

冲牙器在正畸患者口腔卫生维护中的研究进展

温馨雨 周末 丁若邻 任瑞阳 赵志河

口腔疾病防治全国重点实验室 国家口腔医学中心 国家口腔疾病临床医学研究中心
四川大学华西口腔医院正畸科 成都 610041

[摘要] 正畸治疗作为矫治错殆畸形的有效方式，可有效提升患者咀嚼和美观功能；但矫治器的各部分装置妨碍了口腔卫生清洁，增大了患者罹患龋病、龈炎和牙周病的风险。冲牙器作为新型的口腔清洁工具，已成为正畸患者口腔清洁的辅助方式之一。本文综述了冲牙器的工作原理及应用情况、正畸患者的口腔卫生特点以及冲牙器在正畸患者口腔卫生清洁中的应用效果，总结发现：冲牙器利用脉冲水流冲击以清洁口腔，可以抑制菌斑的形成和附着，作为辅助清洁方式是有效的，推荐用于邻间刷和牙线不易达到的部位。

[关键词] 冲牙器；正畸；口腔卫生

[中图分类号] R783.5 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/gjkq.2025091



开放科学（资源服务）
标识码（OSID）

Progress in the study of oral hygiene maintenance for orthodontic patients with oral irrigators

Wen Xinyu, Zhou Mo, Ding Ruolin, Ren Ruiyang, Zhao Zhihe

State Key Laboratory of Oral Diseases & National Center for Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Dept. of Orthodontics, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Supported by: Horizontal Project of Sichuan University (24H0081)

Correspondence: Zhao Zhihe, Email: zhzhao@scu.edu.cn

[Abstract] Orthodontic treatment is an effective intervention for the correction of malocclusion, contributing to improved masticatory function and facial aesthetics. However, the presence of orthodontic appliances can impede oral hygiene practices and elevate the risk of dental caries, gingivitis, and periodontal disease. Oral irrigators, a novel adjunctive oral hygiene tool, have gained popularity among orthodontic patients. This review summarizes the working principles and clinical application of oral irrigators, examines the unique oral hygiene challenges faced by orthodontic patients, and evaluates the efficacy of oral irrigators in this population. Additionally, future directions for their use are discussed. Evidence suggests that oral irrigators, which employ pulsating water streams to disrupt plaque biofilms, are effective in reducing plaque accumulation and are particularly beneficial in areas that are difficult to access with traditional interdental brushes and dental floss.

[Key words] oral irrigator; orthodontics; oral hygiene

正畸作为矫治错殆畸形的有效方式，可以使患者获得稳定和谐的咬合关系，促进患者口颌系

统结构和功能的平衡，获得美观的面部轮廓^[1]。由于各种正畸矫治器，如托槽和支抗，在患者口内留存时间较长，且饮食后难以彻底清洁，导致口腔内易出现细菌的黏附、定植和菌斑生物膜形成。长此以往，大量菌斑堆积，可引起口腔感染性疾病的发生，如龋病、牙周炎、牙龈炎等。相关研究^[2]显示，正畸后牙釉质病损发病率已增加到84%，在正畸结束后的5年或更长时间内仍可以发

[收稿日期] 2024-08-21；**[修回日期]** 2025-02-03

[基金项目] 四川大学横向项目（24H0081）

[作者简介] 温馨雨，硕士，Email: 1505501553@qq.com

[通信作者] 赵志河，教授，博士，Email: zhzhao@scu.edu.cn

生病变。因此,有效维持口腔清洁,抑制生物膜形成,对于预防正畸并发疾病有重要意义。机械清洁,如正畸牙刷或牙线,可以清除部分病原体,但矫治器的空间阻隔影响了清洁效果,尤其在牙线难以达到的隐蔽部位。多种漱口水都具有抗菌、防龋的作用,临床也多推荐使用。例如有研究^[3]发现:洋甘菊提取物实验性漱口水和氯己定漱口水的防龋能力相当。但漱口水中所含的化学物质可能引起黏膜刺激和牙齿染色等不良后果^[4]。因此,针对正畸患者的有效清洁方式亟待研究与推广。

冲牙器作为一类口腔保健产品,问世于1962年。经多代发展,现多由储水箱和不同尺寸的冲洗喷头组成,利用脉冲水流冲洗口腔,可以有效清洁口腔内的食物残渣、软垢等^[5]。由于操作简便,冲牙器被更多患者所接受。近年来,越来越多的国内外研究讨论了冲牙器在正畸患者中的应用效果。基于此,本文从冲牙器的工作原理及应用情况、正畸患者的口腔卫生特点、冲牙器在正畸患者中的应用角度,综述冲牙器在正畸患者的应用效果及前景,为临床实践提供指导。

1 冲牙器的工作原理与应用情况

1.1 冲牙器的工作原理

冲牙器由储水箱和不同尺寸的冲洗喷头组成,其基本原理为利用脉冲水流冲击的方式来清洁牙齿和牙缝。通过泵体对水加压,可产生每分钟800~1 600次的超细高压脉冲水柱,高强度、小范围精确清洁牙面及牙齿隐蔽处的软垢^[5]。基于此,使用冲牙器可以抑制菌斑的形成和附着。首先,冲牙器可以冲散附着的菌斑,改变其致病菌构成比,干扰牙周袋内菌斑形成,降低菌斑含量^[6-8]。Kato等^[9]使用电子探针微量分析仪,定量评价了冲牙器的菌斑生物膜去除能力:在冲洗压强为707 kPa时,相比对照组,可使菌斑生物膜厚度降低85.5%,在350 kPa时降低85.1%,在102 kPa时降低63.4%。还有研究^[10]进一步证实了冲牙器使用12周后,口腔致病菌丰度降低,需氧菌含量上升,厌氧菌含量下降,尤其是普雷沃菌,与对照组相比降低程度最明显。一项系统综述^[7]纳入并严格筛选了2002年1月1日至2022年10月31日间的7篇冲牙器去除菌斑效果的临床研究,认为在减少牙菌斑方面,冲牙器比牙线更有效。研究^[7]还发现,与牙线相比,冲牙器能有效清除牙面上难以接近的牙

周区域的牙菌斑。此外,还有学者^[11]采集患者连续使用冲牙器14 d后的龈沟液,发现促炎因子白细胞介素(interleukin, IL)-1 β 和与疼痛相关的前列腺素E₂(prostaglandin E, PGE₂)减少,抗炎因子IL-10的含量增加。然而,也有研究^[12-13]提出:冲牙器常规使用6周后,无论是否使用水冲洗,也无论任何特殊的清洁程序,都会被口腔细菌——特别是变异链球菌永久定植,细菌还可以通过水射流传播,易造成交叉感染,提示冲牙器的结构设计还有提升空间。

1.2 冲牙器的应用情况

每天规律使用牙刷是预防和控制牙体和牙周疾病的关键策略,有利于控制龈上菌斑,尤其是牙齿的颊舌面^[14];然而牙刷很难达到牙齿的邻面区域,不能充分清洁牙齿近远中邻面。因此,将牙齿邻间清洁方式和刷牙联合起来是十分必要的,例如牙线和邻间刷^[15]。这些方式对于龈下菌斑的控制非常有限,且每天使用牙线的依从性并不高^[16-17]。此外,牙线或邻间刷需要操作者具有较好的手部灵活性,且口内无阻碍菌斑控制的部件,例如正畸矫治器。这种情况下,冲牙器作为一种便于操作且能有效清洁牙齿邻面和龈下菌斑的装置,逐渐被人们所接受^[18-19]。

冲牙器的优势主要在于以下4点。1) 操作便捷性。冲牙器使用方法简单,操作性强。相比于耗时长,使用有一定难度和技术要求的牙线和邻间刷,冲牙器的使用仅要求使冲洗喷头与牙面呈90°,且市面上的大多产品已在喷头设计了垂直弯曲,以方便患者握持。对于手不够灵巧的患者,医生可以推荐其使用冲牙器,以更好地控制菌斑^[20]。冲牙器的操作便捷性也有利于使用者坚持定期使用。2) 功能多样性。除了能使用纯净水进行冲洗,还可以在冲牙器中装载具有特殊功能的冲洗剂,更有利于清除菌斑^[21]。在单通道冲牙器的基础上,多通道冲牙器还能避免对放置位置的依赖,清洁效率更高,使用方式更便捷^[22]。此外,冲牙器还设有不同模式和喷头,可广泛用于不同场景,适用于不同人群。大多数冲牙器仅仅用水进行清洁,而水气混合的微脉冲技术进一步丰富了冲牙器的功能^[23]。3) 高效性。研究^[24]表明,相比于牙线,冲牙器在牙龈炎症和菌斑控制方面可能更为有效。另外,冲牙器除了清洁牙齿颊舌侧和邻面,还能控制龈下菌斑。已有研究^[25]对比了冲牙器联合刷牙对龈下菌斑生物膜的控制效果,

结果显示使用冲牙器可以有效减少龈下菌斑的数量。在手部灵活性欠佳、正畸或修复患者中,冲牙器的使用便捷性也使其更高效。4) 舒适安全性。冲牙器不仅能有效清洁牙面,清除菌斑,还具有较高的舒适性和安全性,不会给口腔软组织带来额外的损伤^[26];而传统的牙线或邻间刷,装置的硬件与软组织接触的过程中,造成的机械损伤是难以避免的。临床患者使用冲牙器的体验感较好。一项涉及115名年龄介于14~63岁的受试者的研究^[27]结果显示:74%的受试者1年后仍在坚持使用冲牙器。另一项涉及106例11~17岁固定矫治器受试者的研究^[28]结果显示:92%使用冲牙器的受试者表示会继续每天或经常使用,94.4%的受试者表示冲牙器非常容易使用或较容易使用。此外,关于冲牙器使用的体验感与舒适度,在一项由48名牙周病患者参与的研究^[29]结果显示:大多数患者认为使用冲牙器是一种愉快的体验,使用冲牙器后感觉口腔变得更干净。

2 正畸患者的口腔卫生特点

2.1 口腔微生态环境变化

正畸矫治器在口内存在客观的空间阻隔,导致口腔清洁困难,易造成菌斑的滞留和积累,引起菌群的暂时性、可逆性失调。对于固定矫治器,有研究^[1]显示:接受正畸治疗患者的致龋和牙周病原微生物数量增加。Koopman等^[30]发现:牙周病原体(如月形单胞菌和卟啉单胞菌)在正畸治疗过程中数量最高,而与健康相关的链球菌——嗜血杆菌等在正畸治疗结束后数量上升。Guo等^[31]利用扩增子测序研究了龈下菌斑,发现中间普雷沃菌、直肌弯曲杆菌、核梭杆菌和齿密螺旋体有所增加,但差异无统计学意义,这也解释了正畸过程中存在短暂性牙龈炎症。此外,在分析了相对丰度后,还观察到厌氧菌和兼性厌氧菌的增加。相比之下,透明矫治器也会显著改变菌群结构,但目前研究^[32]显示这种改变并不具有致病性。该研究^[32]提示戴用透明矫治器之后变异链球菌和乳酸菌的数量增加,革兰阴性菌数量增加。这些菌落的变化在正畸矫治器摘除后6个月内略有向正常状态恢复的倾向。

2.2 牙周组织炎症

菌斑生物膜的积累首先会导致牙龈炎的发展,包括探诊出血增加、龈沟液量增加、龈沟液炎症

因子增加、牙龈指数(gingiva index, GI)和出血指数(bleeding index, BI)增加^[33]。这些变化在治疗的前3~6个月最为明显^[34]。此外,牙龈组织还会出现炎症性过度生长。经组织学检查证实,这一异常增生不仅与菌斑积累有关,与正畸矫治器佩戴本身也有一定关系;但口腔卫生良好患者的牙龈增生性变化在摘除正畸矫治器后可以消失^[34-35]。若牙龈炎的发展没有得到控制,加之正畸力的影响,患者口内会出现牙周袋探诊深度增加、临床附着丧失等牙周炎症状。一项系统分析^[36]研究了牙周健康患者的牙周临床附着变化,结果显示平均临床附着丧失为0.11 mm(纳入9项研究,335例患者,平均临床附着丧失从0.12 mm增加到0.34 mm)。即使是在正畸完成后2年,各牙周参数也不能完全恢复正常,提示不可逆的牙周病变已经发生^[37]。

2.3 牙釉质脱矿及龋病

由于正畸患者牙齿清洁困难,造成的菌斑生物膜的黏附、定植与累积容易引发牙釉质脱矿及龋病。牙釉质脱矿形成的不透明的白色外观是由于表面下矿物质流失、孔隙率的增加和因此导致的牙釉质光学性质的相应变化^[38-39]。牙釉质脱矿若进一步发展,可以逐渐演变为早期龋乃至龋病。出现脱矿最常见的部位是上颌颊面托槽周围和近牙龈处的牙面,这也是最难清洁、菌斑最易积累处。Chapman等^[40]探讨了固定矫治患者上颌牙的脱矿发生率,发现侧切牙最高(34%),其次是尖牙(31%)和前磨牙(28%),中切牙的发生率较低(17%)。有研究^[41]结果显示:正畸治疗期间牙釉质脱矿的发病率为45.8%,患病率为68.4%。另一项系统综述^[39]显示:在1 448例患者中,正畸治疗期间早期龋的患病率为0.57%;533例正畸治疗患者中,新龋发生率为0.48%。

3 冲牙器在正畸人群的应用

在正畸治疗过程中,由于托槽、带环、弓丝、附件等装置妨碍了对牙面及牙龈的正常清洁,口腔卫生维护难度增加;而冲牙器具有便利、高效等特点,是正畸患者可采用的清洁工具之一。为了进一步分析冲牙器对于正畸患者口腔清洁的有效性,近年来有多项研究^[42-49]将冲牙器用于正在进行正畸治疗的患者,并开展了随机对照试验(randomized controlled trial, RCT),具体研究内容见表1。

表 1 冲牙器在正畸人群中应用的研究

Tab 1 Research on the application of oral irrigators in orthodontic patients

年份	研究类型	纳入人群年龄	正畸类型	人数	清洁方式	试验周期	评价指标	有效性	参考文献
2016	RCT	22~28岁	固定	50	①冲牙器+正畸牙刷; ②仅刷牙	84 d	PI、GI、BI	冲牙器+正畸牙刷更有效	[42]
2023	RCT	10~20岁	固定	40	①冲牙器+刷牙; ②仅刷牙	56周	PI、GI、BI	差异无统计学意义 ($P>0.05$)	[43]
2023	RCT	11~15岁	固定	45	①冲牙器+刷牙; ②正畸牙刷; ③普通牙刷	单次使用	PI	差异无统计学意义 ($P>0.05$)	[44]
2019	RCT	>12岁	固定	50	①电动牙刷+冲牙器+漱口水; ②仅刷牙	28 d	菌斑百分比、GI、BS	电动牙刷+冲牙器+漱口水更有效	[45]
2022	RCT 同口对照	18~35岁	固定	34	①冲牙器+刷牙; ②牙线+刷牙	单次使用	RMNPI	均有效, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)	[46]
2024	RCT	成人	固定	30	①冲牙器+刷牙; ②牙线+刷牙	14 d	BI、PI、GI	均有效, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)	[47]
2023	RCT 交叉试验	成人	固定	17	①冲牙器+刷牙; ②牙线+刷牙	28 d	RMNPI、GBI	牙线更有效, 冲牙器仅推荐用于牙线不容易到达的区域	[48]
2022	干预性研究	13~30岁	固定; 隐形	50	①固定: 正畸牙刷+邻间刷+单束刷; ②隐形: 软毛牙刷+牙线; ③84 d后出现致病菌群的个体: 电动牙刷+冲牙器	84 d (正畸) + 84 d (冲牙器 干预)	相差显微镜微生物分析	冲牙器结合电动牙刷可恢复有致病菌群受试者的口腔卫生	[49]

注: PI为菌斑指数 (plaque index); BS为出血分数 (bleeding score); RMNPI为Rustogi改良Navy菌斑指数 (Rustogi modified Navy plaque index); GBI为牙龈出血指数 (gingival bleeding index, GBI)。

3.1 冲牙器的辅助清洁效果

在一定程度上, 冲牙器可以辅助提高口腔清洁效果。在常规刷牙的基础上, 使用冲牙器可有效降低正畸患者的口腔菌斑指数 (plaque index, PI)、GI及BI^[42]。冲牙器可作为电动牙刷的辅助手段, 促进正畸患者的菌斑控制和牙龈健康。这种效应可能与患者年龄和试验周期有关。Tyler等^[43]的研究显示: 使用冲牙器与否并不会造成菌斑和牙龈状态的明显差异。该研究中患者年龄较小, 且试验周期较长, 可能存在依从性不佳等情况, 影响冲牙器的效果。霍桑效应也可能是提高短期内依从性的重要因素之一: 试验周期短的研究中, 参与者普遍对冲牙器抱有新鲜感, 而更愿意使用冲牙器; 参与者短期内意识到自己正在被观察, 行为也会受到影响; 因此比较不同试验周期的效果是非常有必要的。此外, 研究中的冲牙器品牌Waterpik[®]也可能是影响因素之一。此外, 单次使用冲牙器并未发现有更明显的清洁作用, 这提示

口腔卫生维护可能需要一定时间的持续使用才能观察到效果, 尤其是作为在常规刷牙之外的辅助手段^[44,46]。需要注意的是, 冲牙器并不能替代常规刷牙, 仅推荐作为辅助清洁工具^[44]。更全面的口腔清洁方案, 例如电动牙刷、冲牙器和漱口水相结合, 更有利于正畸患者菌斑和龈炎的控制^[45]。结合以上研究可知, 冲牙器可作为正畸患者口腔清洁的辅助工具, 但合理使用冲牙器和配合有效刷牙是重要的前提。

3.2 冲牙器与邻间刷、牙线清洁效果的比较

邻间刷和牙线是目前公认的清洁牙齿邻面的推荐工具^[50]。冲牙器作为邻面清洁的有效工具, 其清洁效果可能不会较邻间刷和牙线更好。单次使用牙线或冲牙器后, 虽然PI均有下降, 但两种方式之间并无明显差异, 这提示了牙线和冲牙器在即刻辅助清洁效果上具有相似性^[46]; 而14 d或28 d规律使用冲牙器的清洁效率并未优于牙线^[47-48]。在使用冲牙器或牙线辅助刷牙14 d后, 尽

管冲牙器组在菌斑清除和炎症控制方面表现较好,但与牙线相比差异并不明显^[47]。另外一项28 d的随访研究^[48]发现:牙线在容易到达的区域清洁能力更强,例如牙齿颊面。尽管如此,冲牙器对一些特定的区域——例如后牙区、磨牙远中邻面,清洁效果更佳,表现出一定的优势^[46,48]。需要注意的是,这些比较性研究的周期较短,一方面短期内的研究难以避免霍桑效应的影响,另一方面正畸患者需要长期佩戴矫治器,现有短期研究无法全面反映长期佩戴矫治器的口腔健康状况,因此更长周期的研究是十分必要的。总体来看,冲牙器与牙线在辅助清洁效果上差异不大,但对于正畸患者,冲牙器在牙线难以充分清洁的区域仍具有推荐价值。

3.3 冲牙器针对不同矫治方式的清洁效果

由于固定矫治装置是阻碍口腔清洁的主要因素,所以目前的大部分研究是针对采用固定矫治器正畸的患者。冲牙器可作为固定矫治患者口腔卫生清洁的有效辅助方式,有利于降低其PI、GI、BI等,从而控制龋病和牙周病的发生^[51]。相比于隐形矫治,固定矫治的确会增加患者出现口腔有害微生物群的风险,且PI、GI和探诊深度均更高,但隐形矫治在这方面的风险并非没有^[49,52],因此未来的研究可适当面向隐形矫治的患者。

综上所述,冲牙器对于固定正畸患者的口腔卫生清洁有良好的辅助作用,会有效控制菌斑和牙龈炎症^[53]。在正确刷牙的基础上,可以推荐冲牙器作为口腔清洁的辅助工具,尤其是邻间刷、牙线不易清洁的区域,如磨牙远中邻面。此外,未来对冲牙器在隐形矫治患者中的应用研究可完善对该领域的认识。

3.4 冲牙器在其他口腔治疗领域与正畸应用对比

冲牙器在不同口腔疾患人群中的应用非常广泛,与其在正畸患者中的应用与效果有不同之处。在牙周方面,冲牙器对牙龈炎和牙周炎的应用研究较正畸更为广泛和深入。一项系统综述^[18]纳入了1962—2023年间48项冲牙器辅助治疗牙周疾病效果的研究,结果发现:相比于牙线、邻间刷等清洁工具,冲牙器在菌斑控制和牙龈炎症控制方面有更好的效果。多项研究^[10-11,24,54-55]显示:冲牙器可以改善牙龈状况,降低GI、BI、PI、牙周指数、探诊出血位点等,以控制和改善牙龈炎症。冲牙器还会改变口腔微生物组成的变化。虽然生物多样性在自然诱导的牙龈炎消退的4周内不会发生实

质性变化,但共生早期定植菌(如链球菌、微孔菌和梭杆菌)的相对增加,伴随着厌氧微生物群的减少,口腔微生物群向有氧的表型转变,从而改善口腔异味^[19,26]。相比之下,冲牙器在正畸患者中的应用目前尚无系统的作用机制的研究,提示其应用原理可能成为未来的研究重点。在种植修复方面,一项针对种植修复患者的随机临床试验^[56]显示:种植体周围牙周组织PI、GI、探诊深度和探诊出血指数都有改善,提高患者治疗后的满意度和舒适度。从原理上来说,冲牙器首先可以去除钛金属表面^[57]、修复体全冠及周围的菌斑^[58],防止菌斑堆积引起种植体周围炎^[59-61]。此外,还有研究^[62]发现:冲牙器可以与0.06%氯己定联合使用,在12周后减少种植体周围黏膜炎的出现和严重程度。在正畸患者中,冲牙器是否可与有功能的冲洗液联用及其应用效果尚缺乏研究。

4 小结与展望

本文对冲牙器在正畸患者口腔卫生清洁中的应用进行了综述,在充分理解冲牙器工作原理和正畸患者口腔卫生特点的基础上,讨论了冲牙器在正畸患者中的应用。冲牙器利用脉冲水流冲击以清洁口腔,可以抑制菌斑的形成和附着。相比于牙线和邻间刷,冲牙器的使用更为便利,有利于改善患者的舒适度和清洁效率。冲牙器在牙龈炎、牙周炎及种植患者的口腔卫生清洁方面已被报道存在优势。正畸患者口内存在矫治器阻挡,不易清洁并造成菌斑聚集,会引起口腔微生物稳态破坏,造成龋病和牙周病。冲牙器因其操作便捷性、功能多样性、高效性和舒适安全性,逐渐成为正畸患者的较佳选择之一。冲牙器可以有效降低正畸患者的PI、GI和BI等,作为刷牙的辅助方式是有效的。与邻间刷和牙线相比,冲牙器并不能完全替代这些工具对于常规区域的清洁,但更有利于隐蔽区域的清洁,因此冲牙器被推荐用于邻间刷和牙线不易达到的部位。

目前有关冲牙器在正畸患者中应用的研究仍然存在一些局限性。首先,冲牙器的辅助清洁效果是否较传统牙线和邻间刷更好,仍需进一步的研究来验证。其次,目前大多数研究仅关注了固定矫治患者,而隐形矫治患者在使用冲牙器时可能面临不同的口腔环境,因此隐形矫治领域的研究也应得到足够关注。再次,现有研究主要集中在

在冲牙器对口腔内软硬组织的作用上, 尚未涉及对正畸矫治器和正畸疗效的影响, 特别是冲牙器水流强度对托槽牢固度的潜在影响。虽然已有研究^[26]报道: 冲牙器不会引起明显疼痛或牙本质过敏等不适症状, 表明其水流冲击力度较低, 但目前尚缺乏直接探讨冲牙器水流强度对托槽粘接强度影响的研究。目前仍需要更多直接的证据来验证这一假设, 以确保冲牙器在临床应用中的安全性和有效性。

虽然冲牙器的有效性已被普遍认可, 但仍然缺乏全面而可靠的科学研究, 未来进一步的深入研究可考虑以下方向。1) 不同品牌与设计的比较: 对比不同品牌、不同设计的冲牙器, 评估它们在清洁效果、用户舒适性、耐用性等方面的差异。这有助于为患者提供更科学的选购建议, 并提升冲牙器的应用效果。2) 针对特定人群的研究: 针对不同人群开展冲牙器的应用研究, 特别是青少年和老年人。青少年的口腔卫生意识较弱, 而进行正畸治疗的比例较高; 老年人则可能面临口腔健康的特殊挑战, 进行修复治疗的比例增加。研究冲牙器在这些人群的效果及接受度非常重要。3) 冲牙器与其他清洁工具的协同作用研究: 探讨冲牙器与其他口腔清洁工具, 如牙线、漱口水等联合使用的效果, 评估这种组合是否能在菌斑控制、炎症减少等方面提供协同作用。例如, 冲牙器与牙线联合使用是否能提供更全面的清洁效果, 特别是在牙齿的邻面和龈下区域。4) 成本和便携性: 研究冲牙器的成本效益和便携性是否会影响患者的使用偏好及最终清洁效果。不同价格和设计的冲牙器在患者日常使用中的表现差异, 可能对消费者的选择产生重要影响。5) 长期使用的影 响: 鉴于短周期研究可能受到霍桑效应的影响, 且正畸患者需要长期佩戴矫治器, 更长试验周期的研究尤为必要。6) 每日使用次数和使用周期的优化: 探索每日使用次数和使用周期对冲牙器清洁效果的影响。研究不同频率和使用周期对冲牙器在不同口腔健康状况下的效果, 以及如何为患者提供个性化的使用指导。通过这些进一步的研究, 期望能够深入了解冲牙器在不同人群和临床场景中的应用效果, 并为其在正畸治疗中的推广提供更有力的科学依据。综上所述, 本研究有利于推动对冲牙器在正畸患者口腔卫生维护效果的研究, 可作为临床上正畸患者使用冲牙器的指导。

利益冲突声明: 作者声明本文无利益冲突。

5 参考文献

- [1] Zhao NR, Guo YN, Cui SJ, et al. Microbiological advances in orthodontics: an overview and detailed analysis of temporary anchorage devices[J]. *Curr Med Sci*, 2022, 42(6): 1157-1163.
- [2] Wang Y, Xu JC, Yu CH, et al. Prevention of bacterial biofilm formation on orthodontic brackets by non-crosslinked chitosan coating[J]. *Int J Biol Macromol*, 2023, 251: 126283.
- [3] Braga AS, Simas LLM, Pires JG, et al. Antibiofilm and anti-caries effects of an experimental mouth rinse containing *Matricaria chamomilla L.* extract under microcosm biofilm on enamel[J]. *J Dent*, 2020, 99: 103415.
- [4] Richards D. Chlorhexidine mouthwash plaque levels and gingival health[J]. *Evid Based Dent*, 2017, 18(2): 37-38.
- [5] Claydon NC. Current concepts in toothbrushing and interdental cleaning[J]. *Periodontol* 2000, 2008, 48: 10-22.
- [6] Flemmig TF, Epp B, Funkenhauser Z, et al. Adjunctive supragingival irrigation with acetylsalicylic acid in periodontal supportive therapy[J]. *J Clin Periodontol*, 1995, 22(6): 427-433.
- [7] Mohapatra S, Rajpurohit L, Mohandas R, et al. Comparing the effectiveness of water flosser and dental floss in plaque reduction among adults: a systematic review[J]. *J Indian Soc Periodontol*, 2023, 27(6): 559-567.
- [8] Matthes R, Jablonowski L, Pitchika V, et al. Efficiency of biofilm removal by combination of water jet and cold plasma: an *in-vitro* study[J]. *BMC Oral Health*, 2022, 22(1): 157.
- [9] Kato K, Tamura K, Nakagaki H. Quantitative evaluation of the oral biofilm-removing capacity of a dental water jet using an electron-probe microanalyzer [J]. *Arch Oral Biol*, 2012, 57(1): 30-35.
- [10] Xu X, Zhou YS, Liu CC, et al. Effects of water flossing on gingival inflammation and supragingival plaque microbiota: a 12-week randomized controlled trial[J]. *Clin Oral Investig*, 2023, 27(8):

- 4567-4577.
- [11] Cutler CW, Stanford TW, Abraham C, et al. Clinical benefits of oral irrigation for periodontitis are related to reduction of pro-inflammatory cytokine levels and plaque[J]. *J Clin Periodontol*, 2000, 27(2): 134-143.
- [12] Bertl K, Geissberger C, Zinndorf D, et al. Bacterial colonisation during regular daily use of a power-driven water flosser and risk for cross-contamination. Can it be prevented[J]. *Clin Oral Investig*, 2022, 26(2): 1903-1913.
- [13] Bertl K, Edlund Johansson P, Bruckmann C, et al. Bacterial colonization of a power-driven water flosser during regular use. A proof-of-principle study[J]. *Clin Exp Dent Res*, 2021, 7(5): 656-663.
- [14] Worthington HV, MacDonald L, Poklepovic Pericic T, et al. Home use of interdental cleaning devices, in addition to toothbrushing, for preventing and controlling periodontal diseases and dental caries[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2019, 4(4): CD012018.
- [15] Sarkisova F, Morse Z, Lee K, et al. Oral irrigation devices: a scoping review[J]. *Clin Exp Dent Res*, 2024, 10(3): e912.
- [16] Schüz B, Wiedemann AU, Mallach N, et al. Effects of a short behavioural intervention for dental flossing: randomized-controlled trial on planning when, where and how[J]. *J Clin Periodontol*, 2009, 36(6): 498-505.
- [17] Al Khamis S, Asimakopoulou K, Newton T, et al. The effect of dental health education on pregnant women's adherence with toothbrushing and flossing—a randomized control trial[J]. *Community Dent Oral Epidemiol*, 2017, 45(5): 469-477.
- [18] Altalhi AM, Alqahtani NS, Alareefi JA, et al. A comparative review of water flossers in periodontal therapy[J]. *Cureus*, 2023, 15(12): e50162.
- [19] Ge Y, Bamashmous S, Mancinelli-Lyle D, et al. Interdental oral hygiene interventions elicit varying compositional microbiome changes in naturally occurring gingivitis: secondary data analysis from a clinical trial[J]. *J Clin Periodontol*, 2024, 51(3): 309-318.
- [20] Abdellatif H, Alnaeimi N, Alruwais H, et al. Comparison between water flosser and regular floss in the efficacy of plaque removal in patients after single use[J]. *Saudi Dent J*, 2021, 33(5): 256-259.
- [21] Lang NP, Räber K. Use of oral irrigators as vehicle for the application of antimicrobial agents in chemical plaque control[J]. *J Clin Periodontol*, 1981, 8(3): 177-188.
- [22] Kim JM, Yoo SY, An JS, et al. Effect of a multichannel oral irrigator on periodontal health and the oral microbiome[J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 12043.
- [23] Gänzer H, Kasslatter M, Wiesmüller V, et al. Cleansing efficacy of an oral irrigator with microburst technology in adolescent orthodontic patients. A randomized-controlled crossover study[J]. *Clin Oral Investig*, 2024, 28(10): 524.
- [24] Mancinelli-Lyle D, Qaqish JG, Goyal CR, et al. Efficacy of water flossing on clinical parameters of inflammation and plaque: a 4-week randomized controlled trial[J]. *Int J Dent Hyg*, 2023, 21(4): 659-668.
- [25] Salles MM, Oliveira VC, Macedo AP, et al. Brushing associated with oral irrigation in maintaining implants and overdentures hygiene—a randomized clinical trial[J]. *Odontology*, 2021, 109(1): 284-294.
- [26] Ren XL, He J, Cheng R, et al. The efficacy and safety of oral irrigator on the control of dental plaque and gingivitis: a randomized, single-blind, parallel-group clinical trial[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2023, 20(4): 3726.
- [27] Lainson PA, Bergquist JJ, Fraleigh CM. A longitudinal study of pulsating water pressure cleansing devices[J]. *J Periodontol*, 1972, 43(7): 444-446.
- [28] Hoover DR, Robinson HBG. The comparative effectiveness of a pulsating oral irrigator as an adjunct in maintaining oral health[J]. *J Periodontol*, 1971, 42(1): 37-39.
- [29] Sharma NC, Lyle DM, Qaqish JG, et al. Effect of a dental water jet with orthodontic tip on plaque and bleeding in adolescent patients with fixed orthodontic appliances[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2008, 133(4): 565-571, 628.e1-e2.
- [30] Koopman JE, van der Kaaij NC, Buijs MJ, et al. The effect of fixed orthodontic appliances and fluoride mouthwash on the oral microbiome of adolescents—a randomized controlled clinical trial[J]. *PLoS One*, 2015, 10(9): e0137318.

- [31] Guo RZ, Liu H, Li XB, et al. Subgingival microbial changes during the first 3 months of fixed appliance treatment in female adult patients[J]. *Curr Microbiol*, 2019, 76(2): 213-221.
- [32] Guo RZ, Zheng YF, Liu H, et al. Profiling of subgingival plaque biofilm microbiota in female adult patients with clear aligners: a three-month prospective study[J]. *PeerJ*, 2018, 6: e4207.
- [33] Liu Y, Shi X, Lin GB, et al. Effects of periodontal initial therapy combined with orthodontic treatment on anterior tooth function and inflammatory factors in gingival crevicular fluid in patients with periodontal disease induced anterior tooth displacement [J]. *Pak J Med Sci*, 2023, 39(6): 1620-1625.
- [34] Jepsen K, Sculean A, Jepsen S. Complications and treatment errors involving periodontal tissues related to orthodontic therapy[J]. *Periodontol* 2000, 2023, 92(1): 135-158.
- [35] Hashem G, Zhang Q, Hayami T, et al. Relaxin and beta-estradiol modulate targeted matrix degradation in specific synovial joint fibrocartilages: progesterone prevents matrix loss[J]. *Arthritis Res Ther*, 2006, 8(4): R98.
- [36] Papageorgiou SN, Xavier GM, Cobourne MT, et al. Effect of orthodontic treatment on the subgingival microbiota: a systematic review and meta-analysis [J]. *Orthod Craniofac Res*, 2018, 21(4): 175-185.
- [37] Ghijselings E, Coucke W, Verdonck A, et al. Long-term changes in microbiology and clinical periodontal variables after completion of fixed orthodontic appliances[J]. *Orthod Craniofac Res*, 2014, 17(1): 49-59.
- [38] Cosma LL, Şuhani RD, Mesaroş A, et al. Current treatment modalities of orthodontically induced white spot lesions and their outcome—a literature review[J]. *Med Pharm Rep*, 2019, 92(1): 25-30.
- [39] Salerno C, Grazia Cagetti M, Cirio S, et al. Distribution of initial caries lesions in relation to fixed orthodontic therapy. A systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Orthod*, 2024, 46(2): cjae008.
- [40] Chapman JA, Roberts WE, Eckert GJ, et al. Risk factors for incidence and severity of white spot lesions during treatment with fixed orthodontic appliances[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2010, 138(2): 188-194.
- [41] Tan A, Çokakoğlu S. Effects of adhesive flash-free brackets on enamel demineralization and periodontal status[J]. *Angle Orthod*, 2020, 90(3): 339-346.
- [42] 徐瑛, 吕锦. 冲牙器改善成人固定正畸患者牙周健康效果评价[J]. *口腔医学研究*, 2016, 32(4): 405-407.
- Xu Y, Lü J. Evaluation of oral irrigator on improving periodontal health for adult orthodontic treatment with fixed appliance[J]. *J Oral Sci Res*, 2016, 32(4): 405-407.
- [43] Tyler D, Kang J, Goh HH. Effectiveness of Waterpik® for oral hygiene maintenance in orthodontic fixed appliance patients: a randomised controlled trial[J]. *J Orthod*, 2023, 50(4): 367-377.
- [44] Al Hariri MH, Karkoutly M, Al Kurdi S, et al. The efficacy of the dental Water Jet, orthodontic, and conventional toothbrushes in plaque removal around orthodontic braces in adolescents: a randomized controlled trial[J]. *Clin Exp Dent Res*, 2023, 9(4): 606-613.
- [45] Erbe C, Klukowska M, Timm HC, et al. A randomized controlled trial of a power brush/irrigator/mouthrinse routine on plaque and gingivitis reduction in orthodontic patients[J]. *Angle Orthod*, 2019, 89(3): 378-384.
- [46] Sawan N, Ben Gasseem A, Alkhayyal F, et al. Effectiveness of super floss and water flosser in plaque removal for patients undergoing orthodontic treatment: a randomized controlled trial[J]. *Int J Dent*, 2022, 2022: 1344258.
- [47] AlMoharib HS, Alqasem A, Almusfer G, et al. The effectiveness of water jet flossing and interdental flossing for oral hygiene in orthodontic patients with fixed appliances: a randomized clinical trial[J]. *BMC Oral Health*, 2024, 24(1): 498.
- [48] Wiesmüller V, Kasslatter M, Zengin B, et al. Cleansing efficacy of an oral irrigator with microburst technology in orthodontic patients—a randomized-controlled crossover study[J]. *Clin Oral Investig*, 2023, 27(5): 2089-2095.
- [49] Caccianiga P, Nota A, Tecco S, et al. Efficacy of home oral-hygiene protocols during orthodontic treatment with multibrackets and clear aligners: mi-

- icrobiological analysis with phase-contrast microscope[J]. *Healthcare*, 2022, 10(11): 2255.
- [50] Christou V, Timmerman MF, van der Velden U, et al. Comparison of different approaches of interdental oral hygiene: interdental brushes versus dental floss[J]. *J Periodontol*, 1998, 69(7): 759-764.
- [51] AlMoharib HS, AlAskar MH, AlShabib AN, et al. The effectiveness of dental water jet in reducing dental plaque and gingival bleeding in orthodontic patients: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials[J]. *Int J Dent Hyg*, 2024, 22(1): 56-64.
- [52] Jiang Q, Li JL, Mei L, et al. Periodontal health during orthodontic treatment with clear aligners and fixed appliances: a meta-analysis[J]. *J Am Dent Assoc*, 2018, 149(8): 712-720.e12.
- [53] Maslamani GE, Muharraq EH, Abujamilah EE, et al. Effectiveness of water flossers in orthodontic treatment: a systematic review[J]. *Saudi J Oral Dent Res*, 2023, 8(12): 396-403.
- [54] 孙文韬, 王依玮, 钱洁蕾, 等. 便携式冲牙器对牙龈炎症患者口腔卫生维护效果的研究[J]. *上海交通大学学报(医学版)*, 2020, 40(11): 1505-1508.
- Sun WT, Wang YW, Qian JL, et al. Study on portable dental irrigator for oral hygiene in patients with gingival inflammation[J]. *J Shanghai Jiaotong Univ (Med Sci)*, 2020, 40(11): 1505-1508.
- [55] 李婵秀, 黄南楠, 王萍. 冲牙器对老年牙周病患者牙菌斑和牙龈炎症的抑制作用[J]. *中华实用诊断与治疗杂志*, 2013, 27(11): 1139-1140.
- Li CX, Huang NN, Wang P. Inhibitory effect of oral irrigator on dental plaque and gingival inflammation in elderly patients with periodontal disease[J]. *J Chin Pract Diag Ther*, 2013, 27(11): 1139-1140.
- [56] Salles MM, de Cássia Oliveira V, Macedo AP, et al. Effectiveness of brushing associated with oral irrigation in maintenance of peri-implant tissues and overdentures: clinical parameters and patient satisfaction [J]. *J Oral Implantol*, 2021, 47(2): 117-123.
- [57] Ioannidis A, Thurnheer T, Hofer D, et al. Mechanical and hydrodynamic homecare devices to clean rough implant surfaces—an *in vitro* polyspecies biofilm study[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2015, 26(5): 523-528.
- [58] Sirinirund B, Siqueira R, Li JY, et al. Effects of crown contour on artificial biofilm removal efficacy with interdental cleaning aids: an *in vitro* study[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2023, 34(8): 783-792.
- [59] Tütüncüoğlu S, Cetinkaya BO, Pamuk F, et al. Clinical and biochemical evaluation of oral irrigation in patients with peri-implant mucositis: a randomized clinical trial[J]. *Clin Oral Investig*, 2022, 26(1): 659-671.
- [60] Louropoulou A, Slot DE, Van der Weijden F. Mechanical self-performed oral hygiene of implant supported restorations: a systematic review[J]. *J Evid Based Dent Pract*, 2014, 14 (Suppl): 60-69.e1.
- [61] AlMoharib HS, AlAskar MH, Abuthera EA, et al. Efficacy of three interdental cleaning methods for peri-implant health maintenance of single implant-supported crowns: a randomised clinical trial[J]. *Oral Health Prev Dent*, 2024, 22: 51-56.
- [62] Bunk D, Eisenburger M, Häckl S, et al. The effect of adjuvant oral irrigation on self-administered oral care in the management of peri-implant mucositis: a randomized controlled clinical trial[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2020, 31(10): 946-958.

(本文编辑 吴爱华)