

DOI: <https://doi.org/10.59294/HIUJS.KHSK.2025.011>

KỸ THUẬT LẤY DẤU PHỤC HÌNH RĂNG THÁO LẮP TRONG KỶ NGUYÊN SỐ

Văn Hồng Phượng*, Phạm Nguyên Quân, Trịnh Minh Trí
Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng

TÓM TẮT

Đặt vấn đề: Công nghệ số đang tạo ra những thay đổi quan trọng trong nha khoa, đặc biệt là phục hình răng tháo lắp. Phương pháp lấy dấu truyền thống vẫn được sử dụng phổ biến nhưng có nhiều hạn chế như sai số tích lũy, phụ thuộc vào tay nghề bác sĩ và gây khó chịu cho bệnh nhân. Sự ra đời của kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số bằng máy quét trong miệng (IOS) mang đến nhiều cải tiến, giúp nâng cao độ chính xác, rút ngắn thời gian điều trị và cải thiện trải nghiệm của bệnh nhân. **Phương pháp nghiên cứu:** Tổng quan tài liệu nhằm đánh giá độ chính xác của IOS so với kỹ thuật lấy dấu truyền thống. **Kết quả:** IOS cho thấy độ chính xác cao hơn so với phương pháp lấy dấu truyền thống trong các trường hợp mất răng loại III/IV (phân loại Kennedy). Tuy nhiên, ở mất răng loại I/II, độ chính xác của IOS giảm dần khi khoảng mất răng dài hơn. Đặc biệt, trong mất răng toàn hàm, IOS còn hạn chế khi ghi nhận mô mềm và vùng di động. **Kết luận:** IOS đang tiếp tục phát triển giúp tối ưu hóa quy trình phục hình, cá nhân hóa điều trị và dần thay thế lấy dấu truyền thống trong phục hình răng tháo lắp, góp phần hiện đại hóa nha khoa phục hồi.

Từ khóa: lấy dấu kỹ thuật số, máy quét trong miệng, phục hình răng tháo lắp bán phần, phục hình răng tháo lắp toàn phần

REMOVABLE PROSTHODONTIC IMPRESSION TECHNIQUES IN THE DIGITAL ERA

Van Hong Phuong, Pham Nguyen Quan, Trinh Minh Tri

ABSTRACT

Background: Digital technology is driving significant changes in dentistry, particularly in removable prosthodontics. Traditional impression techniques remain widely used but have several limitations, including cumulative errors, operator dependency, and patient discomfort. The introduction of intraoral scanning (IOS) as a digital impression technique brings several advancements, enhancing accuracy, reducing treatment time, and improving the patient experience. **Research methods:** This study was conducted as a literature review, focusing on the accuracy of IOS compared to traditional impression techniques. **Results:** IOS demonstrates higher accuracy than traditional impression methods in partially edentulous cases classified as Kennedy Class III or IV. However, in Kennedy Class I/II cases, its accuracy decreases as the edentulous span lengthens. Particularly in fully edentulous cases, IOS still faces limitations in capturing soft tissue dynamics and displaceable tissues. **Conclusion:** IOS continues to evolve, optimizing prosthetic workflows, personalizing treatment, and gradually replacing traditional impression techniques in removable prosthodontics, contributing to the modernization of restorative dentistry.

Keywords: digital impression, intraoral scanner, removable partial denture, complete denture

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Những năm gần đây, sự phát triển của công nghệ kỹ thuật số đã thay đổi đáng kể nhiều lĩnh vực, trong đó có nha khoa. Phục hình răng tháo lắp - một giải pháp điều trị cho bệnh nhân mất răng toàn

* Tác giả liên hệ: Văn Hồng Phượng, Email: phuongvh2@hiu.vn
(Ngày nhận bài: 19/3/2025; Ngày nhận bản sửa: 07/5/2025; Ngày duyệt đăng: 20/5/2025)

bộ hoặc một phần - không nằm ngoài xu hướng này. Trước đây, các kỹ thuật lấy dấu truyền thống được sử dụng rộng rãi, dựa vào các vật liệu như alginate, silicone và các quy trình chế tác thủ công. Tuy nhiên, phương pháp này tồn tại nhiều hạn chế, bao gồm sự khó chịu cho bệnh nhân, phụ thuộc vào kỹ năng của bác sĩ răng hàm mặt và kỹ thuật viên, cũng như nguy cơ sai số trong việc tái hiện các chi tiết giải phẫu phức tạp [1].

Sự ra đời của máy quét trong miệng (Intraoral Scanner - IOS) đã mở ra một kỷ nguyên mới trong ngành phục hình răng nói chung và phục hình răng tháo lắp nói riêng. Với khả năng ghi nhận hình ảnh ba chiều chính xác, IOS dần thay thế nhu cầu sử dụng vật liệu lấy dấu truyền thống, mang lại trải nghiệm thoải mái hơn cho bệnh nhân. Đồng thời, dữ liệu kỹ thuật số từ IOS giúp tối ưu hóa quy trình thiết kế và chế tác phục hình thông qua hệ thống CAD/CAM (*Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing*) và in 3D (three dimensions), giúp tăng tính hiệu quả và độ chính xác trong điều trị [2].

Mặc dù có nhiều lợi ích, việc ứng dụng IOS trong phục hình răng tháo lắp vẫn còn tồn tại những hạn chế kỹ thuật, đặc biệt khi ứng dụng trên các cung hàm có khoảng mất răng dài. Các nghiên cứu cho thấy rằng độ chính xác của máy quét trên các bề mặt phẳng, không có đặc điểm giải phẫu rõ ràng hay các vùng niêm mạc di động, không có cấu trúc nâng đỡ cứng như mô xương (vùng vòm khẩu cái, ngách hành lang, khẩu cái mềm, tam giác hậu hàm hoặc sàn miệng,...) có thể bị hạn chế. Ngoài ra, các nhà nghiên cứu cũng thấy rằng độ chính xác của máy quét trong miệng còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố như chất lượng của máy quét, kích thước đầu quét, quy trình quét,... Do đó, việc cải thiện chất lượng quét bằng cách sử dụng các điểm mốc nhân tạo (marker) hay áp dụng chiến lược quét tối ưu là những hướng nghiên cứu cần được quan tâm [3].

Trong bối cảnh đó, bài báo này tập trung vào các tiến bộ trong kỹ thuật phục hình răng tháo lắp với sự hỗ trợ của công nghệ số, đặc biệt là đánh giá lợi ích, thách thức và triển vọng của việc ứng dụng máy quét trong miệng trong thực tiễn lâm sàng. Qua đó, bài viết không chỉ cung cấp cái nhìn toàn diện về các ứng dụng hiện tại mà còn gợi mở những hướng đi tiềm năng cho nghiên cứu và phát triển trong tương lai.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu này được thực hiện dưới hình thức tổng quan tài liệu, nhằm tổng hợp và phân tích các nghiên cứu liên quan đến ứng dụng công nghệ quét trong miệng (IOS) trong phục hình răng tháo lắp. Cụ thể đối tượng nghiên cứu bao gồm:

- Các nghiên cứu *in vivo* và *in vitro* đánh giá độ chính xác của IOS trong việc lấy dấu hàm mất răng.
- Các yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác của IOS và các giải pháp kỹ thuật được đề xuất nhằm nâng cao chất lượng dữ liệu quét.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phương pháp tổng quan tài liệu nhằm thu thập, phân tích và hệ thống hoá dữ liệu từ các nguồn tài liệu khoa học đáng tin cậy.

- Chiến lược tìm kiếm tài liệu: Tài liệu được tìm kiếm trên các cơ sở dữ liệu PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar và các tạp chí chuyên ngành, sử dụng từ khóa liên quan đến chủ đề nghiên cứu. Lọc tài liệu theo tiêu chí thời gian (10 năm gần đây) và ngôn ngữ (tiếng Anh, tiếng Việt).
- Tiêu chí lựa chọn tài liệu: Lựa chọn các tài liệu có nội dung phù hợp với mục tiêu nghiên cứu, có độ tin cậy cao, ưu tiên các nghiên cứu thực nghiệm và tổng quan hệ thống.
- Tiêu chí loại trừ: Loại trừ các tài liệu trùng lặp, bài báo không có dữ liệu cụ thể, không đáp ứng tiêu chí về độ tin cậy hoặc không liên quan đến chủ đề nghiên cứu.
- Phân tích và tổng hợp dữ liệu: Tài liệu được phân tích định tính, hệ thống hóa theo các chủ đề

chính phục vụ cho tổng quan và thảo luận, với mục tiêu:

- So sánh độ chính xác giữa phương pháp lấy dấu truyền thống và IOS trong phục hình tháo lắp.
- Đánh giá độ chính xác của IOS trên hàm mất răng và các yếu tố ảnh hưởng.

Bằng cách tổng hợp và so sánh dữ liệu từ các nghiên cứu thu thập được, bài báo mong muốn:

- Đưa ra cái nhìn tổng quan về hiệu quả và tiềm năng ứng dụng của IOS trong phục hình răng tháo lắp.
- Xác định các hạn chế của kỹ thuật và đề xuất hướng cải tiến trong tương lai.

3. TỔNG QUAN VỀ KỸ THUẬT THỰC HIỆN PHỤC HÌNH RĂNG THÁO LẮP

Phục hình răng tháo lắp là một trong những giải pháp phục hồi chức năng ăn nhai, thẩm mỹ và giao tiếp cho bệnh nhân mất răng toàn bộ hoặc bán phần. Với sự phát triển không ngừng của công nghệ nha khoa, đặc biệt là kỹ thuật số, quy trình thực hiện phục hình tháo lắp cũng đã có nhiều thay đổi đáng kể, nâng cao hiệu quả điều trị và trải nghiệm của bệnh nhân.

3.1. Phương pháp truyền thống

Theo phương pháp truyền thống, quy trình thực hiện phục hình răng tháo lắp được tiến hành qua ba bước cơ bản như sau:

(1) Lấy dấu hàm bằng vật liệu truyền thống: Sử dụng khay lấy dấu cùng với các vật liệu lấy dấu đàn hồi như alginate hoặc silicone để ghi lại các cấu trúc giải phẫu của cung hàm và mô mềm. Kỹ thuật này phụ thuộc rất nhiều vào đặc tính của vật liệu, đòi hỏi sự lựa chọn phù hợp cũng như sự khéo léo trong pha trộn và thao tác lấy dấu để đảm bảo tối ưu tính chất của vật liệu. Cho đến nay, chưa có loại vật liệu lấy dấu nào là tối ưu cho tất cả các trường hợp lâm sàng. Việc lựa chọn loại vật liệu trong kỹ thuật lấy dấu truyền thống thường phụ thuộc vào kinh nghiệm, quan điểm và sở thích cá nhân mang tính chủ quan của người thực hiện. Do đó, nếu không có sự hiểu biết thấu đáo về đặc tính của các loại vật liệu thì kết quả lấy dấu có thể bị sai lệch, ảnh hưởng đến chất lượng phục hình.

(2) Đổ mẫu hàm và thiết kế nền hàm giả: Dấu đã lấy được sử dụng để tạo mẫu hàm thạch cao, cung cấp nền tảng cho việc chế tác phục hình. Kỹ thuật viên sau đó sử dụng sáp hoặc các vật liệu tương tự để thiết kế nền hàm giả đảm bảo sự nâng đỡ, vững ổn và lưu giữ của phục hình.

(3) Hoàn thiện, thử và lắp phục hình: Phục hình sau khi chế tác được thử trực tiếp trên miệng bệnh nhân. Sau các bước chỉnh sửa cần thiết, phục hình được hoàn thiện bằng cách sử dụng các vật liệu phù hợp, đảm bảo đáp ứng cả chức năng ăn nhai lẫn yếu tố thẩm mỹ.

Mặc dù đã được sử dụng rộng rãi và có lịch sử lâu đời, phương pháp này vẫn bộc lộ nhiều hạn chế đáng kể, như phụ thuộc lớn vào tay nghề của người thực hiện, dễ xảy ra sai số tích lũy qua các giai đoạn, gây cảm giác khó chịu cho bệnh nhân và thường mất nhiều thời gian để hoàn thiện [4].

3.2. Phương pháp ứng dụng công nghệ số

Công nghệ kỹ thuật số, đặc biệt là máy quét trong miệng (IOS) mang đến một cuộc cách mạng trong quy trình thực hiện phục hình tháo lắp, với hai bước quan trọng được tối ưu hóa:

(1) Lấy dấu kỹ thuật số: IOS cho phép ghi lại chi tiết cấu trúc hàm và mô mềm thông qua công nghệ quét ba chiều (3D), loại bỏ hoàn toàn sự phụ thuộc vào vật liệu lấy dấu truyền thống. Quy trình quét diễn ra nhanh chóng, không chỉ giảm bớt cảm giác khó chịu cho bệnh nhân mà còn đảm bảo độ chính xác vượt trội [2].

(2) Thiết kế và chế tác: Hàm giả được thiết kế bằng phần mềm CAD/CAM (*Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing*): Dữ liệu quét được chuyển trực tiếp vào phần mềm thiết kế có sự hỗ trợ của máy tính, giúp tạo ra mô hình hàm giả với độ chính xác cao, phù hợp với cấu trúc giải phẫu riêng của từng bệnh nhân; sau đó, phục hình sẽ được chế tác bằng công nghệ in 3D hoặc

CNC (Computer Numerical Control). Nền tảng giả được chế tạo từ vật liệu chất lượng cao thông qua máy in 3D hoặc công nghệ gia công CNC, đảm bảo độ chính xác và đồng nhất trong sản phẩm cuối cùng [5].

(3) Thử và hoàn thiện phục hình: Sau khi phục hình được chế tác bằng công nghệ số, tiến hành thử phục hình trên miệng bệnh nhân để kiểm tra độ khít sát, sự hài hòa khớp cắn, tính thẩm mỹ và chức năng. Các sai lệch nhỏ được điều chỉnh trực tiếp trên phục hình hoặc thực hiện chỉnh sửa bằng phần mềm thiết kế. Sau khi hoàn thiện, phục hình được đánh bóng, hướng dẫn cách sử dụng và bảo quản trước khi giao hàm cho bệnh nhân.

Công nghệ kỹ thuật số mang lại nhiều ưu điểm đáng kể trong phục hình răng tháo lắp, giúp rút ngắn thời gian điều trị và giảm số lần chỉnh sửa, từ đó tối ưu hóa quy trình điều trị. Đặc biệt, công nghệ này cải thiện độ chính xác trong việc ghi lại chi tiết cấu trúc giải phẫu của hàm, đảm bảo chất lượng của phục hình cả về chức năng lẫn thẩm mỹ. Bên cạnh đó, việc sử dụng các công nghệ số mang đến trải nghiệm thoải mái hơn cho bệnh nhân, giảm thiểu cảm giác khó chịu trong suốt quá trình thực hiện.

Các kỹ thuật tiên tiến hỗ trợ lấy dấu kỹ thuật số bằng máy quét trong miệng (IOS):

(1) Sử dụng điểm mốc nhân tạo (marker): Các marker như nhựa resin, mực vẽ, hoặc vật liệu dễ nhận diện được đặt tại các vùng khó quét, chẳng hạn như vòm khẩu cái hoặc sống hàm mất răng, nhằm cải thiện độ chính xác. Những marker này giúp tối ưu hóa quá trình ghép hình ảnh quét, giảm thiểu sai số ở những khu vực không có đặc điểm giải phẫu rõ ràng [6].

(2) Tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI - Artificial Intelligence): AI được ứng dụng để phân tích dữ liệu quét, tự động phát hiện và điều chỉnh sai lệch, đồng thời đề xuất phương án phục hình tối ưu, nâng cao hiệu quả điều trị.

(3) Kết hợp với công nghệ khác: Máy quét trong miệng có thể được tích hợp với các thiết bị như CBCT (Cone Beam Computed Tomography - Chụp cắt lớp chùm tia hình nón) để tạo ra hình ảnh 3D toàn diện về cấu trúc hàm. Bên cạnh đó, công nghệ thực tế ảo tăng cường (AR - Augmented Reality) giúp bác sĩ răng hàm mặt và bệnh nhân dễ dàng hình dung và hiểu rõ hơn về kết quả điều trị, mang lại sự trực quan và chính xác trong quá trình điều trị.

Triển vọng ứng dụng công nghệ số trong phục hình răng tháo lắp hứa hẹn mang đến những bước đột phá trong tương lai. Các máy quét sẽ được cải tiến với đầu quét nhỏ hơn và độ nhạy cao hơn, giúp tiếp cận những vùng khó quét. Đồng thời, việc phát triển các thuật toán ghép hình ảnh tiên tiến sẽ cho phép quét toàn diện mà không cần sử dụng marker nhân tạo, tăng tính tiện lợi và hiệu quả. Các vật liệu tương hợp sinh học cũng đang được nghiên cứu để có thể chế tác hàm giả từ công nghệ in 3D, giúp giảm nguy cơ kích ứng và tăng sự thoải mái cho bệnh nhân. Kỹ thuật phục hình răng tháo lắp trong kỷ nguyên số không chỉ mang lại sự cải thiện rõ rệt về chất lượng phục hình mà còn nâng cao trải nghiệm điều trị của bệnh nhân. Để đạt được những lợi ích này, việc tiếp tục nghiên cứu và triển khai rộng rãi công nghệ số trong thực tiễn lâm sàng là điều vô cùng cần thiết [2].

3.3. Tổng quan về kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số bằng máy quét trong miệng (IOS)

Vào những năm 1980, các thiết bị quét trong miệng (IOS) ra đời và ngày càng được cải tiến, mang lại độ chính xác cao hơn, thời gian quét nhanh hơn và tăng cường sự thoải mái cho cả bệnh nhân và bác sĩ lâm sàng. IOS hiện là một giải pháp đáng tin cậy góp phần trong việc chế tác các phục hình cố định đơn lẻ hoặc cầu răng ngắn, với độ chính xác và thời gian thực hiện tương đương, thậm chí vượt trội so với phương pháp lấy dấu truyền thống. Tuy nhiên, các trường hợp quét toàn cung răng vẫn còn là thách thức đối với độ chính xác của IOS, đặc biệt ở các khoảng mất răng dài [5].

Đối với phục hình tháo lắp từng phần và toàn phần, việc sử dụng IOS để lấy dấu vẫn còn nhiều thách thức, chủ yếu liên quan đến việc tái hiện lại niêm mạc di động khi ghi dấu chức năng. Do đặc điểm hình ảnh học, thiết bị IOS chỉ có thể ghi dấu dưới điều kiện tĩnh của niêm mạc. Dù vậy, các báo cáo lâm sàng đã ghi nhận kết quả khả quan khi sử dụng IOS để chế tác phục hình tháo lắp. Ngoài ra, các

thể hệ máy quét trong miệng với thiết kế cải tiến có thể hỗ trợ quét cung hàm mất răng toàn bộ mà không cần sử dụng các markers [1, 2].

Kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số chia làm hai dạng: **(1) kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số trực tiếp:** Dùng máy quét trong miệng (IOS) để số hoá trực tiếp hình dạng cung hàm, cho phép thu thập dữ liệu trực tiếp và chuyển file dữ liệu cho kỹ thuật viên trong labo để chế tác phục hình; **(2) kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số gián tiếp:** Kỹ thuật viên dùng máy quét trong labo (Extraoral scanner) để số hoá hình ảnh mẫu hàm đã được đồ mẫu từ dấu truyền thống. Từ đó, kỹ thuật viên tiến hành thiết kế và chế tác phục hình thông qua sự hỗ trợ của hệ thống CAD/CAM [7].

(1) Kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số trực tiếp: Máy quét trong miệng sử dụng chùm ánh sáng (ánh sáng có cấu trúc hoặc tia laser chiếu lên bề mặt cần thu thập dữ liệu. Nó hoạt động như một máy ảnh có độ phân giải cao, ghi lại hình ảnh theo ba chiều không gian của răng, mô mềm trong miệng. Kỹ thuật lấy dấu này có thể khắc phục được các nhược điểm của kỹ thuật lấy dấu truyền thống thường bị ảnh hưởng bởi tính chất vật lý của vật liệu, do đó kết quả được cho là chính xác hơn, giảm thời gian làm việc, đơn giản hoá quy trình và tạo cảm giác thoải mái cho bệnh nhân. Ngoài ra, máy quét trong miệng có thể tối ưu hoá quy trình làm việc nhờ khả năng dễ dàng quét lại vùng bị thiếu, trong khi bất kì lỗi nào của dấu truyền thống đều phải thực hiện việc lấy dấu lại. Tuy nhiên, máy quét trong miệng cũng thể hiện một số hạn chế trong trường hợp bệnh nhân tiết nước bọt quá mức, không kiểm soát được dịch tiết và máu, mô niêm mạc di động, sự phản chiếu ánh sáng từ phục hồi hay các quy trình quét khác nhau,... Những yếu tố này sẽ ảnh hưởng đến chất lượng ghi nhận hình ảnh của máy quét [8].

(2) Kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số gián tiếp: Ngoài việc phụ thuộc vào thông số, chất lượng của máy quét giống như kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số trực tiếp. Nó còn phụ thuộc vào chất lượng của dấu truyền thống như việc lựa chọn khay phù hợp, quy trình thực hiện và khử khuẩn dấu, sự biến dạng của vật liệu, cũng như sự thay đổi kích thước của mẫu hàm sau khi đồ mẫu [8].

Độ chính xác của lấy dấu kỹ thuật số được định nghĩa theo hai thuật ngữ “trueness” (độ đúng) và “precision” (độ chính xác lặp lại). Độ đúng (trueness) là mức độ gần nhau giữa giá trị trung bình của một số lượng lớn các kết quả đo và giá trị thực (hoặc giá trị quy chiếu được chấp nhận); trong khi đó, độ chính xác lặp lại (precision) là mức độ gần nhau (đồng nhất) giữa các kết quả thu được khi lặp lại phép đo nhiều lần trong cùng điều kiện [7, 8].

Trong khuôn khổ của nghiên cứu này, chúng tôi chỉ đánh giá độ chính xác của kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số về một số phương diện như sau:

- (1) So sánh độ chính xác của kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số trực tiếp và kỹ thuật lấy dấu truyền thống; và phân tích một số yếu tố ảnh hưởng.
- (2) So sánh độ chính xác của kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số trực tiếp và kỹ thuật số gián tiếp.
- (3) Đánh giá độ chính xác của kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số trực tiếp tại các vị trí khác nhau ở cung hàm mất răng toàn bộ.

4. KẾT QUẢ

Bảng 1. So sánh độ chính xác của kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số trực tiếp và kỹ thuật lấy dấu truyền thống và một số yếu tố ảnh hưởng (nghiên cứu *in vitro* trên cung hàm mất răng từng phần)

Tác giả (năm)	Hàm	Phân loại Kennedy	Số răng mất	Điều kiện quét	Độ đúng (μm)		Độ chính xác lặp lại (μm)	
					IOS	CI	IOS	CI
Kim (2017) [5]	Hàm dưới	III	3	Không markers	36	-	13	-
				Có markers	31	-	9	-
Hayama (2018) [9]	Hàm dưới	I	6	IOS đầu quét lớn	105	154	108	119
				IOS	169	154	193	119

Tác giả (năm)	Hàm	Phân loại Kennedy	Số răng mất	Điều kiện quét	Độ đúng (µm)		Độ chính xác lặp lại (µm)	
					IOS	CI	IOS	CI
					đầu quét nhỏ			
		III	2	IOS đầu quét lớn	106	119	112	77
				IOS đầu quét nhỏ	126	119	180	77
Lee (2019) [10]	Hàm trên	III	2	-	58	-	-	-
		III	5	-	100	-	-	-
		IV	5	-	107	-	-	-
		III	6	-	116	-	-	-

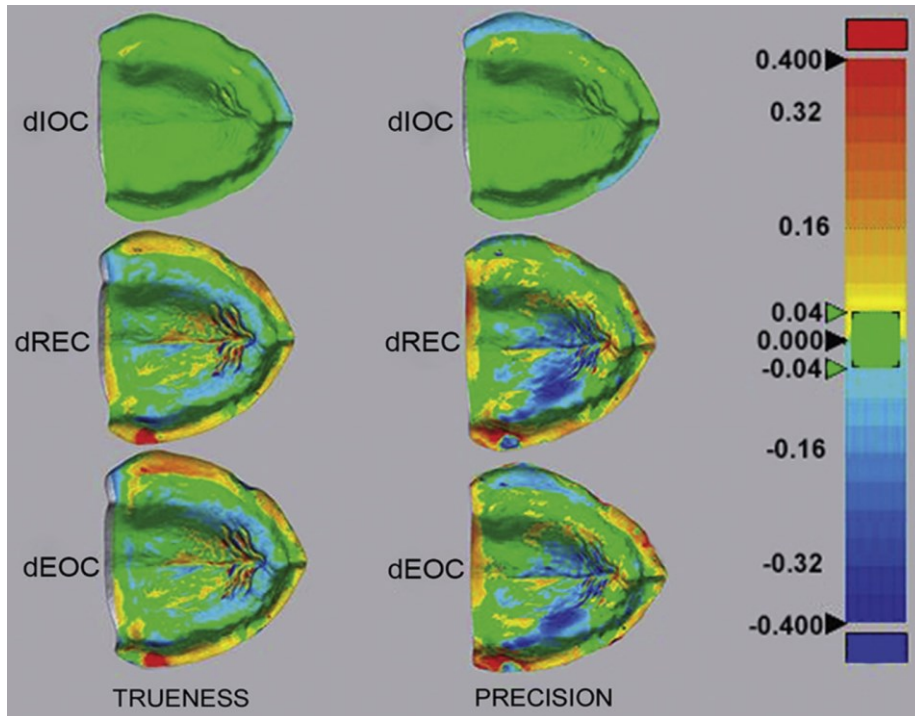
IOS: Intraoral Scanner (máy quét trong miệng); CI: Conventional impression (lấy dấu truyền thống)

Ba nghiên cứu *in vitro* đánh giá độ chính xác của các dấu kỹ thuật số sử dụng hệ thống quét trong miệng (IOS) trên các cung hàm mất răng từng phần, bao gồm cả độ đúng (*trueness*) và độ chính xác lặp lại (*precision*). Hayama và cộng sự (2018) thực hiện nghiên cứu so sánh phương pháp lấy dấu kỹ thuật số với phương pháp lấy dấu truyền thống, nhận thấy rằng dấu kỹ thuật số đạt độ đúng cao hơn nhưng độ chính xác lặp lại thì thấp hơn. Đặc biệt, khi sử dụng thiết diện đầu quét lớn, kết quả cải thiện rõ rệt độ chính xác so với đầu quét nhỏ [9]. Lee và cộng sự (2019) tiến hành khảo sát trên các mô hình mất răng loại III và IV theo phân loại Kennedy, với các mức độ mất răng khác nhau, và phát hiện rằng độ chính xác của dấu kỹ thuật số giảm dần khi số lượng răng mất tăng lên [10]. Trong khi đó, Kim (2017) đã so sánh độ chính xác của dấu kỹ thuật số giữa trường hợp có và không có điểm mốc nhân tạo (*markers*) trên mô hình hàm dưới mất răng loại III. Kết quả cho thấy, việc bổ sung các điểm mốc nhân tạo tại vùng mất răng giúp cải thiện đáng kể cả độ đúng lẫn độ chính xác [5]. Những kết quả này nhấn mạnh tiềm năng của dấu kỹ thuật số trong phục hình nha khoa, đồng thời cho thấy sự quan trọng của việc tối ưu hóa các yếu tố như điểm mốc nhân tạo và thiết diện đầu quét để cải thiện độ chính xác [2].

Bảng 2. So sánh độ chính xác của kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số trực tiếp và kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số gián tiếp (nghiên cứu *in vitro* trên cung hàm mất răng toàn phần)

Nghiên cứu	Kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số trực tiếp		Kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số gián tiếp		Ghi chú
	Độ đúng (Trueness) µm	Độ chính xác lặp lại (Precision) µm	Độ đúng (Trueness) µm	Độ chính xác lặp lại (Precision) µm	
Jamjoom (2022) [7]	69.51	73.89	60.11	75.56	- Dấu kỹ thuật số gián tiếp có độ đúng tốt hơn. - Dấu kỹ thuật số trực tiếp có độ chính xác lặp lại tốt hơn.
Zarone (2020) [8]	48.72	46.767	249.96	271.250	Dấu kỹ thuật số trực tiếp có độ đúng và độ chính xác lặp lại tốt hơn kỹ thuật gián tiếp.

Trong nghiên cứu *in vitro* trên cung hàm mất răng toàn bộ, Jamjoom (2022) thấy rằng kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số gián tiếp có độ đúng (*trueness*) tốt hơn so với kỹ thuật trực tiếp. Tuy nhiên, kỹ thuật trực tiếp lại có độ chính xác lặp lại (*precision*) tốt hơn so với kỹ thuật gián tiếp [7]. Trong nghiên cứu của Zarone (2020) thì kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số trực tiếp vượt trội hơn kỹ thuật gián tiếp cả về độ đúng và độ chính xác lặp lại [8].



Hình 1. Đánh giá độ đúng (trueness) và độ chính xác lặp lại (precision)

dIOC: Mẫu quét kỹ thuật số bằng máy quét trong miệng; *dEOC*: Mẫu quét kỹ thuật số bằng máy quét ngoài miệng; *dREC*: Mẫu quét kỹ thuật số của dấu.

Thực hiện chồng hình đối với từng nhóm dữ liệu quét. Các vùng màu xanh lá biểu thị độ sai lệch tối thiểu (± 0.04 mm) của mẫu quét kỹ thuật số so với dữ liệu tham chiếu. Các vùng màu đỏ cho thấy sự sai lệch ra ngoài ($+ 0.4$ mm), trong khi các vùng màu xanh lam biểu thị sự sai lệch vào trong (-0.4 mm) [8].

Bảng 3. So sánh độ chính xác của kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số trực tiếp tại các vị trí khác nhau ở hàm trên mất răng toàn phần (nghiên cứu *in vivo*)

Nghiên cứu	Toàn bề mặt (μm)	Khu vực tĩnh (μm)	Khu vực động (μm)	Ghi chú
Al Hamad (2022) [11]	920	210	1,510	Độ chính xác kém hơn ở vùng mô mềm di động
Jung (2019) [4]	90	50 - 180	860	Khẩu cái mềm có sai lệch cao hơn đáng kể so với các vùng có xương nâng đỡ
Alkhodary (2021) [12]	-	120 - 190	840	Sai lệch lớn ở vùng ngách hành lang
Chebib (2019) [13]	700 (sử dụng ZOE)	-	Lớn hơn	Sai lệch lớn hơn tại khu vực ngoại vi
Lo Russo (2020) [14]	110	30 (sau khi cắt bỏ vùng ngách hành lang)		Độ sai lệch giảm khi loại bỏ các khu vực ngoại vi

ZOE: Vật liệu kèm oxit eugenol (Zinc Oxide Eugenol)

Các nghiên cứu *in vivo* đánh giá độ chính xác của kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số trực tiếp ở hàm trên mất răng toàn phần, cho thấy sự khác biệt đáng kể giữa các vị trí lấy dấu. Al Hamad (2022) báo cáo

sai lệch lớn nhất tại vùng ngoại vi - vùng mô mềm di động [11]. Jung (2019) ghi nhận độ chính xác cao ở khu vực tĩnh, nhưng có sai lệch đáng kể ở vùng khẩu cái mềm (860 μm) [4]. Trong nghiên cứu của Alkhodary (2021), khu vực tĩnh có độ chính xác dao động từ 120 - 190 μm , trong khi ở ngách hành lang có sai lệch lớn hơn (840 μm) [12]. Chebib (2019) cũng nhận thấy sai lệch tại khu vực ngoại vi lớn hơn so với các vùng khác [13]. Đáng chú ý, nghiên cứu của Lo Russo (2020) chỉ ra rằng độ sai lệch giảm đáng kể khi loại bỏ các vùng di động ở khu vực ngoại vi [14].

Bảng 4. So sánh độ chính xác của kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số trực tiếp tại các vị trí khác nhau ở hàm dưới mất răng toàn phần (nghiên cứu *in vivo*)

Nghiên cứu	Toàn bề mặt (μm)	Khu vực tĩnh (μm)	Khu vực động (μm)	Ghi chú
Al Hamad (2022) [11]	1380	360	1750	Độ sai lệch cao hơn ở các khu vực động so với các khu vực tĩnh
Hack (2020) [15]	574	100	>500	Ghi nhận giá trị độ đúng tương đối thấp
Jung (2019) [4]	40	-	-	Độ sai lệch cao hơn ở khu vực động (ngách hành lang) so với khu vực tĩnh (có xương nâng đỡ)
Lo Russo (2020) [14]	260 μm (trước khi loại bỏ ngoại vi)	20 μm (sau khi loại bỏ ngoại vi)		Sai lệch giảm đáng kể sau khi loại bỏ khu vực ngoại vi
Alkhodary (2021) [12]	-	10 μm	950 μm	Sai lệch đáng kể ở các khu vực ngách hành lang, sàn miệng, tam giác hậu hàm, ngoại trừ sống hàm

Các nghiên cứu đánh giá độ chính xác của kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số trực tiếp trên hàm dưới mất răng toàn bộ cũng cho thấy sự khác biệt giữa các khu vực. Al Hamad (2022) và Hack (2020) ghi nhận sai lệch lớn ở khu vực động so với khu vực tĩnh [11, 15]. Jung (2019) cũng cho thấy độ sai lệch cao hơn ở khu vực động như ngách hành lang so với khu vực tĩnh có xương nâng đỡ [4]. Trong nghiên cứu của Alkhodary (2021) độ sai lệch đáng kể cũng được ghi nhận ở các khu vực động như ngách hành lang, sàn miệng và tam giác hậu hàm (950 μm), vùng tĩnh như ở sống hàm thì có độ chính xác cao (10 μm) [12]. Đặc biệt, Lo Russo (2020) chỉ ra rằng sai lệch giảm đáng kể (từ 260 μm xuống 20 μm) sau khi loại bỏ khu vực ngoại vi [14].

5. BÀN LUẬN

Sự phát triển của công nghệ số trong nha khoa đã mang lại những thay đổi quan trọng trong lĩnh vực phục hình răng tháo lắp. Kỹ thuật lấy dấu truyền thống, mặc dù đã được sử dụng rộng rãi trong nhiều thập kỷ, vẫn còn tồn tại nhiều hạn chế như sự khó chịu của bệnh nhân, sai số trong quá trình ghi nhận và chế tác, cũng như phụ thuộc lớn vào tay nghề của bác sĩ răng hàm mặt và kỹ thuật viên. Trong khi đó, sự xuất hiện của công nghệ quét trong miệng (IOS) và hệ thống CAD/CAM đã mở ra một hướng tiếp cận mới, giúp nâng cao độ chính xác, tối ưu hóa quy trình điều trị và nâng cao trải nghiệm của bệnh nhân. Đặc biệt ở những bệnh nhân há miệng hạn chế hoặc có phản xạ nôn mạnh, IOS cung cấp một giải pháp lấy dấu hiệu quả hơn so với các phương pháp truyền thống. IOS không chỉ giúp loại bỏ các vấn đề liên quan đến cảm giác khó chịu từ vật liệu lấy dấu truyền thống, mà còn tạo sự thoải mái tối đa cho bệnh nhân, đồng thời đảm bảo kiểm soát nhiễm khuẩn khi so sánh với các kỹ thuật truyền thống. Quá trình lấy dấu kỹ thuật số không yêu cầu tiếp xúc trực tiếp giữa dụng cụ và cấu trúc trong miệng, điều này giảm nguy cơ lây nhiễm chéo khi đầu quét được khử trùng đúng cách. Ngoài ra, quy trình kỹ thuật số còn cho phép chỉnh sửa hoặc quét lại vùng lỗi ngay lập tức, tiết kiệm thời gian và giảm số lần hẹn [1].

Kết quả từ các nghiên cứu đã chỉ ra rằng IOS có thể cung cấp độ chính xác cao trong việc ghi nhận hình ảnh cung hàm mất răng bán phần. Ngoài ra, IOS còn giúp tăng hiệu quả làm việc thực tế lâm sàng vì so với các phương pháp truyền thống, IOS có thể giúp rút ngắn số lần hẹn, nhờ khả năng lấy dấu nhanh chóng và tiến hành thiết kế hàm giả ngay sau khi quét. Điều này đặc biệt hữu ích trong các trường hợp mất răng giới hạn, chẳng hạn như Kennedy loại III/IV. Mặc dù có nhiều lợi ích, nhưng việc ứng dụng IOS ở các trường hợp mất răng phức tạp chẳng hạn như Kennedy loại I/II hoặc các khoảng mất răng rộng vẫn tồn tại nhiều hạn chế, đặc biệt khi quét các vùng phẳng, ít đặc điểm giải phẫu như vòm khẩu cái, sàn miệng hay ngách hành lang. Công nghệ IOS hiện tại chưa thể ghi nhận đầy đủ sự biến dạng cơ học của mô mềm khi hoạt động chức năng - một yếu tố quan trọng trong các kỹ thuật lấy dấu chức năng truyền thống. Điều này làm giảm khả năng áp dụng IOS trong việc chế tạo hàm giả đòi hỏi độ ổn định cao và tái lập hoạt động chức năng một cách chính xác. Hiện nay, những hạn chế này có thể được cải thiện phần nào bằng cách sử dụng các điểm mốc nhân tạo (markers), cải tiến thuật toán ghép hình ảnh hoặc kết hợp với các công nghệ hỗ trợ như CBCT [2, 6].

Một điểm quan trọng cần thảo luận là khả năng ứng dụng rộng rãi của IOS trong phục hình răng tháo lắp toàn phần còn nhiều thử thách. Dù IOS đã chứng minh được hiệu quả trong phục hình răng cố định và phục hình răng tháo lắp bán phần, việc ứng dụng vào phục hình tháo lắp toàn phần vẫn còn nhiều vấn đề cần giải quyết. Cụ thể là kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số chưa thể ghi nhận chính xác tình trạng mô mềm dưới điều kiện động như trong lấy dấu chức năng của hàm giả toàn phần nên chưa thể thực hiện mô phỏng ranh giới hàm giả (border modeling) một cách chính xác. Đây là bước bắt buộc trong giai đoạn lấy dấu các trường hợp mất răng bán phần Kennedy loại I/II và mất răng toàn phần, nơi các ranh giới của nền hàm cần được xác định rõ ràng để đảm bảo sự ổn định và khả năng giữ dính của hàm giả. Hiện tại, các thuật toán phần mềm và kỹ thuật quét cần được phát triển hơn nữa để có thể khắc phục những hạn chế này, nhằm ghi nhận chính xác sự di chuyển của mô mềm và mô phỏng sự biến dạng chức năng của mô bên dưới và quanh hàm giả. Điều này đặt ra yêu cầu phát triển các phương pháp hỗ trợ, chẳng hạn như ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) để xử lý dữ liệu quét hoặc sử dụng công nghệ in 3D với vật liệu linh hoạt để mô phỏng tốt hơn các chuyển động của mô mềm [1, 3].

Ngoài ra, chi phí đầu tư cho hệ thống quét trong miệng và phần mềm CAD/CAM vẫn là một rào cản đối với nhiều phòng khám nha khoa, đặc biệt ở các cơ sở nhỏ. Dù công nghệ số giúp tối ưu hóa quy trình làm việc và giảm số lần điều chỉnh, chi phí ban đầu cao có thể ảnh hưởng đến quyết định ứng dụng của bác sĩ răng hàm mặt. Do đó, cần có thêm nghiên cứu về chi phí - hiệu quả và khả năng tiếp cận công nghệ này trong điều kiện thực tế. Hơn nữa, độ chính xác của IOS còn bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, bao gồm kích thước đầu quét, chiến lược quét, kinh nghiệm của người thực hiện và đặc điểm giải phẫu cụ thể của từng bệnh nhân. Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng người thực hiện có kinh nghiệm thường đạt được độ chính xác tốt hơn, mặc dù các kỹ thuật cụ thể, chẳng hạn như kỹ thuật "buccopalatal", đã cho thấy tiềm năng cải thiện độ chính xác ngay cả với người ít kinh nghiệm. Việc sử dụng các điểm mốc nhân tạo và công cụ hỗ trợ quét cũng được ghi nhận là có thể tăng cường độ chính xác, đặc biệt ở các khu vực phẳng hoặc thiếu đặc điểm giải phẫu nổi bật. Tuy nhiên, những kỹ thuật này có thể làm tăng thời gian thực hiện và ảnh hưởng đến sự hài lòng của bệnh nhân, đặc biệt khi cần kiểm soát các yếu tố như nước bọt và sự ổn định của các điểm mốc nhân tạo [7, 13].

Mặc dù quy trình kỹ thuật số giúp đơn giản hóa quá trình chế tạo hàm giả, nhưng các bằng chứng khoa học hiện tại vẫn còn hạn chế. Cần thực hiện thêm các nghiên cứu *in vivo* để xác nhận tính hiệu quả của IOS trong các tình huống lâm sàng thực tế. Ngoài ra, cũng cần xây dựng quy trình chuẩn hóa để đánh giá độ chính xác giúp tăng tính khả thi và tính so sánh giữa các nghiên cứu. Hơn nữa, việc phát triển công nghệ để tái tạo hình thái mô mềm trong trạng thái chức năng và số hóa quá trình tạo ranh giới hàm giả là cần thiết để mở rộng ứng dụng IOS [3]. Với những cải tiến công nghệ liên tục và không ngừng hoàn thiện, IOS có tiềm năng trở thành một công cụ quan trọng trong nha khoa phục hình, mang lại lợi ích tối ưu cho cả bệnh nhân và bác sĩ lâm sàng. Triển vọng trong tương lai của kỹ thuật số trong phục hình răng tháo lắp là rất lớn. Các thế hệ máy quét tiếp theo có thể sẽ được thiết kế nhỏ gọn hơn, tốc độ quét nhanh hơn và khả năng ghi nhận dữ liệu chính xác hơn, đặc biệt trên các

vùng khó tiếp cận. Việc tích hợp thêm các công nghệ như AI, AR (thực tế ảo tăng cường) và vật liệu in 3D sinh học sẽ giúp nâng cao hiệu quả điều trị, mang lại sự thoải mái tối đa cho bệnh nhân. Nhìn chung, dù còn nhiều thách thức, ứng dụng công nghệ số trong phục hình răng tháo lắp hứa hẹn mang đến những cải tiến đáng kể trong chất lượng điều trị. Để đạt được hiệu quả tối đa, cần có sự hợp tác chặt chẽ giữa các nhà nghiên cứu, nhà sản xuất thiết bị và bác sĩ răng hàm mặt lâm sàng nhằm tiếp tục cải tiến công nghệ, nâng cao hiệu quả ứng dụng trong thực tiễn.

6. KẾT LUẬN

Sự phát triển của công nghệ số trong nha khoa đã mang lại những thay đổi đáng kể trong quy trình thực hiện phục hình răng tháo lắp nói chung và kỹ thuật lấy dấu nói riêng. Các phương pháp lấy dấu truyền thống mặc dù vẫn được sử dụng rộng rãi nhưng bộc lộ nhiều hạn chế liên quan đến sai số tích lũy, mất nhiều thời gian, gây cảm giác khó chịu cho bệnh nhân và phụ thuộc nhiều vào kỹ năng của bác sĩ. Trong khi đó, kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số với máy quét trong miệng (IOS) cùng sự hỗ trợ của các công nghệ tiên tiến như AI, thực tế ảo tăng cường (AR) và CAD/CAM đã cải thiện đáng kể độ chính xác, rút ngắn thời gian điều trị và tối ưu hóa trải nghiệm của bệnh nhân.

Tổng hợp các nghiên cứu hiện có về ứng dụng công nghệ quét trong miệng (IOS) trong phục hình răng tháo lắp, kết quả cho thấy:

- (1) Kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số trực tiếp có độ chính xác cao hơn kỹ thuật lấy dấu truyền thống ở những trường hợp mất răng loại III/IV (theo phân loại Kennedy), số lượng răng mất càng tăng thì độ chính xác càng giảm.
- (2) Kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số gián tiếp có độ đúng (trueness) tốt hơn so với kỹ thuật trực tiếp. Tuy nhiên, kỹ thuật trực tiếp lại có độ chính xác lặp lại (precision) tốt hơn so với kỹ thuật gián tiếp.
- (3) Kỹ thuật lấy dấu kỹ thuật số trực tiếp ở hàm mất răng toàn phần có sự khác biệt đáng kể về độ chính xác giữa các vị trí lấy dấu: Ở những vị trí tĩnh (có mô xương nâng đỡ) dấu kỹ thuật số có độ chính xác cao hơn đáng kể so với những vị trí động (ngách hành lang, sàn miệng, khẩu cái mềm, ...)
- (4) Cải thiện thiết diện đầu quét và sử dụng thêm các mốc nhân tạo (marker) cho thấy hiệu quả quét tối ưu hơn, đặc biệt là ở những bề mặt phẳng không có cấu trúc giải phẫu rõ ràng.

Trong tương lai, công nghệ quét trong miệng (IOS) hứa hẹn sẽ tiếp tục phát triển mạnh mẽ, mở ra nhiều cơ hội ứng dụng rộng rãi trong phục hình răng tháo lắp. Sự cải tiến không ngừng về phần cứng, bao gồm cảm biến quang học có độ phân giải cao hơn và tốc độ quét nhanh hơn, sẽ giúp tăng cường độ chính xác khi ghi nhận bề mặt mô mềm và cấu trúc niêm mạc di động. Bên cạnh đó, các thuật toán xử lý hình ảnh tiên tiến tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI) sẽ hỗ trợ phân tích dữ liệu, giảm thiểu sai số và tối ưu hóa thiết kế phục hình. Ngoài ra, sự kết hợp giữa IOS với công nghệ in 3D và CAD/CAM không chỉ rút ngắn quy trình chế tác mà còn giúp cá nhân hóa phục hình, mang lại kết quả phù hợp hơn với từng bệnh nhân. Với những tiến bộ này, IOS không chỉ thay thế phương pháp lấy dấu truyền thống mà còn đóng vai trò quan trọng trong việc hiện đại hóa nha khoa phục hồi, nâng cao trải nghiệm điều trị và chất lượng cuộc sống của bệnh nhân.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin gửi lời cảm ơn tới Ban chủ nhiệm Khoa Răng Hàm Mặt, giảng viên Phân môn Phục Hình - Bộ môn Phục Hồi và các giảng viên của Khoa Răng- Hàm - Mặt Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng đã hỗ trợ cho bài nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Y. Wang, Y. Li, S. Liang, ..., Y. Zhou, "The accuracy of intraoral scan in obtaining digital impressions of edentulous arches: a systematic review," *The journal of evidence-based dental practice*, 24, 1, 2024. DOI: 10.1016/j.jebdp.2023.101933.
- [2] K. Fueki, Y. Inamochi, Y. Arai, ..., N. Wakabayashi, "A systematic review of digital removable

- partial dentures. Part I: Clinical evidence, digital impression, and maxillomandibular relationship record,” *Journal of Prosthodontic Research*, 66(1): 40-52, 2021. DOI: 10.2186/jpr.JPR_D_20_00116.
- [3] G. Srivastava, S. Padhiary, N. Mohanty, P.M. Mourelle and N. Chebib, “Accuracy of Intraoral Scanner for Recording Completely Edentulous Arches - A Systematic Review,” *Dentistry journal*, 11, 241, 2023. DOI: 10.3390/dj11100241.
- [4] S. Jung, C. Park, H.S. Yang, ..., S.W. Park, “Comparison of different impression techniques for edentulous jaws using three-dimensional analysis,” *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 11:179-86, 2019. DOI: 10.4047/jap.2019.11.3.179.
- [5] J.E. Kim, A. Amelya, Y. Shin and J.S. Shim, “Accuracy of intraoral digital impressions using an artificial landmark,” *The journal of prosthetic dentistry*, 117(6):755-761, 2017.
- [6] R. Sorrentino, G. Ruggiero, R. Leone, M. Ferrari and F. Zarone, “Area accuracy gradient and artificial markers: a three-dimensional analysis of the accuracy of IOS scans on the completely edentulous upper jaw,” *Journal of osseointegration*, 13(4):S257-S264, 2021. DOI: 10.23805/JO.2021.13.S04.1.
- [7] F.Z. Jamjoom, A. Aldghim, O. Aldibasi and B. Yilmaz, “Impact of intraoral scanner, scanning strategy, and scanned arch on the scan accuracy of edentulous arches: An in vitro study”, *The journal of prosthetic dentistry*, 131:1218-25, 2024. DOI: 10.1016/j.prosdent.2023.01.027.
- [8] F. Zarone, G. Ruggiero, M. Ferrari, ..., R. Sorrentino, “Accuracy of a chairside intraoral scanner compared with a laboratory scanner for the completely edentulous maxilla: An in vitro 3-dimensional comparative analysis”, *The journal of prosthetic dentistry*, 124, 6, 2020. DOI: 10.1016/j.prosdent.2020.07.018.
- [9] H. Hayama, K. Fueki, J. Wadachi and N. Wakabayashi, “Trueness and precision of digital impressions obtained using an intraoral scanner with different head size in the partially edentulous mandible”, *Journal of Prosthodontic Research*, 454, 6, 2018. DOI: 10.1016/j.jpjor.2018.01.003.
- [10] J.H. Lee, J.H. Yun, J.S. Han, I.S.L. Yeo and H.I. Yoon, “Repeatability of Intraoral Scanners for Complete Arch Scan of Partially Edentulous Dentitions: An In Vitro Study”, *Journal of clinical medicine*, 8, 1187, 2019. DOI:10.3390/jcm8081187.
- [11] K.Q.A. Hamad and F.T.A. Kaff, “Trueness of intraoral scanning of edentulous arches: A comparative clinical study”, *Journal of Prosthodontics*, 1-6, 2022. DOI: 10.1111/jopr.13597.
- [12] M.A. Alkhodary, “Optical versus conventional impressions of the completely edentulous arches”, *Egyptian dental journal*, 67, 1407-1415, 2021, DOI: 10.21608/edj.2021.51559.1369.
- [13] N. Chebib, N. Kalberer, M. Srinivasan, ..., F. Müller, “Edentulous jaw impression techniques: An in vivo comparison of trueness”, *The journal of prosthetic dentistry*, 2018. DOI: 10.1016/j.prosdent.2018.08.016.
- [14] L.L. Russo, G. Caradonna, G. Troiano, ..., D. Ciavarella, “Three-dimensional differences between intraoral scans and conventional impressions of edentulous jaws: A clinical study”, *The journal of prosthetic dentistry*, 2019. DOI: 10.1016/j.prosdent.2019.04.004.
- [15] G. Hack, L. Liberman, K. Vach, ..., S.B.M. Patzelt, “Computerized optical impression making of edentulous jaws - An in vivo feasibility study”, *Journal of Prosthodontic Research*, 64, 444-453, 2020. DOI: 10.1016/j.jpjor.2019.12.003.