第二磨牙正锁合的矫治策略与生物力学研究进展

徐涵　车锋哲*（通讯作者）

（延边大学附属医院 口腔科　133000）

【摘　要】第二磨牙正锁合（scissors bite）是临床中处理棘手的后牙横向错合畸形，发病率占错合畸形的4%～5.6%。其病因复杂，涉及牙性、骨性与功能性因素，可能对咀嚼功能、下颌发育、TMJ及颜面对称性造成不良影响。近年来，随着材料学与数字化技术的发展，传统交互牵引、微种植体支抗、隐形矫治等方法不断优化，其中腭杆与横腭杆（TPA）的改良设计因其三维力学优势、垂直控制能力强、患者依从性好而逐渐成为研究热点。本文系统回顾第二磨牙正锁合的病因、影响及矫治策略，重点阐述腭杆/TPA改良技术的研究进展与临床转化价值，以期为临床治疗提供循证依据与未来研究方向。

The orthodontic strategy and biomechanical research progress of second molar orthoclasis

Xu Han　Che Fengzhe *（corresponding author）

（Yanbian University Affiliated Hospital Department of Stomatology　133000）

[Abstract] The second molars bite is a difficult transverse malocclusion of posterior teeth in clinical treatment. The incidence rate accounts for 4%~5.6% of malocclusion. Its etiology is complex, involving dental, skeletal, and functional factors, which may have adverse effects on chewing function, mandibular development, TMJ, and facial symmetry. In recent years, with the development of materials science and digital technology, traditional methods such as interactive traction, micro implant support, and invisible orthodontic treatment have been continuously optimized. Among them, the improved design of palatal and transverse palatal rods (TPA) has gradually become a research hotspot due to its three-dimensional mechanical advantages, strong vertical control ability, and good patient compliance. This article systematically reviews the etiology, impact, and orthodontic strategies of second molar malocclusion, with a focus on the research progress and clinical translation value of palatal rod/TPA improvement technology, in order to provide evidence-based treatment and future research directions for clinical treatment.

一、病因学研究进展

1.1 牙源性因素

现有研究普遍认为，第二磨牙正锁合的发生与后段牙弓拥挤及上下颌横向骨量失衡密切相关。上颌后段牙弓拥挤、ANB 角增大及上颌牙槽弓宽度增加可能是其危险因素，而下颌后段牙槽弓宽度不足则可能进一步增加正锁合的发生风险。1.2 骨性与功能性因素

第二磨牙正锁合的发生不仅与牙弓及骨骼形态异常有关，还与功能性因素密切相关。上颌基骨横向过宽、下颌发育受限及长期偏侧咀嚼均可能促进正锁合的形成。此外，正锁合还可能对颞下颌关节功能产生不良影响。研究发现，单侧后牙正锁合患者颞下颌关节振动能量明显高于正常个体，提示其可能导致关节运动异常，并成为颞下颌关节功能紊乱的潜在危险因素。

1.3 功能性因素与早期诱导

单侧第二磨牙正锁合与下颌功能性偏斜密切相关。长期存在的功能性移位可能导致颌骨生长改建异常，增加骨性不对称的发生风险。同时，后牙异位萌出及早期咬合干扰可诱导下颌偏斜，促进单侧正锁合形成。因此，生长发育期的早期诊断与干预对于预防正锁合及继发性颌面畸形具有重要临床意义。

二、锁合对颌面系统的影响

2.1 下颌骨发育受限

第二磨牙正锁合可能对下颌骨正常发育产生不良影响。CBCT 研究显示，单侧第二磨牙正锁合患者患侧下颌体长度及升支宽度均小于健侧，提示长期异常咬合关系可能抑制下颌骨生长发育，并加重双侧颌骨发育不对称。

2.2 对下颌发育与对称性的影响

现有研究普遍认为，长期存在的单侧第二磨牙正锁合可导致下颌发育不对称，并进一步影响颜面形态。研究发现，正锁合患者常表现为下颌体长度、髁突位置及咬合平面倾斜等方面的不对称改变。同时，第二磨牙正锁合还可能伴随髁突形态及关节窝结构异常，提示其不仅影响局部咬合功能，还可能通过改变下颌生长方向和关节适应性改建，促进颌面部不对称的发生与发展。

2.3 颞下颌关节改建

第二磨牙正锁合不仅影响牙颌关系，还可能引起颞下颌关节的适应性改建。单侧正锁合患者常表现为双侧髁突形态及关节窝结构不对称，锁合侧髁突体积、表面积及关节间隙

增大，提示长期异常咬合可诱发关节结构重塑。此外，矫治后关节间隙分布可发生相应改变，表明颞下颌关节能够随着咬合关系重建产生适应性调整，但其长期稳定性及发育影响仍有待进一步研究。

2.4 咀嚼肌功能异常

第二磨牙正锁合可导致咀嚼肌功能失衡及咬合功能下降。肌电图研究显示，正锁合侧咬肌存在代偿性功能改变，表现为静息状态下肌电活动增强，而功能咬合时活动减弱。与此同时，咬合力分析结果表明，正锁合患者整体咬合力水平低于正常个体，即使经过正畸治疗获得正常咬合关系，其咀嚼功能仍可能难以完全恢复。这些结果提示，正锁合不仅影响牙齿排列和咬合关系，还可能对神经肌肉功能产生持续影响。

三、传统矫治方法及其局限

3.1 交互牵引法的应用与优化

交互牵引是第二磨牙正锁合矫治的常用方法，可通过上下颌橡皮筋交叉牵引实现后牙横向移动。联合 MEAW 技术、“T”形曲等辅助装置可提高三维控制能力，减少垂直向副作用并缩短治疗周期。然而，该方法高度依赖患者依从性，在牙弓后段拥挤严重或高角病例中疗效有限，常需联合扩弓、减数治疗或其他支抗措施。

3.2.1 微种植体支抗的应用与优化

微种植体支抗能够为第二磨牙正锁合矫治提供稳定支抗，实现后牙横向、垂直向及转矩控制，已成为复杂病例的重要治疗手段。通过腭侧、颊侧或颊棚区植入微种植体，可避免传统交互牵引导致的磨牙伸长等副作用，同时降低对患者依从性的要求。研究显示，微种植体联合固定矫治技术可有效恢复磨牙正常牙轴及牙弓宽度，实现控根移动和三维方向精准控制，尤其适用于高角患者及伴明显牙齿倾斜的病例。此外，多部位微种植体支抗还可实现伸长磨牙的压低及异常牙位的同步矫治，从而提高治疗效率和稳定性。然而，微种植体仍存在脱落、软组织炎症及邻牙损伤等风险，且治疗费用相对较高，其长期稳定性及最佳植入方案仍有待进一步研究。此外，微种植体的安全植入同样受到局部解剖条件的限制。研究显示，上颌第一、二磨牙间腭侧骨厚度相对有限，临床植入时应结合 CBCT 进行个体化评估，以降低牙根损伤等并发症的发生风险。

3.3 无托槽隐形矫治的力学探索

附件设计及膜片参数是影响隐形矫治器矫治效率的重要因素。有限元分析表明，合理优化附件形态及位置有助于改善应力分布，提高磨牙控根能力和整体移动效率，从而增强后牙横向移动的可预测性。同时，膜片材料及厚度也会影响矫治力的传递效果和患者舒适度，其中适宜厚度的膜片能够在移动效率与佩戴体验之间取得较好的平衡。总体而言，通过优化附件设计和矫治器材料参数，可进一步提升隐形矫治技术对第二磨牙正锁合的三维控制能力。然而，目前相关研究多基于有限元分析或短期临床观察，其长期稳定性及复杂病例中的临床效果仍有待进一步验证。

四、腭杆与横腭杆改良在第二磨牙正锁合矫治中的研究进展

第二磨牙正锁合是正畸临床中较为复杂的后牙错位类型，常表现为上颌第二磨牙颊向倾斜、下颌第二磨牙舌向错位，合面无接触，严重影响咀嚼效率及颌骨发育。传统矫治手段如交互牵引、功能矫治器等存在磨牙伸长、支抗控制困难、疗程较长等问题。近年来，横腭杆（Transpalatal Arch, TPA）及其改良形式因其良好的支抗控制与三维力学调控能力，成为治疗该类错合的重要辅助装置。

4.1 横腭杆结构改良与临床应用拓展

传统横腭杆（transpalatal arch，TPA）除维持磨牙宽度、控制磨牙旋转及增强支抗外，还可通过结构改良实现主动矫治功能，在第二磨牙正锁合治疗中展现出良好的应用前景。有限元分析表明，不同 TPA 结构、材料及激活方式可产生不同的力学效应，对磨牙旋转控制、横向移动及支抗管理具有重要影响。其中，TMA 材料因具有较低刚度和较大的弹性工作范围，可提供更加持续、柔和的矫治力，更适用于磨牙去旋转及复杂正锁合的控制。

在临床应用方面，通过焊接牵引钩、延长悬臂、设计特殊曲形或联合微种植体支抗等方式，TPA 可实现对第二磨牙的三维精准控制，并在改善横向关系的同时兼顾垂直向稳定性。此外，TPA 与功能矫治器、交互牵引等联合应用，可进一步改善垂直向及矢状向不调，提高复杂病例的治疗效果和稳定性。

值得注意的是，现有研究还提示第二磨牙正锁合的发生可能与后段牙弓拥挤及磨牙远移治疗相关。在上颌第二磨牙萌出前过度远移第一磨牙，可能增加第二磨牙萌出异常及正锁合发生风险，因此在临床设计支抗方案和远移策略时，应充分考虑后段牙弓空间及第二磨牙萌出条件，以降低医源性正锁合的发生风险。

4.2 TPA 在解除第二磨牙锁合中的三维力学机制

TPA 在第二磨牙正锁合矫治中的优势主要体现在横向、垂直向及旋转控制等三维力学调控方面。横向上，通过调整腭杆宽度或施加不对称力偶，可对上颌第二磨牙产生舌向移动力，解除颊向错位。Tsetsilas 等在单侧后牙反合扩弓治疗中发现，治疗侧磨牙平均移动量达 2.5 mm，明显高于支抗侧的 0.8 mm，证实了 TPA 在横向牙齿移动中的有效性。垂直向上，TPA 可通过施加压入力实现磨牙压低，尤其在联合

种植体支抗时能够增强垂直控制效果。王星海等指出，TPA 与种植体联合应用可有效压低伸长磨牙，控制后牙垂直高度，减少前牙开合等不良反应的发生。旋转控制方面，TPA 通过在双侧磨牙间建立力偶系统，可有效控制磨牙近远中旋转，减少矫治过程中的旋转副作用。Dahlquist 等研究表明，TPA 能够显著改善双侧第一磨牙旋转，所有纳入病例均获得良好的旋转纠正效果。综上，TPA 凭借其横向扩弓、垂直压低及旋转控制等多维力学特性，为第二磨牙正锁合的精准矫治提供了可靠的生物力学基础。

4.3 临床启示与未来研究方向

横腭杆（TPA）及其改良装置在第二磨牙正锁合矫治中表现出良好的力学调控能力和临床应用价值。相关研究表明，TPA 不仅能够实现横向扩弓、垂直向压低及磨牙旋转控制等三维力学效应，还可通过结构优化和支抗增强进一步提高矫治效率。有限元分析等研究方法的应用，有助于阐明其生物力学机制，并为材料选择、结构设计及临床应用提供理论依据。随着数字化正畸技术的发展，TPA 有望与数字化设计、个体化制造及精准支抗系统进一步结合，在第二磨牙正锁合的精准化和个性化矫治中发挥更重要的作用。

五、总结与展望

综上所述，近年来第二磨牙正锁合研究在病因机制、矫治技术及生物力学分析等方面取得了较大进展。传统交互牵引和改良横腭杆在轻中度病例中仍具有良好的临床应用价值，但垂直控制能力及患者依从性仍是主要限制因素。微种植体支抗技术能够实现三维精准控制，提高矫治效率和支抗稳定性，但仍存在植入风险及治疗成本较高等问题。无托槽隐形矫治因其良好的美观性和舒适性受到广泛关注，其中附件设计优化和膜片性能改良是提高矫治效果的重要方向。

未来研究应进一步推动数字化技术与生物力学的深度融合，通过建立动态有限元模型模拟牙齿移动全过程，为矫治方案优化提供依据。同时，结合人工智能技术开展个体化矫治设计，提高治疗的精准性和效率。此外，还需加强长期随访和高质量临床研究，评估不同矫治方式对颞下颌关节、牙周组织及面型稳定性的远期影响，并探索替牙期早期干预策略，以提升预防和治疗效果。

参考文献：

[1]鲁平, 张彬, 赵正阳, 等. 上颌第二磨牙正锁合的研究进展[J]. 华北理工大学学报(医学版), 2023, 25(3): 235–242.
[2]唐项晶, 刘月华, 兰庭超. 第二恒磨牙正锁牙合畸形相关因素的研究[J]. 上海生物医学工程, 2007, 28(2): 100–103.
[3]王巍, 张丁, 李小彤. 第二磨牙锁牙合与牙弓后部拥挤[J]. 口腔正畸学, 2001, 8(1): 28–29.
[4]鲁平. 无托槽矫治中附件对正锁合上颌第二磨牙腭侧移动的三维有限元分析[D]. 华北理工大学, 2023.
[5]叶贞琦, 王云, 陈传俊, 等. 单侧个别后牙正锁牙合的颞下颌关节振动分析 J. 齐齐哈尔医学院学报, 2017, 38(17): 2991–2994.
[6]Chandorikar H, Nagrik A, Bhad WA, et al. Early correction of unilateral scissor bite using transforce appliance and modified twin block appliance. J Orthodont Sci. 2017;6:76 - 80.
[7]Lee SA, Chang CCH, Roberts WE. Severe unilateral scissors–bite with a constricted mandibular arch: Bite turbos and extra–alveolar bone screws. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2018;154(4):552 - 569.
[8]陈志兴, 郑怡, 王瑶, 等. 双侧第二磨牙正锁对下颌骨发育和位置的影响[J]. 中华口腔正畸学杂志, 2016, 23(2): 89–93.
[9]张坤武. 成人正锁牙合患者颅面骨骼、牙列形态的 CBCT 分析. 兰州大学硕士论文, 2024.
[10]叶莉娜, 何家才. 单侧后牙正锁合、反合对下颌升支及髁突对称性影响的临床观察[J]. 口腔颌面外科杂志, 2020, 30(6): 382–386.
[11]Li CX, et al. BMC Musculoskelet Disord. 2023;24:253.
[12]岳强, 车霄楠, 海云, 等. 基于 CBCT 分析正畸前后单侧后牙正锁牙合的髁突变化[J]. 口腔医学, 2017, 37(10): 910–913.
[13]贾梦莹, 邵博, 辜文妍, 等. 单侧后牙正锁合、关节弹响与咀嚼肌肌电的相关性研究[J]. 口腔医学研究, 2018, 34(3): 262–265.
[14]刘琳, 梁淑贤, 王明锋, 等. 应用 T–Scan Ⅱ 系统对各类错牙合及正畸治疗后患者咬合力分析研究 J. 中国实用口腔科杂志, 2012, 5(7): 424–426.
[15]王晓玲. 用交互牵引和 MEAW 技术矫治后牙正锁牙合的临床观察. 临床口腔医学杂志. 2006;22(11):683–684.
[16]敖同江, 谢蕾, 袁小平等. “T”形曲配合交互牵引正畸矫治磨牙正锁的临床观察. 重庆医学. 2013;42(17):1949–1951.
作者简介：徐涵，女，朝鲜族，吉林省长春市，硕士研究生在读，研究方向：口腔正畸学；
*通讯作者：车锋哲，男，朝鲜族，吉林省延边朝鲜族自治州延吉市，硕士，主任医师，研究方向：口腔正畸学。