

大健康与新医疗

BIG DATA Health
and New Medical

2025 年

第 01

上海科学技术情报研究所
上海市前沿技术发展研究中心
技术与创新支持中心(TISC)



人工智能在牙科学中的应用

编者按

人工智能（AI）在牙科学中的应用日益广泛，涵盖诊断、治疗规划、手术辅助等多个方面。AI 技术的引入显著提升了诊断的精确度，优化了治疗方案的制定过程。从影像分析到患者沟通，AI 的应用正全方位提升诊疗质量和效率，为实现个性化医疗铺平道路。然而，AI 技术的应用仍处于发展阶段，其在临床实践中的全面整合可能需要一定时间。AI 在牙科领域的应用，犹如为传统诊疗模式注入了智慧的血液，但其真正的潜力仍有待进一步挖掘。本期简报从口腔修复、口腔影像、牙科手术、医学教育等四方面介绍人工智能（AI）在牙科学中的应用。

目 录

目 录	2
口腔修复	3
➤ 人工智能在口腔修复诊疗中的应用与进展	3
口腔影像	6
➤ 通过 3D CNN 算法进行临床导向的 CBCT 根尖病变评估	6
➤ 人工智能应用于腭中缝、自动识别和分割图片	7
➤ 人工智能在下颌磨牙区即刻种植测量分析中的可行性研究	9
牙科手术	12
➤ 全自动机器人牙医完成世界首例人类牙科手术	12
➤ 牙科机器人产业透视：技术革新、应用拓展与市场前景展望	13
医学教育	17
➤ 人工智能在口腔修复诊疗中的应用与进展	

口腔修复

人工智能在口腔修复诊疗中的应用与进展

1. 疾病诊断、方案设计与疗效预测

在口腔修复中，诊断结果为方案设计提供依据，也是疗效预测的基础；方案设计的科学性决定了疗效预测的准确性，疗效预测结果可反馈规范诊疗方案，因此三者通过信息共享实现互相优化，是相互依存、互为因果的循环系统。

口腔修复是一门综合性学科，其诊断范围涵盖牙体缺损、牙列缺损、牙列缺失、牙周病和颞下颌关节紊乱等多种口腔疾病，旨在为不同情况制定全面的诊疗计划。目前，AI 主要利用深度学习模型和计算机视觉技术分析各类口腔影像数据，或组织活检、生物标志物和荧光图像等检查结果，在图像去噪等预处理和提取解剖结构的基础上，构建口腔三维数字模型和目标问题的特征向量；并通过特征与临床表现的关联规则学习，实现对常见或临床难以确诊疾病的快速准确诊断。此外，传统机器学习技术如决策树、粗糙集和逻辑回归等也可用于自动识别、分割天然牙、修复体和口颌面解剖结构等。

AI可综合分析诊断结果和患者个性化需求，选择合适的修复方式和材料，评估其优劣、风险和预后，以提高口腔修复质量和成功率。

基于深度学习的口腔病变智能诊断、多源信息的精准评估、强化学习的个性化治疗及知识图谱的差异化诊断等都是研究热点。但也存在数据质量较差、数据集不足和模型复杂度不匹配等问题。为解决这些问题，有学者采用基于生成对抗网络（generative adversarial network，GAN）的模型消除口腔金属修复材料引起的伪影，提高口腔影像的诊断质量。使用非医疗领域的数据训练神经网络，并通过预训练权重初始化提升模型在口腔医学中的迁移效果以解决数据集不足的问题。

2. 修复体设计

修复体的设计包括比色、自动化固定或活动义齿的设计、使用活动义齿患者的面部变化的预测。多项实验表明，AI模型的比色能力总体优于直接视觉评估，但在部分无牙颌或颜色和结构复杂的病例中，其准确度会降低。尽管CAD/CAM技术可提高修复体设计流程的效率，但对于个体患者的定制能力欠缺。2D对抗生成网络（2D-GAN）和3D深度卷积对抗网络（3D-DCGAN）

模型可直接利用或间接生成三维（3D）数据，模拟技师设计出与天然牙相似的冠。对于活动义齿，基于知识的专家系统可用于修复体设计并取得良好的效果，但存在数据不足、模型泛化能力有限等问题。基于机器学习的算法可用于牙弓分类和无牙颌患者的面部外观预测，辅助活动义齿的设计。总体而言，固定义齿的设计需考量牙齿的形态、颜色、接触关系和咬合关系等因素；活动义齿则需关注意齿的稳定性、固位力和生物相容性等因素。对复杂情况，医生需要综合运用遗传算法、模糊逻辑和专家系统等技术进行多方案比较，寻找最佳或近似最佳的解决方案。

在种植修复方面，AI 可以通过分割口内扫描或锥形束计算机断层的影像数据构建术区的三维情况，提高种植手术的效率 and 精确度。研究发现，通过根尖 X 线片和口腔全景曲面体层片训练的种植体 AI 模型总体准确率达 93.8%-98%。然后，AI 可以结合有限元分析和机器学习优化种植体的设计，调整种植体的孔隙度、长度和直径等参数以减小种植体骨界面的应力，提高种植体的稳定性和生物相容性，延长种植体的使用寿命。接着，可以根据患者的疾病风险

因素，如骨量、骨密度，预测种植体的成功率，并设计个性化种植体植入位点，辅助医生和患者选择最合适的种植方案，提高种植成功率。此外，虚拟现实技术可以通过外接设备和传感器模拟外界环境，实时显示患者的口腔解剖结构和种植路径，与临床医生进行可视化交互，从而提高手术的精度和安全性；还可以使患者在术前直观了解手术过程，预览术后效果，对和谐的医患沟通具有重要意义。

3. 修复体制作

CAD/CAM 或 3D 打印技术与 AI 相结合，可以实现口腔修复体制作的智能化、精细化、个性化和质量控制。具体而言，AI 可通过视觉系统识别修复体的形状，同时可通过传感器和算法实时监测环境温度、激光功率和刀具磨损程度等参数，实现制作过程的质量控制。AI 还可以运用专家系统训练模型，根据铸造参数和材料特性设计制作方案，进行成本预测、材料性能评估和选材推荐，提高铸件的利用率和质量。3D 打印技术如立体光刻（stereolithography appearance, SLA）可用于种植导板的制作，其中 AI 可以预测不同制造参数

对打印质量的影响，或使用传感器实时评估修复体的打印质量。

4. 机器人技术

机器人技术是由 AI、机器学习、传感器和数据处理等多种高新技术结合而成的一个复杂的智能系统，其理论基础包括数学模型（用于描述机器人的形状、方向和运动）、运动轨迹规划（根据数学模型计算机器人的运动轨迹）和控制策略（如力反馈控制等）。口腔种植机器人技术的发展相对成熟，是口腔修复治疗向智能、精准和微创发展的重要推动力。它主要包括两种类型：机器人辅助种植技术（computer-assisted implant surgery）和自主种植手术（autonomous implant surgery, AIS）。前者是外科医生操作时使用机械臂或触觉反馈设备作为辅助，根据术前计划引导操作，同时医生可做出自主决策和调整。后者基于 CT 数据和虚拟计划，在无人工干预的情况下进行种植体的定位和放置。这两种技术都可以提高传统种植的精度和效率，但也存在成本高、学习曲线长和设置时间长等技术局限。

5. 修复体寿命预测和治疗后随访

可收集患者的口腔数据、修复体参数和使用情况等信息，建立预测模型，

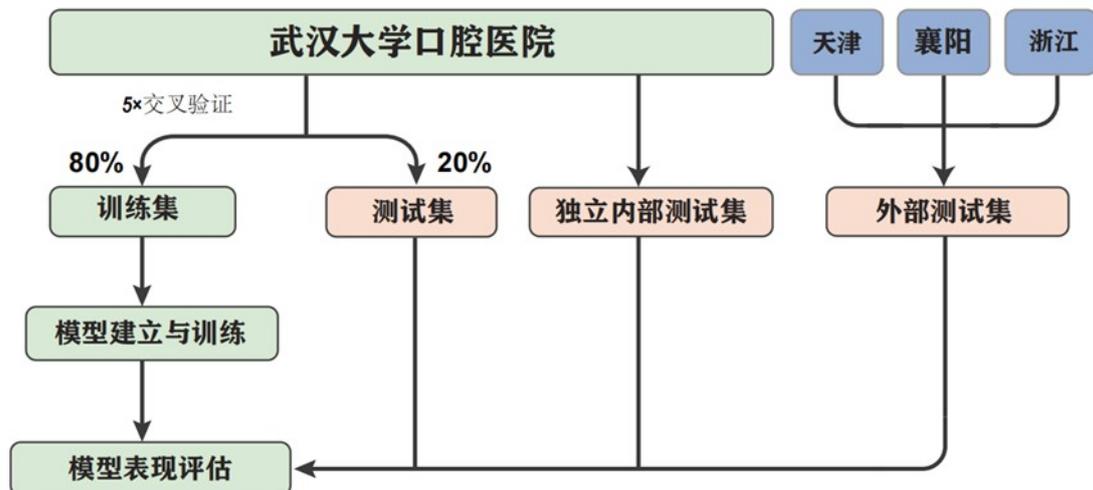
利用机器学习算法分析多因素对修复体寿命的影响，实现个性化预测。对于治疗后随访，还可利用互联网、移动设备和传感器等技术，实现医生和患者之间跨时空的沟通和交互，提高口腔远程医疗或随访的可及性和便利性。

资料来源：戴雨霖,张新春. 人工智能在口腔修复诊疗中的应用与进展[J]. 中华口腔医学研究杂志 (电子版),2024,18(1):65-69. DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2024.01.011.

口腔影像

通过 3D CNN 算法进行临床导向的 CBCT 根尖病变评估

该研究由武汉大学口腔医学院博士研究生傅玮涛和美国凯斯西储大学博士后研究员朱其奎共同第一作者，武汉大学口腔医学院边专教授和孟柳燕教授为共同通讯作者。以“Clinically Oriented CBCT Periapical Lesion Evaluation via 3D CNN Algorithm”为题发表在 Journal of Dental Research (《牙科学研究》) 杂志。

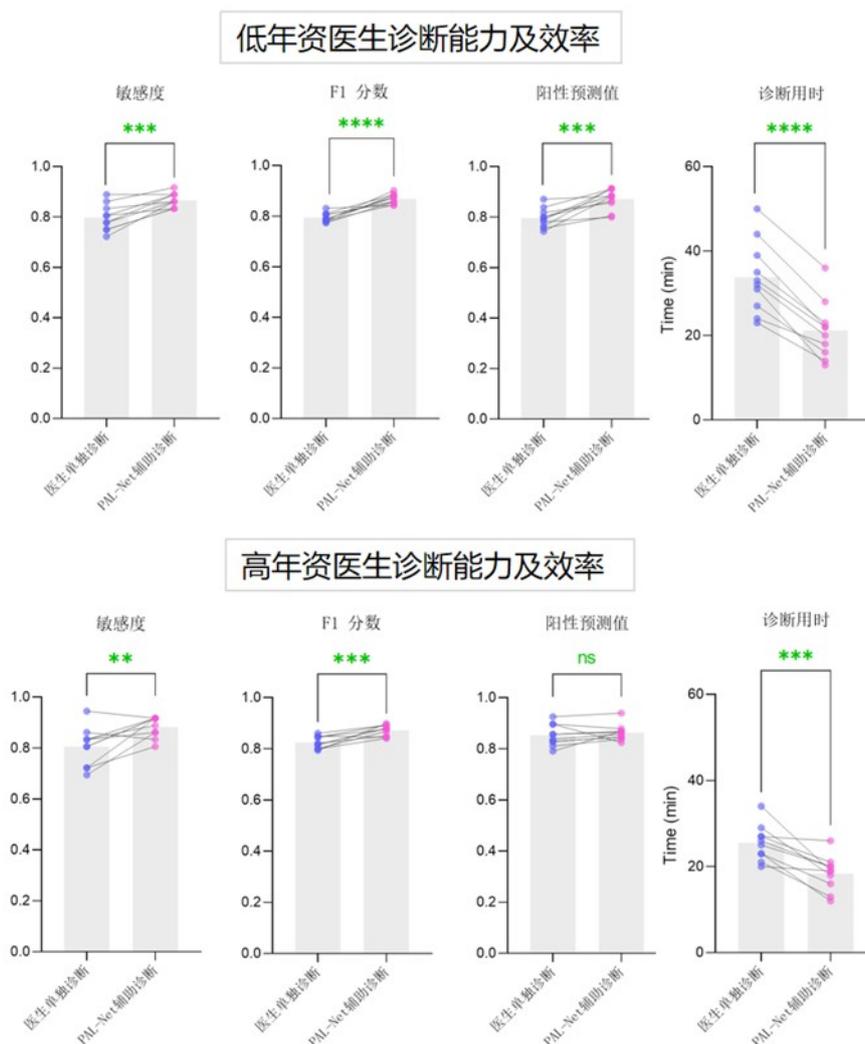


该研究构建了较大的三维 CBCT 数据集，并开发了一种基于卷积神经网络的人工智能系统 PAL-Net，旨在提高 CBCT 影像上慢性根尖周炎相关病损的检测和分割效率。研究结果表明 PAL-Net 人工智能系统在诊断和分割性能上表现出色，此外，该研究对 PAL-Net 系统进行了多中心的外部地理验证，为其在不

同环境下的广泛适用性提供了坚实支持。

在临床应用方面，研究结果表明，PAL-Net 系统不仅提高了口腔医生（尤其是对低年资医生）慢性根尖周炎诊断精度和效率，还克服了传统手动分割病损耗时费力、异质性大等不足，为口腔医学领域带来了技术创新。

资料来源：Fu WT, Zhu QK, Li N, et al. Clinically Oriented CBCT Periapical Lesion Evaluation via 3D CNN Algorithm. J Dent Res. 2024 Jan;103(1):5-12. doi: 10.1177/00220345231201793.



人工智能应用于腭中缝、自动识别和分割图片

北京口腔医院智能正畸联合研究中心在口腔医学与人工智能交叉领域取得新突破，白玉兴教授团队、清华大学赵有建教授团队和朗视仪器数字化口腔团队共同合作的两项研究成果，分别被口腔医学国际权威期刊《Journal of Dentistry》及计算机视觉与模式识别顶级会议 The IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2024 (CVPR 2024) 录用。

人工智能应用于腭中缝评估

研究成果 1

上颌骨狭窄是口腔正畸常见错合之一，常表现为长面型及咬合错乱，正畸常用的治疗方案是通过上颌快速扩大装置打开腭中缝，促进上颌骨及上牙弓的宽度增加，因此，上颌腭中缝的结构识别和成熟度评估尤为重要。专业正畸医生依据这个重要信息选择恰当的扩弓装置。

北京口腔医院智能正畸联合研究中心最新研究，应用人工智能在 CBCT 腭中缝平面定位和成熟阶段评估中提高了诊治效率和准确性，不亚于熟练的正畸医生。该研究发表在口腔医学国际权威期刊《Journal of Dentistry》，使用卷积

神经网络（CNN）模型来评估腭中缝的成熟阶段。研究基于现有的卷积神经网络 ResNet50 模型，实现了从 CBCT 横截面中定位包含完整腭中缝结构的层面，表现出很高的准确度（99.74%）。其次，基于多个卷积神经网络 ResNet18、ResNet50、ResNet101、Inception-v3 和 Efficientnetv2-s 模型，实现了腭中缝成熟度分类诊断与模型性能评估。

人工智能自动识别和分割图片中的牙齿

研究成果 2

口腔正畸治疗诊断的一个重要部分就是牙齿模型的分析，需要测量每个牙齿的大小，用于设计最终排列的位置，必要时要进行多种治疗方案的模拟排牙。在临床工作中，这些测量都需要正畸医生手工完成。

北京口腔医院智能正畸联合研发中心研发的一种名为 TeethSEG 的新型框架，可以对平面图像中的每一颗牙齿进行高效分割，也就是通过人工智能自动识别和分割图片中的牙齿。该框架利用基于 Transformer 的架构，配备了多尺度聚合（MSA）块和一个人类先验知识（APK）层。研究团队还公开了一个用于训练和测试该框架的开源口腔内图像数据集，该框架旨在进行牙齿分割与牙位识别

过程中，解决牙齿之间微小形状差异、患者之间牙齿位置和形状变化以及牙齿异常存在等挑战。该模型的应用，可以为正畸临床大范围引入人工智能工具辅助模型分析奠定基础，该项突破将大大提高正畸医生的诊疗工作效率。

资料来源： Zhu M, Yang P, Bian C, et al. Convolutional neural network-assisted diagnosis of midpalatal suture maturation stage in cone-beam computed tomography. *J Dent.* 2024 Feb;141:104808. doi: 10.1016/j.jdent.2023.104808.

Bo Zou, Shaofeng Wang, Hao Liu, et al. Teeth-SEG: An Efficient Instance Segmentation Framework for Orthodontic Treatment based on Anthropic Prior Knowledge. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.01013>

人工智能在下颌磨牙区即刻种植测量分析中的可行性研究

该研究旨在分析并验证一种自动轮廓分割的人工智能软件 ITK-SNAP 在测量下颌磨牙与下牙槽神经管距离中的可行性，初步探讨人工智能系统在下颌磨牙种植区自动分割的准确性，以帮助临床医生对磨牙区即刻种植情况进行快速、准确的术前评估，避免并发症的发生；同时基于该软件的测量，比较第一磨牙和第二磨牙至下牙槽神经的距离，探讨下颌磨牙区适合即刻种植的位点，为临床医生治疗决策提供理论依据。

研究方法

1. CBCT 扫描：

采用 Orthophos SL 3D CBCT 机 (Sirona, 德国) 对受试者下颌后牙区进行 CBCT 扫描, 扫描条件: 管电流 7 mA, 管电压 85 V, 体素 0.22 mm×0.22 mm×0.22 mm, 视野 10 cm×11 cm。拍摄时, 患者面部中线与地平面垂直, 眶耳平面与地面平行, 保持下颌姿势位并固定头部。扫描完成后, 数据保存为“.DICOM”格式。该研究所有扫描均由同一放射科医师规范操作, 所有受试者的 CBCT 影像学资料均由影像医师按照统一标准选取。

2. 测量方法:

将试验组“.DICOM”格式文件导入 CBCT 图像分析软件中, 获取下颌磨牙矢状位图像, 分别测量左右两侧第一磨牙和第二磨牙近中根尖、远中根尖及牙槽间隔到下牙槽神经管的距离 (L1, L2, L3)。同时将验证组“.DICOM”格式文件导入 ITK-SNAP 软件, 进行三维重建。在 ITK-SNAP 软件的三维重建图中分别测量左右两侧第一磨牙和第二磨牙近中根尖、远中根尖及牙槽间隔到下牙槽神经管不同角度的距离, 测量指标如下: ①磨牙近中根尖到下牙槽神经管上壁的距离 (MT), ②磨牙远中根尖到下牙槽神经管上壁的距离 (DT), ③磨牙牙

槽间隔顶到下牙槽神经管上壁的距离（IT）。

所有测量均由 2 名合格的观察员进行操作。2 名观察员在进行图像评估测量前均接受了校准培训，了解各个图像分析软件的功能，同时对该研究目的均未知。如果 2 名观察员出现意见分歧，则通过讨论达成一致意见。为避免观察员之间的差异，保证其一致性，2 个三维重建结构中的测量指标均进行 2 次重复测量。

3. 计算方法：

采用公式计算下颌磨牙根尖、牙槽间隔顶到下牙槽神经管之间的距离，公式如下： $d=[(x1-x2)^2+(y1-y2)^2+(z1-z2)^2]^{0.5}$ ，其中 $x1$ 、 $y1$ 、 $z1$ 分别为牙齿上点的位置坐标， $x2$ 、 $y2$ 、 $z2$ 分别为神经管上点的位置坐标。

4. 统计学分析：

采用 SPSS 26.0 统计学软件进行数据分析。对符合正态分布的计量资料采用（平均数±标准差）表示，组内比较采用配对样本 t 检验，组间比较采用独立样本 t 检验；一致性分析若数据服从双变量正态分布采用 pearson 相关性分析；不服从双变量正态分布则采用 spearman 秩相关， $P<0.05$ 认为差异有统计学意义。

研究结果

1. 试验组中 CBCT 与 ITK-SNAP 软件测量结果的比较：

试验组测量结果，CBCT 与 ITK-SNAP 软件测量结果之间的差异无统计学意义 ($P>0.05$)，其中第二磨牙牙槽间隔顶距离下颌神经管之间的距离使用 CBCT 与 ITK-SNAP 软件对比不符合双变量正态分布，采用 spearman 秩相关性分析，其余组数据服从双变量正态分布采用 pearson 相关性分析， r 均大于 0.9，显著正相关，证明两种测量方法相关性较好，提示使用 ITK-SNAP 软件测量具有可行性。

2. 验证组中 CBCT 与 ITK-SNAP 软件测量结果的比较：

将验证组中受试者按照性别进行分组，在 ITK-SNAP 软件中分别比较男性和女性的下颌第一磨牙和第二磨牙各位点至下牙槽神经管上壁之间的距离。结果发现，无论在男性还是女性中，第一磨牙近中根尖、远中根尖、牙槽间隔顶至下牙槽神经管上壁的距离均明显大于第二磨牙，差异具有统计学意义 ($P<0.05$)。分别比较左侧和右侧下颌第一磨牙各位点至下牙槽神经管上壁之间的距离与下颌第二磨牙之间的差异。结果发现，左右两侧下颌第一磨牙近中

根尖、远中根尖、牙槽间隔顶至下牙槽神经管上壁的距离均明显大于第二磨牙，

差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。

资料来源：赵文博，李昕茹，苏航，等. 人工智能在下颌磨牙区即刻种植测量分析中的可行性研究[J].中国口腔种植学杂志,2024,29(2):178-183. DOI: 10.12337/zgkqzzzz.2024.04.013.

牙科手术

全自动机器人牙医完成世界首例人类牙科手术

人工智能控制的自主机器人首次对人类患者进行了完整的手术，速度比人类牙医快八倍左右。

该系统由波士顿公司 Perceptive 开发，采用手持式 3D 体积扫描仪，利用光学相干断层扫描（OCT）构建口腔的详细 3D 模型，包括牙齿、牙龈，甚至牙齿表面下的神经。

这样就消除了过程中有害的 X 射线辐射，因为 OCT 仅使用光束来构建其体积模型，这些模型具有高分辨率，并且可以自动检测到腔体，准确率约为 90%。

此时，（人类）牙医和患者可以讨论需要做什么——但一旦做出决定，机器人牙科医生就会接手。它会规划好手术，然后顺利地开始实施。

这台机器的第一项专长是准备牙齿以安装牙冠。Perceptive 声称，这通常是一个两小时的过程，牙医通常会将其分为两次就诊。机器人牙医在接近 15 分钟内完成了这一过程。

值得注意的是，该公司声称该机器“即使在最频繁移动的条件下”也能安全地完成工作，而且在移动的人类身上进行的模拟测试全部成功。Perceptive 首席执行官兼创始人 Chris Ciriello 博士表示：“我们很高兴成功完成世界上首例全自动机器人牙科手术，这项医学突破提高了牙科手术的精确度和效率，并使人们能够更广泛地获得更好的牙科护理，从而改善患者体验和临床结果。我们期待改进我们的系统，并为患者开创可扩展的全自动牙科保健解决方案。”

“Perceptive 的 AI 驱动机器人系统将改变牙科行业，”全科牙医、Perceptive 临床咨询委员会成员 Karim Zaklama 博士补充道。“由于流程简化和患者舒适度提高，患者体验将更好。先进的成像功能，尤其是口内扫描仪，提供了无与伦比的细节，使我们能够更早、更准确地诊断问题，并让我们更有效地与患者沟通。这种效率使我们能够更加专注于个性化患者护理，并减少椅位时间，使我们能够有效地治疗更多患者。”

想象自己坐在椅子上让机器人钻你的牙齿确实令人感到不安，但也确实让我们怀疑这是否比让人类做这件事更令人不安。高精度人控机器人手术正在突

飞猛进，传统上对非常稳定的手的需求已不复存在——正如我们在人形机器人领域看到的那样，从你开始远程操作机器人的那一刻起，你就有可能训练它接管并自主执行相同的工作。所以这可能是你在未来几年需要习惯的一个想法。

而且这样做的好处显而易见。如果你在一刻钟内就能坐下并离开机器人牙医的椅子，而不是连续两次 60 分钟的马拉松，这是一个巨大的进步。你似乎不需要把嘴巴张得那么大，这可以让这 15 分钟不那么累。虽然这个系统肯定会花钱，但它似乎节省了很多时间，牙科费用可能会因此大幅下降。

该机器人尚未获得 FDA 批准，Perceptive 也没有设定推出时间表，因此公众可能还需要几年时间才能享受这种治疗。

资料来源：NEW ATLAS [EB/OL]. (2024-07-31).
<https://newatlas.com/health-wellbeing/robot-dentist-world-first/>

牙科机器人产业透视：技术革新、应用拓展与市场前景展望

纵观口腔种植技术的发展历程，其主要经历了两个阶段。在第一个阶段，手术主要依赖于口腔全景 X 线机的二维诊断，医生需凭借经验制定手术方案和种植。这一阶段缺乏对患处直观和准确的判断，手术质量难以保证。随着技术

的进步，进入了第二个阶段——口腔三维数据诊断。这一阶段通过电脑制定手术方案，个性化定制种植体和牙冠，并设计出种植导板，大大提高了种植的准确性和精度。

然而，尽管有了这些进步，口腔种植手术仍面临一些挑战。目前，国内从事口腔种植的医生人数较少，水平参差不齐。而且，这项技术对操作精度和经验水平有极高的要求。任何操作的微小失误和精度偏差都可能影响远期的功能和美观效果，甚至可能损伤重要的解剖结构，造成不必要的并发症。

为了解决这些问题，口腔种植手术导航定位系统应运而生。这一系统是在第二个阶段的基础上发展而来，无需借助导板等辅助工具。它主要用于在口腔种植手术过程中对手术器械进行空间定位和定向，辅助医生进行术前计划和术中指导。通过系统软件进行口腔数据的三维重建，医生在软件中规划种植路径，然后由机械臂自动完成种植。这种导航定位系统不仅提高了种植的准确性和精度，还降低了对医生操作的全方位要求，使手术更为简便和准确。

在当今医疗科技快速发展的时代，牙科手术机器人公司作为新兴领域的代表，已经逐渐改变传统的牙科手术模式。



那么，现有市场上有哪些企业对种植牙系统做出了成绩？以下盘点了几家知名的国内外牙科手术机器人公司。

Neocis

总部位于迈阿密的 Neocis 研发的 Yomi 机器人，专为种植牙手术提供支持，并已新筹集 2000 万美元的资金，计划将这笔资金用于产品开发、销售支持和临床教育等商业计划。

美国食品和药物管理局（FDA）已正式批准 Yomi 系统用于机器人辅助牙科手术。这一突破性的系统成功获得了 16 项 FDA 510（k）许可。据 Neocis 公司报告，迄今为止，Yomi 系统已成功放置超过 40,000 个植入物，平均每六分钟就能完成一个新的植入。

这一显著成就标志着 Yomi 系统在牙科手术领域的广泛应用和高度认可。Yomi 在植入物放置的所有阶段使用简化的数字规划和手术器械的触觉引导来协助临床医生。它还用于下颌骨和上颌骨的引导骨复位术，该手术也称为牙槽成形术，是一种通常在拔牙后进行的常见牙科手术。

Yomi 的工作原理是首先对患者的口腔进行 3D 扫描，然后根据得到的结果

再由医生提出治疗计划，并且在手术过程中 Yomi 会起指导作用。这个系统并不是自主运作的，医生始终保留对仪器的控制权。根据 Neocis 的说法，Yomi 会通过屏幕警报和音频提示来指导医生。

同时 Neocis 还提供了一个名为 YomiPlan 的软件套件，从而帮助临床团队制定精确的治疗计划。

北京柏惠维康科技有限公司

创立于 2010 年的北京柏惠维康科技股份有限公司研发了一款名为“瑞医博”的口腔手术机器人。2021 年 4 月，该机器人获得 NMPA 认证，是国内首款口腔领域手术机器人获批的产品。

瑞医博口腔手术机器人由规划导航软件、光学跟踪定位仪以及六轴机械臂等部分组成，相较于传统由医生操作的手术，口腔种植手术机器人的优势在于精度高，能覆盖所有牙位、即刻种植、即拔即种、全口无牙颌种植。瑞医博的兼容性同样很强，对手术室硬件无额外要求，设备到位即可使用。人们的接受度也更高，通用定位导板和常规位姿，医生及患者舒适度高，学习成本低。

全国 26 省 150+ 医院借助瑞医博完成 1854 例各类机器人辅助种植，3417 颗



植体精准植入，93 例无牙颌种植，829 例美学区种植，248 例即刻种植，173 例多象限种植和 109 例上颌窦底内提升。此外，瑞医博口腔手术机器人流程标准化、精度可视化，能降低医生学习曲线，提升复杂手术效率和远期效果。

雅客智慧（北京）科技有限公司

雅客智慧（北京）科技有限公司，是一家专注于医疗机器人领域的研发、生产和售后的科技公司。其口腔种植牙机器人系统利用精准定位技术，成功替代传统徒手种植，显著提高了手术的精度和效果。这一突破性的技术，是源于 2013 年赵铤民院士的科研课题。经过近十年的技术攻坚，团队成功整合智能机器人、机器视觉、多传感器信息融合及三维图形可视化等技术，解决了口腔狭小空间的微创手术治疗难题。

如今，该机器人已成功完成近六百多例缺牙患者的种植手术，且精度远超传统人工种植。同时，雅客智慧于 2020 年 10 月获得了国家药监局的创新医疗器械绿色审批通道，并在 2021 年 9 月获得了国家药品监督管理局颁发的第三类医疗器械注册证和生产许可证。

舍成医疗（“朗月”机器人）



由张江企业上海舍成医疗器械有限公司研发的“朗月”口腔种植手术机器人在 2022 年 9 月 14 日获得国家药监局注册证书。其产品“朗月”是一款专注于协助医生进行口腔种植手术的机器人，它解决了医生手部直线钻孔操作困难以及手术区域视野受限的问题，是一个十分好用的手术辅助工具，它的设计理念是最大限度地保留医生自由手操作的习惯。

“朗月”口腔种植机器人采用独特的双机械臂一体式设计，其中上机械臂用于抓持手术工具，而下机械臂则配备微型多目光学定位相机。凭借机械臂的高精度参数化追踪技术，这一设计显著缩短了术前准备时间，简化了手术操作，并使得术中调整更为便捷。

医生通过常规的图像浏览分析软件查阅患者的 CBCT 影像，从而制定手术计划。在术中，医生手动抓握种植机器，并控制机械臂到达选定的理想种植位置。同时，机械臂配备的高精度视觉相机确保了钻孔方向和位置的准确性，能够精确地完成医生的操作意图。

柳叶刀机器人

自 2018 年创立以来，柳叶刀机器人也已成功深入布局髌关节置换、膝关节

置换、口腔种植及血管介入四大黄金手术领域。作为全球领先的医疗机器人创新公司，柳叶刀的研发团队兼具顶尖医学背景与坚实技术实力，使得公司在核心技术上拥有显著优势。尤其是在关键的机器人技术方面，柳叶刀已达到国际先进水平。

其产品柳叶刀口腔种植机器人展现出众多卓越优势。例如在智能方面，它具备口腔多组织自动识别与分割功能，提供手术智能辅助规划，简化了手术注册流程，并支持术中实时规划调整。此外，其提供的多种移动模式选择更进一步提升了手术的灵活性和便利性。

在精准度方面，机器人能确保植入位置的精确控制，深度实时约束，使得精度达到惊人的 0.5mm。同时，种植体位动态校准技术进一步提高了种植的准确性。在安全性方面，机器人采用路径边界约束，结合抖动过滤技术和种植牙操作力感知功能，确保了手术过程的安全可靠。

键嘉医疗

键嘉医疗的前身是杭州键嘉机器人有限公司，这是一家专注于手术机器人研发和销售的高新技术企业。公司致力于打造技术领先的手术机器人平台，提



供高精度、智能化的手术解决方案。

其自主研发的产品 THETA 种植牙手术机器人 2023 年 10 月 9 日获国家药品监督管理局批准正式上市。THETA 作为国内首款悬臂一体式种植机器人，可以分别在术前、术中、术后全程进行不同的辅助。例如在术前，它利用影像分析技术帮助医生重建患者口腔的三维结构，帮助医生制定详细的手术计划。术中，导航软件和机械臂协同工作，确保种植过程的精准无误。术后，它又可以通过对比手术前后的数据，去评估手术的精准度。

整体而言，THETA 结合了机器人与数字技术，使手术更为精确和安全。与传统方法相比，它在种植过程中的误差能显著降低。

资料来源：网易 [EB/OL]. (2024-02-05) .

<https://www.163.com/dy/article/IQ6MGI0U0511D0C3.html>

医学教育

生成式人工智能在口腔医学教育中的应用

ChatGPT 已经在医学教育领域引起了广泛关注和热议。有相关研究在 Web of Science 中以 ChatGPT 为主题词搜索得到 116 篇相关文章，其中医学教育占比高达 80% 以上。这些研究主题涵盖了自动评分、教学辅助、个性化学习、研究辅助、快速获取信息、生成情景案例、创设学习内容以及语言翻译等多个方面。口腔医学教育综合了基础知识、临床思维、操作技能及科研思维等多个方面，借助生成式 AI，可以极大地提高教学质量。

在口腔医学教育领域，生成式 AI 的应用呈现以下方面：首先，通过借助生成式 AI，可以构建一个更为智能化的虚拟学伴，即口腔医学知识问答系统，为学生提供最前沿的口腔医学知识。这个系统不仅可以回答学生的问题，还能解释复杂的口腔医学概念，进行模拟测试，并提供可视化的教学资料。其强大的上下文学习及逐步推理能力，还能擦出意想不到的知识火花。此外，生成式 AI 还能辅助编写高质量的口腔医学执业医师考试题目，从而减轻人工编写的负担。

其次，生成对抗网络（GAN）等生成式 AI 技术也为口腔医学教育带来了新的可能性。这些技术可以生成模拟口腔医学数据，以替代真实患者数据，从而保护患者隐私。这对于在研究和教育领域共享数据时，避免泄露患者敏感信息具有积极作用。在学术会议方面，生成式 AI 可自动记录会议内容，进行多语言翻译，并进行总结归纳以供师生学习参考。这一技术的应用可以促进国际间学术交流，扩大知识传播范围。最后，通过将生成式 AI 与虚拟现实技术相结合，我们还能创建沉浸式的口腔医学虚拟现实体验，为学生提供更真实的培训和实践机会。这种综合性的教育方法将有助于培养出更为优秀和有实践经验的口腔医学专业人才。

然而，还应当认识到，在通用人工智能时代的来临下，传统的教育模式，如单纯的知识点灌输与记忆力训练，已经最得不足以满足时代的需求。因此，如何应对这一变革显得至关重要。在面对新工具时，需要摒弃抵触心态，克服固有习惯，培养自身适应快速变化学习环境的能力，并积极探索其应用。对工具的使用，必须充分了解其所具备的优势和缺点。同时，要掌握高层次认知能

力以及批判性思维，以善用所掌握的工具。学习系统的升级不仅仅对于个体，也是整个生命系统得以延续的基础，对于人类的认知和改造能力具有深远影响。

培养学生的探索精神、自主学习能力、创新思维、沟通技巧、抗挫能力及领导力等素质最得尤为关键。这些素质将使人类能够更好地掌握和引导人工智能技术，从而成为合格的 AI 主人，这也是未来口腔医学教育需要关注的重要方向。

资料来源：苏莉雯,吴杨. 生成式人工智能在口腔医学的应用潜力与挑战[J]. 口腔医学研究,2024,40(1):11-17. DOI:10.13701/j.cnki.kqxyj.2024.01.003.



地址：上海市永福路 265 号
邮编：200031
编辑：徐星颖
责编：陈晖
编审：林鹤
电话：021-64455555
邮件：istis@libnet.sh.cn
网址：www.istis.sh.cn