Vietnam Journal of Community Medicine, Vol. 67, Special Issue 3, 328-331

ROOT CANAL LENGTH MEASUREMENT IN TRANSPARENT RESIN TOOTH MODELS USING AN ENDODONTIC MOTOR WITH INTEGRATED ELECTRONIC APEX LOCATOR IN 0.9% SALINE SOLUTION

Pham Tran Lan Khue, Le Hoang Lan Anh*

Faculty of Dentistry, University of Medicine and Pharmacy of Ho Chi Minh City - 217 Hong Bang Street, Cho Lon Ward, Ho Chi Minh City, Vietnam

Received: 26/01/2026
Reviced: 26/02/2026; Accepted: 27/03/2026

ABSTRACT

Objective: To evaluate the accuracy of apical foramen localization by the electronic apex locator integrated into an Ai-Motor endodontic motor on transparent 3D-printed teeth in a 0.9% saline environment.

Methods: Cone-beam computed tomography (CBCT) was used to scan three extracted human premolars obtained from patients undergoing orthodontic treatment. Transparent 3D-printed teeth with pre-prepared access cavities were placed in a transparent plastic container filled with saline solution and mounted on the specimen stage of a microscope. An endodontic handpiece equipped with a reciprocating instrument was rigidly fixed to the specimen stage of another microscope. The instrument was introduced into the root canal of the printed tooth to locate the apical foramen under two operating modes: automatic stop at the apical foramen and automatic reverse rotation upon reaching the apical foramen. Differences in the position of the microscope's fine micrometer knob between measurements were recorded and compared. Bland–Altman plots were used to assess the agreement between the two apex localization modes.

Results: There were no statistically significant differences in measurement outcomes between the two operating modes, and no proportional or fixed bias was detected in the Bland–Altman analysis.

Conclusion: Apical foramen localization using both operating modes of the Ai-Motor can be performed accurately on transparent 3D-printed teeth.

Keywords: electronic apex locator (EAL), resin tooth, root canal length.

*Corresponding author
Email: lhlanh@ump.edu.vn **Phone**: (+84) 985.301.170 **Http**s://doi.org/10.52163/yhc.v67iCD3.4776

CHIỀU DÀI ỐNG TỦY TRONG MÔ HÌNH RĂNG NHỰA TRONG SUỐT ĐO BẰNG MÁY NỘI NHA TÍCH HỢP ĐỊNH VỊ LỖ CHÓP ĐIỆN TỬ TRONG DUNG DỊCH NƯỚC MUỐI 0,9%

Phạm Trần Lan Khuê, Lê Hoàng Lan Anh*

Khoa Răng Hàm Mặt, Đại Học Y Dược TP Hồ Chí Minh - Số 217 Hồng Bàng, phường Chợ Lớn, thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Ngày nhận bài: 26/01/2026
Ngày chỉnh sửa: 26/02/2026; Ngày duyệt đăng: 27/03/2026

TÓM TẮT

Mục tiêu: Xác định khả năng định vị lỗ chóp của máy định vị lỗ chóp điện tử tích hợp trong máy nội nha Ai-Motor trên răng nhựa trong suốt in 3D trong môi trường nước muối 0,9%.

Phương pháp: CBCT được dùng để quét 3 răng cối nhỏ đã nhổ ở người bệnh có nhu cầu điều trị chỉnh hình. Răng nhựa in 3D đã được mở tủy sẵn được đặt trong hộp nhựa trong chứa nước muối, được đặt trên một bàn chứa mẫu của kính hiển vi. Tay khoan nội nha gắn dụng cụ quay qua lại được gắn chặt vào một bàn chứa mẫu của kính hiển vi khác, dụng cụ này được đưa vào trong ống tủy răng nhựa để tìm đạt vị trí tại lỗ chóp ở hai chế độ: tự động dừng và tự động quay ngược lại khi đến lỗ chóp. Khác biệt vị trí của núm xoay vi cấp của kính hiển vi giữa các lần đo được ghi lại và so sánh. Biểu đồ Bland-Altman được sử dụng để tìm sự thống nhất giữa các chế độ định vị lỗ chóp.

Kết quả: Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về kết quả đo đạc giữa hai chế độ vận hành và không có các sai số tỷ lệ cũng như sai số cố định trong phân tích Bland-Altman.

Kết luận: lỗ chóp được xác định bằng hai chế độ của máy có thể được thực hiện chính xác trên răng nhựa trong suốt.

Từ khóa: máy định vị lỗ chóp điện tử, răng nhựa, chiều dài ống tủy.

1. GIỚI THIỆU

Mục tiêu của sửa soạn hệ thống ống tủy là loại bỏ toàn bộ thành phần tổ chức trong ống tủy và tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình lành thương mô quanh chóp. Việc xác định chính xác chiều dài làm việc của ống tủy là điều kiện tiên quyết để đảm bảo các thao tác can thiệp trong quá trình điều trị được thực hiện hoàn toàn trong giới hạn của hệ thống ống tủy, từ đó góp phần quyết định hiệu quả của giai đoạn sửa soạn hệ thống này (1, 2). Truyền thống, phim X quang quanh chóp được ứng dụng rộng rãi như tiêu chuẩn vàng trong xác định chiều dài làm việc và đánh giá cấu trúc giải phẫu của chân răng cũng như hệ thống ống tủy. Tuy nhiên, cả phim X quang truyền thống lẫn hình ảnh số hóa chỉ cung cấp hình ảnh hai chiều của một cấu trúc ba chiều, do đó không phản ánh đầy đủ chi tiết giải phẫu và các yếu tố hình học liên quan. Đặc biệt, trong những trường hợp lỗ chóp không mở ra tại đỉnh chóp giải phẫu hoặc mở lệch theo chiều má – lưỡi, phim X quang quanh chóp khó có thể đo chính xác chiều dài làm việc do không quan sát được đầu dụng cụ tại vị trí viền ngoài của chân răng trên phim. Trong các tình huống này, máy định vị lỗ chóp điện tử hiện đại chứng tỏ tính hiệu quả cao, với độ chính xác đo được trên 90% trong các điều kiện khảo sát (2-5). Sự tích hợp máy định vị lỗ chóp điện tử vào hệ thống máy nội nha trong những năm gần đây đã nâng cao độ chính xác và tính hữu dụng trong đo chiều dài ống tủy. Đồng thời, do những hạn chế trong sử dụng răng thật đã nhổ cho nghiên cứu in vitro – bao gồm khó khăn về đạo đức, tính đồng nhất của mẫu và sự khan hiếm – răng nhựa trong suốt in 3D ngày càng trở thành mẫu nghiên cứu thuận tiện nhờ dễ quan sát, dễ đồng nhất và dễ tái tạo. Dung dịch nước muối sinh lý là một loại môi trường dẫn điện tốt, phù hợp cho các nghiên cứu sử dụng máy định vị lỗ chóp điện tử. Nghiên cứu này nhằm đánh giá tính chính xác và độ tin cậy của một máy nội nha Ai-Motor (Gullin Woodpecker Medical Instrument, Guangxi, China) tích hợp máy định vị lỗ chóp điện tử khi đo chiều dài ống tủy trong môi trường dung dịch NaCl, sử dụng 30 răng nhựa trong suốt ở hai chế độ vận hành: chế độ tự động quay ngược và chế độ tự động dừng khi đến lỗ chóp.

2. PHƯƠNG PHÁP

Nghiên cứu được thực hiện trên cơ sở dữ liệu hình ảnh chụp cắt lớp chùm tia hình nón (CBCT) của ba răng cối nhỏ ở người trưởng thành. Các răng này được thu nhận

*Tác giả liên hệ
Email: lhlanh@ump.edu.vn **Điện thoại**: (+84) 985.301.170 **Https**://doi.org/10.52163/yhc.v67iCD3.4776

từ những bệnh nhân có chỉ định điều trị chỉnh hình răng mặt, trong đó việc nhổ răng cối nhỏ là một phần của kế hoạch điều trị. Dữ liệu CBCT sau khi thu thập được xử lý bằng phần mềm chuyên dụng nhằm tái tạo hình thái giải phẫu ba chiều của từng răng, bao gồm toàn bộ cấu trúc thân răng, chân răng và hệ thống ống tủy. Các mô hình số này được chỉnh sửa để tạo lỗ mở buồng tủy phù hợp, phục vụ cho quá trình chế tạo mẫu răng bằng công nghệ in 3D.

Từ ba mẫu răng cối nhỏ người thật đã nhổ, tổng cộng 30 mẫu răng nhựa trong suốt được sản xuất, trong đó mỗi mẫu răng người được sử dụng để tạo ra 10 mẫu răng nhựa. Quá trình chế tạo được thực hiện theo một quy trình chuẩn hóa, đảm bảo tính đồng nhất về hình thái và kích thước giữa các mẫu trong cùng nhóm. Ở giai đoạn hoàn thiện, các mẫu răng nhựa được ngâm trong dung dịch glycerine trong một khoảng thời gian xác định nhằm đạt được độ trong suốt cần thiết, tạo điều kiện thuận lợi cho việc quan sát và kiểm soát vị trí dụng cụ trong ống tủy.

Một hộp nhựa thông dụng dùng để bảo quản thực phẩm được cải biến và sử dụng như một bể chứa dung dịch nước muối sinh lý 0,9%, đồng thời làm giá đỡ cho các mẫu răng nhựa trong quá trình thí nghiệm. Các mẫu răng được cố định bằng phần nắp hộp được thiết kế riêng, đảm bảo răng được giữ vững chắc và không xảy ra hiện tượng dịch chuyển khi thao tác. Hệ thống này cho phép mô phỏng môi trường thao tác nội nha trong điều kiện phòng thí nghiệm.

Tay khoan của máy nội nha có tích hợp máy định vị lỗ chóp điện tử được gắn cố định trên bàn giữ mẫu của kính hiển vi quang học (Olympus, Tokyo, Japan). Việc cố định này cho phép kiểm soát chính xác các chuyển động của tay khoan thông qua cơ chế vi dịch chuyển bằng ốc vặn vi cấp. Dụng cụ WaveOne Gold Primary (Dentsply Sirona, Maillefer, Baillaigues, Switzerland) được đưa vào trong ống tủy và tiến dần về phía chóp răng cho đến khi máy định vị lỗ chóp phát tín hiệu âm thanh báo hiệu đạt đến vị trí "lỗ chóp". Vị trí này được ghi nhận thông qua thang đo của hệ thống vi cấp.

Sự sai khác giữa các lần xác định vị trí lỗ chóp của dụng cụ trong từng mẫu răng được thu thập và tổng hợp để phân tích. Các dữ liệu này được xử lý bằng phần mềm thống kê MedCalc phiên bản 23.4.5 (MedCalc Software Ltd, Ostend, Belgium). Mức ý nghĩa thống kê được lựa chọn cho nghiên cứu là 0,05. Để đánh giá mức độ tương hợp giữa các chế độ định vị lỗ chóp khác nhau của motor nội nha Ai-Motor, biểu đồ Bland–Altman được sử dụng, qua đó cho phép phân tích sự thống nhất giữa các phép đo trong điều kiện thí nghiệm.

3. KẾT QUẢ

Bảng sau trình bày mức thống nhất giữa hai chế độ xác định vị trí lỗ chóp của máy nội nha có tích hợp máy định vị lỗ chóp điện tử.

Bảng 1. Mức thống nhất khi định vị lỗ chóp trong trạng thái động của dụng cụ, ở hai chế độ khác nhau: dừng lại hoặc quay ngược khi đến vị trí của máy nội nha Ai-Motor

Tham số	Chế độ tự quay ngược so với tự dừng khi đến chóp	Dung dịch	Số lượng răng nhựa trong suốt
Trung bình khác biệt	1,3000	Nước muối sinh lý 0,9%	30
95% khoảng tin cậy của trung bình	-3,6888 – 6,2888		
Hạn dưới của mức thống nhất	-24,8859		
95% KTC của LLoA	-33,5079 – -16,2638		
Hạn trên của mức thống nhất	27,4859		
95% KTC của ULoA	18,8638 – 36,1079		
Mức ý nghĩa (t bắt cặp)	0,5981*		
Mức ý nghĩa (tương quan)	0,1905*		
Hệ số lặp lại	25,8715		
95% KTC của hệ số lặp lại	20,6742–34,5818		
Sai số tỷ lệ	Không		
Sai số cố định	Không		

KTC: Khoảng tin cậy

LLoA: Lower Limit of Agreement

ULoA: Upper Limit of Agreement

**P>0,05: Khác biệt không có ý nghĩa thống kê*

Như vậy, trong môi trường nước muối sinh lý 0,9%, hai chế độ định vị lỗ chóp điện tử của máy nội nha có mức thống nhất cao, có thể sử dụng thay thế cho nhau. Nói một cách khác, khả năng định vị lỗ chóp của máy ở hai chế độ quay ngược và dừng lại tại chóp là tương tự như nhau.

4. BÀN LUẬN

Việc sử dụng răng người đã nhổ trong các thử nghiệm đo chiều dài ống tủy đã được chứng minh mang lại kết quả đáng tin cậy và có độ chính xác cao trong nhiều nghiên cứu trước đây (1, 2, 5, 6). Mặc dù không còn nằm bên trong xương hàm, răng người đã nhổ vẫn cho phép máy định vị lỗ chóp điện tử xác định chính xác vị trí chóp của dụng cụ khi răng được đặt trong môi trường dung dịch điện phân, với hầu hết các dung dịch bơm rửa nội nha thông dụng. Do đó, răng người đã nhổ từ lâu được xem là chuẩn vàng trong các nghiên cứu in vitro về xác định chiều dài làm việc của ống tủy. Tuy nhiên, việc sử dụng loại mẫu này ngày càng gặp nhiều hạn chế do tính không đồng nhất về hình thái giải phẫu, sự khan hiếm nguồn mẫu, cũng như các vấn đề liên quan đến đạo đức nghiên cứu y học. Răng người đã nhổ thường được thu thập từ nhiều nguồn khác nhau; do đó, các yếu tố như độ tuổi, tình trạng răng và tiền sử bệnh lý—những yếu tố có khả năng ảnh hưởng đáng kể

đến cấu trúc và đặc tính mô răng—trở thành các biến số khó kiểm soát và khó đồng nhất. Tình trạng này càng trở nên rõ rệt trong bối cảnh hệ thống ngân hàng răng người đã nhổ tại Việt Nam hiện chưa được thiết lập. Ngay cả đối với các nghiên cứu in vitro có thiết kế tương đối đơn giản, yêu cầu đối với mẫu răng vẫn rất nghiêm ngặt, bao gồm răng còn nguyên vẹn, cùng loại răng, chưa từng được điều trị nội nha, có hệ thống ống tủy không quá phức tạp (ví dụ không phải răng khôn) và chân răng đã đóng chóp hoàn toàn. Những tiêu chí này hiện nay rất khó được đáp ứng một cách đầy đủ và đồng bộ (7).

Ngoài ra, nguy cơ nhiễm bẩn mẫu răng là một vấn đề khó kiểm soát, do răng đã nhổ vốn là ổ chứa vi khuẩn và không thể được làm sạch hoàn toàn bằng các dung dịch sát khuẩn thông thường như sodium hypochlorite hay hydrogen peroxide. Bản thân mẫu răng cũng có thể bị tổn hại trong quá trình vô trùng và bảo quản. Một số nghiên cứu cho thấy khả năng kháng gãy của răng có thể suy giảm sau các quy trình vô trùng, và hiện tượng này cũng có thể xảy ra khi răng được lưu trữ trong điều kiện khô. Hơn nữa, việc chuẩn bị và lưu trữ mẫu răng người đã nhổ là một quy trình phức tạp và kém thuận tiện, do thường phải thực hiện trong môi trường có mùi khó chịu, gây nhiều bất tiện cho quá trình nghiên cứu (7).

Việc xác định khoảng cách từ đầu trâm đến lỗ chóp được thực hiện thuận lợi thông qua đo đạc trực tiếp trên phần mềm, với thước đo được hiển thị ngay trên hình ảnh thu nhận, đồng trục với vị trí chân răng nhựa trong hộp chứa dung dịch chlorhexidine. Phương pháp này thể hiện sự khác biệt rõ rệt so với các phương pháp truyền thống, vốn dựa trên việc đo trực tiếp chiều dài của trâm và so sánh với chiều dài ống tủy được xác định trước đó (1, 2, 5).

Cơ sở lý thuyết cho việc sử dụng răng nhựa trong suốt trong đo chiều dài ống tủy dựa trên tính chất cách điện của vật liệu nhựa, tương tự mô răng tự nhiên, tạo nên một hệ thống mà cấu trúc răng, ống tủy và môi trường xung quanh hoạt động như một tụ điện – nguyên lý nền tảng của máy định vị lỗ chóp điện tử (8, 9). Đây cũng là một trong những nghiên cứu đầu tiên khảo sát hoạt động của máy nội nha tích hợp định vị lỗ chóp điện tử trong điều kiện động. Nhờ đặc tính trong suốt của mô hình răng nhựa, chuyển động của dụng cụ trong ống tủy có thể được quan sát trực tiếp và ghi hình để phân tích.

Trong những năm gần đây, răng nhựa in 3D đã được ứng dụng rộng rãi trong giáo dục và đào tạo nha khoa (10). Các mô hình này thường được chế tạo dựa trên dữ liệu quét CBCT của răng người đã nhổ, sau đó được xử lý bằng phần mềm để điều chỉnh hình thái ba chiều phù hợp với mục tiêu sử dụng. Vật liệu in có thể là nhựa đục hoặc nhựa trong suốt. Sau quá trình in, mô hình răng thường được quang trùng hợp trong hộp chiếu sáng để hoàn tất phản ứng polymer hóa, tiếp theo là làm sạch bằng bồn siêu âm chứa cồn nồng độ cao. Tuy nhiên, quy trình này thường làm giảm độ trong suốt của mô hình. Trong nghiên cứu này, việc sử dụng glycerin nhằm bảo tồn độ trong suốt của răng nhựa được xem là một cải tiến đáng kể. Nhựa in trong suốt cho phép tạo ra các mô hình rất phù hợp cho đào tạo giải phẫu hệ thống ống tủy cũng như các thủ thuật đòi hỏi tính trực quan cao như đo chiều dài ống tủy, sửa soạn và trám bít ống tủy.

Mặc dù có nhiều ưu điểm, hạn chế đáng kể nhất của răng nhựa hiện nay là độ cứng của vật liệu vẫn chưa đạt đến một nửa độ cứng của ngà chân răng tự nhiên. Điều này làm hạn chế việc sử dụng răng nhựa trong các thủ thuật như sửa soạn ống tủy, mở tủy và một số các thủ thuật phục hồi khác.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Pham K. Endodontic length measurements using 3D Endo, cone-beam computed tomography, and electronic apex locator. BMC Oral Health. 2021;21. DOI: 10.1186/s12903-021-01625-w

[2] Pham V-K, Pham T-L-K. Root canal length estimated by cone-beam computed tomography at different slice thicknesses, dedicated endodontic software, or measured by an electronic apex locator. Scientific Reports. 2022;12(1):6531. DOI: 10.1038/s41598-022-10534-z

[3] Phạm Văn Khoa. Làm sạch và tạo dạng. In: Phạm Văn Khoa, editor. Nội Nha. 2 ed. TP. Hồ Chí Minh: Đại Học Quốc Gia; 2025. p. 160-3.

[4] Phạm Văn Khoa. Hình ảnh cắt lớp vi tính chùm tia hình nón. In: Khoa PV, editor. Công nghệ số trong nghiên cứu nội nha. 1 ed. TP. Hồ Chí Minh: Đại Học Quốc Gia; 2025. p. 60-91.

[5] Van Pham K. Endodontic length measurements using cone beam computed tomography with dedicated or conventional software at different voxel sizes. Scientific Reports. 2021;11(1):9432. DOI: 10.1038/s41598-021-88980-4

[6] Nguyen PN, Pham KV. Endodontic Length Measurements Using Different Modalities: An: In Vitro: Study. Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry. 2020;10(6). DOI: 10.4103/jispcd.JISPCD_357_20

[7] Reis T, Barbosa C, Franco M, Baptista C, Alves N, Castelo-Baz P, et al. 3D-Printed Teeth in Endodontics: Why, How, Problems and Future—A Narrative Review. International Journal of Environmental Research and Public Health [Internet]. 2022; 19(13):[7966 p.]. DOI: 10.3390/ijerph19137966

[8] Tchorz JP, Hellwig E, Altenburger MJ. An improved model for teaching use of electronic apex locators. International Endodontic Journal. 2012;45(4):307-10. DOI: 10.1111/j.1365-2591.2011.01975.x

[9] Tchorz JP, Hellwig E, Altenburger MJ. Teaching Model for Artificial Teeth and Endodontic Apex Locators. Journal of Dental Education. 2013;77(5):626-9. DOI:10.1002/j.0022-0337.2013.77.5.tb05512.x

[10] Carnier L, del Hougne M, Schmitter M, Höhne C. 3D-printed tooth for caries excavation. BMC Medical Education. 2024;24(1):1243. DOI: 10.1186/s12909-024-06230-3.