[4]。

无牙颌种植的固定义齿主要由支架及饰面材料构成,饰面材料为包裹在金属或非金属支架外部的牙色材料。目前应用的饰面材料种类繁多,根据材料的性质和应用特点,可以将其大致分为树脂类、陶瓷类等。不同义齿饰面材料在理化性能、美学效果、制造方法、成本等方面各有优缺点,可根据患者口腔健康状况及修复需求进行选择。本文综述了常用无牙颌患者种植的固定义齿饰面材料的特点、选择及设计要点、临床常见义齿材料相关并发症的病因及处理,以期为临床无牙颌患者种植固定义齿饰面材料的选择提供参考。

1 常用无牙颌种植固定义齿饰面材料特点

目前常用的树脂类饰面材料包括丙烯酸树脂、聚合瓷等,陶瓷类饰面材料包括传统陶瓷修复体及应用氧化锆的修复体。

1.1 树脂类饰面材料

金属-树脂修复体在临床上广泛应用于无牙

颌固定义齿修复中,此类修复体主要由金属支架和树脂类饰面材料组成。金属支架可由钴铬合金、钛合金等制成,树脂类饰面材料可分为传统的丙烯酸树脂以及添加了不同填料的聚合瓷。

1.1.1 丙烯酸树脂 丙烯酸树脂是临床上最早使用的饰面材料。其加工方式多样,能通过热固化与金属支架形成金属-丙烯酸树脂复合体,也可预先制备树脂冠粘接于支架上以形成全口种植固定修复的修复体结构^[5]。丙烯酸树脂具有重量较轻、成本较低、相对容易修补等优势,且其弹性模量较低,可以有效缓冲分散咬合力从而保护种植体^[6]。然而,丙烯酸树脂各方面性能并不理想:在外观方面,丙烯酸树脂美观度欠佳;在理化性能方面,目前市面上大部分成品树脂牙硬度集中在20HV0.05上下^[7],易发生修复体折断,也容易出现磨耗及老化变色,引起咬合关系变化,需要终身维护;丙烯酸树脂易产生划痕的属性使其制作的修复体更易被菌斑附着,造成患者口腔卫生更难维护。这些问题导致丙烯酸树脂维护次数频繁,修复费用增加,患者满意度降低^[8-9]。另外,由于树脂的厚度与强度呈正相关,树脂需要有足够的厚度才能承受咬合力,因此适用于有较大修复空间的患者^[5]。

1.1.2 聚合瓷 聚合瓷通过在树脂基质中添加不同填料来改善丙烯酸树脂的不足,结合了瓷和树脂的特性,既改善了瓷过硬的物理缺陷,又具有一定的抗拉伸强度^[10]。聚合瓷的硬度更接近天然牙,韧性优于烤瓷材料,弹性模量也相

对较低,能够对种植体受到的不良应力进行缓冲。此外,聚合瓷保持了瓷材料美观、不变色、不染色、更耐磨等优点^[11],但在一些情况下(如患者长期吸烟、菌斑控制不佳等)其颜色和光泽可能无法达到与天然牙齿完全一致。聚合瓷适用于颌龈距离过高、笑线较高、牙槽骨宽度或高度不足导致义齿数少及位置分布不理想的患者^[5]。

1.2 陶瓷类饰面材料

陶瓷类修复体因其具有良好的美学性能、更易保持卫生、硬度高等特点成为树脂类修复体的优良替代品。

1.2.1 金属-陶瓷修复体 金属-陶瓷修复体采用传统的陶瓷类饰面材料,其在临床上应用广泛。金属-陶瓷修复体力学性能好,金属支架与牙龈之间不存在间隙,因而美观性和自洁性更好;其厚度较树脂类修复体薄,因此不影响患者发音^[12]。但金属-陶瓷修复体透光性较差,且金属支架的存在可能使龈缘透黑,因此龈缘形态不自然。另外,在遇到较大冲击力时,金属-陶瓷修复体易发生崩瓷。一项随访1~22年的研究表明金属-陶瓷修复体的存活率高达97.8%^[13]。对于美观需求较高、咬合力较大、颌间距适中的患者可采用此种饰面材料。

1.2.2 氧化锆-陶瓷修复体 氧化锆是一种种植固定全口义齿修复新材料,在口腔修复、种植修复等领域中的应用越来越广泛^[14]。目前,以氧化锆为支架、陶瓷为饰面材料的修复体已应用于无牙颌患者种植固定义齿中。氧化锆具有较高的硬度和强度。目前牙科常用二氧化锆,其断裂韧性为 $4.5 \text{ mPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ ^[15],明显高于其他瓷材,抗弯强度超过 1000 mPa ^[16],且多晶相的组成结构可以适当缓冲不良应力,从而释放不良应力的能量。氧化锆还具有出色的稳定性和耐磨性^[17],以及较好的生物相容性,能促进细胞更好黏附^[18],而不会刺激牙龈组织,牙龈边缘也不会出现着色现象,从而最大限度地保证牙周组织的健康和美观^[19-21],因而拥有良好的美学效果^[22],特别是在薄龈生物型的美学区,其颜色和光泽更接近天然牙。另外,氧化锆具有较好的耐久性,其细菌表面黏附性相对较低^[23],有利于口腔健康。但由于氧化锆支架与饰面瓷材料弯曲强度差异明显,受力时两者间的界面剪切力较大,因此易发生崩瓷^[24]。为了减少此类并发症,建议临床上仅在美

学区使用饰面瓷,而承受较大咬合力的后牙区不使用饰面瓷或使用无饰面瓷的整体氧化锆修复体。综上,氧化锆-陶瓷修复体适用于美观要求较高、对金属过敏、咬合力较大的患者。

1.2.3 整体氧化锆修复体 整体氧化锆修复体能提供最佳美学效果,且其短期内修复相关并发症的发生率最低^[23]。基于氧化锆的高硬度、高强度性质,整体氧化锆修复体的强度高、耐磨性较好,且还具有生物相容性较高、菌斑软垢不易堆积、软组织反应良好等特点^[8,25]。有学者通过有限元分析发现整体氧化锆修复体能改善种植体与种植体周围骨的应力分布^[26]。另外,整体氧化锆修复体通过数字化方法制作完成,加工制作精度高、再次制作方便。

然而,氧化锆强度高、耐磨性好等特点也会带来一些问题:一是氧化锆材料断裂韧性显著高于普通瓷材料,与对颌牙齿作咬合受力时,整体氧化锆修复体难以通过崩瓷来释放不良应力,容易引起种植修复机械并发症;二是氧化锆修复体的咬合调整和抛光较为困难,容易引起对颌天然牙的严重磨耗^[27];三是上下颌均为氧化锆时,咀嚼过程中会有较大的叩齿音。另外,由于氧化锆材料密度大,相较于其他常用修复材料,同等体积下的氧化锆修复体质量明显增大。

基于生物力学要求,整体氧化锆修复体也与金属-丙烯酸树脂修复体一样不适用于修复空间不足的患者^[28]。整体氧化锆修复体适用于颌间距大于 12 mm 、对美观要求较高、对金属材料过敏、咬合力较大的患者,但使用时需要注意叩齿音明显的问题。

2 无牙颌患者种植固定义齿饰面材料的选择及设计要点

在选择无牙颌种植固定义齿的饰面材料时,需要综合考虑患者的口腔状况、修复需求、经济能力等因素。

2.1 口腔修复空间及软硬组织质量对修复体材料选择的影响

不同修复材料对修复空间的要求不同。为了满足生物力学的要求,使用金属-陶瓷修复体和氧化锆-陶瓷修复体患者需要有 $8 \sim 12 \text{ mm}$ 的垂直修复空间,而使用整体氧化锆修复体和金属-丙烯酸树脂修复体患者则需要有 $13 \sim 15 \text{ mm}$ 的垂

直修复空间^[29-30]。当无牙颌患者颌间距离超过10 mm、牙槽骨丰满且支持力强时,可选择传统的金属-陶瓷修复体或氧化锆-陶瓷修复体(如烤瓷熔附金属修复体)来完成固定修复^[30]。

无牙颌患者往往伴有不同程度的骨吸收,当患者颌间距过大、牙槽嵴严重吸收、面部软组织塌陷时,可采用钴铬合金铸造支架或计算机辅助设计/计算机辅助制造切削纯钛支架烤塑修复体,或设计成种植覆盖义齿,以恢复美观和咀嚼功能。当患者不接受通过外科手术恢复骨量时,为避免美学缺陷,修复体制作时可增加红色龈瓷或树脂,从而恢复丧失的软组织和硬组织。

2.2 患者骀力、生活习惯及口腔副功能对修复体材料选择的影响

当患者咀嚼力适中,可根据患者的软硬组织情况、美学要求、经济条件选择合适的修复体。当患者对颌牙咀嚼力大(如男性患者)、后牙牙槽嵴支持力不足且颌间距离较大时,可选择金属-丙烯酸树脂修复体。虽然丙烯酸树脂的弹性模量低,无法有效传导和分散骀力,但可通过断裂而发挥缓冲应力的作用。有文献报道,金属-丙烯酸树脂修复体的人工牙磨耗、折裂频繁,平均每四年即需要对上部修复体进行重衬^[31]。临床上可选择下颌金属骀面或上颌金属舌板等方式设计^[32]。

需要注意的是,虽然树脂类修复体适用于美观要求不高且经济预算有限的患者,但对于吸烟、口腔卫生维护能力不足的患者则应避免使用。

对于双颌重建或磨牙症患者建议佩戴骀垫以减少崩瓷概率^[33]。

2.3 对颌牙材料对修复体材料选择的影响

当对颌为天然牙列或种植固定义齿时,陶瓷类修复体崩瓷概率明显增加,且双颌弓固定修复重建患者的崩瓷发生率明显大于单颌重建患者^[34],因此在这种情况下采用陶瓷修复体时应注意饰面瓷的位置,可设计其仅位于美学区而不在咬合区。但是,Cardelli等^[35]通过1年随访比较氧化锆咬合面对天然牙釉质和复合树脂的磨耗情况发现,氧化锆冠磨耗程度略低于天然牙釉质磨耗程度。因此,当对颌为天然牙时,采用氧化锆修复体是可行的。

有学者将不同材料制成的样品在双轴咀嚼

模拟器中进行相互磨耗后发现,陶瓷材料与金属材料磨损程度相近且均小于氧化锆材料^[36]。因此,当对颌为金属-陶瓷修复体时,采用咬合面为氧化锆的修复体需密切观察,以防止磨耗过度导致并发症。

当对颌为树脂牙时,不宜采用咬合面为氧化锆的修复体,因两者强度、耐磨性差距过大,容易加速树脂牙磨耗,增加维修次数。

2.4 患者的个性化需求和经济条件

无牙颌患者种植固定义齿需要植入的义齿数多,在选择不同材料时费用差别也较大。相较于传统的金属-树脂修复体和金属-陶瓷修复体,采用全瓷修复体以及计算机辅助设计/计算机辅助制造切削的纯钛支架或氧化锆支架等材料价格昂贵,因此要结合患者的经济状况及主观意愿进行考量。

综上,需要结合患者的实际情况进行修复材料的个性化选择。金属-丙烯酸树脂修复体适用于对美观要求不高、预算有限的患者;对于颌间距离较小修复空间不足、咬合力较大(特别是男性患者)、重度吸烟、口腔卫生维护能力差的患者应谨慎使用丙烯酸树脂作为饰面材料;金属-陶瓷修复体和氧化锆-陶瓷修复体适用于对美观要求相对较高的患者,但其需要至少8 mm的垂直修复空间,因此修复空间不足时不适用;整体氧化锆修复体不适用于修复空间不足的患者,上下颌同时使用时需注意咬合控制,关注可能出现的叩齿音问题。

3 无牙颌患者种植固定义齿常见的材料相关并发症

种植并发症一般可分为机械并发症、生物学并发症、美学并发症和种植外科并发症。本文主要关注与修复体相关的机械并发症(如修复体折裂和崩瓷、磨损),分析其发生的具体原因及预防措施。

3.1 修复体磨损

修复体磨损是最常见的机械并发症^[9,37]。修复体磨损程度与修复体的材料及其使用时间有关,但修复体的表面处理也会影响修复体的磨损程度。在材料方面,丙烯酸树脂的磨损程度最大,而氧化锆的平均磨损量明显低于其他材料,临床研究和体外实验中均证实这一点^[37-38]。在修

修复体表面处理方面,氧化锆修复体表面进行上光或抛光会降低修复体与对颌牙的接触磨损^[39-41],因此临床应用氧化锆修复体时应尽量对修复体进行抛光,以减少磨损。

3.2 饰面材料折裂和崩瓷

临床上,无牙颌种植固定义齿最常见的主要机械并发症为饰面材料折裂^[29],若发生在陶瓷修复体中又称为崩瓷。Bagegni等^[23]对固定种植修复全口义齿材料研究进行meta分析,结果表明金属树脂修复体的折裂率达22%,而金属-陶瓷修复体和氧化锆修复体的折裂率分别为8%和15%。可能引起饰面材料折裂的因素大致可概括为以下三方面^[29,42]:一是患者方面,部分患者存在颌位关系不恰当、饮食习惯不良、咬合关系不稳定或有紧咬牙、磨牙症等口腔副功能,可引起局部殆力过大,从而导致修复体局部承受的咬合力过大;二是材料以及加工缺陷方面,金属材料容易出现疲劳,即材料、零构件在循环应力作用下,在一处或几处逐渐产生局部永久性累积损伤,经一定循环次数后产生裂纹或突然发生完全断裂,加工过程中混入杂质也可能会引起饰面材料折裂;三是修复体设计方面,若修复体未被动就位、修复空间不足、末端悬臂过长,也将增加饰面材料折裂可能。

另外,Wittneben等^[38]通过十年前瞻性研究发现,修复体磨损程度明显影响崩瓷发生率:在表面没磨损或出现磨损但抛光良好的修复体中,崩瓷发生率为10.9%;而相同使用时间内修复体存在局部磨损和普遍磨损的崩瓷发生率分别为21.9%和26.9%。可见崩瓷发生率与修复体磨损的严重程度成正比,究其原因表面存在磨损的修复体会承受更严重的负载。

4 常见机械并发症的预防及处理

根据上述常见机械并发症发生的原因,可以从咬合因素、修复体设计和加工、材料选择、随访等方面降低机械并发症的发生。

4.1 保证稳定合适的咬合力

有学者指出,稳定合适的咬合力是避免种植体过度负荷及保证义齿长期存活的关键^[29,33]。目前,临床上对于无牙颌患者种植固定义齿无统一标准,通常根据对颌牙情况以及设计双侧平衡殆、舌侧集中殆、相对保护殆等方式来保证咬合

力在种植体的生理承受范围内^[43]。另外,也可以通过殆面减径、减小牙尖斜度、防止早接触和殆干扰、减少悬臂长度的设计等方式保证适宜的咬合力大小。

4.2 修复体设计和加工

在修复体设计时,应根据患者咬合力、咀嚼习惯等情况,合理设计种植体数及分布,控制悬臂长度。黄大海等^[44]研究发现悬臂长度应当尽可能短,不应超过15 mm;史俊宇等^[45]通过meta分析认为种植体支持的全口义齿悬臂长度小于15.6 mm时可以获得较好的临床疗效;Drago^[46]研究发现,悬臂长度与前后种植体之间距离的比值为0.5~0.6时可获得较高的种植成功率。在修复体加工时,可采用计算机辅助设计/计算机辅助制造加工方式来降低支架折裂风险。对于丙烯酸树脂材料,可在丙烯酸树脂中添加抗老化、抗变色的稳定剂或增强剂,以提高其强度和韧性,从而延长使用寿命;对于陶瓷类材料,可通过添加增韧剂或采用先进的陶瓷复合材料,以提高其韧性和抗冲击性。另外,可对修复体表面进行抛光以减少修复牙和对颌天然牙的磨损。

4.3 合适的修复材料选择

选择具有足够强度的修复材料可有效减少修复体折裂和崩瓷等并发症的发生。应根据患者的具体情况选择材料,前文已详细论述。

4.4 长期随访和咬合调改

有学者认为轻咬合接触的后牙种植修复体在修复后3个月咬合接触强度会明显增加,因此建议复查时间为3~6个月,且应重点关注咬合情况^[47]。随访过程中应保证患者建立稳定的咬合关系,使咬合力均匀分布在修复体上,避免咬合早接触及殆干扰。Weingerg^[48]建议种植修复体在正中颌位保持1.5 mm的正中自由域。

5 结 语

总之,不同修复材料在美学、强度、制造方法和成本等方面各有优缺点,任何材料都不能成为另一种材料的替代品。临床中要根据患者的口腔修复空间及软硬组织状况、殆力、生活习惯、口腔副功能、对颌牙材料、负载时间、美学要求等一系列因素来选择合适的修复材料,从而获得长期稳定的修复效果。随着口腔材料学及口腔种植学的发展,新型高分子材料如聚醚醚酮等已应用

于临床。未来的修复材料将向着更好的生物相容性、更高的机械强度和稳定性发展,也必将出现更多个性化定制修复体材料设计方案以满足不同患者的需求。

志谢 研究得到浙江省医药卫生科技计划(2023KYA092)支持

Acknowledgements This work was supported by the Medical and Health Science and Technology Plan of Zhejiang Province (2023KYA092)

医学伦理 研究不涉及人体或动物实验

Ethical approval This article does not contain any studies with human participants or animals performed by any of the authors

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

Conflict of Interests The authors declare that there is no conflict of interests

©The author(s) 2024. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

参考文献(References)

- [1] SRINIVASAN M, KAMNOEDBOON P, ANGST L, et al. Oral function in completely edentulous patients rehabilitated with implant-supported dental prostheses: a systematic review and meta-analysis[J]. **Clin Oral Implants Res**, 2023, 34(Suppl 26): 196-239.
- [2] FERRIGNO N, LAURETI M, FANALI S, et al. A long-term follow-up study of non-submerged ITI implants in the treatment of totally edentulous jaws. Part I: ten-year life table analysis of a prospective multicenter study with 1286 implants[J]. **Clin Oral Implants Res**, 2002, 13(3): 260-273.
- [3] MALÓP, DE ARAÚJO NOBRE M, LOPES A, et al. All-on-4® treatment concept for the rehabilitation of the completely edentulous mandible: a 7 clinical-year and 5-year radiographic retrospective case series with risk assessment for implant failure and marginal bone level[J/OL]. **Clin Implant Dent Relat Res**, 2015, 17 (Suppl 2): e531-e541.
- [4] PAPASPYRIDAKOS P, MOKTI M, CHEN C J, et al. Implant and prosthodontic survival rates with implant fixed complete dental prostheses in the edentulous mandible after at least 5 years: a systematic review[J]. **Clin Implant Dent Relat Res**, 2014, 16(5): 705-717.
- [5] 吴轶群. 无牙颌种植与修复材料的发展历程与挑战[J]. **口腔材料器械杂志**, 2020, 29(2): 1-10.
WU Yiqun, The progress and challenge of implant and prosthetic materials in the edentulous jaw rehabilitation[J]. **Chinese Journal of Dental Materials and Devices**, 2020, 29(2): 1-10. (in Chinese)
- [6] NAAS H M, DASHTI M H, HASHEMIAN R, et al. A technique to ensure the reproducibility of a cast post and core[J]. **J Prosthet Dent**, 2014, 112(6): 1585-1587.
- [7] 肖燕萍, 吴紫君, 谢胜芬, 等. 合成树脂牙硬度的探索研究[J]. **中国医疗器械信息**, 2022, 28(11): 15-17.
XIAO Yanping, WU Zijun, XIE Shengfen, et al. Study on hardness of synthetic resin teeth[J]. **China Medical Device Information**, 2022, 28(11): 15-17. (in Chinese)
- [8] BIDRA A S, TISCHLER M, PATCH C. Survival of 2039 complete arch fixed implant-supported zirconia prostheses: a retrospective study[J]. **J Prosthet Dent**, 2018, 119(2): 220-224.
- [9] CHOCHLIDAKIS K, EINARSDOTTIR E, TSIGARIDA A, et al. Survival rates and prosthetic complications of implant fixed complete dental prostheses: an up to 5-year retrospective study[J]. **J Prosthet Dent**, 2020, 124(5): 539-546.
- [10] BORGIA E, BARON R, BORGIA J L. Quality and survival of direct light-activated composite resin restorations in posterior teeth: a 5- to 20-year retrospective longitudinal study[J/OL]. **J Prosthodont**, 2019, 28(1): e195-e203.
- [11] 葛严军, 徐 勇, 潘韶霞. 全口种植固定修复材料的发展及临床应用[J]. **中国实用口腔科杂志**, 2022, 15(1): 14-21.
GE Yanjun, XU Yong, PAN Shaoxia. Development and clinical application of restorative materials for full arch fixed implant-supported prosthesis[J]. **Chinese Journal of Practical Stomatology**, 2022, 15(1): 14-21. (in Chinese)
- [12] TIPTON P A. Maximizing aesthetics, fit, and maintenance of the full-arch implant-supported porcelain-fused-to-metal restoration[J]. **Pract Proced Aesthet Dent**, 2002, 14(5): 395-400, 402.
- [13] PRIEST G, SMITH J, WILSON M G. Implant survival and prosthetic complications of mandibular metal-acrylic resin implant complete fixed dental prostheses [J]. **J Prosthet Dent**, 2014, 111(6): 466-475.
- [14] LI J, CHEN C, LIAO J, et al. Bond strengths of porcelain to cobalt-chromium alloys made by casting, milling, and selective laser melting[J]. **J Prosthet Dent**, 2017, 118(1): 69-75.
- [15] TURON-VINAS M, ANGLADA M. Strength and fracture toughness of zirconia dental ceramics[J]. **Dent Mater**, 2018, 34(3): 365-375.
- [16] BALDASSARRI M, ZHANG Y, THOMPSON V P, et al. Reliability and failure modes of implant-supported zirconium-oxide fixed dental prostheses related to veneering techniques[J]. **J Dent**, 2011, 39(7): 489-498.
- [17] KONTONASAKI E, RIGOS A E, ILIA C, et al. Monolithic zirconia: an update to current knowledge. optical properties, wear, and clinical performance[J]. **Dent J**

- (Basel), 2019, 7(3): 90.
- [18] WEI C, GONG T, POW E, et al. Adhesive and oxidative response of stem cell and pre-osteoblasts on titanium and zirconia surfaces *in vitro*[J/OL]. **J Investig Clin Dent**, 2019, 10(3): e12407.
 - [19] SPIES B C, STAMPF S, KOHAL R J. Evaluation of zirconia-based all-ceramic single crowns and fixed dental prosthesis on zirconia implants: 5-year results of a prospective cohort study[J]. **Clin Implant Dent Relat Res**, 2015, 17(5): 1014-1028.
 - [20] PAYER M, HESCHL A, KOLLER M, et al. All-ceramic restoration of zirconia two-piece implants—a randomized controlled clinical trial[J]. **Clin Oral Implants Res**, 2015, 26(4): 371-376.
 - [21] LARSSON C, WENNERBERG A. The clinical success of zirconia-based crowns: a systematic review[J]. **Int J Prosthodont**, 2014, 27(1): 33-43.
 - [22] BIDRA A S, RUNGRUANGANUNT P, GAUTHIER M. Clinical outcomes of full arch fixed implant-supported zirconia prostheses: a systematic review[J]. **Eur J Oral Implantol**, 2017, 10(Suppl 1): 35-45.
 - [23] BAGEGNI A, ABOU-AYASH S, RÜCKER G, et al. The influence of prosthetic material on implant and prosthetic survival of implant-supported fixed complete dentures: a systematic review and meta-analysis[J]. **J Prosthodont Res**, 2019, 63(3): 251-265.
 - [24] POZZI A, HOLST S, FABBRI G, et al. Clinical reliability of CAD/CAM cross-arch zirconia bridges on immediately loaded implants placed with computer-assisted/template-guided surgery: a retrospective study with a follow-up between 3 and 5 years[J/OL]. **Clin Implant Dent Relat Res**, 2015, 17(Suppl 1): e86-e96.
 - [25] BÖMICKE W, RAMMELSBERG P, STÖBER T, et al. Short-term prospective clinical evaluation of monolithic and partially veneered zirconia single crowns[J]. **J Esthet Restor Dent**, 2017, 29(1): 22-30.
 - [26] YU W, LI X, MA X, et al. Biomechanical analysis of inclined and cantilever design with different implant framework materials in mandibular complete-arch implant restorations[J]. **J Prosthet Dent**, 2022, 127(5): 783.e1-783.e10.
 - [27] CARAMES J, TOVAR SUINAGA L, YU Y C, et al. Clinical advantages and limitations of monolithic zirconia restorations full arch implant supported reconstruction: case series[J]. **Int J Dent**, 2015, 2015: 392496.
 - [28] CONSERVA E, MENINI M, TEALDO T, et al. The use of a masticatory robot to analyze the shock absorption capacity of different restorative materials for prosthetic implants: a preliminary report[J]. **Int J Prosthodont**, 2009, 22(1): 53-55.
 - [29] 汤春波. 无牙颌患者种植治疗修复空间与修复方式的选择策略[J]. **国际口腔医学杂志**, 2024, 51(1): 1-9.
TANG Chunbo. Restorative space in edentulous patients and the clinical decision of implant restoration[J]. **International Journal of Stomatology**, 2024, 51(1): 1-9. (in Chinese)
 - [30] SCHWARZ F, SCHÄR A, NELSON K, et al. Recommendations for implant-supported full-arch rehabilitations in edentulous patients: the oral reconstruction foundation consensus report[J]. **Int J Prosthodont**, 2021, 34: s8-s20.
 - [31] ATTARD N J, ZARB G A. Long-term treatment outcomes in edentulous patients with implant overdentures: the Toronto study[J]. **Int J Prosthodont**, 2004, 17(4): 425-433.
 - [32] ALBADER B, ALHELAL A, PROUSSAEFS P, et al. Digitally milled metal framework for fixed complete denture with metal occlusal surfaces: a design concept [J/OL]. **Int J Periodontics Restorative Dent**, 2017, 37(3): e180-e188.
 - [33] 顾新华, 汪文妮. 无牙颌种植固定修复的并发症及风险防控[J]. **中国实用口腔科杂志**, 2022, 15(1): 22-27.
GU Xinhua, WANG Wenni. Complications and the risk control of implant-supported fixed restoration in edentulous patients[J]. **Chinese Journal of Practical Stomatology**, 2022, 15(1): 22-27. (in Chinese)
 - [34] MALÓ P, DE ARAÚJO NOBRE M, LOPES A, et al. Double full-arch versus single full-arch, four implant-supported rehabilitations: a retrospective, 5-year cohort study[J]. **J Prosthodont**, 2015, 24(4): 263-270.
 - [35] CARDELLI P, MANOBIANCO F P, SERAFINI N, et al. Full-Arch, implant-supported monolithic zirconia rehabilitations: pilot clinical evaluation of wear against natural or composite teeth[J]. **J Prosthodont**, 2016, 25(8): 629-633.
 - [36] D'ARCANGELO C, VANINI L, RONDONI G D, et al. Wear evaluation of prosthetic materials opposing themselves[J]. **Oper Dent**, 2018, 43(1): 38-50.
 - [37] PAPASPYRIDAKOS P, BORDIN T B, KIM Y J, et al. Technical complications and prosthesis survival rates with implant-supported fixed complete dental prostheses: a retrospective study with 1- to 12-year follow-Up[J]. **J Prosthodont**, 2020, 29(1): 3-11.
 - [38] WITTNEBEN J G, BUSER D, SALVI G E, et al. Complication and failure rates with implant-supported fixed dental prostheses and single crowns: a 10-year retrospective study[J]. **Clin Implant Dent Relat Res**, 2014, 16(3): 356-364.
 - [39] TALLARICO M, CANULLO L, PISANO M, et al. An up to 7-year retrospective analysis of biologic and technical complication with the all-on-4 concept[J]. **J Oral Implantol**, 2016, 42(3): 265-271.
 - [40] ABOUSHAHBA M, KATAMISH H, ELAGROUDY M. Evaluation of hardness and wear of surface treated zirconia on enamel wear. An *in-vitro* study[J]. **Fut Dent J**, 2018, 4(1): 76-83.
 - [41] BADARNEH A, CHOI J J E, LYONS K, et al. Wear

behaviour of monolithic zirconia against human enamel—a literature review. *Biotribology*, 2022, 32: 100224.

[42] PAPASPYRIDAKOS P, CHEN C J, CHUANG S K, et al. A systematic review of biologic and technical complications with fixed implant rehabilitations for edentulous patients[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2012, 27(1): 102-110.

[43] APARICIO C, MANRESA C, FRANCISCO K, et al. The long-term use of zygomatic implants: a 10-year clinical and radiographic report[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2014, 16(3): 447-459.

[44] 黄大海, 丁仲鹏. T-Scan III 数字化咬合分析系统临床应用进展[J]. *中国实用口腔科杂志*, 2011, 4(3): 181-183.

HUANG Dahai, DING Zhongjuan. T-Scan III digital occlusal analysis system in clinical application[J]. *Chinese Journal of Practical Stomatology*, 2011, 4(3): 181-183. (in Chinese)

[45] 史俊宇, 张晓梦, 顾迎新, 等. 种植体支持的单端悬臂修复体的临床疗效: 系统回顾和 meta 分析[J]. *中国口腔颌面外科杂志*, 2017, 15(5): 457-462.

SHI Junyu, ZHANG Xiaomeng, GU Yingxin, et al. Marginal bone loss of implant-supported prostheses with and without cantilever—a systematic review and meta analysis[J]. *China Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 2017, 15(5): 457-462. (in Chinese)

[46] DRAGO C. Cantilever lengths and anterior-posterior spreads of interim, acrylic resin, full-arch screw-retained prostheses and their relationship to prosthetic complications[J]. *J Prosthodont*, 2017, 26(6): 502-507.

[47] 罗 强, 丁 茜, 张 磊, 等. 后牙种植冠桥修复后局部咬合变化的定量分析[J]. *北京大学学报(医学版)*, 2019, 51(6): 1119-1123.

LUO Qiang, DING Qian, ZHANG Lei, et al. Quantitative analysis of occlusal changes in posterior partial fixed implant supported prostheses[J]. *Journal of Peking University (Health Sciences)*, 2019, 51(6): 1119-1123. (in Chinese)

[48] WEINBERG L A. Reduction of implant loading with therapeutic biomechanics[J]. *Implant dent*, 1998, 7(4): 277-285.

[本文编辑 沈 敏 沈 洁]

· 学术动态 ·

沈承勇研究员团队发现运动神经元突触局部的蛋白质翻译特征及调控肌肉运动的机制

2024年8月22日,浙江大学转化医学研究院/医学院附属第一医院沈承勇课题组在《细胞·报告》(*Cell Reports*)发表了题为“Local protein synthesis at neuromuscular synapses is required for motor functions”的研究论文(DOI: 10.1016/j.celrep.2024.114661)。该研究建立了在体神经肌肉接头(NMJ)局部翻译的研究模型,揭示了多时间点突触局部的翻译组特征,发现NMJ早期关键发育因子Agrin的信使RNA(*Agrn* mRNA)在突触局部存在,并可以局部翻译调控运动功能。

人运动神经元通过远距离投射(可超过1米),与肌纤维形成NMJ,并控制骨骼肌收缩和运动行为。胞体合成蛋白质并长距离运输至突触的方式很难满足突触局部的即时需求。因此,神经元轴突末端需要预先存储mRNA,在突触局部翻译生成蛋白质。目前,对NMJ突触局部的蛋白质翻译特征及其体内作用和机制尚不清楚。研究人员首先获取了运动神经元的核糖体标签小鼠,利用脊髓运动神经元胞体和NMJ空间隔离的特点,通过翻译中核糖体亲和纯化(TRAP)的方式获取了小鼠NMJ不同时间点的翻译组数据,并发现与葡萄糖分解代谢、突触连接和蛋白质稳态相关的蛋白质在NMJ部位大量局部翻译。研究人员进一步发现,*Agrn* mRNA在成年小鼠运动神经元轴突末端大量存在并能够局部翻译,而且通过遗传学小鼠证明了局部合成的Agrin蛋白对运动功能的重要性。该研究首次建立了在体NMJ-翻译中核糖体亲和纯化局部翻译研究模型,揭示了突触发育各阶段的局部翻译特征。该研究还证明了成年期Agrin在突触局部的翻译对于NMJ功能的重要作用,为理解突触维持的生理机制和神经肌肉疾病的发病机制提供了思路。

杜温佑博士和许文涛博士研究生为论文第一作者。研究得到国家自然科学基金、国家重点研发计划等支持。