

Soonthornworasiri, N. (2021). Hand, foot, and mouth disease in Thailand: A comprehensive modelling of epidemic dynamics. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2021, 6697522. <https://doi.org/10.1155/2021/6697522>

8. Zhu, P., Ji, W., Li, D., Li, Z., Chen, Y., Dai, B., Han, S., Chen, S., Jin, Y., & Duan, G. (2023). Current status of hand-foot-and-mouth disease. *Journal of Biomedical Science*, 30(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s12929-023-00908-4>

KHẢO SÁT LỰC MÔ-MEN XOẮN TRƯỚC VÀ SAU TẢI LỰC TRONG PHỤC HÌNH ALL-ON-FOUR HÀM DƯỚI

Tạ Nguyễn Xuân Quỳnh¹, Đoàn Minh Trí²

TÓM TẮT

Mục tiêu: Đánh giá tỷ lệ mất lực mô-men xoắn của vít phục hình trên Multi-unit abutment (MUA) với các góc nghiêng khác nhau (0°, 17°, 30°) trước và sau khi tải lực trong phục hình All-on-Four hàm dưới.

Đối tượng và phương pháp: Nghiên cứu in vitro trên 3 mẫu hàm acrylic toàn hàm hàm dưới không răng (mật độ xương D2–D3). Mỗi mẫu gồm 4 implant Osstem TSIII, trong đó 2 implant vùng răng trước dùng MUA 0°, 2 implant vùng răng sau sử dụng MUA có góc nghiêng 0°, 17° hoặc 30° theo từng nhóm. Phục hình toàn hàm được thiết kế bằng phần mềm Exocad, chế tác từ nhựa PMMA bằng CAD/CAM và cố định với lực siết 20 Ncm trên MUA. Lực mô-men xoắn tháo vít được đo trước và sau tải lực mô phỏng. Dữ liệu được xử lý bằng phần mềm JASP 0.17.2.1. **Kết quả:** Sau khi tải lực, lực mô-men xoắn giảm rõ rệt ở cả ba nhóm. Tỷ lệ mất mô-men xoắn sau tải lực (%Rp) tăng theo góc nghiêng MUA, lần lượt là 6.19% (0°), 9.68% (17°), và 16.1% (30°). Phân tích thống kê cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa giữa nhóm 0° và 30° ($p = 0.001$), trong khi nhóm 0° và 17° cũng như 17° và 30° không khác biệt đáng kể ($p > 0.05$). Tỷ lệ mất mô-men xoắn trung bình (%R') cũng tăng theo độ nghiêng abutment, với sự khác biệt đáng kể giữa nhóm 0° và 30° ($p = 0.001$). **Kết luận:** Góc nghiêng MUA ảnh hưởng đáng kể đến tỷ lệ mất lực mô-men xoắn sau khi tải lực. MUA nghiêng 30° làm tăng nguy cơ lỏng vít phục hình trong phục hình All-on-four hàm dưới. **Từ khóa:** lực mô-men xoắn, lỏng vít phục hình

SUMMARY

ASSESSMENT OF TORQUE VALUES BEFORE AND AFTER LOADING IN MANDIBULAR ALL-ON-FOUR IMPLANT-SUPPORTED PROSTHESES

Objective: To evaluate the percentage of torque loss in prosthetic screws connected to multi-unit abutments (MUAs) with different angulations (0°, 17°, and 30°) before and after mechanical loading in mandibular All-on-Four prostheses. **Materials and Methods:** This in vitro study was conducted on three

edentulous mandibular acrylic models simulating D2–D3 bone density. Each model received four Osstem TSIII implants: two anterior implants restored with 0° MUAs and two posterior implants with MUAs angulated at 0°, 17°, or 30°, depending on the study group. Full-arch prostheses were designed using Exocad software, milled from PMMA via CAD/CAM technology, and secured with prosthetic screws torqued to 20 Ncm. Detorque values were recorded before and after cyclic loading. Data were analyzed using JASP version 0.17.2.1. **Results:** Torque values decreased significantly after loading across all groups. The mean post-loading torque loss (%Rp) increased with abutment angulation: 6.19% (0°), 9.68% (17°), and 16.1% (30°). A statistically significant difference in %Rp was observed between the 0° and 30° groups ($p = 0.001$), while differences between 0° vs. 17° and 17° vs. 30° were not statistically significant ($p > 0.05$). Similarly, the average torque loss (%R') also increased with angulation, showing a significant difference between 0° and 30° groups ($p = 0.001$). **Conclusion:** MUA angulation has a significant impact on post-loading torque loss. A 30° angled MUA increases the risk of prosthetic screw loosening in mandibular All-on-four restorations. **Key words:** Torque force, Prosthetic screw loosening

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cấy ghép implant nha khoa đã mang lại nhiều lợi ích trong điều trị mất răng toàn hàm, tuy nhiên lỏng vít tại giao diện giữa implant và abutment vẫn là một biến chứng cơ học phổ biến, đặc biệt khi sử dụng các abutment có góc nghiêng như trong kỹ thuật All-on-four. Các dữ liệu trước đây về implant đơn lẻ ghi nhận tỷ lệ lỏng vít lên đến 65% trong vòng ba năm. Mặc dù các cải tiến trong hệ thống implant đã góp phần làm giảm tỷ lệ này, nhưng các nghiên cứu gần đây vẫn cho thấy tỷ lệ dao động khá rộng, từ 3% đến 45% đối với các phục hình trên implant nói chung. Riêng đối với phục hình cố định trên implant, tỷ lệ lỏng vít được báo cáo là 5,3% sau năm năm sử dụng. Một trong những nguyên nhân chính gây lỏng vít là sự giảm lực tiền tải mô-men xoắn theo thời gian do các yếu tố như vi dịch chuyển giữa các bề mặt tiếp xúc, lực nhai lệch trục, chu kỳ mỏi vật liệu và hiệu ứng ổn định [1].

^{1,2} Đại học Y Dược Tp. Hồ Chí Minh

Chịu trách nhiệm chính: Đoàn Minh Trí

Email: trimdr818@gmail.com

Ngày nhận bài: 21.5.2025

Ngày phản biện khoa học: 23.6.2025

Ngày duyệt bài: 24.7.2025

Multi-unit abutment (MUA) là thành phần then chốt trong phục hình All-on-four, cho phép điều chỉnh hướng bắt vít thuận lợi, đảm bảo phục hình thụ động và ổn định lâu dài. Khi sử dụng MUA có góc nghiêng lớn, lực tác động lên vít càng có thành phần lệch trục rõ rệt, làm tăng nguy cơ mất lực mô-men xoắn, ảnh hưởng đến khả năng duy trì kết nối ổn định của hệ thống phục hình [2]. Trong bối cảnh đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm khảo sát ảnh hưởng của góc nghiêng MUA (0° , 17° , 30°) đến tỷ lệ mất lực mô-men xoắn của vít phục hình trước và sau khi tải lực mô phỏng. Kết quả nghiên cứu góp phần chơ cơ sở dữ liệu thực nghiệm giúp nâng cao hiệu quả lâm sàng và độ bền cơ học trong phục hình toàn hàm trên implant theo kỹ thuật All-on-four.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Thiết kế nghiên cứu: Nghiên cứu in vitro có nhóm chứng

Đối tượng nghiên cứu: Ba mẫu hàm acrylic toàn hàm hàm dưới không răng, mô phỏng nền xương chất lượng D2-D3 theo phân loại của Misch (1985). Mỗi mẫu hàm được cấy ghép 4 implant theo protocol All-on-four.

Hai implant vùng răng trước được đặt thẳng, kết nối MUA loại 0° , trong khi hai implant vùng răng sau được kết nối với MUA có góc nghiêng lần lượt là 0° , 17° hoặc 30° tùy theo từng nhóm nghiên cứu. Tổng cộng có 3 nhóm tương ứng với 3 góc nghiêng MUA vùng răng sau (0° , 17° , 30°), mỗi nhóm gồm 4 implant, đảm bảo sự đồng nhất về thiết kế và phân bố lực giữa các mẫu.

Các implant sử dụng trong nghiên cứu thuộc hệ thống Osstem TS III SA với kết nối trong. Cụ thể, implant vùng răng trước có đường kính 3.5 mm (mini-implant) và vùng răng sau là 4.0 mm với chiều dài đồng nhất 11.5 mm. MUA được sử dụng với chiều cao nướu là 4 mm và đường kính là 4.8 mm. Đối với vùng răng trước, sử dụng abutment MUA 0° . Vùng răng sau sử dụng các MUA có góc nghiêng khác nhau gồm: 0° , 17° , 30° . Tất cả MUA nghiêng kết nối với implant bằng vít EbonyGold Screw, trong khi vít phục hình của cylinder sử dụng vít titan US Esthetic-Low Ti Cylinder Screw (MTS200).

Tiến trình nghiên cứu: Đầu tiên, dữ liệu hình ảnh bề mặt mẫu hàm được thu thập bằng máy quét mẫu hàm (tập tin .STL), và dữ liệu hình ảnh xương hàm được thu thập qua chụp CBCT (tập tin .DICOM). Các tập tin dữ liệu được nhập và chồng khớp trong phần mềm Exocad, kết hợp giữa bề mặt niêm mạc, cấu trúc xương và thiết kế phục hình sau cùng để lên kế hoạch

vị trí và hướng đặt implant phù hợp với phục hình tức thì. Từ kế hoạch implant, ba máng hướng dẫn phẫu thuật tương ứng được thiết kế và in 3D.

Sau đó, tiến hành đặt implant được đặt vào đúng vị trí, hướng và độ sâu dựa trên máng, sau đó gắn MUA. Phục hình toàn hàm tạm thời bằng vật liệu PMMA (Yamahachi, Nhật Bản) được thiết kế đồng nhất giữa các mẫu và được kết nối với MUA thông qua cylinder. Thiết kế phục hình được chế tác bằng công nghệ CAD/CAM để đảm bảo tính chuẩn hóa giữa các mẫu (Hình 1).



Hình 1. Phục hình tạm thời bằng PMMA

Sau khi hoàn tất phục hình, các vít phục hình được siết theo trình tự chéo đối xứng với lực tiêu chuẩn 20 Ncm bằng tua vít điện tử.

Lực mô-men xoắn tháo vít được đo tại ba thời điểm: ngay sau siết vít lần đầu, 10 phút sau khi siết lại lần hai và sau khi tải lực mô phỏng nhai chu kỳ. Mẫu hàm được tải lực trên máy tạo lực liên tục PHOENIX với lực 50–400 N trong 200.000 chu kỳ ở tần số 5 Hz. Vị trí đặt lực là trung giữa của răng cối lớn hàm dưới hai bên. Sau khi kết thúc tải lực, lực mô-men xoắn tháo vít sau khi tải lực được ghi lại và tiến hành tính toán tỉ lệ mất lực mô-men xoắn của vít. Nghiên cứu đánh giá sự thay đổi lực mô-men xoắn tháo vít thông qua ba chỉ số: %Ri (sau 10 phút siết vít ban đầu), %Rp (sau khi tải lực chu kỳ), và %R' (chênh lệch giữa hai thời điểm trên).

Phân tích và xử lý số liệu: Các số liệu được thu thập và xử lý bằng phần mềm JASP 0.17.2.0. Sử dụng kiểm định Shapiro–Wilk để xác định phân phối dữ liệu. Nếu phân phối chuẩn, áp dụng ANOVA hai chiều và hậu kiểm Tukey; nếu không chuẩn, dùng Kruskal–Wallis và hậu kiểm Dunn–Bonferroni để so sánh giữa ba nhóm trước và sau khi tải lực.

Kiểm soát sai lệch thông tin. Điều tra viên được tập huấn và định chuẩn bởi giảng viên Bộ môn Phục hình, Khoa Răng Hàm Mặt - Đại học Y Dược TP.HCM. Tất cả phục hình trên implant được chế tạo theo kỹ thuật CAD/CAM tại cùng một lab, cùng một kỹ thuật viên. Lực mô-men xoắn được đo bởi cùng một kỹ thuật viên của Khoa Kỹ thuật xây dựng trường Đại học Bách khoa - Đại học quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.

Đạo đức trong nghiên cứu. Đề cương nghiên cứu đã được Hội đồng Đạo đức trong nghiên cứu y sinh học – Đại học Y Dược TP. Hồ Chí Minh – chấp thuận theo đúng quy trình xét duyệt rút gọn. (Số: 1814/HĐĐĐ-ĐHYD)

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Khảo sát tỉ lệ mất lực mô-men xoắn trước và sau khi tiến hành tải lực. Kiểm định Shapiro-Wilk cho thấy hai biến %Ri và %Rp ở cả

ba nhóm góc nghiêng abutment (0°, 17°, 30°) đều có phân phối chuẩn ($p > 0,05$), trong khi biến %R' không tuân theo phân phối chuẩn tại nhóm 17° ($p = 0,01$). Do đó, phân tích ANOVA hai chiều được áp dụng cho %Ri và %Rp, trong khi %R' được phân tích bằng kiểm định Kruskal-Wallis.

Sau khi tải lực, moment xoắn bị mất lực so với với ban đầu (Bảng 3.1)

Bảng 1. So sánh tỉ lệ mất lực mô-men xoắn trước-sau khi tiến hành tải lực và chênh lệch giữa 3 nhóm

Biến số	%Ri			%Rp			%R'		
	0°	17°	30°	0°	17°	30°	0°	17°	30°
Số quan sát	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Trung bình	2.2	4.72	9.05	6.19	9.68	16.1	4.08	5.21	7.75
Độ lệch chuẩn	1.56	2.29	1.41	1.94	2.55	2.39	1.56	1.29	2.03
Shapiro-Wilk	0.94	0.93	0.94	0.9	0.94	0.95	0.93	0.8	0.94
Giá trị p	0.61	0.44	0.62	0.27	0.5	0.74	0.47	0.01*	0.56
Giá trị nhỏ nhất	0.1	1.15	7.65	3.75	5.8	12.1	2.11	3.4	4.72
Giá trị lớn nhất	4.25	8.25	11.35	9.45	13.4	20.0	7.09	8.3	10.45
Kiểm định	ANOVA 2 chiều						Kruskal-Wallis		
	Góc MUA (Angle)		Thời điểm đo (Time)	Tương tác (Angle × Time)					
df	2		1	2			2		
Giá trị F	84.25		99.87	2.87			Giá trị thống kê	13.16	
Giá trị p	<0.001*		<0.001*	0.067			Giá trị p	0.001*	

*Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê khi $p < 0,05$.

Như vậy trước và sau khi tải lực, tỉ lệ mất lực mô-men xoắn giảm có ý nghĩa thống kê thống kê so với ban đầu ở cả 3 nhóm MUA ($p < 0,05$).

3.2. So sánh tỉ lệ mất lực mô-men xoắn trung bình trong từng cặp nhóm. Tình trạng mất lực mô-men xoắn trung bình trong từng cặp nhóm được trình bày trong bảng 3.2

Bảng 2. So sánh tỉ lệ mất lực mô-men xoắn trung bình giữa từng cặp nhóm

So sánh các nhóm	Hậu kiểm Tukey		Hậu kiểm Dunn	
	%Ri	%Ri	%R'	
			p	p hiệu chỉnh Bonferroni
0° vs 17°	0.0052*	0.0022*	0.195	0.585
0° vs 30°	<0.001*	<0.001*	<0.001	0.001*
17° vs 30°	0.055	0.0025*	0.022	0.067

*Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê khi $p < 0,05$.

Kết quả cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nhóm góc nghiêng ($p = 0.001$).

Sự khác biệt có ý nghĩa giữa nhóm 0° và 17° ($p = 0.0052$), nhóm 0° và 30° ($p < 0.001$), trong khi nhóm 17° và 30° không có ý nghĩa thống kê ($p = 0.055$).

IV. BÀN LUẬN

Nghiên cứu in vitro này được thực hiện trên ba mẫu hàm nhựa acrylic mất răng toàn bộ hàm dưới, mỗi mẫu được phục hình với bốn implant phân bố theo quy trình cấy ghép All-on-four. Tất cả các điều kiện thí nghiệm được chuẩn hóa giữa các nhóm về loại implant, đường kính, chiều cao abutment, loại phục hình và loại vít sử dụng. Các phục hình toàn hàm được chế tác từ PMMA bằng công nghệ CAD/CAM—một vật liệu đã được chứng minh có độ bền cơ học lên đến 1000 N và khả năng thích nghi tốt, phù hợp để mô phỏng phục hình tạm trên implant.

Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá ảnh hưởng của góc nghiêng MUA (0°, 17°, 30°) đến tỷ lệ mất mô-men xoắn sau khi tải lực mô phỏng. Từ kết quả nghiên cứu cho thấy sự mất

lực mô-men xoắn tăng lên khi tăng góc nghiêng abutment. Tỷ lệ mất mô-men xoắn trung bình lần lượt là 6,19% ở nhóm 0°, 9,68% ở nhóm 17°, và 16,1% ở nhóm 30°. Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê được ghi nhận giữa nhóm 0° và nhóm 30° ($p = 0,001$), cho thấy MUA với góc nghiêng lớn có nguy cơ cao làm giảm độ ổn định kết nối vít-abutment.

Cơ chế mất mô-men xoắn tăng theo góc nghiêng abutment có thể liên quan đến lực tác động lệch trục làm tăng vi dịch chuyển tại vùng tiếp xúc giữa vít và abutment, từ đó làm giảm độ ổn định lực tiền tải. Các vi chuyển động và ma sát không đồng đều dẫn đến hiện tượng mất lực và tạo khe hở vi mô, ảnh hưởng tiêu cực đến khả năng giữ vít theo thời gian [3].

Kết quả nghiên cứu này phù hợp với Al-Zordk (2021) ghi nhận tình trạng mất mô-men xoắn tăng ở các abutment nghiêng [4]. Tương tự, El-Sheikh (2018) khi đánh giá ảnh hưởng của các góc nghiêng và chiều cao cổ khác nhau của abutment lên hiện tượng lỏng vít khi sử dụng ba nhóm abutment với góc nghiêng 0°, 15° và 25° và đo tỉ lệ mất lực mô-men xoắn trước và sau khi tải lực, cho thấy sự lỏng vít tăng đáng kể theo mức độ nghiêng của abutment, đồng thời chịu ảnh hưởng bởi chiều cao cổ abutment [5]. Nghiên cứu của Filipova (2024) cũng ủng hộ xu hướng trên, phân tích nhiều nghiên cứu in vitro và in vivo cho thấy góc nghiêng càng lớn thì tỷ lệ mất mô-men xoắn càng cao; cổ abutment càng dài thì mức độ lỏng vít càng nhiều [6]. Tuy nhiên, một số nghiên cứu khác lại cho rằng không có mối liên hệ nào giữa hai yếu tố này và hiện tượng lỏng vít sau khi tải lực chu kỳ. Thậm chí, có những nghiên cứu lại cho rằng implant dùng abutment nghiêng có khả năng chống lỏng vít tốt hơn so với abutment thẳng như Eric Hu (2019) thấy mô-men xoắn cao nhất ở góc 10° so với góc 0° và 20° [7]. Những khác biệt này có thể bắt nguồn từ sự không đồng nhất trong thiết kế abutment, loại vít, vật liệu, hoặc phương pháp đo lường.

Bên cạnh những nghiên cứu đánh giá sự tổn thất lực mô-men xoắn, một nghiên cứu của Lin (2025), sử dụng mô hình phân tích phần tử hữu hạn (FEM) để đánh giá phân bố ứng suất trên hệ thống MUA-implant với các góc nghiêng khác nhau (0°, 17°, 30°) dưới các điều kiện tải lực theo trục và lệch trục. Kết quả cho thấy MUA 30° chịu ứng suất gần gấp 2,5 lần so với MUA thẳng khi chỉ chịu lực trục 200 N (1185 MPa so với 437

MPa). Khi áp dụng lực sang bên 100 N, ứng suất cực đại ở MUA thẳng tăng đến 2389 MPa, gấp 8 lần so với không có lực sang bên [8]. Kết quả này cho thấy rằng góc nghiêng lớn làm tăng ứng suất tại vị trí kết nối, từ đó có thể dẫn đến vi dịch chuyển và làm giảm lực tiền tải của vít. Đây là một yếu tố quan trọng góp phần vào hiện tượng mất mô-men xoắn, phù hợp với quan sát trong nghiên cứu của chúng tôi khi tỷ lệ mất mô-men xoắn tăng dần theo mức độ nghiêng của MUA.

V. KẾT LUẬN

Trong giới hạn nghiên cứu in-vitro này, góc nghiêng abutment MUA ảnh hưởng đáng kể đến tỉ lệ mất lực mô-men xoắn sau chu kỳ tải lực. MUA 0° cho thấy khả năng giữ mô-men xoắn tốt nhất, cho thấy việc giảm thiểu góc nghiêng có thể làm giảm nguy cơ lỏng vít trong phục hình toàn hàm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Huang Y, Wang J.** Mechanism of and factors associated with the loosening of the implant abutment screw: A review. *J Esthet Restor Dent.* 2019 Jul;31(4):338-345.
2. **Salama A, Radwan M, Bushra S.** Influence of Thermo-mechanical Aging on Straight versus Angled Multi-Unit Abutments Screw Joint Stability. *Egyptian Dental Journal.* 2023;69(1):487-495.
3. **Londhe SM, Gowda EM, Mandlik VB, et al.** Factors associated with abutment screw loosening in single implant supported crowns: A cross-sectional study. *Med J Armed Forces India.* 2020 Jan;76(1):37-40.
4. **Al-Zordk W, Al-Dobaisi T, Ghazy M.** Torque Maintenance of Screw-Retained Implant-Supported Anterior Fixed Dental Prosthesis with Different Abutment Angulations After Aging. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2021 Jul-Aug;36(4):723-729.
5. **El-Sheikh MAY, Mostafa TMN, El-Sheikh MM.** Effect of different angulations and collar lengths of conical hybrid implant abutment on screw loosening after dynamic cyclic loading. *Int J Implant Dent.* 2018 Dec 3;4(1):39.
6. **Filipova T, Dikova T, Peev S.** Factors that affect abutment screw loosening and microleakage on dental implant-abutment systems after cyclic loading. A review. *Scripta Scientifica Medicinae Dentalis.* 2024 12/09;10:51-62.
7. **Hu E, Petrich A, Imamura G, et al.** Effect of Screw Channel Angulation on Reverse Torque Values of Dental Implant Abutment Screws. *J Prosthodont.* 2019 Dec;28(9):969-972.
8. **Lin D, Wen ZH, Guo XN, et al.** Stress distribution on the components of multi-unit abutment with different angulation under lateral force: a finite element analysis. *Clin Oral Investig.* 2025 Apr 9;29(5):233.