

种植单冠螺丝固位的机械原理与松动原因的研究进展

周强强 廖红兵*

(广西医科大学附属口腔医学院口腔修复科 广西南宁 530021)

[摘要] 在临床种植修复后常出现固位螺丝松动的问题,为此学者们进行了大量的研究,认为螺丝预负荷、螺丝材质与形态、植体-基台界面间的密合度及其连接设计、咬合力大小是影响螺丝固位的重要因素。本文从以上几个方面,对螺丝固位的机械原理和引起松动原因的国内外相关研究进展进行综述。

[关键词] 种植修复 螺丝固位 螺丝松动 预负荷

[文献标识码] A **[文章编号]** 1671—7651(2019)02—0122—03

[doi] 10.13701/j.cnki.kqxyj.2019.02.005

Research Progress on Mechanical Principle of Retention and Cause of Loosening of Screws in Implant-supported Single Crown. ZHOU Qiang-qiang, LIAO Hong-bing*. Department of Prosthodontics, College of Stomatology, Guangxi Medical University, Nanning 530021, China.

[Abstract] The problem of retentive screw loosening often occurs after clinical restoration. There are many factors that affect the screw retention, such as the screw preload, screw material and morphology, the degree of cohesion between the implant-abutment interface and its connection design, and occlusion force. This article intends to discuss the mechanical principles and causes for the loosening of fixing screws and the latest relevant research progress.

[Key words] Dentalimplants Screwfixation Screw loosening Preload

目前种植修复已成为主要的口腔固定修复方式之一,据报道由受力、机械强度等因素导致的各种种植体机械并发症5年发生率为10%~15%。其中,固位螺丝松动或折断较常见^[1],其5年发生率为2%~5%^[2]。螺丝连接区受负荷较大是整个系统中最薄弱的部位,亦有学者认为固位螺丝松动或折断可能是种植体松动和断裂的前兆^[3]。若螺丝松动后未被及时发现处理,则可能出现修复结构应力疲劳,植体-基台界面改变,发生微动,直至固位螺丝松动折断导致修复失败^[4]。因此,维持种植螺丝的稳定性是保证种植牙长期良好行使功能的关键。本文就种植修复时影响固位螺丝松动的主要因素进行综述。

1 预负荷的影响因素

影响固位螺丝稳定性的主要有4个因素:(1)螺丝预负荷;(2)植体-基台界面间的密合度;(3)基台与植体之间内外连接设计;(4)咬合力大小,其中最重要的是保障有效的预负荷^[5]。预负荷是指将螺丝旋紧以固定各连接件时,螺丝被拉伸所产生的回弹力。它产生的压力分布在多个接触界面之间,使各部件紧密接触。如果预负荷丧失,螺丝将独自承担全部施加在连接部分上的负荷,极大降低螺丝使用寿命,可

以说预负荷对螺丝具有保护作用。

1.1 扭矩值 预负荷的产生主要取决于施加在螺丝上的扭矩值,其次是螺丝的设计和材质、表面摩擦系数等因素。恰当的预负荷,需通过螺丝扭矩来控制。但施加的扭力与所获得的预负荷通常不直接呈正比^[6]。也就是说单纯通过增大扭力来增加螺丝预负荷的作用不大,反而会加大对骨结合界面的剪切作用甚至发生螺丝滑扣。Xia等^[7]比较3组不同扭力值(标准扭矩及其±20%)下,种植体螺丝的载荷疲劳性能结果表明疲劳加载后会造造成螺丝预负荷的降低,且建议使用厂商推荐扭矩拧紧螺丝。有学者通过研究不同梯度扭力对植体-基台连接界面的临界弯矩的影响,表明较小的扭矩值无法保障两界面的完整连接^[8]。同时 Augusto等^[9]也指出应用制造商推荐的扭矩值时,植体-基台失配度降低,利于避免种植体固位螺丝松动或断裂的发生。总之他们认为使用厂商推荐的扭矩值非常重要,且在旋紧螺丝时建议使用扭矩扳手以保证施加扭力的准确性。

1.2 摩擦系数 施加在种植螺丝上的扭矩力部分转化为预负荷提供回弹力,部分要克服螺丝与螺丝孔道之间的摩擦力。在相同扭矩力的作用下,两界面间的摩擦系数越小,产生的预负荷越大^[10]。但较小的摩擦系数同时也降低了旋松扭矩^[11]。Bacchi等^[12]通过在螺丝表面添加碳涂层减小了摩擦力获得了更高的预负荷;Lee等^[13]在固位螺丝表面涂布钛纳米颗粒增加了摩擦系数,循环加载之后螺丝旋松扭矩降低。但有研究结果表明部件松动是螺丝接触面间失去锁结

基金项目 国家自然科学基金(编号:81560190)

作者简介 周强强(1993~),男,安徽淮北人,硕士在读,主要从事口腔修复学及骨组织工程方面的研究。

* 通讯作者 廖红兵, E-mail: hongbingliao@gxmu.edu.cn

作用所致而非螺旋旋转造成的^[14],即一定范围内的扭矩值丧失对植体-基台失配程度无显著影响^[15],说明通过减小摩擦系数的方法增加预负荷具有可行性。笔者认为旋松扭矩的降低,并不是植体-基台垂直水平关系失配的决定因素,而关键在于各部件间剩余回弹力能否达到有效预负荷。所以螺丝适当扭矩值和摩擦系数是产生预负荷的决定因素,但同时扭矩力转化成预负荷时,还受到其他因素的影响。

1.3 螺丝形态设计与材质 Luo等^[16]研究了锥形和平头直角的固位螺丝对种植单冠稳定性的影响,结果表明直角平头螺丝的稳定性优于锥形螺丝,但也有学者认为在负载循环实验前后锥形头螺钉均比传统平头螺钉有更高的旋松扭矩^[17]。故对固位螺丝头形态的选择上尚有争议。因不同材质的螺丝所对应机械特性差异性较大,Doolabh等^[18]通过比较金和钛材质螺丝所产生预负荷的差异中发现金螺丝可以实现比钛螺丝更高的预负荷。虽然在相同实验周期内。钛螺丝表现出更加一致的预负荷,但考虑到钛螺丝可能会磨损植入体内螺纹,因此金螺丝是一种相对较好的选择。国内学者李四群等^[19]指出种植螺丝经过疲劳试验后会有不同程度的伸长。只有控制在螺丝极限拉伸范围内的预负荷才能保证螺丝良好地行使功能,目前认为在螺丝拧紧时,所受到的张力一般位于其屈服强度的75%则达到最佳的预负荷,螺丝拉长变形的程度过大时失去回弹力就会造成预负荷的降低。所以在固位螺丝的制造中使用较高弹性模量的材料可以实现更高的预负荷。

1.4 其他因素除了上述主要影响因素外,有学者还认为反复拧动基台螺丝会影响植体-基台结合的稳定性。在初次旋紧达到有效预负荷一段时间后建议再次拧紧螺丝^[20]。还有学者提出重新更换螺丝不能挽回已损失的预负荷,限制旋松/紧次数比更换螺丝更具临床价值^[21]。Bulaqi等^[22]的实验结果表明摩擦系数虽然是影响预负荷的重要因素,但增加旋紧时的速度会降低对摩擦阻力的反应速度,从而降低摩擦系数并增加预紧力。另外,微渗漏对螺丝的腐蚀作用也会影响固位螺丝的稳定性。Park等^[23]评估通过不同材料密封的螺丝固位种植体颌面开孔所引发的微渗漏水平是不同的。微渗漏会造成螺丝的腐蚀,连接界面的不密合,引起螺丝松动,表面微渗漏与螺丝松动之间存在密切关系^[24]。

2 基台-种植体界面间紧密接触和良好的连接设计

当种植体各部件间紧密连接在一起时,修复体内与基台上的螺丝孔隙呈一条直线,整个体系均匀传导殆力,一旦两者接触不密合产生的多余应力将由螺丝独自承担。可见各部件被动就位对于种植体的稳定非常重要,非被动就位将产生静止负荷,从而导致种植体受到持续性的循环加载^[25]。有研究表明垂直向的失配可以在一定次数的良性循环加载之后减小,与扭矩值丧失没有必然联系^[26],而另有研究结果表明水平失配会造成种植体颈部应力大幅增加造成骨质流失^[27]。此外,有学者认为对于各种种植体系统之间植体-基台的不同连接界面设计对修复体负载抗疲劳性能具有重要影响,相关研究表明内部锥形连接比内部平行或外部连接

具有更好的封闭性,能有效防止微渗漏,避免螺丝发生腐蚀^[28]。锥型连接可以使基台和种植体接触界面间产生冷焊连接效应,增加螺丝旋松扭矩,使螺丝提供的预负荷丧失较少^[20]。因此选择具有内连接结构和摩氏锥度的种植体,可以在抵抗螺丝松动上取得令人满意的效果^[29]。Yao等^[30]指出不管是顺时针或逆时针的扭矩方向对内六角连接种植体系统的总扭矩损失无明显影响。这主要归因于内部六角形连接的防旋转设计。该设计可以有效预防来自不同方向扭力对旋松扭矩丧失的影响。但是亦有研究结果表明,即使种植体系统具有良好的内部连接设计也不能防止在过载期间发生螺钉松动^[31]。

3 种植体所受咬合力

研究表明在种植修复中磨牙区出现螺丝松动的可能性大于前牙和双尖牙区,这可能是因磨牙区所承受的咬合力较大引起的^[17]。咬合力对螺丝稳定的影响关键在于负载咬合力要在阈值内,一旦种植体所受咬合力超过阈值,就会增大固位螺丝发生松动折断的可能性。有学者研究表明夜磨牙患者种植修复发生机械并发症的概率约为健康患者的2.7倍^[32]。Gehrke等^[33]也指出合适的咬合力循环加载后,植入物旋松扭矩增加。切片显示在循环加载之后,植体-基台的内壁之间存在更多接触,种植系统出现松动的可能性更小。

4 总结与展望

综上所述,种植体固位螺丝稳定是防止机械并发症,保证修复体良好行使功能的关键因素之一。而影响螺丝固位主要有预负荷、植体-基台界面设计及密合度、螺丝材质与外形设计、咬合力等诸多因素,其中为螺丝提供恰当的预负荷至关重要。固位螺丝松动或折断作为种植常见机械并发症之一,目前国内对其固位原理和力学特性的研究却较少,笔者认为进一步的研究方向应该是在不同因素下固位螺丝的负载疲劳性能实验及除采用旋松扭矩值外,螺丝长度变化和种植体整体动度等变量能否作为检测螺丝稳定性的指标。从而为种植体长期稳定提供理论依据。

参考文献

- [1] Millen C, Bragger U, Wittneben JG. Influence of prosthesis type and retention mechanism on complications with fixed implant-supported prostheses: a systematic review applying multivariate analyses [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2015, 30(1):110-124.
- [2] Tey VHS, Phillips R, Tan K. Five-year retrospective study on success, survival and incidence of complications of single crowns supported by dental implants [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2017, 28(5): 620-625.
- [3] 张磊,冯海兰. 种植固定修复后机械并发症的预防和处理[J]. *中华口腔医学杂志*, 2016, 51(1): 10-14.
- [4] Freitas AC, Almeida EO. Reliability and failure modes of internal conical dental implant connections [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2013, 24(2): 197-202.
- [5] Lee FK, Tan KB, Nicholls JI. Critical bending moment of four implant-abutment interface designs [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2010, 25(4): 744-751.

- [6] Zipprich H, Rathe F, Pinz S, et al. Effects of screw configuration on the preload force of implant-abutment screws [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2018, 33(2): e25-e32.
- [7] Xia D, Lin H, Yuan S, et al. Dynamic fatigue performance of implant-abutment assemblies with different tightening torque values[J]. *Biomed Mater Eng*, 2014, 24(6): 2143-2149.
- [8] Gehrke SA, Shibli JA, Aramburú Junior JS, et al. Effects of different torque levels on the implant-abutment interface in a conical internal connection [J]. *Braz Oral Res*, 2016, 30, pii: S1806-83242016000100233.
- [9] Augusto G, Barbosa S, Zar P, et al. Effect of different torque levels on the implant/abutment interface using "UCLA" castable [J]. *Braz J Oral Sci*, 2005, 4(15): 919-922.
- [10] Jörn D, Kohorst P, Besdo S, et al. Influence of lubricant on screw preload and stresses in a finite element model for a dental implant [J]. *J Prosthet Dent*, 2014, 112(2): 340-348.
- [11] Bulaqi HA, Mousavi Mashhadi M, Safari H, et al. Dynamic nature of abutment screw retightening: finite element study of the effect of retightening on the settling effect [J]. *J Prosthet Dent*, 2015, 113(5): 412-419.
- [12] Bacchi A, Regalin A, Bhering CL, et al. Loosening torque of Universal Abutment screws after cyclic loading; influence of tightening technique and screw coating [J]. *J Adv Prosthodont*, 2015, 7(5): 375-379.
- [13] Lee HW, Alkumru H, Ganss B, et al. The Effect of Contamination of Implant Screws on Reverse Torque [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2015, 30(5):1054-1060.
- [14] 王志英,李四群,程祥荣. 种植体-基台-修复体系统力学分析及疲劳寿命测定[J]. *武汉理工大学学报*, 2010, 32(14): 201-204.
- [15] Barbosa GA, Bernardes SR, das Neves FD. Relation between implant/abutment vertical misfit and torque loss of abutment screws[J]. *Braz Dent J*, 2008, 19(4): 358-363.
- [16] 罗晨晨. 不同形态殆面固位螺钉对种植牙单冠稳定性的影响 [J]. *中国口腔种植学杂志*, 2009, 14(2): 44-46.
- [17] Coppède AR, Faria AC, de Mattos Mda G, et al. Mechanical comparison of experimental conical-head abutment screws with conventional flat-head abutment screws for external-hex and internal tri-channel implant connections; an *in vitro* evaluation of loosening torque [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2013, 28(6): e321-e329.
- [18] Doolabh R, Dullabh HD, Sykes LM. A comparison of preload values in gold and titanium dental implant retaining screws [J]. *SADJ*, 2014, 69(7):316-320.
- [19] 李四群,郭华,徐东选,等. 种植义齿部件松动的试验研究 I. 力学模型的建立和基台螺丝疲劳寿命的测定[J]. *口腔医学研究*, 2001, 17(4): 259-261.
- [20] Arshad M, Mahgoli H, Payaminia L. Effect of repeated screw joint closing and opening cycles and cyclic loading on abutment screw removal torque and screw thread morphology: scanning electron microscopy evaluation [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2018, 33(1): 31-40.
- [21] Xiao H, Yang Y, Liu Z, et al. Opinions regarding reuse or replacement of implant prosthesis retaining screws: a systematic review [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2017, 32(5): 985-991.
- [22] Bulaqi HA, Mousavi Mashhadi M, Geramipannah F, et al. Effect of the coefficient of friction and tightening speed on the preload induced at the dental implant complex with the finite element method [J]. *J Prosthet Dent*, 2015, 113(5): 405-411.
- [23] Park SD, Lee Y, Kim YL, et al. Microleakage of different sealing materials in access holes of internal connection implant systems [J]. *J Prosthet Dent*, 2012, 108(3): 173-180.
- [24] Cem S, Simel A. Correlation between microleakage and screw loosening at implant-abutment connection [J]. *J Adv Prosthodont*, 2014, 6(1): 35-38.
- [25] Al-Otaibi HN, Akeel RF. The effects of two torque values on the screw preload of implant-supported prostheses with passive fit or misfit [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2014, 29(5): 1058-1063.
- [26] Assun OWG, Delben JA. Effect of vertical misfit on screw joint stability of implant-supported crowns [J]. *JMEP*, 2011, 20(6):947-951.
- [27] Spazzin AO, Costa AR, Correr AB, et al. Effect of bar cross-section geometry on stress distribution in overdenture-retaining system simulating horizontal misfit and bone loss [J]. *J Biomech*, 2013, 46(12):2039-2044.
- [28] Tsuruta K, Ayukawa Y, Matsuzaki T, et al. The influence of implant-abutment connection on the screw loosening and microleakage [J]. *Int J Implant Dent*, 2018, 4(1):11.
- [29] Pardal-Pelaez B, Montero J. Preload loss of abutment screws after dynamic fatigue in single implant-supported restorations. A systematic review [J]. *J Clin Exp Dent*, 2017, 9(11):e1355-e1361.
- [30] Yao KT, Kao HC, Cheng CK, et al. The effect of clockwise and counterclockwise twisting moments on abutment screw loosening [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2012, 23(10): 1181-1186.
- [31] Michalakis K, Calvani P, Muftu S, et al. The effect of different implant-abutment connection on screw joint stability [J]. *J Oral Implantol*, 2014, 40(2):146-152.
- [32] Chrcanovic BR, Kisch J, Albrektsson T, et al. Bruxism and dental implant treatment complications: a retrospective comparative study of 98 bruxer patients and a matched group [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2017, 28(7):e1-e9.
- [33] Gehrke SA, De Carvalho Serra R. Load fatigue performance of conical implant-abutment connection: effect of torque level and interface junction [J]. *Minerva Stomatol*, 2015, 64(1):1-7.