

ĐÁNH GIÁ ĐỘ TƯƠNG ĐỒNG GIỮA HAI PHƯƠNG PHÁP ĐO KÍCH THƯỚC CUNG RĂNG TRÊN MẪU HÀM SỐ HÓA VÀ MẪU HÀM IN 3D

Trương Hoàng Lệ Thủy^{1*}, Võ Trương Như Ngọc²

Tóm tắt

Mục tiêu: Đánh giá độ tin cậy và mức độ tương đồng giữa hai phương pháp đo kích thước cung răng. **Phương pháp nghiên cứu:** Nghiên cứu mô tả trên 40 mẫu hàm số hóa và 40 mẫu hàm in 3D (được in từ tháng 3/2025 - 01/2026) từ cùng một nguồn dữ liệu quét trong miệng. Thực hiện phép đo trên mẫu hàm số hóa bằng phần mềm Medit Ortho Simulation và phép đo trên mẫu hàm in 3D bằng thước kẹp điện tử Mitutoyo. Các kích thước đo gồm: Chiều rộng liên nanh, chiều rộng liên cối, chiều dài cung răng trước và chiều dài cung răng sau. **Kết quả:** Không có sự khác biệt có ý nghĩa giữa các kích thước trên hai loại mẫu hàm ($p > 0,05$), trừ chiều dài cung răng trước hàm dưới. Có mối tương quan tuyến tính rất mạnh giữa hai phép đo ($r > 0,977$; $p < 0,001$). ICC(2,1) $> 0,9$ ($p < 0,001$) cho thấy sự tương đồng và độ tin cậy cao giữa hai phương pháp đo. Phân tích Bland-Altman cho thấy sai số hệ thống rất nhỏ (từ 0,02 - 0,19mm) và giới hạn đồng thuận (limits of agreement - LoA) trong khoảng từ -0,91 đến +1,28mm với khoảng tin cậy 95%. **Kết luận:** Phương pháp đo kích thước cung răng bằng phần mềm trên mẫu hàm số hóa và bằng thước kẹp điện tử trên mẫu hàm in 3D đạt độ tin cậy và độ tương đồng cao. Sau 9 tháng lưu trữ, cả hai loại mẫu hàm được tạo từ cùng dữ liệu quét có thể thay thế cho nhau.

Từ khóa: Kích thước cung răng; Độ tương đồng; Mẫu hàm số hóa; Mẫu hàm in 3D.

EVALUATION OF THE AGREEMENT BETWEEN TWO METHODS FOR MEASURING DENTAL ARCH DIMENSIONS ON DIGITAL AND 3D-PRINTED MODELS

Abstract

Objectives: To evaluate the reliability and agreement between the two methods of dental arch dimension measurements. **Methods:** A descriptive study was conducted on 40 digital models and 40 3D-printed models (printed from March 2025 to January 2026),

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

²Viện Đào tạo Răng Hàm Mặt

*Tác giả liên hệ: Trương Hoàng Lệ Thủy (thuythl@hiu.vn)

Ngày nhận bài: 01/3/2026

Ngày được chấp nhận đăng: 15/4/2026

<http://doi.org/10.56535/jmpm.v51i6.1958>

derived from the same intraoral scan data. Measurements on digital models were performed using Medit Ortho Simulation software and on 3D-printed models using a Mitutoyo digital caliper. The measured parameters included inter-canine width, inter-molar width, anterior arch length, and posterior arch length. **Results:** No statistically significant differences were observed between the two model types across all dimensions ($p > 0.05$), except for the lower anterior arch length. Pearson correlation analysis revealed a very strong linear correlation between the two methods ($r > 0.977$; $p < 0.001$). The ICC(2,1) > 0.9 ($p < 0.001$) indicated high agreement and reliability between the two methods. Bland-Altman analysis revealed a very small systematic error (0.02 - 0.19mm), with 95% limits of agreement (LoA) ranging from -0.91 to +1.28mm. **Conclusion:** Dental arch dimension measurements on digital models using software and on 3D-printed models using a digital caliper demonstrate high reliability and agreement. After 9 months of storage, both model types from the same scan data can be used interchangeably.

Keywords: Dental arch dimension; Agreement; 3D-printed model; Digital model.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ quét trong miệng, cùng với quy trình làm việc kỹ thuật số, đã thay đổi phương thức thu thập và phân tích dữ liệu hình thái cung răng. Dữ liệu quét trong miệng (intraoral scan data) được tái tạo thành mẫu hàm số hóa (digital model) - mẫu ảo ba chiều (3D) lưu trữ dưới định dạng .STL, giúp loại bỏ nhu cầu cần không gian lưu trữ vật lý và nguy cơ hư hỏng [1]. Từ mẫu hàm số hóa có thể in 3D tạo ra mẫu hàm vật lý - mẫu hàm in 3D (3D-printed model), giúp thay thế mẫu hàm thạch cao truyền thống [2]. Keating và CS ghi nhận mức độ tương đồng cao giữa hai phương pháp đo trên

mẫu hàm số hóa và mẫu hàm in 3D [3]. Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu trong bối cảnh công nghệ hạn chế hoặc cùng so sánh với mẫu hàm thạch cao [4]. Để xác định mẫu hàm số hóa và mẫu hàm in 3D có thể thay thế nhau hay không, việc đánh giá sự tương đồng giữa hai phương pháp đo từ cùng một nguồn dữ liệu quét là cần thiết. Vì vậy, chúng tôi tiến hành nghiên cứu nhằm: *Đánh giá mức độ tương đồng giữa các phép đo kích thước cung răng thực hiện bằng phần mềm trên mẫu hàm số hóa với đo trực tiếp bằng thước kẹp điện tử trên mẫu hàm in 3D. Cả hai loại mẫu hàm xuất từ cùng một dữ liệu quét trong miệng, được in và lưu trữ 9 tháng.*

ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Đối tượng nghiên cứu

Gồm 40 mẫu hàm số hóa được tái tạo từ dữ liệu quét trong miệng định dạng .STL và 40 mẫu hàm in 3D được in từ mẫu hàm số hóa tương ứng.

* *Tiêu chuẩn lựa chọn*: Đủ răng vĩnh viễn đã mọc hoàn toàn (trừ răng khôn); rõ chi tiết giải phẫu; răng chen chúc nhẹ (< 4mm); không mất răng; không có tổn thương sâu kẽ răng.

* *Tiêu chuẩn loại trừ*: Răng dị tật; răng mòn quá mức; mẫu hàm được tạo từ dữ liệu bị lỗi tại các vị trí răng mốc quan trọng.

* *Địa điểm và thời gian nghiên cứu*: Từ tháng 3/2025 - 01/2026 tại Khoa Răng Hàm Mặt, Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng.

2. Phương pháp nghiên cứu

* *Thiết kế nghiên cứu*: Nghiên cứu mô tả.

* *Cỡ mẫu nghiên cứu*: Gồm 40 mẫu hàm số hóa và 40 mẫu hàm in 3D.

* *Nội dung nghiên cứu*: Nghiên cứu kích thước cung răng và so sánh theo cặp, đánh giá mức độ tương đồng giữa hai phương pháp đo theo Bland JM và Altman DG [5]. Thực hiện phép đo trên mẫu hàm số hóa bằng phần mềm

Medit Ortho Simulation và phép đo trên mẫu hàm in 3D bằng thước kẹp điện tử Mitutoyo. Cả hai loại mẫu hàm được tạo từ cùng một nguồn dữ liệu quét trong miệng.

* *Các điểm mốc nghiên cứu*: Đỉnh múi răng nanh: Phải - Trái; đỉnh múi ngoài gần răng cối lớn thứ nhất: Phải - Trái; điểm tiếp xúc giữa hai răng cửa giữa; đường nối đỉnh hai răng nanh; đường nối đỉnh hai răng cối lớn thứ nhất.

* *Phương pháp đo lường*: Gồm 4 phép đo trên mỗi loại mẫu hàm: Chiều rộng liên nanh; chiều rộng liên cối lớn; chiều dài cung răng trước; chiều dài cung răng sau. Mẫu hàm số hóa: Dùng phần mềm Medit Ortho Simulation. Mẫu hàm in 3D: Dùng thước kẹp điện tử Mitutoyo, độ chính xác 0,01mm.

* *Xử lý số liệu*: Thực hiện kiểm định độ tin cậy trong cùng người đo, ICC(3,1) trên 2 nhóm mẫu hàm, đo 2 lần trên 10 mẫu, mỗi lần đo cách một tuần. Dữ liệu đo trên 40 mẫu hàm cho mỗi nhóm được lưu trữ bằng Excel, được xử lý thống kê bằng phần mềm SPSS 25.0, tạo biểu đồ bằng ngôn ngữ lập trình Python. Ngưỡng ý nghĩa thống kê $p \leq 0,05$. Thống kê mô tả xác định trung bình, độ lệch chuẩn các kích thước cung răng. Paired T-test so sánh giá trị trung bình từng biến số của hai phương pháp. Hệ số

tương quan Pearson (r) tìm mối liên hệ giữa mỗi cặp phương pháp. Hệ số tương quan nội nhóm - ICC(2,1), đánh giá sự tương đồng và độ tin cậy giữa hai phương pháp. Phân tích Bland-Altman xác định sai số hệ thống (Bias), LoA ở 95%CI, tiêu chuẩn cao nhất của so sánh phương pháp đo [5].

3. Đạo đức nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện theo quy định của Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng. Số liệu nghiên cứu được Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng cho phép sử dụng và công bố. Nhóm tác giả cam kết không có xung đột lợi ích trong nghiên cứu.

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu gồm 40 mẫu hàm số hóa và 40 mẫu hàm in 3D, được tạo từ cùng một nguồn dữ liệu quét trong miệng. Các kích thước cung răng đo được bằng phần mềm Medit Ortho Simulation trên mẫu hàm số hóa và bằng thước kẹp điện tử Mitutoyo trên mẫu hàm in 3D, so sánh theo cặp, đánh giá mức độ tương đồng giữa hai phương pháp đo theo Bland JM và Altman DG [5].

Bảng 1. Giá trị trung bình, độ lệch chuẩn các kích thước cung răng hàm trên (n = 40).

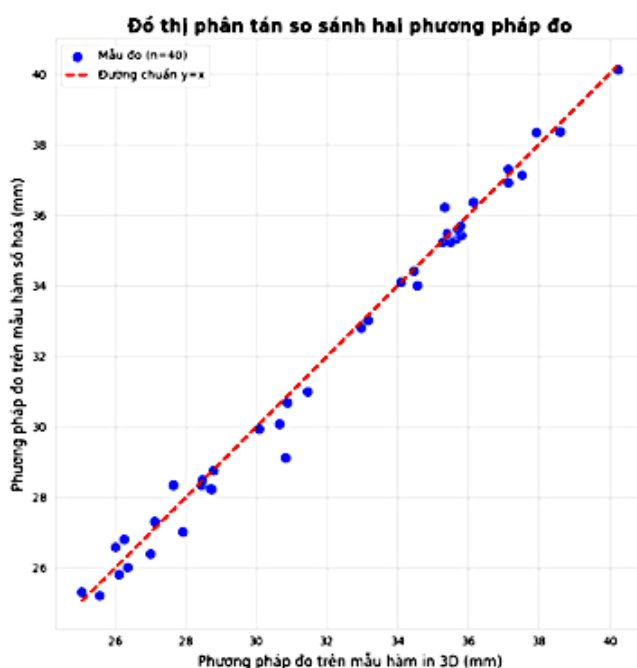
Hàm trên (mm)	Mẫu hàm số hóa ($\bar{X} \pm SD$; 95%CI)	Mẫu hàm in 3D ($\bar{X} \pm SD$; 95%CI)	Sai lệch	Giá trị t	p
Chiều rộng liên nanh	35,91 ± 1,78	35,86 ± 1,82	0,06	0,77	0,453
Chiều rộng liên cối	55,39 ± 2,66	55,31 ± 2,67	0,09	1,69	0,107
Chiều dài cung răng trước	7,53 ± 1,46	7,48 ± 1,38	0,05	0,68	0,504
Chiều dài cung răng sau	27,57 ± 2,51	27,55 ± 2,39	0,02	0,11	0,910

Ở hàm trên, không có khác biệt ở tất cả các kích thước cung răng đo bằng hai phương pháp ($p > 0,05$). Sai lệch lớn nhất giữa hai phương pháp đo ở hàm trên là chiều rộng liên cối. Giá trị sai lệch dương cho thấy kích thước cung răng đo trên mẫu hàm số hóa lớn hơn mẫu hàm in 3D.

Bảng 2. Giá trị trung bình, độ lệch chuẩn kích thước cung răng hàm dưới (n = 40).

Hàm dưới (mm)	Mẫu hàm số hóa ($\bar{X} \pm SD$; 95%CI)	Mẫu hàm in 3D ($\bar{X} \pm SD$; 95%CI)	Sai lệch	Giá trị t	p
Chiều rộng liên nanh	28,09 ± 1,94	27,90 ± 1,74	0,19	1,61	0,124
Chiều rộng liên cối	46,81 ± 2,61	46,70 ± 2,38	0,11	0,97	0,345
Chiều dài cung răng trước	4,68 ± 1,12	4,61 ± 1,12	0,07	2,23	0,037
Chiều dài cung răng sau	24,27 ± 1,94	24,24 ± 1,96	0,03	0,36	0,719

Ở hàm dưới, không có sự khác biệt ở các kích thước ($p > 0,05$) trừ chiều dài cung răng trước. Sai lệch lớn nhất là chiều rộng liên nanh. Giá trị sai lệch dương chứng tỏ kích thước cung răng đo trên mẫu hàm số hóa lớn hơn mẫu hàm in 3D.



Biểu đồ 1. Đồ thị phân tán (Scatter Plot) của hai phương pháp đo.

Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về kích thước cung răng được đo bởi hai phương pháp. Sự phân bố của các điểm phân tán xoay quanh trục trên toàn bộ phạm vi đo của hai phương pháp và có xu hướng tương tự.

Bảng 3. Tương quan giữa các kích thước cung răng đo được trên hai loại mẫu hàm.

Biến số	Cung hàm	Hệ số tương quan (r)	p
Chiều rộng liên nanh	Hàm trên	0,984	< 0,001
	Hàm dưới	0,960	< 0,001
Chiều rộng liên cối	Hàm trên	0,996	< 0,001
	Hàm dưới	0,981	< 0,001
Chiều dài cung răng trước	Hàm trên	0,977	< 0,001
	Hàm dưới	0,992	< 0,001
Chiều dài cung răng sau	Hàm trên	0,984	< 0,001
	Hàm dưới	0,984	< 0,001

Phân tích tương quan Pearson đánh giá mối liên hệ giữa hai phương pháp đo cho thấy tương quan tuyến tính rất mạnh ở tất cả các biến số ($r > 0,9$; $p < 0,001$). Sự thay đổi kích thước của phương pháp này tỷ lệ thuận với phương pháp kia.

Bảng 4. Hệ số ICC(2,1) các kích thước cung răng đo bằng hai phương pháp.

Biến số	Cung hàm	ICC(2,1)	95%CI
Chiều rộng liên nanh	Hàm trên	0,985	(0,979 - 0,994)
	Hàm dưới	0,967	(0,919 - 0,988)
Chiều rộng liên cối	Hàm trên	0,996	(0,989 - 0,997)
	Hàm dưới	0,988	(0,969 - 0,996)
Chiều dài cung răng trước	Hàm trên	0,976	(0,938 - 0,983)
	Hàm dưới	0,993	(0,982 - 0,998)
Chiều dài cung răng sau	Hàm trên	0,984	(0,977 - 0,993)
	Hàm dưới	0,991	(0,976 - 0,997)

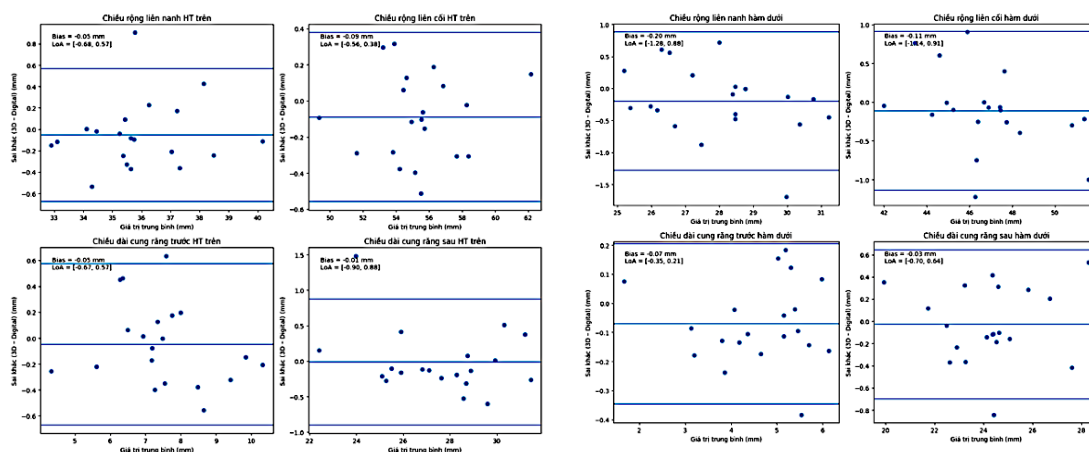
Giá trị ICC(2,1) > 0,90 và 95%CI nằm trong khoảng từ 0,919 - 0,997 cho thấy độ tin cậy giữa hai phương pháp đo là rất cao.

Bảng 5. Sai số trung bình và LoA của hai phương pháp đo.

Biến số	Cung hàm	Mean bias (mm)	Lower LoA (mm)	Upper LoA (mm)
Chiều rộng liên nanh	Hàm trên	-0,05	-0,68	+0,57
	Hàm dưới	-0,19	-0,88	+1,28
Chiều rộng liên cối	Hàm trên	-0,09	-0,56	+0,38
	Hàm dưới	-0,11	-0,91	+1,14
Chiều dài cung răng trước	Hàm trên	-0,05	-0,67	+0,57
	Hàm dưới	-0,07	-0,21	+0,35
Chiều dài cung răng sau	Hàm trên	-0,02	-0,90	+0,88
	Hàm dưới	-0,03	-0,64	+0,7

(Mean bias: Sai số trung bình; Lower LoA: Giới hạn dưới; Upper LoA: Giới hạn trên)

Với sai lệch trung bình nhỏ (0,02 - 0,19mm) và LoA hẹp (-0,91 - +1,28mm) cho thấy mức độ đồng thuận cao giữa hai phương pháp đo. Giá trị âm của phép tính Mẫu hàm in 3D - Mẫu hàm số hóa chứng tỏ mẫu hàm in 3D có xu hướng nhỏ hơn mẫu hàm số hóa.



Biểu đồ 2. Phân tích Bland-Altman của hai phương pháp đo.

Biểu đồ phân tích Bland-Altman của hai phương pháp đo với giá trị âm của phép tính Mẫu hàm in 3D - Mẫu hàm số hóa và các biến chiều dài với LoA hẹp hơn, độ tương đồng cao hơn các biến chiều rộng.

BÀN LUẬN

Với thiết kế một người đo hai nhóm mẫu hàm, thực hiện đo 2 lần trên 10 mẫu, 2 lần đo cách một tuần. Đánh giá độ tin cậy trong cùng người đo - ICC(3,1) và 95%CI: 0,965 - 0,991 cho thấy người đo có kỹ năng đo ổn định, kết quả đo đáng tin cậy để sử dụng cho các phân tích tiếp theo. Trong nghiên cứu này, tất cả các kích thước đo trên hai loại mẫu hàm không có khác biệt ($p > 0,05$), trừ chiều dài cung răng trước hàm dưới. Điều này được lý giải bởi sai số xảy ra do thước kẹp điện tử dễ bị trượt trên điểm mốc khi đo trên mẫu hàm in 3D được tạo bằng vật liệu nhựa Resin Jamghe Ortho Model (máy in Elegoo, độ dày các lớp in 0,025mm). Do đó, dẫn đến lệch hướng đo và khó thực hiện thao tác trên cung răng hàm dưới với đặc điểm hàm nhỏ, độ cong cung răng phức tạp, khoảng cách từ điểm mốc giữa hai răng cửa giữa đến đường nối đỉnh hai răng nanh ngắn. Tuy nhiên, quá trình in 3D không làm thay đổi hình thái cung răng. Kết quả này tương tự nghiên cứu của Keating và CS (2008) [3], nhưng khác biệt so với Kanokpoonsin và CS (2024), với kích thước cung răng ở mẫu số hóa cao hơn có ý nghĩa thống kê [6]. Giá trị dương của sai lệch trung bình cho thấy mẫu hàm số hóa có xu hướng ghi nhận kích thước lớn hơn so với mẫu hàm in 3D một khoảng (0,02 - 0,19mm). Serrano-Velasco và CS (2024) ghi nhận quanh mức 0,1 - 0,2mm là sai biệt không có ý nghĩa lâm sàng [7].

Sai lệch có thể do người đo phóng lớn hình ảnh trên phần mềm khi xác định điểm mốc, trong khi việc đặt đầu thước kẹp trên mẫu in 3D có thể gây ra một lực nén nhẹ hoặc di lệch điểm mốc khi đo.

Hệ số tương quan Pearson (r) từ 0,960 - 0,996 thể hiện mối tương quan thuận cực mạnh mẽ giữa hai phương pháp đo. Giá trị đo trên mẫu hàm số hóa tăng hoặc giảm biến thiên nhất quán với giá trị trên mẫu hàm in 3D. Với thiết kế so sánh phương pháp đo theo cặp, để chắc chắn hai phép đo trên hai loại mẫu hàm khác nhau đều cho số đo tương đồng, chúng tôi kiểm định hệ số tương quan nội nhóm - ICC(2,1) và Bland-Altman, nhằm tăng độ tin cậy của sự so sánh. Hệ số tương quan nội nhóm - ICC(2,1) từ 0,967 - 0,996 cho thấy độ tin cậy và mức tương đồng rất tốt giữa hai phương pháp đo [8], củng cố giả thuyết hai loại mẫu hàm có thể được sử dụng thay thế cho nhau trong đánh giá kích thước cung răng, tương tự với nghiên cứu của Camardella và CS [9]. Với 95%CI hẹp, các kết quả đo không chỉ giống nhau về giá trị trung bình mà còn có sự đồng thuận tuyệt đối trên từng mẫu đo cụ thể. Kết quả Bland-Altman ghi nhận sai lệch trung bình giữa hai phương pháp đo (0,02 - 0,19mm) rất nhỏ so với kích thước cung răng và nhỏ hơn nhiều so với ngưỡng chấp nhận lâm sàng (0,5mm) được xem là không có ý nghĩa [10]. LoA trên đạt +1,28mm (vượt nhẹ ngưỡng 1mm) là giá trị biên của 95%CI không phản ánh sai lệch thường gặp, không tồn

tại sai lệch hệ thống giữa hai phương pháp đo, quá trình in 3D không tạo sự biến dạng có hệ thống so với mẫu hàm số hóa gốc. Sự khác biệt là do sai lệch ngẫu nhiên: Quét mẫu, thuật toán làm "phẳng, mịn" các đặc điểm giải phẫu khi số hóa dữ liệu, co ngót khi in hoặc lỗi xác định điểm mốc. Trong 95% trường hợp, giá trị đo trên mẫu hàm số hóa nhỏ hơn tối đa 0,91mm hoặc lớn hơn tối đa 1,28mm so với giá trị đo trên mẫu in 3D (biên độ sai số hẹp) cho thấy hai phương pháp không chỉ có tương quan cao mà có thể thay thế nhau trong thực hành lâm sàng. LoA \pm (1,0 - 1,5)mm ở các biến chiều rộng cung răng phụ thuộc vào xác định điểm mốc giải phẫu.

Với tính ứng dụng cao trong chuyên ngành nha khoa, hệ thống máy quét trong miệng và các loại mẫu hàm được tạo từ dấu kỹ thuật số cùng các phần mềm phân tích đã chứng minh được tính ưu việt vượt trội. Tuy nhiên, vẫn cần thêm các nghiên cứu với số lượng mẫu lớn, thời gian lưu trữ mẫu hàm in 3D dài hơn.

KẾT LUẬN

Phương pháp đo kích thước cung răng bằng phần mềm trên mẫu hàm số hóa và bằng thước kẹp điện tử trên mẫu hàm in 3D đạt độ tin cậy và độ tương đồng cao. Sau 9 tháng lưu trữ, hai loại mẫu hàm được tạo từ cùng dữ liệu quét trong miệng có thể thay thế nhau, là công cụ cho chẩn đoán, nghiên cứu và theo dõi điều trị trong thực hành lâm sàng hiện đại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Wiranto M, Engelbrecht W, Nolthenius H, Van der Meer W, Ren Y. Validity, reliability, and reproducibility of linear measurements on digital models obtained from intraoral and cone-beam computed tomography scans of alginate impressions. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2013; 143:140-147.
2. Camardella LT, Breuning H, de Vasconcellos Vilella O. Accuracy and reproducibility of measurements on plaster models and digital models created using an intraoral scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017; 151(1):69-77.
3. Keating AP, Knox J, Bibb R, Zhurov AI. A comparison of plaster, digital, and printed dental models. *J Orthod.* 2008; 35(3):191-201.
4. Jaber ST, Hajeer MY, Alkhouli KW, Al-Shamak RM, Darwich KMA, Aljabban O, Alam MK, & Kara-Boulad JM. Evaluation of three-dimensional digital models formulated from direct intra-oral scanning of dental arches in comparison with extra-oral scanning of poured dental models in terms of dimensional accuracy and reliability. *Cureus.* 2024; 16(2):e54869.
5. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986; 1(8476):307-310.
6. Kanokpoonsin S, Peanchitlertkajorn S, Saengfai NN, Boonpratham S. A comparison of tooth size and arch dimensions among measurements taken intraorally with 3D-printed and digital models obtained

from intraoral scans. *J Clin Exp Dent*. 2024 Aug 1; 16(8):e1012-e1020.

7. Serrano-Velasco D, Martín-Vacas A, Giovannini G, Paz-Cortés MM, Aragonese JM. Accuracy analysis of digital models from intraoral scanners and 3D-printed casts in children and teenagers. *Children*. 2024; 11:1082.

8. Fleiss Joseph. The design and analysis of clinical experiments. 1986; 10.1002/9781118032923.ch6.

9. Camardella LT, Ongkosuwito EM, Breuning KH, Vilella OV. The influence of printing resolution on the accuracy of 3D-printed dental models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017; 151(4):746-753.

10. Grunheid T, et al. Accuracy, reproducibility, and efficiency of standard digital models and models derived from cone-beam computed tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2014.