

空心环钻联合手术导板用于自体牙移植牙槽窝备洞

刘竹影¹ 周年苟² 李泳祺¹ 周丽斌¹

¹广州医科大学附属口腔医院口腔颌面外科·广东省口腔组织修复与重建工程技术研究中心·广州市口腔再生医学基础与应用研究重点实验室,广州 510182; ²中国人民解放军陆军第七十四集团军医院口腔科,广州 510315

通信作者:周丽斌,Email:fmmumario@126.com

【摘要】 目的 探讨空心环钻与数字化手术导板联合应用于制备自体牙移植受植窝洞的有效性 & 准确性。**方法** 从2022年5—8月就诊于广州医科大学附属口腔医院颌面外科的患者中招募了16例磨牙缺失并接受自体牙移植修复的患者,实验对象采用随机数字表方法分为自由手组和导板组,每组8例。导板组用锥形束CT(CBCT)和口内扫描系统进行扫描,将结果导入Mimics 21.0,分析受体部位区域选择供体牙,模拟供体牙的植入以确定植入位置。设计基于空心环钻的数字化导板导向套,并生成数字化导板。自由手组按照常规自体牙移植手术流程,术中采用3D打印供牙模型试植,自由手预备窝洞。术后对患者重新进行CBCT扫描,使用Geomagic Control X匹配并对术前设计牙齿位置与术后实际牙齿位置进行比较。**结果** 自体牙移植术后1年的随访中,两组的移植牙均成功愈合。导板组备洞时间为 (323 ± 50) s,自由手组为 (522 ± 91) s,两者相比差异有统计学意义($t=5.394, P<0.001$)。导板组3D供牙试植次数 (2.9 ± 0.8) 次,自由手组3D供牙试植次数 (4.1 ± 1.2) 次,两者相比差异有统计学意义($t=2.357, P=0.034$)。导板组术前术后牙齿的三维位置对比分析,显示牙体长轴的角度偏差为 $(9.0 \pm 5.5)^\circ$,3D偏差显示牙齿中心点的偏差为 (1.0 ± 0.6) mm,根尖偏差为 (2.1 ± 1.1) mm,移植牙相对于术前设计牙齿位置偏差较小。**结论** 通过使用新方法,自体牙移植备洞时间缩短,过程可靠精确,深度可控,备洞流程简化,备洞过程中空心环钻取出骨块可用于自体牙移植牙槽窝缺损的骨移植,自体骨愈合效果好,节约成本。

【关键词】 自体牙移植; 计算机辅助设计; 3D打印; 数字化导板; 环钻术

基金项目:广州医科大学科研能力提升项目(02-410-2302191XM)

引用著录格式:刘竹影,周年苟,李泳祺,等.空心环钻联合手术导板用于自体牙移植牙槽窝备洞[J/OL].中华口腔医学研究杂志(电子版),2023,17(6):418-423.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2023.06.008

Combined application of hollow trephine and surgical guide for the preparation of alveolar cavity in autologous tooth transplantation

Liu Zhuqing¹, Zhou Niangou², Li Yongqi¹, Zhou Libin¹

¹Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School and Hospital of Stomatology, Guangdong Engineering Research Center of Oral Restoration and Reconstruction & Guangzhou Key Laboratory of Basic and Applied Research of Oral Regenerative Medicine, Guangzhou Medical University, Guangzhou 510182, China; ²Department of Stomatology, 74th Army Group Hospital of the People's Liberation Army of China, Guangzhou 510315, China

Corresponding author: Zhou Libin, Email:fmmumario@126.com

【Abstract】 Objective To explore the effectiveness and accuracy of hollow trephines and digital surgical guides used in the preparation of autologous tooth transplantation cavities. **Methods** This study recruited 16 patients with missing molars who received autologous tooth transplantation from the patients who visited the Department of Maxillofacial Surgery, Stomatological Hospital, Guangzhou Medical University, from May 2022 to August 2022. The participants were randomly divided into a freehand group

and a guided group, with eight cases in each group. The guided group took both a CBCT and an intraoral scanning. The scan results were imported into Mimics 21.0 software to analyze the recipient site and select the donor tooth region. Simulation of donor tooth implantation was performed to determine the implantation position. A digital guide template based on the hollow trephine was designed and generated. The freehand group followed the conventional autologous tooth transplantation surgical procedure. During the operation, a 3D printed donor tooth model was used for trial implantation, and the cavity was prepared manually. After surgery, patients underwent a CBCT scanning, and Geomagic Control X software was used to match and compare the preoperative designed tooth positions with the actual postoperative tooth positions.

Results In the 1-year follow-up, successful healing of transplanted teeth was observed in both groups. The alveolar preparation time of the guided group was (323 ± 50) s, compared with the freehand group (522 ± 91) s, and the difference between the two was statistically significant ($t = 5.394, P < 0.001$). There was significant difference between the number of 3D donor tooth trials in the guided group (2.9 ± 0.8) and the freehand group (4.1 ± 1.2) ($t = 2.357, P = 0.034$). Comparative analysis of the three-dimensional position of the teeth in the guided group before and after surgery showed that the angular deviation, the 3D deviation, and the apical deviation were $(9.0 \pm 5.5)^\circ$, (1.0 ± 0.6) mm and (2.1 ± 1.1) mm, respectively. The positional deviation between the transplanted tooth and the preoperative designed tooth was small.

Conclusions With this novel approach, the socket preparation process for autogenous tooth transplantation became reliable, accurate, controllable in depth and simplified. The harvested bone during the socket preparation can be utilized for bone grafting with great bone healing, which appeared to be a cost-saving strategy.

【Key words】 Autogenous tooth transplantation; Computer-aided design; Printing, three-dimensional; Digital surgical guide; Trephining

Fund program: Guangzhou Medical University Scientific Research Capacity Improvement Project (02-410-2302191XM)

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2023.06.008

自体牙移植是指将同一个体的牙齿完整拔出后,植入到另一个牙槽窝,并使之在新的位点愈合、行使咬合功能的治疗技术,是一种可行且安全的修复缺失牙齿的方法。与当前已成为主流的种植牙相比,自体牙移植具有许多优点^[1]:(1)自体牙移植可形成有活力的牙周组织,牙周膜愈合的移植牙可像天然牙一样维持正常的本体感觉;(2)采用自体牙进行移植,无外源性植入物,生物相容性更佳,更有利于保存自身的牙槽骨量和牙龈组织。然而,自体牙移植手术也存在一些局限性,例如供体牙的数量和质量等问题。因此,在进行自体牙移植手术之前,需要充分评估患者的条件和期望效果,选择最适合的治疗方案。自体牙移植成功的标准包括根尖周愈合和牙周愈合,影响自体牙移植预后的因素包括年龄、性别、供牙区情况、受牙区情况及手术操作等^[2]。其中,较为重要的因素包括供体牙的拔除、供体牙离体时间、受植窝洞预备与供体牙的匹配程度,以及供体牙根对受植窝洞的适应度。

受植窝洞的预备是自体牙移植的一个难点,以往的自体牙移植手术依靠外科医生的经验预备牙槽窝,尤其是对于缺牙时间久、牙槽窝骨质完全愈

合的病例,单靠医生自由手难以制备匹配供牙的牙槽窝,且手术过程具有非常大的不确定性及不准确。近年来,随着数字化技术的发展,使用3D打印供牙模型,使窝洞预备有了参照物,可以避免窝洞预备过程中用供牙试洞型的过程,从而减少供牙牙周膜损伤,提升牙周膜愈合的成功率。但是,窝洞预备仍然是自体牙移植手术的难点,如何利用数字化技术实现受植窝洞的精准制备,是自体牙移植技术中亟待解决的难题。

针对这一难题,本研究提出了空心环钻与数字化手术导板联合应用来制备自体牙移植受植窝洞。空心环钻常规用于钻取骨块进行移植,也可用来钻除失败的种植体,但国内外尚未见用于自体牙移植窝洞预备的报道。

资料与方法

一、一般资料

从2022年5—8月就诊于广州医科大学附属口腔医院颌面外科的患者中招募了16例自愿行自体牙移植的患者,性别不限,年龄20~40岁,无全身性疾病,初诊时经锥形束CT(cone-beam computed

tomography, CBCT)检查及口腔检查,符合自体牙移植的适应证。

1. 纳入标准:患牙缺失或拔牙后牙槽窝愈合3个月以上,受牙区间隙和牙槽骨骨量足够,能完全容纳供牙。

2. 排除标准:供牙本身存在严重病变或畸形,受植区存在牙龈软组织缺损。

采用随机数字表法分为导板组及自由手术组各8例,均签署自体牙移植知情同意书及临床研究伦理知情同意书。本项临床研究经过广州医科大学附属口腔医院伦理委员会批准(编号LCYJ2023021),并在中国临床试验注册中心注册(注册号ChiCTR2300074646)。本项临床研究在广州医科大学附属口腔医院越秀院区口腔颌面外科完成。

二、数字化导板的设计与制作

数字化环钻备洞导板的设计制作基于以下专利技术^[3]。

1. 计算机虚拟设计确定供牙位置:将临床采集的患者CBCT(cs 9300, Carestream, 加拿大)数据及口内扫描仪(TRIOS2, 3 shape, 丹麦)数据通过3-matic软件(Materialise, 美国)进行对齐后,一并导入Mimics 21.0软件(Materialise, 美国)中,应用Mimics 21.0软件的分割功能分割提取供牙的数字模型,通过在空间内移动的三维旋转,设计移植牙的植入位置,使移植牙与邻牙的邻接关系、与对颌牙的覆殆覆盖关系处于最合适的位置,但保持咬合面不与对颌牙接触,空开咬合约1 mm,同时还需兼顾牙根的

位置,使牙根的颊舌侧均有骨质包裹,距离近远中邻牙的牙根处于居中的位置。

2. 基于空心环钻的数字化导板导环设计:基于第1步中已确定的移植牙三维位置,用若干与牙体长轴方向一致的圆柱体(直径5或6 mm)覆盖移植牙的牙根,圆柱体之间互相存在交叠,圆柱体重叠后,覆盖全部牙根的体积,但不接触邻牙牙根或牙冠。每个圆柱体代表1个环钻切割备洞的路径(方向和深度)。确定好圆柱体后,基于每个圆柱体,设计并生成导环(图1)。

3. 数字化备洞导板的设计及生成:将第2步生成的导环,及第1步对齐的牙列和牙槽骨数据导入PlastyCAD 1.7软件(3DIEMME, 意大利)中,进行数字化备洞导板的设计,采用牙支持式的备洞导板,导板体与缺隙近远中1~3个牙位的牙冠形态相匹配,但不进入轴面倒凹。牙尖高点处开设计圆形观察孔,以便术中观察导板是否就位。设计连接体连接导环与导板体,连接体不与牙龈或牙面接触。每个导板上有1个导环。因而1个受植窝洞的预备,常需要设计多个备洞导板。导板导出最终STL数据,采用光敏树脂材料3D打印手术导板(Halot-Sky, 深圳市创想三维科技股份有限公司)同时打印供牙等比例模型(图2)。

自由手组不设计制作手术导板,但术前进行移植牙手术模拟,在软件中设计移植牙的理想位置,并打印供牙等比例模型。3D打印的环钻备洞导板和供牙模型,均于术前采用碘伏溶液浸泡消毒20 min。

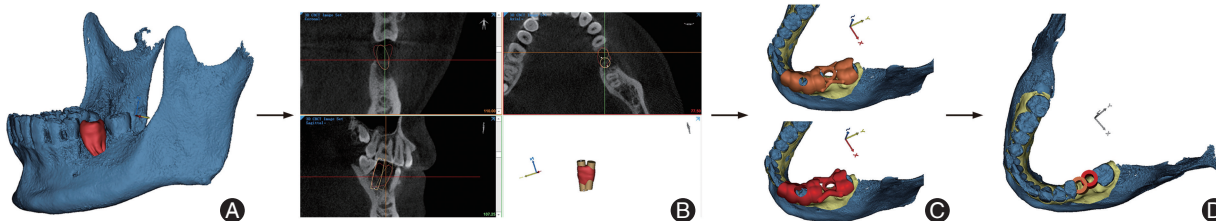


图1 基于空心环钻的数字化导板的设计及生成过程 A:供牙虚拟试植确定位置;B:计划环钻路径的锥形束CT(CBCT)视图;C:生成导向套;D:生成数字化手术导板。

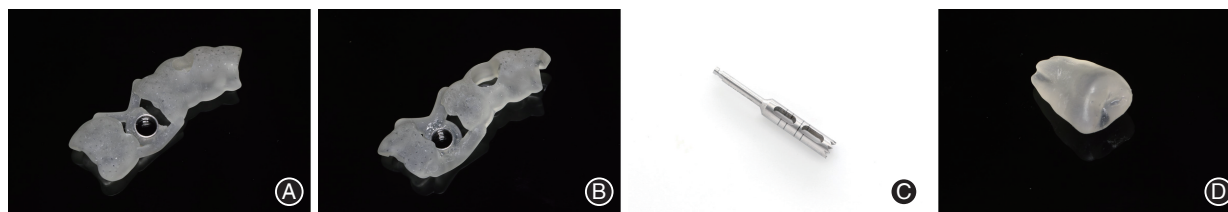


图2 自体牙移植术中使用的数字化备洞导板、空心环钻及3D打印供牙模型 A:3D打印数字化导板1;B:3D打印数字化导板2;C:术中的空心环钻;D:3D打印供牙模型。

三、自体牙移植的手术方法

与患者充分沟通并知情同意后,移植牙手术在局部麻醉下进行。所有自体牙移植手术均由同一临床医生完成,该医生具有200余例自体牙移植手术经验。

导板组采用数字化环钻备洞导板辅助进行受植窝洞的预备,自由手组则由术者根据经验采用球钻和侧切钻进行窝洞预备。备洞过程中,两组均采用3D打印的等比例供牙模型进行试植,以确认预备的窝洞是否可以容纳供牙。

1. 导板组手术步骤:麻醉起效后,于牙槽嵴顶切开翻瓣,显露牙槽嵴顶骨质,戴入手术导板,经观察孔确认完全就位,种植机装配相应直径的环钻,以1 000 r/min的转速钻入导环,在导环的引导下进行窝洞预备,以4℃0.9%氯化钠溶液冷却,达到预定深度后,即撤出环钻。完成环钻预备后,可在骨面上看到环形的切割痕迹及中央圆柱形的骨块。更换导板,完成所有导板引导下的环钻备洞。在牙槽骨上可见互相交叠的圆环,以及多个被切割的圆柱形骨块。用牙挺将圆柱形的骨块挺松后,取出备用。进一步用侧切钻修整洞缘,使之平滑连续。用3D打印供牙模型试植,直到供牙模型的牙根能够完全进入到窝洞内,牙冠与邻牙和对颌牙的位置关系达到合适的状态。0.9%氯化钠溶液反复冲洗窝洞,彻底清除窝洞内的碎骨屑和肉芽组织。随后使用微创拔牙法拔出供

牙,参照供牙模型的方向植入受植窝内。对于需要植骨的病例,将空心环钻备洞过程取出的骨块,放入骨研磨器中研磨成骨颗粒,植入供体牙根的暴露表面,并覆盖富血小板纤维蛋白(platelet-rich fibrin, PRF)膜。复位龈瓣后,用丝线间断缝合,严密关闭创口。利用光固化树脂和不锈钢丝控制制成的麻花丝将移植牙与邻牙进行固定,最后对供牙进行必要的调骀,确保无咬合干扰,即完成自体牙移植手术(图3)。

2. 自由手组手术步骤:按常规手术流程,术中使种植机球钻及扩孔钻预备新牙槽窝,3D打印供牙试植窝洞,窝洞确认合适后,微创拔出供牙,植入供牙,缝合关闭创口,用光固化树脂和金属麻花丝与邻牙固定。

所有患者术后即刻拍摄CBCT,术后7 d拆线检查牙龈愈合情况,术后2周行根管治疗,术后2个月拆除固定夹板,并进行临床检查,行牙齿动度和叩诊检查,拍摄牙根尖片观察是否有牙根吸收。术后1年拍摄CBCT,检查评估咬合情况,牙齿动度和叩诊检查,牙周探诊检查,牙槽骨重建情况及是否有牙周膜间隙的存在(图4)。

四、评价指标

1. 两组制备新牙槽窝时间及3D供牙试植次数的比较:两组手术过程中,均全程录制视频,术后根据视频回放,记录窝洞预备时间、3D打印供牙模型的试植次数等。

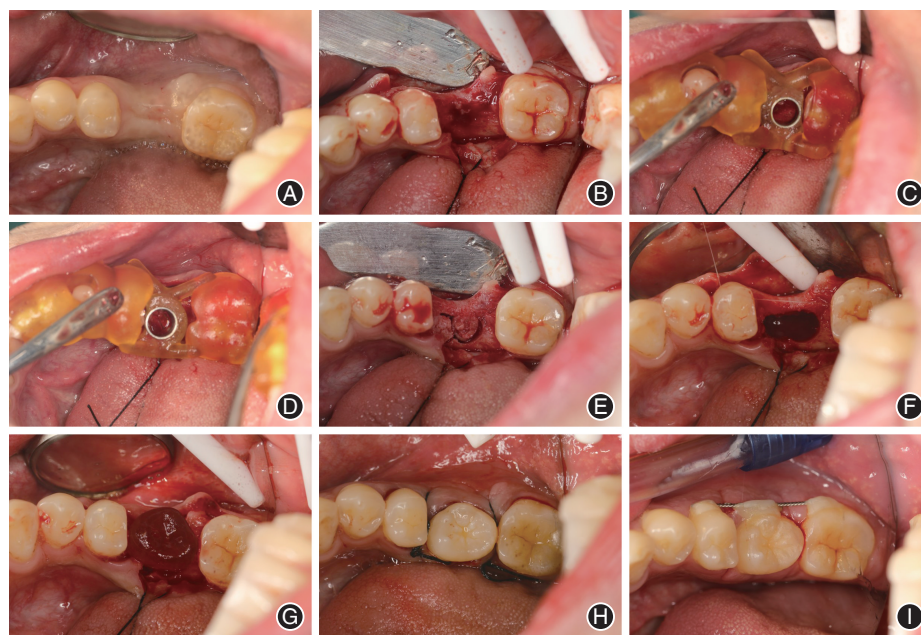


图3 自体牙移植手术全过程 A:术前口内照片;B:翻瓣暴露受区;C:口内试戴手术导板1;D:口内试戴手术导板2;E:环钻环锯牙槽骨;F:去除环钻切割的牙槽骨;G:3D打印供牙植入;H:植入供牙;I:光固化麻花丝固定移植牙与邻牙。



图4 自体牙移植术后1年随访 A:口内咬合像;B:口内骀面像;C:锥形束CT(CBCT)图像。

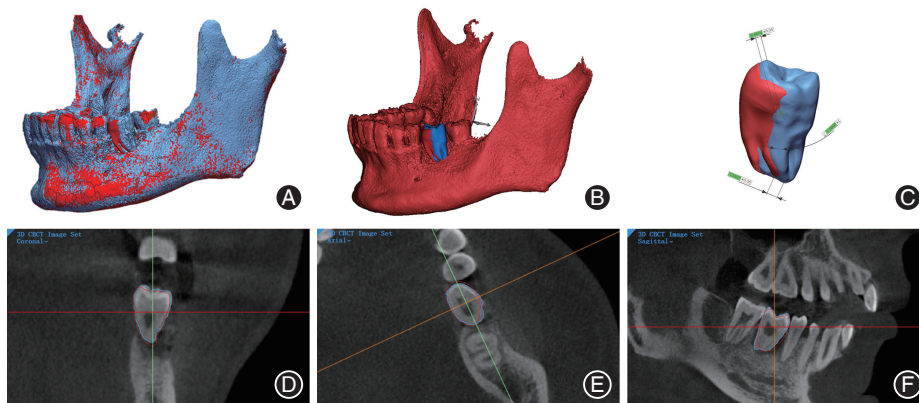


图5 术前设计牙齿位置与术后实际牙齿位置的比较 A:术前及术后下颌骨最佳拟合对齐;B:术前及术后牙齿位置;C:Control X软件分析术前术后牙齿位置的偏差数据;D:牙齿偏差的锥形束CT(CBCT)冠状位视图;E:牙齿偏差的CBCT轴位视图;F:牙齿偏差的CBCT矢状位视图。

2. 术前设计牙齿位置与术后实际牙齿位置的比较:对导板组,通过Mimics 21.0分割提取术前术后的牙列和牙槽骨模型,导入Control X(Geomagic, 美国)中进行最佳拟合对齐,将经过对齐的术前设计牙齿位置及术后实际牙齿位置在软件中进行偏差分析,选取牙齿的中心点及根尖点作连线,测量角度偏差,根尖偏差以及牙齿中心偏差(图5)。

五、统计学处理方法

本研究数据使用SPSS 20.0统计软件进行统计分析。对两组的性别、年龄、供牙牙位及缺牙牙位在描述性统计基础上进行卡方检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义,反之认为两组样本表现出一致性。进行描述性统计,对两组的备洞时间及3D试植供牙试植次数进行Shapiro-Wilk正态性检验, > 0.05 意味着具有正态性,利用 t 检验对两组进行比较, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

通过对导板组和自由手组样本的性别、年龄、供牙牙位和缺牙牙位进行交叉分析得出,导板组和自由手组纳入的病例的性别($\chi^2 = 0.254, P = 0.614$)、年龄($\chi^2 = 14.000, P = 0.173$)、供牙牙位($\chi^2 = 4.419, P = 0.220$)和缺牙牙位($\chi^2 = 6.800, P = 0.147$),表现出较好的一致性,两组之间差异没有统计学意义。

自由手组备洞时间(522 ± 91) s及导板组备洞时间(323 ± 50) s,差异有统计学意义($t = 5.394, P < 0.001$)。自由手组3D供牙试植次数(4.1 ± 1.2)次及导板组3D供牙试植次数(2.9 ± 0.8)次,差异有统计学意义($t = 2.357, P = 0.034$,表1)。

表1 导板组和自由手组制备新牙槽窝时间及3D供牙试植次数对比($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	制备新牙槽窝时间(s)	3D供牙试植次数
自由手组	8	522 ± 91	4.1 ± 1.2
导板组	8	323 ± 50	2.8 ± 0.8
t 值		5.394	2.357
P 值		0.000	0.034

导板组的术前、术后牙齿的三维位置对比分析,显示牙体长轴的角度偏差为(9.0 ± 5.5)°,3D偏差显示牙齿中心点的偏差为(1.0 ± 0.6) mm,根尖偏差为(2.1 ± 1.1) mm。导板组术前、术后牙齿位置的精准度分析结果见表2。

讨 论

CBCT和增材制造技术在自体牙移植领域的应用越来越广泛^[4]。随着技术的进步,可以采用更多的数字化方法来帮助和降低自体移植技术的复杂性^[5]。自体牙移植术中牙槽窝制备时反复使用供牙试植

表2 导板组术前、术后牙齿位置的精准度分析结果

病例 编号	供牙 牙位	缺牙 牙位	角度偏差 (°)	3D 偏差 (mm)	根尖偏差 (mm)
1	48	46	7	0.4	1.4
2	38	36	2	0.5	0.3
3	18	46	5	0.8	1.6
4	28	36	5	0.9	1.9
5	18	46	11	2.4	2.4
6	18	26	13	1.0	2.8
7	18	46	19	1.1	4.2
8	48	46	6	1.3	2.1

不仅增加了牙周膜损伤的发生率,而且延长供牙的离体时间,有可能导致自体牙移植失败的风险。近年来,大部分研究聚焦于3D打印供体牙技术,已被大量临床试验证实采用3D打印技术打印供牙模型^[6],牙槽窝制备时使用模型试植不仅可缩短供牙离体时间^[7],减少供牙牙周膜损伤^[8],精确预备受牙区牙槽窝,而且术后受牙区软硬组织无愈合不良表现^[9]。然而,这些方法仍然需要徒手预备受植窝洞。

相对于种植牙技术,自体牙移植手术更复杂,窝洞预备是其中最难的环节,是影响自体牙技术普及推广的重要因素。本实验首次提出在自体牙移植术中使用基于环钻的数字化手术导板,通过结合使用CBCT和口内扫描技术、虚拟3D设计软件、数字化导板生成软件和3D打印技术,可以通过引导手术以可接受的精度将供体牙齿移植到新的牙槽中。采用这个新方法的优点如下,备洞过程可靠、精确,通过数字化虚拟设计供牙位置,生产匹配环钻直径的手术导板,可以精确控制备洞的方向;备洞深度可控,空心环钻配合停止环使用可以控制钻入深度;备洞方法简化,应用环钻备洞一次成型,避免反复提拉。空心环钻取出骨块可用于自体牙移植牙槽骨缺损的骨移植,自体骨愈合效果好,节约成本。

通过与传统自由手组相比较,导板组能够有效提高手术精度,缩短手术时间,从而提高手术效率。本研究的结果表明,导板组备洞时间与自由手组相比明显缩短,导板组3D供牙试植次数明显小于自由手组。这一结果表明,在自体牙移植中使用数字化手术导板可以帮助牙医通过更少的试植次数,更高效地达到理想的植入效果。此外,导板组术前设计牙齿位置与术后实际牙齿位置的比较,结果显示术后的角度偏差、3D偏差和根尖偏差较小。这些结果表明,通过使用数字化手术导板,自体牙移植手术的精度和稳定性较高。

然而,本研究也存在一些局限性。首先,本研究样本量较小(仅包括16例患者),因此研究结论的普适性有限。其次,本研究未进行长期随访,未能全面评估自体牙移植的长期疗效和稳定性。综上所述,本研究表明空心环钻和数字化手术导板联合应用可以提高自体牙移植手术的精确度和效率,并且术后牙齿位置相对稳定,但是还需要更大规模的研究和长期随访来评估其长期疗效和稳定性。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 刘竹影:论文撰写、实验操作;周年苟:数据整理;李泳祺:统计学分析;周丽斌:研究指导、论文修改

参 考 文 献

- [1] Tsukiboshi M, Yamauchi N, Tsukiboshi Y. Long-term outcomes of autotransplantation of teeth: A Case Series [J]. J Endod, 2019,45(12S):S72-S83. DOI:10.1016/j.joen.2019.05.016.
- [2] Andreasen JO, Paulsen HU, Yu Z, et al. A long-term study of 370 autotransplanted premolars. Part III. Periodontal healing subsequent to transplantation[J]. Eur J Orthod, 1990,12(1):25-37. DOI:10.1093/ejo/12.1.25.
- [3] 周丽斌,刘竹影,曾骏,等.用于自体牙移植牙槽窝备洞的空心环钻手术导板:中国, CN219000665U[P]. 2023-05-12.
- [4] Cahuana-Bartra P, Cahuana-Cárdenas A, Brunet-Llobet L, et al. The use of 3D additive manufacturing technology in autogenous dental transplantation[J]. 3D Print Med, 2020,6(1):16. DOI:10.1186/s41205-020-00070-9.
- [5] Kim K, Choi HS, Pang NS. Clinical application of 3D technology for tooth autotransplantation: A case report [J]. Aust Endod J, 2019,45(1):122-128. DOI:10.1111/aej.12260.
- [6] Ashkenazi M, Shashua D, Kegen S, et al. Computerized three-dimensional design for accurate orienting and dimensioning artificial dental socket for tooth autotransplantation [J]. Quintessence Int, 2018,49(8):663-671. DOI:10.3290/j.qi.a40781.
- [7] Lee SJ, Kim E. Minimizing the extra-oral time in autogenous tooth transplantation: Use of computer-aided rapid prototyping (CARP) as a duplicate model tooth [J]. Restor Dent Endod, 2012,37(3):136-141. DOI:10.5395/rde.2012.37.3.136.
- [8] Honda M, Uehara H, Uehara T, et al. Use of a replica graft tooth for evaluation before autotransplantation of a tooth. A CAD/CAM model produced using dental-cone-beam computed tomography [J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2010,39(10):1016-1019. DOI:10.1016/j.ijom.2010.06.002.
- [9] van der Meer WJ, Jansma J, Delli K, et al. Computer-aided planning and surgical guiding system fabrication in premolar autotransplantation: A 12-month follow up [J]. Dent Traumatol, 2016,32(4):336-340. DOI:10.1111/edt.12253.

(收稿日期:2023-09-14)

(本文编辑:王嫚)