

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2025.10.045

•综述•

牙冠-种植体比对种植修复体临床并发症影响的研究进展

宋婷婷

(合肥市口腔医院/安徽医科大学合肥口腔临床学院, 安徽 合肥 230000)

[摘要] 天然牙的冠根比对评价天然牙远期状态具有重要的临床意义,然而大量的临床研究及动物实验表明天然牙冠根比理论并不适用于种植修复体。传统种植理论主张使用较长种植体以提升成功率,而随着短种植体的普及,牙冠-种植体比(C/I)对修复体并发症的影响已成为新的研究焦点。通过对近年国内外文献的系统回顾与分析,本文研究了C/I对种植修复体临床并发症及成功率的影响,结果显示C/I与种植体临床并发症及种植成功率之间无明确的相关性,但过高比例可能提升生物和机械并发症发生的风险。临床医师应用短种植体时需制定个体化治疗方案,通过优化C/I降低并发症发生风险,从而确保单冠修复的长期稳定性。

[关键词] 种植牙;牙冠-种植体比(C/I);边缘骨吸收;短种植体

[中图分类号] R783.4

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949(2025)10-0182-04

Research Progress on the Influence of Crown-to-implant Ratio on Clinical Complications of Dental Implant Prosthesis

SONG Tingting

(Hefei Stomatological Hospital/Hefei Stomatological Clinical College of Anhui Medical University, Hefei 230000, Anhui, China)

[Abstract] The crown-to-root ratio of natural teeth is of great clinical significance for evaluating the long-term prognosis of natural teeth. However, numerous clinical studies and animal experiments have shown that the crown-root ratio theory of natural teeth does not apply to dental implant prosthesis. Traditional implant theory advocates the application of longer implants to improve success rates. With the popularity of short implants, the influence of the crown-to-implant ratio (C/I) on prosthetic complications has become a new research focus. Through a systematic review and analysis of recent domestic and international literature, this paper investigates the effect of the C/I on the clinical complications and success rates of dental implant prosthesis. The results show that there is no clear correlation between the C/I and implant clinical complications or success rates, but an excessively high ratio may increase the risk of biological and mechanical complications. Clinicians should formulate individualized treatment plans when using short implants, optimizing the C/I to reduce the risk of complications and ensure the long-term stability of single-crown restoration.

[Key words] Dental implant; Crown-to-implant ratio (C/I); Marginal bone resorption; Short implant

口腔种植修复(dental implant prosthodontics)对于牙列缺损是一种可靠且成功率较高的修复方式,其长期的稳定性和功能性取决于种植体周围骨组织的完整性。种植体周围骨流失是决定种植修复长期预后的关键因素,若未得到有效控制,将增加种植体脱落风险,其发生机制涉及多种生物和机械因素,包括感染、特定个

体因素、口腔健康维护以及冠部修复体设计等多个方面^[1]。牙冠-种植体比(crown-to-implant ratio, C/I)作为重要的生物力学因素,被认为是影响种植修复体周围骨组织健康的关键变量之一。传统种植理念认为C/I的增加会提高种植体的失败率、生物并发症和机械并发症的发生风险。目前,临床研究对于C/I与种植体周围骨

流失的关系仍存在争议^[2-4]，其在复杂口腔环境中的独立作用及对种植体长期存留率的影响尚需进一步研究证实。基于此，本文系统性回顾近年国内外文献，分析种植体C/I与种植修复体临床并发症及种植成功率的相关性，以期帮助临床医生规避较高冠根比带来的近远期风险。

1 临床冠根比与解剖冠根比

种植修复体C/I符合I类杠杆的力学理论，C/I影响着力学负荷的传导和分散^[5]。其中，C/I分为临床冠根比（clinical C/I）和解剖冠根比（anatomical C/I）。临床冠根比的分界点在种植体与牙槽骨接触最大的位置，在承受咬合力时杠杆臂的支点位于种植体-骨界面的牙槽嵴顶。解剖冠根比的分界点位于种植体基台与冠部修复体连接处，承受咬合力时杠杆臂的支点位于基台肩台处。临床冠根比会随着牙槽骨的吸收而不断增大，而解剖冠根比不会随着牙槽骨的变化而发生变化，且与种植体相连部件的刚度大于皮质骨的刚度。因此，国内外学者大多认为临床冠根比的比值作为评估C/I对种植体修复并发症的影响更符合临床实际^[6]。此外，临床冠根比也是评估种植周围生物力学因素及种植体周围骨吸收的重要指数。

2 种植修复体C/I对种植体生物并发症的影响

生物并发症指由生物因素引起的功能问题，包括种植体周围炎、边缘骨吸收、种植体松动或脱落以及软组织退缩等，其会增加种植体植入的失败风险。而高冠根比则可能因生物力学过载和生物学微环境改变，间接或直接导致生物并发症的加剧。

2.1 种植体周围炎 种植体周围炎是种植体周围软组织炎症以及炎症所导致的种植体周围支持组织吸收的病症，临床上探查深度增加 ≥ 5 mm，X线片显示边缘骨吸收 > 3 mm^[7]。有限元分析（FEA）发现^[8]，在所有模型中，最大应力都集中在种植体颈部区域，尤其是在颊侧区域。高C/I使得咬合力过于集中于种植体颈部，造成骨-种植体界面微损伤，破坏局部血供和骨改建平衡，为细菌定植创造条件。生物力学模型表明^[9]，高C/I引发的应力峰值可在种植体颊侧形成“V”型骨缺损，进一步增加细菌侵入风险。在局部菌斑控制方面，

过长的牙冠可能干扰患者口腔清洁，导致种植修复体周围菌斑堆积，加速种植体周围黏膜炎进展为种植体周围炎。

2.2 边缘骨吸收 随着种植技术发展，对于一些传统种植体植入难度较大的病例，使用短种植体不仅能减少复杂手术带来的创伤和风险，也使患者的治疗时间和成本得到降低。Garaicoa-Pazmiño C等^[10]发现高C/I可导致种植体颈部骨组织长期承受超出生理阈值的应力，激活破骨细胞活性，抑制成骨细胞分化，表现出种植体颈部骨结合丧失，尤其在骨密度较低的患者中更为突出。而Tang Y等^[4]在一项为期4年的回顾性研究中发现，当C/I在0.47~3.01时，种植体C/I与边缘骨流失呈负相关，这与Ramaglia L等^[11]评估短种植体边缘骨吸收的研究结果一致，适当的应力可促进成骨细胞增殖和分化，刺激骨组织形成，超负荷的应力则会引起骨吸收。Jain R等^[12]研究表明，咬合施加的力主要集中作用于皮质骨，与种植体植入牙槽骨内长度的相关性较弱。然而，种植体C/I与边缘骨流失之间的统计学相关性尚无确切证据。

2.3 种植体松动或脱落 研究发现^[13]，C/I的显著增加可能导致种植体周围骨组织持续应力过载，进而导致骨吸收范围不断扩大，有效骨结合面积不足，最终导致了种植体松动甚至脱落。另外，长期过高的咬合应力作用导致种植体及连接部件的应力疲劳，也会间接导致局部感染及破坏骨结合。然而Jain R等^[12]一项为期5年的纵向研究中发现，在一定的范围内，相对高的冠根比可提高种植体的稳定性，咀嚼力引起的牙槽骨嵴顶应力集中可能会刺激种植体周围的骨形成，但应力阈值尚不明确。

2.4 软组织退缩 种植体周围软组织封闭不仅可防御细菌入侵，预防种植体周围炎，同时可维持种植修复体的美学效果，减少种植体颈部金属暴露，降低患者机械并发症发生的风险。动物实验表明^[14]，高冠根比可使种植体周围软组织厚度减少，胶原纤维排列紊乱，上皮屏障功能减弱，细菌更易侵入深层组织，局部促炎因子表达升高，抗感染能力下降，从而导致发生种植体周围炎的风险增加。

尽管现有证据支持高冠根比可能增加种植体生物并发症的风险，但其单一因素作用的统计学

证据尚不明确。未来研究需整合生物力学、分子机制和临床大数据,以建立更精准的风险预测模型和个体化治疗策略。

3 种植修复体C/I对种植体机械并发症的影响

种植体的机械并发症是由不良载荷过重或者机械强度不足等原因导致的种植体及种植修复部件的机械损伤^[15]。对于断裂基台及螺丝等的处理不仅耗时长,且极具挑战性,同时该操作对种植体和修复体都可能构成不同程度的风险,会增加医生临床工作负担^[16]。

Quaranta A等^[17]发现,C/I是种植修复中一些机械并发症的危险因素。高C/I产生的杠杆效应能够形成较大的扭矩,其会导致螺丝预紧力逐渐丧失。反复咬合负荷下,基台与种植体界面微动摩擦增加,加速螺丝螺纹磨损。同时有学者发现^[18],种植体C/I大于2:1时,磨牙区冠部修复体松动的可能性增加2~3倍,种植体颈部应力增加40%~60%,接近疲劳阈值,修复体基台折裂率显著增加。Nissan J等^[19]指出在评估生物力学相关的不利影响时,冠部修复体的高度比C/I更为重要,侧向载荷下冠部修复体高度的增加会引起中央螺丝和种植体周围骨组织的应力集中。当C/I大于1.5:1时,侧向载荷下螺丝松动、修复基台折断和牙冠高度之间存在明显相关性,而在轴向载荷情况下则未观察到这种关联^[20]。

临床医生在进行种植修复时,对于C/I不利的种植体,可通过减小侧向载荷、优化生物力学设计和严格临床管理,降低机械并发症发生风险,提高种植修复的长期成功率。随着AI智能的发展,在未来的临床诊断治疗过程中,临床医生有望通过个性化生物力学设计及智能咬合监测来规避机械风险。

4 种植修复体C/I对种植体成功率的影响

种植成功的标准为:放射线检查种植体周围的蝶形骨丧失在戴入冠部修复体后1年内小于2.0 mm,且之后每年不超过0.2 mm;种植体无松动;种植修复体功能正常;患者感觉无异常;正常维护状态下无持续性或不可逆的生物及美学并发症^[21]。Yuan X等^[13]发现较高C/I咬合力的传递路径变长,增加杠杆效应,可能导致种植体颈部区域

的应力集中,进而导致边缘骨吸收增加,C/I进一步增加,最终导致种植失败。Da Rocha Ferreira JJ等^[22]认为,斜向载荷下,高C/I会增大种植体周围应力,增加种植失败的风险,需谨慎处理侧向力。但是,Malchiodi L等^[23]在一项为期10年的纵向研究中发现,在缺牙区有足够骨宽度的病例中,即使C/I比超过3:1,种植成功率及边缘骨水平也不受影响。Torres-Alemany A等^[24]回顾多篇文献综合现有证据发现,高C/I条件下种植体存活率及边缘骨吸收与标准种植体相当,且不受种植体尺寸(长度/直径)或修复设计(C/I)的显著影响。Hariharan A等^[25]通过三维有限元分析发现,高C/I不影响种植体骨界面稳定性,且可增加种植体周围骨密度,与边缘骨吸收及种植成功率无相关性。且有学者^[26]发现一些优化设计的短种植体也能取得很好的临床效果并具有很高的成功率。尽管目前的证据证明C/I与种植体成功率无直接相关性,但有限元分析提示高C/I存在应力风险,临床操作中可通过优化修复体固位方式、联冠修复等,抵消高C/I的不利影响,这一发现为骨高度不足患者的修复方案提供了更优选择。

5 总结

C/I与种植体生物并发症之间的相关性尚无准确的定论。但是,过高的C/I可能增加种植体生物、机械并发症发生的风险。为了降低上述风险,临床医生在种植体位置设计时,可通过不同的固位及连接方式尽量避免三维位置不佳形成修复体悬臂或冠部修复体过高而增加力臂。随着种植系统及生物医学的发展,种植体表面涂层及个性化设计,使得与骨组织之间的骨整合及生物应力分布更加合理。未来研究应基于生物医学与种植体表面技术的交叉进展,通过解析C/I的量化调控机制,规避高C/I带来的不利风险。

[参考文献]

- [1] Bayraktar M, Gultekin BA, Yalcin S, et al. Effect of crown to implant ratio and implant dimensions on periimplant stress of splinted implant-supported crowns: a finite element analysis[J]. *Implant Dent*, 2013, 22(4): 406-413.
- [2] Thoma DS, Cha JK, Jung UW. Treatment concepts for the posterior maxilla and mandible: short implants versus

- long implants in augmented bone[J]. *J Periodontal Implant Sci*, 2017, 47(1): 2-12.
- [3] Di Fiore A, Vigolo P, Sivoletta S, et al. Influence of Crown-to-Implant Ratio on Long-Term Marginal Bone Loss Around Short Implants[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2019, 34(4): 992-998.
- [4] Tang Y, Yu H, Wang J, et al. Influence of crown-to-implant ratio and different prosthetic designs on the clinical conditions of short implants in posterior regions: A 4-year retrospective clinical and radiographic study[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2020, 22(1): 119-127.
- [5] Misch CM, Lin GH. Crown-to-implant ratio: A misnomer[J]. *Int J Oral Implantol (Berl)*, 2024, 17(3): 227-228.
- [6] Hausmann DW, Hahmann M, Mogk M, et al. Influence of Crown-to-Implant Ratio on Crestal Bone Loss at Implants with Single Crowns and Bridges: A 5- to 20-Year Long-Term Cohort Study in Patients with Periodontal Disease[J]. *Int J Prosthodont*, 2024, (3): 245-252.
- [7] Shinohara R, Ueda K, Watanabe F. Influence of the difference between implant body and screw materials on abutment screw loosening[J]. *Dent Mater J*, 2019, 38(1): 150-156.
- [8] Lee KJ, Kim YG, Park JW, et al. Influence of crown-to-implant ratio on periimplant marginal bone loss in the posterior region: a five-year retrospective study[J]. *J Periodontal Implant Sci*, 2012, 42(6): 231-236.
- [9] Ercal P, Taysi AE, Ayvalioglu DC, et al. Impact of peri-implant bone resorption, prosthetic materials, and crown to implant ratio on the stress distribution of short implants: a finite element analysis[J]. *Med Biol Eng Comput*, 2021, 59(4): 813-824.
- [10] Garaicoa-Pazmiño C, Suárez-López del Amo F, Monje A, et al. Influence of crown/implant ratio on marginal bone loss: a systematic review[J]. *J Periodontol*, 2014, 85(9): 1214-1221.
- [11] Ramaglia L, Di Spirito F, Sirignano M, et al. A 5-year longitudinal cohort study on crown to implant ratio effect on marginal bone level in single implants[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2019, 21(5): 916-922.
- [12] Jain R, Pisulkar SG, Dubey SA, et al. Influence of Crown Height and Width on Marginal Bone Loss and Long-Term Stability of Dental Implants: A Systematic Review[J]. *Cureus*, 2024, 16(7): e65109.
- [13] Yuan X, Liu Y, Yang Y, et al. Effect of short implant crown-to-implant ratio on stress distribution in anisotropic bone with different osseointegration rates[J]. *MC Oral Health*, 2023, 23(1): 683.
- [14] Schwarz F, Iglhaut G, Becker J. Quality assessment of reporting of animal studies on pathogenesis and treatment of peri-implant mucositis and peri-implantitis. A systematic review using the ARRIVE guidelines[J]. *J Clin Periodontol*, 2012, 39 Suppl 12: 63-72.
- [15] 徐淑兰, 郭泽鸿, 宁颖圆, 等. 种植义齿冠根比与临床并发症[J]. *口腔疾病防治*, 2020, 28(9): 545-550.
- [16] 曹聪, 满毅. 种植体中央螺丝折断的风险防范及治疗考量[J]. *口腔医学*, 2023, 43(1): 24-27.
- [17] Quaranta A, Piemontese M, Rappelli G, et al. Technical and biological complications related to crown to implant ratio: a systematic review[J]. *Implant Dent*, 2014, 23(2): 180-187.
- [18] 韦颂观, 廖红兵. 不同冠根比种植单冠修复的临床应用进展[J]. *口腔医学研究*, 2018, 34(8): 812-814.
- [19] Nissan J, Ghelfan O, Gross O, et al. The effect of crown/implant ratio and crown height space on stress distribution in unsplinted implant supporting restorations[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2011, 69(7): 1934-1939.
- [20] Verri FR, Batista VE, Santiago JF Jr, et al. Effect of crown-to-implant ratio on peri-implant stress: a finite element analysis[J]. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*, 2014, 45: 234-240.
- [21] 宿玉成. 口腔种植学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2004.
- [22] Da Rocha Ferreira JJ, Machado LFM, Oliveira JM, et al. Effect of crown-to-implant ratio and crown height space on marginal bone stress: a finite element analysis[J]. *Int J Implant Dent*, 2021, 7(1): 81.
- [23] Malchiodi L, Ricciardi G, Salandini A, et al. Influence of crown-implant ratio on implant success rate of ultra-short dental implants: results of a 8- to 10-year retrospective study[J]. *Clin Oral Investig*, 2020, 24(9): 3213-3222.
- [24] Torres-Aleman A, Fernández-Estevan L, Agustín-Panadero R, et al. Clinical Behavior of Short Dental Implants: Systematic Review and Meta-Analysis[J]. *J Clin Med*, 2020, 9(10): 3271.
- [25] Hariharan A, Krithika A, Thanya K, et al. Stress Distribution on Short Implants with Varying Crown Heights-An In vitro Study[J]. *J Pharm Bioallied Sci*, 2024, 16(Suppl 2): S1498-S1504.
- [26] 邹康元, 李树荣, 张佩芬, 等. 不同冠根比对种植单冠修复体临床效果的影响[J]. *中华口腔医学研究杂志(电子版)*, 2012, 6(4): 41-44.