

· 论著 ·

锥形束 CT 分析下颌无牙颌患者前部颌弓形态对“All-on-4”种植设计的影响

李世瀛¹, 李刚², 冯海兰¹, 潘韶霞^{1△}

(北京大学口腔医学院·口腔医院, 1. 修复科, 2. 放射科, 口腔数字化医疗技术和材料国家工程实验室 口腔数字医学北京市重点实验室, 北京 100081)

[摘要] 目的: 通过测量分析下颌无牙颌患者的锥形束 CT(conebeam computed tomography, CBCT)图像, 测量可能植入种植体的 A-P 距离(anterior-posterior distance), 分类前部颌弓形态, 探究颌弓形态对“All-on-4”远中倾斜种植体临床设计的影响。方法: 收集下颌无牙颌患者的 CBCT 图像共 74 例, 其中男性 35 例, 女性 39 例, 拟行“All-on-4”种植固定义齿修复。在经颏孔并平行于殆平面的平面上测量可能植入种植体的 A-P 距离, 分类前部颌弓形态, 测量由颏孔往近中方向 7.5 mm 的颌骨段所跨过的颌弓弧度, 探究 A-P 距离与该弧度的相关性。结果: 74 例患者测得可植入的颏孔间区种植体的 A-P 距离为 (8.5 ± 1.5) mm(最小为 4.5 mm, 最大为 11.8 mm), 其中 ≤ 7 mm 者占 12.2% (男性 3 例, 女性 6 例), 颌弓为方形; > 7 mm, ≤ 9 mm 者占 54.0% (男性 20 例, 女性 20 例), 颌弓为卵圆形; > 9 mm 者占 33.8% (男性 12 例, 女性 13 例), 颌弓为尖圆形。测量患者颏孔前方 7.5 mm 颌弓段转角弧度, 左、右两侧共测得 148 个数据, 平均为 $15.9^\circ \pm 5.5^\circ$ (最小为 5.6° , 最大为 35.2°)。统计分析发现, A-P 距离与转角弧度呈显著负相关。结论: 本研究中下颌无牙颌患者的前部颌弓形态中, 卵圆形所占百分比最多, 尖圆形次之, 方圆形最少。女性方圆形颌弓者多于男性, 卵圆形和尖圆形颌弓与性别无明显相关。颌弓越方, A-P 距离越小, 颏孔前区颌弓弧度就越大, 远中斜行种植体所需要的骨宽度就越大。下颌无牙颌患者的“All-on-4”种植固定修复采用远中斜行种植体, 术前应评估颌弓形态, 设计远中种植体的合理倾角, 远中种植位点的骨宽度应在常规要求外留有余量。方圆形颌弓是“All-on-4”种植固定修复的不利因素。

[关键词] 下颌骨; 颌, 无牙; 牙种植; 牙弓

[中图分类号] R783.4 [文献标志码] A [文章编号] 1671-167X(2017)04-0699-05

doi: 10.3969/j. issn. 1671-167X. 2017. 04. 027

Influence of the interforaminal arch form of edentulous mandibles on design of “All-on-4”: preliminary research based on conebeam computed tomography

LI Shi-ying¹, LI Gang², FENG Hai-lan¹, PAN Shao-xia^{1△}

(1. Department of Prosthodontics, 2. Department of Radiology, Peking University School and Hospital of Stomatology & National Engineering Laboratory for Digital and Material Technology of Stomatology & Beijing Key Laboratory of Digital Stomatology, Beijing 100081, China)

ABSTRACT Objective: To classify the interforaminal arch form of edentulous mandibles by measuring the anterior-posterior distance (A-P distance) of implants planned to be inserted in “All-on-4” protocol using conebeam computed tomography (CBCT) data, and to investigate the influence of the arch form on the “All-on-4” distally tilted implants. **Methods:** Seventy-four CBCT images of edentulous mandibles were collected, including 35 males and 39 females respectively. “All-on-4” implant supported fixed prostheses were designed for these patients based on the CBCT data. The A-P distance was measured in the plane which crossed bilateral mental foramen and was parallel to the occlusal plane. The interforaminal arch form of edentulous mandibles were classified according to the A-P distance. The radian of the jaw arch 7.5 mm mesially to the mental foramen was measured bilaterally, and its correlation with the A-P distance was studied. **Results:** The average A-P distance of implant supported fixed prostheses planned in the interforaminal region was (8.5 ± 1.5) mm (minimum 4.5 mm, maximum 11.8 mm). In the study, 12.2% of the subjects’ mandibles were classified as square arch form with A-P distances ≤ 7 mm, 54.0% were classified as ovoid with A-P distances > 7 mm and ≤ 9 mm, 33.8% were classified as tapered with A-P distances > 9 mm. Bilaterally, 148 results of the radian of the jaw arch 7.5 mm mesial to the mental foramen were obtained, and the average radian was $15.9^\circ \pm 5.5^\circ$ (minimum 5.6° ,

基金项目: 教育部留学回国人员科研启动基金(2012-940)资助 Supported by the Scientific Research Foundation for the Returned Overseas Chinese Scholars, State Education Ministry(2012-940)

△ Corresponding author’s e-mail, panshaoxia@vip.163.com

网络出版时间:2016-1-6 10:27:34 网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4691.R.20160106.1027.014.html>

maximum 35.2°). The radian and the A-P distance showed a negative correlation with statistical significance. **Conclusion:** In this research, the ovoid arch form was the most common type in edentulous mandibles, followed by tapered arch form. The square arch form showed the lowest percentage. As the arch form went squarer, the A-P distance became shorter, the radian of the jaw arch mesially to the mental foramen went greater, and the bone width that distally tilted implants need became bigger. The interforaminal arch form of the edentulous mandible should be analyzed before an implant supported fixed restoration is designed in the interforaminal region. The angle of inclination of distal implants should be reasonable. The bone width of the distal implant site must be adequate. The square arch form contributes negatively to the structure of implant supported fixed prostheses with distal cantilever design.

KEY WORDS Mandible; Jaw, edentulous; Dental implantation; Dental arch

下颌牙列缺失的种植固定义齿修复能显著提高患者满意度,增进咀嚼功能,但由于拔牙后磨牙区的牙槽嵴不断吸收,该区域的骨量不足常常限制了种植体植入。对此,学者们提出了各种解决方法,如短种植体的应用、上置法块状骨移植、下牙槽神经移位术等^[1-5],但较大的手术创伤、较高的技术难度以及可能的神经损伤等因素^[6]使得许多学者转而寻找其他的解决方案。

颏孔间区骨质较密,骨量相对充足,重要解剖结构少,因而成为种植体植入的合适区域^[7]。在很多情况下可在颏孔间区植入种植体,种植体上部连接带有远中悬臂梁的固定修复体。Maló 等^[8-10]提出了下颌牙列缺失的“All-on-4”种植技术,于下颌无牙领患者的颏孔间区植入4颗种植体,颌骨前部中线两侧植入两颗种植体,两侧远中紧邻颏孔前各植入一颗向远中倾斜的种植体,利用4颗种植体实现对上部固定修复体的支持。

远中倾斜的种植体可以避开颏神经环,并通过倾斜植入来增加种植体长度,减少远中悬臂梁长度,最重要的是其可增大前、后种植体间距离。Bevilacqua 等^[11]发现上颌远中种植体倾斜度越大(0°~45°),悬臂梁长度越短,越可以保护义齿结构免受损伤,同时也有研究表明,种植体垂直或倾斜植入在减轻种植体周围骨内压力和支持义齿方面并没有显著差异^[12]。Takahashi 等^[13]则发现虽然单个种植体倾斜角度的增加会增加周围骨内应力,但是如果4个种植体相连,由于倾斜角度的增加可以减少悬臂梁的长度,反而可以使周围骨内应力下降。Francetti 等^[14]的临床研究也表明,采用种植体垂直植入与倾斜植入,其边缘骨吸收无显著差异。

虽然无牙领种植固定修复中,种植体倾斜植入会使外科手术的复杂程度增加,但是仍然不失为减少悬臂梁长度、为种植固定义齿提供稳定支持的有效办法,然而,这种远中倾斜种植体的植入需要在前、后向跨越一段颌骨长度,下颌颏孔间区的弓形结构是否会对种植体的植入有一定影响,目前尚未见

研究对此加以分析论证。此外,无牙领种植固定修复如采用远中悬臂梁设计,悬臂梁的长度也与患者颌骨领弓形态有关。因此,本研究拟通过对无牙领患者锥形束 CT (conebeam computed tomography, CBCT)的测量分析,探讨下颌无牙领患者的“All-on-4”种植修复中,下颌前部领弓形态对颏孔前方倾斜种植体植入的影响,以及其对颏孔间区植入种植体的 A-P 距离 (anterior-posterior distance) 和修复体远中悬臂梁长度的影响。

1 资料与方法

1.1 数据采集

本研究收集就诊于北京大学口腔医院修复科的下颌无牙领患者的 CBCT 图像。CBCT 图像均使用 Vatech DCT PRO(韩国)拍摄,工作电压为 90.0 kV, 电流为 7.0 mA, 拍摄于北京大学口腔医院放射科。患者拍摄时面部中线与地面垂直,端坐放松,眶耳平面与地面平行,并保持下颌姿势位,固定头位。使用 Ez3D2009 软件(怡友公司,韩国)进行图像测量。

本研究纳入的 CBCT 图像均包含完整、清晰的下颌无牙领以及上颌牙列或牙槽嵴图像,对于视野不够而未能显示全部颏孔前区的 CBCT 予以排除,图像模糊者予以排除。

1.2 鳍平面的确定

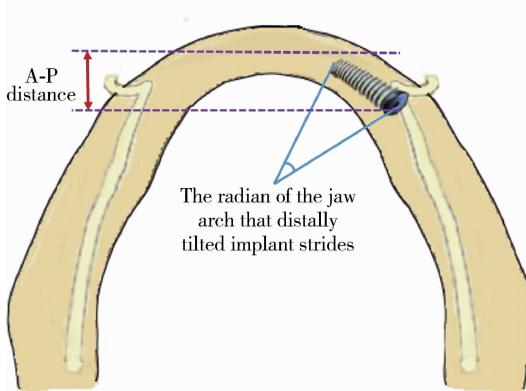
由于牙列缺失,失去了鳍平面的参考,本研究采用下列方法确定鳍平面:(1)对于上颌有牙列的患者,综合参考上颌鳍平面、下颌牙槽嵴顶平面等因素,确定下颌无牙领鳍平面;(2)对于全口无牙领患者,综合参考上、下颌牙槽嵴顶平面,梨状孔下缘与髁状突或外耳道的连线(鼻翼耳屏线)确定下颌无牙领的鳍平面。所有图像都由同一观测者采取统一标准调整至鳍平面观察测量。

1.3 领弓形态观察

截取经双侧颏孔并平行于鳍平面的水平横断面,在此平面观察领弓形态。以颏孔前沿对应的下颌骨颊舌向中点作为远中种植体的远中边缘所在

点,左、右各一,相连成一条直线,再经下颌前部中线处唇舌向中点作一条直线与之平行,测量两线之间的距离即为 A-P 距离(图 1)。下颌前部牙弓形态按方圆型、卵圆形、尖圆形进行分类。方圆型牙弓指下颌前部颏孔间区牙槽嵴形态呈方圆型,前部相当于中切牙及侧切牙部位的牙槽嵴呈一条直线型,从尖牙区开始向远中旋转,与前磨牙区牙槽嵴相连续成一方圆形弧形。卵圆形牙弓则为双侧相当于中切牙区的牙槽嵴呈一直线,从侧切牙区开始轻度向远中旋转,与前磨牙区连续成为卵圆形弧形。尖圆型牙弓则从中切牙区或侧切牙区开始即依次向远中旋转,在中线部位形成前突的亭台,呈尖圆形弧形与前磨牙连续。以方圆型领弓 A-P 距离 ≤ 7 mm,卵圆形领弓 >7 mm, ≤ 9 mm,尖圆形领弓 >9 mm 为标准,对领弓形态进行分类^[15]。

为了测量远中种植体在近、远中方向上跨过的领弓弧度,本研究以该处 30° 角倾斜植入长 15 mm 的种植体为例进行测量,种植体向前所跨过的弧度也就是从颏孔往近中方向 7.5 mm ($15 \text{ mm} \times \sin 30^\circ$) 所跨过的领弓弧度(图 1),每位患者可测得左、右各一个领弓弧度。使用 Ez3D 2009 软件的 Panoramic Curve + Angle 工具进行测量。



A-P distance, anterior-posterior distance.

图 1 A-P 距离及远中倾斜种植体在颏孔前跨过的领弓弧度示意图

Figure 1 A-P distance and the radian of the jaw arch that distally tilted implant strides

1.4 统计学分析

所有数据使用 SPSS 20.0 软件进行统计分析,使用均数 \pm 标准差对 A-P 距离及测得的领弓弧度进行描述,应用单因素方差分析比较不同牙弓形态所测领弓弧度的差异, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

本研究共收集无牙颌患者全口 CBCT 图像 74

例,其中男性 35 例,女性 39 例。74 例患者测得 A-P 距离平均为 (8.5 ± 1.5) mm(最小为 4.5 mm,最大为 11.8 mm),其中 ≤ 7 mm 有 9 例(男性 3 例,女性 6 例),占 12.2%,领弓为方圆型; > 7 mm, ≤ 9 mm 有 40 例(男性 20 例,女性 20 例),占 54.0%,领弓为卵圆形; > 9 mm 有 25 例(男性 12 例,女性 13 例),占 33.8%,领弓为尖圆形(图 2)。

74 例患者左、右两侧共测得颏孔前方领弓转角弧度共计 148 个,平均值为 $15.9^\circ \pm 5.5^\circ$ (最小为 5.6° ,最大为 35.2°)。使用 Pearson 相关性分析发现,A-P 距离与转角弧度呈显著负相关($r = -0.541, P < 0.05$)。

绘制 A-P 距离与转角弧度的散点图可以发现,A-P 距离越大,即领弓越呈尖圆形,远中倾斜种植体所跨过的领骨段转角弧度越小;A-P 距离越小,即领弓越呈方圆型,远中倾斜种植体所跨过的领骨段转角弧度越大(图 3)。

使用单因素方差分析统计 3 种领弓形态的下颌无牙颌患者颏孔前 7.5 mm 领弓转角弧度,各组方差不齐,故使用未假定方差齐性的 Tamhane's T2 (M) 两两比较方法,结果见表 1 和图 4。

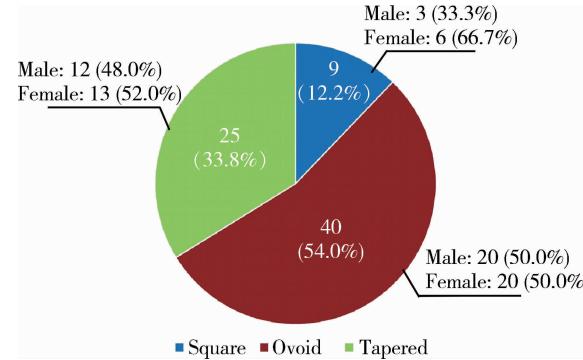
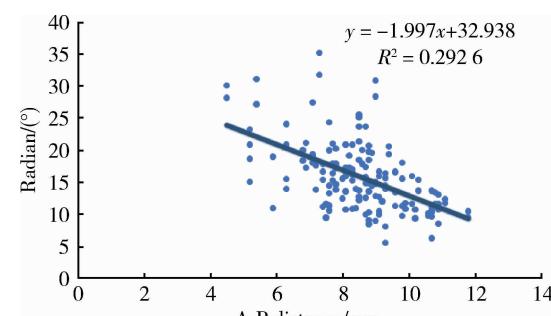


图 2 下颌无牙颌患者领弓形态分类

Figure 2 Percentage of three arch forms of edentulous mandibles in 74 subjects



A-P distance, anterior-posterior distance.

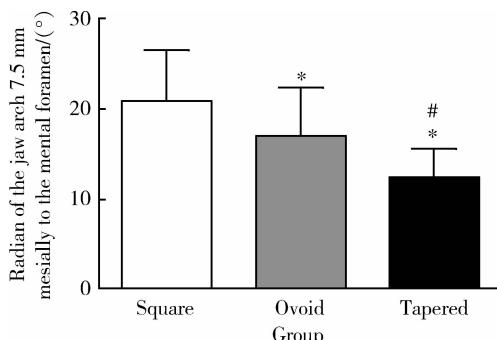
图 3 远中倾斜种植体跨过的领弓弧度(角度)随 A-P 距离的变化

Figure 3 The scatter diagram of the radian and the A-P distance

3 討論

3.1 頸孔間區遠中種植體傾斜角度的選擇

有研究表明,單個種植體對於牙槽骨應力隨著傾斜角度的增大而增大,而對於“*All-on-4*”來說,如果4個種植體相連,由於傾斜角度的增加可以減少懸臂梁的長度,遠中游離端懸臂梁的長度越小,對於種植體周圍牙槽骨的應力越小,反而可以使周圍骨內應力下降^[13],因此,牙槽骨內應力的改變是由上述兩種作用交互影響的結果。根據研究發現,在30°時,這兩種影響可以將牙槽骨內應力降到很低^[16],是臨牀上常用的选择。因此,本研究選擇30°的傾斜角度作為假想的遠中種植體的標準傾斜角度,並設定15 mm的長度對該種植體在前、後向所經過的頤弓段形態進行測量分析。實際臨牀操作中,遠中種植體的傾斜角度可以達到45°,在0°~45°範圍內,可通過種植體配套的多牙基台對角度進行糾正,使其達到能進行整體支架式固定义齒修復的目的。通過計算可知,如果種植體植入的傾斜角度為45°,則15 mm的種植體將在前、後向跨越10.6 mm的距離,則下頤頤弓形態對種植體植入的影響將更為顯著。



* $P < 0.05$, compared with square form; # $P < 0.05$, compared with ovoid form.

圖4 3種頤弓形態的下頤無牙頤患者頸孔前7.5 mm頤弓弧度

Figure 4 Radian of the jaw arch 7.5 mm mesially to the mental foramen of three different arch forms

表1 3種頤弓形態的下頤無牙頤患者頸孔前7.5 mm
頤弓弧度統計描述及比較

Table 1 Statistical description and comparison of radian of the jaw arch 7.5 mm mesially to the mental foramen of three different arch forms

Arch form	n	Radian/(°)			<i>P</i> value vs. square form	<i>P</i> value vs. ovoid form
		$\bar{x} \pm s$	Min	Max		
Square	18	20.89 ± 5.61	11.0	31.1	-	0.038
Ovoid	80	17.00 ± 5.32	8.5	35.2	0.038	-
Tapered	50	12.44 ± 3.15	5.6	20.6	0.000	0.000
Total	148	15.93 ± 5.47	5.6	35.2		

Min, minimum; Max, maximum.

3.2 下頤無牙頤患者前部頤弓的形態分類

本研究根據A-P距離所分類的下頤無牙頤患者前部頤弓形態中,卵圓形多於尖圓形,尖圓形多於方圓形,與有些文獻報道(卵圓形>方圓形>尖圓形)不同^[17],推測可能與人種有關。

方圓形頤弓中女性多於男性,卵圓形和尖圓形與性別無明顯相關。

3.3 下頤無牙頤患者前部頤弓形態與修復體遠中懸臂梁長度

在無牙頤整體支架式種植固定修復中,將兩側遠中種植體後緣連線,通過前部種植體的中心作一條平行於該連線的直線,那麼兩線之間的距離稱為A-P距離^[18]。修復過程中,A-P距離在很大程度上可以決定遠中懸臂梁的合理長度。在其他的影响因素(如殆力大小、對頤牙列情況、口腔副功能、頤骨密度、種植體直徑、種植體數量、牙冠高度等)不變的情況下,A-P距離越大,理論上遠中懸臂梁就可以設計得越長。Misch^[15]認為,在咬合力較小的情況下,遠中懸臂梁的長度可以達到A-P距離的1~2倍,對於咬合力大的患者,遠中懸臂梁的長度則應尽可能減小。

A-P距離主要受頤弓形態的影響,方圓形頤弓的A-P距離一般較小,尖圓形頤弓的A-P距離一般較大,卵圓形頤弓的A-P距離則介於兩者之間。本研究正是利用頤弓形態與A-P距離的這種關係,通過測量A-P距離來對頤弓形態進行分類的。

臨床實踐中,設計無牙頤整體支架式固定橋時,A-P距離越小,出於防止機械并发症及保證種植體安全受力範圍的考慮,其後部所能設計的懸臂梁長度就越短,因此,A-P距離越小,所能形成的總體頤弓長度也越短。本研究經測量可知,僅約1/3的無牙頤患者為尖圓形頤弓,而約1/8的無牙頤患者為方圓形頤弓,因此,在與患者討論治療設計時,如果選擇類似“*All-on-4*”的治療設計,需要參考患者下頤頤弓形態進行修復體設計,所能獲得的修復體長度與頤弓形態密切相關,與患者在這一點上的溝通也尤為重要,事先向患者說明由於解剖條件的限制,後牙區所能達到的懸臂梁長度的範圍,可以幫助患者理解修復後後牙區咀嚼功能恢復的狀況限制、可能的機械力學風險以及美學上可能需要的妥協設計,如由於形成的牙弓長度過短而有可能在口角處看見牙弓的末端等。

3.4 下頤無牙頤患者頤弓形態與傾斜種植體跨度

當下頤無牙頤磨牙區的牙槽骨高度不足時,在頸孔間區植入手術體進行種植固定修復是常用的方

法。在类似“All-on-4”的设计中,远中倾斜种植体的位置一般在颏孔前,由于下颌骨的弓形结构,往往在此部位会形成一定弧度。如果种植体向远中倾斜,则其骨内段会跨越一段有弧度的颌骨区域,从数学上来讲,种植体的倾斜对种植区域骨量宽度的要求更大。

本研究结果提示,A-P距离与颏孔前方一定距离内领弓转角弧度呈反比关系,可以推知,方圆形领弓,颏孔前方的斜行种植体需要跨越较大的领弓弧度,这时所需的颊舌侧骨量大于跨越领弓弧度较小的领骨量,尤其在前磨牙区舌侧倒凹较大的情况下需要特别注意,以免种植体在倾斜植入时引起唇侧或舌侧骨壁的穿通,损伤软组织^[19]。

3.5 无牙颌患者方圆形领弓对种植固定修复的影响

总结上述无牙颌领弓所能允许植入的种植体,领弓越呈方圆形,则A-P距离越小,颏孔前方领弓拐角弧度就越大,颏孔前方倾斜种植体所需要的骨宽度就越大。同时,方圆形领弓的A-P距离越小,所能支持的远中悬臂梁就越短,整体恢复的牙弓长度也越短,再加上远中种植体倾斜角度也受限,所需骨宽度更多,因此,方圆形领弓是无牙颌整体支架式种植固定修复的不利因素(种植体植入手颏孔间区)。

本研究的样本量较少,对各类领弓形态所占百分比的评价还需更大的样本量才能获得更接近整体人群的真实数据。研究中所采用的领弓形态判定方法以颏孔水平为准,在临幊上很多无牙颌患者从颏孔到牙槽嵴顶尚有剩余牙槽嵴存留,因此在实际植入手点设计时,还可有一定的宽容度。尽管有医师指出在“All-on-4”类种植固定修复设计中需要在上、下颌大量去骨以形成蛤台^[20],但真正的植入手点还需要在临幊上根据患者的个体情况做出个性化判定。

综上所述,下颌无牙颌患者前部领弓形态分类中以卵圆形最多,尖圆形次之,方圆形最少。方圆形领弓中女性多于男性,卵圆形和尖圆形与性别无明显相关。A-P距离越小,领弓越呈方圆形,颏孔前方领弓拐角就越大,远中种植体所需要的骨宽度就越大。下颌无牙颌患者的“All-on-4”类种植固定修复前应评估前部领弓形态,设计远中种植体的合理倾角,远中种植位点的骨宽度应格外充足。方圆形领弓是“All-on-4”类种植固定修复的不利因素。

参考文献

- [1] Penarrocha-Oltra D, Aloy-Prosper A, Cervera-Ballester J, et al. Implant treatment in atrophic posterior mandibles: vertical regeneration with block bone grafts versus implants with 5.5-mm intrabony length [J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2014, 29 (3): 659–666.
- [2] Laino L, Iezzi G, Piattelli A, et al. Vertical ridge augmentation of the atrophic posterior mandible with sandwich technique: bone block from the chin area versus corticocancellous bone block allograft—clinical and histological prospective randomized controlled study [J]. Biomed Res Int, 2014, 982104. doi: 10.1155/2014/982104.
- [3] Abayev B, Juodzbalys G. Inferior alveolar nerve lateralization and transposition for dental implant placement. Part I: a systematic review of surgical techniques [J]. J Oral Maxillofac Res, 2015, 6 (1): e2.
- [4] Abayev B, Juodzbalys G. Inferior alveolar nerve lateralization and transposition for dental implant placement. Part II: a systematic review of neurosensory complications [J]. J Oral Maxillofac Res, 2015, 6 (1): e3.
- [5] Barbu HM, Levin L, Bucur MB, et al. A modified surgical technique for inferior alveolar nerve repositioning on severely atrophic mandibles: case series of 11 consecutive surgical procedures [J]. Chirurgia (Bucur), 2014, 109 (1): 111–116.
- [6] Vetrovilla BM, Moura LB, Sonego CL, et al. Complications associated with inferior alveolar nerve repositioning for dental implant placement: a systematic review [J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2014, 43 (11): 1360–1366.
- [7] Jensen OT, Adams MW. All-on-4 treatment of highly atrophic mandible with mandibular V-4: report of 2 cases [J]. J Oral Maxillofac Surg, 2009, 67 (7): 1503–1509.
- [8] Maló P, Rangert B, Nobre M. “All-on-Four” immediate-function concept with Branemark System implants for completely edentulous mandibles: a retrospective clinical study [J]. Clin Implant Dent Relat Res, 2003, 5 (Suppl 1): 2–9.
- [9] Maló P, Rangert B, Nobre M. All-on-4 immediate-function concept with Branemark System implants for completely edentulous maxillae: a 1-year retrospective clinical study [J]. Clin Implant Dent Relat Res, 2005, 7 (Suppl 1): S88–S94.
- [10] Maló P, de Araújo Nobre M, Lopes A, et al. “All-on-4” immediate-function concept for completely edentulous maxillae: a clinical report on the medium (3 years) and long-term (5 years) outcomes [J]. Clin Implant Dent Relat Res, 2012, 14: e139–e150.
- [11] Bevilacqua M, Tealdo T, Menini M, et al. The influence of cantilever length and implant inclination on stress distribution in maxillary implant-supported fixed dentures [J]. J Prosthet Dent, 2011, 105 (1): 5–13.
- [12] Naini RB, Nokar S, Borghei H, et al. Tilted or parallel implant placement in the completely edentulous mandible? A three-dimensional finite element analysis [J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2011, 26 (4): 776–781.
- [13] Takahashi T, Shimamura I, Sakurai K. Influence of number and inclination angle of implants on stress distribution in mandibular cortical bone with All-on-4 concept [J]. J Prosthodont Res, 2010, 54 (4): 179–184.
- [14] Francetti L, Romeo D, Corbella S, et al. Bone level changes around axial and tilted implants in full-arch fixed immediate restorations. Interim results of a prospective study [J]. Clin Implant Dent Relat Res, 2012, 14 (5): 646–654.
- [15] Misch CE. The completely edentulous mandible: treatment plans for fixed restorations [M]// Dental implant prosthetics (second edition). London: Elsevier Inc., 2015.
- [16] Kim KS, Kim YL, Bae JM, et al. Biomechanical comparison of axial and tilted implants for mandibular full-arch fixed prostheses [J]. Int J Oral Maxillofac Implants, 2011, 26 (5): 976–984.
- [17] Misch CE. Preimplant prosthodontics: overall evaluation, specific criteria, and pretreatment prostheses [M]// Dental implant prosthetics (second edition). London: Elsevier Inc., 2015.
- [18] Misch CE. Treatment plans related to key implant positions and implant number [M]// Dental implant prosthetics (second edition). London: Elsevier Inc., 2015.
- [19] Quirynen M, Mraïwa N, van Steenberghe D, et al. Morphology and dimensions of the mandibular jaw bone in the interforaminal region in patients requiring implants in the distal areas [J]. Clin Oral Implants Res, 2003, 14 (3): 280–285.
- [20] Jensen OT, Adams MW, Cottam JR, et al. The all on 4 shelf: mandible [J]. J Oral Maxillofac Surg, 2011, 69 (1): 175–181.