

ĐÁNH GIÁ ĐỘ SÁT KHÍT CỦA ONLAY ĐƯỢC CHẾ TẠO BẰNG CÔNG NGHỆ CAD/CAM VÀ IN 3D TRÊN THỰC NGHIỆM

Nghiêm Tuấn Anh^{1,✉}, Tống Minh Sơn¹, Phạm Thái Thông²

Võ Trương Như Ngọc¹, Nguyễn Thu Trà¹

Võ Nhật Minh¹, Trịnh Khánh Linh¹, Lâm Khánh Duy³

Trần Lê Quỳnh Phương⁴, Phan Thành Lợi³, Phạm Ngọc Tú⁵

¹Trường Đại học Y Hà Nội

²Bệnh Viện Thanh Nhân

³Trường Đại học Y Dược Cần Thơ

⁴Trường Y Dược, Đại học Đà Nẵng

⁵Trường Y Dược, Đại học Duy Tân

Mức độ sát khít của phục hình so với xoang sửa soạn là một trong những tiêu chí quan trọng nhằm đánh giá hiệu quả điều trị và tiên lượng chức năng lâu dài. Nghiên cứu in-vitro được thực hiện nhằm đánh giá độ sát khít của phục hình onlay được chế tạo bằng công nghệ in 3D và CAD/CAM, khảo sát độ sát khít tại 100 điểm đánh dấu ở nội phần và đường hoàn tất bằng phương pháp chồng hình kỹ thuật số (RPM) và sao chép silicone kỹ thuật số (SRG). Kết quả nghiên cứu cho thấy onlay được chế tạo bằng CAD/CAM có độ sát khít cao hơn so với nhóm in 3D tại hầu hết các điểm, ($p < 0,05$). Tuy nhiên, giá trị sai lệch khảo sát bằng RPM và SRG đều nhỏ hơn $120 \mu\text{m}$, có thể chấp nhận được trên lâm sàng.

Từ khoá: Độ sát khít, in 3D, CAD/CAM, RPM, SRG.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Một phục hình tiêu chuẩn không những phục hồi giải phẫu, tái lập vận động chức năng trong mối quan hệ với cắn khớp, mà phải đảm bảo chức năng lâu dài. Các phục hình sứ trước đây được chế tạo bằng kỹ thuật có nhược điểm như độ rò rỉ vi kẽ lớn, sự co ngót vật liệu cũng như kết quả phụ thuộc vào kỹ thuật viên. Hiện nay, việc chế tạo phục hình dựa trên công nghệ CAD/CAM hay in 3D đều được chứng minh là giảm hở vi kẽ so với kỹ thuật chế tạo sứ truyền thống.¹

Sứ nha khoa là liệu lý tưởng bởi độ cứng chắc tương đương mô răng thật, tương hợp sinh học và đảm bảo thẩm mỹ. Tuy nhiên,

những nhược điểm đáng kể như độ giòn cao, xâm lấn khi sửa soạn, quy trình dán dính phức tạp là động lực để phát triển những dòng vật liệu mới có module đàn hồi tương tự với mô men-gà, độ bền uốn cơ học và độ đàn hồi cao, hạn chế xâm lấn, gãy vỡ phục hình.^{2,3} Vật liệu sứ lai có mạng lưới polymer hữu cơ được lấp đầy bởi các hạt vô cơ với hàm lượng cao, là dòng sứ có độ bền uốn tương đương với vật liệu chế tạo sứ đương đại nhưng độ đàn hồi cao hơn zirconia và độ giòn thấp hơn lithium disilicate, là hướng đi mới cho phục hình nha khoa hiện tại.³ Tuy nhiên, có sự mâu thuẫn giữa các nghiên cứu về độ ổn định, sát khít của phục hình được thiết kế bằng công nghệ in 3D so với CAD/CAM. Một số ý kiến cho rằng, các phục hình CAD/CAM thể hiện các đặc tính cơ học vượt trội như độ bền uốn, độ kháng gãy và độ chính xác cao hơn so với in 3D, tuy nhiên cũng có công bố rằng, kỹ thuật CAD/CAM tạo ra khoảng hở vi kẽ ở mặt

Tác giả liên hệ: Nghiêm Tuấn Anh

Trường Đại học Y Hà Nội

Email: nghiemtuuananh39@gmail.com

Ngày nhận: 05/05/2026

Ngày được chấp nhận: 01/06/2026

nhai lớn hơn so với nhóm 3D, tạo ra nứt gãy xuyên tâm.^{4,5}

Vì vậy, chúng tôi thực hiện nghiên cứu với mục tiêu so sánh sự sát khít của onlay được chế tạo bằng công nghệ CAD/CAM với in 3D bằng hai phương pháp khảo sát sát kỹ thuật chồng hình kỹ thuật số (RPM) và kỹ thuật bản sao silicone kỹ thuật số (SRG).

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

1. Đối tượng

Onlay được thực hiện trên typodont răng hàm lớn vĩnh viễn được chế tạo bằng hai phương pháp tiện kỹ thuật số (CAD/CAM) từ vật liệu sứ lai CERASMART 270 HT (GC, Nhật Bản) và in 3D từ nhựa in 3D Tera Harz C&B (Graphy, Hàn Quốc).

Tiêu chuẩn lựa chọn

Các onlay được thiết kế từ typodont răng cối lớn thứ nhất hàm trên bên phải được sửa soạn theo tiêu chuẩn.

Onlay được chế tạo phải đúng theo quy định của nghiên cứu: công nghệ in 3D từ nhựa Graphy hoặc CAD/CAM từ phối

CERASMART270HT.

Tiêu chuẩn loại trừ

- Các onlay có bất kỳ lỗi chế tạo quan sát rõ ràng bằng mắt thường như bọt khí, nứt gãy hoặc các biến dạng bề mặt.

- Onlay không đạt yêu cầu kích thước, hình dạng sau khi kiểm tra sơ bộ.

- Các onlay bị hư hỏng trong quá trình xử lý hậu kỳ hoặc vận chuyển chuyển, lưu trữ.

- Dữ liệu quét của onlay sau chế tạo không đạt chất lượng hoặc không thể thực hiện so sánh 3D bằng phần mềm.

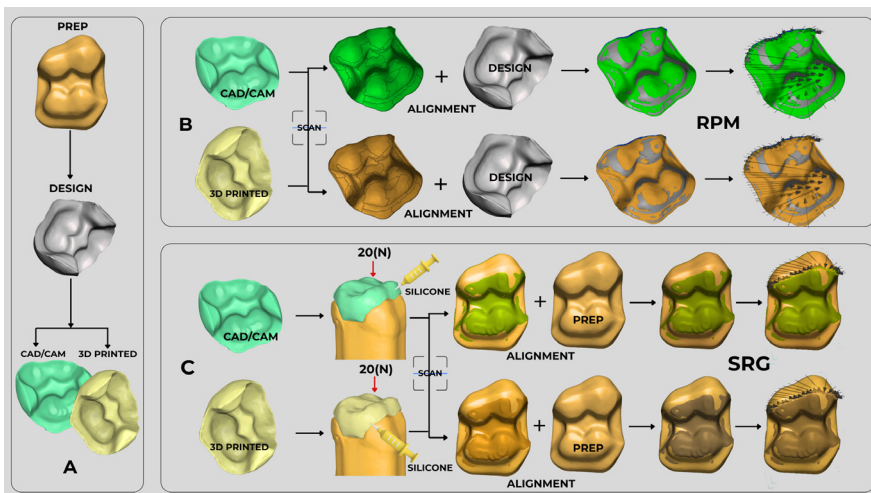
2. Phương pháp

Thiết kế nghiên cứu: Nghiên cứu in-vitro tại Viện Đào tạo Răng Hàm Mặt, Trường Đại học Y Hà Nội từ tháng 10/2025 đến tháng 04/2026.

Cỡ mẫu

Cỡ mẫu được tính toán bằng phần mềm G*Power 3.1. Dựa trên các nghiên cứu tương tự về độ sát khít phục hình, với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$; lực là 85% và chỉ số hiệu ứng, kỳ vọng $d = 1,2$; cỡ mẫu tối thiểu cần thiết được xác định là 9 mẫu cho mỗi nhóm nghiên cứu.⁶

Quy trình thu thập số liệu



Hình 1. Quy trình thu thập số liệu. A. Sửa soạn, quét dấu, thiết kế và chế tạo onlay;

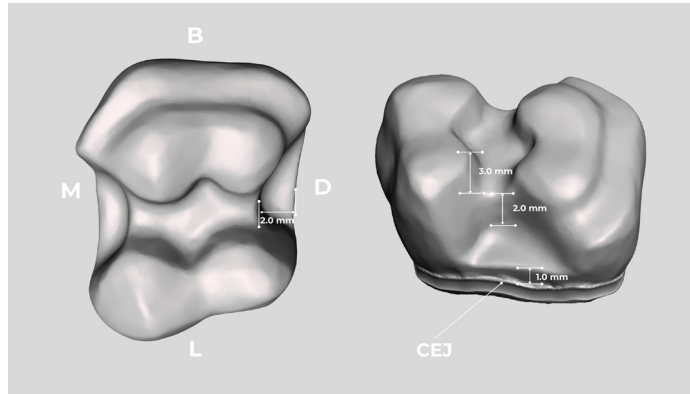
B. Đo đạc bằng phương pháp RPM; C. Đo đạc bằng phương pháp SRG

PREP: sửa soạn; DESIGN: thiết kế; CAD/CAM: chế tạo bằng máy tiện có sự hỗ trợ máy tính; 3D PRINTED: chế tạo in 3D; SCAN: quét dấu kỹ thuật số; ALIGNMENT: chồng hình, RPM - Kỹ thuật chồng hình kỹ thuật số; SRG - Kỹ thuật bản sao silicone kỹ thuật số

Quy trình sửa soạn xoang onlay

Tiến hành sửa soạn xoang onlay chuẩn (MOD) trên typodont răng 16 với độ sâu 3 mm, xoang hộp phía bên được tạo với kích thước 2x2 mm. Đường hoàn tất gần và xa đặt cách

ranh giới men-xi mỏng 1 mm. Toàn bộ mặt nhai được hạ 1,5 mm. Đường hoàn tất được sửa soạn bờ vai ở mặt ngoài và bờ xuôi ở mặt trong. Tất cả các bề mặt răng đều được bo tròn, đánh bóng.



Hình 2. Mẫu xoang onlay được sửa soạn tiêu chuẩn sau khi được quét 3D. Chú thích: B-

Phía ngoài, L - Phía trong, M - Phía gần, D - Phía xa, CEJ - Đường nối men - cement

Quy trình quét dấu và thiết kế onlay

Sau khi sửa soạn xong, tiến hành lấy dấu bằng hệ thống máy quét kỹ thuật số trong miệng PrimeScan (Dentsply Sirona, Đức). Dữ liệu quét được xuất dưới dạng stereolithography (.stl) được chuyển lên phần mềm thiết kế CEREC SW5 (Dentsply Sirona, Đức). Onlay sau khi được thiết kế sẽ được xuất dưới dạng (.stl) để được chế tạo tương ứng với hai phương pháp (n = 9 cho mỗi nhóm):

Các mẫu nhóm in 3D từ nhựa Tera Harz C&B (Graphy, Hàn Quốc) được chế tạo bằng máy in Sonic 4k Plus 2022 XL với kích thước mỗi lớp là 50 micron, công suất laser 250 mW. Sau khi in, các onlay được làm sạch và sấy khô trong khí Nitrogen trước khi quá trình polyme hóa diễn ra bao gồm 2 chu kỳ kéo dài 20 phút ở nhiệt độ 60°C.

Các mẫu trong nhóm CAD/CAM sử dụng phiêu sứ lai CERASMART270 (GC, Nhật Bản) được tiện bằng hệ thống máy Prime Mill (Dentsply Sirona, Đức) trong điều kiện tiện

ướt. Những chi tiết thừa được loại bỏ bằng mũi khoan mịn.

Quy trình quét 3D onlay sau chế tạo

Đối với nhóm thực hiện bằng phương pháp RPM): quét lại toàn bộ bề mặt các onlay sau chế tạo của nhóm CAD/CAM và in 3D.

Đối với nhóm thực hiện bằng phương pháp SRG, các onlay ở cả hai nhóm CAD/CAM và in 3D lần lượt sẽ được gắn vào xoang sửa soạn. Các onlay được gắn bằng silicone có độ nhớt thấp Exacflex (GC, Nhật Bản) với hệ thống tự trộn bằng súng chuyên dụng đảm bảo tỷ lệ 1:1 và loại bỏ bọt khí với thời gian trộn không quá 30 giây, thời gian làm việc tối đa là 2 phút 30 giây, onlay được ấn lên cùi răng bằng một dụng cụ định vị cơ học có tích hợp lò xo đo lực, duy trì lực ấn 20 N liên tục cho đến khi silicone trùng hợp hoàn toàn sau 4 phút (từ lúc bắt đầu trộn) thì nhấc onlay ra khỏi cùi răng để lại lớp silicone vừa trùng hợp. Cuối cùng quét lại toàn bộ bề mặt xoang onlay cùng với lớp silicone.

Tất cả các file quét sẽ được xuất dưới dạng .stl và được đánh số thứ tự tương ứng để lưu trữ nhằm thực hiện chồng hình 3D.

Quy trình chồng hình

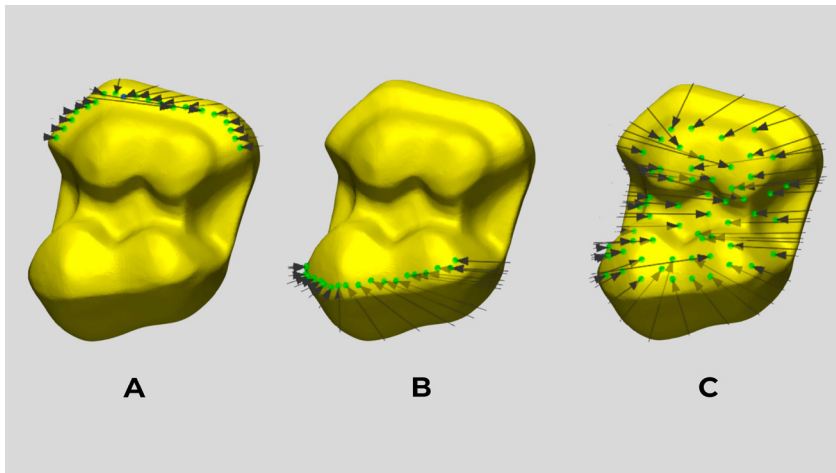
Tất cả các dữ liệu quét được thu thập ở bước trên được thực hiện chồng hình ảnh 3D bằng phần mềm Geomagic Control X (v2022.1).

Đối với nhóm được chồng hình bằng phương pháp RPM, bắt đầu bằng bước chồng hình sơ bộ để căn chỉnh mô hình thực tế với mô hình tham chiếu. Sau đó phần mềm thực hiện chồng hình toàn bộ bề mặt và tinh chỉnh sự chồng khớp nhằm đảm bảo khoảng cách tổng thể giữa hai bề mặt là nhỏ nhất. Sau khi căn chỉnh, chọn 100 điểm trên bề mặt mô hình tham chiếu (20 điểm ở đường hoàn tất mặt ngoài; 20 điểm ở đường hoàn tất mặt trong và 60 điểm ở nội phần) bằng cách chọn điểm cố định được thiết lập dựa trên tính năng tạo lưới tọa độ tham chiếu ngẫu nhiên của phần mềm Geomagic Control X. Sau đó, phần mềm tự động khóa vị trí

của 100 điểm này trên mẫu tham chiếu (việc đo đạc thực hiện trên các điểm cố định này). Phần mềm sẽ tính khoảng cách và xác định khoảng chênh lệch tại từng điểm. Tất cả các phép đo tại các điểm đánh dấu đường hoàn tất được coi là độ sai lệch rìa (MG), tại bên trong lòng được coi là độ sai lệch nội phần (IG) và giá trị trung bình của tất cả các phép đo được xác định là độ sai lệch tổng thể (OG).

Đối với nhóm được chồng hình bằng phương pháp SRG, bắt đầu bằng bước chồng hình sơ bộ như RPM nhưng là với file quét xoang onlay có silicone với xoang sửa soạn ban đầu. Các bước sau đó cũng được thực hiện như trên.

Giá trị hiệu dụng trung bình (RMS) giữa các onlay trong cùng một nhóm là giá trị phổ biến để đánh giá độ chính xác của onlay. Giá trị RMS cao hơn cho biết độ chính xác thấp hơn.



Hình 3. Các vị trí đánh dấu khảo sát mức độ sát khít của onlay so với xoang sửa soạn

A. Đường hoàn tất mặt ngoài; B. Đường hoàn tất mặt trong; C. Nội phần

Phân tích thống kê

Dữ liệu sau khi thu thập được xử bằng IBM SPSS Statistics, v26.1 (IBM Corp). Dữ liệu của các nhóm được phân tích bằng kiểm định phân phối chuẩn với phép kiểm định Shapiro-Wilk Test. Dữ liệu được biểu diễn dưới dạng trung bình \pm độ lệch chuẩn (SD). Các giá trị được so

sánh giữa các nhóm bằng kiểm định Paired-Samples T-test (Kiểm định T cặp).

3. Đạo đức nghiên cứu

Các can thiệp được thực hiện trên typodont, không khai thác dữ liệu từ bệnh nhân, không can thiệp trên người hay động vật.

III. KẾT QUẢ

Bảng 1. Giá trị p từ kiểm định phân phối chuẩn

Phương pháp đo	CAD/CAM			In 3D		
	OG	MG	IG	OG	MG	IG
RPM	0,619	0,064	0,222	0,119	0,382	0,499
SRG	0,363	0,199	0,148	0,582	0,097	0,06

OG- Độ sai lệch tổng thể; MG-Độ sai lệch ria; IG- Độ sai lệch nội phần; RPM - Kỹ thuật chồng hình kỹ thuật số; SRG - Kỹ thuật bản sao silicone kỹ thuật số

Tất cả các chỉ số OG, MG, IG đo bằng RPM và SRG trên hai phương pháp chế tạo CAD/CAM và In 3D) đều có giá trị $p > 0,05$, điều này chứng tỏ các sai lệch OG, MG, IG đều tuân theo phân phối chuẩn. Trong đó, chỉ số OG của nhóm CAD/CAM khi đo bằng kỹ thuật RPM đạt giá trị p cao nhất, tương đương với xu hướng dữ

liệu ổn định trong các nghiên cứu về phục hình CAD/CAM. Ngược lại, chỉ số MG của nhóm CAD/CAM và chỉ số IG của nhóm in 3D đo bằng SRG có giá trị gần mức có ý nghĩa thống kê ($p = 0,05$). Tuy vẫn đạt phân phối chuẩn, nhưng các nhóm này có độ biến thiên dữ liệu cao hơn so với các nhóm còn lại.

Bảng 2 . Hệ số biến thiên (CV) của SRG và RPM

Phương pháp đo	CAD/CAM			In 3D		
	OG	MG	IG	OG	MG	IG
RPM (%)	5,16	14,34	2,21	8,49	10,5	8,97
SRG (%)	22,3	26,62	23,48	22,46	40,77	21,92

OG- Độ sai lệch tổng thể; MG-Độ sai lệch ria; IG- Độ sai lệch nội phần; RPM - Kỹ thuật chồng hình kỹ thuật số; SRG - Kỹ thuật bản sao silicone kỹ thuật số

Dựa trên kỹ thuật khảo sát độ sát khít của phục hình, RPM có độ tin cậy và tính ổn định cao hơn trong việc đo lường độ sát khít của phục hình onlay so với SRG trên tất cả các vị trí khảo sát. Cụ thể, RPM cho thấy hệ số biến thiên giao động từ 2,21% đến 14,34%, thấp hơn đáng kể so với SRG có hệ số biến thiên giao động từ 21,92% đến 40,77%.

Dựa theo các phương pháp chế tạo phục hình kỹ thuật RPM cho thấy độ biến thiên thấp hơn so với kỹ thuật SRG tại vị trí OG. Vị trí MG luôn có thiên lệch giữa các mẫu cao nhất ở cả hai phương pháp khảo sát cũng như chế tạo phục hình.

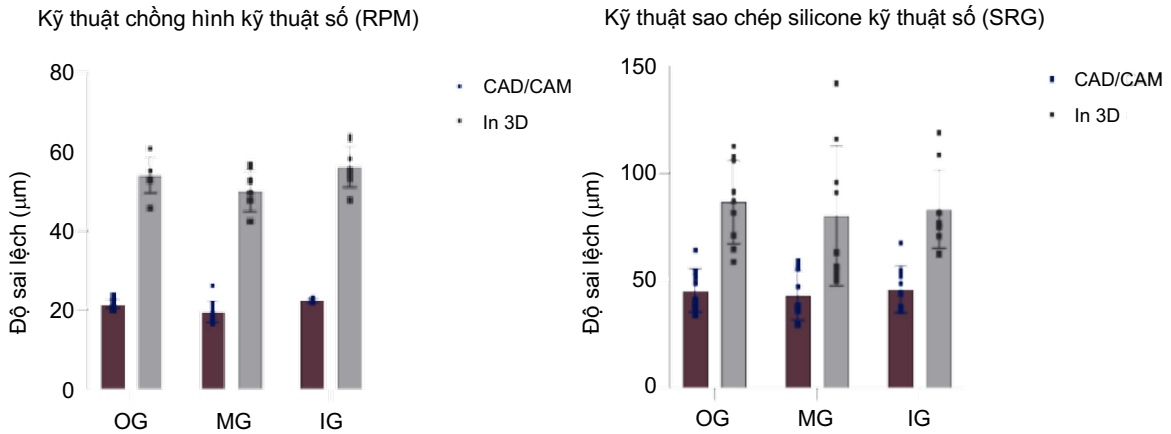
CAD/CAM luôn có kết quả sai lệch thấp hơn

so với kỹ thuật chế tạo in 3D tại các vị trí khảo sát cũng như kỹ thuật kiểm tra độ sát khít các so sánh đều có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Giá trị lệch chuẩn khi phục hình được khảo sát bằng RPM có độ lệch chuẩn thấp hơn SRG. Tại các vị trí khảo sát, MG là vị trí sát khít nhất đối với phục hình CAD/CAM được khảo sát bằng RPM, trong khi sai lệch tổng thể là lớn nhất khi phục hình in 3D được khảo sát bằng SRG.

IV. BÀN LUẬN

1. Sự kín khít của phục hình in 3D so với nhóm CAD/CAM

Nghiên cứu chỉ ra rằng, phục hình CAD/CAM có kết quả sai lệch thấp hơn so với in



Biểu đồ 1 . Trung bình về OG và IG được chế tạo bằng phương pháp CAD/CAM và in 3D được đo bằng RPM và SRG

OG. Độ sai lệch tổng thể; MG. Độ sai lệch rìa; IG. Độ sai lệch nội phần; RPM. Kỹ thuật chồng hình kỹ thuật số; SRG. Kỹ thuật bản sao silicone kỹ thuật số

3D ở các vị trí và các phép đo. Sự chính xác của công nghệ CAD/CAM so với in 3D cũng đã được chứng minh qua công bố gần nhất của Jamila Yassine 2026).⁷ Việc đảm bảo độ sát khít phục hình với xoang sửa soạn giúp giảm nguy cơ sâu răng thứ phát, ngăn cement gắn bị hoà tan, đảm bảo sức khoẻ mô nha chu.⁸ Tuy nhiên, những kết quả sai lệch thu được từ các phép đo đều nhỏ hơn 120 μm, được xem là ngưỡng chấp nhận được về mặt lâm sàng, với sự thích nghi tối ưu giao động khoảng 50 - 100 μm.⁹ Điều này dẫn tới sự ưu tiên chế tạo phục in 3D trong chế tạo phục hình bởi tiết kiệm giá thành, thời gian chế tạo, cũng như khả năng chống gãy vỡ cao hơn.¹⁰ Tuy nhiên, phục hình chế tạo bằng CAD/CAM được đánh giá là có hiệu suất vượt trội so với nhóm in 3D, in 3D cải thiện độ bền uốn hơn so với CAD/CAM, nhưng sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê.¹¹⁻¹³

2. Khảo sát sự kín khít phục hình bằng RPM và SRG

Có nhiều phương pháp xác định độ sát khít của phục hình như kính hiển vi điện tử quét micro CT, triple scan. Trong thiết kế nghiên cứu, chúng tôi sử dụng RPM và SRG. Đây là

hai phương pháp đơn giản, đảm bảo chính xác, không mất mẫu, hạn chế nhiều do bức xạ, tiết kiệm chi phí.^{14,15} Kết quả cho thấy RPM có độ sai lệch thấp hơn, độ ổn định cải thiện hơn so với SRG, tuy nhiên không thể khẳng định rằng RPM có thể thay thế cho SRG. Thực tế, RPM thực hiện nhằm khảo sát sự sai lệch giữa file thiết kế (CAD) và file sau chế tạo; vì vậy kết quả từ khảo sát bằng RPM chỉ cho biết được biến dạng của vật liệu chế tạo và sai số của máy móc. Sai số sẽ phụ thuộc rất nhiều vào độ chính xác của hệ thống máy quét cũng như lựa chọn thuật toán chồng hình của phần mềm. SRG được thực hiện nhằm đo khoảng hở cement giữa cùi răng và phục hình nhằm mô phỏng không gian mà cement chiếm chỗ; vì vậy, SRG đã bao gồm các sai số của máy móc, vật liệu chế tạo, cùi răng và sự ảnh hưởng của các điểm vướng tháo lắp. Tuy nhiên, SRG có sự tham gia của lớp vật liệu silicone trung gian, vì vậy có thể lí giải sự biến thiên cao của SRG có thể xuất phát từ đặc tính lưu biến của silicone, độ co ngót vật liệu, sai số quét lớp silicone mỏng, đây là nhược điểm dễ nhận thấy của phương pháp SRG so với RPM - chỉ đo trực tiếp độ chênh lệch từ hai file chồng hình kỹ thuật số mà không

phải sử dụng gián tiếp qua lớp silicone trung gian.

Hạn chế của nghiên cứu

Nghiên cứu của chúng tôi có một số hạn chế. Đầu tiên, thiết kế nghiên cứu chỉ xác định độ sát khít của phục hình sau chế tạo trước khi gắn vĩnh viễn, chưa thể khẳng định hiệu quả lâm sàng của kỹ thuật chế tạo CAD/CAM và in 3D thực tế khi gắn. Thứ hai, việc thực hiện trên răng typodont chưa phản ánh được môi trường miệng thực tế, với các yếu tố gây nhiễu đến sự kín khít của phục hình như cách ly với nước bọt, hướng tháo lắp, độ há ngậm miệng. Thứ ba, việc khảo sát trên 100 điểm có thể bỏ qua các điểm hở hoặc vướng cộm khác ngoài các điểm khảo sát. Trong tương lai, chúng tôi đề xuất các nghiên cứu trên miệng nhằm đánh giá độ sát khít của phục hình được chế tạo bằng công nghệ in 3D và CAD/CAM sau khi gắn vĩnh viễn, cũng như phạm vi các điểm khảo sát được mở rộng hơn với việc sử dụng thêm một số phương pháp đo mới như microCT hoặc chồng hình kỹ thuật số hoàn toàn nhằm giảm sai số do vật liệu trung gian.

IV. KẾT LUẬN

Phục hình onlay làm bằng sứ lai được gia công bằng công nghệ CAD/CAM có mức độ sát khít cao hơn so với in 3D tại hầu hết các vị trí khảo sát cũng như phương pháp khảo sát, mối quan hệ trên có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Các sai lệch của phục hình đều chấp nhận được trên lâm sàng.

Lời cảm ơn

Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn Viện Đào tạo Răng Hàm Mặt, Trường Đại học Y Hà Nội, Công ty GC Việt Nam, Công Dentsply Sirona, Công ty Singapodent đã hỗ trợ in mẫu 3D trong quá trình nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Alshehri HA, Altaweel SM, Alshaibani

R, et al. Effect of Different Wax Pattern Manufacturing Techniques on the Marginal Fit of Lithium Disilicate Crowns. *Materials*. 2022;15(14). doi:10.3390/ma15144774

2. Palacios T, Tarancón S, Pastor JY. On the Mechanical Properties of Hybrid Dental Materials for CAD/CAM Restorations. *Polymers (Basel)*. 2022 Aug 10;14(16):3252. doi: 10.3390/polym14163252.

3. Al-Sharifee EB, Al-Ali AA. Mechanical evaluation of hybrid ceramic compared with zirconia as an implant abutment material. *J Res Med Dent Sci*. 2023;11(5):63-67.

4. Ottoni R, Marocho SMS, Griggs JA et al. CAD/CAM versus 3D-printing/pressed lithium disilicate monolithic crowns: Adaptation and fatigue behavior. *J Dent*. 2022;123:104181. doi:10.1016/j.jdent.2022.104181

5. Arabia MA. Comparative Evaluation of Mechanical Properties Between CAD/CAM-Milled and 3D-Printed Dental Zirconia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Materials*. 2025;18(22):5112. doi:10.3390/ma18225112

6. Hussain M, Wadei D, Sayed M, et al. Marginal Adaptation and Internal Fit of 3D-Printed Provisional Crowns and Fixed Dental Prosthesis Resins Compared to CAD/CAM-Milled and Conventional Provisional Resins: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Coatings*. 2022;12:1777. doi:10.3390/coatings12111777

7. Yassine J, Diken Türksayar AA, Beuer F et al. Accuracy and Fit of Three-Unit Dental Restorations Fabricated from 3D-Printed Resins and CAD/CAM Milling Materials: A Micro-CT Study. *Bioengineering*. 2026;13:362. doi:10.3390/bioengineering13030362

8. Srimaneepong V, Heboyan A, Zafar MS et al. Fixed Prosthetic Restorations and Periodontal Health: A Narrative Review. *J Funct Biomater*. 2022 Feb 1;13(1):15. doi: 10.3390/jfb13010015.

9. Topdagi B, Guler CC, Sultanoglu EG. Marginal and internal fit accuracy of single-crown restorations: the impact of digital and conventional impression techniques. *BMC Oral Health*. 2025;26:79. doi:10.1186/s12903-025-07491-0
10. Duarte S, Phark J. Advances in Dental Restorations: A Comprehensive Review of Machinable and 3D-Printed Ceramic-Reinforced Composites. *J Esthet Restor Dent*. 2025;37(1):257-276. doi:10.1111/jerd.13371
11. Alanazi KK, Elkaffas AA. Physical Assessment of CAD/CAM and 3D-Printed Resin-Based Ceramics Integrating Additive and Subtractive Methods. *Polymers*. 2025;17(16):2168. doi:10.3390/polym17162168
12. Alanazi KK, Alzaid AA, Elkaffas AA, et al. Mechanical Assessment of CAD/CAM Fabricated Hybrid Ceramics: An In Vitro Study. *Appl Sci*. 2024;14(17). doi:10.3390/app14177939
13. Zarate-Maquera A, Sánchez-Tito M, Tozo-Burgos J. Mechanical Performance of 3D-Printed Resins versus CAD/CAM PMMA for Provisional Crowns: New Evidence under Simulated Clinical Conditions. *J Clin Exp Dent*. 2025;17:e1235-e1240. doi:10.4317/jced.63128
14. Alqahtani NM, Chaturvedi S, Addas MK, et al. Advanced superimposition method to evaluate the marginal and internal fit of ceramic crowns fabricated using heat pressing techniques. *PeerJ*. 2025;13:e19117. doi:10.7717/peerj.19117
15. Park JY, Bae SY, Lee JJ, Kim JH et al. Evaluation of the marginal and internal gaps of three different dental prostheses: comparison of the silicone replica technique and three-dimensional superimposition analysis. *J Adv Prosthodont*. 2017;9(3):159-169. doi:10.4047/jap.2017.9.3.159

Summary

EVALUATING THE FIT OF ONLAY FABRICATED USING 3D PRINTING AND CAD/CAM TECHNOLOGY: AN IN-VITRO STUDY

The degree of fit between the restoration and the prepared cavity is one of the important criteria for evaluating treatment effectiveness and predicting the long-term functional efficacy of dental restorations. An in-vitro study was conducted to evaluate the fit of hybrid ceramic onlay restorations fabricated using 3D printing and CAD/CAM technology. The fit was assessed at 100 points in the pulpal wall and marginal adaptation using Reference-Point Matching (RPM) and Silicone Replica Geomagic (SRG). The results showed that CAD/CAM-fabricated onlay restorations had a higher fit than the 3D-printed onlay group at most points, with a statistically significant correlation ($p < 0.05$). However, the deviation values assessed by RPM and SRG were both less than 120 μm , which is acceptable in clinical practice. Restorations fabricated using 3D printing and CAD/CAM both exhibit a higher risk of marginal application at the finish line compared to other locations.

Keywords: Accuracy-fit, 3D printing, CAD/CAM, RPM, SRG.