

[DOI]10.12016/j.issn.2096-1456.2022.07.009

· 综述 ·

无牙颌种植覆盖义齿修复对剩余牙槽嵴影响的研究进展

翟建佳, 储顺礼

吉林大学口腔医院种植科, 吉林 长春(130021)

【摘要】 随着种植技术的日益成熟,种植覆盖义齿逐渐成为无牙颌患者恢复美观和功能的常规修复方式,其提高了无牙颌患者的生活质量。本文对种植覆盖义齿的种植体因素、附着体因素、咬合因素和患者自身因素等对剩余牙槽嵴的影响进行综述。现有研究提示医师在进行义齿设计时,首先需要在术前考虑患者的口腔黏膜及颌骨条件,选择适宜尺寸的种植体以确保种植体周围余留充足的骨量;其次在选择附着体类型时应充分考虑种植体的数目、位置及A-P距,并适当降低牙尖斜度以避免过大的侧向力对牙槽嵴造成危害;最后还应在术后定期复查,以维持义齿更长久的使用时间及无牙颌患者更充足的骨量。然而影响颌骨吸收的因素是多方面的,未来还应对患者戴义齿的习惯和次数,口腔卫生和营养状况,全身疾病和服药情况等多种因素进一步探究。

【关键词】 牙列缺失; 无牙颌; 种植覆盖义齿; 种植体; 剩余牙槽嵴; 上颌骨; 下颌骨; 骨密度; 骨改建; 骨吸收

【中图分类号】 R78 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2022)07-0517-06

【引用著录格式】 翟建佳, 储顺礼. 无牙颌种植覆盖义齿修复对剩余牙槽嵴影响的研究进展[J]. 口腔疾病防治, 2022, 30(7): 517-522. doi:10.12016/j.issn.2096-1456.2022.07.009.



微信公众号

Research progress on the effect of implant-supported overdentures on residual ridges ZHAI Jianjia, CHU Shunli. Department of Implantology, Hospital of Stomatology, Jilin University, Changchun 130021, China
Corresponding author: CHU Shunli, Email: chusl@jlu.edu.cn, Tel: 86-15981025777

【Abstract】 With the growing maturity of implant technology, implant overdenture has gradually become a conventional repair method for edentulous patients to restore beauty and function, which improves the quality of life of edentulous patients. This paper reviews the effects of implant factors, attachment factors, occlusal factors and patients' own factors on residual alveolar ridge. Existing studies suggest that when designing denture, doctors first need to consider the oral mucosa and jaw conditions of patients before operation, and select the appropriate size of implant to ensure that sufficient bone remains around the implant; Secondly, when choosing the type of attachment, the number, location and A-P distance of implants should be fully considered, and the inclination of cusp should be properly reduced to avoid the harm of excessive lateral force to alveolar ridge; Finally, regular reexamination should be carried out after operation to maintain longer service time of denture and more sufficient bone mass of edentulous patients. However, there are many factors affecting jaw absorption. In the future, we should further explore many factors, such as patients' habit and frequency of wearing dentures, oral health and nutritional status, systemic diseases and medication.

【Key words】 dentition loss; edentulous jaw; implant-supported overdenture; dental implant; residual ridge; maxilla; mandible; bone mineral density; bone reconstruction; bone resorption

J Prev Treat Stomatol Dis, 2022, 30(7): 517-522.

【Competing interests】 The authors declare no competing interests.

【收稿日期】 2021-03-09; **【修回日期】** 2021-05-10

【基金项目】 吉林省科技发展计划项目(JCSZ2019378-23); 吉林省重点科技研发项目(JJKH20211215KJ)

【作者简介】 翟建佳, 医师, 硕士研究生, Email: dijj18@mails.jlu.edu.cn

【通信作者】 储顺礼, 副主任医师, 博士, Email: chusl@jlu.edu.cn, Tel: 86-15981025777

This study was supported by the grants from Jilin Province Science and Technology Development Project (No. JC-SZ2019378-23), and the Key Scientific and Technological Research and Development Project in Jilin Province (No. JJ-KH20211215KJ).

牙列缺失是临床上一种常见病和多发病,牙缺失后牙槽骨逐渐吸收改建形成剩余牙槽嵴。牙槽骨吸收虽然在义齿修复的第一年中最迅速^[1],但在随后的数年里亦持续发生,通常包括剩余牙槽嵴数量和质量的减少^[2]。除废用性萎缩之外,有研究表明剩余牙槽嵴吸收更多的是由于义齿的影响,与全口义齿的不稳定性所引起的持续性骨吸收相比,种植覆盖义齿(implant-supported overdenture, IOD)具有良好的固位性和稳定性,在减少骨吸收的同时能有效提高咀嚼效率和老年患者听力^[3-5],成为目前患者满意度更高的一种修复方式。而种植覆盖义齿又称种植体支持式覆盖义齿,为种植体支持或固位的全颌或局部可摘义齿^[6]。因此,本文就IOD修复对无牙颌患者剩余牙槽嵴的影响进行分析和综述,以期能更好地指导临床工作。

1 种植体因素

1.1 种植体数目

种植体在为义齿提供良好固位性和稳定性的同时,它的数目对剩余牙槽嵴功能性改建的影响也是评价义齿修复是否成功的标准之一,很多学者选用了2~4枚种植体对无牙颌患者的剩余牙槽嵴进行IOD修复。Ünlü等^[1]通过在具有相同骨量和形态的下颌分别植入2枚和4枚种植体,观察IOD修复1年后下颌骨的吸收情况,发现两组种植体周围的骨密度均较1年前下降,但两组间无明显差异,在前牙区增加种植体数目并没有显著减轻下颌骨受力^[7]。然而,李恺^[6]利用有限元分析法模拟戴用下颌IOD 2年后对下颌骨吸收的影响,发现当在下颌双侧尖牙处各植入一枚种植体并施加600 N的垂直向作用力时,种植体周围无明显骨吸收;当在下颌中线处增加1枚种植体(即3枚种植体)时,位于下颌双侧尖牙处的2枚种植体周围出现明显的骨吸收区域;当在下颌侧切牙和第一前磨牙处分别植入2枚种植体(即4枚种植体)时,位于双侧第一前磨牙处的种植体的远中出现骨吸收。Abe等^[8]对无牙颌患者进行上颌IOD修复并测量牙槽嵴的受力情况,结果显示当种植体由2枚

增加到4枚时,上颌后部牙槽嵴受力减少1.5到2倍;类似地,Awaad等^[9]也发现对于仅在下颌尖牙处植入2枚种植体的IOD来说,当在第二前磨牙处再增加2枚种植体时,能有效减轻1年后下颌骨的吸收情况。综上,在下颌前牙区增加种植体数目对短期内种植体周围骨量的维持影响不显著,而在上颌前牙区增加种植体数目有望减少上颌后部骨吸收;在长期行使咀嚼功能时,下颌尖牙处有两枚种植体的IOD设计对于骨量的维持有良好的趋势,较适用于临床治疗;3枚种植体支持的IOD易造成大面积骨吸收,不建议应用于临床治疗;在应用4枚种植体支持的IOD修复时,应注意回访以观察种植体周围的骨量变化。

1.2 种植体位置

下颌骨由于骨质较致密,神经和血管等营养物质的供应不如上颌骨丰富,加之存在容易发生骨折的薄弱区域,因此种植体的位置对于下颌无牙颌IOD的修复有着更重要的影响^[10]。李恺^[6]研究了下颌种植体的位置对2年内种植体周围骨改建的影响,发现在2枚种植体组中,种植体不论是位于下颌双侧侧切牙处还是尖牙处,种植体周围均未见明显的骨吸收;而在4枚种植体组中,当前端两枚种植体位于下颌双侧侧切牙处,后端2枚种植体位于下颌双侧第一前磨牙时,种植体周围骨密度未见明显降低;当前端2枚种植体位于下颌双侧尖牙处,后端2枚种植体位于下颌双侧第一前磨牙时,后端种植体周围骨密度显著下降,提示临床修复时应降低后端种植体所在牙位咬合力或避免采用此方案进行修复。Grobeck-Karl等^[10]和EL-syad等^[11]发现当设计2枚种植体支持的下颌IOD时,在下颌双侧尖牙处植入种植体能使义齿获得更好的固位性、稳定性以及维持骨量的良好效果,因为当在双侧下颌第一前磨牙处植入种植体时,会使IOD的支点线后移,导致种植体的受力和边缘性骨吸收增加。Salehi等^[12]通过在丙烯酸树脂块上分别植入间距为19、23和29 mm的种植体,模拟修复1年后义齿的固位情况,结果显示当间距为19 mm时IOD的固位最佳,种植体间距对义齿固位有显著影响。Tokar等^[13]将前端种植体按照与中

线平行的方向植入下颌,而后端种植体是相对于中线向远端倾斜约 20° 角植入下颌(避免损伤下牙槽神经),然后将前端种植体中心点和后端种植体后缘连线之间的垂直(A-P距离)分别设为11、18和25 mm进行实验,发现当二者距离为11 mm时义齿应力水平最低,种植体周围和下颌后部牙槽嵴受力最小;在对IOD种植体的位置进行设计时,考虑到杆卡式附着体修复时所需要的空间,故当种植体间A-P距离过小且植体数量超过4枚时,不建议应用杆卡式IOD进行修复。因此,临床医师在术前应视患者现有情况设计适宜的种植体位置及间距,以期维持患者更稳定的骨量。

1.3 种植体尺寸

有学者^[14]认为直径在1.8~3.0 mm的种植体为微型种植体,而长度低于7 mm的种植体为短种植体^[15]。Temizel等^[16]提出骨量有限时,常规种植体并不适用于缩窄的牙槽嵴,而微型种植体提供了一种新的替代方法,无需额外的手术。根据这一猜想,研究者在下颌分别植入微型种植体(直径1.8~2.4 mm)和常规种植体(直径3.3~3.7 mm)进行验证,发现术后24个月微型种植体组植体周围平均骨密度(1 250 HU) $>$ 常规种植体组(1 100 HU),且微型种植体组平均探诊深度(1.2 mm) $<$ 常规种植体组(1.8 mm),故对于骨吸收较多以及重度吸烟等口腔条件较差的无牙颌患者来说,微型种植体可能是一种更适合、疗效更好的选择^[17-18]。然而Patil等^[19]利用有限元分析法在同一下颌模型的双侧尖牙处分别植入2枚微型种植体(直径2.5 mm)和2枚常规种植体(直径3.5 mm),并在第一磨牙处施加100 N的垂直向作用力,发现微型种植体比常规种植体平均多产生约68.15%的压力,即对下颌骨产生的应力约是常规种植体的2倍,微型种植体的内部及周围的应力集中程度均明显高于常规种植体,故而更易引起下颌剩余牙槽嵴吸收;同样地,Mifsud等^[20]也发现下颌尖牙处植入微型种植体(直径2.4 mm和2.0 mm)比常规种植体(直径4.1 mm)在1年后引起的下颌骨吸收量更多。还有学者^[21]认为骨吸收严重时,由于牙槽嵴宽度的减少,短而宽的种植体并不是一个完美的选择,即使骨宽度较宽时也可能是有风险的,因为植入后只在种植体周围留下一层薄薄的皮质骨,容易导致骨折的发生。因此在临床上应严选适应症,并根据患者自身骨量选择适宜类型的种植体,避免义齿修复中并发症的产生。

2 附着体因素

附着体通常指IOD的固位结构,在义齿中发挥固位和稳定的作用,若义齿固位性和稳定性不佳,则容易在咀嚼过程中出现翘起、下沉、旋转和摆动等现象,最终加速剩余牙槽嵴的吸收。常见的附着体形式有杆卡式、球帽式、按扣式、磁性固位式和套筒冠式等,其中按扣式附着体常被广泛应用于临床IOD的修复,而Locator又是按扣式附着体中应用较多的一种形式。

Mínguez-Tomás等^[22]通过对下颌Locator和O-环固位式附着体IOD进行实验,观察义齿使用周期对附着体固位力的影响,发现二者虽然均属于按扣式附着体,但Locator在使用5~10年间的固位效果明显好于O-环固位式附着体,使用周期小于5年以及超过10年时二者均无显著差异^[23]。Elsyad等^[24]通过在上颌丙烯酸树脂模型的尖牙和第二前磨牙处分别植入四枚Locator和杆卡式附着体,模拟IOD修复半年后义齿的使用情况,指出无论是在垂直方向或是水平方向力的作用下,Locator的固位性和稳定性均优于杆卡式附着体,且产生的固位力(14.24~43.66 N)能够满足患者咀嚼时所需要的最小固位力(10~20 N);Boven等^[25]研究了戴上颌Locator和杆卡式附着体IOD 1年后,种植体的边缘性骨吸收情况,结果表明Locator的种植体周围骨吸收量多于杆卡式附着体IOD。Khurana等^[26]比较了在下颌IOD加载100 N垂直向作用力时,使用1、3和5 mm长度的Locator和球帽式附着体后,组织内的应力分布情况,发现使用Locator的组织内应力分布更小更均匀,且应力随着附着体长度的增加而增大,故临床上应尽量减小附着体长度,以便更有利于组织内的应力传递;Salehi等^[12]也通过在丙烯酸树脂块上分别植入Locator和球帽式附着体IOD,模拟修复1年后义齿的固位情况,结果显示当间距为19 mm和29 mm时球帽式附着体IOD的固位更好,当间距为23 mm时两种附着体的固位力相似。Sato等^[27]探究了下颌使用Locator和磁性固位式附着体进行无牙颌修复时,不同附着体类型对口腔黏膜产生的压力情况,发现Locator在50 N的垂直向作用力下对口腔黏膜产生的压力小于磁性固位式附着体,可用于减轻咀嚼时对黏膜及颌骨的作用力,在支持IOD方面效果更好;Kang等^[28]通过在丙烯酸树脂块上分别植入Locator和磁性固位式附着体IOD,观察植入初期和使用1.5年后义齿的固位效果,结果显示Locator在植入

初期的固位力较好,而磁性固位式附着体在1.5年后的固位力损失程度(3.38%)明显小于Locator(38.98%),差异具有统计学意义($P < 0.05$);Abbasi等^[29]利用有限元分析法在下颌加载35 N的垂直向作用力,比较Locator和套筒冠式附着体IOD种植体周围的应力分布情况,结果表明Locator的种植体和附着体周围的应力水平更低,具有更优异的临床应用性能。以上提示在义齿修复中应考虑附着体因素,根据患者剩余牙槽嵴的条件进行合理设计,发现问题及早解决,尽量减少无牙颌患者的骨吸收。

3 咬合因素

牙槽骨作为高度可塑性组织,具有受压侧吸收和受牵引侧增生的特性。咀嚼时应力通过种植体传递到牙槽骨,使骨的吸收与沉积达到动态平衡;但当应力发生改变时,原有的平衡状态被打破,牙槽骨会发生生理性塑形和改建,导致不同程度的骨吸收。

3.1 咬合力的大小和方向

长期缺乏功能性应力刺激可导致牙槽骨出现废用性萎缩,但超过生理限度的咬合应力同样可使破骨细胞活动增强而加速骨吸收。Chen等^[7]研究了戴用下颌IOD 1年对下颌剩余牙槽嵴的影响,发现种植体受力和边缘性骨吸收量随着咬合力的增加而增大。Khuder等^[30]也发现戴用下颌IOD 1年时,咬合力每增加1%,上颌前部和下颌后部骨吸收量分别增加0.3%和0.2%。Närhi等^[31]认为IOD在显著改善患者咀嚼功能的同时,又鼓励患者以更大的咬合力向前切割,导致前牙功能过度,潜在地引起应力集中,从而加速上下颌前部骨吸收。Yoo等^[32]认为种植体作为旋转运动的支点易引起局部应力集中,尽管种植体受到的应力主要为垂直应力,但水平应力对种植体及牙槽嵴的危害可能更大,这是因为水平应力更能引起牙槽嵴骨皮质化和骨松质消失,促进刃状牙槽嵴的形成^[33]。因此,当牙槽嵴因受到不佳的咬合应力而发生严重吸收时,将导致上颌骨的向心性移位和下颌骨的相对颊向移位,形成Ⅲ类颌骨关系,使义齿的治疗设计变得更为复杂。

3.2 咬合力的分布

Khuder等^[30]认为分布均匀的咬合力能较大幅度地减少应力集中,避免义齿不稳定现象的出现,因此探讨了下颌IOD的咬合力分布与剩余牙槽嵴

吸收之间的关系,结果表明1年后上颌前部和下颌后部的骨吸收量与咬合力分布显著相关。Alsrouji等^[34]发现戴用下颌IOD 1年后,上颌前部骨量平均减少约7.25%,且骨吸收区域主要位于上颌前部剩余牙槽嵴的唇侧及牙槽嵴顶,这可能是由于义齿在上颌第一前磨牙处形成支点轴,使咬合力在上颌前部分布成正压力、在后部分布成负压力所致。所以临床医生在面对有不同咀嚼习惯、不同咬合力及不同剩余骨量的无牙颌患者时,应对设计的义齿进行评估,优化义齿结构,以减少因咬合力分布不均所致的骨吸收。

3.3 殆型

殆型是指牙齿的殆面形态特点,以及由此确定的上下颌牙相对的咬合和滑动接触关系。Närhi等^[31]采用前牙开殆的咬合方式,研究了戴用下颌IOD 6年对上颌剩余牙槽嵴的影响,结果显示牙槽嵴宽度平均减少约1.0 mm,且从上颌前部到后部的骨吸收量依次增加,证明了上颌骨吸收与咬合类型有关。良好的咬合设计可以影响咬合力的分布,避免牙槽嵴因负荷过重而加速吸收,故临床医生应根据患者的具体情况设计适宜的殆型以保护种植体及周围骨组织,最后还应定期回访来评估该种咬合设计下的义齿的长期效果。

4 患者自身因素

4.1 软组织因素

黏膜作为高度血管化的软组织在将咀嚼力从义齿传递到颌骨的过程中起着重要作用,而口腔黏膜的功能性压力(即组织间液压力或静水压力)升高被认为是导致剩余牙槽嵴吸收的主要原因之一,可以作为预测骨吸收的良好指标^[7]。Ahmad等^[35]研究了戴用下颌IOD 1年对下颌黏膜和剩余牙槽嵴的影响,发现黏膜的变形情况与骨吸收量显著相关,这种结果的产生可能是由于IOD能潜在地集中静水压力,导致黏膜内压力分布不均,局部压力升高所致。此外,口腔黏膜的厚度在减轻基托及其下方应力方面也起着重要作用,老年无牙颌患者的牙槽嵴主要由含血管的骨膜丛支撑且表面覆盖的黏膜较薄,因此容易受到黏膜内液体移动减少的影响,使颌骨的营养供应和代谢物的清除减少,由此产生的静水压力增加,干扰周围骨膜组织的局部循环,导致骨吸收增加^[7]。

4.2 颌骨因素

68%的中国人下颌骨具有非对称性,而下颌骨作为非均质的生物组织在力学性能方面表现为各向异性,以适应各个方向变化的力,因此能承担更大的咀嚼力^[33]。Chen等^[7]通过对无牙颌患者进行下颌IOD修复后发现,左侧种植体的负重(15.3 N)几乎是右侧种植体(7.5 N)的2倍,这可能是由于左右侧颌骨形态的差异和颌骨内部的异质性所致。Elsyad等^[36]研究了戴用下颌IOD 7年后,下颌骨的初始形态与骨吸收之间的关系,研究显示下颌剩余牙槽嵴的初始高度与下颌后部骨吸收呈显著相关性,即下颌骨的初始高度每增加1mm,下颌后部骨吸收每年约减少1%。牙缺失后的初始骨密度对骨吸收速度和严重程度有很大影响,骨密度越低,骨吸收越快越严重^[33]。

除了下颌骨的初始高度和骨密度,Ahmad等^[37]又观察了不同下颌角角度、下颌升支长度和宽度、下颌体长度和高度的无牙颌患者,戴用下颌IOD 2年对下颌骨吸收的影响,结果表明骨吸收量与下颌角的角度显著相关,而与下颌升支的长度和宽度、下颌体的长度和高度无关。因此,义齿修复时应考虑患者的颌骨因素加以考虑。

5 小结

IOD作为目前修复无牙颌患者牙列缺失的有效方法,尤其对牙槽嵴吸收严重的患者来说,多种附着形式的IOD极大地提高了义齿的固位性、稳定性和咀嚼效率,增加了修复治疗的可选择性以及治疗效果的满意度。然而对剩余牙槽嵴吸收的影响是多因素决定的,且目前对患者戴义齿的习惯和次数、口腔卫生和营养状况、全身疾病和服药情况等影响还未完全明了,仍需进一步探讨。

[Author contributions] Zhai JJ collected the references and wrote the article. Chu SL revised the article. All authors read and approved the final manuscript as submitted.

参考文献

- [1] Ünlü KB, Akan E. Radiographic determination of trabecular bone change in 2- and 4-implant-supported overdenture prostheses[J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 2021, 131(3): 364-370. doi: 10.1016/j.oooo.2020.08.002.
- [2] Sato E, Shigemitsu R, Mito T, et al. The effects of bone remodeling on biomechanical behavior in a patient with an implant-supported overdenture [J]. *Comput Biol Med*, 2021, 129: 104173. doi: 10.1016/j.combiomed.2020.104173.
- [3] Km S, Koli DK, Jain V, et al. Comparison of ridge resorption and patient satisfaction in single implant-supported mandibular overdentures with conventional complete dentures: a randomised pilot study[J]. *J Oral Biol Craniofac Res*, 2021, 11(1): 71-77. doi: 10.1016/j.jobcr.2020.11.014.
- [4] Abe M, Wada M, Maeda Y, et al. Ability to adjust occlusal force in implant-supported overdenture wearers[J]. *J Prosthodont Res*, 2021, 65(1): 106-114. doi: 10.2186/jpr.JPOR_2019_376.
- [5] Shreedhar S, Raza FB, Vaidyanathan AK, et al. Effect of an implant-retained complete overdenture on the hearing ability of edentulous patients: a clinical pilot study[J]. *J Prosthet Dent*, 2021, 125(4): 628-635. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.02.015.
- [6] 李恺. 种植体数目与分布对下颌种植覆盖义齿牙槽骨改建的影响[D]. 西安: 第四军医大学, 2014.
Li K. The effect of the number and distribution of implants on the remodeling of mandible induced by implant supported overdenture [D]. Xi'an: the Fourth Military Medical University, 2014.
- [7] Chen J, Ahmad R, Suenaga H, et al. A comparative study on complete and implant retained denture treatments: a biomechanics perspective[J]. *J Biomech*, 2015, 48(3): 512-519. doi: 10.1016/j.jbiomech.2014.11.043.
- [8] Abe M, Yang TC, Maeda Y, et al. Support ratio between abutment and Soft tissue under overdentures: a comparison between use of two and four abutments[J]. *Int J Prosthodont*, 2017, 30(3): 242-244. doi: 10.11607/ijp.5104.
- [9] Awaad NM, Eladl NM, Abbass NA. Assessments of bone height loss in telescopic mandibular implant-retained overdentures retained by two and four end-osseous implants: a randomized clinical trial[J]. *Open Access Maced J Med Sci*, 2019, 7(4): 623-637. doi: 10.3889/oamjms.2019.108.
- [10] Grobecker-Karl T, Kafitz L, Karl M. Effect of implant position and attachment type on the biomechanical behavior of mandibular single implant prostheses[J]. *Eur J Prosthodont Restor Dent*, 2020, 28(4): 152-160. doi: 10.1922/EJPRD_2019Grobecker-Karl09.
- [11] Elsyad MA, Maryod WH, Mostafa AZ. Effect of implant position on clinical and radiographic outcomes of Locator-Retained mandibular overdentures: a 1-year prospective study[J]. *J Prosthodont*, 2019, 28(2): e699-e704. doi: 10.1111/jopr.12780.
- [12] Salehi R, Shayegh SS, Wm J, et al. Effects of interimplant distance and cyclic dislodgement on retention of LOCATOR and ball attachments: an in vitro study[J]. *J Prosthet Dent*, 2019, 122(6): 550-556. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.12.023.
- [13] Tokar E, Uludag B, Karacaer O. Load transfer characteristics of three-implant-retained overdentures with different interimplant distances[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2017, 32(2): 363-371. doi: 10.11607/jomi.5291.
- [14] Aunmeungtong W, Kumchai T, Strietzel FP, et al. Comparative clinical study of conventional dental implants and mini dental implants for mandibular overdentures: a randomized clinical trial[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2017, 19(2): 328-340. doi: 10.1111/cid.12461.
- [15] Rokn AR, Monzavi A, Panjnoush M, et al. Comparing 4-mm dental implants to longer implants placed in augmented bones in the

- atrophic posterior mandibles: one-year results of a randomized controlled trial[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2018, 20(6): 997-1002. doi: 10.1111/cid.12672.
- [16] Temizel S, Heinemann F, Dirk C, et al. Clinical and radiological investigations of mandibular overdentures supported by conventional or mini-dental implants: a 2-year prospective follow-up study[J]. *J Prosthet Dent*, 2017, 117(2): 239-246.e2. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.07.022.
- [17] Borges GA, Presotto A, Caldas RA, et al. Is one dental mini-implant biomechanically appropriate for the retention of a mandibular overdenture? A comparison with Morse taper and external hexagon platforms[J]. *J Prosthet Dent*, 2021, 125(3): 491-499. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.01.038.
- [18] Hussein MO, Alrutha MS. Marginal bone level changes and oral health impact profile (14) score of smokers treated by mandibular mini implant overdentures: a 5-year follow-up study[J]. *Eur J Dent*, 2020, 14(4): 590-597. doi: 10.1055/s-0040-1714763.
- [19] Patil PG, Seow LL, Uddanwadikar R, et al. Biomechanical behavior of mandibular overdenture retained by two standard implants or 2 mini implants: a 3-dimensional finite element analysis[J]. *J Prosthet Dent*, 2021, 125(1): 138.e1-138.e8. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.09.015.
- [20] Mifsud DP, Sammut EJ, Degiorgio J, et al. Immediately loaded mini-implants supporting mandibular overdentures: a one-year comparative prospective cohort study[J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2020, 22(4): 507-513. doi: 10.1111/cid.12930.
- [21] Kovacic I, Persic S, Kranjcic J, et al. Rehabilitation of an extremely resorbed edentulous mandible by short and narrow dental implants[J]. *Case Rep Dent*, 2018: 7597851. doi: 10.1155/2018/7597851.
- [22] Mínguez-Tomás N, Alonso-Pérez-Barquero J, Fernández-Estevan L, et al. In vitro retention capacity of two overdenture attachment systems: Locator® and Equator®[J]. *J Clin Exp Dent*, 2018, 10(7): e681-e686. doi: 10.4317/jced.54834.
- [23] Hegazy S, El MN, Emera R. Impact of implants number and attachment type on the peri-implant stresses and retention of palateless implant-retained overdenture[J]. *Indian J Dent Res*, 2020, 31(3): 414-419. doi: 10.4103/ijdr.IJDR_772_18.
- [24] Elsyad MA, Dayekh MA, Khalifa AK. Locator versus bar attachment effect on the retention and stability of implant-retained maxillary overdenture: an in vitro study[J]. *J Prosthodont*, 2019, 28(2): e627-e636. doi: 10.1111/jopr.12608.
- [25] Boven GC, Meijer H, Vissink A, et al. Maxillary implant overdentures retained by use of bars or locator attachments: 1-year findings from a randomized controlled trial[J]. *J Prosthodont Res*, 2020, 64(1): 26-33. doi: 10.1016/j.jpor.2019.04.013.
- [26] Khurana N, Rodrigues S, Shenoy S, et al. A comparative evaluation of stress distribution with two attachment systems of varying heights in a mandibular implant-supported overdenture: a three-dimensional finite element analysis[J]. *J Prosthodont*, 2019, 28(2): 795-805. doi: 10.1111/jopr.12966.
- [27] Sato H, Kobayashi T, Nomura T, et al. Oral mucosa pressure caused by mandibular implant overdenture with different types of attachments[J]. *J Prosthodont Res*, 2020, 64(2): 145-151. doi: 10.1016/j.jpor.2019.06.003.
- [28] Kang TY, Kim JH, Kim KM, et al. In vitro effects of cyclic dislodgement on retentive properties of various Titanium-based dental implant overdentures attachment system[J]. *Materials (Basel)*, 2019, 12(22): 3770. doi: 10.3390/ma12223770.
- [29] Abbasi M, Vinnakota DN, Sankar V, et al. Comparison of stress induced in mandible around an implant-supported overdenture with locator attachment and telescopic crowns - a finite element analysis[J]. *Med Pharm Rep*, 2020, 93(2): 181-189. doi: 10.15386/mpr-1312.
- [30] Khuder T, Yunus N, Sulaiman E, et al. Association between occlusal force distribution in implant overdenture prostheses and residual ridge resorption[J]. *J Oral Rehabil*, 2017, 44(5): 398-404. doi: 10.1111/joor.12504.
- [31] Närhi TO, Geertman ME, Hevinga M, et al. Changes in the edentulous maxilla in persons wearing implant-retained mandibular overdentures[J]. *J Prosthet Dent*, 2000, 84(1): 43-49. doi: 10.1067/mpr.2000.107113.
- [32] Yoo JS, Kwon KR, Noh K, et al. Stress analysis of mandibular implant overdenture with locator and bar/clip attachment: comparative study with differences in the denture base length[J]. *J Adv Prosthodont*, 2017, 9(3): 143-151. doi: 10.4047/jap.2017.9.3.143.
- [33] 宿玉成. 口腔种植学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2014: 83-94. Su YC. *Implant dentistry*[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2014. 83-94.
- [34] Alsrrouji MS, Ahmad R, Rajali A, et al. Mandibular implant-retained overdentures: potential accelerator of bone loss in the anterior maxilla?[J]. *J Prosthodont*, 2019, 28(2): 131-137. doi: 10.1111/jopr.12999.
- [35] Ahmad R, Chen J, Abu-Hassan M, et al. Investigation of mucosa-induced residual ridge resorption under implant-retained overdentures and complete dentures in the mandible[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2015, 30(3): 657-666. doi: 10.11607/jomi.3844.
- [36] Elsyad MA, Mohamed SS, Shawky AF. Posterior mandibular ridge resorption associated with different retentive systems for overdentures: a 7-year retrospective preliminary study[J]. *Int J Prosthodont*, 2017, 30(3): 260-265. doi: 10.11607/ijp.5114.
- [37] Ahmad R, Abu-Hassan M, Chen J, et al. The relationship of mandibular morphology with residual ridge resorption associated with implant-retained overdentures[J]. *Int J Prosthodont*, 2016, 29(6): 573-580. doi: 10.11607/ijp.4726.

(编辑 周春华)



官网