

TRÍ TUỆ NHÂN TẠO TRONG NHA KHOA: TỔNG QUAN VÀ ỨNG DỤNG LÂM SÀNG

Phạm Nguyễn Quân¹

¹Khoa Răng Hàm Mặt, Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng, Việt Nam

TÓM TẮT

Trí tuệ nhân tạo (AI) đang ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong nha khoa nhờ khả năng phân tích dữ liệu lớn và hỗ trợ ra quyết định lâm sàng. Nghiên cứu này nhằm tổng quan các ứng dụng của AI trong các chuyên ngành nha khoa và đánh giá tiềm năng triển khai trong thực hành lâm sàng. Phương pháp nghiên cứu là tổng quan không hệ thống, với dữ liệu được thu thập từ các cơ sở PubMed, Scopus và Google Scholar trong giai đoạn 2020 - 2025. Kết quả cho thấy AI được ứng dụng hiệu quả trong chẩn đoán hình ảnh, nội nha, nha chu, chỉnh nha, implant và phục hình răng. Các mô hình học sâu, đặc biệt là mạng nơ-ron tích chập (CNN), cho thấy độ chính xác cao, ví dụ đạt khoảng 89,0% với AUC 0,917 trong phát hiện sâu răng. AI cũng giúp cải thiện hiệu quả làm việc và tính nhất quán trong quy trình lâm sàng. Tuy nhiên, việc ứng dụng AI vẫn còn hạn chế do thiếu dữ liệu chuẩn hóa, thiếu nghiên cứu lâm sàng dài hạn và các vấn đề về tính minh bạch của mô hình. Kết luận, AI là công cụ hỗ trợ tiềm năng giúp hỗ trợ phân tích và lập kế hoạch điều trị trong nha khoa, nhưng chưa thể thay thế vai trò của bác sĩ.

Từ khóa: Trí tuệ nhân tạo, nha khoa, học sâu, chẩn đoán hình ảnh, CAD/CAM, implant.

ABSTRACT

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DENTISTRY: A REVIEW AND CLINICAL APPLICATION

Phạm Nguyễn Quân¹

Artificial intelligence (AI) is increasingly being applied in dentistry due to its ability to process large datasets and support clinical decision-making. This study aimed to review current applications of AI across dental specialties and evaluate its potential for clinical implementation. A narrative review was conducted using PubMed, Scopus, and Google Scholar databases from 2020 to 2025. The findings indicate that AI is effectively applied in dental imaging, endodontics, periodontology, orthodontics, implant dentistry, and prosthodontics. Deep learning models, particularly convolutional neural networks (CNNs), have demonstrated high performance, with approximately 89.0% accuracy and an AUC of 0.917 in caries detection. AI also improves workflow efficiency and consistency in clinical practice. However, its clinical adoption remains limited due to the lack of standardized datasets, insufficient long-term clinical validation, and issues related to model interpretability. In conclusion, AI is a promising supportive tool to enhance treatment outcomes in dentistry but cannot replace the role of clinicians.

Keywords: Artificial intelligence, dentistry, deep learning, dental imaging, CAD/CAM, implant dentistry.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nha khoa hiện đại đang bước vào giai đoạn chuyển đổi số mạnh mẽ, trong đó việc ứng dụng công nghệ vào chẩn đoán và điều trị ngày càng trở nên phổ

biến. Tuy nhiên, nhiều quy trình lâm sàng trong nha khoa vẫn phụ thuộc đáng kể vào kinh nghiệm và đánh giá chủ quan của bác sĩ, đặc biệt trong các lĩnh vực như chẩn đoán hình ảnh, lập kế hoạch điều trị và

Ngày nhận bài: 19/4/2026. Ngày chỉnh sửa: 25/5/2026. Chấp thuận đăng: 11/6/2026

Tác giả liên hệ: Phạm Nguyễn Quân. Email: quanpn@hiu.vn. ĐT: 0775501017

tiền lượng kết quả. Điều này có thể dẫn đến sự khác biệt trong kết quả điều trị giữa các bác sĩ và làm hạn chế tính nhất quán trong thực hành lâm sàng [1]. Trong bối cảnh đó, trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence - AI) đang nổi lên như một công cụ tiềm năng nhằm cải thiện độ chính xác và hiệu quả của các quy trình nha khoa. AI, đặc biệt là các kỹ thuật học máy và học sâu, cho phép phân tích khối lượng lớn dữ liệu y sinh và nhận diện các mẫu phức tạp với độ chính xác cao [2, 3]. Trong những năm gần đây, AI đã được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực của nha khoa như phát hiện sâu răng, bệnh nha chu, tổn thương quanh chóp trên phim X-quang, cũng như hỗ trợ phân tích hình ảnh CBCT [4].

Bên cạnh chẩn đoán, AI còn được tích hợp vào các quy trình điều trị và phục hồi, bao gồm lập kế hoạch implant, thiết kế phục hình CAD/CAM và dự đoán kết quả điều trị. Những ứng dụng này không chỉ giúp nâng cao độ chính xác mà còn góp phần tối ưu hóa thời gian và quy trình làm việc trong thực hành lâm sàng [5]. Ngoài ra, AI còn có tiềm năng hỗ trợ cá nhân hóa điều trị dựa trên đặc điểm riêng của từng bệnh nhân, phù hợp với xu hướng y học chính xác (precision medicine). Tuy nhiên, mặc dù có nhiều tiềm năng, việc ứng dụng AI trong nha khoa vẫn còn đối mặt với nhiều thách thức. Các mô hình AI phụ thuộc lớn vào dữ liệu huấn luyện, trong khi dữ liệu nha khoa hiện nay còn thiếu tính chuẩn hóa và đa dạng. Bên cạnh đó, nhiều hệ thống AI hoạt động như “hộp đen”, thiếu khả năng giải thích rõ ràng cơ chế ra quyết định, gây khó khăn trong việc ứng dụng lâm sàng và đặt ra các vấn đề về đạo đức và trách nhiệm pháp lý [3]. Ngoài ra, số lượng nghiên cứu lâm sàng dài hạn đánh giá hiệu quả thực tế của AI trong nha khoa vẫn còn hạn chế.

Do đó, việc tổng hợp và đánh giá các bằng chứng hiện có về ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong nha khoa là cần thiết nhằm cung cấp cái nhìn toàn diện về hiệu quả, hạn chế và tiềm năng phát triển của công nghệ này. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm tổng quan các ứng dụng của AI trong nha khoa và đề xuất định hướng triển khai trong thực hành lâm sàng.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được thực hiện dưới dạng tổng quan không hệ thống (narrative review) nhằm tổng hợp các bằng chứng hiện có về ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong nha khoa. Đối tượng nghiên cứu là các tài liệu khoa học đã công bố liên quan đến việc ứng dụng AI trong các lĩnh vực khác nhau của nha khoa, bao gồm chẩn đoán hình ảnh, nội nha, nha chu, chỉnh nha, implant và phục hình răng. Nguồn dữ liệu được tìm kiếm trên các cơ sở dữ liệu quốc tế bao gồm PubMed, Scopus và Google Scholar trong khoảng thời gian từ năm 2020 đến năm 2025. Các từ khóa tìm kiếm bao gồm “artificial intelligence”, “dentistry”, “deep learning”, “machine learning”, “dental imaging”, “implant planning”, “CAD/CAM”, kết hợp bằng các toán tử Boolean (AND, OR) nhằm mở rộng phạm vi tìm kiếm và đảm bảo tính bao quát của dữ liệu.

Tiêu chí lựa chọn bao gồm các nghiên cứu gốc (in vitro, in vivo), tổng quan hệ thống và tổng quan tường thuật có nội dung liên quan trực tiếp đến ứng dụng AI trong nha khoa. Các bài báo được lựa chọn phải có phương pháp nghiên cứu rõ ràng và kết quả có thể đánh giá được. Các tài liệu không liên quan trực tiếp, không có toàn văn hoặc không đảm bảo chất lượng học thuật được loại trừ khỏi phân tích. Quy trình lựa chọn tài liệu được thực hiện qua hai bước. Ở bước đầu, tiêu đề và tóm tắt của các bài báo được sàng lọc để loại bỏ các nghiên cứu không phù hợp. Ở bước tiếp theo, các bài báo toàn văn được đánh giá chi tiết nhằm xác định mức độ liên quan và giá trị khoa học. Các nghiên cứu được lựa chọn sau đó được phân nhóm theo các lĩnh vực ứng dụng của AI trong nha khoa để tiến hành phân tích và tổng hợp.

Do đặc điểm của nghiên cứu tổng quan không hệ thống, nghiên cứu này không thực hiện phân tích gộp định lượng (meta-analysis) mà tập trung vào phân tích định tính nhằm làm rõ xu hướng ứng dụng, hiệu quả và hạn chế của AI trong nha khoa. Các nghiên cứu được ưu tiên lựa chọn dựa trên các tiêu chí gồm: (1) thuộc các lĩnh vực ứng dụng chính của AI trong nha khoa; (2) có phương pháp nghiên

Trí tuệ nhân tạo trong nha khoa: Tổng quan và ứng dụng lâm sàng

cứu và kết quả rõ ràng; (3) được công bố trên các tạp chí quốc tế có bình duyệt; và (4) có giá trị tham khảo hoặc tính ứng dụng lâm sàng nổi bật.

III. KẾT QUẢ

Trong giai đoạn từ năm 2020 đến năm 2025, số lượng nghiên cứu về ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong nha khoa tăng nhanh, phản ánh xu hướng chuyển đổi số mạnh mẽ trong lĩnh vực này. Nghiên cứu về AI trong nha khoa đã chuyển từ giai đoạn chứng minh khả năng kỹ thuật sang giai đoạn đánh giá hiệu quả lâm sàng và ứng dụng thực tiễn. Trong giới hạn bài báo này, 09 bài báo được tổng hợp có liên quan đến nội dung và thời gian tìm kiếm. Các nghiên cứu tập trung chủ yếu vào ứng dụng học sâu (deep learning), đặc biệt là các mô hình CNN, trong phân tích hình ảnh

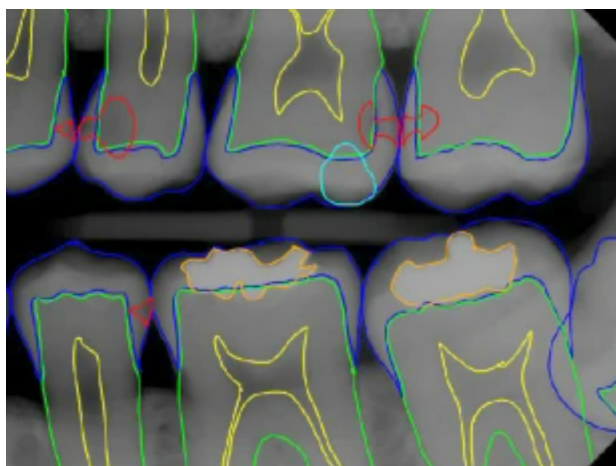
nha khoa và hỗ trợ ra quyết định lâm sàng. Giai đoạn 2023 - 2025 cũng chứng kiến sự gia tăng các nghiên cứu tổng quan phạm vi (scoping review) và tổng quan hệ thống, như nghiên cứu của Alalharith và cộng sự (2023), nhằm đánh giá toàn diện vai trò của AI trong phục hình răng và các lĩnh vực liên quan [10]. Các nghiên cứu này cho thấy xu hướng chuyển từ các nghiên cứu thử nghiệm sang các nghiên cứu đánh giá ứng dụng lâm sàng và khả năng triển khai thực tế. Kết quả tổng hợp từ các nghiên cứu cho thấy trí tuệ nhân tạo (AI) đang được ứng dụng rộng rãi trong nhiều chuyên ngành của nha khoa, bao gồm chẩn đoán hình ảnh, nội nha, nha chu, chỉnh nha, implant và phục hình răng, với hiệu suất cao về độ chính xác và tính nhất quán trong các điều kiện được chuẩn hóa.

Bảng 1: Tổng hợp các nghiên cứu về trí tuệ nhân tạo trong nha khoa

Nghiên cứu	Lĩnh vực ứng dụng	Mô hình AI	Dữ liệu đầu vào	Chỉ số đánh giá chính	Hạn chế được đề cập
Lee và cs. (2021) [6]	Phát hiện sâu răng	CNN	Phim X-quang cắn cánh	Accuracy 89,0%; AUC 0,917	Dữ liệu chuẩn hóa cao
Hung và cs. (2020) [4]	Chẩn đoán hình ảnh nha khoa	AI trong X-quang và CBCT	Phim X-quang nha khoa, CBCT	Độ nhạy 0,74 - 0,96; độ đặc hiệu 0,79 - 0,93; AUC đến 0,94	Đị biệt giữa các nghiên cứu
Hung và cs. (2020) [4]	Nội nha - phát hiện tổn thương quanh chóp	AI/học sâu	Phim X-quang quanh chóp và CBCT	Accuracy khoảng 85 - 92%; AUC 0,85 - 0,94	Chủ yếu nghiên cứu hồi cứu
Khanagar và cs. (2021) [9]	Nha chu	Machine learning	Hình ảnh X-quang nha chu	Accuracy khoảng 80 - 90%	Thiếu chuẩn hóa dữ liệu
Khanagar và cs. (2021) [9]	Chỉnh nha	Deep learning	Phim cephalometric	Sai số landmark < 2 mm	Chủ yếu đánh giá kỹ thuật
Revilla-León và cs. (2024) [7]	Implant nha khoa	AI planning	Dữ liệu CBCT implant	Sai số định vị implant 0,7-1,0 mm	Thiếu nghiên cứu lâm sàng dài hạn
Rajan và cs. (2024) [8]	Dự đoán thành công implant	Machine learning	Dữ liệu implant lâm sàng	Accuracy 85,2%; AUC khoảng 0,87	Dữ liệu lâm sàng còn hạn chế
Bernauer và cs. (2021) [5]	Phục hình CAD/CAM	AI-assisted CAD/CAM	Dữ liệu scan kỹ thuật số	Thời gian thiết kế còn 3 - 5 phút; sai số 80 - 120 µm	Chưa đánh giá đầy đủ yếu tố thẩm mỹ
Alalharith và cs. (2023) [10]	Phục hình răng	AI trong phục hình	Dữ liệu CAD/CAM	Độ chính xác khoảng 80 - 90%	Thiếu chuẩn hóa dữ liệu

Trí tuệ nhân tạo trong nha khoa: Tổng quan và ứng dụng lâm sàng

Trong lĩnh vực chẩn đoán hình ảnh nha khoa, AI, đặc biệt là các mô hình học sâu như convolutional neural networks (CNN), đã chứng minh khả năng phát hiện tổn thương với độ chính xác cao. Nghiên cứu của Lee và cộng sự (2021) cho thấy mô hình CNN đạt độ chính xác 89,0% và AUC 0,917 trong phát hiện sâu răng trên phim X-quang cắn cánh [6]. Tổng quan hệ thống của Hung và cộng sự (2020) ghi nhận độ nhạy của AI dao động từ 0,74 đến 0,96 và độ đặc hiệu từ 0,79 đến 0,93 trong chẩn đoán các tổn thương nha khoa, trong khi AUC có thể đạt đến 0,94 đối với tổn thương quanh chóp [4]. Những kết quả này cho thấy AI có khả năng hỗ trợ chẩn đoán với hiệu suất tương đương so với bác sĩ trong một số điều kiện chuẩn hóa.



Hình 1: Hình ảnh huấn luyện cho mục tiêu phát hiện sâu răng.

“Nguồn: Lee và cộng sự (2021)[6]”

Trong nội nha, AI được sử dụng chủ yếu trong phát hiện tổn thương quanh chóp và hỗ trợ chẩn đoán trên phim X-quang và CBCT. Các nghiên cứu cho thấy AI có thể đạt độ chính xác khoảng 85 - 92% trong phát hiện tổn thương quanh chóp, với AUC dao động từ 0,85 đến 0,94 [4]. Ngoài ra, AI còn được ứng dụng trong phân tích hình thái ống tủy và hỗ trợ xác định chiều dài làm việc, giúp nâng cao độ chính xác trong điều trị nội nha.

Trong nha chu, AI được sử dụng để đánh giá mức độ tiêu xương ổ răng và phân loại mức độ bệnh nha chu dựa trên hình ảnh X-quang. Các mô hình học máy cho thấy độ chính xác dao động từ 80% đến 90% trong phân loại bệnh nha chu, đồng thời có khả năng định lượng mức độ tiêu xương với độ tin cậy cao [9]. Điều này giúp hỗ trợ chẩn đoán sớm và theo dõi tiến triển bệnh một cách khách quan hơn.

Trong chỉnh nha, AI được ứng dụng trong phân tích phim sọ nghiêng (cephalometric analysis) và dự đoán di chuyển răng. Các hệ thống AI có thể tự động xác định các điểm mốc giải phẫu với sai số trung bình nhỏ hơn 2 mm so với chuyên gia, đồng thời rút ngắn đáng kể thời gian phân tích so với phương

pháp thủ công [9]. Ngoài ra, một số nghiên cứu còn cho thấy AI có khả năng dự đoán kết quả điều trị chỉnh nha với độ chính xác khoảng 80–90%, góp phần hỗ trợ lập kế hoạch điều trị.

Trong implant nha khoa, AI cho thấy hiệu quả cao trong lập kế hoạch điều trị và dự đoán kết quả. Theo Revilla-León và cộng sự (2024), sai số định vị implant khi sử dụng AI dao động trong khoảng 0,7 - 1,0 mm so với kế hoạch của chuyên gia [7]. Đồng thời, các mô hình học máy có thể dự đoán khả năng thành công của implant với độ chính xác khoảng 85,2% và AUC khoảng 0,87 [8]. Một số nghiên cứu khác cũng ghi nhận AUC dao động từ 0,80 đến 0,88 trong các mô hình dự đoán kết quả implant, cho thấy khả năng phân loại tốt giữa các trường hợp thành công và thất bại.

Trong phục hình răng và CAD/CAM, AI được ứng dụng để hỗ trợ thiết kế mão, cầu răng và các phục hình khác. Các nghiên cứu cho thấy AI giúp giảm thời gian thiết kế từ khoảng 15 - 20 phút xuống còn 3 - 5 phút cho mỗi trường hợp, đồng thời duy trì sai số hình học trong khoảng 80 - 120 μ m, nằm trong giới hạn lâm sàng chấp nhận được [5]. Ngoài

ra, AI còn được ứng dụng trong phục hình hàm mặt, với khả năng tái tạo hình dạng khuôn mặt và dự đoán màu sắc vật liệu phục hình với độ chính xác khoảng 80 - 90% [10].

Nhìn chung, các nghiên cứu cho thấy AI có tiềm năng cải thiện đáng kể độ chính xác, hiệu quả và tính nhất quán trong nhiều lĩnh vực của nha khoa. Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu được tổng hợp vẫn chủ yếu là nghiên cứu kỹ thuật, hồi cứu hoặc đánh giá trên dữ liệu chuẩn hóa. Do đó, mặc dù AI cho thấy tiềm năng hỗ trợ nâng cao độ chính xác và tính nhất quán trong thực hành nha khoa, vẫn cần thêm các nghiên cứu lâm sàng tiền cứu và đa trung tâm để xác nhận giá trị ứng dụng thực tế trên lâm sàng.

IV. BÀN LUẬN

4.1. So sánh giữa bác sĩ và trí tuệ nhân tạo trong thực hành nha khoa

Các kết quả cho thấy AI đạt hiệu suất cao trong nhiều nhiệm vụ, đặc biệt là các tác vụ dựa trên phân tích hình ảnh trong các điều kiện chuẩn hóa. Trong chẩn đoán X-quang, các mô hình học sâu có thể đạt độ chính xác xấp xỉ 89% với AUC trên 0,90, tương đương hoặc cao hơn bác sĩ trong điều kiện dữ liệu chuẩn hóa [4, 6]. Ưu thế nổi bật của AI nằm ở khả năng xử lý khối lượng lớn dữ liệu trong thời gian ngắn và duy trì tính nhất quán giữa các lần đánh giá, không bị ảnh hưởng bởi yếu tố mệt mỏi hay kinh nghiệm cá nhân. Điều này đặc biệt có ý nghĩa trong các nhiệm vụ lặp lại như phát hiện sâu răng, đánh giá tổn thương quanh chóp hoặc phân tích hình ảnh nha khoa.

Tuy nhiên, trong thực hành lâm sàng, bác sĩ vẫn giữ vai trò trung tâm trong quá trình ra quyết định. Khác với AI, bác sĩ có khả năng tích hợp thông tin đa chiều bao gồm tiền sử bệnh, triệu chứng lâm sàng, yếu tố tâm lý và điều kiện kinh tế của bệnh nhân. Những yếu tố này thường không được phản ánh đầy đủ trong dữ liệu huấn luyện của AI. Ngoài ra, trong các trường hợp phức tạp hoặc không điển hình, kinh nghiệm lâm sàng và khả năng suy luận của bác sĩ vẫn đóng vai trò quyết định. Do đó, AI hiện nay phù hợp hơn với vai trò công cụ hỗ trợ, giúp tăng độ chính xác và giảm sai sót, thay vì thay thế hoàn toàn con người.

Trong các lĩnh vực như implant và phục hình CAD/CAM, AI cho thấy ưu thế rõ rệt về tốc độ và khả năng tái lập. Ví dụ, AI có thể rút ngắn thời gian

thiết kế phục hình xuống chỉ còn vài phút và duy trì sai số trong giới hạn lâm sàng [5]. Tuy nhiên, việc đánh giá thẩm mỹ và điều chỉnh cá thể hóa vẫn cần sự can thiệp của bác sĩ và kỹ thuật viên. Như vậy, mối quan hệ giữa AI và bác sĩ nên được xem là bổ trợ lẫn nhau, trong đó AI nâng cao hiệu quả xử lý dữ liệu, còn bác sĩ đảm bảo tính toàn diện và cá thể hóa của điều trị.

Một hạn chế của nghiên cứu này là số lượng bài báo được lựa chọn còn tương đối hạn chế so với phạm vi rộng của chủ đề AI trong nha khoa. Tuy nhiên, do đây là tổng quan không hệ thống, nghiên cứu tập trung lựa chọn các tài liệu tiêu biểu, có dữ liệu định lượng rõ ràng và đại diện cho các hướng ứng dụng chính của AI trong nha khoa hơn là thực hiện tổng hợp toàn diện tất cả các nghiên cứu đã công bố.

4.2. Hạn chế và thách thức trong ứng dụng AI

Mặc dù đạt được nhiều kết quả khả quan, việc ứng dụng AI trong nha khoa vẫn còn đối mặt với nhiều hạn chế. Trước hết, chất lượng và tính chuẩn hóa của dữ liệu là yếu tố quyết định hiệu suất của mô hình AI. Phần lớn các nghiên cứu hiện nay sử dụng dữ liệu hồi cứu hoặc dữ liệu được chuẩn hóa cao, trong khi dữ liệu lâm sàng thực tế thường không đồng nhất về chất lượng và điều kiện thu thập. Điều này có thể làm giảm khả năng áp dụng của AI trong thực tế. Khả năng khái quát hóa của các mô hình AI trong nha khoa hiện vẫn còn là thách thức lớn. Nhiều mô hình được phát triển trên dữ liệu đơn trung tâm hoặc dữ liệu chuẩn hóa cao, nên hiệu suất có thể giảm khi áp dụng trên các quần thể bệnh nhân, hệ thống thiết bị hoặc điều kiện lâm sàng khác nhau. Sự khác biệt về tuổi, giới tính, chủng tộc, điều kiện địa lý và loại thiết bị hình ảnh cũng có thể ảnh hưởng đáng kể đến độ chính xác và tính ổn định của mô hình AI trong thực hành thực tế.

Một thách thức quan trọng khác là tính minh bạch của mô hình. Nhiều hệ thống học sâu hoạt động như “hộp đen”, không giải thích được rõ ràng cơ chế đưa ra quyết định. Điều này gây khó khăn cho bác sĩ trong việc tin tưởng và sử dụng AI trong lâm sàng, đồng thời đặt ra các vấn đề về đạo đức và trách nhiệm pháp lý [3]. Trong y khoa, việc giải thích được cơ sở của một quyết định điều trị là yếu tố quan trọng, do đó các mô hình AI cần hướng tới khả năng giải thích.

Ngoài ra, số lượng nghiên cứu lâm sàng dài hạn đánh giá hiệu quả của AI trong nha khoa còn hạn chế. Nhiều nghiên cứu hiện nay mới dừng lại ở mức độ thử nghiệm hoặc đánh giá trên tập dữ liệu nhỏ. Việc thiếu các nghiên cứu đa trung tâm với cỡ mẫu lớn khiến cho khả năng khái quát hóa của các mô hình AI chưa được xác nhận đầy đủ. Bên cạnh đó, các vấn đề liên quan đến bảo mật dữ liệu bệnh nhân và chi phí triển khai công nghệ cũng là những rào cản đáng kể, đặc biệt tại các quốc gia đang phát triển. Ngoài các hạn chế về dữ liệu và hiệu suất mô hình, AI trong nha khoa còn đối mặt với nhiều thách thức liên quan đến sai lệch dữ liệu (data bias), khả năng giải thích của mô hình và trách nhiệm pháp lý trong thực hành lâm sàng. Sự khác biệt về tuổi, giới tính, chủng tộc, điều kiện địa lý và hệ thống thiết bị có thể làm giảm khả năng khái quát hóa của các mô hình AI giữa các quần thể khác nhau. Bên cạnh đó, nhiều mô hình học sâu hiện vẫn hoạt động như “hộp đen”, gây khó khăn trong việc giải thích cơ sở của quyết định chẩn đoán hoặc điều trị. Các vấn đề liên quan đến bảo mật, quyền sở hữu dữ liệu bệnh nhân và trách nhiệm khi xảy ra sai sót có hỗ trợ AI cũng chưa được chuẩn hóa đầy đủ. Ngoài ra, việc phụ thuộc quá mức vào AI có thể làm giảm vai trò đánh giá lâm sàng và kinh nghiệm chuyên môn của bác sĩ nếu không được sử dụng một cách phù hợp. Do đó, AI nên được xem là công cụ hỗ trợ trong quá trình ra quyết định lâm sàng thay vì thay thế hoàn toàn vai trò của bác sĩ.

4.3. Kiến nghị và định hướng ứng dụng trong tương lai

Để khai thác hiệu quả tiềm năng của AI trong nha khoa, cần có các nghiên cứu lâm sàng được thiết kế chặt chẽ với cỡ mẫu lớn và thời gian theo dõi dài hạn nhằm đánh giá giá trị thực tế của các mô hình AI. Đồng thời, việc xây dựng các cơ sở dữ liệu nha khoa chuẩn hóa, đa trung tâm và có tính đại diện cao là điều kiện tiên quyết để nâng cao độ tin cậy và khả năng ứng dụng của AI. Bên cạnh đó, cần phát triển các mô hình AI có khả năng giải thích, giúp bác sĩ hiểu rõ cơ chế ra quyết định và tăng mức độ chấp nhận trong thực hành lâm sàng. Việc đào tạo nguồn nhân lực nha khoa có kiến thức về công nghệ số và AI cũng đóng vai trò quan trọng trong quá trình chuyển đổi này.

Bên cạnh các chỉ số hiệu suất như độ chính xác, AUC hoặc sai số, cần đánh giá thận trọng chất lượng bằng chứng của các mô hình AI trong nha khoa. Phần lớn các nghiên cứu hiện nay vẫn sử dụng dữ liệu hồi cứu, cỡ mẫu còn hạn chế hoặc dữ liệu được chuẩn hóa cao, làm tăng nguy cơ sai lệch dữ liệu và hạn chế khả năng áp dụng trên lâm sàng thực tế. Ngoài ra, nhiều mô hình chưa được kiểm định ngoài trên các quần thể bệnh nhân hoặc hệ thống thiết bị khác nhau, dẫn đến khó đánh giá khả năng khái quát hóa. Trong bối cảnh thực hành lâm sàng, AI nên được tích hợp từng bước vào quy trình nha khoa như một công cụ hỗ trợ, bắt đầu từ các ứng dụng có bằng chứng mạnh như chẩn đoán hình ảnh và CAD/CAM. Sự kết hợp giữa trí tuệ nhân tạo và kinh nghiệm lâm sàng của bác sĩ sẽ là yếu tố then chốt giúp hỗ trợ phân tích và lập kế hoạch điều trị và hướng tới một nền nha khoa chính xác, cá thể hóa trong tương lai.

V. KẾT LUẬN

Trí tuệ nhân tạo đang ngày càng khẳng định vai trò quan trọng trong nha khoa, đặc biệt trong chẩn đoán hình ảnh, lập kế hoạch điều trị và thiết kế phục hình, với khả năng đạt độ chính xác cao, tính nhất quán tốt và cải thiện hiệu quả làm việc trong nhiều quy trình lâm sàng. Tuy nhiên, hiệu quả của AI hiện nay chủ yếu giới hạn trong các nhiệm vụ chuyên biệt và phụ thuộc nhiều vào chất lượng dữ liệu đầu vào, đồng thời chưa thể thay thế hoàn toàn vai trò của bác sĩ do hạn chế trong việc tích hợp các yếu tố lâm sàng phức tạp và tính minh bạch trong quá trình ra quyết định. Vì vậy, AI nên được xem là công cụ hỗ trợ phân tích và lập kế hoạch điều trị, trong khi bác sĩ vẫn giữ vai trò trung tâm, và việc ứng dụng AI cần được triển khai thận trọng, dựa trên bằng chứng khoa học nhằm hướng tới một nền nha khoa chính xác và cá thể hóa trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial intelligence in dentistry: chances and challenges. *J Dent Res.* 2020;99(7):769-74.
2. Grant MJ, Booth A. A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Info Libr J.* 2009;26(2):91-108.
3. Ma J, Yu H, Wang Y, et al. Artificial intelligence in dentistry: a review of applications and ethical considerations. *J Dent Res.* 2022;101(11):1263-72.

Trí tuệ nhân tạo trong nha khoa: Tổng quan và ứng dụng lâm sàng

4. Hung K, Montalvao C, Tanaka R, et al. The use and performance of artificial intelligence applications in dental radiology: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2020;49(1):20190107.
5. Bernauer SA, Zitzmann NU, Joda T. The use and performance of artificial intelligence in prosthodontics: a systematic review. *Sensors (Basel).* 2021;21(19):6628.
6. Lee JH, Kim DH, Jeong SN, Choi SH. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *Sci Rep.* 2021;11:16807.
7. Revilla-León M, Gómez-Polo M, Sailer I, et al. Artificial intelligence in implant dentistry: a systematic review. *J Esthet Restor Dent.* 2024;36(8):1465-76.
8. Rajan RSS, Chandran S, Suresh V, et al. Prediction of dental implant success using machine learning models. *J Pharm Bioallied Sci.* 2024;16(Suppl 1):S124-9.
9. Khanagar SB, Al-Ehaideb A, Vishwanathaiah S, et al. Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry - a systematic review. *J Dent Sci.* 2021;16(1):508-22.
10. Alalharith DM, Almutairi B, Alhomaïdan HT, et al. Artificial intelligence in prosthodontics: a scoping review. *Diagnostics (Basel).* 2023;13(6):1027.