

个别牙扭转矫治方法的进展

付佳鑫 车锋哲^(通讯作者)

(延边大学附属医院 吉林延边 133000)

【摘要】个别牙扭转常见于牙列拥挤与错颌畸形,不仅影响美观和咬合稳定性,且矫治后复发风险高,是正畸治疗及保持期的重点与难点。目前,前牙与后牙扭转的定量评估、分级标准尚未统一,复发风险防控及保持策略也缺乏高质量证据支持。本文从生物力学要点出发,指出矫治核心为施加纯旋转力偶,需通过控制力矩比(M/F)与作用点方向调整旋转中心轨迹(CRot),且偶力设计需结合牙体解剖与力系方向个体化实施,不同牙齿运动形式对应不同牙周膜最佳应力/应变窗口。

【关键词】个别牙扭转; 正畸矫治; 生物力学; 传统固定矫治; 种植支抗(TADs); 隐形矫治

Progress in orthodontic methods for individual tooth torsion

Fu Jiaxin Che Fengzhe^(corresponding author)

(Yanbian University Affiliated Hospital Yanbian, Jilin 133000)

[Abstract] Individual tooth torsion is common in crowded dentition and malocclusion, which not only affects aesthetics and bite stability, but also poses a high risk of recurrence after orthodontic treatment. It is a key and difficult point in orthodontic treatment and maintenance. At present, the quantitative evaluation and grading standards for anterior and posterior tooth torsion have not been unified, and there is a lack of high-quality evidence to support the prevention and maintenance strategies for recurrence risk. Starting from the key points of biomechanics, this article points out that the core of orthodontic treatment is to apply a pure rotational force couple, which requires adjusting the rotation center trajectory (CRot) by controlling the torque ratio (M/F) and the direction of the action point. The force design of the couple needs to be personalized based on the anatomy of the tooth and the direction of the force system. Different forms of tooth movement correspond to different optimal stress/strain windows of the periodontal ligament.

[Key words] individual tooth torsion; Orthodontic treatment; Biomechanics; Traditional fixed orthodontic treatment; Plant resistance (TADs); Invisible aligners

引言

个别牙的扭转(沿牙长轴的旋转位移)常见于拥挤和错颌,既影响美观,也干扰咬合稳定,并且矫治后更易复发,因此成为正畸治疗与保持期的重点与难点之一。近年的系统综述指出:关于前牙与后牙扭转的定量评估与分级仍缺乏统一标准,复发风险与保持策略亦有待更高质量证据支撑^[1]。

生物力学要点

扭转牙矫治的核心是施加纯旋转力偶(couple),通过控制牙齿的力矩比(M/F)与作用点方向改变旋转中心轨迹(CRot),以获得可控的旋转而尽量减少不良倾斜与邻牙反作用。三维有限元研究显示:在不同患者与牙位上,偶力大小与方向的变化会显著改变CRot轨迹,提示临床上应据牙体解剖与力系方向个体化设计^[2]。关于“最佳正畸力矩”的研究提示:不同运动形式(平移、倾斜、绕长轴旋转)对牙周膜最佳应力/应变窗口不同,尖牙绕长轴旋转的“最佳力矩”范围约75-210 g·mm,仅作生物力学参考^[3]。

传统固定矫治技术

(1) 常规托槽弓丝与辅弓/结扎改良: 利用双钮扣+橡皮链(颊/舌侧)形成对向拉力构成偶力,或在刚性基弓(如 0.017×0.025 " SS)上以旋转结扎/旋转弹簧实施去旋; JCO 病例报道了以舌侧钮扣+连续橡皮链配合上颌磨牙固定附件进行前磨牙去旋,体现了“偶力+锚固强化”的经典思路^[4]。2022AJO-DO 报道了水平匣形曲(HBL),相比传统矩形弓丝能在不对邻牙产生反向不良转矩的情况下实现更强的上中切牙根向腭侧转矩, HBL 同时力值较柔和,可降低牙周组织不良反应。

(2) 种植支抗(TADs)辅助: 对**大角度(如 $\geq 60^\circ$ 90°)**或邻牙锚固不足的扭转, TADs 可提供“近绝对锚固”,允许在排齐早期同步去旋,降低对邻牙的不良反作用并缩短疗程。病例与综述均提示 TADs 能更稳定地输出纯旋转偶力,必要时可合并颊侧与腭侧多支抗点^[5]。

隐形矫治(Clear Aligners)

可预测性: 大样本回顾与系统研究显示,隐形矫治对“旋转”这类三维控制难度较高的运动,准确度低于平移或者轻度倾斜。一项 2024 年研究报告了上下颌牙总体旋转可预测性约 75% - 79%,不同牙位差异明显,圆截面牙(如前磨牙、尖牙)最难^[7]。

临床要点:

附件与分段激活量: 有限元研究提示,设置附件且单步激活 $\leq 1.2^\circ$ 较有利于控制牙周应力水平并提升旋转效率;过大的单步激活虽位移更大,却伴随不利的应力分布^[8]。

IPR 与辅具: 早期临床研究显示,在尖牙旋转中合适的附件形态与邻面去釉(IPR)可提高达标率并减少失配^[9]。

混合机械: 对难以追踪的圆截面牙,黏接舌侧扣+橡皮链与隐形矫治联合可提升去旋偶力与牵引方向控制^[5]。

直接 3D 打印矫治器: 近年出现直接打印材料与工艺,体外与综述提示其几何尺寸精度与力学表现具潜力,但临床疗效与长期安全性证据仍不足,需更多随机研究^[11]。

外科与加速辅助手段

1) 环龈缘上纤维切断术(CSF): 旋转复发与牙龈环状纤维弹性相关。系统综述与临床试验显示,CSF 可降低旋转复发,不同器械(如激光 vs 传统刀)在临床效果与患者感受方面各有优劣,但总体证据支持在高复发风险个案中作为保持期的选择性辅助手段^{[9][13]}。

2) 加速正畸: 微骨穿(MOPs)与皮质骨微切开(Piezocision)可在短期内提高牙移动速率,后者在若干 RCT/Meta 分析中对犬牙后退与排齐阶段显示统计学加速,但临床获益(对总疗程的意义)与术后不良反应须权衡;总体质量尚有限,并非针对“减少复发”,更适合作为时间管理工具^{[14][15]}。

3) 特殊情形的外科去旋: 对于未闭尖的严重扭转前牙,有文献报道“外科即刻去旋+短期夹板固定+后续轻力正畸整合”的方案,可在短期内恢复美观并维持牙活力,但长期证据有限,适应证应严格^[8]。

保持与复发控制

旋转牙复发率高,过度矫治(overcorrection)+延长保持(如舌侧粘结保持器合并透明覆盖保持器)是常规策略;对高风险牙(圆截面、去旋角度大、软组织牵拉明显)可联合 CSF 以降低复发。前述系统综述亦强调保持策略个体化的重要性^[11]与证据缺口^[11]。

建议的临床决策路径(简要)

轻中度扭转($\leq 30^\circ$): 固定矫治或隐形矫治均可;隐形矫治时优先矩形附件+小步进($\leq 1.2^\circ$),必要时加 IPR^{[13][8]}。

中重度扭转($\approx 30^\circ - 60^\circ$): 考虑混合机械(附件/钮扣+橡皮链)或 TADs 辅助以获得更纯粹的偶力与更稳定的锚固^[5]。

极重度或圆截面牙/邻面无倒凹: TADs 多点牵引或分期

去旋;若为未闭尖前牙且美观急需,可在专科评估下选择性外科即刻去旋^[5]。

保持期:对大角度去旋牙或复发史患者,粘结式保持器+覆盖式保持器并可合并CSF;按风险分层延长随访与保持时间^[9]。

个别牙扭转的矫治正从“经验与技巧驱动”走向“生物力学定量+数字化设计”,固定矫治与隐形矫治各有优势,TADs及外科/加速技术为困难病例提供了更多可选路径。未来需要标准化的旋转评估体系与更高质量RCT,以明确不同策略对疗效、复发与患者结局的真实影响。

结语

参考文献:

- [1]Parthiban R, Kailasam V, Venkatasamy NS. Rotations of teeth—a systematic review. *Front Oral Health*. 2024 Dec 6; 5: 1484020.
- [2]Gholamalizadeh T, Darkner S, Søndergaard PL, Erleben K. A multi-patient analysis of the center of rotation trajectories using finite element models of the human mandible. *PLoS One*. 2021 Nov 15; 16 (11): e0259794.
- [3]Wu JL, Liu YF, Peng W, Dong HY, Zhang JX. A biomechanical case study on the optimal orthodontic force on the maxillary canine tooth based on finite element analysis. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2018 Jul; 19 (7): 535–546.
- [4]Al-Sakiti AA, El-Dawlatly MM, El-Beialy AR, Mostafa YA. Treatment of a patient with a missing lower incisor and three impacted teeth. *J Clin Orthod*. 2021 Aug; 55 (8): 801–811.
- [5]Hasan HS, Kolemen A, Elkolaly M, Marya A, Gujjar S, Venugopal A. TAD's for the Derotation of 90° Rotated Maxillary Bicuspids. *Case Rep Dent*. 2021 Jul 28; 2021: 4285330.
- [6]Asok, Nikhil. Understanding the Moment to Force Ratio in Loops. 2021.
- [7]Al-Jasser R, Al-Jewair T, Al-Rasheed A. One-year rotational relapse frequency following conventional circumferential supracrestal fiberotomy. *World J Clin Cases*. 2020 Jan 26; 8 (2): 284–293.
- [8]Cortona A, Rossini G, Parrini S, Deregibus A, Castroflorio T. Clear aligner orthodontic therapy of rotated mandibular round-shaped teeth: A finite element study. *Angle Orthod*. 2020; 90 (2): 247–254. doi: 10.2319/020719–86.1
- [9]Kharb S, Malhotra A, Batra P, Arora N, Singh AK. Diode Laser versus Conventional Surgical Circumferential Supracrestal Fiberotomy in Preventing Relapse of Orthodontically Derotated Teeth: A Randomised Control Trial. *Turk J Orthod*. 2023 Dec 29; 36 (4): 224–230.
- [10]Jungbauer R, Sabbagh H, Janjic Rankovic M, Becker K. 3D Printed Orthodontic Aligners—A Scoping Review. *Applied Sciences*. 2024; 14 (22): 10084.
- [11]D'Antò V, Rongo R, Casaburo SD, Martina S, Petrucci P, Keraj K, Valletta R. Predictability of tooth rotations in patients treated with clear aligners. *Sci Rep*. 2024 May 18; 14 (1): 11348.
- [12]Bisconti F, Eva M, Thevenet E, Zamora-Martinez N. Comparison of efficacy between micro-osteoperforations and alveolar corticotomies on the rate of orthodontic tooth movement: A systematic review and meta-analysis. *J Craniomaxillofac Surg*. 2025; 53 (5): 459–475. doi: 10.1016/j.jcms.2025.01.013
- [13]Dutta B, Krishnapriya V, Sriram CH, Reddy MK. Surgical Derotation Technique: A Novel Approach in the Management of Rotated Immature Permanent Incisor. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2015; 8 (3): 220–223. doi: 10.5005/jp-journals–10005–1317