

植入扭矩与种植体骨结合的研究进展

方菊综述

吴涛审校

【摘要】种植体植入扭矩对种植体骨结合效果有一定程度的影响，但种植体植入扭矩的高低除了为达到初期稳定性外，其对骨结合的影响文献并没有进行具体的归纳阐述。本文就植入扭矩与种植体骨结合的关系进行综述。

【关键词】种植体；骨结合；初期稳定性；植入扭矩

中图分类号: R782.13

文献标识码: A

文章编号: 1007-3957(2020)04-187-5

缺牙是普遍存在的一个问题，在中国仅无牙颌患者的比例就高达11%^[1]。种植牙在不损伤邻牙健康牙体组织前提下，可有效修复缺失或缺损牙列^[2]。骨结合是种植牙成功的基础，获得稳定的骨结合与种植体植入的初期稳定性密切相关，而植入扭矩又是种植体初期稳定性的一个最直观的标志。目前，很多种植系统对种植体即刻负重的初始植入扭矩有一定要求。种植体植入扭矩过高或过低对于骨结合是否产生负面影响尚有争议，本文就种植体初始植入扭矩对种植体骨结合的影响进行综述。

1 骨结合

种植体植入后，经过种植体愈合的三个阶段，在种植体-骨界面形成骨结合。骨形成初期，种植体植入骨内约第1~6周，通过与骨的机械嵌合获得初期稳定性，骨代谢开始，编织骨逐渐形成；在种植体植入大约第6~18周进入骨改建期，种植体周围疏松骨小梁和编织骨致密化形成板层骨，坏死的骨组织吸收被新骨取代，重建具有活性的骨-种植体界面；植入后第18~54周种植体周围骨组织成熟并发生功能性适应^[3]。随着种植体表面处理技术改进，种植体愈合的上述过程相应时间缩短^[4]。

种植体与骨界面实现骨结合的愈合方式主要有两种：一是远距离成骨，即骨细胞可以从骨组织爬行至种植体表面。远距离成骨被认为可以加快骨形成的速率，这对于即刻负重很有意义^[5]。二是接触成骨，即种植体表面吸引成骨细胞，激发在种植体表面骨形成过程。接触成骨的方式可能是种植体与骨形成牢固的骨结合，并支持口腔咀嚼

负荷的重要成骨方式。研究表明在种植体植入早期，骨创面和种植体表面分别存在远端成骨和接触成骨^[6]。不同于其他螺纹种植体，Bicon种植体鳍形表面设计是利用了种植体与备洞构造上不一致，形成愈合空间，空间里充满的血凝块机化后通过类似膜内成骨途径，经历编织骨-板层骨-带有中央血管系统的类皮质骨的过程。这种类皮质骨不仅生长迅速（10~50 $\mu\text{m}/\text{天}$ ，其他1~3 $\mu\text{m}/\text{天}$ ），骨组织的结构和方向也会由于负重年限的不同存在形态学差异^[7-8]。

2 初期稳定性

初期稳定性，是指种植体植入骨内后与原有骨组织之间的摩擦与机械锁结作用。良好的初期稳定性可避免种植体产生过度的微动，过度的微动可以导致种植体周围的愈合方式变为纤维组织形成。一般认为，<100 μm 的微动为无害微动，100~150 μm 的微动为可耐受微动，>150 μm 的微动为有害微动，但可耐受微动对种植体骨结合的影响依然存在争议^[9]。有研究表明，>100 μm 的动度的种植体周围会有纤维长入^[10-12]，但也有研究表明骨-种植体界面微动在阈值100~150 μm 内，早期或者即刻负重不会影响骨结合^[13-14]。

影响种植体初期稳定性的因素很多，比如种植体周围骨质与骨量，种植体的长度，直径，几何形状，表面处理，外科备洞技术等^[15-18]。目前检测初期稳定性的方法分为侵袭性测量方法和非侵

作者单位：430079 武汉 武汉大学人民医院口腔科（方菊）；武汉大学口腔医院种植科（吴涛）。

通讯作者：方菊

侵袭性测量方法, 侵袭性测量方法包括植入扭矩法 (Insertion Torque Value, ITV), 切割扭矩法。非侵袭性测量方法包括共振频率分析法 (Resonance Frequency Analysis, RFA), 牙周测定法等^[16, 19]。ITV 是记录植入种植体时扭力扳手加力的最后扭矩值来表示初期稳定性。林野等用 RFA 法总结各类骨质下植入的种植体 ISQ 值在 54.92~80.20 之间则提示骨结合形成的可能^[20]。ITV 与 ISQ 是否具有相关性尚有争议^[21~22]。Frieber 等^[23]认为需要结合两种测量方法才能评估是否达到骨结合, ISQ 大于 65.00 且植入扭矩大于 20Ncm 才适宜进行即刻负重。

3 无干扰愈合时种植体植入扭矩对骨结合的影响

种植体植入扭矩是种植体初期稳定性评价的重要指标, 目前大多数研究还是认为种植体植入扭矩应该在 30~60Ncm^[21, 24~25]。种植体植入扭矩与骨质密度有关^[26]。松质骨中种植体植入扭矩很难达到 30Ncm 以上, 但采用极差备洞、骨挤压等方法可增大植入扭矩^[27]。密质骨中植入扭矩过高^[28], 可采用攻丝减小植入扭矩。

3.1 低扭矩植入对种植体骨结合的影响

研究将种植体植入扭矩在 20~30Ncm 以下定义为低扭矩植入^[24~25], 通常发生在上颌后牙缺牙区, 骨质较疏松的 III 类或 IV 类骨, 也可见于过度备洞的情况^[29~30]。可获得初期稳定性的最小扭矩目前尚不清楚, Barewal R M 等^[31]随机对照试验中植入扭矩小于 10Ncm 的 7 颗种植体, 在术后 16 周有 6 颗均获得了骨结合。实验表明低扭矩与高扭矩经过骨愈合期之后获得的最终生物学稳定性是无明显差异的^[32]。低扭矩植入的种植体在经过无负重的愈合期后, 也可形成骨结合, 但速度和程度与常规扭矩相比有差异。刘虎等^[25]发现植入扭矩 < 20Ncm 的种植体在第 8 周种植体-骨接触程度和骨面积百分数低于植入扭矩 > 20Ncm 的种植体, 新骨形成速率低于植入扭矩为 20Ncm~60Ncm 的种植体。

3.2 高扭矩植入对种植体骨结合的影响

高植入扭矩的范围目前没有统一定义, 多数与高扭矩相关的实验将高于 60Ncm 定义为高植入扭矩^[25]。高植入扭矩植入的种植体在种植后第 7 天稳定性明显下降, 但继发稳定性与常规植入扭矩

的种植体没有明显差异^[29]。有研究表明高扭矩组最终骨结合后有更多的骨附着^[33], 但骨结合速度相对缓慢^[25]。

种植体高扭矩植入对骨结合的过程是否有影响尚有争议。一方面认为过高的扭矩会造成种植体周围骨组织应力集中或微骨折^[34], 阻碍血管微循环, 从而骨细胞缺血坏死。并且对组织的机械应力会影响细胞分化, 导致新骨形成减少, 影响骨改建。因此, 高植入扭矩会引起种植体颈部周围明显骨吸收, 种植体周围软组织退缩^[35~36]。高扭矩导致的骨吸收在下颌骨比上颌骨更加明显, 可能是由于前者血供较少^[36]。另外, 超过厂家推荐的扭矩植入密质骨中可能造成种植体的断裂^[37]。而 Khayat 等^[38]认为即使高扭矩植入对骨组织产生挤压, 种植体的形状及连续的表面设计 (不带有刃或台阶) 可使应力均匀分布, 避免应力集中, 随着骨愈合时间延长, 具有弹性的骨组织可以将应力慢慢释放。但 Kim, D. R 结论正好相反, 他认为不带切割刃的种植体对周围骨组织产生挤压^[39]。Barone, A 等^[40]随机对照试验中发现高扭矩组更多的种植体周骨改建。

4 即刻负重时种植体植入扭矩对骨结合的影响

即刻负重指的是种植体植入后 1 周内戴入种植修复体, 修复体与对颌存在功能性接触^[41]; 即刻修复则是修复体与对颌无功能性咬合接触^[41]。目前一般认为即刻负重应满足的条件: 对于单颗种植体即刻负重或修复, 植入扭矩 $\geq 35\text{Ncm}$ ^[42~43], 连续多颗种植支持的即刻固定桥修复或全口固定义齿修复, 要求植入扭矩 $\geq 20\text{Ncm}$ ^[44]。即刻负重的成功率为 81.6%~100%, 失败率高于传统负重^[42, 45]。但也有学者表明即刻负重可以促进种植体周围骨质矿化^[46], 提高种植体-骨接触面积。

4.1 低扭矩种植体负重对种植体骨结合的影响

目前研究争议最大的即为低扭矩植入的种植体的负重时机。Norton MR 等^[47]回顾性临床研究表明植入扭矩 $\leq 25\text{Ncm}$ 的单颗种植体 (最低扭矩仅为 10Ncm) 即刻修复存留率高达 95.5%, 边缘骨水平与常规负载无显著性差异。他认为只要保证轴向初期稳定性, 低扭矩植入后可转动的种植体并非即刻修复的禁忌症。将临时牙与邻牙连接固定后,

种植体完成骨结合并获得继发稳定性。Barewal R M等^[31]在上下颌后牙区进行的随机对照试验结果相似,植入扭矩在10Ncm-20Ncm的11颗种植体在术后六周进行单冠修复后无一失败,不同植入扭矩的种植体最后都形成了骨结合,获得了相似的种植体稳定性。而Cannizzaro等^[48]在不翻瓣单颗种植体植入的半口随机对照研究中,种植体植入扭矩在25~35Ncm的50颗种植体即刻负重失败率高于80Ncm以上的50颗种植体,其机理可能是由于即刻负重导致种植体微动增加,纤维组织长入以至骨结合失败^[49]。有研究表示低扭矩种植体进行即刻负重可能增加种植体失败率^[50]。在无牙颌种植即刻固定修复中,对于低扭矩植入、稳定性较差的种植体,多个研究表明可通过即刻临时修复体的夹板的作用,与其他种植体连接到一起,限制低植入扭矩的种植体的微动,提高种植体的整体初期稳定性和全口即刻负重的成功率^[5,10]。

4.2 高扭矩种植体负重对种植体骨结合的影响

大多数学者认为高植入扭矩可以减小微动^[32],提高即刻负重成功率。对于低密度骨质,Trisi等^[51]认为种植体植入扭矩大于45Ncm时,才可以考虑即刻负重。Cannizzaro等^[48]建议单枚种植体即刻负重,植入扭矩大于80Ncm可以获得更高的成功率,减少种植体早期失败。Otoni等^[52]认为植入扭矩每增加9.8Ncm,种植体即刻负重失败率可以下降20%。Rizkallah等^[53]回顾390个种植体,平均植入扭矩在72.1Ncm,也未发现种植体失败与植入扭矩之间的相关性。

5 总结

种植体植入扭矩与种植体骨结合的形成具有相关性,良好的初期稳定性是形成骨结合的重要条件。低扭矩植入的种植体经过无负重的愈合期后,依然可以达到骨结合。在无牙颌或多颗牙固定修复中,低扭矩植入的种植体可以通过外部夹板作用提高初期稳定性并进行即刻负重。高扭矩植入种植体比低扭矩植入种植体可获得更好的初期稳定性,更高的即刻负重成功率。临床上,应该严格选择即刻负重的适应症。

参考文献

- 1 Polzer I, Schimmel M, Muller F, et al. Edentulism as part of the general health problems of elderly adults[J]. *Int Dent J*, 2010, 60(3): 143-155
- 2 张晓聪, 陈卓凡, 黄宝鑫, 等. 牙列缺损种植义齿修复的口腔健康相关生活质量研究[J]. *中国口腔种植学杂志*, 2009(02): 62-63
- 3 宿玉成主编. 现代口腔种植学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2004.
- 4 Cochran D L, Buser D, Ten B C, et al. The use of reduced healing times on ITI implants with a sandblasted and acid-etched (SLA) surface: early results from clinical trials on ITI SLA implants[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2002, 13(2): 144-153
- 5 Villa R, Polimeni G, Wikesjo U M. Implant osseointegration in the absence of primary bone anchorage: a clinical report [J]. *J Prosthet Dent*, 2010, 104(5): 282-287
- 6 Franchi M, Orsini E, Trire A, et al. Osteogenesis and morphology of the peri-implant bone facing dental implants [J]. *ScientificWorldJournal*, 2004, 4: 1083-1095
- 7 Gil L F, Suzuki M, Janal M N, et al. Progressive plateau root form dental implant osseointegration: A human retrieval study[J]. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 2015, 103(6): 1328-1332
- 8 Coelho P G, Marin C, Granato R, et al. Histomorphologic analysis of 30 plateau root form implants retrieved after 8 to 13 years in function. A human retrieval study[J]. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 2009, 91(2): 975-979
- 9 马西莫, 戴尔, 法布罗意蒂齐亚诺, 滕托里意法比奥, 加利. 即刻负重: 口腔种植学的新纪元[M]. 2017
- 10 Szmukler-Moncler S, Piattelli A, Favero G A, et al. Considerations preliminary to the application of early and immediate loading protocols in dental implantology [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2000, 11(1): 12-25
- 11 Brunski, J.B., Avoid pitfalls of overloading and micromotion of intraosseous implants [J]. *Dent Implantol Update*, 1993. 4(10): 77-81
- 12 Pilliar R M, Lee J M, Maniopoulos C. Observations on the effect of movement on bone ingrowth into porous-surfaced implants [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1986(208): 108-113
- 13 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
- 14 Szmukler-Moncler S, Piattelli A, Favero G A, et al. Considerations preliminary to the application of early and immediate loading protocols in dental implantology [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2000, 11(1): 12-25

- 15 Toyoshima T, Tanaka H, Ayukawa Y, et al. Primary Stability of a Hybrid Implant Compared with Tapered and Cylindrical Implants in an Ex Vivo Model [J]. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 2015, 17(5) : 950-956
- 16 伍颖颖, 宫莘. 种植体初期稳定性的研究现状与进展 [J]. *国际口腔医学杂志*, 2009(06) : 726-728
- 17 Yoon W J, Kim S G, Oh J S, et al. Comparative study on the osseointegration of implants in dog mandibles according to the implant surface treatment [J]. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg*, 2016, 42(6) : 345-351
- 18 Sugiura T, Yamamoto K, Horita S, et al. The effects of bone density and crestal cortical bone thickness on micromotion and peri-implant bone strain distribution in an immediately loaded implant: a nonlinear finite element analysis [J]. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 2016, 46(3) : 152
- 19 Javed F, Ahmed H B, Crespi R, et al. Role of primary stability for successful osseointegration of dental implants: Factors of influence and evaluation [J]. *Interventional Medicine and Applied Science*, 2013, 5(4) : 162-167
- 20 吴小吉, 林野, 邱立新, 等. 应用共振频率评估种植体稳定性的临床研究 [J]. *中国口腔种植学杂志*, 2005(02) : 73-78
- 21 黄丞蔚. 不同植入扭矩值对种植体骨结合状况的临床研究 [D]. 南方医科大学, 2015
- 22 Merheb J, Temmerman A, Rasmusson L, et al. Influence of Skeletal and Local Bone Density on Dental Implant Stability in Patients with Osteoporosis [J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2016, 18(2) : 253-260
- 23 Friberg B, Jemt T, Lekholm U. Early failures in 4, 641 consecutively placed Branemark dental implants: a study from stage 1 surgery to the connection of completed prostheses [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 1991, 6(2) : 142-146
- 24 邓悦. 植入扭矩对种植体骨结合影响的实验研究 [D]. 南方医科大学, 2015
- 25 刘虎. 植入扭矩对牙种植体骨结合影响的动物实验研究 [D]. 南方医科大学, 2014
- 26 Isoda K, Ayukawa Y, Tsukiyama Y, et al. Relationship between the bone density estimated by cone-beam computed tomography and the primary stability of dental implants [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2012, 23(7) : 832-836
- 27 Beer A, Gahleitner A, Holm A, et al. Adapted preparation technique for screw-type implants: explorative in vitro pilot study in a porcine bone model [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2007, 18(1) : 103-107
- 28 Trisi, P, et al. Primary stability, insertion torque and bone density of cylindrical implant ad modum Branemark: is there a relationship? An in vitro study. *Clin Oral implants Res*, 2011, 22(5) : 567-570
- 29 Bayarchimeg D, Namgoong H, Kim B K, et al. Evaluation of the correlation between insertion torque and primary stability of dental implants using a block bone test [J]. *J Periodontal Implant Sci*, 2013, 43(1) : 30-36
- 30 Ivanoff C J, Sennerby L, Lekholm U. Influence of initial implant mobility on the integration of titanium implants. An experimental study in rabbits [J]. *Clin Oral Implants Res*, 1996, 7(2) : 120-127
- 31 Barewal R M, Stanford C, Weesner T C. A randomized controlled clinical trial comparing the effects of three loading protocols on dental implant stability [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2012, 27(4) : 945-956
- 32 Greenstein G, Cavallaro J. Implant Insertion Torque: Its Role in Achieving Primary Stability of Restorable Dental Implants [J]. *Compend Contin Educ Dent*, 2017, 38(2) : 88-95, 96
- 33 Trisi P, Todisco M, Consolo U, et al. High versus low implant insertion torque: a histologic, histomorphometric, and biomechanical study in the sheep mandible [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2011, 26(4) : 837-849
- 34 Irinakis T, Wiebe C. Clinical evaluation of the NobelActive implant system: a case series of 107 consecutively placed implants and a review of the implant features [J]. *J Oral Implantol*, 2009, 35(6) : 283-288
- 35 Duyck J, Roesems R, Cardoso M V, et al. Effect of insertion torque on titanium implant osseointegration: an animal experimental study [J]. *Clin Oral Implants Res*, 2015, 26(2) : 191-196
- 36 Barone A, Alfonsi F, Derchi G, et al. The Effect of Insertion Torque on the Clinical Outcome of Single Implants: A Randomized Clinical Trial [J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2016, 18(3) : 588-600
- 37 Karl M, Scherg S, Grobecker-Karl T. Fracture of Reduced-Diameter Zirconia Dental Implants Following Repeated Insertion [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2017, 32(5) : 971-975
- 38 Clinical Outcome of Dental Implants Placed with High Insertion Torques (Up to 176 Ncm) cid_351 227, 233 [J]
- 39 Kim D R, Lim Y J, Kim M J, et al. Self-cutting blades and their influence on primary stability of tapered dental implants in a simulated low-density bone model: a laboratory study [J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2011, 112(5) : 573-580
- 40 Barone A, Alfonsi F, Derchi G, et al. The Effect of Insertion Torque on the Clinical Outcome of Single Implants: A Randomized Clinical Trial [J]. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2016, 18(3) : 588-600

-
- 41 宿玉成主编. 口腔种植学(第2版)_宿玉成主编_2014年(彩图)[J]. 2014
- 42 Schimmel M, Srinivasan M, Herrmann F R, et al. Loading protocols for implant-supported overdentures in the edentulous jaw: a systematic review and meta-analysis[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2014, 29 Suppl : 271-286
- 43 Schrott A, Riggi-Heiniger M, Maruo K, et al. Implant loading protocols for partially edentulous patients with extended edentulous sites--a systematic review and meta-analysis [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2014, 29 Suppl : 239-255
- 44 Schincaglia G P, Marzola R, Scapoli C, et al. Immediate loading of dental implants supporting fixed partial dentures in the posterior mandible: a randomized controlled split-mouth study--machined versus titanium oxide implant surface[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2007, 22(1) : 35-46
- 45 Esposito M, Grusovin M G, Achille H, et al. Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2009(1) : D3878
- 46 Rea M, Botticelli D, Ricci S, et al. Influence of immediate loading on healing of implants installed with different insertion torques--an experimental study in dogs[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2015, 26(1) : 90-95
- 47 Norton M R. The influence of insertion torque on the survival of immediately placed and restored single-tooth implants[J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2011, 26(6) : 1333-1343
- 48 Barewal R M, Stanford C, Weesner T C. A randomized controlled clinical trial comparing the effects of three loading protocols on dental implant stability [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2012, 27(4) : 945-956
- 49 Esposito M, Grusovin M G, Achille H, et al. Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2009(1) : D3878
- 50 Chrcanovic B R, Albrektsson T, Wennerberg A. Reasons for failures of oral implants[J]. *J Oral Rehabil*, 2014, 41(6) : 443-476
- 51 Trisi P, Berardi D, Paolantonio M, et al. Primary stability, insertion torque, and bone density of conical implants with internal hexagon: is there a relationship [J]. *J Craniofac Surg*, 2013, 24(3) : 841-844
- 52 Ottoni J M, Oliveira Z F, Mansini R, et al. Correlation between placement torque and survival of single-tooth implants [J]. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2005, 20(5) : 769-776
- 53 Rizkallah N, Fischer S, Kraut R A. Correlation between insertion torque and survival rates in immediately loaded implants in the maxilla: a retrospective study [J]. *Implant Dent*, 2013, 22(3) : 250-254