

# 牵引钩可隐藏式球形颊面管与方形颊面管的 临床性能对比研究

李思朗<sup>1</sup> 张玲<sup>1</sup> 崔孟雅<sup>1</sup> 钟庭进<sup>2</sup> 陈子炀<sup>2</sup> 宋文璐<sup>2</sup> 韩玉<sup>2</sup> 吉利<sup>1</sup>

1. 中山大学附属第一医院口腔科, 广州 510062;

2. 广东省口腔正畸工程技术研究中心, 广州 510080

**[摘要]** **目的** 综合比较牵引钩可隐藏式球形颊面管(球隐颊面管)与方形颊面管在患者舒适度、颊部黏膜损伤发生率、牙周健康指数及临床脱落率等方面的差异,为临床应用提供依据。**方法** 纳入30例受试者,采用分口设计,将受试者口腔两侧随机分配,分别粘接方形颊面管(A组)与球隐颊面管(B组)。收集并记录矫治过程中2组患者的疼痛评分、溃疡情况和第一磨牙颊面管的脱落情况,并评估2组患者矫治前(T0)、颊面管粘接30 d(T1)时第一磨牙的菌斑指数(PLI)、牙龈指数(GI)及龈沟出血指数(SBI)。**结果** A组疼痛评分显著高于B组( $Z=-5.231, P<0.001$ ),86.7%患者报告中度及以上疼痛,而B组90.0%为轻度疼痛。A组溃疡发生率(76.7%)显著高于B组(3.3%)( $Z=-4.508, P<0.001$ )。治疗后2组牙周指数均较治疗前显著增加( $P<0.05$ ),但A组PLI、GI、SBI的增长幅度均显著大于B组( $P<0.001$ )。A组颊面管脱落率(26.7%)显著高于B组(8.3%)( $P<0.001$ )。**结论** 球隐颊面管在提升患者舒适度、降低黏膜损伤发生率和临床脱落率及维护牙周健康等方面的临床性能均显著优于传统方形颊面管,能为患者提供更为舒适且健康的正畸治疗体验。

**[关键词]** 球形颊面管; 方形颊面管; 舒适度; 牙周健康; 脱落率

**[中图分类号]** R783.5 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/hxkq.2025.2025378



本文链接 开放科学标识码

## Comparative study on the clinical performance of concealable traction hook spherical buccal tubes versus conventional rectangular buccal tubes

Li Silang<sup>1</sup>, Zhang Ling<sup>1</sup>, Cui Mengya<sup>1</sup>, Zhong Tingjin<sup>2</sup>, Chen Ziyang<sup>2</sup>, Song Wenlu<sup>2</sup>, Han Yu<sup>2</sup>, Ji Li<sup>1</sup>

1. Dept. of Stomatology, The First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510062, China; 2. Guangdong Provincial Engineering Research Center of Oral Orthodontics, Guangzhou 510080, China

Supported by: the University-Industry Collaborative Education Program (220901316063638, 220801316245152, 24070-1316220512)

Correspondence: Ji Li, E-mail: orthodontist\_jili@163.com

**[Abstract]** **Objective** This study comprehensively compares the differences between concealable traction hook spherical buccal tubes (concealable spherical tubes) and conventional rectangular buccal tubes in terms of patient comfort, incidence of buccal mucosal injury, periodontal health indices, and clinical bond failure rate to provide evidence for clinical application. **Methods** Thirty subjects were enrolled and treated using a split-mouth design, where the two

sides of each patient's oral cavity were randomly assigned to receive either conventional rectangular buccal tubes (group A) or concealable spherical buccal tubes (group B). During treatment, pain scores, ulcer occurrence, and bond failure of the first molar buccal tubes were recorded. Periodontal indices, including plaque index (PLI), gingival index (GI), and sulcus bleeding in-

**[收稿日期]** 2025-09-16

**[基金项目]** 产学研合作协同育人项目 (220901316063638, 22080131-6245152, 240701316220512)

**[第一作者]** 李思朗, 主治医师, 硕士, E-mail: 16620529639@163.com

**[通信作者]** 吉利, 副主任医师, 硕士, E-mail: orthodontist\_jili@163.com

dex (SBI) of the first molars, were assessed before treatment (T0) and 30 days after tube bonding (T1). **Results** The pain scores in group A were significantly higher than those in group B ( $Z=-5.231, P<0.001$ ). Moderate or higher pain was reported by 86.7% of patients in group A, whereas 90.0% of patients in group B reported mild pain only. The incidence of ulcers in group A (76.7%) was significantly higher than that in group B (3.3%,  $Z=-4.508, P<0.001$ ). After treatment, the periodontal indices in both groups increased significantly compared to pre-treatment levels ( $P<0.05$ ); however, the increases in PLI, GI, and SBI were significantly greater in group A than in group B ( $P<0.001$ ). The bond failure rate in group A (26.7%) was significantly higher than that in group B (8.3%,  $P<0.001$ ). **Conclusion** The clinical performance of concealable spherical buccal tubes is significantly superior to that of conventional rectangular buccal tubes in improving patient comfort, reducing the incidence of mucosal injury and clinical bond failure, and maintaining periodontal health. This design offers patients a more comfortable and healthier orthodontic treatment experience.

**[Key words]** spherical buccal tube; rectangular buccal tube; comfort; periodontal health; bond failure rate

在固定正畸治疗中,磨牙颊面管粘接技术已逐步取代传统带环,成为主流固定方式,因其更有利于维护牙周健康、避免对牙颈部及龈缘形态的破坏而广泛应用于临床<sup>[1]</sup>。然而,该技术的临床应用仍面临诸多挑战。传统方形颊面管由于存在明显棱角及不可收拢的牵引钩,易对颊黏膜造成持续性机械刺激与摩擦,是正畸期间出现复发性口腔溃疡和患者不适感的重要诱因之一<sup>[2-3]</sup>。此外,磨牙作为承担主要咀嚼功能的牙齿,其在咀嚼过程中产生的力可能对颊面管造成间歇性冲击,影响其粘接强度,不仅干扰矫治力的稳定性与疗效,也增加了临床复诊次数及椅旁操作时间<sup>[4]</sup>。同时,该类矫治器表面凹凸不平,易导致食物残渣和菌斑滞留,增加患者口腔清洁难度,对牙周健康构成潜在风险<sup>[5]</sup>。为克服上述缺陷,一种新型牵引钩可隐藏式球形颊面管(球隐颊面管)被设计出来。该设计基于两大核心原理,旨在全面提升患者的舒适度与矫治效率。首先,其流线型球形结构能平滑地贴合颊侧口腔黏膜的生理轮廓,显著减少传统方形颊面管边缘带来的局部摩擦与刺激,从而有效降低口腔异物感。其次,其核心创新在于搭载了可收纳式牵引钩。该牵引钩采用精密的镍钛弹性结构,确保了收放的顺畅与稳定,实现了按需启用的功能:仅在必要的牵引周期内打开,在非牵引阶段则完全隐藏于球体之内,从而彻底避免了传统固定式牵引钩可能带来的持续不适与食物嵌塞。该结构还有助于实现咬合避让,有望进一步降低因咬合干扰导致的临床脱落率。目前,尚未见有关于新型球隐颊面管与传统方形颊面管在综合临床性能方面的系统对比研究报道。

因此,本研究拟通过一项临床对照试验,系统比较传统方形颊面管与球隐颊面管在患者舒适度、颊黏膜损伤发生率、牙周健康指标及临床脱

落率等方面的差异,以期为正畸临床实践中颊面管的优化选择提供循证依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究资料

在2022年6月—2024年8月就诊于中山大学附属第一医院口腔科的正畸患者中选取30例,其中男性17例,女性13例。本研究经中山大学附属第一医院伦理委员会批准,伦理批号:[2020]315-1。研究开始前,所有受试者均签署了参与临床试验的知情同意书。

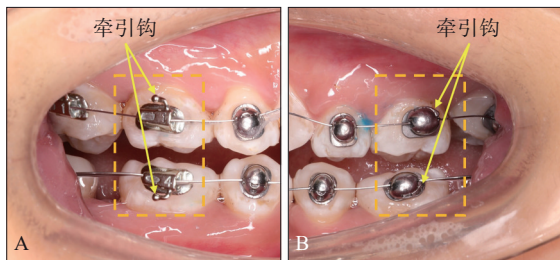
纳入标准:1)恒牙列,患者年龄12~30岁;2)采用固定矫治;3)上下颌第一恒磨牙已完全萌出,形态正常,无釉质发育不良、龋坏或大面积充填体等;4)牙周组织健康,牙龈指数(gingival index, GI)≤1,探诊无出血,牙周探诊深度(periodontal probing depth, PD)≤3 mm;5)患者或其监护人(若患者未成年)充分了解研究内容,自愿参与并签署知情同意书,且能按时复诊。

排除标准:1)存在任何已知的会影响正畸治疗或组织愈合的系统性疾病(如糖尿病、骨质疏松症、凝血功能障碍等);2)长期服用影响骨代谢或软组织健康的药物(如抗生素、皮质类固醇、免疫抑制剂等);3)偏侧咀嚼,牙周病患者及磨牙存在原发性牙体损害;4)唇腭裂及颅颌面发育畸形患者;5)有磨牙症或紧咬牙等口腔副功能习惯;6)先前接受过正畸治疗者;7)发生矫治器脱落,但未按医嘱在24 h内复诊的患者;8)吸烟史;9)妊娠及哺乳期。

### 1.2 方法

本研究采用分口实验设计,左右侧各为一组,随机分配到A、B组,每位受试者的第一磨牙分成

2个实验部分, A组采用方形颊面管(杭州西湖生物材料有限公司), B组采用球隐颊面管(广州欧欧医疗科技有限责任公司), 其余牙位均粘接球面自锁托槽(图1)。在颊面管和托槽粘接前, 所有牙齿给予龈上超声洁治术及用沾有抛光膏的橡胶杯和慢速手机抛光。研究人员通过模型给所有患者指导了巴氏刷牙法, 并要求他们在研究期间不要使用漱口水等额外的口腔清洁产品。



A: 方形颊面管; B: 球隐颊面管。

图1 分口实验设计

Fig 1 Split-mouth design

记录开始矫治后1个月内2组患者的疼痛情况, 采用10 cm视觉模拟量表(visual analog scale, VAS)进行评估。为规范数据收集流程、减少日间波动及主观回忆偏倚, 评估于每日夜间固定时段进行, 由患者根据当日感知的峰值强度分别报告左侧与右侧的疼痛值。为将连续变量转化为具有明确临床意义的分类变量以供统计分析, 计算每位患者30次评分的均值, 并将其划分为5个等级<sup>[6]</sup>: 无疼痛(1~2分)、轻度疼痛(3~4分)、中度疼痛(5~6分)、重度疼痛(7~8分)、极度疼痛(9~10分), 并依次赋值为1~5分用于后续统计分析。同时记录矫治开始后1个月内患者的颊部溃疡情况<sup>[7]</sup>(0级: 无溃疡; 1级: 1~2个溃疡, 直径小于2 mm, 轻度疼痛; 2级: 超过2个溃疡, 或单个溃疡直径达5 mm, 口腔有持续性灼痛感; 3级: 溃疡直径超过5 mm, 黏膜充血水肿, 剧烈疼痛), 以及1年内第一磨牙颊面管的脱落情况(每颗颊面管只纳入首次脱落)。正畸治疗过程由同一位医生完成, 疼痛评分、溃疡情况、颊面管脱落情况记录由另一位医生完成, 结果分析采用盲法。

在颊面管脱落时, 采用粘接剂残留指数(adhesive remnant index, ARI)对粘接剂残留情况进行评估。该指数采用0~3分的四级量表: 0分表示釉质表面无粘接剂残留, 粘接剂完全附着于颊面管底板, 表明失效发生于釉质-粘接剂界面, 提示该界面结合力相对较弱; 1分表示釉质表面残留少于50%的粘接剂, 属于混合失效模式, 更偏向于

釉质-粘接剂界面失效; 2分表示釉质表面残留多于50%的粘接剂, 属于混合失效模式, 更偏向于粘接剂-颊面管底板界面失效; 3分则表示粘接剂完全残留于牙面且其表面轮廓清晰可见, 标志着失效发生于粘接剂-颊面管底板界面, 提示该界面结合最为薄弱。

### 1.3 磨牙牙周指数的测量

分别于T0(0 d)和T1(30 d)2个时间点对患者双侧第一磨牙的牙周临床指标进行测量, 包括菌斑指数(plaque index, PLI)、GI及龈沟出血指数(sulcus bleeding index, SBI)<sup>[8]</sup>。所有检查均由同一名医师完成。于每颗第一磨牙的6个位点(颊侧/唇侧与舌侧的近中、中央、远中位点)进行检查, 并以6个位点得分的平均值作为该牙牙周指数的最终得分。每位患者取相应侧上下颌受检牙得分的平均值作为A、B组的得分, 结果分析采用盲法。PLI评分标准为: 0分为龈缘区无可见菌斑; 1分为龈缘区有薄层菌斑, 探针可刮出; 2分为龈缘或邻面可见中等量菌斑; 3分为龈沟内或龈缘区及邻面有大量软垢。GI评分标准为: 0分为牙龈健康; 1分为牙龈轻度炎症; 2分为牙龈中等炎症; 3分为牙龈严重炎症。SBI评分标准: 0分为牙龈健康; 1分为牙龈轻度炎症, 探诊不出血; 2分为牙龈轻度炎症, 有颜色改变, 无肿胀或水肿, 探诊后点状出血; 3分为牙龈中度炎症, 有颜色改变和轻度水肿, 探诊后出血, 血溢在龈沟内; 4分为牙龈重度炎症, 有颜色改变和肿胀, 探诊后出血, 血溢出龈沟; 5分为牙龈严重炎症, 伴颜色改变、明显肿胀或溃疡, 可自动出血或探诊出血。

### 1.4 统计学处理

采用SPSS 21.0软件进行分析。本研究为分口设计, 数据呈配对形式。计量资料(疼痛评分、溃疡情况、PLI、GI、SBI)以Shapiro-Wilk检验评估各组内数据差值的正态性。符合正态分布的组间比较采用配对 $t$ 检验, 不符合正态分布则采用非参数的Wilcoxon符号秩检验。计数资料(溃疡率、脱落率)的组间比较采用McNemar检验。所有统计检验均以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 患者舒适度与颊黏膜损伤情况比较

在A组30例患者中, 无患者报告无疼痛(1分), 报告轻度疼痛(2分)者4例(13.3%), 报告中度疼痛(3分)者24例(80.0%), 报告重度

疼痛(4分)者2例(6.7%),无患者报告极度疼痛(5分)。在B组患者疼痛感受主要集中在轻度水平,报告无疼痛(1分)者3例(10.0%),报告轻度疼痛(2分)者27例(90.0%),无患者报告中度及以上疼痛。采用Wilcoxon符号秩检验对2组有序疼痛评分数据进行分析,统计结果显示,A组的疼痛评分显著高于B组,差异具有统计学意义( $Z=-5.231, P<0.001$ )。

矫治前,患者左、右侧口腔黏膜均无损伤(0级),表明A、B组的初始黏膜健康状况无明显差异( $P>0.05$ )。佩戴矫治器1个月,A组患者的颊部黏膜损伤情况较为普遍且严重。30例患者中,无溃疡(0级)者7例(23.3%),发生1~2个小溃疡(1级)者18例(60.0%),发生2个以上或直径达5 mm的溃疡(2级)者5例(16.7%),未出现3

级溃疡。相比之下,B组患者的颊部黏膜反应显著轻微。30例患者中,无溃疡(0级)者29例(96.7%),仅1例(3.3%)发生1级小溃疡;未出现2级或3级溃疡。采用Wilcoxon符号秩检验对2组有序等级资料进行统计分析,结果显示,B组相关的颊黏膜损伤等级显著低于A组,差异具有统计学意义( $Z=-4.508, P<0.001$ )。

## 2.2 患者牙周指数对比

如表1所示,治疗前,A、B组患者第一磨牙的牙周指数(PLI、GI、SBI)差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。治疗30 d后,A、B组的牙周指数(PLI、GI、SBI)均较治疗前显著升高( $P<0.001$ ),进一步比较2组牙周指数的增长幅度,A组显著高于B组( $P<0.001$ )。

表1 方形颊面管和球隐颊面管对牙周健康的影响

Tab 1 The influence of rectangular buccal tubes and concealable traction hook spherical buccal tubes on periodontal health n=30

牙周指数	组别	T0	T1	$P_1$ 值	T1-T0	$P_2$ 值
PLI	A	0.22±0.41	1.82±0.39	<0.000 1	1.60±0.39	<0.000 1
	B	0.23±0.15	1.21±0.41	<0.000 1	0.98±0.29	
GI	A	0.35±0.48	1.51±0.50	<0.000 1	1.16±0.49	<0.000 1
	B	0.35±0.48	1.13±0.34	<0.000 1	0.78±0.39	
SBI	A	0.98±0.13	2.90±0.30	<0.000 1	1.92±0.27	<0.000 1
	B	1.02±0.46	2.40±0.49	<0.000 1	1.38±0.49	

注: $P_1$ 为组内2个时间点间的比较, $P_2$ 为组间牙周指数增长幅度的比较。

## 2.3 患者颊面管脱落率对比

矫治1年内,A组共发生颊面管脱落16颗,脱落率为26.7%(16/60);B组脱落5颗,脱落率为8.3%(5/60)。A组脱落率显著高于B组,差异具有统计学意义( $P<0.001$ )。A组脱落后的ARI以2分(14例)为主,少数为1分(2例);B组的ARI同样集中于2分(5例)。2组均未出现釉质-粘接剂界面(ARI为0分)或粘接剂-颊面管底板界面失效(ARI为3分)情况。

## 3 讨论

颊面管对牙龈、颊黏膜的物理摩擦刺激是导致正畸患者口腔疼痛和溃疡的主要原因。本研究对比传统方形颊面管与球隐颊面管的临床效果,研究结果显示,B组的疼痛评分显著低于A组,该结果与其他学者<sup>[9]</sup>提出的矫治器表面形态与黏膜疼痛反应相关性的研究结论一致。球隐颊面管外形光滑圆润,其外形设计融合了唇颊肌功能运动弧

度、牙弓弧度、牙冠近远中弧度及龈殆向弧度<sup>[10]</sup>,有效减少了与颊黏膜的机械摩擦产生的应力,从而减轻了因摩擦引起的疼痛感。更重要的是,球隐颊面管上的牵引钩可灵活收放:在无需牵引操作的阶段(如排齐整平、精细调整等),可完全隐藏于主体的收纳槽内,避免对口腔黏膜的刺激;而在关闭间隙等需牵引的治疗阶段,牵引钩可拉出并使用。牵引钩的使用时长占正畸治疗时间的1/4~1/3<sup>[11]</sup>,这意味着使用球隐颊面管可以减少2/3~3/4的牵引钩机械刺激时间。这一机制在B组颊黏膜溃疡发生率(3.3%)显著低于A组(76.7%)的研究结果中得到验证,进一步证实其改良设计在预防软组织损伤方面的优势(颊部溃疡率下降95.7%),也与李英等<sup>[12]</sup>关于固定牵引钩影响口腔唇颊黏膜健康的研究相吻合。

固定正畸治疗会增加患者在矫治期间及治疗后发生釉质脱矿、龋齿和牙龈炎的风险,尤其常伴随牙龈组织的炎症反应,具体表现为PLI升高、探诊出血增加及PD加深,其主要原因是固定矫治

器部件周围存在易滞留菌斑的区域<sup>[13-14]</sup>。这一点在后牙区尤为明显：磨牙位于口腔最深部，牙刷和牙线难以准确、有效地进行清洁。颊面管显著增加了磨牙表面的不规则程度，形成大量清洁盲区，从而对正畸患者的牙周健康造成显著不利影响<sup>[15]</sup>。正畸治疗前2组患者的牙周指数无显著差异，但粘接颊面管1个月后，A、B组的牙周指标（PLI、GI、SBI）均显著上升，这与既有研究<sup>[16]</sup>结论一致。此外，A组各项牙周指数的增长幅度均显著高于B组，表明传统方形设计更易引发牙周问题，可能与其尖锐边缘导致的局部刺激及表面不平整所带来的清洁困难有关。这一发现支持了郭龙妹等<sup>[17]</sup>关于矫治器设计影响口腔卫生维护的观点。

矫治器的牢固粘接是保证正畸治疗稳定性与效果可预测性的关键。在固定矫治过程中，磨牙承担主要咀嚼功能，部分患者还存在咬合干扰，因此颊面管脱落率一直较高<sup>[18]</sup>。颊面管的粘接性能及脱落风险受多种因素影响，包括颊面管底板设计与处理方式、粘接剂的种类、粘接操作技术、牙齿表面处理技术及患者的配合程度等<sup>[19]</sup>。本研究中，方形颊面管脱落率高达26.7%，这与现有研究<sup>[20]</sup>一致。而球隐颊面管的临床脱落率仅为8.3%，2种颊面管脱落后的ARI评分都集中于2分，表明无论何种形状的颊面管，其粘接失效模式均主要发生于粘接剂内层，说明2种颊面管的机械固位性能无明显差异。球隐颊面管脱落率较低的重要原因可能在于其球形结构设计，该结果与Hardalupas等<sup>[21]</sup>提出的圆弧外形有助于分散应力的理论相符。此外，球隐颊面管采用不对称球面设计，结扎翼呈圆弧造型，同时主体部分偏离底板中心并向颌方偏移。该结构可有效规避咬合干扰，减轻对颌牙所产生的应力，使颊面管脱落率下降了68.8%，有利于降低临床颊面管的脱落风险。

本研究初步证明，球隐颊面管凭借其优化设计，在临床应用中具有显著优势：不仅能提升患者舒适度，改善牙周健康，还能显著降低软组织溃疡与装置脱落的风险。在机械性能方面，球隐颊面管牵引钩的实测牵引极限强度为80~90 N，远超常规正畸牵引所需力值（通常<2 N）<sup>[22]</sup>，可满足临床力学要求。经模拟操作测试，连续开合80次后牵引钩出现轻微松动，但开合功能与牵引效能未受影响。考虑到临床实际开合频次（通常少于10次）远低于此测试阈值，其操作耐久性可以满足常规治疗周期需求。结构上，该装置在闭合状态下牵引钩与主体间缝隙小于0.1 mm，临床应

用2年中尚未发现因牙结石堆积而导致牵引钩开合功能障碍的病例；然而，若患者口腔卫生长期严重不良，理论上仍存在牙结石侵入微小间隙进而影响部件活动的可能，因此在临床应用中需加强对患者的口腔卫生宣教。在临床操作方面，由于其特殊的球形外形，医生需使用尖嘴镊以稳定夹持，同时，粘接操作时应按压其底板避免滑动，以实现精准的粘接与定位。此外，本研究亦存在一定的局限性，分口设计虽能控制个体差异，但存在交叉感染、两侧口腔卫生行为不一致等潜在混淆因素，未来考虑采用交叉设计或延长观察时间或增大样本量等措施以减少偏差。

利益冲突声明：作者声明本文无利益冲突。

### [参考文献]

- [1] 卢艳萍, 陈斌, 马玲, 等. 粘接式颊面管与带环颊面管对牙周健康影响的观察[J]. 中国城乡企业卫生, 2020(8): 172-174.  
Lu YP, Chen B, Ma L, et al. Observation of periodontal health influence of using bonding type and ring band type buccal[J]. Chin J Urban Rural Enterp Hyg, 2020(8): 172-174.
- [2] Chang J, Li X. Multivariate analysis of oral mucosal ulcers during orthodontic treatment[J]. World J Clin Cases, 2024, 12(26): 5868-5876.
- [3] Manuelli M, Marcolina M, Nardi N, et al. Oral mucosal complications in orthodontic treatment[J]. Minerva Stomatol, 2019, 68(2): 84-88.
- [4] Buyukcavus E, Ugurlu M, Buyukcavus MH. Shear bond strength of orthodontic molar tubes to composite restoration bonded with particular adhesives after different surface pre-treatments[J]. Orthod Craniofac Res, 2022, 25(4): 541-548.
- [5] Hussein S, Ismail H. Influence of reminder on enhancing compliance in patients with fixed orthodontic appliance treatment (a randomized controlled clinical trial) [J]. Patient Prefer Adherence, 2023, 17: 1759-1769.
- [6] Sew Hoy W, Antoun J, Lin W, et al. Ecological momentary assessment of pain in adolescents undergoing orthodontic treatment using a smartphone app[J]. Semin Orthod, 2018, 24(2): 209-216.
- [7] Pedersen AML, Bukkehave KH, Bennett EP, et al. Effect of lozenges containing *Lactobacillus reuteri* on the severity of recurrent aphthous ulcers: a pilot study[J]. Pro-

- biotics Antimicrob Proteins, 2020, 12(3): 819-823.
- [8] 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.
- [9] Guo L, Feng Y, Guo HG, et al. Consequences of orthodontic treatment in malocclusion patients: clinical and microbial effects in adults and children[J]. *BMC Oral Health*, 2016, 16(1): 112.
- [10] 贺红, 吉利. 浅谈正畸临床矫治新技术—球托止动定位轻力 5s 系统[J]. *国际口腔医学杂志*, 2024, 51(2): 125-136.
- He H, Ji L. Discussion of an innovating orthodontic technique: a spherical bracket, lock-hook and light force treatment system[J]. *Int J Stomatol*, 2024, 51(2): 125-136.
- [11] Volovic J, Badirli S, Ahmad S, et al. A novel machine learning model for predicting orthodontic treatment duration[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2023, 13(17): 2740.
- [12] 李英, 王胜国. 固定正畸期间创伤性口腔溃疡的防治研究进展[J]. *现代医药卫生*, 2023, 39(6): 1024-1028.
- Li Y, Wang SG. Research progress on prevention and treatment of traumatic oral ulcer during fixed orthodontics[J]. *J Mod Med Health*, 2023, 39(6): 1024-1028.
- [13] 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.
- [14] Tu KW, Kuo CH, Hung CC, et al. Strategic sequencing of orthodontic treatment and periodontal regenerative surgery: a literature review[J]. *J Dent Sci*, 2025, 20(3): 1391-1397.
- [15] Huser MC, Baehni PC, Lang R. Effects of orthodontic bands on microbiologic and clinical parameters[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1990, 97(3): 213-218.
- [16] Kim JE, Kim S, Kim DH. Comparison of oral health status, oral hygiene management behaviours and satisfaction of patients with fixed orthodontic appliance and clear aligner: a quasi-experimental design[J]. *Int J Dent Hyg*, 2024, 22(4): 939-948.
- [17] 郭龙妹, 吉利, 张玲, 等. 球面和方形自锁托槽对牙周指数及龈沟液炎性因子的影响[J]. *医药论坛杂志*, 2022, 43(9): 1-6, 10.
- Guo LM, Ji L, Zhang L, et al. Effects of spherical self-ligating bracket and square self-ligating bracket on periodontal indices and inflammatory cytokine levels[J]. *J Med Forum*, 2022, 43(9): 1-6, 10.
- [18] Öncel NA, Ulusoy N, Ulusoy C. Comparison of shear bond strength and residual adhesive remnants on the enamel surface after debonding of three different orthodontic molar tubes: a scanning electron microscope study[J]. *J Orofac Orthop*, 2024, 85(Suppl 1): 94-101.
- [19] 杨瑞婷, 张洁, 许雅芬, 等. 金属托槽粘接性能及脱落率相关影响因素的研究进展[J]. *现代口腔医学杂志*, 2025, 39(3): 250-253, 209.
- Yang RT, Zhang J, Xu YF, et al. Research progress on factors influencing the bonding performance and debonding rate of metal brackets[J]. *J Modern Stomatol*, 2025, 39(3): 250-253, 209.
- [20] Knaup I, Schulte U, Bartz JR, et al. Post-treatment stability in orthodontic retention with Twistflex retainers—Do patients benefit from additional removable retainers[J]. *Clin Oral Investig*, 2022, 26(8): 5215-5222.
- [21] Hardalupas Y, Taylor AMKP, Wilkins JH. Experimental investigation of sub-millimetre droplet impingement on to spherical surfaces[J]. *Int J Heat Fluid Flow*, 1999, 20(5): 477-485.
- [22] Ma X, Jiang C, Zhang J, et al. Finite element analysis of the impact of different traction anchorage locations on maxillary molar distalization with clear aligners and implant screws[J]. *BMC Oral Health*, 2025, 25(1): 1327.

(本文编辑 杜冰)