

影响短种植体成功率的因素探讨

安维康¹ 张薇¹ 郑亚飞¹ 马楚凡^{1,2}

¹军事口腔医学国家重点实验室,国家口腔疾病临床医学研究中心,陕西省口腔医学重点实验室,空军军医大学第三附属医院修复科,西安 710032; ²空军军医大学特色医学中心口腔科,北京 100142

通信作者:马楚凡,Email:machufan_fmму@163.com



马楚凡

【摘要】 当受到解剖因素的限制,导致种植区可用骨高度不足时,使用短种植体(长度 ≤ 6 mm)逐渐成为一种治疗选择。短种植体的应用扩大了种植修复的适应证,简化了种植手术。短种植体虽然具有以上优势,但在临床应用中实际成功率仍然低于常规种植体,限制了其在临床上的广泛应用。因此探究合理的选择适应证、分析哪些

因素会对短种植体的成功率产生影响,对于更好地发挥短种植体的临床优势、提高成功率是非常有意义的。本文通过系统的文献回顾,分析直径、外形设计、表面特性、冠/种植体长度比等因素对短种植体成功率的影响,有助于临床医生全面了解短种植体,并在临床应用中合理选择。

【关键词】 牙种植体; 成功率; 表面特性; 外形设计; 直径; 冠/种植体长度比

基金项目:国家口腔疾病临床医学研究中心(LCB202001)

引用著录格式:安维康,张薇,郑亚飞,等.影响短种植体成功率的因素探讨[J/OL].中华口腔医学研究杂志(电子版),2021,15(3):129-134.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2021.03.001

The factors affecting the success rate of short implant

An Weikang¹, Zhang Wei¹, Zheng Yafei¹, Ma Chufan^{1,2}

¹State Key Laboratory of Military Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Shaanxi Key Laboratory of Stomatology, Department of Prosthodontics, School of Stomatology, The Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, China; ²Department of Stomatology, Air Force Medical Center, PLA, Beijing 100142, China

Corresponding author: Ma Chufan, Email: machufan_fmму@163.com

【Abstract】 When the height of available bone in the implant site is insufficient due to the limitation of anatomical factors, the use of short dental implants (length ≤ 6 mm) gradually becomes a potential treatment choice. The application

of short implants expands the indications of dental implants and simplifies the surgery procedure, which can also reduce the cost and shorten the treating time. Although short implants have the advantages mentioned above, the actual success rate in clinical application is still lower than that of conventional implants, which limits their clinical application. Therefore, to investigate the selection of reasonable indications and analyze the factors which affect the success rate of short implants are of great significance for dentists to make decision and improve the success rate of short dental implants. Through a systematic review of the literature, this article discussed the definition and indications of short implants, and analyzed the effects of diameter, geometric design, surface characteristics, crown/implant ratio and other factors on the success rate of short implants. It is helpful for dentists to comprehensively understand short dental implants and make a reasonable selection in clinical application.

【Key words】 Short Dental implants; Success rate; Surface characteristics; Geometric design; Diameter; Crown/implant ratio

Fund program: National Clinical Research Center for Oral Diseases(LCB202001)

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2021.03.001

短种植体是近年来种植修复领域的一个研究热点,其长期临床修复效果一直备受关注。短种植体的设计是为了解决种植术中可用骨高度不足或解剖因素限制的问题,如上颌窦的气化或上颌前牙区骨重度吸收导致牙槽嵴顶与上颌窦底或鼻底的距离过近,以及下牙槽神经血管束距牙槽嵴顶(管嵴距)的距离过近,不能满足常规种植的要求。虽然临床中也可以采用外科手术来解决这些问题,如自体或异体骨移植、上颌窦底提升、牵张成骨和神经游离移位等手术,但这类手术创伤大、费用昂贵,术后并发症发生率高。而短种植体的应用为可用骨高度

不足的病例提供了另一种微创便捷的种植选择。

短种植体虽然具有以上优势,但学者们对于短种植体的成功率和评价仍有争议。据报道,长度 ≤ 6 mm种植体1年成功率为91.9%~100%,3年成功率为91.7%~100%,5年成功率为86.7%~96%^[1]。Papaspyridakos等^[2]认为,应该谨慎选择长度 ≤ 6 mm的短种植体,因为它们可能会带来更大的失败风险。因此,在合理选择适应证的同时,探究哪些因素会对成功率产生影响,对于提高短种植体成功率、使其能够更好地应用于临床是十分必要的。目前认为,可能影响短种植体成功率的因素主要包括以下几个方面:患者全身状况、术者经验水平、患者后期维护,以及短种植体的直径、几何形态、表面特性、冠/种植体长度比等因素。本文通过系统的文献回顾,着重分析直径、外形设计、表面特性和冠/种植体长度比等因素对短种植体成功率的影响,帮助医师全面了解短种植体,并在临床应用中合理选择。

一、短种植体的定义

短种植体的定义过去一直不明确,一些学者认为长度 < 11 mm^[3]或 < 10 mm^[4]即为短种植体;也有研究将长度 < 8 mm定义为短种植体,将长度 ≤ 6 mm归为超短种植体^[1];2018年,国际口腔种植学会(International Team for Implantology, ITI)共识会议提出:长度 ≤ 6 mm的种植体为短种植体,基本统一了大家的认识^[5]。

二、影响短种植体成功率的因素探讨

1. 短种植体的直径:Baggi等^[6]借助三维有限元方法评估了种植体的长度、直径和几何形状对骨内应力分布的影响。结果表明,种植体直径对骨内应力分布的影响大于种植体长度和几何形状的影响,最大应力位于种植体颈部附近。对于短种植体而言,种植体直径是降低种植体周应力集中,从而提高成功率的关键因素^[7]。

Moriwaki等^[8]研究发现,在牙槽骨低平的缺牙模型中,直径为5 mm、长度为6 mm的种植体的应力分布明显优于直径为4 mm、长度为13 mm的种植体。涂慧娟等^[9]分析IV类骨质条件下7种不同直径 \times 长度(4.5 mm \times 6 mm、5.0 mm \times 6 mm、6.0 mm \times 6 mm、4.5 mm \times 8 mm、5.0 mm \times 8 mm、6.0 mm \times 8 mm、6.0 mm \times 5 mm)的种植体的受力情况,得出结论:侧向载荷下,6 mm \times 6 mm组应力峰值最小;垂直载荷下,6 mm \times 8 mm组应力峰值最小,6 mm \times 6 mm组次之。而侧向载荷的应力峰值远高于垂直向,因此

作者综合考虑认为以6 mm \times 6 mm种植体-骨界面应力峰值最小。2018年ITI提出共识:为保证短种植体的存活率,应该使用直径 ≥ 4 mm的短种植体^[5]。但也有学者认为,从力学的角度来看,种植体直径可能并不影响短种植体的成功率,Bordin等^[10]对长度5 mm,直径分别为4、5和6 mm的短种植体进行了加速疲劳测试,结果显示各组间存活率没有差异。

多数学者仍认为,皮质骨是承受最大应力的区域,只有非常少的应力传递到根中部及根尖松质骨部分,因此长度并非影响短种植体成功率的绝对因素,当长度受到限制时,增加直径能增大植体的功能表面积,有效分散应力,使咬合力更好地分布于种植体-骨界面,有利于皮质骨的稳定,从而保证短种植体的长期成功率。目前文献中关于短种植体直径的研究范围多数在4~6 mm,但尚无更严谨的定论。

2. 短种植体外形设计:种植体几何形态通常指种植体加工的形状,包括外形和螺纹设计等,是影响咬合力向骨组织传导的重要因素,对种植体初期、长期稳定性和负重时的应力分布起到重要作用。

植体宏观几何形状的不同会造成骨整合速度的差异^[11]。目前,临床常用的短种植体多为螺纹圆柱状或螺纹锥形结构。而Bicon短种植体形态较为独特,具有鳍式结构、斜肩式设计、平台转移、莫氏锥度连接等特点。Cochran等^[12]认为,锥形和圆柱形具有同样优秀的初期稳定性;而Silva等^[13]通过共振频率分析得出锥形短种植体具有更好的初期稳定性。总的来说,螺纹形植体在推荐扭矩下旋转就位后,植体与骨面的直接接触为植体提供了骨结合现象发生前的初期稳定性,而鳍式根形(Bicon)植体在植入时采取敲击就位法,植体与骨面没有完全紧密相连,存在愈合腔,初期稳定性不如螺纹形植体。然而有研究显示,存在一定愈合腔能够促进骨整合进程的发生,形成更高质、高量的骨^[11]。因此,出于长期稳定性的考虑,为提高短种植体的长期成功率,鳍式几何形状可能是短种植体的更好选择。

种植体表面的螺纹设计是影响功能表面积的重要因素,合理的设计可以将初期的表面接触面积最大化,利于骨-种植体界面的应力分布。螺纹设计主要包括螺纹外形、螺距、螺纹高度和宽度等几个方面。

薛洪权等^[14]通过三维有限元法对传统螺纹设

计的种植体(7、6、5 mm)进行了应力分析,得出在螺纹设计中,6 mm反支撑形表现出较好的应力分布。部分种植系统还推出了双线螺纹设计,比如Nobel Biocare公司的Nobel Parallel CC系列种植体等。González-Serrano等^[15]比较了4.5 mm×6 mm双线螺纹和单线螺纹短种植体的初始稳定性,认为在Ⅲ、Ⅳ类骨质中双线螺纹设计的短种植体有更高的初期稳定性。

除了螺纹形状外,螺距等也是螺纹设计要点。螺距,即从螺纹中心到下一个螺纹中心的距离,适当的螺距有助于应力分散,0.80 mm的螺距被认为是常规植体单线螺纹设计获得初始稳定性和产生积极应力分布的最佳选择^[16],但可能并不是短种植体的最佳螺距。van Staden等^[17]借助有限元分析方法比较了四种单线螺距的短种植体(6 mm)对上颌后牙Von Mises应力特征的影响,分别是Bicon、Neodent、Nobel Biocare和Straumann系统,其螺距分别是0.7、0.82、0.53和0.77 mm,结论是:Nobel Biocare植体螺距较小,产生了更平滑的应力曲线。但是,由于作者选择的短种植体来自4种品牌,不能保证螺距是唯一变量,只能推测较小的螺距可能是造成Nobel Biocare植体产生了更平滑的应力曲线的其中一个原因。

综上所述,笔者认为对于短种植体来说,鳍式几何形态设计可能更有利于骨组织快速生长结合,长期稳定性更好,但当骨质量不佳时,还是应当更注重初期稳定性,选择螺纹形短种植体,参考文献实验结果,螺纹可设置为双线形,形状为反支撑式,但更合理的螺距范围仍需进一步研究。总之,设计

时应参考常规种植体形态,结合各类设计的优势,形成更优化的生物力学特征,来减小种植体-骨界面的应力,增大骨结合率并减少边缘骨的吸收,提高短种植体的成功率。

3. 短种植体的表面特征:过去短种植体成功率不佳与机械加工表面有关^[18],近年来随着表面处理工艺和加工制造技术的进步,短种植体的成功率也随之逐渐提高^[19]。

目前,许多种植系统都推出了新颖独特的表面性状,能加速骨结合进程。如Nobel Biocare系列特有的高度晶体化的TiUnite表面、Astra Tech种植系统的活性氟离子修饰OsseoSpeed表面、Straumann种植系统的亲水性SLActive表面和Biomet 3i种植系统的纳米级Nano Tite表面等。Bicon短种植系统的表面主要包括HA涂层、Nano Tite表面。以上种植系统的短种植体系列在临床应用中均获得了很好的随访证据。文献证据见表1(部分种植系统未查询到长度在6 mm及以下短种植体相关文献,故选取长度接近6 mm的种植体做参考。)

众多关于独特性状表面的基础研究与临床研究可以证实:虽然尚无文献能够证明,不同短种植体表面性状会造成短种植体成功率的差异有统计学意义,但可以确定的是,改良的表面性状较最初的机械加工表面有利于缩短骨愈合周期、提高骨结合率,有助于短种植体短期(1~5年)成功率的提高和边缘骨水平的维持,但缺乏长期比如10年以上的临床证据。

4. 冠/种植体长度比:理想修复体的冠/根比为1:2,

表1 不同表面特征种植体种植系统的成功率

作者	年份	种植系统	种植体表面	种植体数 (枚)	种植体长度 (mm)	种植体直径 (mm)	随访 (个月)	MBL (mm)	成功率 (%)
Villa等 ^[20]	2018	Nobel Parallel CC (Nobel Biocare)	TiUnite	323	7	4.3、3.75	10.2±7.8	NR	97.3
Rossi等 ^[21]	2018	Straumann	SLActive	40	6	4.1、4.8	120	0.8±0.7	91.7
Ajayi等 ^[22]	2017	Bicon	HA涂层	55	6、8	NR	12	71.7%:0 20.7%:0.1~0.5 3.8%:0.5~1.0 3.8%:1.0~1.5	96.4
Han等 ^[18]	2016	Astra Tech(Dentsply)	Osseospeed	95	6	4	12	-0.13±0.46	95.8
Felice等 ^[23]	2014	Biomet 3i	Nano Tite	60	6.6	4	60	1.49±0.40	91.7
Guljé等 ^[24]	2013	Astra Tech(Dentsply)	Osseospeed	107	6	4	12	-0.06±0.27	97.0
Urdaneta等 ^[25]	2012	Bicon	HA涂层	410	5、6、8	5	30	NR	97.5
Esposito等 ^[26]	2011	Biomet 3i	Nano Tite	30例患者	6.3	4	36	1.24	2个脱落

注:NR为未报告;MBL为边缘骨丧失量,为负值时表示存在骨增量现象

一般建议最低不能低于1:1,然而由于牙槽骨的吸收,短种植体冠/种植体长度比大多超过1:1,可达2:1甚至更高,较高的冠/种植体长度比是否与短种植体的失败有关一直是学者们研究的重点。

Malchiodi等^[27]对不同冠/种植体长度比的259枚种植体进行了为期36个月的随访研究,结果显示种植成功率与冠/种植体长度比呈显著正相关,当冠/种植体长度比大于或等于2时种植体存留率显著降低,并得出结论:为避免过度骨丧失或种植体失败,解剖学冠/种植体长度比不能超过3.10,临床冠/种植体长度比不能超过3.40;但是该研究并没有根据短种植体所支持的修复方式进行更具体的分类。Meijer等^[28]对短种植体支持的单冠修复进行了Meta分析,得出单牙冠/种植体长度比在0.86~2.14范围内时,生物学或技术并发症的发生率很低,此时冠/种植体长度比不是单冠短种植体失败的危险因素。2018年欧洲骨结合协会(EAO)提出共识声明:冠/种植体长度比在0.9~2.2范围内不会增加单冠修复中生物学或机械并发症的危险发生率^[29]。Hingsammer等^[30]对短种植体支持的联冠修复效果进行了探究,认为冠/种植体长度比不超过1.7是相对合理的范围。

因此,冠/种植体长度比在合理的范围内时,短种植体支持的单冠、联冠修复是可靠的,但对于短种植体支持的固定桥、覆盖义齿等其他修复方式,合理的冠/种植体长度比还有待进一步研究。

5. 其他:选择短种植体时还应考虑基台与短种植体的连接方式, Lee等^[31]分析了4种不同连接方式[软组织水平内连接、软组织水平内连接(宽颈)、骨水平内连接和骨水平外连接]的短种植体及其周围骨在静载和循环加载条件下的应力应变分布情况,结果显示,骨水平内连接短种植体显示出最高的应力,疲劳测试提示具有断裂风险。García-Braz等^[32]认为,对于5 mm短种植体来说,内部连接方式中,内六角形连接短种植体在螺钉第一螺纹处有应力集中现象,在莫氏锥度连接短种植体中,最高应力出现在短种植体平台的边缘,莫氏锥度连接表现出比内六角形连接更好的性能。

短种植体的修复方式可能也会影响其长期成功率。三维有限元分析显示,联冠修复较单冠修复可能更利于短种植体颈部应力的分散,并降低种植体周围骨应力和牙周组织的应力^[33-34]。Mendonça等^[35]对234枚短种植体随访(9.7±3.7)年,认为位于牙弓

后部的支持单冠修复的短种植体的成功率略低于支持联冠修复的短种植体;但Tang等^[36]根据平均4.2年的随访结果得出结论:支持单冠和联冠修复的短种植体周围的边缘骨丧失量和并发症发生率差异无统计学意义。

三、结论

本文就短种植体直径、外形设计、表面特性、冠/种植体长度比等因素进行了探讨。短种植体直径及螺纹距离的优化仍需要进一步探究,同时多数相关文献采用的研究方法是三维有限元法,还需要配合大量动物实验来进一步验证有限元方法得出的结论;几何形状的选择应考虑患者骨质量、负载方式等因素,因为不同的负载方式有着不同的初期稳定性要求;目前,没有文献提示不同的表面特征会造成短种植体长期成功率的统计学差异,但均较机械表面加工短种植体的成功率有了极大的提升;文献大多认为,单冠短种植体冠/种植体长度比最高安全界限一般在2左右,其他修复方式如联冠、覆盖义齿等的冠/种植体长度比安全范围尚需进一步研究。总之,短种植体的成功率不是由某单一因素决定的,除了种植体本身特征外,也与患者全身状况、术者经验水平、后期维护等因素有关。目前,短种植体已逐渐被应用到各类修复中,如固定修复、覆盖义齿修复等^[1,37],避免了大的植骨手术、降低了发生上颌窦穿孔、下颌神经感觉障碍等并发症危险,具有简化手术方案、减轻患者身心和经济负担等优势,已被视为骨量不足时的一种有效选择。未来,在严格的适应证选择下,发展有着优良改性表面、更符合生物力学设计的外形设计、适当增宽直径的短种植体,应是该领域的方向。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Ravidà A, Wang IC, Barootchi S, et al. Meta-analysis of randomized clinical trials comparing clinical and patient-reported outcomes between extra-short (≤ 6 mm) and longer (≥ 10 mm) implants[J]. J Clin Periodontol, 2019, 46(1): 118-142. DOI: 10.1111/jcpe.13026.
- [2] Papaspyridakos P, De Souza A, Vazouras K, et al. Survival rates of short dental implants (≤ 6 mm) compared with implants longer than 6 mm in posterior jaw areas: A meta-analysis[J]. Clin Oral Implants Res, 2018, 29 Suppl 16: 8-20. DOI: 10.1111/clr.13289.
- [3] Stellingsma K, Bouma J, Stegenga B, et al. Satisfaction and psychosocial aspects of patients with an extremely resorbed mandible treated with implant-retained overdentures. A

- prospective, comparative study [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2003, 14(2):166-172. DOI:10.1034/j.1600-0501.2003.140205.x.
- [4] Stellingsma C, Meijer HJ, Raghoobar GM. Use of short endosseous implants and an overdenture in the extremely resorbed mandible: a five-year retrospective study [J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2000, 58(4):382-387. DOI: 10.1016/S0278-2391(00)90917-0.
- [5] Jung RE, Al-Nawas B, Araujo M, et al. Group 1 ITI Consensus Report: The influence of implant length and design and medications on clinical and patient-reported outcomes [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2018, 29 Suppl 16: 69-77. DOI: 10.1111/clr.13342.
- [6] Baggi L, Di Girolamo M, Vairo G, et al. Comparative evaluation of osseointegrated dental implants based on platform-switching concept: influence of diameter, length, thread shape, and in-bone positioning depth on stress-based performance [J]. *Comput Math Methods Med*, 2013, 2013: 250929. DOI: 10.1155/2013/250929.
- [7] Hingsammer L, Pommer B, Hunger S, et al. Influence of Implant Length and Associated Parameters Upon Biomechanical Forces in Finite Element Analyses: A Systematic Review [J]. *Implant Dent*, 2019, 28(3):296-305. DOI: 10.1097/ID.0000000000000879.
- [8] Moriwaki H, Yamaguchi S, Nakano T, et al. Influence of Implant Length and Diameter, Bicortical Anchorage, and Sinus Augmentation on Bone Stress Distribution: Three-Dimensional Finite Element Analysis [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2016, 31(4):e84-e91. DOI:10.11607/jomi.4217.
- [9] 涂慧娟,李月玲,俞明. 上颌后牙区IV骨质条件下应用短种植体长度和直径的优化分析[J]. *中国口腔种植学杂志*, 2018, 23(1):1-5. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3957.2018.01.001.
- [10] Bordin D, Bergamo ETP, Bonfante EA, et al. Influence of platform diameter in the reliability and failure mode of extra-short dental implants [J]. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2018, 77:470-474. DOI:10.1016/j.jmbm.2017.09.020.
- [11] Gehrke SA, Júnior JA, Pérez-Díaz L, et al. Can changes in implant macrogeometry accelerate the osseointegration process?: An in vivo experimental biomechanical and histological evaluations [J]. *PLoS One*, 2020, 15(5): e0233304. DOI: 10.1371/journal.pone.0233304.
- [12] Cochran D, Stavropoulos A, Obrecht M, et al. A Comparison of Tapered and Nontapered Implants in the Minipig [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2016, 31(6):1341-1347. DOI: 10.11607/jomi.4712.
- [13] Silva R, Villalón P, Cáceres F. Effect of macro-design in the primary stability of short and extra-short implants using resonance frequency analysis. An ex vivo study [J]. *J Oral Biol Craniofac Res*, 2020, 10(4):603-607. DOI: 10.1016/j.jobcr.2020.08.020.
- [14] 薛洪权,衣红梅,李敏. 短种植体的长度和表面设计对骨界面应力分布的影响 [J]. *口腔医学研究*, 2012, 28(11):1111-1114. DOI: 10.13701/j.cnki.kqxyj.2012.11.011.
- [15] González-Serrano J, Molinero-Mourelle P, Pardo-Peláez B, et al. Influence of short implants geometry on primary stability [J]. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 2018, 23(5): e602-e607. DOI: 10.4317/medoral.22378.
- [16] Ausiello P, Franciosa P, Martorelli M, et al. Effects of thread features in osseointegrated titanium implants using a statistics-based finite element method [J]. *Dent Mater*, 2012, 28(8): 919-927. DOI: 10.1016/j.dental.2012.04.035.
- [17] van Staden RC, Li X, Guan H, et al. A finite element study of short dental implants in the posterior maxilla [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2014, 29(2): e147-e154. DOI: 10.11607/jomi.3234.
- [18] Han J, Zhang X, Tang Z, et al. A prospective, multicenter study assessing the DENTSPLY Implants, OsseoSpeed™ TX, length 6 mm in the posterior maxilla and mandible: a 1-year follow-up study [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2016, 27(4):452-457. DOI: 10.1111/clr.12587.
- [19] Rameh S, Menhall A, Younes R. Key factors influencing short implant success [J]. *Oral Maxillofac Surg*, 2020, 24(3): 263-275. DOI: 10.1007/s10006-020-00841-y.
- [20] Villa G, De Stavola L, Fincato A, et al. Short, parallel-walled, conical-connection implants for a broad range of indications in the maxilla and mandible: Retrospective multicenter study with up to 33 months of follow-up [J]. *Quintessence Int*, 2018, 49(8): 645-651. DOI: 10.3290/J.QI.A40764.
- [21] Rossi F, Lang NP, Ricci E, et al. Long-term follow-up of single crowns supported by short, moderately rough implants - A prospective 10-year cohort study [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2018, 29(12):1212-1219. DOI: 10.1111/clr.13386.
- [22] Ajayi YO, Nwachukwu N, Akinboboye BO. Treatment outcome of short dental implants [J]. *J West Afr Coll Surg*, 2017, 7(4):52-71.
- [23] Felice P, Cannizzaro G, Barausse C, et al. Short implants versus longer implants in vertically augmented posterior mandibles: a randomised controlled trial with 5-year after loading follow-up [J]. *Eur J Oral Implantol*, 2014, 7(4):359-369.
- [24] Guljé F, Abrahamsson I, Chen S, et al. Implants of 6 mm vs. 11 mm lengths in the posterior maxilla and mandible: a 1-year multicenter randomized controlled trial [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2013, 24(12):1325-1331. DOI: 10.1111/clr.12001.
- [25] Urdaneta RA, Daher S, Leary J, et al. The survival of ultrashort locking-taper implants [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2012, 27(3):644-654.
- [26] Esposito M, Cannizzaro G, Soardi E, et al. A 3-year post-loading report of a randomised controlled trial on the rehabilitation of posterior atrophic mandibles: short implants or longer implants in vertically augmented bone? [J]. *Eur J Oral Implantol*, 2011, 4(4):301-311.
- [27] Malchiodi L, Cucchi A, Ghensi P, et al. Influence of crown-implant ratio on implant success rates and crestal bone levels: a 36-month follow-up prospective study [J]. *Clin Oral Implants*

- Res, 2014, 25(2):240-251. DOI: 10.1111/clr.12105.
- [28] Meijer HJA, Boven C, Delli K, et al. Is there an effect of crown-to-implant ratio on implant treatment outcomes? A systematic review[J]. Clin Oral Implants Res, 2018, 29 Suppl 18:243-252. DOI:10.1111/clr.13338.
- [29] Hämmerle CHF, Cordaro L, Alccayhuaman KAA, et al. Biomechanical aspects: Summary and consensus statements of group 4. The 5th EAO Consensus Conference 2018[J]. Clin Oral Implants Res, 2018, 29 Suppl 18: 326-331. DOI: 10.1111/clr.13284.
- [30] Hingsammer L, Watzek G, Pommer B. The influence of crown-to-implant ratio on marginal bone levels around splinted short dental implants: A radiological and clinical short term analysis[J]. Clin Implant Dent Relat Res, 2017, 19(6):1090-1098. DOI: 10.1111/cid.12546.
- [31] Lee H, Park S, Noh G. Biomechanical analysis of 4 types of short dental implants in a resorbed mandible[J]. J Prosthet Dent, 2019, 121(4):659-670. DOI: 10.1016/j.prosdent.2018.07.013.
- [32] García-Braz SH, Prados-Privado M, Zanatta LCS, et al. A Finite Element Analysis to Compare Stress Distribution on Extra-Short Implants with Two Different Internal Connections [J]. J Clin Med, 2019, 8(8):1103. DOI: 10.3390/jcm8081103.
- [33] Toniollo MB, Macedo AP, Pupim D, et al. Finite Element Analysis of Bone Stress in the Posterior Mandible Using Regular and Short Implants, in the Same Context, with Splinted and Nonsplinted Prostheses[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2017, 32(4):e199-e206. DOI:10.11607/jomi.5611.
- [34] Toniollo MB, Macedo AP, Rodrigues RC, et al. A Three - Dimensional Finite Element Analysis of the Stress Distribution Generated by Splinted and Nonsplinted Prostheses in the Rehabilitation of Various Bony Ridges with Regular or Short Morse Taper Implants [J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2017, 32(2):372-376. DOI:10.11607/jomi.4696.
- [35] Mendonça JA, Francischone CE, Senna PM, et al. A retrospective evaluation of the survival rates of splinted and non-splinted short dental implants in posterior partially edentulous jaws [J]. J Periodontol, 2014, 85 (6) : 787 - 794. DOI: 10.1902/jop.2013.130193.
- [36] 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. DOI: 10.1111/cid.12881.
- [37] Bellia E, Audenino G, Ceruti P, et al. Clinical Assessment of Short Implants Retaining Removable Partial Dentures: 4 - year Follow-up[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2020, 35(1):207-213. DOI:10.11607/jomi.7239.

(收稿日期:2021-02-04)

(本文编辑:王嫚)