

稳态咬合与种植体长期稳定性的关系初探

陈江^{1,2} 吴玲^{1,2}

1. 福建省口腔疾病研究重点实验室, 福建省口腔生物材料工程技术研究中心,
福建省高校口腔医学重点实验室, 福建医科大学口腔医学院/附属口腔医院, 福州 350001;
2. 福建医科大学口腔医学院·附属口腔医院种植科, 福州 350001

[摘要] 种植体长期稳定性受多重因素协同调控, 咬合参数与骨丧失进程尤为关键。后者通过削弱机械固位增加松动风险, 直接威胁种植体长期存续。近年研究证实, 稳态咬合失衡(如咬合负载过大、咬合接触异常、功能引导异常等)可显著升高种植体周围骨丧失发生率, 进而破坏生物力学稳定。因此, 本文聚焦于稳态咬合失衡对种植体周围骨丧失的作用, 以及基于稳态咬合设计的骨丧失防控策略, 旨在提升种植体长期稳定性。

[关键词] 稳态咬合; 种植体; 周围骨丧失; 咬合设计; 长期稳定性

[中图分类号] R783 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/hxkq.2025.2025232



本文链接 开放科学标识码

Initial exploration of the relationship between homeostatic occlusion and long-term dental implant stability

Chen Jiang^{1,2}, Wu Ling^{1,2}

1. Fujian Provincial Key Laboratory of Stomatology, Fujian Provincial Engineering Technology Research Center for Oral Biomaterials, Fujian Provincial Higher Education Key Laboratory of Stomatology, School of Stomatology/Affiliated Stomatological Hospital, Fujian Medical University, Fuzhou 350001, China; 2. Dept. of Dental Implantology, School of Stomatology/Affiliated Stomatological Hospital, Fujian Medical University, Fuzhou 350001, China

Supported by: National Natural Science Foundation of China (82371008)

Correspondence: Chen Jiang, E-mail: jiangchen@fjmu.edu.cn

[Abstract] Long-term dental implant stability is governed by the synergistic regulation of multiple factors, with occlusal parameters and marginal bone loss (MBL) progression being of paramount importance. Progressive MBL undermines mechanical retention, predisposing implants to micromotion and jeopardizing their long-term survival. Accumulating evidence has revealed that homeostatic occlusion imbalance, characterized by excessive occlusal loading, aberrant occlusal contacts, and dysfunctional guidance, significantly increases the incidence of peri-implant bone loss, thereby disrupting biomechanical homeostasis. Therefore, this manuscript delineates the mechanistic role of steady-state occlusal imbalance in driving peri-implant MBL and proposes a homeostatic occlusion-based strategy for preventing and controlling such bone loss, aiming to enhance the long-term stability of dental implants.

[Key words] homeostatic occlusion; implant; marginal bone loss; occlusal scheme; long-term stability

种植体长期稳定性需要充足的种植体周围骨量支持。Adell等^[1]通过研究发现种植体在负载后第一年骨丧失的平均值为1.5 mm, 而第一年后种植体周围的平均年骨丧失量为0.1 mm, 这些数据

成为评价种植体稳定性及成功的标准之一, 与Albrektsson等^[2]对于种植牙稳定性及成功标准的定义一致, 其中第一年后的一年骨丧失变成不应超过0.2 mm。种植体周围骨丧失被认为是种植体周围炎发展的关键因素。但种植体周围骨丧失并不一定代表疾病状况, 骨水平发生变化常是生理过程和/或对外部改变和宿主反应因子的适应^[3]。种植体周围骨丧失并非必然引发种植体周围炎, 但该

[收稿日期] 2025-06-03; **[修回日期]** 2025-10-19

[基金项目] 国家自然科学基金(82371008)

[第一作者] 陈江, 教授, 博士, E-mail: jiangchen@fjmu.edu.cn

[通信作者] 陈江, 教授, 博士, E-mail: jiangchen@fjmu.edu.cn

炎症的发生必然以骨丧失为前提,早期的种植体周围骨丧失可以作为种植体周围炎的预测指标^[4]。种植体周围骨丧失由多因素导致,咬合因素则作为其中不可忽视的因素之一,如因悬臂梁及种植体跨度大等引起咬合负载力量过大,导致种植体周围骨组织承受过大的压力,从而引发骨吸收。其次咬合接触及功能引导异常导致咬合应力集中,使局部骨组织受到过度的应力刺激,进而引起骨丧失。此外,患者自身咬合因素,如磨牙症及不良咀嚼习惯等,这些习惯会使种植体受到异常的咬合力,增加种植体周围骨丧失的风险,进而影响种植体长期稳定性。

1 稳态咬合失衡在种植体周围骨丧失中的作用

1.1 咬合修复设计导致的稳态咬合失衡在种植体周围骨丧失中的作用

1.1.1 咬合负载力量过大

由于咬合力产生超过骨组织耐受的应力阈值而造成边缘骨吸收。研究^[5]表明,骨骼适应以合成代谢或分解代谢的形式发生,具体取决于施加机械力的大小。根据Frost的理论,骨骼重塑需在特定应变范围内进行,在此范围内,骨损伤可通过修复与新骨沉积维持平衡。然而,当骨应变超过3 000微应变时,骨吸收速率将超过修复速率,最终导致骨质流失^[6]。虽然这一理论基于胫骨研究得出,该理论的确切微应变数值并不适用于牙槽骨,但是骨骼重塑需要一定应变范围的概念同样适用于种植体周围骨,并已得到了一些证据的支持^[7-10],如研究发现在3 400~6 600微应变范围内,猴子的种植体周围发生骨沉积,而超过6 700微应变后,种植体周围骨出现骨丧失。

此外,种植牙与天然牙存在显著的生物学差异,其根本区别在于连接方式:天然牙借由牙周韧带与牙槽骨相连,而种植牙则通过骨整合直接连接,这种差异导致两者对咬合力的生物力学响应不同。与天然牙相比,种植体的触觉敏感性平均降低了88.6%^[11],这主要是缺乏牙周韧带导致种植体表现出较差的触觉敏感性及咬合意识,触觉敏感性的差异导致种植体更难检测到咬合超负载,从而无法引发保护性反射。并且,相较于天然牙,种植体在轴向及水平向的动度显著降低,缺乏生理性缓冲,导致咬合力几乎全部传导至种植体-骨界面,且易在种植体颈部周围骨组织形成应力集中。

悬臂梁指种植修复体中,自最远端种植体延伸至修复体末端的游离部分。自现代种植技术应用伊始,悬臂梁设计便用于扩展种植体支持的全颌固定义齿的修复范围^[12]。此外,悬臂梁的应用可减少所需种植体数量以降低修复成本,并在骨量不足时规避复杂的骨增量手术,从而降低手术风险。因此,该设计在多单位及单单位固定局部种植义齿修复中已较常见^[13]。然而,悬臂梁也存在设计风险,如悬臂梁上的咬合力会因杠杆作用放大,可能导致咬合负载力量过大,产生破坏性应变。同时,过大的种植修复跨度易导致悬臂梁设计不当,进而扰乱种植体应力分布模式,加剧颈部骨组织应力集中,产生有害的剪切力与旋转负载,这不仅危害种植体周围骨组织及骨整合界面,更威胁种植固定义齿的长期稳定性。因此,需合理控制修复跨度并谨慎设计悬臂梁长度,以避免过大咬合力引发种植体周围骨丧失。

1.1.2 咬合接触面不良

咬合力的绝对值并不能直接反映某个特定种植体部位的咬合超负荷,这主要是由于咬合力的分布取决于咬合接触面积。如果咬合接触面积较小,即使咬合力的绝对值不高,也可能导致局部应力集中^[14]。此外,过宽的颊舌径或不良的牙尖斜度会放大侧向力,增加种植体周围骨组织的负担,这种异常的牙冠形态会导致咬合力的异常分布,可能增加种植体周围骨组织丧失的风险^[15]。当咬合力作用点偏离种植体的中心轴时,会产生非轴向作用力,导致种植体周围骨组织的应力分布不均^[16],这种不均匀的应力分布,尤其是在咬合力较大的区域可能引发局部骨丧失。有限元分析显示,咬合力的分布和大小对种植体周围骨应力有显著影响^[15]。当咬合力集中在少数接触点时,局部应力显著增加,可能导致种植体周围骨丧失,影响种植体长期稳定性^[17-18]。此外,一项通过放射学评估的研究^[19]发现,咬合接触不良的种植体在术后1年内种植体周围骨丧失更为显著。同时不稳定的咬合接触可能导致反复的微动,这种微动会干扰种植体与骨组织之间的骨整合,进而可能引发种植体周围骨丧失^[20]。

由于种植体缺乏牙周韧带,其咬合力响应机制与天然牙存在差异,导致种植体-对颌牙咬合接触的生物力学互动特性不同^[21]。临床病例研究^[22]显示,当种植修复体对颌为天然牙时,天然牙的牙周韧带可吸收大部分咬合负载。在此状态下,种植体周围骨丧失量约为0.2 mm,而当对颌为种植

修复体时,骨丧失量增至0.6 mm,这表明,与对颌同为种植修复体相比,对颌为天然牙更利于维持更高的种植体周围骨水平^[23]。然而,研究^[24]亦发现,当种植体作为天然牙的对颌牙时,相较于天然牙对颌,其可导致天然牙牙槽骨吸收程度显著增高。因此,在种植修复设计时,除考虑种植体侧因素外,还应充分关注其对颌牙列(尤其是天然牙)的生物力学特性及其潜在影响。

1.1.3 功能运动引导异常

前导是指下颌在正中咬合和非正中运动等各个方向的功能运动中上下前牙(包括切牙、尖牙)的接触关系。在前伸运动中,如果前牙种植修复体引导不足,则可能导致邻牙咬合力过大,从而对余留前牙造成不利影响^[25]。前牙引导可使后牙脱离咬合接触,从而起到保护后牙的作用。然而如果在前伸运动中出现咬合干扰或缺乏前牙引导,则可能导致后牙种植体(尤其是第二前磨牙、第一磨牙位置的种植体)被迫承担侧向力,导致应力集中,从而可能出现种植体周围骨丧失,影响种植体长期稳定^[26]。此外,在侧方运动中,应确保咬合力均匀分布,避免应力集中。在下颌All-on-4种植固定义齿的有限元分析表明组牙功能殆由于多颗牙同时负载,应力更易分散,而尖牙保护殆咬合接触只发生在上下尖牙之间,咬合接触面积小,接近负载部位的种植体容易出现应力集中^[27]。因此,侧方运动需根据具体情况选择咬合引导设计,避免种植体周围骨丧失,且应避免非工作侧咬合干扰,否则可能引发下颌支点转移至非工作侧,导致该侧种植体承受非轴向扭转力,造成种植体周围骨吸收。

1.2 患者自身咬合因素导致的稳态咬合失衡对种植体周围骨丧失的影响

磨牙症是其他方面健康个体出现的重复性下颌肌肉活动总称,其特征为反复的紧咬、磨牙及下颌前伸或推挤运动^[28]。对于种植牙而言,磨牙症会导致种植体超负荷增加失败风险。由于不可预测和不受控制的过度负荷可能导致种植体的微动超过临界阈值,从而导致种植体周围的纤维性包裹,进而危及种植体的骨结合^[29]。此外,相较于天然牙,种植体因缺乏牙周韧带而缺失本体感觉反馈机制,故难以感知负荷变化而更易超载,进而引发触觉敏感度下降。该反馈减弱可能诱发磨牙症患者施加更大的咬合力,继而增加种植失败风险。研究^[30]表明磨牙症患者的种植体周围骨吸收可能比非磨牙者更严重,这可能由于天然牙

对最小压力的感知阈值低于种植体,压力在天然牙周围分布较为均匀,而在种植体颈部周围的骨组织更为集中。磨牙症导致的咬合超负载还可能扰乱骨吸收与骨沉积之间的平衡,导致骨与种植体界面出现疲劳相关的微骨折。此外,咀嚼习惯,尤其是偏侧咀嚼导致咬合力的非对称分布,这种不对称的咬合力分布可能会对种植牙的长期稳定性产生负面影响^[31-32]。

2 预防种植体周围骨丧失的稳态咬合临床对策:从“被动”到“主动”

2.1 预防单颗种植及种植固定局部义齿种植体周围骨丧失的稳态咬合临床对策

种植修复咬合设计最早是通过借鉴天然牙的咬合模式,采用相互保护咬合,其通过后牙和前牙的相互保护,减少对种植体的负荷。随着Misch等^[33]于1994年提出种植体保护性咬合,旨在通过优化咬合设计,减少种植体周围骨组织的负荷,从而延长种植体和修复体的使用寿命。Kim等^[13]对种植体保护性咬合进行总结并提出了主要原则:建立稳定的正中止;正中殆和后退位之间协调一致;咬合接触稳定和咬合力分布均匀;有广泛的正中自由域;尽可能采用前牙引导;侧方运动时,非工作侧无殆干扰。种植体保护性咬合的主要原则的提出和应用有利于创造稳定和谐的咬合,避免咬合超负荷,防止种植体周围骨丧失等并发症的发生,维护种植体长期稳定性。

咬合力应均匀分布。在最大牙尖交错位时,种植修复体咬合面应与对颌牙保持轻接触或无接触,而邻近天然牙可维持轻至中度接触。此设计源于种植体缺乏牙周韧带缓冲机制,需为其预留生理性代偿空间,实现轻咬无接触、重咬微接触的目标。前导功能(前伸/侧方运动)至关重要,但需严格规避种植修复体单独引导下颌运动。此外,后牙种植修复体应避免非轴向咬合力传导,关键措施包括:工作侧与非工作侧均脱离咬合接触;前伸及侧方运动时完全脱离咬合^[34-35]。对于肯氏四类患者的前牙种植桥或牙周条件不佳的前牙,以及尖牙被种植修复体取代时,这些种植修复体不应承受过大的侧向力和前伸力的情况下,建议采用组牙功能殆。此外,不合理的悬臂梁设计与剪切力的产生相关,因此设计合理的牙尖斜度可使牙齿免受剪切力的影响,而咬合面减少30%便能降低约50%的侧向力,防止悬臂效应和弯矩^[36]。

在种植固定义齿修复中，通常认为上颌悬臂梁长度不应大于12 mm，下颌不应大于15 mm^[37]。对于副功能异常，如有夜磨牙者，会对种植体的规划、修复和维护产生负面影响。因此，磨牙症患者进行种植修复时可行个性化殆垫设计，同时选择合适的种植修复材料有利于维持种植体长期稳定。

2.2 全口种植修复稳态咬合重建的临床对策

患者由于牙列缺失导致口腔功能及美观受损时，常选择种植修复的方式进行咬合重建。咬合重建不仅需要完成牙列的重建，还应保证种植体的稳定，因此种植修复的咬合重建应是一个精准重建的过程，精准的咬合重建常涉及牙齿形态与运动引导、殆平面、垂直距离与下颌位置这四个关键因素。

2.2.1 牙齿形态与运动引导

种植体所受的咬合力及其周围的应力与牙尖斜度呈正相关，修复时应适当降低种植修复体的牙尖斜度。同时为了实现有广泛的正中自由域，种植牙冠殆面需有1~1.5 mm平坦的中央窝。前伸引导主要通过上下切牙、上颌尖牙和下颌第一前磨牙。下颌第一前磨牙颊尖远中斜面和上颌第一前磨牙舌尖近中斜面的接触有利于下颌前磨牙远中面窝与上颌前磨牙舌尖的接触，稳定下颌前伸的位置。此外，由于上颌尖牙的远中舌窝与下颌第一前磨牙颊尖的近中斜面在前伸控制中起引导作用，因此在种植修复前伸运动中的咬合设计还应注意两者间的相互作用。在侧方运动中，尖牙保护殆是由工作侧尖牙引导，非工作侧则迅速分离；组牙功能殆则是由工作侧尖牙、前磨牙及磨牙的近中颊尖共同引导，非工作侧迅速分离。因此在全口种植修复的咬合设计中，应确保义齿在正中咬合、侧方运动和前伸运动时都能保持良好的接触关系，根据患者的咬合习惯、种植体的分布等选择合适的侧方运动引导，避免个别种植体承受过大的咬合力。

2.2.2 殆平面

殆平面是解决许多咬合问题的关键因素，它是由切牙切缘与后牙殆面构成的一个假想平面。Dawson等提出殆平面的分析应从功能方面考虑，殆平面并非只是一个平面，它是殆面的平均曲率。前牙区的曲率取决于下颌切缘、上颌笑线与前导及发音需要，并且殆平面要有利于前导在行使功能时不受干扰。后牙区的曲率则取决于Spee曲线和Wilson曲线，因此后牙殆平面不仅能使食物更易进入殆面，也能发挥其最佳负载功能。因此，

理想的殆平面需兼具：最优力学承载能力；高效食物流导功能；前导运动无干扰性。对于颌骨形态异常或牙槽嵴重度吸收者，则须个性化调整殆平面曲度与位置，规避种植体-骨界面应力集中及牙槽嵴过载风险。

2.2.3 垂直距离

当上下颌牙处于最大牙尖交错位时，下颌相对于上颌的垂直向关系即为咬合垂直距离，其取决于升颌肌群相对稳定的重复收缩长度。合适的咬合垂直距离有助于维持稳定的咬合接触和均匀的咬合力分布。在种植修复中，牙尖交错殆时可通过采用尖-窝的接触关系，以减小非轴向力。同时下颌颊尖颊斜面与上颌颊尖舌斜面应有足够的角度，从而避免对侧方运动产生殆干扰。然而这一角度也不能太大，过大则会降低后部垂直距离，并且不能实现合理引导。

2.2.4 下颌位置

正确的下颌位置是咬合重建的基础。下颌位置的正确即指上下颌关系是一种正确且稳定的生理性关系，此位置也称为正中关系位。处于正中关系位的正常盘突复合体能抵抗升颌肌群的最大收缩力而无不适。正中关系位在临床上最常通过哥特式弓描记法、颞点引导法和引导性闭口双手操作法，通过这3种方法找到正确正中关系位，从而实现稳定的下颌位置，降低种植相关风险。

3 结语：稳态咬合管理的“艺术与科学”

鉴于咬合失衡可诱发种植体周围骨丧失并危及长期生物稳定性，种植修复医师须高度重视系统性咬合管理。故建议在术前阶段即建立预防性咬合设计策略，而非待骨丧失发生后被动补救。

对于评价种植修复体稳态咬合良好的标准主要有以下几方面：双侧同时咀嚼；吞咽时在牙尖交错位牙齿轻接触；咀嚼动作不受工作侧或平衡侧咬合干扰的影响；吞咽时无适应性的嘴唇和下颌运动；无紧咬牙或磨牙运动；咀嚼或大张口时无关节杂音；大张口时无下颌偏移；说话或面部运动时无牙齿接触；外貌美观。此外，还可通过数字化咬合分析进行动态力分布评估，优化种植体位置与角度的生物力学设计，避开应力敏感区。术中精准控制种植体植入位置，术后采取渐进式负重策略，避免早期过载。

种植修复的稳态咬合绝非静态配准的终点，其本质在于动态生物力学适配。故临床实践中需

兼顾: 修复体戴入时功能运动(前伸/侧方)的即时殆协调; 长期维护周期内的持续性咬合监测, 即通过周期性咬合评估与干预性调殆维持生物力学稳态。

利益冲突声明: 作者声明本文无利益冲突。

[参考文献]

- [1] Adell R, Lekholm U, Rockler B, et al. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw[J]. *Int J Oral Surg*, 1981, 10(6): 387-416.
- [2] Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, et al. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 1986, 1(1): 11-25.
- [3] Coli P, Jemt T. On marginal bone level changes around dental implants[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2021, 23(2): 159-169.
- [4] Galindo-Moreno P, Catena A, Pérez-Sayáns M, et al. Early marginal bone loss around dental implants to define success in implant dentistry: a retrospective study [J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2022, 24(5): 630-642.
- [5] Wolff JD. *The law of bone remodelling*[M]. Berlin: Springer, 1892.
- [6] Frost HM. A 2003 update of bone physiology and Wolff's Law for clinicians[J]. *Angle Orthod*, 2004, 74(1): 3-15.
- [7] Chang M, Chronopoulos V, Mattheos N. Impact of excessive occlusal load on successfully-osseointegrated dental implants: a literature review[J]. *J Investig Clin Dent*, 2013, 4(3): 142-150.
- [8] Chambrone L, Chambrone LA, Lima LA. Effects of occlusal overload on peri-implant tissue health: a systematic review of animal-model studies[J]. *J Periodontol*, 2010, 81(10): 1367-1378.
- [9] Berglundh T, Abrahamsson I, Lindhe J. Bone reactions to longstanding functional load at implants: an experimental study in dogs[J]. *J Clin Periodontol*, 2005, 32(9): 925-932.
- [10] Di Fiore A, Montagner M, Sivoilella S, et al. Peri-implant bone loss and overload: a systematic review focusing on occlusal analysis through digital and analogic methods[J]. *J Clin Med*, 2022, 11(16): 4812.
- [11] Hämmerle CH, Wagner D, Brägger U, et al. Threshold of tactile sensitivity perceived with dental endosseous implants and natural teeth[J]. *Clin Oral Implants Res*, 1995, 6(2): 83-90.
- [12] Naert I, Quirynen M, van Steenberghe D, et al. A study of 589 consecutive implants supporting complete fixed prostheses. Part II: prosthetic aspects[J]. *J Prosthet Dent*, 1992, 68(6): 949-956.
- [13] Kim P, Ivanovski S, Latcham N, et al. The impact of cantilevers on biological and technical success outcomes of implant-supported fixed partial dentures. A retrospective cohort study[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2014, 25(2): 175-184.
- [14] Abdeen RM, Majed AER, ELSyad MA, et al. Occlusal contact area, occlusal forces, and marginal bone loss around implants supporting overdentures and fixed implant-supported prostheses in patients with an atrophied mandible: a 1-year randomized clinical trial[J]. *J Prosthet Dent*, 2025, 18: S0022-3913(25)00070-8.
- [15] Manchikalapudi G, Basapogu S. Finite element analysis of effect of cusp inclination and occlusal contacts in PFM and PEEK implant-supported crowns on resultant stresses[J]. *Med J Armed Forces India*, 2022, 78(1): 80-87.
- [16] Venugopalan S, Subhasree R, Thiyaneswaran N, et al. An analysis of implant prosthesis and its dynamic occlusal contacts[J]. *J Long Term Eff Med Implants*, 2022, 33(1): 1-7.
- [17] Tak S, Jeong Y, Kim JE, et al. A comprehensive study on the mechanical effects of implant-supported prostheses under multi-directional loading and different occlusal contact points[J]. *BMC Oral Health*, 2023, 23(1): 338.
- [18] Eskitascioglu G, Usumez A, Sevimay M, et al. The influence of occlusal loading location on stresses transferred to implant-supported prostheses and supporting bone: a three-dimensional finite element study[J]. *J Prosthet Dent*, 2004, 91(2): 144-150.
- [19] Nandal S, Ghalaut P, Shekhawat H. A radiological evaluation of marginal bone around dental implants: an *in-vivo* study[J]. *Natl J Maxillofac Surg*, 2014, 5(2): 126-137.
- [20] Lind KH, Ulvik IM, Berg E, et al. Reversible, non-plaque-induced marginal bone loss around an osseointegrated implant: a case report[J]. *Clin Case Rep*, 2022, 10(6): e05946.
- [21] Maminkas J, Puisys A, Kuoppala R, et al. The prosthetic influence and biomechanics on peri-implant strain: a systematic literature review of finite element studies[J].

- J Oral Maxillofac Res, 2016, 7(3): e4.
- [22] Urdaneta RA, Leary J, Lubelski W, et al. The effect of implant size 5×8 mm on crestal bone levels around single-tooth implants[J]. *J Periodontol*, 2012, 83(10): 1235-1244.
- [23] Urdaneta RA, Leary J, Panetta KM, et al. The effect of opposing structures, natural teeth vs. implants on crestal bone levels surrounding single-tooth implants[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2014, 25(2): e179-e188.
- [24] Park SY, Kim YG, Suh JY, et al. Long-term outcomes of adjacent and antagonistic teeth after implant restoration: a focus on patient-related factors[J]. *J Periodontal Implant Sci*, 2021, 51(2): 135-143.
- [25] Yuan JC, Sukotjo C. Occlusion for implant-supported fixed dental prostheses in partially edentulous patients: a literature review and current concepts[J]. *J Periodontal Implant Sci*, 2013, 43(2): 51-57.
- [26] Stilwell C. Occlusal considerations in maintaining health of implants and their restorations[J]. *Br Dent J*, 2024, 236(10): 773-779.
- [27] 吴正敏, 李常旭, 崔艳玮, 等. 下颌 All-on-4 种植固定义齿不同咬合接触应力分布的有限元分析[J]. *中国组织工程研究*, 2025, 29(28): 6020-6029.
- Wu ZM, Li CX, Cui YW, et al. Finite element analysis of stress distribution on mandibular All-on-4 implant fixed denture with different occlusion[J]. *Chin J Tissue Eng Res*, 2025, 29(28): 6020-6029.
- [28] Lobbezoo F, Ahlberg J, Glaros AG, et al. Bruxism defined and graded: an international consensus[J]. *J Oral Rehabil*, 2013, 40(1): 2-4.
- [29] Szmukler-Moncler S, Salama H, Reingewirtz Y, et al. Timing of loading and effect of micromotion on bone-dental implant interface: review of experimental literature[J]. *J Biomed Mater Res*, 1998, 43(2): 192-203.
- [30] Häggman-Henrikson B, Ali D, Aljamal M, et al. Bruxism and dental implants: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Oral Rehabil*, 2024, 51(1): 202-217.
- [31] 李晓箐, 易新竹. 单侧咀嚼及其对口颌系统的影响[J]. *国外医学口腔医学分册*, 2001, 28(6): 380-382.
- Li XQ, Yi XZ. Unilateral mastication and its impact on the stomatognathic system[J]. *Foreign Med Sci (Stomatol)*, 2001, 28(6): 380-382.
- [32] Bourdiol P, Hennequin M, Peyron MA, et al. Masticatory adaptation to occlusal changes[J]. *Front Physiol*, 2020, 11: 263.
- [33] Misch CE, Bides MW. Implant-protected occlusion[J]. *Int J Dent Symp*, 1994, 2(1): 32-37.
- [34] Zhang Y, Zhang B. The effect of occlusal balance and prosthesis on occlusal function of patients after dental implant restoration[J]. *Heliyon*, 2025, 11(2): e41732.
- [35] Morneburg TR, Pröschel PA. *In vivo* forces on implants influenced by occlusal scheme and food consistency[J]. *Int J Prosthodont*, 2003, 16(5): 481-486.
- [36] Sheridan RA, Decker AM, Plonka AB, et al. The role of occlusion in implant therapy: a comprehensive updated review[J]. *Implant Dent*, 2016, 25(6): 829-838.
- [37] Jensen-Louwerse C, Sikma H, Cune MS, et al. Single implant-supported two-unit cantilever fixed partial dentures in the posterior region: a retrospective case series with a mean follow-up of 6.5 years[J]. *Int J Implant Dent*, 2021, 7(1): 78.

· 专家介绍 ·



陈江, 博士, 主任医师、教授、博士研究生导师。国际牙医师学院院士、国务院政府特殊津贴获得者、全国优秀科技工作者、国家自然科学基金评审专家、福建省百千万人才工程人选、福建医科大学学科带头人、福建省闽江科学传播学者。中华口腔医学会常务理事, 中华口腔医学会口腔美学专业委员会前任主任委员, 中华口腔医学会口腔种植专业委员会候任主任委员, 福建省口腔医学会会长。担任 *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* (中文版) 主编, *Clin Oral Implant Res* 审稿专家, 《中华口腔医学杂志》《华西口腔医学杂志》编委, 《口腔医学研究》副主编。主持国家自然科学基金、福建省科技重大科研项目等国家级和省厅级课题 10 余项。主编、主译、参编学术专著 8 部。

(本文编辑 杜冰)