

数字化导板在自体牙移植中的研究进展

丁成芳¹, 王 玲^{1,2*}

¹新疆医科大学第一附属医院(附属口腔医院)口腔外科门诊, 新疆 乌鲁木齐

²新疆维吾尔自治区口腔医学研究所, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2024年1月27日; 录用日期: 2024年2月21日; 发布日期: 2024年2月28日

摘 要

自体牙移植已逐渐成为一项修复牙列缺损的经济有效的技术, 精确、微创是口腔颌面外科的基础理念。数字化导板可术前模拟供体牙位置、方向、角度等, 是自体牙移植的最佳方法。本研究从自体牙移植的预后影响因素及数字化导板的应用进行阐述, 以期提高自体牙移植手术的精确性。

关键词

自体牙移植, 预后影响因素, 数字化导板, 3D打印模型牙

Research Progress of Digital Guide Plate in Autogenous Tooth Transplantation

Chengfang Ding¹, Ling Wang^{1,2*}

¹Dental Surgery Clinic, The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University (Affiliated Stomatological Hospital), Urumqi Xinjiang

²Xinjiang Uygur Autonomous Region Institute of Stomatology, Urumqi Xinjiang

Received: Jan. 27th, 2024; accepted: Feb. 21st, 2024; published: Feb. 28th, 2024

Abstract

Autologous tooth transplantation has gradually become an economical and effective technique for restoring dental defects. Precision and minimally invasive is the basic concept of oral and maxillofacial surgery. The digital surgical guide can simulate the position, direction and angle of donor

*通讯作者。

文章引用: 丁成芳, 王玲. 数字化导板在自体牙移植中的研究进展[J]. 临床医学进展, 2024, 14(2): 3752-3757.
DOI: 10.12677/acm.2024.142523

teeth before operation, which is the best method to guide autologous tooth transplantation. This paper describes the prognostic factors of autologous tooth transplantation and the application digital surgical guide, in an effort to improve the accuracy of autologous tooth transplantation.

Keywords

Autogenous Tooth Transplantation, Prognostic Factors, Digital Surgical Guide, 3D-Printed Donor Model

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着科技技术及医疗技术的发展, 自体牙移植已逐渐成为一项修复牙列缺损的经济有效的技术。自体牙移植(autotransplantation of teeth, ATT)的报道始于 20 世纪 70 年代[1], 其定义为将健康无功能牙齿从同一个体口内的一个位置移植到另一个位置[2], 从而达到恢复牙齿咀嚼功能, 恢复牙齿正常的本体感觉[3], 其技术也逐渐成熟起来, 但其预后影响因素较多, 这些因素目前依然影响着 ATT 的成功。近年来数字化技术在口腔医学领域的应用甚为广泛且要求较高。目前, 为了更好提高 ATT 的精准和微创, Hu、Lee 等学者[4] [5] [6]研究证明数字化导板的应用可节省时间、降低手术操作风险及难度, 进而提高 ATT 手术操作质量, 从而提高 ATT 的存活率及成功率。本文就自体牙移植预后影响因素及数字化定位导板在 ATT 中的应用进行相关的阐述以期 ATT 技术在口腔临床中的进一步应用提供有利的理论指导及新的思路。

2. 预后影响因素

2.1. 牙周膜的损伤

完整的和存活的牙周膜细胞被认为是影响 ATT 长期愈合的关键因素[7], 在使用牙钳或牙挺过度有创的拔出供体牙时对牙周膜造成不同程度的撕裂[7], 当牙周膜损伤超过 25%时, 自体牙移植术后牙根吸收会显著增加[8]。此外, 有研究表明, 供体牙离体时间大于 15 min 会损伤牙周膜细胞活性[8], 若供体牙在体外干燥条件下放置时间超出半个小时会出现一半以上的牙周膜活性丧失。因此, 为保护供牙牙周膜的完整性, 术中应需微创拔牙[9] [10]、无菌操作, 也可将挺松或钳夹松动的供体牙暂存于供区而不拔出[3]或采用超声骨刀等进行微创拔牙。

2.2. 牙槽窝预备

热依沙等学者[11]研究, 将牙根发育完全的牙齿移植到新鲜、早期以及人工预备的牙槽窝中, 均可获得较高成功率, 并且疗效接近, 二者多为牙周膜愈合, 且愈合无明显差异, 而在拔牙 3 月后需要外科手术进行牙槽窝的人工预备的移植, 其牙周膜愈合效果不如前两者。Ashkenazi [12]等研究表明, 受区预备的牙槽窝应稍大于供体牙 1~2 mm, 这样既可减少试植次数, 又可提供有效的血供。当受区患牙有炎症存在时, 选择拔牙后 4~8 周进行牙移植, 在此时间段炎症已消除, 牙周组织已愈合, 成骨细胞活跃, 利于骨愈合及移植后美观[11]。

2.3. 供体牙离体时间

Jang [8]等研究证明, 过长的离体时间对 PDL 细胞的存活有不利影响, 供牙离体时间低于 15 分钟与牙移植成功率有关, 即离体时间低于 15 分钟的患者, 与同龄人组相比, 牙齿存活率显著提高。Lee 和 Kim [5] [13]建议应用计算机辅助快速成型(CARP)模型来最大限度地减少自体牙移植的离体时间, 且 CARP 模型在减少供牙的离体时间方面是有效的。

2.4. 牙根形态

前牙多为单根牙, 微创拔出对牙周膜损伤最小, 因此, 前牙存活率高于磨牙[14]。Aoyama 等人[15]研究表明, 牙根肥大、牙根弯曲、根分叉大等非典型牙根形态, 自体牙移植后更容易发生牙根吸收。供体牙为多根牙时对移植牙成功率有一定影响。因此, 用于自体牙移植的牙根形态为圆锥形、简单的单根牙成功率更高[10]。

2.5. 牙根完整性

牙根发育程度是决定自体牙移植适应证时重要的考虑因素之一, 从而决定移植牙的预后。Lucas-Taule 等学者[16]研究表明, 在儿童和青少年中进行的自体牙移植具有较高的成功率和存活率, 牙根发育的阶段影响着移植牙的牙髓和牙周膜的愈合。牙根发育不完全时, 移植后成功率高且根骨粘连、牙根吸收和牙髓坏死等并发症较低[17] [18]。未发育完全牙齿的牙髓在移植后可以愈合、修复, 无需进行根管治疗, 是自体牙移植的首选[19], 而牙根完全形成的牙齿则需要在术后 2~4 周内进行[3] [20]。因此, 对于未成熟牙齿, 建议选用第 2 阶段至第 4 阶段(即牙根形成 1/2 至 3/4)时进行移植[16], 此时期冠根比合适, 可获得较好的初期稳定性。

2.6. 受区位置

Aoyama 等人[15]研究, 受区位置与自体牙移植后的成功率无明显相关。Jang 等人[14]研究表明, 可能是由于上牙槽骨骨质疏松多孔、有着丰富血液供应, 上颌骨移植牙的成功率高于下颌骨, 以及与下颌牙相比, 上颌牙齿的直接咬合负荷较小。在大多数情况下, 供体牙主要移植到磨牙和前磨牙区域, 尽管也有移植到切牙区域的病例。另一方面, 由于龋齿发生率较高, 选择的主要受区是磨牙区域和切牙区域。

2.7. 固定方式

吕保平[20]研究, 自体牙移植术后进行固定有助于初期稳定, 该研究使用钢丝夹板的自体牙移植失败的可能性比使用缝合线固定小, 但钢丝夹板固定后根骨粘连是缝合线固定的 3 倍。Oortgiesen 等人[21]使用 3 种固定方法, 即使用正畸弓丝、树脂钢丝和牙弓夹板进行固定比较。Lin [22]动物实验研究表明, 正畸弓丝法用于自体牙移植后, 牙在行使咀嚼功能时有利于移植牙愈合。因此, 建议在供牙初期稳定性良好时, 建议选择弹性固定, 即“8”缝线或纤维树脂固定, 初期稳定性差时, 可选择刚性固定, 即树脂钢丝固定。

3. 数字化导板

3.1. CBCT 和数字化设计软件

锥形束 CT (cone-beam CT, CBCT)因扫描速度快所需时间短、定位清晰准确等特点[23], 便于诊断和治疗计划, 可进行多平面三维重建, 所获得的图像可以以 DICOM 格式传输到计算机软件中, 如 Mimics, 用于术前虚拟设计, 测量供体牙的牙冠, 牙根长度和颈部尺寸, 并比较供体牙与受植区部位的缺牙间隙

以及牙槽骨高度和宽度[24]。在此基础上,选择合适的供体牙进行移植[25]。CBCT 在确定供体牙与相邻牙的位置以及供体牙与周围重要解剖结构方面有一定的帮助,术前虚拟设计避免术者在进行受区牙槽窝预备时过多去骨。数字化设计软件[26]利用 CAD 将 CBCT 图像数据信息导入软件,进行相应的术前设计规划[27]。因此,数字导板的规划设计是 CAD 技术在 ATT 中的实现,将 CBCT 成像数据作为三维数据,在计算机中进行三维重建,用于 ATT 导板的设计[28] [29]。目前广泛使用的数字化设计软件有 Mimics [27]。

3.2. 3D 打印技术

3D 打印技术[30]利用各种计算机软件将实体分成若干层或不同大小的部分,将每一层分层形成三维立体结构,用三维打印机制作出实体的三维模型,是一项新的数字化技术[31] [32]。目前,种植体导板、根管定位的数字导板以及使用三维打印机制作的赈复体越来越多地被应用于口腔医学[33] [34] [35]。近年来,随着数字医学的逐步发展和主流化,CBCT 被用来扫描牙齿以评估牙齿体积、解剖特征和牙根形态,并为 3D 打印的模型牙提供数据,用于术前 ATT 模拟。术前模拟不仅可以将手术方案直观、准确地呈现给操作者,还可以减少手术中试用的供体牙次数,降低对牙周膜的损伤程度,使其更加安全、高效,可以在术中进行修改,从而减少手术中的变量、风险和对未知的恐惧[36] [37]。

3.3. 数字化定位导板

数字化导板在口腔外科中应用广泛,其设计及制作方式也越来越标准化和规范化[24] [38]: 1) 通过 CBCT、螺旋 CT 等成像方式获取软、硬组织数据,结合数字口腔扫描系统,获取牙齿、牙龈和粘膜数据; 2) 具体的成像数据分析: 用计算机辅助设计(CAD)软件进行数据分析,并联合进行三维重建; 3) 设计数字化导板[39]: 根据供体牙的形态和受体区的具体位置,规划手术方式和需要避开的周围组织,根据手术方案模拟手术方式,做出最佳选择; 4) 3D 打印[40]: 用 CAD 创建数字导板模型,以 STL 格式发送给 3D 打印机; 5) 术中、术后评估: 术中通过检查数字导板与牙位的对应关系,对数字导板设计的准确性进行综合分析和评估,术后通过对比患者图像数据与术前数据,进行分析和改进。

3.4. 数字化导板及 3D 模型牙设计

CBCT 成像数据被保存为 DICOM 格式,在 DICOM 文件中对供体牙进行虚拟分割,并保存为 STL 文件[41] [42],与种植牙的虚拟设计类似,在数字化文件重建中,根据受植区部位的解剖空间,设计确定供体牙的正确角度、方向和准确位置,将模型虚拟移动到受植区部位,以确定供体牙的适宜性及咬合情况[39]。根据供体牙的虚拟位置和大小,利用邻牙咬合面(可根据临床情况选择 2 颗或 3 颗牙)设计三维引导模板,将供体牙定位于受植区部位[43]。最后,将三维引导模板输出为 STL 文件,与分割的供体牙一并发送 3D 打印机中,获得数字化定位导板和 3D 供体模型牙,消毒以备术中使用时[41]。

4. 结束语

随着科技的发展及医疗技术的进步,自体牙移植已逐渐成为一项修复牙列缺损的经济有效的技术。相对种植牙而言,自体牙移植为牙周膜愈合,可恢复牙齿正常本体感觉,且目前已有专家共识,文中也有相应体现并且能进一步完善,自体牙移植技术的改进缩短了手术时间,价格亲民,易被患者接受,因而更具有临床应用前景。同时数字技术在口腔医学中的应用也是非常高效的且发展迅速。在自体牙移植术中,使用数字导板可以准确地传递供体牙的位置信息,并在患者口腔内进行术前规划,因此,数字导板起到了架桥的作用、不仅准确定位了供体牙的位置和方向,降低了手术的难度和风险,有效缩短了手术操作时间,提高了患者的术后舒适性,符合现代口腔颌面外科精准、微创的理念,极具应用前景。

参考文献

- [1] Pape, H.D. and Heiss, R. (1976) History of Tooth Transplantation. *Fortschritte der Kiefer-und Gesichts-Chirurgie*, **20**, 121-125.
- [2] Natiella, J.R., Armitage, J.E. and Greene, G.W. (1970) The Replantation and Transplantation of Teeth: A Review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, **29**, 397-419. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(70\)90143-X](https://doi.org/10.1016/0030-4220(70)90143-X)
- [3] 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.
- [4] Hu, Y.K., Xie, Q.Y., Yang, C., et al. (2017) Computer-Designed Surgical Guide Template compared with Free-Hand Operation for Mesiodens Extraction in Premaxilla Using “Trapdoor” Method. *Medicine (Baltimore)*, **96**, 7310-7313. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000007310>
- [5] Lee, J.W., Choi, B.J., Nam, O.H., et al. (2016) Minimal Invasive Treatment Using Patient-Specific Template for Mandibular Fractures in Children: “Wing-Splint” by CAD/CAM Technology. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **54**, 1140-1141. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2016.03.024>
- [6] Lee, H., et al. (2019) Feasibility of a 3D Surgical Guide Technique for Impacted Supernumerary Tooth Extraction: A Pilot Study with 3D Printed Simulation Models. *Applied Sciences*, **9**, 3905-3909. <https://doi.org/10.3390/app9183905>
- [7] Tsukiboshi, M., Yamauchi, N. and Tsukiboshi, Y. (2019) Long-Term Outcomes of Autotransplantation of Teeth: A Case Series. *Journal of Endodontics*, **45**, S72-S83. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.05.016>
- [8] Jang, Y., Choi, Y.J., Lee, S.J., et al. (2016) Prognostic Factors for Clinical Outcomes in Autotransplantation of Teeth with Complete Root Formation: Survival Analysis for up to 12 Years. *Journal of Endodontics*, **42**, 198-205. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.10.021>
- [9] Tang, H., Shen, Z., Hou, M., et al. (2017) Autotransplantation of Mature and Immature Third Molars in 23 Chinese Patients: A Clinical and Radiological Follow-Up Study. *BMC Oral Health*, **17**, Article No. 163. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0468-0>
- [10] Singh, A.K., Khanal, N., Acharya, N., et al. (2022) What Are the Complications, Success and Survival Rates for Autotransplanted Teeth? An Overview of Systematic Reviews and Meta-analyses. *Healthcare (Basel)*, **10**, Article No. 835. <https://doi.org/10.3390/healthcare10050835>
- [11] 热依沙·阿布都克依木, 姜春雁, 艾力麦尔丹·艾尼瓦尔, 等. 3 种不同时期的牙槽窝行自体牙移植的初步研究[J]. 口腔医学研究, 2021, 37(3): 255-259. <https://doi.org/10.13701/j.cnki.kqyxyj.2021.03.016>
- [12] Ashkenazi, M., Shashua, D., Kegen, S., Nuni, E., Duggal, M. and Shuster, A. (2018) Computerized Three-Dimensional Design for Accurate Orienting and Dimensioning Artificial Dental Socket for Tooth Autotransplantation. *Quintessence International*, **49**, 663-671.
- [13] Kim, E., Jung, J., Cha, I., et al. (2005) Evaluation of the Prognosis and Causes of Failure in 182 Cases of Autogenous Tooth Transplantation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology*, **100**, 112-119. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2004.09.007>
- [14] Jang, J., Lee, S. and Kim, E. (2013) Autotransplantation of Immature Third Molars Using a Computer-Aided Rapid Prototyping Model: A Report of 4 Cases. *Journal of Endodontics*, **39**, 1461-1466. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.06.026>
- [15] Aoyama, S.D., Yoshizawa, M.D.P., Niimi, K.D.P., et al. (2012) Prognostic Factors for Autotransplantation of Teeth with Complete Root Formation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, **114**, S216-S228. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2011.09.037>
- [16] Lucas-Taule, E., Bofarull-Ballus, A., Llaquet, M., et al. (2022) Does Root Development Status Affect the Outcome of Tooth Autotransplantation? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Materials (Basel)*, **15**, Article No. 3379. <https://doi.org/10.3390/ma15093379>
- [17] Devlin, H., Horner, K. and Ledgerton, D. (1998) A Comparison of Maxillary and Mandibular Bone Mineral Densities. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **79**, 323-327. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(98\)70245-8](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(98)70245-8)
- [18] Yang, S., Jung, B.Y. and Pang, N.S. (2019) Outcomes of Autotransplanted Teeth and Prognostic Factors: A 10-Year Retrospective Study. *Clinical Oral Investigations*, **23**, 87-98. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2412-3>
- [19] 聂小汉, 吕娇, 王众, 等. 牙根发育完成的自体牙移植临床回顾性分析[J]. 中华口腔医学杂志, 2018, 53(11): 736-740.
- [20] 吕保平. 自体牙移植及其结合正畸治疗的临床研究[J]. 世界最新医学信息文摘, 2018, 18(69): 54.
- [21] Oortgiesen, D.A.W., Yu, N., Bronckers, A.L.J.J., et al. (2012) A Three-Dimensional Cell Culture Model to Study the Mechano-Biological Behavior in Periodontal Ligament Regeneration. *Tissue Engineering Part C, Methods*, **18**, 81-89. <https://doi.org/10.1089/ten.tec.2011.0367>
- [22] Lin, P.Y., Chiang, Y.C., Hsu, L.Y., et al. (2020) Endodontic Considerations of Survival Rate for Autotransplanted

- Third Molars: A Nationwide Population-Based Study. *International Endodontic Journal*, **53**, 733-741. <https://doi.org/10.1111/iej.13273>
- [23] Alhummayani, F.M. and Mustafa, Z.A. (2021) A New Guide Using CBCT to Identify the Severity of Maxillary Canine Impaction and Predict the Best Method of Intervention. *Journal of Orthodontic Science*, **10**, 3. https://doi.org/10.4103/jos.JOS_41_20
- [24] 王丹, 洪涛, 张晏源, 等. 数字化根管定位导板在微创牙髓治疗中应用研究进展[J]. 中国实用口腔科杂志, 2020, 13(10): 634-638.
- [25] Mena-Álvarez, J., Riad-Deglow, E., Quispe-López, N., Rico-Romano, C. and Zubizarreta-Macho, A. (2020) Technology at the Service of Surgery in a New Technique of Autotransplantation by Guided Surgery: A Case Report. *BMC Oral Health*, **20**, Article No. 99. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01095-6>
- [26] 孙坚. 计算机辅助外科技术在口腔颌面外科中的应用[J]. 中国实用口腔科杂志, 2014, 7(6): 329-334.
- [27] 刘峰, 周文娟, 柳忠豪. 计算机辅助规划与设计软件在口腔种植外科中的应用[J]. 临床口腔医学杂志, 2021, 37(2): 124-126.
- [28] Moe, J., Foss, J., Herster, R., et al. (2021) An In-House Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing Workflow for Maxillofacial Free Flap Reconstruction Is Associated with a Low Cost and High Accuracy. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, **79**, 227-236. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.07.216>
- [29] Faryabi, J., Barzegar, M. and Pouradeli, S. (2019) Efficacy of Custom-Made Appliance by the Method of CAD/CAM Compared with Conventional Dressing for Reducing Facial Swelling after Maxillofacial Surgery. *Journal of Dentistry (Shiraz)*, **20**, 292-297.
- [30] 周洋. 3D 打印技术在口腔颌面外科的应用[J]. 医学信息, 2020, 33(17): 40-43.
- [31] 任子龙, 周晨, 王忠山. 3D 打印技术在口腔材料领域的研究进展[J]. 中国实用口腔科杂志, 2020, 13(9): 564-569.
- [32] Dawood, A., Marti Marti, B., Sauret-Jackson, V., et al. (2015) 3D Printing in Dentistry. *British Dental Journal*, **219**, 521-529. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2015.914>
- [33] Thomas, D.J., Azmi, M.A.B.M. and Tehrani, Z. (2014) 3D Additive Manufacture of Oral and Maxillofacial Surgical Models for Preoperative Planning. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **71**, 1643-1651. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5587-4>
- [34] Oberoi, G., Nitsch, S., Edelmayer, M., et al. (2018) 3D Printing-Encompassing the Facets of Dentistry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, **6**, 172-175. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2018.00172>
- [35] 刘艳佼, 吴坡, 羊书勇, 等. 3D 打印定位导板在头颈部异物取出术中的应用[J]. 西南国防医药, 2018, 28(7): 680-682.
- [36] Ballard, D.H., Mills, P., Duszak, R., et al. (2020) Medical 3D Printing Cost-Savings in Orthopedic and Maxillofacial Surgery: Cost Analysis of Operating Room Time Saved with 3D Printed Anatomic Models and Surgical Guides. *Academic Radiology*, **27**, 1103-1113. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2019.08.011>
- [37] 王泰, 张淑红, 赵文艳, 等. 3D 打印技术在上颌骨埋伏牙拔除术中的临床应用[J]. 宁夏医学杂志, 2019, 41(1): 78-80.
- [38] 龙洁, 鞠锐. 数字导板在颌面外科临床应用的实践与思考[J]. 口腔颌面外科杂志, 2019, 29(6): 301-306.
- [39] Han, S., Wang, H., Chen, J., Zhao, J. and Zhong, H. (2022) Application Effect of Computer-Aided Design Combined with Three-Dimensional Printing Technology in Autologous Tooth Transplantation: A Retrospective Cohort Study. *BMC Oral Health*, **22**, Article No. 5. <https://doi.org/10.1186/s12903-021-02030-z>
- [40] 郑海英, 郭秀娟, 侯雪阳, 等. 改良数字化再定位导板和咬合导板辅助 Le Fort I型截骨上颌骨精准定位[J]. 中国组织工程研究, 2021, 25(32): 5097-5102.
- [41] Mastrangelo, F., Battaglia, R., Natale, D. and Quaresima, R. (2022) Three-Dimensional (3D) Stereolithographic Tooth Replicas Accuracy Evaluation: *In Vitro* Pilot Study for Dental Auto-Transplant Surgical Procedures. *Materials (Basel)*, **15**, Article No. 2378. <https://doi.org/10.3390/ma15072378>
- [42] Zhang, H., Cai, M., Liu, Z., Liu, H., Shen, Y. and Huang, X. (2022) Combined Application of Virtual Simulation Technology and 3-Dimensional-Printed Computer-Aided Rapid Prototyping in Autotransplantation of a Mature Third Molar. *Medicina (Kaunas)*, **58**, Article No. 953. <https://doi.org/10.3390/medicina58070953>
- [43] Gómez Meda, R., Abella Sans, F., Esquivel, J. and Zufía, J. (2022) Impacted Maxillary Canine with Curved Apex: Three-Dimensional Guided Protocol for Autotransplantation. *Journal of Endodontics*, **48**, 379-387. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.12.004>