

动态导航引导手术下不同颌骨骨质种植体植入稳定性及其相关性分析

闫仁杰¹, 刘红红^{1,2}, 张志宏^{1,2}, 张莹莹², 徐笛², 刘茂林¹

(1.蚌埠医学院口腔医学院 安徽 蚌埠 233030; 2.中国科学技术大学附属第一医院口腔医学中心 安徽 合肥 230002)

[摘要]目的: 探讨在动态导航引导手术下不同年龄、性别、拟种植位点以及缺牙区骨质因素等与种植体稳定性的相关性。方法: 选取2018年9月-2020年1月就诊于中科大附一院口腔医学中心的牙种植患者77例, 共计植入Straumann ITI软组织水平种植体92枚, 根据患者术前锥形束CT (Cone beam computer tomograph, CBCT) 资料结合Leckholm和Zarb颌骨分类标准将患者拟种植区骨质划分为I/II/III/IV类骨, 所有患者在动态导航引导下完成种植手术, 种植体植入后以及进行二期修复前使用共振频率分析法RFA (Resonance frequency analysis, RFA) 进行种植体初期稳定性ISQ (Implant stability quotient, ISQ) 与二期稳定性ISQ的测量。使用多因素卡方分析对不同患者年龄、性别、拟种植位点以及缺牙区骨质的ISQ的差异进行统计分析; 使用Pearson相关系数分析入组患者皮质骨厚度与初期ISQ以及二期ISQ均值的相关关系。结果: ①不同年龄与性别组种植体稳定性无统计学差异; ②不同骨质类型种植体稳定性差异显著, II类骨>III类骨>I类骨>IV类骨; ③不同种植位点种植体稳定性差异显著: 下颌后牙区初期ISQ与二期ISQ均值大于其他种植位点; ④皮质骨厚度与种植体初期ISQ以及二期ISQ存在相关性, 初期ISQ: $R=0.365$; 二期ISQ: $R=0.329$ 。结论: 种植区不同骨质种植体稳定性有显著差异。种植位点对种植体稳定性影响较大, 皮质骨厚度与种植体稳定性有相关性; 患者年龄与性别对种植体稳定性的影响无统计学意义。临床医师术前应重点关注患者骨质与缺牙位点。

[关键词] 初期稳定性; 二期稳定性; 动态导航; 种植体稳定性; 共振频率分析; 颌骨骨质; 皮质骨

[中图分类号] R783.6 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1008-6455 (2025) 08-0040-04

Analysis of the Stability and Correlation of Different Jawbone Implant Implants under Dynamic Navigation-guided Surgery

YAN Renjie¹, LIU Honghong^{1,2}, ZHANG Zhihong^{1,2}, ZHANG Yingying², XU Di², LIU Maolin¹

(1.College of Dentistry, Bengbu Medical College, Bengbu 233030, Anhui, China; 2.Dentistry Center, the First Affiliated Hospital of the University of Science and Technology of China, Hefei 23002, Anhui, China)

Abstract: **Objective** To explore the correlations between different ages, genders, intended implant sites, and bone factors in the tooth loss area and implant stability under dynamic navigation-guided surgery. **Methods** A total of 77 patients with dental implants were selected from the Department of Stomatology, the First Affiliated Hospital of USTC from September 2018 to January 2020. A total of 92 Straumann ITI soft tissue level implants were implanted. CBCT data combined with Leckholm and Zarb classification criteria were used to classify the implant area into type I/II/III/IV. All patients completed the implant surgery under the guidance of dynamic navigation. The primary and secondary stability ISQ of the implant were measured by Resonance Frequency Analysis (RFA) after implant placement and before the secondary restoration. The age, gender, planned implant site and bone in edentulous area of different patients were analyzed. The results were statistically analyzed by multivariate chi-square analysis. Pearson correlation coefficient was used to analyze the correlation between cortical bone thickness and the mean value of primary ISQ and secondary ISQ. **Results** ①There was no significant difference in implant stability between different age and gender groups. ②There was significant difference in implant stability among different bone types: type II > type III > type I > type IV. ③There were significant differences in implant stability among different implant sites. The mean ISQ values of the mandibular posterior region in the primary and secondary stage were higher than those of other implant sites. ④Cortical bone thickness was correlated with primary ISQ ($R=0.365$) and secondary ISQ ($R=0.329$). **Conclusion** There are significant differences in the stability of different bone implants in the planting area. The implantation site has a significant impact on the stability of the implant, and the thickness of the cortical bone is correlated with the stability of the implant. The influence of the patient's age and gender on the stability of the implant was not statistically significant.

基金项目: 安徽省中央引导地方科技发展专项 (名称: 地方科技创新项目示范“可视化技术在精确牙种植术中的应用; 编号: YDZX20183400004841)

通信作者: 刘红红, 副主任医师; 研究方向为动态导航引导下的精准种植。E-mail: xiaowandou007@163.com

第一作者: 闫仁杰, 硕士研究生; 研究方向为口腔精准种植技术。E-mail: yrj2022@126.com

Clinicians should focus on the bone and tooth loss sites of patients before the operation.

Key words: initial stability; second-stage stability; dynamic navigation; implant stability; stability coefficient; resonance frequency analysis; Jaw bone quality; cortical bone

自Branemark等提出并确立了骨结合的概念, 种植牙已经取得了巨大的发展和进步^[1]。种植体骨结合是种植体植入颌骨后发挥功能的前提。通过骨结合过程种植体会与周围颌骨建立刚性连接。现有研究表明种植体初期稳定性是影响种植体骨结合成功的关键因素, 稳定性较差的种植体可以干扰种植体骨结合, 导致种植体植入颌骨后产生不同程度的微动, 最终导致成骨失败, 种植体松动脱落^[2]。种植体稳定性分为初期稳定性和二期稳定性。初期稳定性(Primary stability, PS)是种植体在植入后的即时状态, 是由于种植体本身结构外径大于种植钻头预备的种植窝洞的直径, 在植体植入过程中机械压缩产生, 理论上骨质越致密, 其初期ISQ值应越大, 其影响因素主要包括种植体的几何形状, 种植体表面设计, 种植区骨质量、皮质骨厚度, 手术技术等影响^[3-4]。二期稳定性(Secondary stability, SS)是种植体植入后的愈合过程中, 其周围骨组织发生改建并伴有新骨形成与种植体表面结合形成牢固的骨性连接^[5-6], 由种植体-骨结合程度决定。1998年Meredith等^[7]开发了共振频率分析法(RFA), 并基于此方法设计制作的商用测量软件OSSTELL广泛应用于临床^[8]。大量研究表明种植体二期ISQ是种植体植入后在骨内成骨结果的数值反映^[9]。本研究旨在收集与分析在经历至少12周骨性愈合后^[10], 在没有负载的情况下, 不同患者年龄、性别、拟种植位点以及缺牙区骨质因素下种植体稳定性的差异, 以期对种植体即刻或早期负载提供临床支持, 以及对其长期预后进行评估。

1 资料和方法

1.1 一般资料: 纳入2018年9月-2020年1月就诊于中国科学技术大学附属第一医院(安徽省立医院)口腔医学中心的77例缺牙患者, 共计植入种植体92枚, 其中男34例, 女43例, 平均年龄(43.08±13.79)岁, 根据患者术前锥形束CT(Cone beam computer tomograph, CBCT)资料结合Leckholm和Zarb颌骨分类标准将患者拟种植区骨质划分为I/II/III/IV类骨, 不同骨质组的患者性别和年龄之间差异无统计学意义($P>0.05$)。参照中华人民共和国传统年龄分组青年组(29岁以下), 中青年组(30~39岁), 中年组(40~49岁)和老年组(50岁以上)对纳入患者进行分组。本研究为回顾性研究, 并通过中国科技大学附属第一医院(安徽省立医院)伦理委员会批准(批准号: 2018KY伦审第28号)。

1.2 纳入和排除标准

1.2.1 纳入标准: ①符合种植修复的适应证者; ②缺牙时间≥3个月, 影像学显示拔牙创已完全愈合者; ③影像资料及复诊记录完整者; ④缺牙区邻牙无连续的金属冠修复体、多颗种植体、大面积充填物等影响影像资料质量者;

⑤年龄≥18周岁, 能够理解并签署手术知情同意书者。

1.2.2 排除标准: ①吸烟及酗酒者; ②种植区牙槽嵴存在骨尖或凹陷以及其他异常需进行牙槽嵴修整者; ③严重的牙周疾病患者; ④患有严重的代谢性疾病无法有效控制者; ⑤服用影响骨代谢药物者; ⑥口腔卫生及依从性差者; ⑦过去1年内有颌面部放射治疗史者。

1.3 仪器和设备: 种植机(Kavo, 德国), 锥形束CT机(合肥美亚光电技术股份有限公司), DCTViewer图像软件(合肥美亚光电技术股份有限公司), 口腔种植手术导航系统(苏州迪凯尔医疗科技有限公司), OsstellTM共振频率测量仪(Integration Diagnostics AB, Goeborgsvagen, 瑞典)。

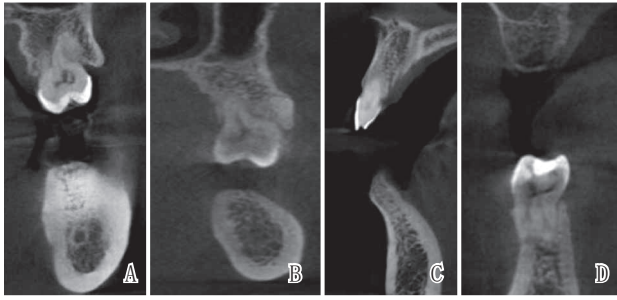
1.4 手术准备: 所有患者手术前1 d服用抗生素预防感染, 所有入组患者术前佩戴配准装置拍摄CBCT(扫描参数: 电压90 KV, 管电流10 mA, 扫描时间20 s, 扫描层厚: 0.13 mm; 重建层厚: 0.25 mm; 矩阵大小: 480 mm×480 mm×320 mm; 体素大小: 0.25 mm), 拍摄体位: 正中矢状面垂直地平面, 眶耳平面平行于地平面。5%苯扎溴铵消毒术区, 术中按照标准窝洞制备方法逐级制备种植窝洞并植入种植体, 所有患者植入的种植体均为Straumann ITI软组织水平种植体(前牙区3.3 mm×10 mm, 后牙区4.1 mm×10 mm), 种植体粗糙面上缘与牙槽嵴顶平齐, 种植体按照设计方案到达指定位置后, 放置测量杆并测量种植体近中、远中、唇(颊)侧、舌(腭)侧ISQ, 结果取均值, 每个种植体ISQ进行两次测量, 所有测量由同一医师完成, 结果取两次结果的均值。所有种植手术由同一位经验丰富医生完成, 术后拍摄CBCT。

1.5 种植区颌骨骨质划分: 由一名经验丰富的口腔影像科技师参照Leckholm和Zarb颌骨分类标准对所有入组患者CBCT进行评估, 由于在CBCT影像中颌骨II类骨与III类骨十分相似, 难以主观界定, 故将II类骨与III类骨合并进行分析见图1。

1.6 种植区皮质骨厚度的测量: 将CBCT图像导入迪凯尔动态导航软件, 在拟种植区放置虚拟植体并调整植体位置, 在种植视图中, 调整观测基线与种植体长轴平行, 以种植体长轴线所在直线为基准, 测量种植体颈部周围皮质骨厚度^[11-12], 在种植术后完成后进行术后CBCT的拍摄并在术后CBCT以上述方法进行测量, 两次测量结果进行统计分析, 检验两次测量结果是否存在明显差异。见图2。

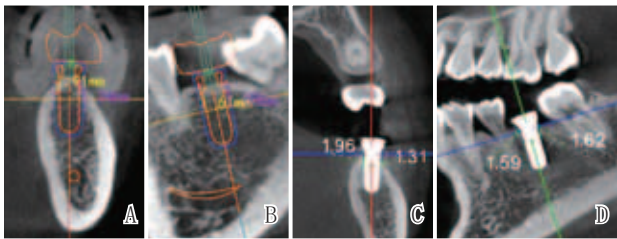
1.7 ISQ值的获取: 将感应杆(Smartpeg)连接种植体, 利用RFA方法测量术后即刻及经过3个月愈合期后患者修复前复诊时ISQ值, 每次测量取种植体的颊侧、舌(腭)侧、近中、远中四个方向的ISQ值, 由2名住院医师测量后取均值。

1.8 统计学分析: 运用SPSS 26.0软件进行统计分析, Kolmogorov-Smirnov检验数据正态性, 计量资料运用均数±标



注: A. I类骨, 颌骨几乎完全由密质骨构成; B. II类骨, 厚层皮质骨包绕骨小梁密集的松质骨; C. III类骨, 薄层皮质骨包绕骨小梁密集的松质骨; D. IV类骨, 薄层皮质骨包绕骨小梁疏松的松质骨

图1 不同颌骨类型的CBCT影像



注: A. 种植体颊舌侧颈部皮质骨厚度测量; B. 种植体近远中侧颈部皮质骨厚度测量; C. 术后种植体颊舌侧颈部皮质骨厚度测量; D. 术后种植体近远中侧颈部皮质骨厚度测量

图2 种植区皮质骨厚度测量

准差($\bar{x} \pm s$)表示, 多因素卡方分析计算不同固定因素组间初期ISQ与二期ISQ均值间是否具有差异, Pearson相关系数分析入组患者皮质骨厚度与初期ISQ以及二期ISQ均值间是否存在相关关系, 单样本 t 检验分析术前以及术后种植体周围皮质骨厚度测量数据有无差异, 以 $P < 0.05$ 认为有统计学意义。

2 结果

2.1 患者年龄、性别、拟种植位点以及缺牙区骨质的ISQ比较: 所有入组患者在不同年龄组及性别的初期ISQ与二期ISQ比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$), 在不同骨分类组与种植位点组的初期ISQ与二期ISQ比较, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 见表1。

2.2 ISQ测量及种植前后皮质骨厚度: 初期ISQ: 下颌后牙区 > 下前牙区 > 上前牙区 > 上后牙区, 二期ISQ: 下颌后牙区 > 上颌前牙区 > 下颌前牙区 > 上颌后牙区。种植术前测量的皮质骨厚度均值(1.48 mm)与种植术后测量的皮质骨厚度均值(1.43 mm)比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。

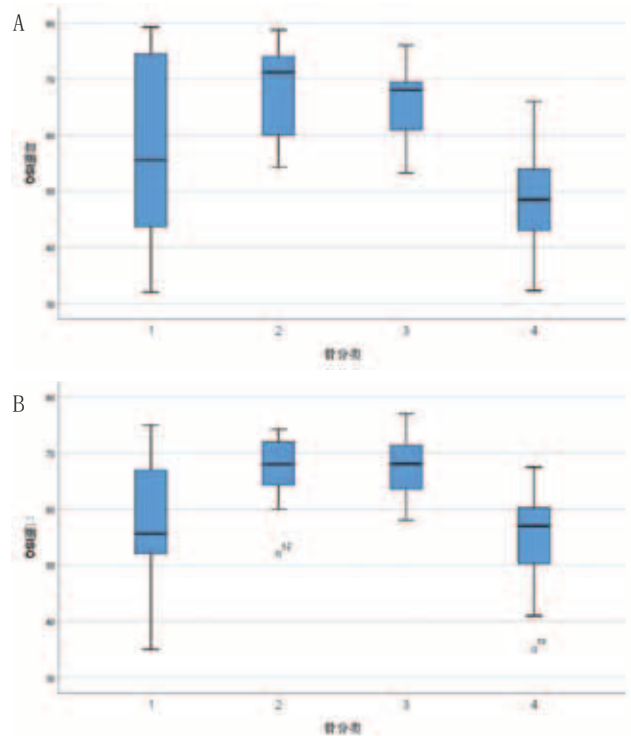
2.3 各型骨质皮质骨厚度及其与初期ISQ和二期ISQ关系: 各型骨质初期、二期ISQ分布状况见图3。皮质骨厚度与初期ISQ和二期ISQ间存在较弱的正相关关系, 初期ISQ, $R = 0.365$, $P < 0.05$; 二期ISQ, $R = 0.329$, $P < 0.05$ (见图4)。

3 讨论

随着即刻负载与早期负载的理念提出, 临床上对种植

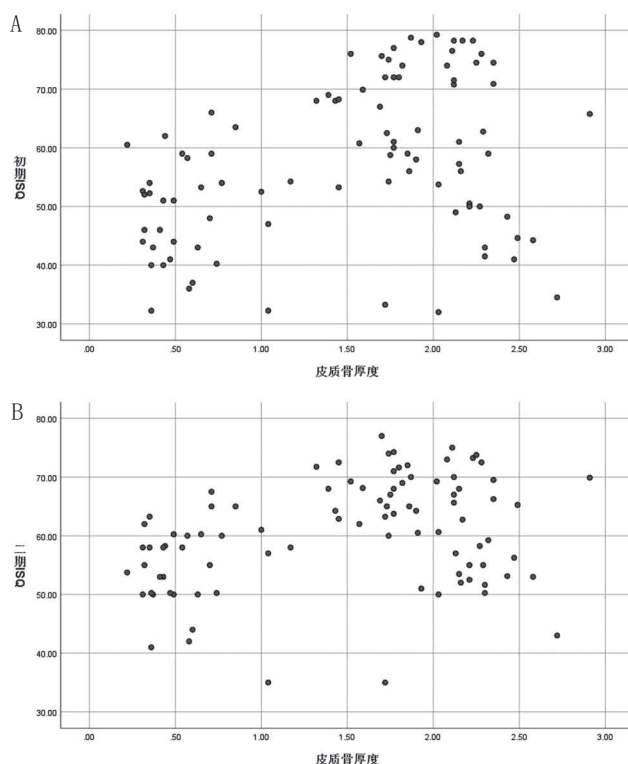
表1 患者年龄、性别、拟种植位点以及缺牙区骨质ISQ与二期ISQ比较

		($\bar{x} \pm s$)		
固定因素	例数	初期ISQ	二期ISQ	
骨分类	I	24	55.67 ± 15.39	57.46 ± 9.70
	II	22	69.77 ± 2.54	67.25 ± 4.46
	III	12	67.57 ± 6.63	68.07 ± 5.19
	IV	34	48.23 ± 8.81	55.18 ± 7.46
F值			16.770	16.080
P值			<0.001	<0.001
性别	男	41	54.72 ± 14.02	58.34 ± 9.30
	女	51	59.56 ± 13.11	61.51 ± 9.10
F值			0.249	0.025
P值			0.620	0.876
年龄	青年	17	58.90 ± 16.22	60.39 ± 11.54
	中年	22	57.84 ± 11.98	58.43 ± 7.47
	中老年	17	56.31 ± 12.00	61.18 ± 8.67
	老年	36	56.80 ± 14.28	60.44 ± 9.62
F值			0.663	2.205
P值			0.579	0.098
种植位点	上前牙区	10	49.31 ± 8.42	55.76 ± 5.45
	上后牙区	27	46.11 ± 8.46	53.31 ± 9.01
	下前牙区	7	54.21 ± 14.54	54.96 ± 8.34
	下后牙区	48	66.85 ± 10.06	65.31 ± 6.81
F值			20.878	4.670
P值			<0.001	0.006



注: A. 初期; B. 二期

图3 各型骨质初期、二期ISQ分布状况



注: A. 初期, $R=0.365$; B. 二期, $R=0.329$

图4 初期、二期ISQ均值与皮质骨厚度的分布状况

体植入后稳定性的精确性判断需求也在增加,以确认种植体在骨内早期的愈合变化。Meredith N等^[7]发明的共振频率分析装置已被广泛应用于临床,其测量结果ISQ值用以代表种植体植入不同类型骨中的稳定性^[13]。

Vallecillo-Rivas M等^[10]分析了不同骨质种植体植入ISQ值变化情况,发现经过12周的愈合后,种植体ISQ值达到峰值,12周之后,种植体ISQ值变化较为微弱,因此本研究选取种植体植入即刻是测量所得ISQ值作为种植体初期稳定性以及经过12周愈合之后的修复前一次RFA测量数据ISQ作为二期稳定性。本研究基于不同患者骨质条件、年龄、性别、种植位点,发现不同骨质、种植位点间种植体初期ISQ与二期ISQ差异显著,不同性别与年龄组种植体ISQ的差异无统计学意义。本研究发现,临床上患者缺牙区IV类骨数量要多于其他类型骨质,系缺牙区多位于上下后牙区,其中上后牙缺失更为常见,且上后牙区骨质多疏松^[14]。此现象与杨程等所进行的调查基本一致^[15]。在不同骨质组中,种植体植入后稳定性IV类骨< I类骨< III类骨< II类骨。临床上I类骨多集中于下颌前牙区,下颌前牙区较为狭窄的牙槽嵴在种植备孔过程难以获得比较良好的机械固位力而致使位于下颌前牙区的种植体初期ISQ较差,而一类骨海绵状骨的缺乏会导致其二期ISQ较II、III类骨差^[16], II类骨具有较III类骨更厚的皮质骨,有利于种植体植入后获得更加良好的种植体稳定性。IV类骨由于具有非常少量的皮质骨以及其内部松质骨也较为疏松,其形成的机械固位

力也不如II、III类骨以及I类骨。在不同种植位点中,本研究发现不同种植位点种植体稳定差异显著,其原因有以下两点:①不同种植位点缺牙区骨质状况不同,这类因素可归于骨质影响中;②不同种植位点种植体植入的种植精度不同,国内学者段林娜等通过分析动态导航引导下种植体的精度验证发现种植精度在牙弓后部差异有统计学意义($P<0.05$),上颌偏差>下颌偏差^[17],种植体的精度可对种植体稳定性产生多方面的影响,种植体的植入方向和角度会影响种植区颌骨的骨改建^[18]。大量研究表明数字化动态导航系统应用于牙科种植时可以提高种植体的植入精度,因此,本文所有种植手术均在动态导航引导下完成以排除因导航方式不同所形成的种植精度差异。拟种植区皮质骨厚度与种植体稳定性的关系发现,种植区皮质骨厚度与种植体稳定性存在正相关关系,初期ISQ: $R=0.365$,二期ISQ: $R=0.329$ 。该结果与Tanaka K等^[19]研究结果相似,说明拟种植区皮质骨厚度对种植体植入后稳定性的形成与维持影响有限。种植体稳定性的形成是一个复杂的过程,其影响因素繁多,应综合考量多种因素分析,包括拟种植区骨质,种植体植入扭矩,手术方式,骨代谢水平、种植体外形设计等影响^[4,20]。

本研究通过对不同组别的种植体植入后初期与二期ISQ的分析,发现骨质与种植位点对ISQ值有明显的影响,即种植体植入后初期与二期ISQ在不同骨质、不同种植位点差异显著,术前医生可参考患者CBCT资料以及拟种植牙位等情况制定患者种植体合适的负载时机,以及术中规划封闭种植体或放置愈合基台,并对种植体植入后稳定性进行预估。

【参考文献】

- [1] Branemark P I. Osseointegration and its experimental background[J]. J Prosthet Dent, 1983,50(3):399-410.
- [2] Yamaguchi Y, Shiota M, Fujii M, et al. Effects of implant thread design on primary stability-a comparison between single- and double-threaded implants in an artificial bone model[J]. Int J Implant Dent, 2020,6(1):42.
- [3] Cobo-Vazquez C, Reiningner D, Molinero-Mourelle P, et al. Effect of the lack of primary stability in the survival of dental implants[J]. J Clin Exp Dent, 2018,10(1):e14-e19.
- [4] Dayan C, Geckili O, Bural C. The influence of implant shape on primary stability of implants with a thread cutting and forming design: an ex vivo study[J]. J Oral Implantol, 2019,45(3):181-185.
- [5] Malchiodi L, Balzani L, Cucchi A, et al. Primary and secondary stability of implants in postextraction and healed sites: a randomized controlled clinical trial[J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2016,31(6):1435-1443.
- [6] Bilhan H, Geckili O, Mumcu E, et al. Influence of surgical technique, implant shape and diameter on the primary stability in cancellous bone[J]. J Oral Rehabil, 2010,37(12):900-907.
- [7] Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant[J]. Int J Prosthodont, 1998,11(5):491-501.
- [8] Gupta R K, Padmanabhan T V. Resonance frequency analysis[J].

(本文未完,下转第81页)