

种植动态导航系统在围手术期的经济效益和成本效益分析

王宇

昆明医科大学附属口腔医院口腔种植科, 云南 昆明 650106

摘要 : 本文评估了种植动态导航系统在口腔种植手术中的应用及其经济性。阐述了该系统的工作原理和优势, 然后分析了其全面成本, 包括购买、维护和更新等。研究指出, 该系统能提高手术成功率, 减少手术时间, 降低并发症风险, 提升患者满意度, 并有助于缩短恢复时间和长期成本节约, 为医疗机构和患者带来显著经济效益。

关键词 : 口腔种植; 动态导航; 经济效益; 成本效益

Economic and Cost-benefit Analysis of Dynamic Planting Navigation System in Perioperative Period

Wang Yu

Department of Oral Implantology, Affiliated Stomatological Hospital of Kunming Medical University, Yunnan, Kunming 650106

Abstract : This paper evaluates the application of implant dynamic navigation system in oral implant surgery and its economy. The working principle and advantages of the system are described, and then its comprehensive costs, including purchase, maintenance and updating, are analyzed. The study points out that the system improves surgical success, reduces surgical time, lowers the risk of complications, enhances patient satisfaction, and contributes to shorter recovery time and long-term cost savings, resulting in significant economic benefits for healthcare organizations and patients.

Keywords : oral implantation; dynamic navigation; economic benefits; cost-effectiveness

前言

种植动态导航系统在围手术期的应用已经成为口腔种植领域的研究热点。随着科技的发展, 种植动态导航系统在提高手术精度、减少手术时间、降低并发症发生率等方面具有显著优势。然而, 种植动态导航系统的应用成本相对较高, 因此对其经济效益和成本效益进行分析具有重要意义。

一、种植动态导航系统概述

(一) 工作原理

导航系统的手术流程包括以下几个步骤: 通过影像输入设备如CBCT扫描采集患者的影像数据; 然后将数据传输至数据处理工作站进行三维重建和处理, 以便于导航; 医生利用处理后的影像数据制定手术计划, 包括手术方案和种植体的位置; 在手术过程中, 导航系统利用传感器追踪手术工具位置, 并将其显示在患者影像数据上, 实现实时导航; 医生依据导航系统的引导, 使用特殊手术工具执行精确手术。

(二) 技术优势

种植动态导航系统是一种利用高科技手段提高手术精准度和安全性的工具。这种系统在种植手术(如牙齿种植)中特别有用, 因为它能够提供实时的、三维的手术引导。

数字化导航技术在口腔种植手术中的应用带来了显著的优

势。它提供高精度的定位和导航, 帮助医生更准确、更安全地植入种植体, 减少了手术误差和风险。通过术前规划, 医生能够预见手术结果并规划最佳手术路径, 实现微创手术, 从而缩短患者恢复时间, 提升患者满意度。此外, 该系统还能提高手术室周转效率, 并作为有效的教学工具, 帮助培训医学生和年轻医生, 提升他们的手术技巧。

二、口腔种植手术发展历程

口腔种植手术的发展历程可以追溯到20世纪, 经历了从探索到成熟的多个阶段。

(一) 探索阶段(1950年代初至1960年代)

口腔种植的概念最早可以追溯到1952年, 瑞典科学家布兰马克(Branemark)发现了骨组织与钛金属之间存在一种特殊的生物相容性。他在1965年首次成功地将钛种植体植入患者下颌, 这

一突破性成就标志着现代口腔种植技术的诞生。

（二）发育阶段（1970年代至1980年代）

1970年代初期，口腔种植手术处于初步探索阶段，科学家们尝试将钛金属种植体植入人体骨骼以修复牙齿缺失，但种植体设计简单且植入技术粗糙，成功率不高。到了1970年代中期，技术逐渐成熟，科学家们研究种植体表面处理技术以增强结合力，种植体设计多样化以适应不同需求。1980年代，种植体与骨骼组织的结合机制得到研究，提出多种理论模型，种植体设计进一步改进，多种形状的种植体出现以提高稳定性。临床应用逐渐推广，医生接受并应用种植手术技术，成功率显著提高，为患者带来更好治疗效果。

（三）成熟阶段（1990年代至21世纪初）

口腔种植技术已经发展到成熟阶段，其成功率也在稳步上升，这使其成为牙科领域的一种标准治疗方式。种植体的设计优化和表面处理技术的进步，以及手术技术和工具的精细化，都促进了这一领域的发展。

（四）创新阶段（21世纪初至今）

随着数字化技术和影像技术的发展，口腔种植进入了创新阶段。导航系统、3D打印技术和CBCT等先进技术在口腔种植手术中得到了广泛应用，使得手术更加精准和安全。同时，口腔种植的治疗范围也在不断扩大，包括即刻种植、全口种植等。

三、种植动态导航系统在围手术期成本效益分析

随着数字化技术的发展，牙种植动态导航系统在口腔领域展现出巨大潜力。其在术前可以帮助医生进行合理的种植方案设计，术中实时追踪钻针的三维位置，全程监控种植位点、角度和深度^[1]。

最初，由于动态导航系统购置成本高昂这一技术并未在临床实践中得到广泛应用。随着对种植手术精准度要求越来越高，动态导航系统比起传统数字化导板更直观，也提高了术前准备时间。因此，在2000年代初，口腔种植领域迎来了首个动态导航系统的引入，标志着种植手术向更精准、更安全的方向发展。

（一）购置成本

口腔种植动态导航系统的购置成本是指购买该系统所需支付的费用^[2]。这些成本通常包括硬件设备、软件和必要的辅助工具。具体来说，硬件设备可能包括导航工作站、传感器、跟踪器等，而软件可能包括手术规划软件、导航界面等。此外，还可能需购买一些专用工具和一次性耗材，以便在手术中使用。

在购置口腔种植动态导航系统时，医疗机构应基于自身需求和预算进行选择，并开展全面的市场调研与比较，以获取高性价比的产品。同时，需评估系统的兼容性及其后续维护成本，确保长期运营的经济效益。

（二）维护成本

口腔种植动态导航系统的维护成本是指确保系统正常运行和精确度所需的定期维护和校准费用。

为了确保种植动态导航系统的最佳性能和精度，定期检查、

保养、清洁、润滑、更换磨损或损坏部件是必要的。随着技术进步，软件更新也不可避免，可能涉及额外费用。硬件校准是保证系统测量和导航准确性的关键，需要专业技术服务。技术支持可能因系统问题而成为必需，无论是现场还是远程，都可能导致额外成本。长期使用中，零部件更换的费用也需计入维护成本^[3]。这些因素共同构成了种植动态导航系统在围手术期应用的综合维护成本^[4]。

（三）折旧成本

1. 购置成本：这是计算折旧的基础，包括购买导航系统及其相关附件的所有费用。

2. 预期使用寿命：这是指系统预期可以使用的年数，通常由制造商提供或根据行业标准估计。

3. 折旧方法：选择合适的折旧方法对计算折旧成本至关重要，不同的方法会导致不同的年度折旧费用。

4. 残值率：这是指设备在预期使用寿命结束时的估计价值，通常设为设备购置成本的某个百分比。

（四）培训成本

口腔种植动态导航系统的培训成本涉及多个方面，包括参加设备制造商或专业机构组织的培训课程费用，这些课程涵盖系统操作、手术规划软件使用以及系统维护等内容。如果培训地点在医疗机构之外，还需支付差旅费用，包括交通、住宿和餐饮。培训期间的工时损失也应计入成本。

此外，医疗机构可能需要购买或制作内部培训材料，如操作手册、教学视频等。若聘请外部培训师进行现场培训，则需支付咨询和教学费用。这些因素共同构成了口腔种植动态导航系统的培训成本。

（五）术中使用的成本

口腔种植动态导航系统的术中使用的成本是指在手术过程中使用该系统的直接费用^[5]。

1. 专用工具和耗材：手术中可能需要使用与导航系统配套的专用工具和耗材，如配准装置、固定装置、导航手术器械工具、螺丝等，这些都会产生额外的费用。

2. 系统设置时间：手术前对导航系统进行设置和校准需要一定的时间，这可能会延长手术时间，从而增加手术室使用和人力资源的成本。

3. 术中技术支持：如果手术过程中遇到技术问题，可能需要现场或远程技术支持，这可能会产生额外的技术支持费用。

4. 术后系统清理和维护：手术结束后，对导航系统进行清理和维护也是必要的，这可能需要专门的清洁剂或维护工具，以及专业人员的操作。定期需要专业人员校准和检修。

（六）技术支持成本

口腔种植动态导航系统的技术支持成本是指为了确保系统正常运行和解决可能出现的故障或技术问题，所需支付的费用。

1. 电话支持费用：医疗机构可能需要与设备制造商或技术支持服务提供商进行电话沟通，以解决操作疑问或技术问题，这可能会产生额外的电话支持费用。

2. 现场服务费用：如果导航系统出现的问题无法通过电话或

远程支持解决，可能需要技术人员到现场进行诊断和维修，这将产生现场服务费用。

3. 远程技术援助费用：随着技术的发展，一些技术支持可以通过远程访问系统来进行，这种远程技术援助可能会产生额外的费用。

4. 维护合同费用：医疗机构可能会选择与设备制造商或第三方服务提供商签订维护合同，以确保系统的定期维护和及时的技术支持，这些合同通常包括一定的费用。

5. 零部件更换费用：如果技术支持过程中需要更换零部件，那么这些零部件的购买和更换费用也应计入技术支持成本中。

（七）升级和更新成本

口腔种植动态导航系统的升级和更新成本是指为了保持系统的先进性、兼容性和安全性，对系统进行软硬件升级或更新所产生的费用^[6]。

1. 软件升级费用：随着技术的进步和临床需求的变化，导航系统的软件可能需要更新以引入新功能、改进用户界面、提高效率和准确性，或者修复已知的bug。软件升级费用可能包括购买新版本软件的许可证费用、更新服务费用等。

2. 硬件升级费用：随着技术的发展，可能需要更换旧的硬件设备以支持新的软件功能或提高系统性能^[7]。硬件升级可能包括更换传感器、跟踪器、工作站等组件的费用。

3. 系统整合费用：如果医疗机构引进了新的医疗设备或信息系统，可能需要支付额外的费用以确保新旧系统之间的兼容性和整合。

4. 培训和支持费用：系统升级或更新后，可能需要对医生和手术团队成员进行额外的培训，以确保他们能够熟练地使用新系统。此外，可能需要技术支持来解决升级过程中出现的问题。

5. 预防性维护费用：为了确保系统在升级后能够稳定运行，可能需要进行额外的预防性维护，这也可能产生额外的费用。

四、种植动态导航系统在围手术期经济效益分析

动态导航技术以其直观性、精确性和微创性等特点，展现了巨大的临床应用潜力^[8]。这一技术不仅能够提供高度可预测的手术结果，还能显著降低医源性损伤的风险，从而为口腔种植手术带来了更高的安全性和有效性。动态导航技术在三维图像的辅助

下由“盲视”转为“直视”，手术过程中可以实时观察、引导手术进程，即使术中发生意外状况，也可以随时调整手术方案^[9]。

（一）提高手术成功率

种植动态导航系统通过提供精确的种植位置和角度，减少了手术中的误差，从而提高了种植体的成功率。这减少了种植体失败的风险，避免了由此产生的额外治疗成本。

（二）减少手术时间

精确的导航系统可以缩短手术时间，因为医生可以更快地确定种植体的最佳位置。这提高了手术室的周转效率，允许更多的手术在同一手术室内进行，增加了医疗机构的收入。

（三）降低并发症风险

由于种植体植入的位置更准确，患者术后出现并发症的风险降低，如神经损伤、种植体周围炎等^[10]。这减少了后续治疗和药物的费用。

（四）提高患者满意度

种植手术的成功和减少的并发症提高了患者的满意度，这有助于提高医疗机构的声誉，吸引更多的患者，从而增加了收入。

（五）减少恢复时间

由于手术的精准性和减少的并发症，患者的恢复时间可能会缩短，这意味着患者可以更快地恢复正常生活和工作，减少了由此产生的时间成本。

（六）长期成本节约

虽然种植动态导航系统的初始投资较高，但长期来看，由于提高了手术质量和减少了并发症，它可以节约大量的长期成本。

（七）培训和教育

动态导航系统可以作为教学工具，帮助年轻的牙科医生更快地学习和掌握种植手术技巧，减少了培训成本。

结束语

随着科技的不断进步和成本的逐渐降低，相信，种植动态导航系统将在口腔种植领域发挥越来越重要的作用，为患者带来更加精准、安全、高效的医疗服务。未来，需要进一步探讨如何优化种植动态导航系统的应用，使其在临床实践中发挥更大的作用，为我国口腔种植领域的发展做出更大贡献。

参考文献

- [1] 叶明君, 沈山. 口腔种植动态导航系统应用的研究 [J]. 医学信息, 2022, 35(01): 62-66.
- [2] 蒋瑞芳, 张艳芳, 李雪, 等. 动态导航技术在口腔种植教学中的应用研究 [J]. 中国口腔种植学杂志, 2022, 27(04): 254-258.
- [3] 张睿琦, 张遂, 黄长波. 动态导航系统在部分特殊种植病例中的应用研究进展 [J]. 临床口腔医学杂志, 2023, 39(02): 124-127.
- [4] 冯大军, 许鹏, 孙云峰. 动态导航系统在种植体精准植入术中的临床应用 [J]. 口腔医学研究, 2021, 37(07): 617-621. DOI: 10.13701/j.cnki.kqxyj.2021.07.009.
- [5] 葛严军, 刘晓强, 王勇. 动态导航系统在口腔种植中的临床应用及展望 [J]. 中国实用口腔科杂志, 2020, 13(08): 449-455. DOI: 10.19538/j.kq.2020.08.001.
- [6] 李妍熹, 曾晓华, 石易鑫, 等. 国产动态导航系统用于种植体植入的评价 [J]. 临床口腔医学杂志, 2021, 37(12): 745-748.
- [7] 张睿琦. 动态导航系统引导种植手术在前牙区的应用与精度分析 [D]. 湖北医药学院, 2023. DOI: 10.27913/d.cnki.ghyby.2023.000019.
- [8] Xinbo Y, Baoxin T, Feng W, et al. Accuracy assessment of dynamic navigation during implant placement: A systematic review and meta-analysis of clinical studies in the last 10 years. [J]. Journal of dentistry, 2023, 135: 104567-104567.
- [9] 李丹, 王珊珊, 刘永红. 数字化导航技术在牙髓病学领域的研究进展 [J]. 北京口腔医学, 2023, 31(03): 222-224. DOI: 10.20049/j.bj.kqyx.1006-673X.2023.03.015.
- [10] Lijuan M, Mingjun Y, Mingle W, et al. A retrospective study of dynamic navigation system-assisted implant placement [J]. BMC Oral Health, 2023, 23(1): 759-759.