

文章编号:1004-7220(2020)03-0391-06

角度基台生物力学影响的研究现状

王雨琪, 田克斌, 吴世莲

(丽水学院 医学与健康学院, 浙江 丽水 323000)

摘要:角度基台对种植体周围骨组织应力分布的影响是一个有争议的问题,目前比较一致接受的观点是在种植修复中使用角度基台会增加种植周围骨组织不利的应力分布。但是临床观察确没有发现角度基台对种植修复带来不良的影响。总结角度基台的临床应用及其影响、角度基台相关生物力学研究,发现角度基台的应用不会带来不良的临床影响,但基台角度变化确实会给种植体周围组织应力分布带来一些变化,增大和减小种植体周围组织应力分布都是可能的。因此,如何合理利用角度基台带来有利的应力分布是以后口腔种植临床研究的一个方向。

关键词:角度基台;生物力学;种植牙修复;有限元分析

中图分类号: R 318.01 **文献标志码:** A

DOI: 10.16156/j.1004-7220.2020.03.019

The Biomechanical Influence of Angled Abutment in Dental Implants: A Review

WANG Yuqi, TIAN Kebin, WU Shiliang

(College of Medicine and Health, Lishui University, Lishui 323000, Zhejiang, China)

Abstract: The influence of angled abutments on stress of peri-implant bone is a controversial issue. It is widely accepted that the use of angled abutments will increase adverse stress distributions on implants and surrounding bones. However, comparisons of clinical success rates of implants restored with angled and straight abutments indicate no significant differences. This review summarized the clinical application and biomechanical research associated with angled abutments. The use of angled abutments does not detrimentally affect the retention of dental implants, and it is possible that the magnitude of stress within peri-implant bone will increase or decrease under different conditions. Therefore, further researches should be conducted to confirm that favorable peri-implant stress distributions may be induced if suitable angulation of abutments is selected.

Key words: angled abutments; biomechanics; dental implants; finite element analysis

种植修复技术对于牙列缺损或牙列缺失患者来说是最理想的治疗选择,一般的种植手术都要求种植体植入时尽量平行,以达到便利的就位道和有利的应力分布^[1]。当天然牙由于各种原因缺失后,相应部位的牙槽骨会发生一定程度吸收,再加上一些诸如邻牙及牙根位置异常、手术区重要解剖结构

下牙槽神经管、上颌窦及鼻底等因素的影响,在种植体植入手术时通常种植体不能处于平行的位置,不利于上部结构的就位,而角度基台的应用可以改善种植体位置不良的影响。角度基台就是基台长轴与种植体的长轴不在一条直线上,而是成一定角度,两者之间的夹角就是基台角度的大小^[2]。

收稿日期:2019-02-07; 修回日期:2019-05-10

通信作者:田克斌,主治医师,E-mail: 1542092449@qq.com

角度基台的使用使种植修复上部结构更容易达到共同就位道,也解决了部分前牙区修复的美学问题,把许多使用直基台进行修复的复杂病例通过用角度基台修复,简化操作步骤,节约医生临床修复时间。虽然使用角度基台带来一些便利,但也会有一些不良的影响,例如增加种植体周围骨组织的应力,导致骨吸收和影响临床治疗的效果等,如何安全使用角度基台一直是研究的重点^[3-4]。而研究种植体周围应力的方法都很难进行准确直接的测量,这也间接导致目前关于角度基台的生物力学行为认识有一些争议。例如,生物力学研究发现,角度基台增大种植体周围骨组织的应力^[5-6],而临床观察确实没有发现角度基台带来的不良临床影响^[7-8]。因此,本文对角度基台生物力学及临床影响相关文献进行综述,更全面了解种植修复时角度基台的生物力学行为,为将来的研究提供参考依据。

1 角度基台的临床应用

由于牙齿缺失后牙槽骨的吸收,特别是上前牙区由于剩余牙槽骨的方向角度问题,在进行种植修复时需要进行复杂的植骨手术,而角度基台的使用可以避免上前牙唇颊侧种植体的外露和植骨手术,以及术中使用人工骨粉和骨膜概率,减少手术时间和植骨手术费用^[4]。早期由于考虑到角度基台会导致种植体周围骨组织不良应力的分布,角度基台基本应用在上颌前牙区域。随着口腔修复技术迅速发展和临床的广泛应用,角度基台在口腔咬合负重的后牙区修复中应用也逐渐增多^[9-10]。角度基台在后牙区应用主要受特殊解剖结构的影响^[9],例如上颌窦和下颌神经管,避开这些重要的解剖结构,使种植体处于一个倾斜的位置,可以在一定程度避免上颌窦提升术,下颌后牙区则可以避免下牙槽神经解剖移位术和种植术后神经相应并发症。考虑到基台角度大于 25° 可能会带来不良的临床影响,种植体唇侧颈部应力升高明显,导致颈部明显骨组织吸收,目前临床常用的角度基台为 15° 、 20° 和 25° ,其中 $5^\circ\sim 30^\circ$ 角度基台约占90.2%,大于 30° 角度基台约占9.8%^[10-11]。如需要使用大于 25° 角度基台时,也应该对最终修复体适当的调牙合,减少种植体所承受的殆力^[6,9]。在进行种植义齿修复

时,由于骨吸收、解剖因素及手术操作等多因素的影响,角度基台使用是不可避免的,为了预防基台角度带来不良应力的影响,角度太大的基台在临床不被推荐使用,但是也有 55° 角度基台成功修复的报道^[12]。

2 角度基台应用对种植修复的临床影响

角度基台应用对种植修复的临床影响主要考虑以下几个方面:①对种植体周围软组织和骨组织的影响;②对种植体存留率的影响;③对种植修复机械并发症和临床修复美学效果的影响^[13-15]。

在软组织影响方面的研究,封伟等^[9]通过比较应用角度基台与直基台修复后6月、2年后种植义齿牙周探针深度、改良菌斑指数、改良龈沟出血指数,发现两者之间差异无显著意义。Patil等^[13]则通过比较美学区域二期愈合过程中种植体颈部软组织反应,发现角度基台对软组织的愈合及牙龈边缘的稳定性没有不良影响。陈小璇等^[8]研究发现,角度基台对在前牙种植修复后的红色美学有不良影响,无论是基线期还是随访期,角度基台组的红色美学评分均明显低于直基台组,分析原因在于一方面由于唇侧骨壁的厚度不足,缓慢骨吸收导致种植体颈部暴露;另一方面,由于角度基台存在,增加了形成正常牙龈袖口的难度,使牙龈组织易发生退缩。

在种植修复中使用角度基台后,通过比较包括修复体崩瓷、修复体松动、基台折断、种植体松动、种植体折断、中央螺丝松动等机械并发症发生率发现,直基台、角度基台组没有统计学差异^[7-8]。角度基台并不增加种植修复机械并发症,原因可能是基台的强度已足够抵抗口腔最大咬合力^[16]。

种植体周围骨吸收,一般通过每次复诊时拍摄X线片,测量记录修复时的边缘骨水平作为基线骨水平,复诊时再次测量边缘骨水平,其与基线骨水平之差即为种植体周围骨吸收量。在短期1~3年随访观察应用角度基台与直基台修复后,两组种植体周围的年均骨吸收量差异无统计学意义^[8,14]。也有临床观察发现,由于基台角度过大,种植体周围骨组织应力过于集中,导致进行性边缘性骨吸收,而引起种植修复失败^[17]。比较使用角度基台年均骨吸收量也发现,修复3~5年后种植体周围骨组织吸收也趋于稳定^[7]。

在种植体存留率方面,铁朝荣等^[10]研究表明,角度基台修复的种植义齿在2年累积存留率为92%;陈小璇等^[8]研究发现,在直基台修复的种植义齿3年累积存留率为100%,而角度基台修复的种植义齿3年累积存留率为96.4%;赵宝红等^[7]研究发现,角度基台修复的种植义齿5年累积存留率为97.8%^[7],直基台修复的种植义齿5年累积存留率为98.9%;而封伟等^[9]研究表明,角度基台修复的种植义齿5年累积存留率95.6%,直基台修复的种植义齿5年累积存留率为96.4%。虽然上述研究结果有差异,但都有很高的累积存留率。Sethi等^[18]长达14年的角度基台临床应用研究也表明,角度基台并不影响种植体的长期存留率。

以上研究在比较角度基台的临床影响时,病例分组基本是以直基台和角度基台进行组间比较,也有进一步按基台角度大小(5°、15°、20°和25°)进行分组比较。这为探讨关于角度基台影响的争议提供参考,即临床比较基础基台角度大小,是为了便于临床分组。

3 种植修复系统的生物力学研究方法

由于种植修复系统与天然牙的生物力学特性不同,种植体骨界面的应力分布对种植修复成功率有重要的影响,太大的应力会导致种植修复的机械并发症,例如种植体折断、中央螺丝松动断裂、骨吸收种植体松动脱落等。受口腔特殊环境及种植系统复杂性等因素的限制,在临床直接测量评价种植系统的生物力学行为非常困难。目前基本通过建立数字、体外模型后,应用应变仪测量、光弹性法分析和有限元分析3种方法,进行种植系统的生物力学分析。

应变仪测量的原理是随着变形会发生电阻值变化的应变片贴在试件表面,由于试件表面应变造成电阻值变化,检测仪器通过电流的变化推算应变的变化^[19],已经广泛应用于种植修复、口腔修复体及天然牙周组织的应力分析,其缺点在于不能直接测量组织表面的应变,而是通过计算获得应变,故其结果必须校正。光弹性法则是利用光学原理研究弹性力学问题的一种实验应力分析方法^[20]。光弹性法的优点在于可以对模型任意一点的应力进行定性和定量分析,直观性好,模型形状几乎不受

限制;缺点也在于不是直接检测,光弹性材料与口腔的皮质骨、松质骨的材料特性存在一定差异,故最终的应力、应变分析结果有一定的相似性,也存在一定的差别需矫正。应用光弹法和应变测量仪分析角度基台对应力分布影响,结果表明,基台角度会增加种植体周围骨组织的应力分布^[21]。由于这两种方法的局限性,在角度基台生物力学研究中应用较少。

有限元分析是随着现代电子计算机发展而迅速发展起来的一种现代计算方法。有限元分析的基本方法有两个:一是离散,一是分片插值。离散就是将一个连续的求解域认为划分为一定数量的单元,单元之间的连接点为节点,单元间的相互作用通过节点传递,通过离散将一个具有无穷多质点的连续体分割为由有限个单元和节点组成的组合体。分片插值针对每一个单元选择试探函数(插值函数),积分计算也在单元内完成,当单元尺寸缩小有限元就能收敛于实际的精确解。有限元法有其独特的特点,能够分析复杂形状的结构,不仅能分析均匀的规则网格,也可以分析曲线曲面,以及非常复杂的三维曲面和实体结构。通过建立数字模型模拟测试分析种植修复各组成部分的应力分布,因其简单便利的分析方法,已经在种植修复组成、形态结构和材料特性等生物力学研究中得到广泛的应用,是角度基台生物力学特性研究中最常用的方法。

4 角度基台对种植修复系统应力分布的影响

在研究角度基台对种植修复系统应力分布影响方法中以有限元分析最多。Clelland等^[5]利用个体特征的上颌前牙区颌骨与无螺纹种植体有限元模型,将殆力加载于种植体长轴,结果显示,随着基台角度增加,种植体周围骨组织应力与应变都随之增大,故基台会带来不利与种植体周围骨组织应力分布。Cardelli等^[6]也利用有个体特征的上颌骨模型与无螺纹种植体,将种植体轴向殆力加载后,分析15°、25°和35°角度基台对种植体周围骨组织应力变化影响。结果发现,随着基台角度增加,应力相应增大,当基台角度大于25°,应力增大明显,故建议临床不要使用大于25°角度基台。Bahuguna等^[22]使用上颌前牙区颌骨与无螺纹种植体模型,分

别加载不同大小的轴向力和倾斜力。结果表明,当基台角度在 $0^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 变化时,随着角度增大,种植体周围骨组织的应力增加。Kao等^[23]利用简化的颌骨与无螺纹种植体模型将骀力倾斜加载后,分析角度基台对种植体骨结合界面的应力和微动变化影响。结果发现,基台角度增大,种植体骨结合界面的应力和微动都相应增加。同样,研究发现,角度基台对种植体周围骨组织的应力产生不利影响^[24-25]。丁熙等^[3]的研究表明,角度基台增大,种植体周围骨组织的应力增加;当直基台修复时,综合应力集中于种植体颈部骨皮质,种植体底部次之;随基台角度增加,种植体骨界面综合应力、最大和最小主应变均从集中于种植体颈部转移至底部。陈铁诺等^[26]比较不同材料氧化锆全瓷基台和钛基台发现,氧化锆全瓷基台修复时应力集中在唇侧肩台和唇侧轴壁中上部,钛基台修复时应力集中区为唇侧肩台处;随倾斜角度增加,基台和种植体周围骨组织内应力增加,钛基台增加速度相对平稳,而瓷基台的增加速度在倾斜角度大于 15° 后明显加剧。以上研究的共同特点在于加载骀力与种植体长轴一致时,角度基台导致种植体周围骨组织应力增加。

但是Saab等^[27]建立上颌前牙区的颌骨模型,倾斜骀力加载在舌面隆突上,发现上前牙区骨应变峰值在使用直基台时比角度基台要高15%。该结果提示,使用上颌前牙区角度基台也许可以减少骨组织周的应变,故角度基台有利于种植体周围的应变分布。Martini等^[28]应用建立上颌前牙区模型,在轴向与当加载骀力与种植体长轴一致时,角度基台导致种植体周围骨组织应力增加,而倾斜的骀力角度则有利于种植体周围骨组织应力分布。Tian等^[2]研究发现,种植体处于倾斜位置时,角度基台有利于种植体周围组织的应力分布。上述研究结果提示,当加载倾斜骀力时,角度基台会对种植体周围骨组织的应力分布产生有利影响。

Hasan等^[29]应用有限元法方法研究种植体颈部螺纹、种植体数量、种植修复负载方式(即刻负载、完全骨结合)等因素对角度基台生物力学行为的影响。结果发现,粗螺纹种植体直基台修复时初期稳定性好于用角度基台修复,而细螺纹种植体角度基台修复时的初期稳定性好于直基台修复;而在2颗植体与4颗植体支持的四单位种植修复模型对

比分析中发现,种植体的数量、种植修复的负载方式对角度基台的生物力学行为有明显影响。Ferraz等^[30]则发现,使用角度基台修复时种植体颈部微螺纹会增加皮质骨应力,而平台转移连接则会减少皮质骨应力。Wu等^[31]的研究则指出,基台角度变化会导致种植体周围骨组织应力相应变化,当为倾斜骀力时,增大和减少应力分布都有可能,在一个合适的角度则有利于应力的分布。

关于角度基台对种植体周围骨组织应力分布的影响,早期的研究基本支持随着角度基台角度的增大,种植体周围骨组织的应力就相应增大^[3,5-6,22-26]。影响种植体周围骨组织应力分布的因素很多,包括骀力的方向、种植体的结构形态、种植体的材料特性、修复结构的连接方式、骨的类型等^[32-35]。综合考虑多种因素的影响后,有部分研究认为,一定条件下角度基台也能减少种植体周围组织的应力,产生有利的应力分布^[2,27-28,31]。这些研究得到在相似条件下体外实验的证实。Nothdurft等^[36]对比直基台和角度基台修复种植修复义齿的载荷能力发现,上颌前牙区使用角度基台修复时,倾斜负载能力要好于使用直基台修复。Thulasidas等^[37]通过体外实验研究发现,角度基台偏颊侧时抗折断能比直基台强,偏舌侧时抗折断能比直基台差,也证实了骀力方向对角度基台生物力学行为的影响。

综上所述,当加载骀力与种植体长轴一致时,角度基台导致种植体周围骨组织应力增加;而加载骀力与种植体长轴成一定角度时,基台角度变化致种植体周围骨组织应力变化,增大和减少都有可能;角度基台对种植体周围骨组织应力影响与受种植体的结构形态材料特性、修复结构的连接方式及骨类型等因素有关。

5 结语

角度基台在临床已经被广泛应用。当医师把基台角度限定在一定范围内使用时,不会带来不良的临床影响。基台角度变化确实会给种植体周围组织应力分布带来一些影响。受骀力方向、修复上部结构等诸多因素的影响,增大和减小种植体周围组织应力分布都是可能的。因此,研究一个具体病例能否使角度基台带来有利的应力分布,是未来研究的一个方向。

参考文献:

- [1] CAVALLARO J, GREENSTEIN G. Angled implant abutments: A practical application of available knowledge [J]. *J Am Dent Assoc* 2011, 142(2): 150-158.
- [2] TIAN K, CHEN J, HAN L, *et al.* Angled abutments result in increased or decreased stress on surrounding bone of single-unit dental implants: A finite element analysis [J]. *Med Eng Phys*, 2012, 34(10): 1526-1531.
- [3] 丁熙, 朱彤好, 陈树华, 等. 三维有限元分析角度基台对种植体骨界面应力分布的影响 [J]. *医用生物力学*, 2005, 20(3): 153-157.
- [4] DUBOIS G, DAAS M, BONNET AS, *et al.* Biomechanical study of a prosthetic solution based on an angled abutment: Case of upper lateral incisor [J]. *Med Eng Phys*, 2007, 29(9): 989-998.
- [5] CLELLAND NL, LEE JK, BIMBENET OC, *et al.* A three-dimensional finite element stress analysis of angled abutments for an implant placed in the anterior maxilla [J]. *J Prothod*, 1995, 4(2): 95-100.
- [6] CARDELLI P, MONTANI M, GALLIO M, *et al.* Angulated abutments and perimplants stress: FEM analysis [J]. *Oral Implantol*, 2009, 2(1): 3-10.
- [7] 赵宝红, 封伟, 薛敏, 等. 不同角度基台的 ITI 种植系统用于前牙种植修复 5 年临床效果评价 [J]. *中国实用口腔科杂志*, 2013, 6(7): 408-412.
- [8] 陈小璇, 刘国强, 徐欣. 不同角度基台 Straumann 种植系统行前牙种植修复短期临床效果评价 [J]. *中国实用口腔科杂志*, 2016, 9(10): 605-608.
- [9] 封伟, 耿进友, 孙圆圆, 等. 角度基台修复后牙种植义齿的短期评价 [J]. *中国组织工程研究*, 2014, 18(07): 1021-1026.
- [10] 铁朝荣, 张文捷, 陈建钢. 倾斜种植体与角度基台在种植修复中的临床应用 [J]. *临床口腔医学杂志*, 2011, 27(2): 108-109.
- [11] SETHI A, KAUS T, SOCHOR P. The use of angulated abutments in implant dentistry: Five-year clinical results of an ongoing prospective study [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2000, 15(6): 801-810.
- [12] AKKAD S, RICHARDS M. Solutions for severely angulated implants in the mandibular overdenture: A clinical report [J]. *J Prosthodont*, 2009, 18(4): 342-347.
- [13] PATIL R, BRAKEL R, IYER K, *et al.* A comparative study to evaluate the effect of two different abutment designs on soft tissue healing and stability of mucosal margins [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2013, 24(3): 336-341.
- [14] HASAN I, HEINEMANN F, BOURAUDEL C. The relation of bone resorption around dental implants to abutment design a preliminary 1-year clinical study [J]. *Int J Prosthodont*, 2011, 24(5): 457-459.
- [15] SABOURY A, NESHANDAR ASLI H, VAZIRI S. The effect of repeated torque in small diameter implants with machined and premachined abutments [J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2012, 14(Suppl 1): e224-230.
- [16] KERSTEIN RB, RADKE J. A comparison of fabrication precision and mechanical reliability of 2 zirconia implant abutments [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2008, 23(6): 1029-1036.
- [17] 章加宇, 丁加根, 吴梦. 88 颗前牙美学种植修复方法与体会 [J]. *东南国防医药*, 2011, 13(1): 70.
- [18] SETHI A, KAUS T, SOCHOR P, *et al.* Evolution of the concept of angulated abutments in implant dentistry: 14-year clinical data [J]. *Implant Dent*, 2002, 11(1): 41-51.
- [19] PESQUEIRA AA, GOIATO MC, FILHO HG, *et al.* Use of stress analysis methods to evaluate the biomechanics of oral rehabilitation with implants [J]. *J Oral Implantol*, 2014, 40(2): 217-228.
- [20] GOIATO MC, MATHEUS HR, MEDEIROS RA, *et al.* A photoelastic and strain gauge comparison of two attachments for obturator prostheses [J]. *J Prosthet Dent*, 2017, 117(5): 685-689.
- [21] CLELLAND NL, GILAT A. The effect of abutment angulation on stress transfer for an implant [J]. *J Prosthodont*, 1992, 1(1): 24-28.
- [22] BAHUGUNA R, ANAND B, KUMAR D, *et al.* Evaluation of stress patterns in bone around dental implant for different abutment angulations under axial and oblique loading: A finite element analysis [J]. *Natl J Maxillofac Surg*, 2013, 4(1): 46-51.
- [23] KAO HC, GUNG YW, CHUNG TF, *et al.* The influence of abutment angulation on micromotion level for immediately loaded dental implants: A 3-D finite element analysis [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2008, 23(4): 623-630.
- [24] ARUN G, MAHESH B, GEORGE D. Three dimensional finite element analysis of stress distribution around implant with straight and angled abutments in different bone qualities [J]. *J Indian Prosthodont Soc*, 2013, 13(4): 466-472.
- [25] 陈祖贤, 王超, 樊瑜波, 等. 上颌前牙区非埋入式种植体不同角度基台的三维有限元分析 [J]. *中国组织工程研究与临床康复*, 2010, 14(30): 5591-5595.
- [26] 陈铁珺. 氧化锆全瓷角度基台的三维有限元应力分析 [J]. *口腔医学研究*, 2008, 24(3): 317-319.
- [27] SAAB XE, GRIGGS JA, POWERS JM, *et al.* Effect of abutment angulation on the strain on the bone around an implant in the anterior maxilla: A finite element study [J]. *J Prosthet Dent*, 2007, 97(2): 85-92.
- [28] MARTINI AP, FREITAS AC JR, ROCHA EP, *et al.* Straight and angulated abutments in platform switching:

- Influence of loading on bone stress by three-dimensional finite element analysis [J]. *J Craniofac Surg*, 2012, 23(2): 415-418.
- [29] HASAN I, BOURAUDEL C, KEILIG L, *et al.* The influence of implant number and abutment design on the biomechanical behaviour of bone for an implant-supported fixed prosthesis: A finite element study in the upper anterior region [J]. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, 2011, 14(12): 1113-1116.
- [30] FERRAZ CC, ANCHIETA RB, ALMEIDA EO, *et al.* Influence of microthreads and platform switching on stress distribution in bone using angled abutments [J]. *J Prosthodont Res*, 2012, 56(4): 256-263.
- [31] WU D, TIAN K, CHEN J, *et al.* A further finite element stress analysis of angled abutments for an implant placed in the anterior maxilla [J]. *Comput Math Methods Med*, 2015, doi: 10.1155/2015/560645.
- [32] QIAN L, TODO M, MATSUSHITA Y, *et al.* Effects of implant diameter, insertion depth, and loading angle on stress/strain fields in implant/jawbone systems; Finite element analysis [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2009, 24(5): 877-886.
- [33] LIN CL, WANG JC, RAMP LC, *et al.* Biomechanical response of implant systems placed in the maxillary posterior region under various conditions of angulation, bone density, and loading [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2008, 23(1): 57-64.
- [34] 吕越, 徐侃, 王立强, 等. 植体弹性模量变化对牙种植体和骨组织应力分布的影响[J]. *医用生物力学*, 2017, 32(4): 331-335.
- LV Y, XU K, WANG LQ, *et al.* The influence of implant elastic modulus on stress distributions in implant and peri-implant bone [J]. *J Med Biomech*, 2017, 32(4): 331-335.
- [35] 雍苓, 黄仕禄, 刘洪, 等. 不同骨缺损类型牙种植体的三维有限元分析[J]. *医用生物力学*, 2016, 31(2): 148-153.
- YONG L, HUANG SL, LIU H, *et al.* Three-dimensional finite element analysis of dental implants with different bone defects [J]. *J Med Biomech*, 2016, 31(2): 148-153.
- [36] NOTHDURFT FP, DOPPLER KE, ERDELT KJ, *et al.* Influence of artificial aging on the load-bearing capability of straight or angulated zirconia abutments in implant/tooth-supported fixed partial dentures [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2010, 25(5): 991-998.
- [37] THULASIDAS S, GIVAN DA, LEMONS JE, *et al.* Influence of implant angulation on the fracture resistance of zirconia abutments [J]. *J Prosthodont*, 2015, 24(2): 127-135.