

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2025.21.046

• 综述 •

即刻种植初期稳定性影响因素的研究进展

何晓勇^{1,2}, 胡金涵^{1,2}, 徐国强^{1,2}

[1. 新疆医科大学第一附属医院(附属口腔医院)口腔修复种植科, 新疆 乌鲁木齐 830054;

2. 新疆维吾尔自治区口腔医学研究所, 新疆 乌鲁木齐 830054]

[摘要] 随着口腔种植技术日益成熟, 人们对种植修复的需求已从兼顾美观功能, 进一步延伸至对快速高效修复效果的追求。相比较传统种植方式, 即刻种植因能快速恢复美观, 缩短疗程, 已成为口腔修复领域研究热点, 但如何提高其临床成功率仍是目前有待解决的核心挑战, 而良好的初期稳定性正是保障即刻种植成功的关键因素。初期稳定性受患者的局部解剖因素、种植体的设计以及一些外科技术的共同影响。因此在临床实践中需要多环节管理来保障初期稳定性, 包括评估患者的自身状况, 选择合适的种植系统, 借用精细的外科手段或数字化技术实现良好的初期稳定性, 术后对初期稳定性准确判断, 可为种植手术的成功奠定基础。本文旨在系统梳理及概括即刻种植中影响初期稳定性的相关因素, 以为临床实践提供参考。

[关键词] 即刻种植; 初期稳定性; 影响因素; 种植体

[中图分类号] R783

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949(2025)21-0182-05

Research Progress on Influencing Factors of Primary Stability in Immediate Implantation

HE Xiaoyong^{1,2}, HU Jinhan^{1,2}, XU Guoqiang^{1,2}

[1. Department of Prosthodontics and Implantology, the First Affiliated Hospital (Affiliated Stomatological Hospital) of

Xinjiang Medical University, Urumqi 830054, Xinjiang, China;

2. Stomatology Research Institute of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830054, Xinjiang, China]

[Abstract] With the increasing maturity of oral implantation technology, people's demand for implant restoration has extended from balancing aesthetics and function to pursuing fast and efficient restoration effects. Compared with traditional implantation methods, immediate implantation has become a research hotspot in the field of oral restoration due to its ability to quickly restore aesthetics and shorten the treatment course. However, how to improve its clinical success rate remains a core challenge to be solved, and good primary stability is the key factor ensuring the success of immediate implantation. Primary stability is jointly affected by the patient's local anatomical factors, implant design, and certain surgical techniques. Therefore, multi-link management is required in clinical practice to ensure primary stability, including evaluating the patient's own conditions, selecting an appropriate implantation system, achieving good primary stability through refined surgical methods or digital technology, and accurately judging primary stability after surgery, which can lay a foundation for the success of implantation surgery. This paper aims to systematically sort out and summarize the relevant factors affecting primary stability in immediate implantation, in order to provide reference for clinical practice.

[Key words] Immediate implantation; Primary stability; Influencing factors; Implant

缺失牙(missing teeth)也称牙列缺损, 是指由于各种原因导致的一颗或多颗天然牙的丧

失。缺失牙是口腔医学领域最常见的问题之一, 不仅影响美观, 对口腔及全身健康均构成威胁。

第一作者: 何晓勇(1999.4-), 男, 甘肃张掖人, 硕士研究生, 主要从事口腔种植修复方面研究

通讯作者: 徐国强(1980.6-), 男, 山东昌邑人, 硕士, 主任医师, 副教授, 主要从事口腔种植修复方面研究

目前,种植牙被认为是修复缺失牙的可靠方法,传统的种植修复至少需要3个月的拔牙窝愈合,以及3~6个月的无负重愈合期形成骨结合,增加了患者就诊次数及痛苦。随着即刻负重理论的提出,即刻种植(immediate implantation)成为一项极具吸引力的技术,该技术减少了手术次数,提高了患者满意度,尤其是针对前牙缺失患者,满足了其美学需要。有研究表明^[1],拔牙后即刻放置种植体和延期放置种植体的种植体存活率无显著差异,说明即刻种植可以成为可靠的种植修复方式,目前在前牙种植修复中应用广泛,且成功率较高。对于后牙的即刻种植,一项分析研究结果显示^[2],随访1年后,磨牙即刻种植成功率为93.3%,表明特定的情况下,直接种植在磨牙拔牙窝内可以被认为是一种可预测的技术。在一项对比了即刻种植及延期种植的临床研究分析中结果显示^[3],早期种植体失败风险与即刻种植体失败风险无显著差异,早期和延迟放置方案之间亦无显著差异。这也说明即刻种植已成为临床中可预测的修复方式。良好的初期稳定性对于即刻种植是实现后期骨愈合的基础,这种稳定性主要是种植体植入牙槽骨后获得的机械式嵌合力。良好的初期稳定性不仅可以使种植体能够抵御外界扰动,机械地维持在静止状态,顺利开展和完成骨整合过程,最终达成生物学意义的继发稳定性,还可以避免骨-种植体界面微动和骨质损伤,阻止界面纤维组织生长,促进骨质生长,形成骨整合^[4]。因此,对于即刻种植而言,良好的初期稳定性是种植手术成功的先决条件。本文旨在深入地分析其各种影响因素,并对其进行总结,以期临床工作中的术前评估、设计及修复方案提供理论参考。

1 影响初期稳定性的因素

1.1 局部解剖因素

1.1.1 牙槽窝的形态及骨壁完整性 牙槽窝形态由牙根形态决定,而天然牙根与种植体形态存在差异,导致种植体植入后难以实现全方位紧密接触。不同牙位牙槽窝形态对初期稳定性影响不同:前牙牙槽窝多为锥形,与锥形种植体适配性较好,但上颌前牙种植体仅能与腭侧及根尖部骨接触,唇

侧易形成跳跃间隙,降低机械锁合力;双尖牙区可通过颊舌根中心制备种植窝,获得更多骨-植体接触,初期稳定性更可靠^[5];磨牙区牙槽窝较宽大,可借助牙槽间隔骨提升稳定性,间隔骨条件不佳时可选用宽直径植体增加颊舌(腭)侧骨接触。骨壁可为植体提供支撑与血供,故拔牙需遵循微创原则以保留骨壁。虽然骨增量技术发展使骨壁缺损不再是即刻种植绝对禁忌(骨缺损患者经骨增量与软组织增量处理后,6个月时骨嵴可与植体平台平齐^[6]),但前提是剩余骨壁或根尖区需为植体提供基础稳定性。研究显示^[7],骨缺损程度与初期稳定性呈负相关:三壁骨缺损时,植体与种植窝无过盈量的ISQ值<40,过盈量0.2 mm时ISQ值>50,提示过盈骨量对初期稳定性影响显著。临床需结合术前评估结果,针对不同牙槽窝形态选择适配植体与方案,并通过微创拔牙减少骨壁损伤,为植体提供有力支撑。

1.1.2 骨质及骨量 临床常用Lekholm-Zarb骨质分类法,该分类以皮质骨厚度与松质骨密度为核心依据。研究表明^[8],种植体初期稳定性与周围骨量呈正相关,宽阔牙槽嵴更利于植体支撑;但骨质过密可能引发微骨折、局部缺血、产热过多等并发症,影响后期骨愈合。其中,Ⅳ类骨因难以提供有效机械嵌合,需通过加长加宽植体、增强植体自攻性或采用骨挤压技术改善稳定性,甚至需放弃即刻种植;而Ⅱ类与Ⅲ类骨在临床种植中可靠性更高。对于牙周炎或根尖周炎患者,对照研究证实^[9],其即刻种植存留率可与延期种植相当,但研究纳排标准均明确或隐含“需足够骨量支撑植体”的要求,故仍需评估拟种植区剩余骨质与骨量,以判断即刻种植可行性。此外,当前多数研究聚焦局部危险因素,而系统性疾病对植体成活的重要影响也需纳入考量。

1.2 种植体相关因素 种植体初期稳定性随直径与长度增加而提升,且直径的影响大于长度^[10];此外,种植体形状、螺纹设计、自攻性及表面处理也会产生显著影响。目前3D打印个性化种植体因能更好匹配牙槽窝形态,可增强初期稳定性与后期骨结合,但受成本高、精度不均限制尚未普及。①形状:临床种植体按形态可分为混合型、锥形与柱形;研究显示^[11],混合型初期稳定性最

优,其次为锥形、柱形;锥形植体因解剖设计可降低颊面骨穿孔风险,且能对皮质骨施加侧向压缩力,这是其稳定性更优的重要原因^[12];②螺纹:螺纹可增加骨-植体接触面积、提升初期稳定性并优化负载分配,常见形状包括V形、方形、支撑形与螺旋形;其中V形与宽方形植体对松质骨压力小于薄方形,高螺纹深度更适配高咬合力、低骨密度的情况^[11];螺纹数量越多、深度越深,植体功能面越大,而螺纹宽度决定植入引导方式,且螺纹深度比宽度更易受应力影响^[13];此外,螺距、端面角、螺旋角对初期稳定性的影响仍需进一步研究;③自攻性:针对骨质条件较差患者,自攻型植体可通过根部凹槽与特殊螺纹设计提升初期稳定性;研究证实^[14],即刻种植中自攻型植体的初期稳定性、骨结合效果及新骨形成能力均优于非自攻型,但此类植体的螺纹与根端设计仍有优化空间;④表面处理:尽管表面处理主要影响后期骨结合,但学界对其是否作用于初期稳定性存在争议:部分学者^[15, 16]认为喷砂、酸蚀等粗化处理可轻微提升稳定性,另一部分^[17]则认为无显著作用。

1.3 外科技术的相关因素 术前医生需依据CBCT设计植体植入位点与深度,二者通过影响骨-植体接触面积调控初期稳定性。有研究^[18]对比上颌前牙区不同植入位点及轴向的生物力学特征,发现其对周围骨组织应力分布差异显著,故术前设计需在避让解剖结构的同时,最大化拔牙窝骨壁及根尖区与植体的接触。为提升植入精度,临床常采用术前种植导板与术中动态导航技术。术中技术层面,小直径备洞(undersized drilling)是提升初期稳定性的核心手段:从力学角度,该方案可有效增加低密度骨的植入扭矩,且临床研究证实^[19],其术后长期生物反应与常规备洞相当,在低密度骨中应用安全。此外,骨致密化技术作为前沿位点准备技术,通过特殊器械使周围骨发生塑性形变,相较传统技术可提升种植体周围骨密度、增加骨-植体接触面积并提高愈合后成功率,还能保留骨基质,支持上颌窦提升、狭窄牙槽嵴扩张等附加操作,同时预防皮质骨塌陷^[20]。针对前牙美学区唇侧骨壁较薄的情况,根盾技术可减少骨吸收、维持牙槽骨形态与软组织稳定,

改良根盾技术通过在植体与根片间隙填充骨移植材料实现“生物锁定”,能降低根片松动移位风险^[21];此外,压电式种植体位点准备技术等新兴技术也在逐步应用。植入扭矩对初期稳定性影响显著,过高扭矩可能引发骨微骨折、压迫性坏死及后期边缘骨吸收。目前普遍认为,单颗植体即刻负重/修复需植入扭矩 $\geq 35 \text{ N} \cdot \text{cm}$,连续多颗植体支持的固定桥或全口义齿修复需 $\geq 20 \text{ N} \cdot \text{cm}$ ^[22],但该标准存在争议。一项纳入61例患者的研究显示^[23],采用 $\leq 25 \text{ N} \cdot \text{cm}$ 低植入扭矩进行即刻种植与临时修复,植体存活率达95.5%,且多数无边缘骨吸收,提示 $25 \text{ N} \cdot \text{cm}$ 扭矩或可满足临床需求。

综上,植入位点、备洞技术、植入扭矩等均会影响初期稳定性,即刻种植手术技术敏感性较高,临床医生需综合评估并结合适宜外科手段,实现植体精准植入。

1.4 初期稳定性测量及评价 对于植体植入后如何判断初期稳定性也是即刻种植手术成功的关键,如今临床上有很多种植医师还是通过主观判断,除了结合影像学判断外,在植入植体时,还可以通过扳手感受到旋入阻力来主观判断稳定性,有时视觉上肉眼可以观察到在种植体植入后植体微动或旋转,这种情况说明初期稳定性极差。这些方法虽然简单快速,但是高度依赖种植医师的主观感受,无法量化,不同医师之间的判断也各不相同。目前比较客观的在临床上比较普遍的测量方法有通过共振频率测试来获得种植体稳定指数,该方法具有无创、可重复,也可在愈合期内多次测量,且灵敏度高,需要专门的设备(如Qsstell分析仪器)。RFA装置依靠共振的物理现象来确定每个植入物的固有振动频率,通过一系列算法,在0~100的范围内为临床医生提供植入物稳定商值(ISQ),ISQ值 ≥ 65 提示进行早期负重较为安全,ISQ值 < 60 则提示初期稳定性较差^[24]。此外,植入扭矩也是目前临床中最直接且最常用的量化初期稳定性的方法之一。作为植入术中评估稳定性的客观指标,通常在术中使用棘轮扳手安置种植体时,同步记录其就位情况,从而反向展示种植体的微动度。植入扭矩数值越高,意味着扭力越大,初期稳定性也越强。然而,该方法具有一定的侵入性,且无法进行二次

评估。除了这两种方法以外, Periotest实验也是测量种植体初期稳定性的经典方法^[25], 它是一种手持设备, 由一台小型计算机和一个手机组成, 手机内部有一个电磁驱动的金属杆, 与牙齿或种植体接触, 金属杆与种植体或牙齿之间的接触时间计算为Periotest值(PTV), 其范围从-8(低流动性和良好稳定性)到+50(高流动性和低稳定性)PTV单位, 来评估植体初期稳定性。还有其他一些方法, 例如组织形态学分析、拔插试验等, 因其具有一定的组织破坏性, 更适合应用于实验室研究, 而不太适宜用于临床实践。

2 讨论与展望

对于即刻种植的成功, 局部解剖条件是基础, 不同牙槽窝形态需要个性化的方案, 前牙区需规避唇侧骨板缺损和跳跃间隙, 磨牙区可利用牙槽间隔或宽径植体获得支撑, 微创拔牙与CBCT的精准评估是保障骨支撑的前提。种植体设计(锥形植体、优化的螺纹设计及自攻性能)可强化种植体与骨的机械嵌合, 未来3D打印个性化植体可实现种植体与拔牙窝的完美契合。外科技术是核心手段, 小直径备洞、骨致密化等技术可增强种植体在低密度骨中的初期稳定性, 但一些较为先进的技术如根盾技术对于长期的骨结合效果还并未得到进一步验证^[26], 需要长期的研究得出结论。准确评估是科学保障, 共振频率分析与植入扭矩等量化指标正在取代主观手感, 建立更为科学客观的评价体系。

未来研究应关注于机械稳定性与微观生物学之间的调控关系, 推动精准与智能化, 利用AI术前规划及术中指导, 实现个性化诊疗, 不断优化与规范外科技术, 通过长期临床研究证明新兴技术的长期效果, 形成标准化指南, 加强多学科交叉合作, 进一步提升即刻种植的成功率, 为患者提供最佳修复方案。

3 总结

即刻种植的初期稳定性是由患者的局部解剖、种植体的选择, 临床医生的外科技术及术前设计综合决定的结果。在临床诊疗的过程中, 要尽可能准确地评估患者的术前状况, 有效利用剩

余的牙槽骨, 选择合适的种植系统及外科手段, 植入后准确判断种植体的初期稳定性。综合考虑各种因素, 必要时采用个性化精准治疗, 在满足生物学要求的前提下, 最大化提高种植体初期植入的机械稳定性。

[参考文献]

- [1] Patel R, Ucer C, Wright S, et al. Differences in Dental Implant Survival between Immediate vs. Delayed Placement: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. Dent J (Basel), 2023, 11(9): 218.
- [2] Ragucci GM, Elnayef B, Criado-Cámara E, et al. Immediate implant placement in molar extraction sockets: a systematic review and meta-analysis[J]. Int J Implant Dent, 2020, 6(1): 40.
- [3] Bassir SH, El Kholy K, Chen CY, et al. Outcome of early dental implant placement versus other dental implant placement protocols: A systematic review and meta-analysis[J]. J Periodontol, 2019, 90(5): 493-506.
- [4] 许竞. 种植初期稳定性的意义及其参数标准[J]. 口腔疾病防治, 2021, 29(1): 1-10.
- [5] 李国平, 林静. 不同牙位即刻种植临床效果探讨[J]. 中国实用口腔科杂志, 2013, 6(12): 749-750.
- [6] Th Elaskary A, Y Gawwesh Y, Maebed MA, et al. A Novel Method for Immediate Implant Placement in Defective Fresh Extraction Sites[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2020, 35(4): 799-807.
- [7] 游嘉, 周乐峰, 彭伟, 等. 面向即刻种植的种植体的初期稳定性研究[J]. 中国生物医学工程学报, 2016, 35(3): 324-329.
- [8] de Elío Oliveros J, Del Canto Díaz A, Del Canto Díaz M, et al. Alveolar Bone Density and Width Affect Primary Implant Stability[J]. J Oral Implantol, 2020, 46(4): 389-395.
- [9] 仲琳, 何辰菲, 魏明贵, 等. 牙周病患者前牙即刻种植和常规种植修复2年内稳定性比较[J]. 上海口腔医学, 2022, 31(3): 309-312.
- [10] 高文波, 马宗民, 李淑娴, 等. 有限元分析不同骨质下种植体长度及直径对初期稳定性的影响[J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(6): 875-880.
- [11] Heimes D, Becker P, Pabst A, et al. How does dental implant macrogeometry affect primary implant stability? A narrative review[J]. Int J Implant Dent, 2023, 9(1): 20.

- [12]Kreve S,Ferreira I,da Costa Valente ML,et al.Relationship between dental implant macro-design and osseointegration:a systematic review[J].Oral Maxillofac Surg,2024,28(1):1-14.
- [13]Abuhussein H,Pagni G,Rebaudi A,et al.The effect of thread pattern upon implant osseointegration[J].Clin Oral Implants Res,2010,21(2):129-136.
- [14]龚铭,孙晓琳,杜留熠,等.自攻型种植体在即刻种植中的生物学性能研究[J].口腔医学,2021,41(8):678-684.
- [15]Gansukh O,Jeong JW,Kim JW,et al.Mechanical and Histological Effects of Resorbable Blasting Media Surface Treatment on the Initial Stability of Orthodontic Mini-Implants[J].Biomed Res Int,2016,2016:7520959.
- [16]王淼,朱璐璐,徐博雅,等.分段设计种植体表面粗糙度对种植体拔除难度及骨结合的影响研究[J].中国美容医学,2025,34(1):37-42.
- [17]Dos Santos MV,Elias CN,Cavalcanti Lima JH.The effects of superficial roughness and design on the primary stability of dental implants[J].Clin Implant Dent Relat Res,2011,13(3):215-223.
- [18]杜军,万哲.植入位点及轴向对上颌中切牙即刻种植即刻负重应力影响的三维有限元分析[J].医用生物力学,2023,38(2):353-359.
- [19]Stoccherio M,Toia M,Cecchinato D,et al.Biomechanical,Biologic,and Clinical Outcomes of Undersized Implant Surgical Preparation:A Systematic Review[J].Int J Oral Maxillofac Implants,2016,31(6):1247-1263.
- [20]Fontes Pereira J,Costa R,Nunes Vasques M,et al.Osseodensification:An Alternative to Conventional Osteotomy in Implant Site Preparation:A Systematic Review[J].J Clin Med,2023,12(22):7046.
- [21]吴浩颖,王方.改良根盾技术在前牙美学区即刻种植中的应用[J].口腔颌面外科杂志,2025,35(4):278-289.
- [22]方菊,吴涛.植入扭矩与种植体骨结合的研究进展[J].中国口腔种植学杂志,2020,25(4):187-191.
- [23]Norton MR.The influence of insertion torque on the survival of immediately placed and restored single-tooth implants[J].Int J Oral Maxillofac Implants,2011,26(6):1333-1343.
- [24]Chávarri-Prado D,Brizuela-Velasco A,Diéguez-Pereira M,et al.Influence of cortical bone and implant design in the primary stability of dental implants measured by two different devices of resonance frequency analysis:An *in vitro* study[J].J Clin Exp Dent,2020,12(3):e242-e248.
- [25]Semenzin Rodrigues A,de Moraes Melo Neto CL,Santos Januzzi M,et al.Correlation between Periotest value and implant stability quotient:a systematic review[J].Biomed Tech (Berl),2023,69(1):1-10.
- [26]龚佳明,赵瑞敏,李婉昕,等.根盾技术对即刻种植临床效果的影响:基于随机对照研究的Meta分析[J].国际口腔医学杂志,2022,49(5):537-547.

收稿日期: 2025-10-18 编辑: 扶田