

·活髓保存专栏·病例分析·

3D打印辅助自体牙移植联合术后延期部分活髓切断术1例

吕倩书¹ 周明辉² 彭冬云¹ 廖树带¹ 郑金国¹

¹中山市口腔医院口腔特诊科, 中山 528400; ²中山市口腔医院口腔正畸科, 中山 528400

通信作者: 郑金国, Email: zhengjinguo2025@163.com

【摘要】 报道三维(3D)打印技术辅助自体牙移植联合术后延期部分活髓切断术1例。通过采集患者术前的锥形束CT(CBCT)数据,应用Mimics软件设计构建移植牙3D模板,消毒后指导受植区牙槽窝预备;拔除无保留价值患牙后,利用该导板完成受植窝制备。3D打印辅助的外科手术通过精准制备受植窝,可缩短移植牙离体时间,为移植牙牙周膜存活提供保障。根尖孔直径大小是移植牙牙髓能否发生血运重建的关键因素,本病例供牙根尖孔直径分别为近中根0.68 mm和远中根0.91 mm,术后实现根尖孔直径大的远中牙根的活髓保存,为成熟自体恒牙移植活髓保存提供了新的思路。

【关键词】 3D打印; 自体牙移植; 活髓保存; 移植牙离体时间

基金项目: 中山市社会公益与基础研究项目(医疗卫生一般项目, 2022B1053)

引用著录格式: 吕倩书,周明辉,彭冬云,等. 3D打印辅助自体牙移植联合术后延期部分活髓切断术1例[J/OL]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2026, 20(2): 103-109.

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2026.02.004

Autologous tooth transplantation assisted by 3D printing combined with delayed partial pulpotomy postoperatively: A case report

Lü Qianshu¹, Zhou Minghui², Peng Dongyun¹, Liao Shudai¹, Zheng Jinguo¹

¹Department of VIP Dental Care, Hospital of Stomatology, Zhongshan City, Zhongshan 528400, China;

²Department of Orthodontics, Hospital of Stomatology, Zhongshan City, Zhongshan 528400, China

Corresponding author: Zheng Jinguo, Email: zhengjinguo2025@163.com

【Abstract】 This case report presents a successful case of autologous tooth transplantation assisted by three-dimensional (3D) printing technology combined with delayed partial pulpotomy. Preoperative cone-beam computed tomography (CBCT) data of the patient were collected, and Mimics software was used to design and construct a 3D template for the transplanted tooth. After disinfection, the template was used to guide the preparation of the alveolar socket at the recipient site. Following the extraction of the hopeless tooth, the recipient socket was prepared with the aid of the template. 3D printing-assisted digital surgery enabled accurate preparation of the recipient site, reduced the extraoral time of the transplanted tooth, and preserved the viability of the periodontal membrane. The physical dimension of the apical foramen is a critical determinant of revascularization of the transplanted dental pulp. In this case, the apical foramen diameters of the mesial and distal roots were 0.68 mm and 0.91 mm, respectively. Postoperatively, vital pulp preservation was achieved in the distal root with a larger apical foramen. This case provides a novel clinical reference for vital pulp preservation during mature autologous permanent tooth transplantation.

【Key words】 3D printing; Autologous tooth transplantation; Dental pulp preservation; Extraoral time of the transplanted tooth

Fund program: Social Public Welfare and Basic Research Project of Zhongshan (General Medical and Health Project, 2022B1053)

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2026.02.004

自体牙移植 (autologous tooth transplantation, ATT) 是指通过外科手术将自身的异位牙、阻生牙或正畸牙等无功能牙植入到口腔的失牙区,使其在受牙区重新生长或生存以替代缺失牙齿的生理功能,达到修复牙列缺损的一种方法^[1]。ATT作为一项生物性治疗方法,有其独特的优势:避免了固定修复对邻牙的损伤;移植牙存在本体感觉和正常的牙周膜和牙周膜细胞,能够主动适应咬合关系而移动;无排斥反应,诊疗费用低;是一种兼具生物学和经济学的缺牙替代方法^[2]。形态完好、牙根无明显变异的健康牙齿均可以在临床上作为 ATT 理想的供体牙^[3],第三磨牙通常作为供体牙,其成功率为 95%^[4]。

目前,单颗牙缺失常用的修复方法主要有种植义齿、活动义齿、固定桥修复和 ATT。种植修复植体禁用于发育中的青少年患者,不可配合正畸移动;活动义齿可能导致基牙负荷过重,或增加基托下软组织的受力,进而出现硬组织萎缩或吸收;固定桥修复会损伤健康邻牙。相比之下,利用天然牙替代缺失牙或临床无法治疗患牙的 ATT^[5],具备以下优势:(1)移植成功实现牙周膜愈合者,可拥有正常的本体感觉,通过牙周膜内的感受器传导咬合力刺激,从而感知咬合力大小;具备天然牙生理动度,可配合正畸移动^[6];(2)可保留龈乳头形态,美观效果同天然牙^[1];(3)即刻有牙,可自适应形成邻接和咬合关系,恢复正常咀嚼效率;(4)即使移植失败,可拔除移植牙,拔牙创愈合后该区域仍可行种植手术。

决定 ATT 手术成败的核心因素包括供牙离体时间、规范固定、牙周膜处理及牙根发育阶段^[7]。传统观念认为,牙根发育完成的牙齿移植后牙髓再血管化可能性极低,为避免移植后牙髓坏死,进而导致根尖病变,降低移植牙远期存留率,需要在 ATT 术前或术后 2 周完善预防性根管治疗^[8]。移植后的患牙,无法保留牙髓,导致牙齿营养供给来源减少,抗折性能大大降低,同时因自体移植的牙齿多为多根牙,其根管结构较为复杂、牙根变异较大、根管弯曲,常规根管治疗有时难以获得理想效果,移植牙根尖周炎症或牙根折裂时有发生,从而导致移植预后不佳,甚至失败^[1]。本文报道三维 (three-dimension, 3D) 打印技术辅助 ATT 联合术后延期部分活髓切断术 1 例,移植牙根尖孔直径分别为近中根 0.68 mm 和远中根 0.91 mm,移植术后 3 个月通过行活髓切断术保存根尖孔直径较大的远中牙根的部分活髓,观察期长达 36 个月,实现牙周膜愈合和咬合重建。本病

例进行活髓切断术后,牙髓活力的保存,有待进一步随访确认。

病例资料

一、一般资料

患者,女,28岁,主诉“左下后牙咬物酸痛不适 2 周余”。自诉 2 周来左下后牙咬物酸痛不适,无自发痛及夜间痛,一直未治疗,2022 年 5 月就诊于中山市口腔医院口腔特诊科。

二、检查

1. 专科检查:患者面部对称,皮肤无红肿压痛,关节无弹响压痛;开口度、开口型基本正常,口腔卫生一般;38 阻生,龈正常;37 牙冠完整,叩诊(±),Ⅰ度松动,牙龈未见明显异常,牙髓活力测试反应同对照牙,口腔卫生状况可(图 1)。



图 1 患者初诊时口内像

2. 影像学检查:口腔全景曲面体层片示 38 近中阻生,37 远中根吸收破坏;口腔锥形束 CT (cone-beam computed tomography, CBCT) 示 37 远中牙根吸收 2/3,根尖周无阴影,37 牙槽骨高度及宽度可容纳 38 牙(图 2)。



图 2 患者术前影像学资料 A:口腔全景曲面体层片示 38 近中阻生,37 远中根吸收破坏;B~D:锥形束 CT (CBCT) 示 37 远中牙根吸收 2/3,37 牙槽骨高度及宽度可容纳 38 牙。

三、诊断

38 阻生牙,37 牙根吸收。

四、治疗策略

1. 方案一:拔除38,37根管治疗后行牙半切术。
2. 方案二:拔除37、38,37种植修复。
3. 方案三:拔除37,将38完整拔出并移植至37处,并尝试保存活髓。
4. 方案四:拔除37,正畸牵引38。

患者拒绝正畸治疗,且保留牙齿及牙髓意愿强烈,最终选择方案三。

五、诊疗流程

1. 供牙3D模板制备:术前常规记录口腔情况,确定供牙,制备供牙3D模板。行CBCT检查,明确供牙38牙根形态,根尖发育情况,牙根长度及直径,牙根数目及弯曲角度;明确37受植区牙槽窝形态,牙槽骨高度及宽度,牙根根尖周无阴影,了解其与重要解剖结构的位置关系,分析计算拔除37后拔牙窝大小与移植牙匹配程度。将拟选择的供牙38的CBCT三维信息以DICOM格式导出后,导入Mimics软件;供牙周围骨组织与牙体组织的密度不同,通过软件选择手动方式剥离供牙周围的骨组织,创建1:1的3D数字化供牙模板;在受区按照该模板设计最佳移植位置,综合考虑移植的深度、邻接关系、咬合关系等因素,规划受区牙槽窝和供牙牙冠需要调磨的部位和范围,确定供牙与36及对颌牙的相对位置关系。将供牙的三维信息再转换为STL格式后导入3D打印机,打印供牙3D模板,消毒后备用(图3)。

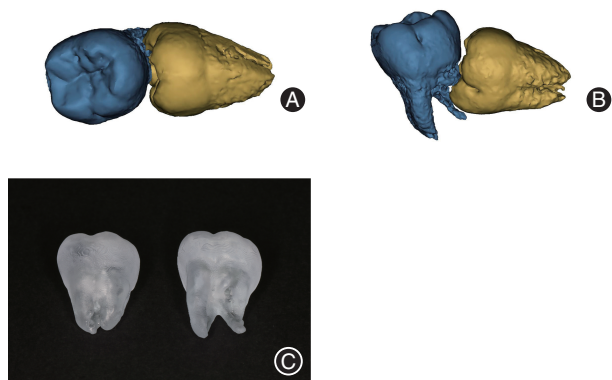


图3 3D数字化供牙模板设计制作 A:咬合面观3D重建模型显示阻生牙38与邻牙37的空间位置关系;B:颊舌面观3D重建模型显示阻生牙38与邻牙37的空间位置关系;C:3D打印的37牙及38供牙模板。

2. 签署患者知情同意书:向患者解释ATT流程,告知手术风险,取得患者及家属知情同意并签字。

3. ATT手术实施:(1)术前常规用复方氯己定含

漱液含漱3 min。微创拔除受区患牙,清除牙槽窝内肉芽组织,用超声骨刀(UltraSurgery LED,桂林市啄木鸟医疗器械有限公司)球形钻行牙槽窝初步预备,其间用大量0.9%氯化钠溶液冲洗、冷却。(2)利用供牙3D模板指导调磨牙槽窝,直至模板牙完全就位受区牙槽窝;超声骨刀辅助解除38牙骨阻力,微创拔出供牙(图4A),尽量保存牙周膜完整,后植入受区(图4B),检查咬合及邻接关系。记录供牙离体时间为75 s。(3)术后即刻供牙完全就位,远中向稳定性欠佳,在其远中根面放置Bio-Gide胶原膜(Geistlich,瑞士),光滑面贴紧牙根面,于远中骨壁缺如区植入0.25 g小颗粒Bio-Oss骨粉(Geistlich,瑞士),骨粉填充高度平齐于移植牙远中根釉牙骨质界,整理胶原膜完全覆盖骨粉,严密缝合软组织,确保移植牙无咬合干扰,缝合固定1周。

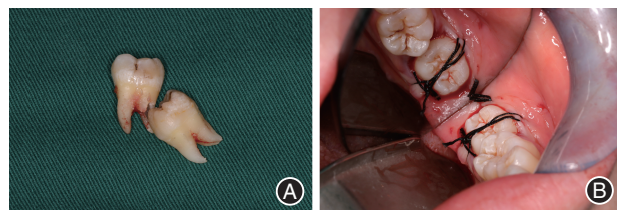


图4 自体牙移植术中照片 A:拔牙后即刻;B:植入后即刻。

4. 复查:术后1、3、12、24和36个月定期复查,检查移植牙齿牙周情况、松动度,有无疼痛、变色等情况。定期随访,若出现牙髓感染、根尖病变等,方行根管治疗。

六、治疗结果及随访

1. 术后1个月复查:诉“无不适”;专科检查移植牙I度松动,牙龈正常,叩痛(-);口腔全景曲面体层片示移植牙近中牙周膜增宽(图5)。

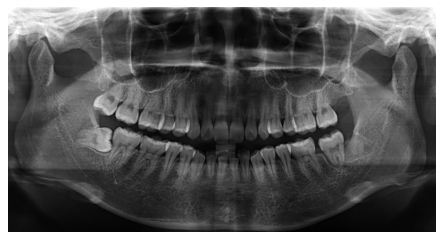


图5 3D打印辅助自体牙移植患者术后1个月口腔全景曲面体层片

2. 术后2个月复查:诉“咬合不适3 d”,专科检查移植牙无松动,牙龈正常,叩痛(±),检查见咬合高点。给予调骀,嘱观察,不适随诊,症状无缓解或出现冷热痛、夜间痛则完善根管治疗。

3. 术后3个月复查:诉“咬合不适逐渐加重1周余”,专科检查移植牙无松动,牙龈正常,叩痛(±),

呈现与邻牙及对颌牙建殆趋势,牙髓电活力测试及温度测试无反应,无咬合高点;口腔全景曲面体层片示移植牙近中牙周膜间隙较前缩小(图6)。盐酸甲哌卡因(不含肾上腺素)局部麻醉,37橡皮障隔离,牙科显微镜(OMS 2350,苏州速迈医学科技股份有限公司)下开髓,揭全髓顶见移植牙近中根牙髓灰白色,远中根牙髓鲜红、见新鲜血液渗出(图7A),去除牙髓至根管口下方1 mm,5.25%次氯酸钠溶液冲洗消毒髓腔,放置次氯酸钠棉球于牙髓创面5 min,止血后0.9%氯化钠溶液冲洗,无菌棉球干燥,将iRoot BP Plus(I RBPP 4610 U5, Innovative BioCeramix Inc,加拿大)覆盖于断面及周围牙本质,行远中牙根活髓切断(图7B~7F);iRoot BP Plus 硬固后,树脂(Shofu Inc, Kyoto, 日本)封闭远中根管口,完善近中牙根根管治疗;拍摄术后X线片(图8A)及口内照(图8B)。



图6 3D打印辅助自体牙移植患者术后3个月口腔全景曲面体层片

4. 术后24个月复查:诉“无不适”;专科检查:移植牙无明显松动、无叩痛,牙龈无退缩、无探诊出血;与邻牙及对颌牙建立咬合关系;X线片示骨愈合情况良好,根尖周无低密度影像,未见牙根吸收等异常情况(图9)。

5. 术后36个月复查:诉“无不适”;专科检查:移植牙无明显松动、无叩痛,牙龈无退缩、无探诊出血;口腔全景曲面体层片及CBCT示骨愈合情况良好,根尖周无低密度影像,未见牙根吸收等异常情况(图10)。

讨 论

本病例报道3D打印技术辅助ATT联合术后延期部分活髓切断术1例,供牙根尖孔直径分别为0.68 mm、0.91 mm,供牙离体时间为75 s,移植术后3个月通过行活髓切断术保存根尖孔直径0.91 mm远中根管部分活髓。本病例观察期长达36个月,临床检查未见明显松动、无叩痛,牙龈无退缩;影像学观察骨愈合情况良好,根尖周无低密度影像;实现了咬合重建,本病例进行活髓切断术后,牙髓活力的保存,有待进一步随访确认。达到该临床效果的关键在于适应证的把握、移植牙牙周膜存活和移植

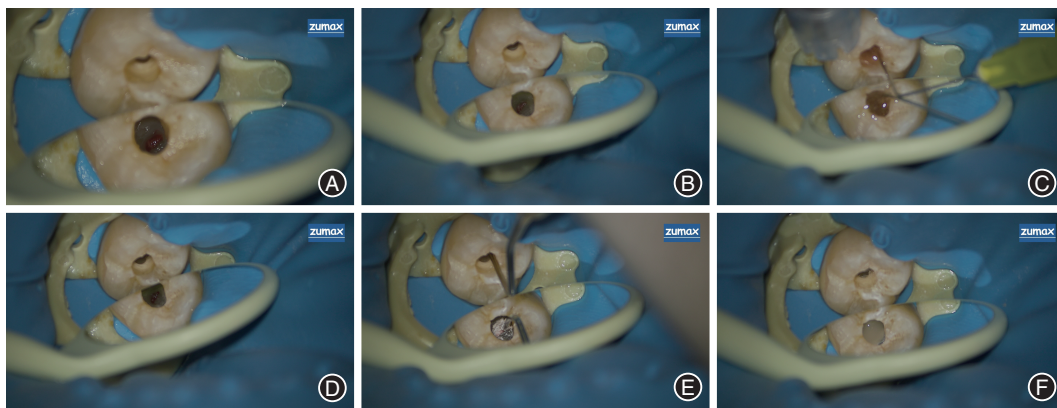


图7 3D打印辅助自体牙移植患者术后3个月移植牙远中根活髓切断术治疗过程图片 A:开髓远中牙根见新鲜血液渗出;B:去髓至根管口下方1 mm;C:5.25%次氯酸钠溶液冲洗及止血;D:牙髓断面止血;E:放置盖髓剂;F:树脂封闭远中根管口。



图8 3D打印辅助自体牙移植患者术后3个月移植牙远中根活髓切断术、近中根管根管治疗术后情况 8A:X线片;8B:口内像。图9 3D打印辅助自体牙移植联合术后延期部分活髓切断术患者术后24个月复查X线片

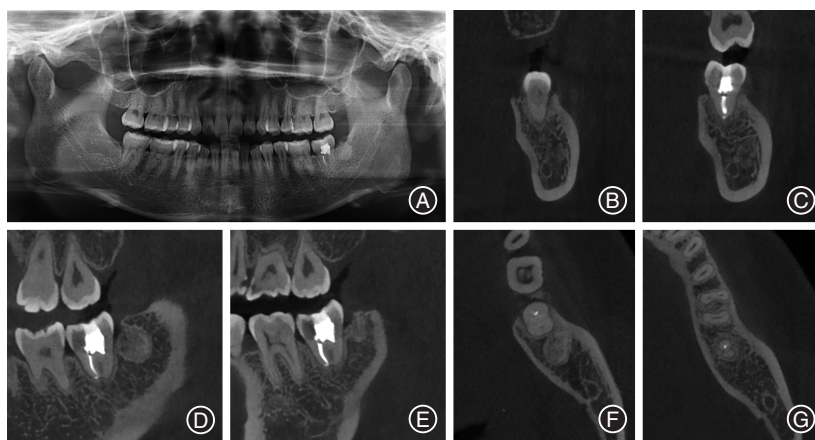


图10 3D打印辅助自体牙移植联合术后延期部分活髓切断术患者术后36个月复查影像学资料 A:口腔全景曲面体层片;B~C:冠状面示移植牙骨愈合情况良好;D~E:矢状面示移植牙骨愈合情况良好;F~G:水平面示移植牙骨愈合情况良好。

术后3个月部分牙髓血运重建。

一、适应证把握

临床开展ATT前,需综合评估全身状况、口腔局部条件及供受区匹配性,合理筛选适宜人群。有研究表明,女性移植牙成功率高于男性,其原因可能是男性咬合力较强且口腔卫生、依从性较女性更差^[9]。本病例患者为女性,经评估符合ATT适应证:(1)左下颌第二磨牙因牙根吸收致患牙无法保留必须拔除,且患者有无功能形态良好的第三磨牙可供移植(牙根发育为根长2/3以上);且受植区骨量丰满;(2)患者要求修复左下颌第二磨牙;(3)患者年龄29岁,口腔卫生状况良好,依从性良好;(4)无骨质疏松症及骨软化症者;(5)无系统性疾病;无传染性疾病。同时无以下ATT禁忌证:(1)患者存在拔牙禁忌证;(2)患者伴有系统性疾病,或严重心脑血管、肝肾等脏器疾病;(3)患者的空腹血糖较高(8.88 mmol/L),并且患者的血压较高(180/100 mmHg, 1 mmHg = 0.133 kPa);(4)患者的耐受性较差;(5)患者对本次操作使用药物有过敏症状;(6)患者伴有张口受限。

二、3D打印技术在自体牙移植中的应用

传统的移植手术,需先拔出可供移植的牙齿,再植入受区牙槽窝。受区牙槽窝预备需凭术者的经验,若牙槽窝过小或深度不够,则需将供牙放置于原拔牙窝内或置于0.9%氯化钠溶液中暂存,重新制备拔牙窝直至合适,因供牙与受植区拔牙窝大小不匹配,调磨受植区拔牙窝骨壁时间不可控,供体牙离体时间往往过长,从而影响再植牙的成功率^[10]。数字化设计结合3D打印技术,可缩短供牙牙槽窝外的准备时间,减少供牙的定位试验次数^[11],降低牙周膜损伤风险^[12]。移植牙离体时间超过15 min会影响

其存活率^[10],缩短移植牙离体时间可降低牙根表面牙周膜细胞受损程度,有助于移植牙实现牙周膜愈合^[13]。牙根发育完成的移植供牙仍可实现牙周组织的愈合^[14]。功能性牙周膜形成后,牙齿可耐受正畸力促进牙齿移动,可支撑牙槽嵴发育,进而实现牙槽骨骨量保留与牙弓形态重建^[15]。

本病例应用3D打印技术,在术前打印出等比例的供牙,利用模型供牙指导受牙区窝洞制备,同时使用模型供牙进行实验性植入拟合,可完全就位后,再微创拔出供体牙并直接移植至受牙区拔牙窝内。本病例供牙离体时间短,微创拔牙避免牙周膜损伤是牙周膜存活的关键。

三、骨填充材料在自体牙移植中的应用

侯锐等^[16]报道,采用口腔修复膜联合骨填充材料修复第三磨牙移植至第二磨牙后的骨缺损,能够提高移植牙的术后即刻稳定性。本病例因移植后远中骨缺损过大,同期植入骨粉提高了移植牙的术后即刻稳定性。

四、移植牙活髓保存的意义及根尖孔大小对自体牙移植牙髓预后的影响

ATT规范化操作流程中国专家共识指出,对于牙根完全发育的供牙,为预防牙髓坏死造成的牙根炎性吸收,建议术后2~4周移植牙具有一定稳定性后开始根管治疗,如果能按期进行牙髓电活力监测(每个月1次),也可在出现牙髓坏死迹象时立即行根管治疗^[17]。导致自体移植牙拔牙的原因分为5类:龋齿、根尖周病变、牙裂、牙冠折断和牙周炎^[8],其中根尖周病变、牙裂和牙冠折断等都是根管治疗相关的不良预后。因此若可解决ATT活髓保存的问题,可以大大改善移植牙的预后,提高存留率。本病例

计划尝试保存移植牙活髓。

牙髓血运重建的关键在于早期新生血管的长入与再通^[18],移植牙根尖孔的大小是影响牙髓愈合的关键因素^[19],当根尖孔直径大于1 mm时,移植牙获得牙髓血运重建的概率增高^[20]。活髓保存治疗通过生物活性材料直接或间接覆盖牙髓断面,借助牙髓-牙本质复合体的固有防御与修复潜能,可最大限度保留患牙牙髓组织、提升远期存留率^[21]。本病例结合供牙根尖孔解剖特点,采用远中根活髓切断术保留部分活髓、近中根根管治疗的个性化方案,在控制感染风险的前提下,为ATT部分活髓保存提供了新思路。

五、自体牙移植疗效评价与预后分析

ATT成功率受到多种因素的影响,如牙槽窝预备定位的准确性、移植区牙槽骨的丰满度,牙槽窝预备深度与供体牙牙根长度的匹配度等^[22]。评价ATT是否成功,建议术后1年根据标准进行。术后1年ATT的成功标准为:临床检查移植牙可以正常行使功能,自觉无不适,动度在正常生理动度范围内,无叩痛,无附着丧失。影像学检查移植牙周围有正常宽度的牙周膜间隙,无进展性牙根吸收迹象,牙槽骨边缘有X线阻射影(即硬骨板)^[22]。

ATT是一种疗效可预见的治疗方式,可作为修复牙缺失的有效方案,也适用于青少年患者^[23]。Rohof等^[24]研究将年轻恒牙作为供体牙进行移植,发现在术后1、5、10年的存留率和成功率均超过90%;Verweij等^[25]在研究中使用复制牙的自体移植成功率和存留率分别达到80.0%~91.1%和95.5%~100%;Jang等^[26]的研究表明,小于45岁的患者移植牙存留率更高。Park等^[22]回顾分析了111例ATT的预后,平均24个月患牙存留率为91.7%,60个月为83.1%,162个月为30.1%,存留率与年龄无关。Alhabshi等^[27]报道糖尿病患者ATT 1例,随访24个月,移植牙有牙髓活力且有正常的咬合功能。Al-Khanati等^[4]报道1例健康成人的ATT,随访24个月移植牙有牙髓活力。以往报道的成熟恒牙ATT同期保存活髓观察期为24个月,本病例观察期达36个月。本病例移植术后3个月通过行活髓切断术保存部分活髓,实现了牙周膜愈合和咬合重建,本病例进行活髓切断术后,牙髓活力的保存,有待进一步随访确认。

六、研究不足与展望

本研究为单例病例回顾,缺乏对照研究,无法

量化分析咬合应力、全身状况等混杂因素对ATT牙髓愈合的影响,结论存在一定局限性。本病例虽已获得良好的中期临床与影像疗效,但活髓切断术后残余牙髓的长期活力转归、迟发性并发症风险,仍需持续随访监测。目前,指南及共识尚未制定成熟恒牙ATT统一的活髓保存适应证,后续可开展大样本临床研究,聚焦根尖孔解剖差异,明确其对ATT牙髓愈合、牙周改建及远期存留的影响规律,细化手术方案与随访监测规范,为成熟恒牙ATT的个体化治疗提供更多循证依据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 吕倩书:手术助手、伦理审批、临床资料收集、论文撰写;周明辉:CBCT数据分析、3D打印模板牙制作;彭冬云:手术助手、护理配合;廖树带:临床随访、临床资料收集、手术助手;郑金国:手术方案设计、课题设计指导、手术实施

参 考 文 献

- [1] Gupta S, Goel M, Sachdeva G, et al. Autotransplantation [J]. J Conserv Dent, 2015, 18(6): 500-503. DOI: 10.4103/0972-0707.168827.
- [2] Tsukiboshi M. 自体牙移植[M]. 侯锐,周宏志,译. 北京:人民军医出版社, 2013:1-2.
- [3] Yoshino K, Kariya N, Namura D, et al. Risk factors affecting third molar autotransplantation in males: A retrospective survey in dental clinics [J]. J Oral Rehabil, 2012, 39(11): 821-829. DOI: 10.1111/j.1365-2842.2012.02325.x.
- [4] Al-Khanati NM, Kara Beit Z. Reconsidering some standards in immediate autotransplantation of teeth: Case report with 2-year follow-up [J]. Ann Med Surg (Lond), 2022, 75: 103470. DOI: 10.1016/j.amsu.2022.103470.
- [5] Plotino G, Abella Sans F, Duggal MS, et al. Clinical procedures and outcome of surgical extrusion, intentional replantation and tooth autotransplantation: A narrative review [J]. Int Endod J, 2020, 53(12): 1636-1652. DOI: 10.1111/iej.13396.
- [6] Clokie CM, Yau DM, Chano L. Autogenous tooth transplantation: An alternative to dental implant placement? [J]. J Can Dent Assoc, 2001, 67(2): 92-96. DOI: 10.0000/PMID11253297.
- [7] Ajay SV, Vishnani R. From concept to clinical practice: A review of autotransplantation techniques and their impact on dentistry [J]. Cureus, 2024, 16(8): e66904. DOI: 10.7759/cureus.66904.
- [8] Sugai T, Yoshizawa M, Kobayashi T, et al. Clinical study on prognostic factors for autotransplantation of teeth with complete root formation [J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2010, 39(12): 1193-1203. DOI: 10.1016/j.ijom.2010.06.018.
- [9] 李永清,惠小勇,许广杰,等. 自体牙移植预后的影响因素[J]. 实用口腔医学杂志, 2021, 37(4): 580-584. DOI: 10.3969/j.issn.1001-3733.2021.04.032.
- [10] Mahardawi B, Rochanavibhata S, Jiaranuchart S, et al. Autogenous tooth bone graft material prepared chairside and its

- clinical applications: A systematic review [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2023, 52(1): 132-141. DOI: 10.1016/j.ijom.2022.04.018.
- [11] Han S, Wang H, Chen J, et al. Application effect of computer-aided design combined with three-dimensional printing technology in autologous tooth transplantation: A retrospective cohort study [J]. *BMC Oral Health*, 2022, 22(1): 5. DOI: 10.1186/s12903-021-02030-z.
- [12] 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.
- [13] de Freitas Coutinho NB, Nunes FC, Gagno Intra JB, et al. Success, survival rate, and soft tissue esthetic of tooth autotransplantation [J]. *J Endod*, 2021, 47(3): 391-396. DOI: 10.1016/j.joen.2020.11.013.
- [14] Kamata Y, Shimizu T, Tsunoda A, et al. Periodontal tissue healing after autologous tooth transplantation: A retrospective analysis of case series [J]. *Oral Health Prev Dent*, 2021, 19: 619-626. DOI: 10.3290/j.ohpd.b2403411.
- [15] Naros A, Schulz M, Finke H, et al. Autologous tooth transplantation in craniofacial malformations [J]. *Cleft Palate Craniofac J*, 2024, 61(9): 1429-1438. DOI: 10.1177/10556656231170997.
- [16] 侯锐, 杨霞, 许广杰, 等. 海奥口腔修复膜复合骨填充材料在低位阻生第三磨牙自体牙移植术中的应用[J/OL]. *转化医学电子杂志*, 2016, 3(6): 92-92. DOI: CNKI: SUN: ZHDZ.0.2016-06-040.
- [17] 中华口腔医学会牙及牙槽外科专业委员会. 自体牙移植术规范化操作流程中国专家共识[J]. *中国口腔颌面外科杂志*, 2020, 18(5): 390-394. DOI: 10.19438/j.cjoms.2020.05.002.
- [18] Kwack KH, Lee HW. Clinical potential of dental pulp stem cells in pulp regeneration: Current endodontic progress and future perspectives [J]. *Front Cell Dev Biol*, 2022, 10: 857066. DOI: 10.3389/fcell.2022.857066.
- [19] Andreasen JO, Paulsen HU, Yu Z, et al. A long-term study of 370 autotransplanted premolars. Part II. Tooth survival and pulp healing subsequent to transplantation [J]. *Eur J Orthod*, 1990, 12(1): 14-24. DOI: 10.1093/ejo/12.1.14.
- [20] Abada HM, Hashem AAR, Abu-Seida AM, et al. The effect of changing apical foramen diameter on regenerative potential of mature teeth with necrotic pulp and apical periodontitis [J]. *Clin Oral Investig*, 2022, 26(2): 1843-1853. DOI: 10.1007/s00784-021-04159-1.
- [21] 吴补领, 罗奕菲, 徐稳安, 等. 恒牙牙髓炎的活髓保存治疗[J]. *口腔疾病防治*, 2021, 29(7): 433-441. DOI: 10.12016/j.issn.20961456.2021.07.001.
- [22] Park JH, Kim YG, Suh JY, et al. Long-term survival rate of autogenous tooth transplantation: Up to 162 months [J]. *Medicina (Kaunas)*, 2022, 58(11): 1517. DOI: 10.3390/medicina58111517.
- [23] Tsukiboshi M, Tsukiboshi C, Levin L. A step-by step guide for autotransplantation of teeth [J]. *Dent Traumatol*, 2023, 39(Suppl 1): 70-80. DOI: 10.1111/edt.12819.
- [24] Rohof ECM, Kerdijk W, Jansma J, et al. Autotransplantation of teeth with incomplete root formation: A systematic review and Meta-analysis [J]. *Clin Oral Investig*, 2018, 22(4): 1613-1624. DOI: 10.1007/s00784-018-2408-z.
- [25] Verweij JP, Jongkees FA, Anssari Moin D, et al. Autotransplantation of teeth using computer-aided rapid prototyping of a three-dimensional replica of the donor tooth: A systematic literature review [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2017, 46(11): 1466-1474. DOI: 10.1016/j.ijom.2017.04.008.
- [26] Jang Y, Choi YJ, Lee SJ, et al. Prognostic factors for clinical outcomes in autotransplantation of teeth with complete root formation: Survival analysis for up to 12 Years [J]. *J Endod*, 2016, 42(2): 198-205. DOI: 10.1016/j.joen.2015.10.021.
- [27] Alhabshi M, Attas S, Melebari L, et al. Tooth autotransplantation in a diabetic patient with 2-year follow-up [J]. *Gen Dent*, 2021, 69(2): 48-50.

(收稿日期: 2026-01-30)
(本文编辑: 王嫚)