

ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA HÌNH ẢNH KHUÔN MẶT ĐƯỢC TÁI DỰNG TỪ MÁY QUÉT KHUÔN MẶT - NGHIÊN CỨU *IN-VITRO*

Huỳnh Công Nhật Nam[✉], Nguyễn Đình Minh Nhật
Nguyễn Hồ Quỳnh Anh, Nguyễn Ngọc Hoàng Oanh
Đại học Y Dược TP. Hồ Chí Minh

Nghiên cứu này nhằm đánh giá độ chính xác của hình ảnh khuôn mặt được tái dựng từ máy quét khuôn mặt, một công nghệ ngày càng phổ biến trong lĩnh vực răng hàm mặt. Sử dụng mô hình sọ mặt người được tái tạo bằng silicone, chúng tôi đã thực hiện 10 lần quét bằng máy quét khuôn mặt và 1 lần chụp CBCT để so sánh. Sự chênh lệch của hình ảnh nghiên cứu và hình ảnh tham chiếu được đánh giá bằng phương pháp chồng hình 3D. Máy quét khuôn mặt công nghệ quang trắc lập thể có khả năng tái dựng hình ảnh khuôn mặt với độ chính xác cao ở mức 548µm cho độ đúng và 67µm cho độ chụm, mặc dù một số vùng vẫn có sự chênh lệch đáng kể so với hình ảnh tham chiếu. Kết quả của nghiên cứu này sẽ cung cấp thông tin quý giá cho các chuyên gia trong lĩnh vực răng hàm mặt và mở ra hướng đi mới cho các ứng dụng công nghệ trong nha khoa. Việc áp dụng máy quét khuôn mặt trong lâm sàng có thể cải thiện quy trình điều trị phục hình răng thẩm mỹ và phẫu thuật.

Từ khoá: Máy quét khuôn mặt, nha khoa kỹ thuật số, độ chính xác, CBCT.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với sự phát triển của ứng dụng kỹ thuật số trong ngành răng hàm mặt, máy quét khuôn mặt trở thành công cụ ngày càng phổ biến tiếp theo sa máy quét trong miệng. Việc ghi nhận thông tin dữ liệu không dừng ở răng và khớp cắn mà mở rộng đến khuôn mặt, vốn nằm trong mối tương quan với hàm-sọ. Nhằm đo lường và đánh giá các chỉ số nhân trắc của vùng đầu và mặt, các phương pháp trên lâm sàng, pháp y và trong nghiên cứu khác nhau đã được tiến hành. Có nhiều công cụ và phương pháp đo lường khác nhau, bao gồm đo trực tiếp trên người, sọ người, đánh giá qua ảnh chụp thẳng và nghiêng, đánh giá qua phim X-quang 2D, các mẫu thạch cao. Hiện nay với tiến bộ của khoa học, các công cụ X-quang 3 chiều (CT -

computed tomography - chụp cắt lớp điện toán, CBCT - Cone Beam Computed Tomography - chụp cắt lớp chùm tia hình nón) và các phương pháp quét hình 3D (trong miệng, ngoài mặt) đã được áp dụng nhằm có được những phép đo chính xác và trực quan nhất ở vùng đầu mặt.^{1,2} Với xu hướng phát triển của khoa học công nghệ phần mềm máy tính trong lĩnh vực phẫu thuật thẩm mỹ thì việc áp dụng máy quét khuôn mặt trên lâm sàng ngày càng trở nên phổ biến và thông dụng. Nó cung cấp cho phẫu thuật viên những thông tin về đặc điểm mô mềm khuôn mặt của bệnh nhân, là một yếu tố thiết yếu cần phải cân nhắc kĩ lưỡng trong lúc lên kế hoạch điều trị ảo nhằm đạt được thành công về cả tương quan xương, khớp cắn và thẩm mỹ sau phẫu thuật.³

Gần đây, các máy quét khuôn mặt sử dụng công nghệ phép đo ảnh lập thể (stereophotogrammetry) sử dụng hình ảnh từ 2 mặt phẳng khác nhau trong không gian để tạo lập hình ảnh 3 chiều. Nó giúp tính toán khoảng

Tác giả liên hệ: Huỳnh Công Nhật Nam

Đại học Y Dược TP. Hồ Chí Minh

Email: namhuynh@ump.edu.vn

Ngày nhận: 21/01/2025

Ngày được chấp nhận: 05/02/2025

cách, diện tích bề mặt và cả thể tích vật thể. Sau khi hoàn thành quá trình quét, thuật toán máy tính sẽ kết hợp ảnh chụp để tạo thành mô hình khuôn mặt 3 chiều.³ Với công nghệ tiên tiến và nhiều ứng dụng trong răng hàm mặt như chỉnh nha, phẫu thuật hàm mặt, máy quét khuôn mặt sử dụng công nghệ này ngày càng phổ biến và thay thế phim CBCT trong răng hàm mặt. Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu xác nhận độ chính xác của hệ thống quét khuôn mặt. Đối với các thiết bị quang học, tiêu chuẩn ISO 5725 công bố độ chính xác (accuracy) bao gồm độ đúng (trueness) và độ chụm (precision) trong đó độ đúng đề cập đến sự thống nhất với các kích thước thực tế của đối tượng tham chiếu, trong khi “độ chụm” đề cập đến sự tập trung giữa các phép đo riêng lẻ.⁴ Trong nghiên cứu này, chúng tôi đánh giá độ chính xác (độ sai biệt) của máy quét trong miêng sử dụng công nghệ phép đo ảnh lập thể trên mô hình phantom mô phỏng khuôn mặt người so với hình ảnh 3 chiều tái dựng từ máy CBCT. Nghiên cứu sẽ xác nhận độ chính xác thực tế của máy quét khuôn mặt từ đó đánh giá khả năng ứng dụng trong răng hàm mặt.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

1. Phương pháp

Nghiên cứu *in-vitro* sử dụng mô hình sọ mặt người được dùng trong giảng dạy giải phẫu và chẩn đoán hình ảnh với kích thước thật được tái tạo phần da bằng silicone (Hình 1A) đã được chúng tôi nghiên cứu.⁵ Mô hình được quét 10 lần bởi máy quét khuôn mặt và chụp CBCT 1 lần. Nghiên cứu được thông qua bởi Hội đồng đạo đức trong Nghiên cứu Y sinh Đại học Y Dược TP. Hồ Chí Minh (số 736/HĐĐĐ- ĐHYD, ngày 24/6/2024).

2. Quy trình quét khuôn mặt

Chuẩn bị tư thế mô hình: để đầu phantom tư thế tự nhiên, mắt hướng thẳng về trước, đường nối hai đồng tử, đường nối từ khước mắt

tới đỉnh tai song song với sàn nhà, 2 hàm răng của mô hình được đặt ở lồng mũi tối đa. Máy quét được để chế độ cầm tay, quy trình quét được thực hiện theo hướng dẫn từ nhà sản xuất. Máy quét MetiSmile Face scanner (Shining 3D Tech) với độ phân giải 5.0 Mega Pixel, quang trường: 500mm, FOV 210*270mm. Hệ thống máy vi tính và phần mềm đi kèm máy quét. Máy quét được giữ ở khoảng cách tầm 50cm từ bề mặt khuôn mặt với độ sáng được điều chỉnh tối ưu, quét từ trái qua phải, đi vòng hết khuôn mặt, sau đó quét từ cằm lên mũi qua đầu, từ dưới tai trái lên đầu qua dưới tai phải. Quá trình quét được theo dõi trên hình ảnh xuất ra vi tính đảm bảo quét đủ vùng mặt, tai, cằm cho đến qua hết trán, vùng đầu và tóc không cần lấy đầy đủ (Hình 1B).

3. Quy trình chụp CBCT và chuyển đổi file DCOM thành STL

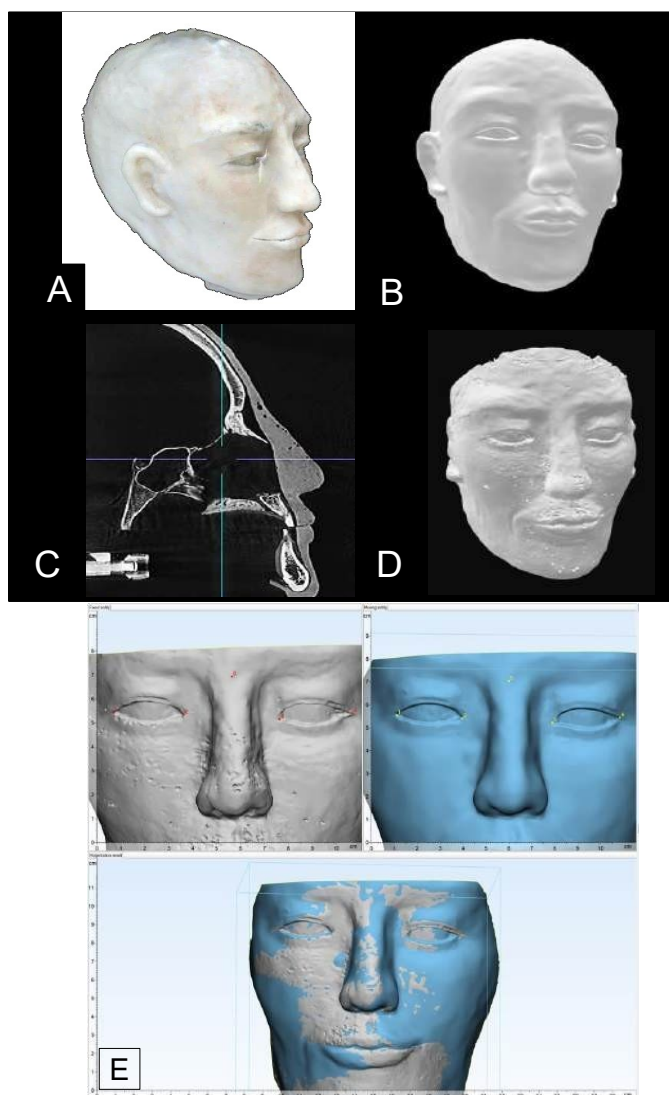
Quy trình chụp sử dụng máy CBCT Rainbow (Dentium, Hàn Quốc), với cảm biến CMOS, tiêu điểm 0,5mm, kích thước voxel 100 - 300 μ m, FOV lên đến 16x18cm có thể chụp vùng mặt lên đến trán. Quá trình chụp được thực hiện theo hướng dẫn của nhà sản xuất với FOV toàn bộ khuôn mặt của mô hình. Tư thế đầu mô hình được điều chỉnh để giống với tư thế khi quét khuôn mặt. File CT được lưu trữ dưới dạng DCOM và được chuyển đổi thành định dạng STL bởi phần mềm Mimics Research (v.21, Materialise NV, Leuven) (Hình 1C, D).

3. Quy trình chồng hình

Công nghệ chồng hình ảnh 3 chiều từ file STL được thực hiện bằng phần mềm 3-Matic Research (v.13, Materialise NV) (Hình 1E). Bước 1: Chập hình theo điểm, chọn một số điểm trên hình ảnh tham chiếu và các điểm tương ứng ở hình ảnh khảo sát, theo Junho Jung (2018)⁶ gồm: Gl (Glabella, điểm trên góc mũi), Ex (Exocanthion, điểm góc mắt ngoài trái, phải), En (Endocanthion, điểm góc mắt trong trái, phải); Phần mềm sẽ phân tích và xử lý

chồng hai hình ảnh sao cho khoảng cách của các cặp điểm này là ít nhất. Chập hình toàn bề mặt: sau khi chập hình theo điểm, phần mềm sẽ tiến hành chập hình tự động nhằm đảm bảo khoảng cách giữa 2 bề mặt là ít nhất. Bước 2: sau khi chập, khoảng cách giữa hai bề mặt sau khi chập được thể hiện qua thang màu (vùng màu xanh dương: hình ảnh khảo sát lớn hơn hình ảnh tham chiếu, vùng màu xanh lá: không

có sự khác biệt giữa hai hình, vùng màu đỏ: hình ảnh khảo sát nhỏ hơn hình ảnh tham chiếu). Bước 3: khoảng cách trung bình của các điểm cấu thành khuôn mặt giữa hai dữ liệu scan sẽ được tính toán. Giá trị chênh lệch tối thiểu, tối đa, trung bình, giá trị hiệu dụng (RMS, root mean square, giá trị thể hiện sự sai khác chung giữa 2 hình ảnh), số điểm chênh lệch được tính toán bởi phần mềm.⁷⁻¹⁰



Hình 1. A. Mô hình sọ mặt người ở với mô mềm được tạo bằng silicone. B. Hình ảnh file quét khuôn mặt dưới dạng file STL. C. Mô hình được chụp CBCT ở tư thế nghỉ với quy trình chuẩn. D. File DCOM của CBCT được chuyển thành file STL bề mặt mô mềm mô phỏng. E. Các bước xác định điểm mốc và chồng hình trên file STL

4. Phân tích thống kê

Phân tích thống kê mô tả và đồ thị được thực hiện bằng phần mềm GraphPad Prism (v.10, GraphPad Software Inc). Kết quả được biểu diễn dưới dạng trung bình \pm độ lệch chuẩn (SD).

III. KẾT QUẢ

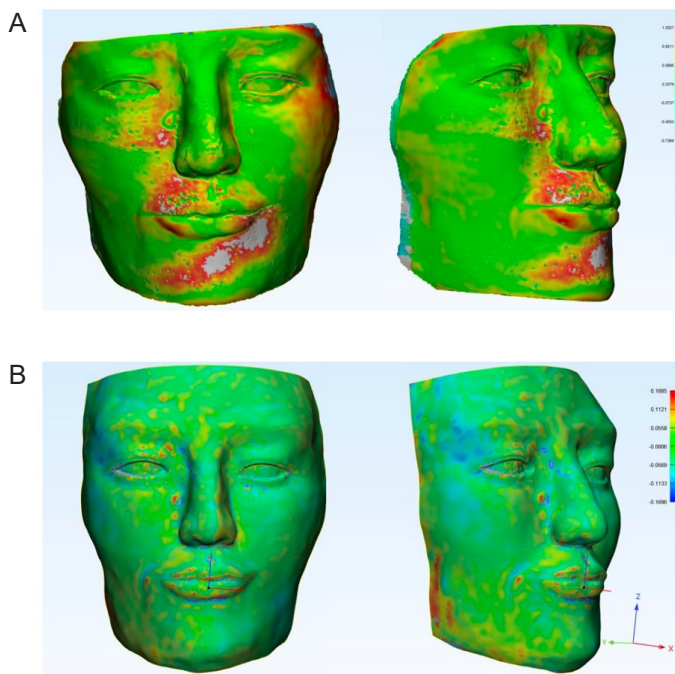
1. Độ đúng của máy quét khuôn mặt trên mô hình

Khi phân tích độ đúng của máy quét khuôn mặt so sánh với tình ảnh tái dựng từ CBCT, kết quả cho thấy nhìn chung máy quét khuôn mặt cho hình ảnh lớn hơn so với hình ảnh từ CBCT. Các vùng sai lệch nhiều nhất nằm ở vùng môi trên, dưới vùng cằm, vùng dưới mắt và vùng thái dương (thể hiện các vùng màu đỏ trong Hình 2A), với mức độ sai lệch tối thiểu là $-0,851 \pm 0,088\text{mm}$ và sai lệch tối đa là $2,766 \pm 0,812\text{mm}$ (Hình 2C, Bảng 1). Sai lệch trung bình khi tính cả phần âm (sai lệch tối thiểu) và phần dương (sai lệch tối đa) ở mức $0,172 \pm$

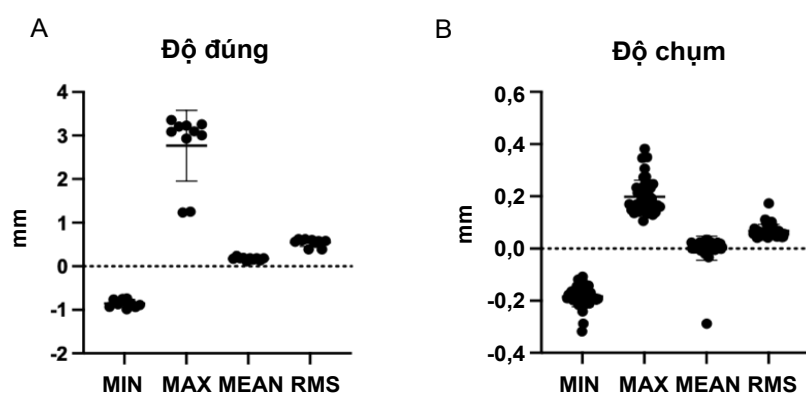
$0,034\text{mm}$. Nhìn chung mức độ khác biệt giữa hình ảnh từ máy quét khuôn mặt so sánh với tình ảnh tái dựng từ CBCT là $\text{RMS} = 0,548 \pm 0,088\text{mm}$ với số điểm chênh lệch giữa 2 mặt phẳng của 2 hình ảnh là $203,2 \pm 21,524$ điểm.

2. Độ chụm của máy quét khuôn mặt trên mô hình

Khi phân tích độ chụm của máy quét khuôn mặt so sánh trên mô hình mô phỏng, kết quả cho thấy máy quét khuôn mặt cho hình ảnh có độ lặp lại cao. Các vùng sai lệch rất ít và rải rác (thể hiện các vùng màu đỏ trong Hình 2B), với mức độ sai lệch tối thiểu là $-0,184 \pm 0,038\text{mm}$ và sai lệch tối đa là $0,198 \pm 0,063\text{mm}$ (Hình 2D, Bảng 1). Sai lệch trung bình khi tính cả phần âm (sai lệch tối thiểu) và phần dương (sai lệch tối đa) ở mức $00,001 \pm 0,046\text{mm}$. Nhìn chung mức độ khác biệt giữa hình ảnh từ máy quét khuôn mặt so sánh với tình ảnh tái dựng từ CBCT là $\text{RMS} = 0,067 \pm 0,024\text{mm}$ với số điểm chênh lệch giữa 2 mặt phẳng của 2 hình ảnh là $230,622 \pm 21,282$ điểm.



Hình 2. A. Kết quả chồng hình của độ đúng. B. Kết quả chồng hình của độ chụm



Biểu đồ 1. Chênh lệch tối thiểu (min), tối đa (max), trung bình (mean), giá trị hiệu dụng (RMS, root mean square), số điểm chênh lệch (element distribution) của độ đúng (A) và độ chụm (B) \pm độ lệch chuẩn (SD)

Bảng 1. Giá trị chênh lệch tối thiểu (min), tối đa (max), trung bình (mean), giá trị hiệu dụng (RMS, root mean square), số điểm chênh lệch (element distribution) khi phân tích độ đúng (trueness) và độ chụm (precision) \pm độ lệch chuẩn (SD)

Thông số	Min (mm)	Max (mm)	Mean (mm)	RMS (mm)	Element distribution (số điểm)
Độ đúng (n = 10)	$-0,851 \pm 0,088$	$2,766 \pm 0,812$	$0,172 \pm 0,034$	$0,548 \pm 0,088$	$203,2 \pm 21,524$
Độ chụm (n = 45)	$-0,184 \pm 0,038$	$0,198 \pm 0,063$	$0,001 \pm 0,046$	$0,067 \pm 0,024$	$230,622 \pm 21,282$

IV. BÀN LUẬN

Đây là nghiên cứu đầu tiên đánh giá độ chính xác của máy quét khuôn mặt phổ biến với mô hình phantom sử dụng lớp silicon mô phỏng da với tham chiếu là hình ảnh dựng từ CBCT. Độ chính xác được xác định theo ISO 5725-1:2023 (Độ chính xác - độ đúng và độ chụm - của phương pháp và kết quả đo lường, <https://www.iso.org/standard/69418.html>), bao gồm độ đúng với một hình ảnh tham chiếu so với 10 hình ảnh thực nghiệm (n = 10 cặp) và độ chính xác với mỗi cặp trong 10 hình ảnh thực nghiệm (n = $C^{10}_2 = 45$ cặp).^{4,8} Các nghiên cứu trước đây của chúng tôi đã áp dụng tiêu chuẩn

quy mô mẫu này cùng với quy trình chồng hình đã được chuẩn hoá để nghiên cứu độ chính xác.⁷⁻¹⁰

Độ chính xác của quét khuôn mặt đã được chứng minh và được chấp nhận để sử dụng trong nha khoa ngày nay. Nghiên cứu tổng quan của Bohner so sánh kết quả quét với mẫu mô hình tiêu chuẩn và đo độ chênh lệch giữa hai mô hình. Kết quả cho thấy các máy quét có sai biệt nhỏ hơn 2mm được coi là phù hợp.¹¹ Trong đó, sự sai biệt cho các máy quét khuôn mặt ở khoảng 140 - 1330 μ m. Hầu hết các máy quét khuôn mặt đều báo cáo độ chính xác khoảng

500 μm , nằm trong giới hạn chấp nhận được về mặt lâm sàng. Tuy nhiên, hình dạng đối tượng, độ sâu và tốc độ quét cũng như công nghệ máy quét được sử dụng đều có thể ảnh hưởng đến độ chính xác của máy quét. Trong nghiên cứu này, chúng tôi ghi nhận độ chính xác của hệ thống máy Metismile với công nghệ quang trắc lập thể (stereophotogrammetry) ở mức 0,548mm (548 μm) cho độ đúng và 0,067mm (67 μm) cho độ chụm. Máy có độ chính xác nằm trong tiêu chuẩn và độ chụm có tính đồng nhất cao, mặc dù là nghiên cứu sử dụng mô phỏng lớp da bằng silicone, kết quả cho thấy máy quét khuôn mặt được sử dụng có độ chính xác cao và toàn hoàn có thể được sử dụng trên lâm sàng.

Độ chính xác của hình ảnh 3D được tạo ra từ CBCT so với máy quét 3D là khác nhau trong các nghiên cứu. Nghiên cứu của chúng tôi áp dụng chiến lược phân đoạn như nghiên cứu trước đó với độ chính xác đã được chứng minh.^{12,13} Hơn nữa, dữ liệu DCOM trong nghiên cứu này là tham chiếu có sẵn liên quan đến cả thông tin về khuôn cả mặt khi chụp bằng CBCT có quang trường (FOV) rộng lên đến trán. Từ đó khiến việc chụp CBCT có FOV rộng tại phòng khám nên được hạn chế để có được bệnh nhân ảo mà không cần CBCT.

Hiện nay, chưa có nghiên cứu nào sử dụng mô hình mô phỏng silicone để so sánh hình ảnh 3D tạo bởi CBCT và máy quét khuôn mặt. Tuy nhiên, trong giới hạn của nghiên cứu, kết quả cho thấy có một số vùng còn có sự chênh lệch cao (đổi đa 2,766mm) so với tham chiếu cho thấy cần có các nghiên cứu khác mở rộng mô hình như đo trực tiếp, hoặc sử dụng hình ảnh tham chiếu là CT thay vì CBCT để có độ phân giải cao. Ngoài ra, cần có nghiên cứu trên lâm sàng để đánh giá trong môi trường thực tế khi mà bệnh nhân có thể thay đổi tư thế, cử động, ảnh hưởng bởi màu da thật, vùng lông/tóc màu đen.

V. KẾT LUẬN

Máy quét khuôn mặt công nghệ quang trắc lập thể có khả năng tái dựng hình ảnh khuôn mặt mô phỏng bằng vật liệu silicone với độ chính xác cao ở mức 548 μm cho độ đúng và 67 μm cho độ chụm. Cần có thêm các nghiên cứu mở rộng để cải thiện độ chính xác, bao gồm việc sử dụng hình ảnh tham chiếu có độ phân giải cao hơn và thực hiện nghiên cứu lâm sàng để đánh giá hiệu quả trong môi trường thực tế. Kết quả của nghiên cứu này là tiền đề cho các nghiên cứu và ứng dụng máy quét khuôn mặt trong lĩnh vực răng hàm mặt, góp phần nâng cao chất lượng điều trị phục hình răng thẩm mỹ, và phẫu thuật. Kết quả của nghiên cứu này sẽ cung cấp thông tin quý giá cho các chuyên gia trong lĩnh vực răng hàm mặt và mở ra hướng đi mới cho các ứng dụng công nghệ trong nha khoa.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được tài trợ kinh phí bởi Joint Research Grant (Yonsei Global Institute for Health và Đại học Y Dược TP. Hồ Chí Minh, theo hợp đồng số 2021-00020-3, ngày 31/1/2024).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Thị Đợi. Xây dựng tiêu chuẩn đánh giá khuôn mặt hài hoà cho người dân tộc kinh độ tuổi 18 - 25. Trường Đại học Y Hà Nội; 2020.
2. Schendel SA. Anthropometry of the head and face. *Plastic and reconstructive surgery*. 1995;96(2):480.
3. Lee JD, Nguyen O, Lin Y-C, et al. Facial Scanners in Dentistry: An Overview. *Prosthesis*. 2022;4(4):664-678.
4. Ender A, Mehl A. Accuracy in dental medicine, a new way to measure trueness and precision. *J Vis Exp*. Apr 29 2014;(86) doi:10.3791/51374
5. Nguyen AH-Q, Huynh NC-N, Nguyen ON-H, et al. In-vitro accuracy of the virtual patient model with maxillomandibular relationship at

centric occlusion using 3D-printed customized transfer key. *BDJ Open*. Feb 1 2025; 11(1):8. doi: 10.1038/s41405-025-00303-1.

6. Jung J, Lee CH, Lee JW, et al. Three dimensional evaluation of soft tissue after orthognathic surgery. *Head Face Med*. Oct 5 2018;14(1):21. doi:10.1186/s13005-018-0179-z

7. Huynh NC, Tran AT, Truong TN, et al. Correlation of resin composite translucency and IOS accuracy: An in-vitro study. *J Clin Exp Dent*. Jun 2024;16(6):e678-e684. doi:10.4317/jced.61620

8. Nguyen ND, Tran NC, Tran TT, et al. Effects of core buildup composite resin translucency on intraoral scanner accuracy: an in vitro study. *Int J Comput Dent*. Sep 26 2023;26(3):201-210. doi:10.3290/j.ijcd.b3774253

9. Tran HNM, Nguyen ATD, Tran TTN, et al. 3D-printed inlays with different cavity depths impact intraoral-scanner's accuracy in-vitro. *MedPharmRes*. 2023;7(4):87-94. doi:10.32895/U.M.P.R.7.4.11

10. Vo HM, Huynh NC, Tran TT, et al.

Influence of titanium dioxide and composite on the accuracy of an intraoral scanner for bilateral upper posterior edentulous jaw (Kennedy class I) scanning: An in vitro study. *Journal of dentistry*. Dec 2023;139:104747. doi:10.1016/j.jdent.2023.104747

11. Bohner L, Gamba DD, Hanisch M, et al. Accuracy of digital technologies for the scanning of facial, skeletal, and intraoral tissues: A systematic review. *J Prosthet Dent*. Feb 2019;121(2):246-251. doi:10.1016/j.prosdent.2018.01.015

12. Kamio T, Suzuki M, Asaumi R, et al. DICOM segmentation and STL creation for 3D printing: a process and software package comparison for osseous anatomy. *3D Print Med*. Jul 31 2020;6(1):17. doi:10.1186/s41205-020-00069-2

13. Kook MS, Jung S, Park HJ, et al. A comparison study of different facial soft tissue analysis methods. *J Craniomaxillofac Surg*. Jul 2014;42(5):648-56. doi:10.1016/j.jcms.2013.09.010

Summary

ACCURACY OF FACIAL IMAGES RECONSTRUCTED FROM FACIAL SCANNER - AN IN- VITRO STUDY

This study aimed to evaluate the accuracy of facial images reconstructed from facial scanners, an increasingly popular technology in the field of maxillofacial surgery. Using a silicone-reconstructed human craniofacial model, we performed 10 facial scanner scans and 1 CBCT scan for comparison. The discrepancy between the study and reference images was evaluated using a 3D superimposition method. The stereophotometric facial scanner was able to reconstruct facial images with high accuracy at 548 μ m for trueness and 67 μ m for precision, although some regions still showed significant discrepancies compared to the reference image. The result of this study provides valuable information for professionals in the field of maxillofacial surgery and opens new directions for technology applications in dentistry. The application of facial scanners in clinical practice may improve the process of cosmetic and surgical restorations.

Keywords: Face scanner, digital dentistry, accuracy, CBCT.