

**Khon Kaen University Dental Journal**

**Vol.29 No.1 Jan-Apr 2026**

**E-ISSN : 2730-1699**



# สารบัญ

## บทความปริทัศน์

- 1

หน้า 1

การประยุกต์ใช้ไบโอกลีโมที่ออกซินชนิดเอทางคลินิกในการรักษาภาวะกล้ามเนื้อเมสเทเทอร์โตเกิน: การทบทวนวรรณกรรมเชิงพรรณนา  
อรรถพล ยงวิกุล ทองนารด คำใจ

## รายงานผู้ป่วย

- 2

หน้า 20

การปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนาเพื่อรักษาการอักเสบของโพรงอากาศขากรรไกรบนและในฟันที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบ: รายงานผู้ป่วย 2 ราย  
ชลธิดา ชัยยะ ภาณุพงษ์ จิระเดชชัย เสาวลักษณ์ ลิ้มมณฑล

- 3

หน้า 29

ลักษณะทางคลินิกและการจัดการทางทันตกรรมในผู้ป่วยเด็กที่เป็นกลุ่มอาการการขาดหายของแขนข้างยาวของโครโมโซม 22 ที่ตำแหน่ง 11.2: รายงานผู้ป่วย  
จินดา เลิศศิริวรกุล ดวงหทัย เอี่ยมวิวัฒน์ช กุลทล วิชาจารย์ อชิรสุร สุพรรณเมสัช

## บทความวิจัย

- 4

หน้า 40

การเปรียบเทียบสัครอบฟันโมโนลิทริกเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงสูงบนพื้นหลังที่แตกต่างกันของหลักยึดไทเทเนียมอะโนไดซ์และโมอะโนไดซ์  
ณัฐพงศ์ สิริทวัฒน์ ปริญญ์ อมรเศรษฐชัย ศิริชัย เกียรติดาวเจริญ นุชนก ขำนันต์

- 5

หน้า 55

ผลของวิธีการบูรณะภายในรากฟันรากที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันต่อความต้านทานการแตกหัก  
สุวัฒน์ สิ้นส่งสุข กุลนันท์ ดำรงวุฒิ

- 6

หน้า 68

ประสบการณ์ฟันดูแลปัจจัยทำนายสภาวะฟันผุของวัยทำงาน อำเภอโพนทอง จังหวัดร้อยเอ็ด  
อรรธณ นามมนตรี ธัญพิชชา สมทางดี สริญญา วรภฏ เยาวพา จันทรบุตร

- 7

หน้า 79

องค์ประกอบทางเคมี ระดับการเกิดพอลิเมอร์ และคุณสมบัติการดัดงอของวัสดุเรซินฐานฟันเทียมที่ขึ้นรูปด้วยการพิมพ์สามมิติ  
เสฏฐวุฒิ ชูชัยแสงรัตน์ วิชญ์ กาญจนะสวัสดิ์ ทัลยา ศุภกมลจล วรรณัย ปุณยนภากุล มนตรี รัตนจันทร์ฉาย

- 8

หน้า 93

ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดที่มีผลต่อการใช้บริการทันตกรรม: การศึกษาภาคตัดขวางที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
เฉลิมขวัญ ภู่วรรณ ณัฐริสา สุขสุเดช ภักธดา พัฒทวี เมธพร พัทธกรชัย ภูริฉัตร มัจฉริยกุล

# TABLE OF CONTENTS

## Review Article

**1**

Clinical Application of Botulinum Toxin Type A in the Management of Masseter Muscle Hypertrophy: A Narrative Review

Page 1

Atapol Yongvikul, Thongnard Kumchai

## Case Report

**2**

Intentional Replantation for Treating Maxillary Sinusitis and Periodontally Compromised Tooth: A Report of 2 Cases

Page 20

Chonthida Chaiya, Panupong Jiradechochai, Saowaluck Limmonthol

**3**

Clinical Manifestations and Dental Management in a Pediatric Patient with Chromosome 22q11.2 Deletion Syndrome: A Case Report

Page 29

Jinda Lertsirivorakul, Duanghathai lamviteevanitch, Khunton Wichajarn, Ajiravudh Subarnbhesaj

## Research Article

**4**

Comparison of Final Shade Outcomes of High-Translucent Monolithic Zirconia Crowns on Anodized and Non-Anodized Titanium Abutment Backgrounds

Page 40

Nattapong Sirintawat, Parinya Amornsettachai, Sirichai Kiattavorncharoen, Nutchanok Khumanun

**5**

Effect of Restoration Method on Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth with Radicular Cracks

Page 55

Suwanan Sinsongsook, Kunlanun Dumrongvute

**6**

Caries Experiences and Predictive Factors of Dental Caries in the Working Age Group in Phon Thong, Roi-et Province

Page 68

Orawan Nammontri, Tanpitcha Somtangedee, Sarinya Worakod, Yaowapa Chantaraboot

**7**

Chemical Composition, Degree of Conversion and Flexural Properties of a Three-Dimensional Printed Denture Base Resin

Page 79

Setthawut Choochaisaengrat, Widchaya Kanchanavasita, Kallaya Suputtamongkol, Vathanai Bhunyanaphakul, Montri Ratanajanchai

**8**

Marketing Mix Factors Affecting Dental Service Utilization: A Cross-sectional Study at Thammasat University Student Dental Clinic

Page 93

Chalermkwan Phuvoravan, Nattira Suksudaj, Phattharada Phatthawi, Methaporn Phipattarachai, Bhurichatr Matchariyakun



# การประยุกต์ใช้โบทูลินัมท็อกซินชนิดเอทางคลินิก ในการรักษาภาวะกล้ามเนื้อแมสเซเตอร์โตเกิน: การทบทวนวรรณกรรมเชิงพรรณนา

อรรณพ ยงวิกุล<sup>1,2\*</sup> ทองนารถ คำใจ<sup>3</sup>

บทความปริทัศน์

## บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** เพื่อสำรวจการประยุกต์ใช้โบทูลินัมท็อกซินชนิดเอ (Botulinum toxin type A: BTXA) ในการรักษาภาวะกล้ามเนื้อแมสเซเตอร์โตเกิน (Masseter muscle hypertrophy: MMH) โดยเน้นกลไกการออกฤทธิ์ เทคนิคการฉีด ผลลัพธ์ทางคลินิก และผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้น

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ:** มีการทบทวนวรรณกรรมโดยสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูล ThaiJo, PubMed, Scopus และ Web of Science โดยใช้คำสำคัญ เช่น “โบทูลินัมท็อกซิน” “กล้ามเนื้อแมสเซเตอร์โตเกิน” “กลไกการออกฤทธิ์” “ผลข้างเคียง” และ “ผลลัพธ์การรักษา” คัดเลือกเฉพาะงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการภาษาไทยหรืออังกฤษ และคัดงานประเภทกรณีศึกษา หรือผลงานที่ขาดข้อมูลสำคัญออกจากการวิเคราะห์

**ผล:** การใช้ BTXA สามารถลดขนาดกล้ามเนื้อแมสเซเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยปรับรูปหน้าให้ดีขึ้น และบรรเทาอาการของโรคข้อต่อขากรรไกรได้ แม้ผลการรักษาจะเป็นเพียงชั่วคราวและจำเป็นต้องฉีดซ้ำ แต่ BTXA ถือเป็นแนวทางที่ปลอดภัย ไม่ต้องผ่าตัด และมีอัตราภาวะแทรกซ้อนต่ำ

**บทสรุป:** BTXA เป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยในการรักษาภาวะกล้ามเนื้อแมสเซเตอร์โตเกิน การเข้าใจกลไกการออกฤทธิ์ของยาและการกำหนดเทคนิคการฉีดที่เหมาะสม เป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มผลการรักษาและลดความเสี่ยงของผลข้างเคียง

**คำไรท์:** ภาวะกล้ามเนื้อแมสเซเตอร์โตเกิน/ โบทูลินัมท็อกซินชนิดเอ/ โรคข้อต่อขากรรไกร/ ความงามใบหน้า/ เทคนิคการฉีดโบทูลินัมท็อกซิน

Received: Jun 27, 2025

Revised: Dec 24, 2025

Accepted: Jan 26, 2026

## บทนำ

กล้ามเนื้อแมสเซเตอร์ (Masseter muscle: MM) เป็นหนึ่งในกล้ามเนื้อหลักของการบดเคี้ยว และมีบทบาทสำคัญในการเคลื่อนไหวของขากรรไกรล่างและหน้าที่การบดเคี้ยว อย่างไรก็ตาม ภายใต้สถานการณ์บางอย่าง มีการเพิ่มขนาดที่ผิดปกติของกล้ามเนื้อดังกล่าว ซึ่งถูกนิยามว่าเป็น “กล้ามเนื้อบดเคี้ยวโตเกิน” (Masticatory muscle hypertrophy หรือ MMH)<sup>1</sup> ภาวะกล้ามเนื้อบดเคี้ยวโตเกินมีอุบัติการณ์สูงในช่วงวัย 20–30 ปี

โดยพบได้ในทุกเพศ สามารถเกิดขึ้นได้ข้างเดียวหรือทั้งสองข้างก็ได้ โดยการเกิดสองข้างพบบ่อยกว่าที่ประมาณร้อยละ 60<sup>2,3</sup> และถึงแม้ภาวะนี้โดยทั่วไปจะไม่อันตราย แต่ก็สามารถส่งผลกระทบต่อทั้งความสวยงามและหน้าที่การใช้งาน<sup>4</sup> ปัญหาด้านการใช้งานอาจปรากฏในรูปของการโตเกินของขากรรไกร อาการปวดกราม หรืออาการปวดศีรษะ แม้ว่าสาเหตุที่แท้จริงของ MMH จะยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่ก็มี

<sup>1</sup> แผนกศัลยกรรมช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร

<sup>2</sup> แผนกศัลยกรรมช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล โรงพยาบาลศิริราช คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร

<sup>3</sup> สำนักงานคณบดี คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร

\* ผู้ประพันธ์บทความ

หลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภาวะนี้ ซึ่งรวมถึง ภาวะนอนกัดฟัน (Bruxism) ภาวะความผิดปกติของข้อต่อขากรรไกร (Temporomandibular disorders หรือ TMD) อาการปวดเรื้อรัง ความเครียดทางอารมณ์ และการทำงานผิดปกติในช่องปาก (Oral parafunctions) ซึ่งรวมถึงการเคี้ยวข้างเดียวมากเกินไป<sup>5-9</sup> การศึกษาหนึ่งแสดงให้เห็นว่าการเคี้ยวหมากฝรั่งอย่างต่อเนื่องสามารถเพิ่มความตึงของ MM และนำไปสู่ MMH ทั้งสองข้างได้<sup>10</sup> ในทางกลับกัน ผลการวิจัยก็ชี้ให้เห็นว่า MMH ไม่ได้เกิดจากการโตเกินที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน แต่เป็นผลมาจากการขยายขนาดเพื่อชดเชย (Compensatory enlargement) เนื่องจากการขาดส่วนประกอบของกล้ามเนื้อบางชนิด<sup>11</sup> นอกจากการเพิ่มขึ้นของมวลกล้ามเนื้อแล้ว การเปลี่ยนแปลงอาจเกิดขึ้นในเนื้อเยื่อกระดูกข้างเคียง เช่น การหนาตัวของชั้นนอกของมุมและเริ่มสของขากรรไกรล่าง มีรอยบุ๋มที่ขมับ (Temporal fossa) และกระดูกโคงโหนกแก้ม (Zygomatic arch) พร้อมกับการลดลงของพื้นที่ไขกระดูก (Medulla) ที่สอดคล้องกัน หรือการมีกระดูกงอกเกินที่บริเวณมุมกระดูกขากรรไกรล่าง ซึ่งสามารถมองเห็นได้จากการสแกนด้วยเครื่องเอกซเรย์<sup>12</sup> ในมุมมองด้านความงามนั้น MMH ทำให้รูปหน้าเปลี่ยนโดยเกิดจากการขยายใหญ่ขึ้นของ MM รวมไปถึงกล้ามเนื้อเทมพอราลิส (Temporalis muscle: TPM) การเพิ่มขึ้นของปริมาตรของกล้ามเนื้อสามารถทำให้ขากรรไกรล่างมีลักษณะเป็นเหลี่ยมและเป็นมุม ซึ่งส่งผลต่อความไม่สมมาตรและความไม่กลมกลืนกับส่วนอื่นของใบหน้า ผลกระทบด้านความงามนี้มักสร้างความกังวลให้ผู้ป่วย มักเป็นอาการนำเพื่อเข้ารับการรักษาเพื่อปรับรูปใบหน้า<sup>8</sup> MMH ยังสามารถมีผลกระทบต่อการทำงาน ผู้ป่วยอาจรายงานอาการปวดเฉพาะที่ในบริเวณ MM และความผิดปกติของข้อต่อขากรรไกร (TMD) นอกจากนี้ ผู้ป่วยอาจมีอาการลำหรือรู้สึกไม่สบายระหว่างการบดเคี้ยว เนื่องจากความตึงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นและการเปลี่ยนแปลงทางชีวกลศาสตร์ ภาวะนี้สามารถลดประสิทธิภาพการบดเคี้ยว และทำให้ TMD แย่ลง<sup>13-15</sup> ในบางกรณีการทำงานของกล้ามเนื้อที่มากเกินไปอาจทำให้หน้าที่การบดเคี้ยวบกพร่อง ทำให้เคลื่อนไหวขากรรไกรล่างได้ยาก และมีร่วมกับภาวะนอนกัดฟัน<sup>4</sup> หรือเมื่อไม่สามารถระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้ อาจถูกระบุเป็นสาเหตุที่ไม่ทราบแน่ชัด (Idiopathic origin หรือ I-MMH) มีการระบุภาวะบางอย่าง เช่น ความดันป่วนทางอารมณ์ ว่าเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิด I-MMH<sup>16</sup>

การวินิจฉัยภาวะ MMH ชนิดเป็นข้างเดียว สามารถทำได้โดยอาศัยการตรวจทางคลินิกและการตรวจทางรังสีวิทยา<sup>2</sup> การรักษาภาวะ MMH แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความรุนแรงของภาวะและความต้องการของผู้ป่วย การรักษาแบบประคับประคอง เช่น การใช้เฝือกสบฟัน (Occlusal splints or night guards) ภายใบบำบัด เช่น การนวดกล้ามเนื้อและเทคนิคการผ่อนคลายเพื่อบรรเทาความตึงของกล้ามเนื้อ และการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อบรรเทาอาการโดยการลดการทำงานของกล้ามเนื้อที่มากเกินไปและความเครียด เช่น การเคี้ยวฟันเล่นและการเคี้ยวหมากฝรั่งมากเกินไป<sup>6,17,18</sup> แนวทางการรักษาอื่น ๆ ที่ไม่ใช่แบบประคับประคอง (Non-conservative) เช่น การผ่าตัดลดขนาดกล้ามเนื้อหรือกระดูกขากรรไกร<sup>19</sup> และการฉีดสารโบทูลินัมท็อกซิน (Botulinum toxin: BTX) ทำให้กล้ามเนื้อคลายตัวเฉพาะที่และลดภาวะ MMH<sup>20</sup> สำหรับการผ่าตัดนั้น แรกเริ่มเดิมทีเป็นวิธีการรักษาในทศวรรษ 90 เริ่มต้นจากวิธีเปิดแผลนอกช่องปาก และต่อมาได้มีการพัฒนาเทคนิคผ่าตัดภายในช่องปากเพื่อลดโอกาสการบาดเจ็บเส้นประสาทใบหน้าที่ 7 และหลีกเลี่ยงรอยแผลเป็นนอกช่องปาก ต่อมาการพัฒนาด้านเภสัชวิทยาทำให้การผ่าตัดเป็นที่นิยมลดลง และการใช้ BTX เริ่มเป็นที่นิยมมากขึ้นทดแทน สาร BTX ชนิด A (Botulinum neurotoxin serotype A: BTXA) ถือเป็นรู้จักดีสำหรับการรักษา MMH การฉีด BTX สามารถลดปริมาตร MM ได้ อีกทั้งช่วยปรับรูปใบหน้า<sup>6,20-22</sup> อนึ่งฤทธิ์ของ BTXA จะอยู่เพียงชั่วคราว จึงจำเป็นต้องได้รับยาซ้ำแต่ก็ยังถือเป็นหัตถการที่รุกรานน้อย (Minimally invasive procedure) และมีความเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนต่ำ การฉีดสาร BTXA ถือเป็นการรักษาแบบไม่ผ่าตัดที่เป็นมาตรฐานสำหรับ MMH ในปัจจุบัน<sup>20,23,24</sup> ดังนั้นการทบทวนวรรณกรรมนี้ จึงมีเป้าหมายเพื่อสำรวจบทบาทของ BTXA ในการรักษาภาวะ MMH โดยยิบยาไกลการออกฤทธิ์ รวบรวมข้อมูลวิธีการบริหารยา ผลทางคลินิก และผลข้างเคียงต่าง ๆ

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

บทความวิจัยถูกคัดเลือกโดยการสืบค้นวรรณกรรมอย่างครอบคลุมในฐานข้อมูลต่าง ๆ เช่น ThaiJo, PubMed, Scopus และ Web of Science กลยุทธ์การสืบค้นประกอบด้วยคำสำคัญ (Keywords) เช่น “โบทูลินัม ท็อกซิน” (Botulinum toxin) “กล้ามเนื้อแมสเซเตอร์โตเกิน” (Masseter muscle

hypertrophy) “กลไกการออกฤทธิ์” (Mechanism of action) “ผลข้างเคียง” (Side effects) และ “ผลลัพธ์การรักษา” (Treatment outcomes) โดยใช้กรอบแนวคิด PCC ประกอบด้วย P (Population): ผู้ป่วยที่มีภาวะ MMH, C (Concept): การรักษาด้วย BTXA, C (Context): บริบททางคลินิกที่เกี่ยวข้องกับกลไกการออกฤทธิ์ ผลลัพธ์การรักษา และผลข้างเคียงเกณฑ์การคัดเลือกเน้นการศึกษาที่ตีพิมพ์ในวารสารที่ผ่านการทบทวนโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer-reviewed journals) เป็นภาษาอังกฤษหรือไทยเป็นหลัก และเกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ทางคลินิก กลไกการออกฤทธิ์ หรือผลข้างเคียงของ BTX ใน MMH เกณฑ์การคัดกรองถึงรายงานผู้ป่วย (Case reports) และการศึกษาที่มีข้อมูลไม่เพียงพอ บทความทั้งหมดจะได้รับการคัดกรองในสองขั้นตอน ได้แก่ การคัดกรองจากชื่อเรื่องและบทคัดย่อ (Title and Abstract Screening) และการทบทวนเนื้อหาอย่างละเอียดจากบทความฉบับเต็ม (Full-text Review)

## ผล

ภาวะ MMH ส่วนมากยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัด<sup>25</sup> มีลักษณะเฉพาะคือมีการบวมกดไม่แข็ง (Soft swelling) ใกล้เคียงบริเวณมุมขากรรไกร ซึ่งอาจมีร่วมกับอาการปวด ส่งผลกระทบต่อความงามและการทำงานของขากรรไกร<sup>25,26</sup> มีลักษณะสำคัญคือมีการเพิ่มของปริมาตรกล้ามเนื้อ ส่งผลให้รูปร่างของใบหน้าเปลี่ยนแปลงไป<sup>27</sup> จากการศึกษา MMH มักถูกอธิบายว่าเป็นภาวะที่เกิดร่วมกับการโตเกินของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวอื่น ๆ เช่น TPM หรือแม้กระทั่งกล้ามเนื้อ Medial pterygoid muscles<sup>7,28</sup> ขณะที่ MMH ทั้งสองข้างพบได้บ่อยกว่า แต่หากกลับถือเป็นปัญหาด้านความงามน้อยกว่าเพราะยังคงรักษาสมมาตรของใบหน้าไว้<sup>28</sup> สำหรับ MMH สองข้างมักจะมาพร้อมกับอาการปวด ซึ่งอาจเป็น ๆ หาย ๆ และอาจถูกเข้าใจผิดว่าเป็นอาการปวดที่มาจากต่อมน้ำลายพาราไติด์<sup>29,30</sup> การตรวจทางคลินิกมักจะคลำเจอก้อนไม่แข็ง (Mass of soft tissue) ใกล้เคียงกับมุมขากรรไกร ซึ่งจะนูนเด่นชัดขึ้นเมื่อกัดฟันแน่น<sup>31</sup> มีรายงานการเกิดการอักเสบจำกัดร่วมด้วยในบางกรณี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อกล้ามเนื้อมีภาวะกล้ามเนื้อบิดเกร็งเฉพาะที่ (Focal dystonia) ร่วมกับความตึงใน MMH<sup>32</sup> บางการศึกษากล่าวถึงองค์ประกอบของใยกล้ามเนื้อใน MMH นั้นแตกต่างอย่างมาก MM ที่โตเกินจากใช้ทำงาน (Work hypertrophy)<sup>33</sup> และอาจทำให้คำว่า Hypertrophy ถูกเข้าใจไปในทางที่ผิดได้ ขณะที่ผู้ป่วยส่วนใหญ่รายงานว่าภาวะนี้มีลักษณะค่อยเป็นค่อยไปในขณะที่พยาธิสรีรวิทยาของ MMH ยังไม่ได้รับการศึกษามาก

นัก แต่เป็นที่ยอมรับว่าการเพิ่มขึ้นของความตึงตัวของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวมาจากการเพิ่มขึ้นของแรงบดเคี้ยว ความสัมพันธ์ทั้งสองนี้จะเพิ่มขึ้นในระหว่างการทำงานแบบพาราฟังก์ชัน (Parafunction) เช่น การกัดฟันแน่นขณะพัก การขบเคี้ยวตอนกลางวัน การกัดเล็บ การดันลิ้นกับฟัน และการเคี้ยวหมากฝรั่งบ่อย ๆ<sup>20,34</sup> Stal และคณะ<sup>35</sup> ชี้ให้เห็นว่ามีความแตกต่างในการตอบสนองของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวและกล้ามเนื้อลายอื่น ๆ ต่อความเครียด เนื่องจากกล้ามเนื้อทั้งสองกลุ่มนี้มีต้นกำเนิดจาก Embryonic origins ที่แตกต่างกัน กล้ามเนื้อบดเคี้ยวมาจาก Mesenchyme ของ First pharyngeal arch ในขณะที่กล้ามเนื้อลายอื่น ๆ มาจาก Mesoderm ของ Somite ที่เรียกว่า Myotome และ Korfage และคณะ<sup>36</sup> ได้เน้นย้ำถึงข้อสำคัญของความหลากหลายของชนิดใยกล้ามเนื้อที่สังเกตได้ในกล้ามเนื้อขากรรไกร เมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อแขนขาและลำตัว กล้ามเนื้อบดเคี้ยวมีส่วนส่วนของใยกล้ามเนื้อ Hybrid fibers สูงกว่า ซึ่งแสดงถึง Myosin หลายชนิดย่อย หรือมีใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 (Type I fibers) จำนวนมากกว่า<sup>37</sup> ใยกล้ามเนื้อไฮบริดจำนวนมากเกี่ยวข้องกับความเป็นพลาสติก (Plasticity) และการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในระหว่างการทำตัว<sup>38</sup> เมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อแขนขาและลำตัวมีใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 (Type II fibers) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าชนิดที่ 1 นี่ชี้ให้เห็นว่าการมีอยู่ของใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 ที่มีพื้นที่หน้าตัด (Cross-sectional area) ขนาดเล็กในกล้ามเนื้อบดเคี้ยวในปริมาณมาก อาจเอื้อต่อการแลกเปลี่ยนสารอาหารและออกซิเจน กับสภาพแวดล้อมภายนอกเซลล์ได้มากขึ้น ซึ่งจะเพิ่มความต้านทานต่อความล้าของใยกล้ามเนื้อ<sup>39</sup> ทว่าใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 แม้สามารถทำงานต่อเนื่องได้ยาวนาน แต่หากเกิดความตึงเครียดสะสมเป็นเวลานานเกินไป ก็อาจนำไปสู่ความเสียหายต่อโครงสร้างภายในข้อต่อขากรรไกรได้<sup>40</sup>

**ชนิดย่อยของ BTX** BTX เป็นสารพิษต่อระบบประสาท (Neurotoxin) ที่ผลิตโดยแบคทีเรียไม่ใช้ออกซิเจนชนิด *Clostridium botulinum* ประกอบด้วยแกนกลางที่เป็นสารพิษต่อระบบประสาทและโปรตีน มี Serotypes ของ BTX อยู่ 7 ชนิด (A B C D E F และ G) โดยแต่ละชนิดมีชนิดย่อยลงไปอีก เช่น BTXA มีชนิดย่อยที่แตกต่างกันอีกหลายชนิด การใช้สาร BTX ที่เพิ่มขึ้นในการแพทย์ทำให้มีการพัฒนาสายพันธุ์ต่าง ๆ ของ BTX<sup>41</sup> ซีโรไทป์ทั้งหมดมีโครงสร้างทางเคมีที่คล้ายคลึงกันและเป็นสารพิษต่อระบบประสาท ยกเว้นชนิดย่อย C2 ซึ่งจัดอยู่ในตระกูลสารพิษไบนารีชนิดเอบี (Binary AB-type toxins)<sup>42</sup> ในบรรดา Serotypes ทั้ง 7 ชนิด BTXA เป็นชนิดที่ถูกศึกษาอย่างกว้างขวางที่สุดและมีการนำมาใช้ทาง

คลินิกมากที่สุด โดยเฉพาะในเวชศาสตร์ความงาม มะเร็งวิทยา ประสาทวิทยา เวชศาสตร์ฟื้นฟู รวมไปถึงในทางทันตกรรม ความแตกต่างระหว่างชนิดย่อยของ BTX อยู่ที่โปรตีนเฉพาะ<sup>43-46</sup> ข้อแตกต่างระหว่างทั้ง 2 ชนิดถูก (ตารางที่ 1)

BTXA เป็นตัวเลือกหลักสำหรับการนำไปใช้ในทางคลินิก เนื่องจากมีข้อมูลด้านความปลอดภัยและประสิทธิภาพที่ได้รับการยืนยันอย่างยาวนาน ในขณะที่ BTX-B ถูกเลือกใช้ในกรณีที่ต้องต่อ BTXA<sup>46-48</sup> เมื่อฉีด BTXA จะถูกนำเข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการ Endocytosis และตัดส่วน C-terminal portion ของ SNAP-25 การตัดนี้จะไปขัดขวางการทำงานของสารเชิงซ้อน SNARE complex ทำให้การหลั่งสารสื่อประสาทแบบเอกไซโทซิส และการปลดปล่อย Acetylcholine จะถูกยับยั้ง<sup>49</sup> ซึ่งกลไก (ตารางที่ 2)<sup>50-52</sup> สำหรับใบหน้าช่วงล่าง

BTXA สามารถใช้รักษา MMH ภาวะนอนกัดฟัน TMD และภาวะกล้ามเนื้อบิดเกร็งบริเวณช่องปากและขากรรไกร (Oromandibular dystonia)<sup>53</sup> แท้จริงแล้วการฉีดเข้า MM และ TPM ด้านหน้าจะช่วยลดความตึงตัวและขนาดของกล้ามเนื้อ บรรเทาอาการปวด และมีผลต่อการทำงานของขากรรไกร ผลการรักษาของการฉีดเข้ากล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับส่วนของกล้ามเนื้อที่ฉีด ปริมาณยาที่ให้ และวิธีการฉีด<sup>54,55</sup> การศึกษาทาง Electromyographic studies บ่งชี้ถึงการลดลงของการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อหลังการฉีด โดยมีผลอยู่ได้นาน 3-4 เดือน<sup>55,56</sup> นอกจากนี้ เส้นใยประสาท (Axonal bundles) ที่ลดลงในระหว่างการฟื้นตัวยังส่งเสริมการคลายตัวของกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่อง ช่วยเพิ่มผลลัพธ์การรักษา<sup>57</sup>

ตารางที่ 1 ข้อแตกต่างระหว่างโบทูลินัมท็อกซินชนิดเอและบี

Table 1 Comparison between Botulinum toxin type A vs Type B

| Component           | BTX-A                                                                         | BTX-B                                                                            |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Heavy Chain         | จับกับตัวรับที่ presynaptic terminal ช่วย internalization                     | จับกับตัวรับที่ presynaptic terminal ช่วย internalization                        |
| Light Chain         | เป็น protease ที่ ตัด SNAP-25 (ใน SNARE complex)                              | เป็น protease ที่ ตัด VAMP/ synaptobrevin (ใน SNARE complex)                     |
| ผลต่อ SNARE Complex | ยับยั้งการรวม vesicle กับ membrane → ไม่ปล่อย Acetylcholine                   | ยับยั้งการรวม vesicle กับ membrane → ไม่ปล่อย Acetylcholine                      |
| ผลลัพธ์             | Reversible flaccid paralysis ใช้รักษา: spasticity, dystonia, chronic migraine | Reversible flaccid paralysis ใช้รักษา: cervical dystonia, sialorrhea (น้ำลายไหล) |
| ระยะเวลาออกฤทธิ์    | นานกว่า (3-4 เดือนโดยเฉลี่ย)                                                  | สั้นกว่าเล็กน้อย (ประมาณ 2-3 เดือน)                                              |

ตารางที่ 2 กลไกการทำงานและการออกฤทธิ์ของโบทูลินัมท็อกซินชนิดเอ

Table 2 Mechanisms and clinical applications of Botulinum toxin type A

| หัวข้อ                                           | รายละเอียด                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| กลไกการออกฤทธิ์หลักของ BTXA                      | BTXA ถูกเซลล์ประสาทดูดซึมผ่านกระบวนการ Endocytosis- LC ของ BTXA จะตัดโปรตีน SNAP-25 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ SNARE complex ส่งผลให้ยับยั้งการหลั่ง Acetylcholine ที่ neuromuscular junction และการทำงานของ exocytosis                                       |
| ผลต่อระบบประสาท                                  | ทำให้เกิดภาวะ Reversible flaccid paralysis (อ่อนแรงแบบกลับคืนได้) ใช้รักษาภาวะ Spasticity, Dystonia, และ ไมเกรน                                                                                                                                         |
| ผลต่อการหลั่งของสารอื่น ๆ                        | ยับยั้งการหลั่งของ neuropeptides และสารก่อการอักเสบ- ลดการหลั่งของ CGRP (Calcitonin Gene-Related Peptide) ซึ่งเกี่ยวข้องกับอาการปวดและการอักเสบ                                                                                                         |
| CGRP และไมเกรน                                   | CGRP ลดลงที่ระบบประสาทส่วนปลายและศูนย์กลาง มีผลในการบรรเทาไมเกรน- จุดเกิดการปล่อย CGRP เช่น เนื้อเยื่อสมอง และ Trigeminal caudal nucleus                                                                                                                |
| บทบาทของตัวรับอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความเจ็บปวด | P2Y receptors บน satellite glial cells (ได้รับอิทธิพลจาก 17-beta-estradiol)- P2X3 receptors ในเส้นประสาท afferent ช่วยลดการหลั่ง CGRP- TRPV1 (Transient Receptor Potential Vanilloid 1) มีบทบาทในการรับรู้ความเจ็บปวด และอาจเป็นเป้าหมายการรักษาในอนาคต |
| โครงสร้าง                                        | ประกอบด้วย 2 ส่วน:<br>- Heavy chain (HC): 100 kDa, ช่วยในการจับกับตัวรับและนำเข้าสู่เซลล์<br>- Light chain (LC): 50 kDa, ทำหน้าที่ตัด SNAP-25- ทั้งสองส่วนเชื่อมกันด้วย Disulfide bond                                                                  |

**การใช้ในเพื่อรักษาภาวะ MMH** มีหลากหลายรายงานเกี่ยวกับศักยภาพของ BTXA ในฐานะทางเลือกการรักษาที่ไม่ต้องผ่าตัดใน MMH Kundu และคณะ<sup>57</sup> ได้วิเคราะห์ผลของ BTXA ใน MM โดยระบุว่า BTXA มีประสิทธิภาพอย่างสม่ำเสมอในการบรรเทาอาการปวดที่ 3 และ 6 เดือนหลังการรักษา โดยมีผลที่อาจขึ้นอยู่กับปริมาณยา<sup>59,60</sup> มีหลักฐานที่ชัดเจนว่าทุก ๆ การเพิ่มขึ้นของปริมาณ BTXA ความรุนแรงของภาวะ MMH จะลดลงในแง่ของอาการปวด<sup>58-60</sup> การศึกษาหนึ่งแสดงให้เห็นว่าการฉีดเพียงครั้งเดียวใน MM ดูเหมือนจะมีผลทางคลินิกทั้งในด้านความรู้สึกของผู้ป่วยและผลลัพธ์ที่วัดได้ต่อภาวะ MMH<sup>58,60</sup> ยิ่งไปกว่านั้น ผู้ป่วยที่ได้รับการฉีด 3 ครั้ง จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าและระยะเวลาคงผลการรักษานานกว่า เมื่อเทียบกับผู้ที่ได้รับการฉีด 2 ครั้ง<sup>61</sup> สำหรับเทคนิคการฉีดหลายวิธีถูกนำมาใช้ ผู้ฉีดบางคนคุ้นเคยกับเทคนิคการฉีดหลายจุด เนื่องจากเชื่อว่าช่วยให้การกระจายของยาในกล้ามเนื้อดีขึ้น ขณะที่บางคนใช้ตำแหน่งการฉีดที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ หรือใช้เพียงจุดฉีดเดียว<sup>60</sup> นอกจากนี้ การศึกษาหลายชิ้นยังแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีฉีดแบบ Biphasic injection method ซึ่งเกี่ยวข้องกับการลดผลข้างเคียง<sup>62-65</sup> ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกายวิภาคของกล้ามเนื้อ และเทคนิคการฉีดที่เหมาะสมว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการได้ผลลัพธ์ทางคลินิกที่พึงประสงค์และการลดผลข้างเคียง<sup>65</sup> อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบวิธีการรักษาแบบหลายจุดกับการฉีดจุดเดียว ไม่พบว่าวิธีใดเหนือกว่ากัน นอกจากนี้ในเรื่องของผลการระงับปวดอาจเกี่ยวข้องกับการลดการปลดปล่อยสารสื่อประสาททั้งในระดับส่วนปลายและส่วนกลาง<sup>63</sup> ด้วยเหตุนี้ BTXA จึงอาจมีผลระงับปวดโดยตรงโดยการปิดกั้นการส่งสัญญาณความเจ็บปวดจากบริเวณข้อต่อขากรรไกรไปยังระบบประสาท<sup>64</sup> และอาจเป็นเพราะความสามารถในการยับยั้งการปลดปล่อยสารสื่อประสาทบางชนิดที่เกี่ยวข้องกับการระงับปวด<sup>57</sup>

การศึกษาในปี 2024 ยืนยันว่า BTXA สามารถรักษา MMH และภาวะ Hypertonicity ได้ด้วย ซึ่งช่วยบรรเทาความตึงของข้อต่อขากรรไกรอย่างมีนัยสำคัญ<sup>66</sup> นอกจากนี้การศึกษานี้ Randomized controlled trial (RCT) หลายชิ้นยังแสดงเสริมเรื่องการใช้ BTXA ในการรักษา TMD โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่สัมพันธ์กับภาวะนอนกัดฟัน<sup>65,67</sup> ระยะเวลาการออกฤทธิ์ที่ยาวนานในการบรรเทาอาการปวดถึง 6 เดือนหลังฉีด อาจเนื่องมาจากความสามารถของโปรตีเอส (Protease) ในการสลายกลไกการย่อยสลายของเซลล์และคงอยู่ในไซโตพลาสซึม<sup>57</sup> มีการตั้งสมมติฐานว่าผลการบรรเทาอาการปวดยังคงอยู่แม้หลังจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

กลับคืนมา<sup>68</sup> คำอธิบายที่เป็นไปได้คือ ผู้ที่มีภาวะนอนกัดฟันเริ่มตระหนักถึงพฤติกรรมการทำงานที่ผิดปกติ (Parafunctional habits) เช่นการกัดเค้นฟัน แล้วยกแก้ม ซึ่งอาจทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวอื่น ๆ กลับคืนมา<sup>69</sup> นอกจากนี้ความหนาของ MM มีความสัมพันธ์กับอาการปวดบริเวณใบหน้า การใช้ BTXA สามารถลดความหนาของกล้ามเนื้อได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 31 หลังการติดตามผล 3 เดือน ซึ่งวัดโดยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasound) และการลดลงของปริมาตรกล้ามเนื้อยังคงดำเนินต่อไปแม้หน้าที่ของกล้ามเนื้อกลับคืนมา<sup>70-73</sup> แต่อีกการศึกษาหนึ่งแสดงให้เห็นการฉีด BTXA เพียงครั้งเดียวดูเหมือนจะไม่มีผลต่อความหนาของกล้ามเนื้อถาวร เนื่องจากความหนาได้ฟื้นตัวกลับมาหลัง 3 เดือน แต่หากฉีดกระตุ้น (Booster injection) 3 เดือนหลังจากการฉีดครั้งแรกความหนาของ MM จะลดลงหลังจาก 6 เดือน<sup>60</sup> การศึกษาในสัตว์ทดลองบ่งชี้ว่าสิ่งนี้อาจเป็นผลมาจากการสร้างเส้นประสาทใหม่ (Re-innervation) ที่ไม่สมบูรณ์ในบริเวณที่ฉีด การสะสมไขมัน (Fatty infiltration) การเกิดพังผืด (Fibrosis) และแม้กระทั่งภาวะกล้ามเนื้อฝ่อ (Atrophy) เนื่องจากการตายของใยกล้ามเนื้อ<sup>74</sup> ในการประเมินความหนาของกล้ามเนื้อ ได้แสดงให้เห็นว่าความหนาของกล้ามเนื้อเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอาการที่ผู้ป่วยรายงาน เมื่อความหนาของ MM ลดลงอาการปวดก็จะหายไปหรือลดลง<sup>70</sup> ยิ่งไปกว่านั้น ความพึงพอใจด้านความงามของใบหน้ายังดีขึ้นด้วย<sup>75</sup> แต่ต้องไม่ลืมว่าความหนาของกล้ามเนื้อมักจะมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงต้องปรับปริมาณยาตามความรุนแรงของภาวะ MMH ในขณะที่หลีกเลี่ยงการให้ยาเกินขนาดจนเกิดผลข้างเคียง<sup>76</sup> นอกจากนี้ ระบบจะสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานเมื่อได้รับ BTXA ในปริมาณที่มากเกินไป ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการรักษาในอนาคต แต่จวบจนถึงปัจจุบัน BTXA มีปริมาณโปรตีนที่ต่ำมาก จึงมีโอกาสเกิดผลกระทบน้อยอย่างจำกัด<sup>77-79</sup>

**การใช้ในกรณีลดแรงบดเคี้ยว นอนกัดฟันและโรคข้อต่อขากรรไกร** Shi และคณะ<sup>80</sup> ได้ประเมินการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา (Morphological changes) ใน MM ของอาสาสมัคร 206 คนภายใต้สภาวะกัดฟันแน่น และไม่กัดฟันโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูง การศึกษาพบว่าส่วนกลางของกล้ามเนื้อที่เล็กกว่ามีความหนามากกว่าทั้งในสภาวะที่ผ่อนคลายและกัดฟันแน่น แต่ทว่า Li และคณะ<sup>25</sup> ใช้วิธีการวัดแบบเดียวกันกับผู้เข้าร่วม 42 คน กลับได้ข้อสรุปที่ตรงกันข้าม เมื่อเทียบกับการฉีดหลอก (Placebo injections) ในแง่แรงบดเคี้ยว BTXA สามารถลดของแรงกัดฟันอย่างมีนัยสำคัญ 3 เดือนหลังการฉีด และยังมีผลลดลงแต่ไม่มี

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจนถึง 6 เดือน<sup>81-84</sup> เมื่อเปรียบเทียบการรักษาด้วย BTXA กับการใช้เฝือกสบฟันและการฉีดยาหลอก การวิเคราะห์แรงบดเคี้ยวหลังการฉีดยา BTXA แสดงให้เห็นการลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ 1 เดือน

BTXA ยังคงมีประสิทธิภาพเหนือกว่าอุปกรณ์สบฟันและยาหลอกที่ 3 เดือนแต่พบว่า ระหว่าง 3-6 เดือน พบว่ามีแรงบดเคี้ยวที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ<sup>58,81,85-90</sup> การเปรียบเทียบข้างต้น (ตารางที่ 3)

**ตารางที่ 3** เปรียบเทียบผลของโบทูลินัมท็อกซินชนิดเอกกับการใช้เฝือกสบฟันในการรักษาภาวะการนอนกัดฟัน

**Table 3** Comparison between Botulinum toxin type A and occlusal splint for the treatment of bruxism

| หัวข้อเปรียบเทียบ                                 | BTXA (Botulinum toxin type A)                                                                                                   | Occlusal Splint                                                                                |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| กลไกการออกฤทธิ์                                   | ยับยั้งการนำกระแสประสาทที่แผลประสาท-กล้ามเนื้อ (Neuromuscular conduction block) โดยเฉพาะในกล้ามเนื้อบดเคี้ยว เช่น MM (Masseter) | ลดแรงบดเคี้ยวผ่านการป้องกันฟันสึก และกระจายแรงบดเคี้ยวโดยไม่ยับยั้งการทำงานของกล้ามเนื้อโดยตรง |
| ประสิทธิภาพระยะสั้น (1 เดือน)                     | ลดแรงบดเคี้ยวได้อย่างมีนัยสำคัญ                                                                                                 | ประสิทธิภาพน้อยกว่า BTXA                                                                       |
| ประสิทธิภาพระยะกลาง (3 เดือน)                     | ยังคงมีประสิทธิภาพเหนือกว่า Occlusal splint และยาหลอก                                                                           | ประสิทธิภาพน้อยกว่า BTXA                                                                       |
| ประสิทธิภาพระยะยาว (3-6 เดือน)                    | แรงบดเคี้ยวกลับมาสูงกว่า Occlusal splint อย่างมีนัยสำคัญ                                                                        | มีแรงบดเคี้ยวต่ำกว่า BTXA ในช่วงเวลาเดียวกัน                                                   |
| ผลต่อกล้ามเนื้อบดเคี้ยวอื่น                       | ควบคุมเฉพาะการหดตัวของกล้ามเนื้อ MM ได้ดีกว่า กล้ามเนื้ออื่นยังคงทำงานได้ดี                                                     | ไม่ส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อโดยตรง                                                         |
| การประเมินด้วย EMG                                | พบว่าลดความตึงของกล้ามเนื้อ MM ได้อย่างมีนัยสำคัญ                                                                               | ไม่เปลี่ยนแปลงการทำงานของกล้ามเนื้อชัดเจน                                                      |
| ผลต่อ RMMA (Rhythmic Masticatory Muscle Activity) | ไม่เปลี่ยนแปลงความถี่ของ RMMA แม้ลดการหดตัวของ MM ได้                                                                           | ไม่ยับยั้ง RMMA เช่นเดียวกับ BTXA                                                              |
| การฟื้นตัวของกล้ามเนื้อ                           | เกิดการสร้างเส้นใยประสาทใหม่ (Axon sprouting) แต่มีจำนวนน้อย ช่วยให้คลายกล้ามเนื้อยาวนานขึ้น                                    | ไม่มีผลต่อการนำกระแสประสาทหรือการสร้างเส้นใยใหม่                                               |
| ข้อดี                                             | ออกฤทธิ์จำเพาะกับกล้ามเนื้อที่มีปัญหา/ ลดอาการได้เร็ว/ ผลยาวนาน                                                                 | ไม่รุกราน/ ปลอดภัย/ ป้องกันการสึกของฟัน                                                        |
| ข้อจำกัด                                          | ผลลดลงเมื่อครบ 3-6 เดือน/ อาจต้องฉีดซ้ำ/ ค่าใช้จ่ายสูงกว่า                                                                      | อาจไม่เพียงพอในผู้ป่วยที่มีแรงกัดรุนแรง/ ต้องใส่ขณะนอนทุกคืน                                   |

สำหรับการรักษา TMD เมื่อเทียบกับยาหลอก BTXA มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของการอ้าปากกว้างสุดที่ 1 และ 6 เดือน หลังการฉีดยา<sup>70</sup> อย่างไรก็ตาม Asutay และคณะ<sup>91</sup> พบว่าการเปลี่ยนแปลงในการอ้าปากไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติที่มีนัยสำคัญส่วนอีกหลาย ๆ การศึกษา<sup>92-100</sup> เห็นด้วยกับการรักษา และเป็นผลดีต่อ Temporomandibular joint ในผู้ป่วยที่มีภาวะ TMD ที่เกิดจากกล้ามเนื้อ และเมื่อเทียบกับการฉีดยาหลอก BTXA มีความสัมพันธ์กับการลดลงอย่างมีนัยสำคัญของความรุนแรงของอาการปวดที่ 1 2 3 และ 6 เดือน หลังการฉีดยา<sup>94-96</sup> นอกจากนี้ ยังพบว่า BTXA มีความสัมพันธ์กับการลดลงอย่างมีนัยสำคัญของการทำงานของ MM ที่ 1 เดือน และแรงสบฟันที่ 3 เดือน<sup>82</sup> นอกจากนี้ การศึกษาหลายฉบับได้ประเมินการใช้การรักษาด้วย BTXA สำหรับอาการปวดกลุ่ม Myofascial pain โดยรายงานการลดลงของความรุนแรงของอาการปวดใน

กลุ่ม BTXA และสรุปว่าการรักษานี้มีประสิทธิภาพมากกว่ายาหลอกเล็กน้อยในการลดอาการปวด แต่ดูเหมือนจะมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับแนวทางการรักษาแบบประคับประคองและการฟื้นฟูอื่น ๆ<sup>94-97</sup> ดังนั้นบางการศึกษาจึงสรุปว่าน่าจะให้คำแนะนำในการใช้ BTXA ในกรณี Myofascial pain<sup>98</sup> อนึ่ง การฉีดยา BTXA ในปริมาณต่ำดูเหมือนจะมีผลทางคลินิกทั้งในด้านความรู้สึกของผู้ป่วยและผลต่อ MMH แต่ในฐานะแพทย์ควรพิจารณาถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการฉีดปริมาณเกินความจำเป็น หรือการฉีดซ้ำในกรอบเวลาอันสั้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการบดเคี้ยวและการทำงานของกล้ามเนื้อรวมถึงการลดลงอย่างถาวรของความหนาของกล้ามเนื้อซึ่งส่งผลให้สูญเสียการทำงาน<sup>99</sup> ปกติผลของ BTXA มักจะคงอยู่ 3-6 เดือน ระยะเวลาการออกฤทธิ์ที่ยาวนานขึ้นที่ MM เมื่อเทียบกับการรักษาวิธีรอบยอนใบหน้า อาจเกี่ยวกับปัจจัยเรื่องปริมาณยา<sup>100,101</sup>

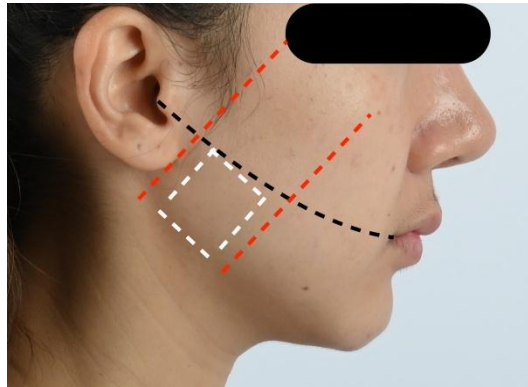
**การใช้ในกรณีลดขนาดกล้ามเนื้อเพื่อความงาม** อีกหนึ่งบทบาทสำคัญของ BTXA คือฉีดเพื่อความงาม ในอดีตถูกนำมาใช้ในการรักษาภาวะที่เกี่ยวข้องกับบริเวณใบหน้าส่วนบนและส่วนกลาง อย่างไรก็ตาม ข้อบ่งชี้สำหรับการฉีดเพื่อความงามของ BTXA ได้ขยายไปยังบริเวณใบหน้าส่วนล่างและลำคอ<sup>55</sup> การใช้ BTXA เพื่อปรับรูปหน้าส่วนล่างแพร่หลายมากขึ้นโดยจะทำได้โดยการฉีดเข้า MM โดยอาการสำคัญที่นำผู้ป่วยเข้ารับการรักษาคือใบหน้าเหลื่อม การฉีด BTX ทำให้ใบหน้าส่วนล่างที่มีรูปร่างสมส่วนขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในใบหน้าที่มีความเป็นหญิง (Facial feminization) แต่สิ่งที่ต้องคำนึงร่วมด้วยเสมอคือ ความกว้างของใบหน้าส่วนล่างถูกกำหนดโดยปัจจัยหลัก 3 ประการ ได้แก่ ขนาดของกระดูกขากรรไกร มวลของ MM และปริมาตรของเนื้อเยื่อไขมันใต้ผิวหนัง (Subcutaneous adipose tissue)<sup>57</sup> ซึ่งขนาดและรูปร่างของกรามถูกกำหนดมาตั้งแต่แรกเกิดและจะคงที่เมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ ปัจจัยเหล่านี้ยังแตกต่างกันไปในแต่ละเชื้อชาติด้วย ปริมาตรของไขมันใต้ผิวหนังแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคลตามดัชนีมวลกาย (Body mass index) ของแต่ละคน และสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ตามสุขภาพโดยรวมและร้อยละไขมันในร่างกาย การแก้ไขส่วนประกอบดังกล่าว มักต้องใช้การผ่าตัด เช่นการตัดกระดูกกราม หรือเลื่อนขากรรไกร และการดูดไขมัน หรือดึงหน้า แต่ภาวะ MMH สามารถส่งผลให้กรามกว้าง ซึ่งส่งผลเสียต่อรูปลักษณ์ภายนอกนั้น มีทางเลือกการรักษาที่รุกรานน้อยกว่าเช่นการฉีด BTX<sup>57,58</sup> ขณะที่อีกหนึ่งหมุดหมายสำคัญคือการศึกษามulticenter RCT ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงด้วยเครื่องสแกนสามมิติ พบว่าการฉีด BTXA 2 ครั้งห่างกัน 180 วันส่งผลให้ MM เปลี่ยนแปลงขนาดอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับยาหลอก<sup>102</sup> อีกการศึกษา multicenter RCT ที่ใช้เครื่องสแกนสามมิติเช่นกันพบว่าการใช้ BTXA มีผลต่อความหนาของ MM ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลลัพธ์เด่นชัดที่สุดในสัปดาห์ที่ 12 และต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์ที่ 24<sup>103</sup>

**วิธีการบริหารยาเข้ากล้ามเนื้อ Masseter ขั้นตอน** การรักษาทำได้โดยการฉีดด้วยเข็มขนาด 30 (G-30 needle) ที่สอดลึกเข้าไปในกล้ามเนื้อ สามารถกำหนดบริเวณที่ปลอดภัยในการฉีดได้ โดยกำหนดขอบล่างของขากรรไกรล่าง ซึ่งเป็นขอบล่างของบริเวณที่ฉีด ขอบบนคือเส้นที่ลากจากมุมปากไปยังติ่งหู ผู้ป่วยจะถูกขอให้กัดฟันแน่นเพื่อให้สามารถคลำและทำเครื่องหมายขอบด้านหน้าและด้านหลังของ MM ได้ อาจมีการวาดรูปสี่เหลี่ยมกำหนดตำแหน่งบนใบหน้า และกำหนดบริเวณที่ปลอดภัยในการฉีดภายในรูป

สี่เหลี่ยมนี้ โดยห่างจากขอบ 1 เซนติเมตร<sup>104</sup> (รูปที่ 1) ข้อแนะนำส่วนใหญ่มักจะแนะนำให้ฉีด 3 จุด โดยใช้ปริมาณรวมของ Onabotulinumtoxin A หรือ Incobotulinumtoxin A 24 ถึง 60 ยูนิต และ Abobotulinumtoxin A 60 ถึง 300 ยูนิต<sup>57,104</sup> ส่วนบนของ MM ถือว่าไม่เหมาะสมสำหรับการฉีดเนื่องจากตำแหน่งของท่อต่อมน้ำลายพาโรติค (Parotid duct) และการไม่มีแขนงของเส้นประสาท (Perforating nerve) ที่ไปเลี้ยง MM ชั้นต้น<sup>106</sup> เพื่อให้แน่ใจว่าฉีดได้อย่างถูกต้อง แพทย์สามารถขอให้ผู้ป่วยกัดฟันแน่น ซึ่งจะช่วยให้ระบุกล้ามเนื้อที่โตเกินได้ง่ายขึ้น<sup>100</sup> แม้จะมีความหลากหลายเรื่องขนาดยา แต่การศึกษาส่วนใหญ่เห็นพ้องต้องกันว่าปริมาณที่ต่ำกว่า 20 ยูนิตนั้นไม่เพียงพอ ในขณะที่ปริมาณที่ 20–40 ยูนิตให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Food and Drug Administration) ได้อนุมัติปริมาณยาสูงสุดที่ 400 ยูนิต BTXA ภายในช่วงเวลา 3 เดือน อย่างไรก็ตาม ปริมาณยาที่สูงถึง 600 ยูนิต ก็อาจไม่เพิ่มความเสี่ยงต่อเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ ส่วนปริมาณสารพิษต่อระบบประสาท (Neurotoxin load) แตกต่างกันไปในแต่ละสูตรของ BTX<sup>105</sup> Chang และคณะ<sup>59</sup> ได้รายงานประสิทธิภาพ โดยมีการลดลงของปริมาตร MM ร้อยละ 12 หลังจากการฉีดต่อเนื่อง 3 ครั้ง ห่างกัน 4 เดือนใน 1 ปี หลังจากสิ้นสุดการรักษา ปริมาณยาขั้นต่ำที่ใช้คือ 20 ยูนิตในแต่ละข้าง แม้จะถือเป็นการรักษาแบบมาตรฐานสำหรับ MMH ทว่า ข้อมูลในปัจจุบันยังไม่ชัดเจนที่แน่นอนเกี่ยวกับปริมาณยาเฉลี่ยที่เป็นมาตรฐาน อาจเพราะการศึกษามีอยู่ไม่กี่ชิ้นที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับเทคนิคการฉีด เพื่อปรับรูปหน้าส่วนล่างเป็นหลัก<sup>106-109</sup> Moore และ Woode<sup>20</sup> ได้ใช้ Abobotulinumtoxin A 300 ยูนิตในตัวอย่างที่มีความผิดปกติ TMD กลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อและพังผืด (Myofascial pain syndrome) และ MMH แสดงให้เห็นการลดลงของกล้ามเนื้อเล็กน้อยเป็นเวลาสองสัปดาห์หลังการฉีด โดยมีผลคงอยู่นานหกเดือนโดยไม่มีผลข้างเคียง อีกหนึ่งในการศึกษาที่ใหญ่ที่สุดซึ่งดำเนินการโดย Kim และคณะ<sup>58</sup> ในผู้ป่วย 1,021 รายที่ได้รับการรักษาด้วย Abobotulinumtoxin A 100–140 ยูนิต เพื่อปรับรูปหน้าส่วนล่าง พบว่าความหนาลดลงร้อยละ 31 และพบการลดลงสูงสุดของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลัง 10–12 สัปดาห์ และร้อยละ 50 ต้องได้รับการฉีดครั้งที่สองหลังจาก 4–7 เดือน นอกจากนั้น ยังมีการกล่าวถึงประสิทธิภาพยาในปัจจุบันเพิ่มขึ้นโดยใช้ปริมาณยาที่ลดลง ด้วยปริมาณยาน้อยกว่า 25 ยูนิต ในการรักษา MMH<sup>89</sup> ทว่า คำแนะนำส่วนใหญ่ มักจะแนะนำให้ใช้ ในปริมาณรวม 24 ถึง 60 ยูนิต<sup>107</sup> บาง

การศึกษากล่าวถึงการฉีดหลายจุดช่วยให้มีการกระจายของยาเข้าสู่กล้ามเนื้อได้ดีขึ้น แม้ว่าการฉีดจุดเดียวทำได้เร็วกว่าเจ็บปวดน้อยกว่า และอาจมีแนวโน้มที่จะเกิดภาวะแทรกซ้อนน้อยกว่า<sup>73</sup> ในทางตรงกันข้าม Nikolis และคณะ<sup>66</sup> ได้ประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคการฉีดสองแบบในการรักษาผู้ป่วย

30 ราย ที่มี MMH โดยใช้ Incobotulinumtoxin A ผู้ป่วย 15 รายได้รับ 40 ยูนิตที่จุดฉีดเดียว และผู้ป่วย 15 รายได้รับ 40 ยูนิตด้วยเทคนิคการฉีด 5 จุด จุดละ 8 ยูนิต ในการติดตามผล 6 เดือน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเทคนิคการฉีดทั้งสองแบบ



**รูปที่ 1** การกำหนดบริเวณที่ปลอดภัยในการฉีดยาโบ툴ินัม ท็อกซิน โดยกำหนดขอบล่างของขากรรไกรล่าง ซึ่งเป็นขอบล่างของบริเวณที่ฉีด ขอบบนคือเส้นที่ลากจากมุมปากไปยังติ่งหู (เส้นประสีดำ) ผู้ป่วยจะถูกขอให้กัดฟันแน่นเพื่อให้สามารถคลำและทำเครื่องหมายขอบด้านหน้าและด้านหลังของกล้ามเนื้อ Masseter ได้ (เส้นประสีแดง) อาจมีการวาดรูปสี่เหลี่ยมกำหนดตำแหน่งบนใบหน้า และกำหนดบริเวณที่ปลอดภัยในการฉีดภายในรูปสี่เหลี่ยมนี้ โดยห่างจากขอบ 1 เซนติเมตร (เส้นประสีขาว)

**Figure 1** The lower border of the mandible is identified as the lower boundary of the injection area, while the upper boundary is defined by a line drawn from the corner of the mouth to the tragus of the ear (black dashed line). Patients are asked to clench their teeth tightly to allow for palpation and marking of the anterior and posterior borders of the masseter muscle (red dashed lines). A rectangular area may be drawn on the face to guide injection placement, with the safe injection zone located within this rectangle, maintaining a 1-centimeter distance from the borders (white dashed line).

**ภาวะแทรกซ้อนและการแก้ไข** ในด้านความปลอดภัย BTXA ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถฉีดซ้ำทุก ๆ 4-6 เดือนได้หลายครั้งต่อเนื่องกันเป็นเวลาหลายปีโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาที่มีนัยสำคัญ<sup>66,102,103,108</sup> ส่งผลให้งานวิจัยเกี่ยวกับผลข้างเคียงมุ่งเน้นไปที่การระบุดูแลที่ปลอดภัยและเพิ่มประสิทธิภาพของผลลัพธ์ โดยการประเมินตำแหน่งฉีดทางคลินิก เช่น การคลำตำแหน่งกล้ามเนื้อ ถือว่ามีความปลอดภัยเพียงพอ ซึ่งรายงานผลข้างเคียงพบได้น้อยหรือแทบไม่มีเลย<sup>89</sup> ผลข้างเคียงที่ถูกรายงานมักมาจากการ Excessive infiltration หรือเลือกจุดฉีดที่ไม่ถูกต้องทำให้ยาไม่อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ มีรายงานหนึ่งระบุว่าผู้ป่วยมากถึงร้อยละ 50 อาจประสบกับเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์แบบไม่รุนแรง และหายได้เองภายใน 1-2 เดือน<sup>109</sup> ผลข้างเคียงในการรักษา MMH ด้วย BTXA (ตารางที่ 4)<sup>61,68,74,99,108,110-114</sup> ภาวะแทรกซ้อนที่พบบ่อยที่สุดของการฉีด ได้แก่ อาการปวดเล็กน้อยบริเวณที่ฉีด หรือกล้ามเนื้ออ่อนแรงชั่วคราว ซึ่งอาจนำไปสู่ข้อจำกัดการใช้งาน เช่น กำลังการเคี้ยวลดลง<sup>115</sup> ปัญหาด้านความงามรวมไปถึง

ภาวะยิ้มไม่สมมาตร การอ้าปากเบี้ยว รอยซ้ำ การหย่อนคล้อยของแก้มและผิวหนัง อาการปวดศีรษะ การแสดงออกทางใบหน้าที่ไม่พึงปรารถนา ความผิดปกติในการพูด ทรงของกล้ามเนื้อที่ไม่สม่ำเสมอ แก้มตบ และการเปลี่ยนของ Parotid gland สิ่งเหล่านี้พบได้บ่อยเป็นพิเศษในผู้ป่วยสูงอายุ หรือผู้ที่ มีผิวหนังบาง เนื่องจากภาวะ MM Atrophy อย่างรวดเร็วสามารถนำไปสู่ภาวะผิวหนังหย่อนคล้อยของเนื้อเยื่ออ่อนบริเวณขอบขากรรไกรล่างและใบหน้าที่ดูมีอายุมากขึ้น<sup>20,65</sup> การป้องกัน ผลข้างเคียงเหล่านี้รวมถึงการใช้ปริมาณยาที่ต่ำลง และการเว้นช่วงการฉีด รวมถึงการฉีดเสริมเข้ากล้ามเนื้อ Depressor muscles เพื่อต้านการหย่อน<sup>116</sup> และสามารถลดให้น้อยที่สุดได้โดยการใช้เทคนิคการฉีดที่แม่นยำและการปรับปริมาณยาให้เข้ากับกายวิภาคและความต้องการของผู้ป่วยแต่ละราย<sup>110,117</sup> นอกจากนี้เนื่องจากผลของ BTXA สามารถย้อนกลับได้ กล้ามเนื้ออ่อนแรงจึงค่อย ๆ พ้นตัวเมื่อเวลาผ่านไป<sup>76</sup> ภาวะใบหน้าไม่สมมาตรชั่วคราว ซึ่งอาจเกิดจากการอ่อนแรงโดยไม่ได้ตั้งใจของกล้ามเนื้อข้างเคียง เช่น กล้ามเนื้อ Risorius หรือ

กล้ามเนื้อ Zygomaticus มีรายงานผู้ป่วย 2 รายจาก 1,021 ราย แสดงอาการยังไม่สมมาตร<sup>58</sup> ถึงแม้ว่าจุดประสงค์ของการรักษาคือการลดการทำงานของกล้ามเนื้อ แต่ก็พบผลข้างเคียงคือภาวะกล้ามเนื้อบวมที่ผิดปกติ (Paradoxical muscle swelling) ซึ่งปรากฏเป็นก้อนนูนเฉพาะที่ ภาวะนี้มักเกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของยาไม่สม่ำเสมอ หรือมีสิ่งกีดขวาง เช่น เอ็นส่วนล่างที่อยู่ลึกภายใน MM การใช้การนำทางด้วยคลื่นเสียง

ความถี่สูง และการฉีดที่กระจายตัวอย่างระมัดระวังเป็นสิ่งสำคัญในการป้องกันผลลัพธ์ดังกล่าว<sup>118,119</sup> ผลกระทบที่พบได้ยากอื่น ๆ ได้แก่ ภาวะกลืนลำบาก (Dysphagia) และปัญหาในการพูด ซึ่งเกิดจากการแพร่กระจายโดยไม่ตั้งใจไปยังกล้ามเนื้อข้างเคียง รวมถึง ภาวะอัมพาตเส้นประสาทใบหน้าชั่วคราว (Transient facial nerve palsy)<sup>107</sup>

**ตารางที่ 4** ผลข้างเคียงของการรักษากล้ามเนื้อ Masseter ด้วย Botulinum toxin

**Table 4** Adverse effects of masseter muscle treatment with botulinum toxin

| อุบัติการณ์                  | ผลข้างเคียง                                                                                                                                              | การป้องกัน-รักษา                                                                                                                       |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| พบได้บ่อย (ร้อยละ~30-50)     | ปวดเล็กน้อยที่จุดฉีด กล้ามเนื้ออ่อนแรงชั่วคราว                                                                                                           | ให้ยาแก้ปวด ปรับขนาดยา การให้ความรู้เบื้องต้นกับผู้ป่วย                                                                                |
| อาจพบได้ (ร้อยละ~2-15)       | ใบหน้าไม่สมมาตร อาการฟกช้ำ ปวดศีรษะ การเคี้ยวเปลี่ยนแปลง หรือผิวบริเวณแก้มเป็นรอยนูน                                                                     | เทคนิคการฉีดที่แม่นยำ การประคบเฉพาะจุด การให้ยาแก้ปวด หรือการปรับขนาดยาที่เหมาะสม การให้ความรู้เบื้องต้นกับผู้ป่วย                     |
| พบได้ยาก (ร้อยละ~0.2-2.3)    | ผิวหนังหรือ เนื้อเยื่ออ่อนของกรามหย่อนคล้อย                                                                                                              | ใช้ขนาดยาลดลง กระจายจุดฉีด พิจารณาการฉีดกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ตรงข้ามเช่น depressor muscles การให้ความรู้เบื้องต้นกับผู้ป่วย           |
| พบได้ยากมาก (ร้อยละ~<1-2)    | การเปลี่ยนแปลงในรอยยิ้มไม่สมมาตร กล้ามเนื้อบวม ไม่สม่ำเสมอ ความผิดปกติในการขยับปากขณะพูด การบวมของต่อมน้ำลาย การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างของกระดูกขากรรไกร | ฉีดภายในขอบเขตของกล้ามเนื้อบดเคี้ยว ใช้การนำทางด้วยคลื่นความถี่เหนือเสียง ปรับขนาดยาตามขนาดกล้ามเนื้อ การให้ความรู้เบื้องต้นกับผู้ป่วย |
| พบได้ยากมากที่สุด (ร้อยละ<1) | การแพ้ยา                                                                                                                                                 | หยุดการรักษา และส่งปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านภูมิคุ้มกัน การให้ความรู้เบื้องต้นกับผู้ป่วยว่าการแพ้เกิดได้ยากมาก                            |

Hong และคณะ<sup>115</sup> สังเกตการลดลงของคุณภาพกระดูก Cortical bone หลังการฉีด BTXA งานวิจัยของ Tsai และคณะ<sup>117</sup> ในหนูทดลอง ชี้ให้เห็นว่าการฉีด BTXA เข้าไปในกล้ามเนื้อบดเคี้ยวทำให้ความหนาของ Cortical bone ในบริเวณขากรรไกรล่างบางลง โดยเฉพาะส่วนกระดูก Angular process ซึ่งเป็นผลมาจากการฝ่อของกล้ามเนื้อและการลดลงของแรงกลที่ตามมา ส่วนการศึกษาของ Kahn และคณะ<sup>118</sup> รายงานว่าภาวะกล้ามเนื้อฝ่อที่เกิดจาก BTXA ส่งผลให้ความหนาแน่นของ Mandibular condyle และกระดูกเข้าฟันลดลง Moussa และคณะ<sup>114</sup> ได้รายงานผลข้างเคียงของการฉีด BTXA ต่อเนื้อเยื่อกระดูกขากรรไกรล่างในสัตว์ทดลองซึ่งมีการใช้ BTXA ในปริมาณที่สูงมาก ดังนั้นจึงมีผลต่อความหนาแน่นของกระดูกที่ลดลงอย่างชัดเจน ในขณะที่ปริมาณยาที่ต่ำกว่ามากในมนุษย์ จะมีผลกระทบน้อยมากหรือไม่พบเลย แต่อย่างไรก็ตาม การใช้ในปริมาณสูงหรือเป็นระยะเวลานานก็ควรทำด้วยความระมัดระวัง<sup>114</sup> ส่วนปฏิกิริยาการแพ้แม้จะพบได้ยาก แต่ก็มีกรายงานไว้ในผู้ป่วย เช่นปฏิกิริยาทางระบบ เช่น อาการคล้ายไข้หวัดใหญ่ (Flu-like symptoms) หรืออาการไม่สบายทั่วไป

(Generalized malaise) พบได้ยากมาก<sup>119</sup> ปฏิกิริยาเหล่านี้มักไม่รุนแรงและหายได้เอง เป็นไปได้ว่าพันธุกรรมของผู้ป่วยอาจส่งผลต่อความไวต่อเหตุการณ์เหล่านี้<sup>111</sup>

การเกิดแอนติบอดี (Neutralizing antibodies) อาจเกิดได้โดยมีปัจจัยเสี่ยงจากการฉีดในปริมาณสูง ฉีดบ่อย หรือใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนกระตุ้นภูมิสูง แม้ในบางการศึกษาจะพบแอนติบอดีได้ถึงร้อยละ 44.5-53.5 แต่ผู้ป่วยเหล่านั้นยังคงตอบสนองดีทางคลินิก<sup>120</sup> ขณะที่บางรายงาน รายงานว่าแม้ไม่มีแอนติบอดีแต่กลับไม่ตอบสนองต่อยา ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างแอนติบอดีกับการตอบสนองต่อยาอย่างไม่ชัดเจน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดภูมิต้านทาน แนะนำให้ใช้สูตรที่มีโปรตีนต่ำ หลีกเลี่ยงสารเสริมภูมิ รักษาระยะห่างระหว่างการฉีดอย่างปลอดภัย และใช้ขนาดยาลดต่ำที่สุดที่ยังให้ผลดี ปัจจุบันยังมีความจำเป็นเร่งด่วนในการพัฒนาการตรวจแอนติบอดีด้วยวิธีที่ไวและจำเพาะมากขึ้น เช่น การตรวจเชิงโครงสร้าง (Structural assays) ซึ่งควรนำมาใช้ในการศึกษาติดตามระยะยาวเพื่อเข้าใจกลไกภูมิคุ้มกันของการเกิดแอนติบอดีและช่วยนำไปสู่แนวทางการป้องกันและรักษาภาวะดื้อต่อ BTX ได้อย่างมี

ประสิทธิภาพมากขึ้น<sup>121</sup> สุดท้ายการให้ความรู้แก่ผู้ป่วยก็เป็นสิ่งที่ไม่ควรมองข้าม การแจ้งผู้ป่วยเกี่ยวกับผลข้างเคียงชั่วคราวที่อาจเกิดขึ้น เช่น กล้ามเนื้อเคี้ยวอ่อนแรงเล็กน้อย หรือใบหน้าไม่สมมาตรชั่วคราว จะช่วยให้พวกเขาเตรียมพร้อมสำหรับการฟื้นตัว การแนะนำให้พักผ่อนหลังการรักษาสามารถช่วยลดผลข้างเคียงเล็กน้อย เช่น อาการเวียนศีรษะหรือปวดศีรษะได้ ด้วยการผสมผสานระหว่างเครื่องมือช่วย การวางแผนการฉีดยาอย่างรอบคอบ แนวทางการรักษาเฉพาะบุคคล และการหมั่นศึกษาหาความรู้ของแพทย์เองสามารถลดความเสี่ยงของภาวะแทรกซ้อนที่พบได้ยากได้อย่างมีนัยสำคัญ

## บทวิจารณ์

เนื่องจากภาวะ MMH มีลักษณะเฉพาะที่ชัดเจนคือมีการบวมกดไม่แข็งใกล้บริเวณมุมขากรรไกร การเพิ่มขึ้นของปริมาตรกล้ามเนื้อส่งผลให้รูปร่างของใบหน้าเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งอาจมีร่วมกับอาการปวด ส่งผลกระทบต่อทั้งทางด้านความงามและการทำงานของขากรรไกรซึ่งอาจเป็นอาการนำให้ผู้ป่วยเข้ารับการรักษาที่ทันตแพทย์<sup>58</sup> จากการศึกษา MMH มักถูกอธิบายว่าเป็นภาวะที่เกิดร่วมกับการโตเกินของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวอื่น ๆ เช่น TPM MMH ทั้งสองข้างพบได้บ่อยกว่า แต่หากกลับถ้อยเป็นปัญหาด้านความงามน้อยกว่า เพราะยังคงรักษาสมมาตรไว้ แม้ว่าสาเหตุที่แท้จริงของ MMH จะยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด<sup>25</sup> แต่ก็มีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภาวะนี้ ซึ่งรวมถึง ภาวะนอนกัดฟัน TMD อาการปวดเรื้อรัง ความเครียดทางอารมณ์ และการทำงานผิดปกติในช่องปาก ซึ่งทันตแพทย์ควรพิจารณาหาสาเหตุเหล่านี้ร่วมด้วย<sup>6-9</sup> ในทางกลับกันผลการวิจัยก็ชี้ให้เห็นว่า MMH ไม่ได้เกิดจากการโตเกินที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน แต่เป็นผลมาจากการขยายขนาดเพื่อชดเชยเนื่องจากการขาดส่วนประกอบของกล้ามเนื้อบางชนิด<sup>12</sup> ถึงแม้ว่าจากหลักฐานเชิงประจักษ์ในปัจจุบันสาเหตุจะยังไม่แน่ชัดแต่หากทันตแพทย์ตรวจพบภาวะที่อาจเกี่ยวข้อง เช่นการนอนกัดฟัน ผู้ป่วยก็ควรได้รับการรักษาสาเหตุที่อาจเกี่ยวข้องนั้นประกอบเช่นการใส่เฝือกสบฟัน นอกจากการเพิ่มขึ้นของมวลกล้ามเนื้อแล้ว การเปลี่ยนแปลงอาจเกิดขึ้นในเนื้อเยื่อกระดูกข้างเคียง สำหรับ MMH สองข้างมักจะมาพร้อมกับอาการปวดซึ่งอาจเป็น ๆ หาย ๆ และอาจถูกเข้าใจผิดว่าเป็นอาการปวดที่มาจากต่อมน้ำลาย บางการศึกษากล่าวถึงองค์ประกอบของใยกล้ามเนื้อใน MMH นั้นแตกต่างอย่างมากจาก MM ที่โตเกินจากใช้

ทำงาน ขณะที่ผู้ป่วยส่วนใหญ่รายงานว่าภาวะนี้มีลักษณะค่อยเป็นค่อยไป<sup>14,32-34</sup>

ในแง่เทคนิคและปริมาณหน่วยของ BTXA ในการรักษา MMH ขนาดยาที่ใช้ในการฉีด BTXA จะแตกต่างกันไปตามความรุนแรงของภาวะและความต้องการของผู้ป่วย โดยทั่วไปปริมาณยาที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 24 ถึง 60 ยูนิตสำหรับ Onabotulinumtoxin A หรือ Incobotulinumtoxin A และ 60 ถึง 300 ยูนิตสำหรับ Abobotulinumtoxin A<sup>57,104</sup> การฉีด BTXA ในปริมาณที่ต่ำกว่า 20 ยูนิตมักไม่เพียงพอที่จะให้ผลลัพธ์ที่มีนัยสำคัญ ในขณะที่ปริมาณที่สูงถึง 600 ยูนิตอาจไม่เพิ่มความเสี่ยงต่อเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์อย่างมีนัยสำคัญ<sup>20,57,104</sup> สำหรับทันตแพทย์ซึ่งอาจไม่คุ้นชินกับการบริหารยาภายนอกช่องปากนั้น ตำแหน่งการฉีด BTXA มีความสำคัญในการกำหนดผลลัพธ์ของการรักษา โดยทั่วไปการฉีดจะทำในบริเวณ MM และ TPM ด้านหน้า เพื่อช่วยลดความตึงตัวและขนาดของกล้ามเนื้อ การกำหนดบริเวณที่ฉีดสามารถทำได้โดยการกำหนดขอบล่างของขากรรไกรล่างเป็นขอบล่างของบริเวณที่ฉีด และขอบบนคือเส้นที่ลากจากมุมปากไปยังดั้งหู<sup>59,104,105</sup> ผู้ป่วยจะถูกขอให้กัดฟันแน่นเพื่อให้สามารถคลำและทำเครื่องหมายขอบด้านหน้าและด้านหลังของ MM ได้ การทำเครื่องหมายอาจทำโดยใช้ดินสอสีขาวลากเส้นจากดั้งหูสู่มาปาก จากนั้นให้ผู้ป่วยกัดฟันแน่นเพื่อวาดขอบหน้าและหลังของกล้ามเนื้อ สุดท้ายจึงวัดตำแหน่ง 1 เซนติเมตรจากขอบเข้ามา (รูปที่ 1) การฉีดหลายจุดช่วยให้มีการกระจายของสารพิษเข้าสู่กล้ามเนื้อได้ดีขึ้น แม้ว่าการฉีดจุดเดียวทำได้เร็วกว่า เจ็บปวดน้อยกว่า และอาจมีแนวโน้มที่จะเกิดภาวะแทรกซ้อนน้อยกว่า<sup>23,59,104</sup> การฉีด BTXA ดูเหมือนจะมีผลดีทั้งในด้านความรู้สึกของผู้ป่วยและผลต่อ MMH แต่ในฐานะทันตแพทย์ ควรพิจารณาถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการฉีดปริมาณเกินความจำเป็น หรือการฉีดซ้ำในกรอบเวลาอันสั้น เช่น ความเสี่ยงของการดื้อยา ผลข้างเคียงระยะยาว ดังนั้นผู้แต่งจึงเสนอว่าการเริ่มต้นการรักษาโดยวิธีอนุรักษ์ (Conservative treatment) ยังควรใช้เป็นตัวเลือกแรกเสมอ

การศึกษาปัจจุบันมีข้อจำกัดหลักคือเป็นเพียงบทบทวนเชิงพรรณนาถึงแม้จะมีการใช้เครื่องมือที่ช่วยคัดกรองการศึกษาออกอย่างเป็นระบบเช่น PCC แต่การศึกษานี้ไม่ได้นำเสนอหลักฐานตามการสืบค้นวรรณกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบทั้งหมด นอกจากนี้ความหลากหลายในการ

ออกแบบการศึกษา ขนาดตัวอย่าง และระเบียบวิธีวิจัยในแต่ละการศึกษาที่รวบรวมไว้ก็เป็นปัจจัยจำกัด ในอนาคตการประเมินด้วยเครื่องตรวจที่ทันสมัยเช่นคอมพิวเตอร์สามมิติ หรือการใช้สารสนเทศเช่นปัญญาประดิษฐ์อาจจะมีบทบาทมากขึ้น ทันตแพทย์จึงควรศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมให้เท่าทันโลกเพื่อประโยชน์สูงสุดต่อผู้รับการรักษา

## บทสรุป

โดยสรุปการรักษาภาวะ MMH ด้วย BTXA ทันตแพทย์จำเป็นต้องมีความเข้าใจด้านปริมาณยา เทคนิค และความถี่ แม้จะมีรายงานมากมายเรื่องแนวทางปฏิบัติ แต่ความแปรปรวนในกายวิภาคและความต้องการของผู้ป่วยแต่ละรายเน้นส่งผลให้การวางแผนการรักษาเฉพาะบุคคลมีประสิทธิภาพและปลอดภัยในการรักษา MMH หรือตลอดจน TMD ที่มีร่วมด้วย ถึงแม้ว่าผลข้างเคียงส่วนใหญ่ไม่รุนแรงและหายได้เอง แต่ภาวะแทรกซ้อนที่พบได้ยากนั้นทำให้แพทย์ต้องเน้นย้ำถึงความสำคัญ

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.ดร.รัชพิน ศรีสัจจะลักษณ์ คณาจารย์ แผนกศัลยศาสตร์ช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนด้านการศึกษาและโอกาสในการเขียนบทความนี้

## จริยธรรมการวิจัย

งานวิจัยนี้ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการทดลองในมนุษย์ หรือสัตว์ทดลอง

## ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอรับรองว่าไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนใด ๆ ที่อาจมีอิทธิพลต่อผลงานวิจัยนี้

## แหล่งทุน

ไม่มี

## References

1. Smyth AG. Botulinum toxin treatment of bilateral masseteric hypertrophy. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1994;32(1):29-33.
2. Gurney CE. Chronic bilateral benign hypertrophy of the masseter muscles. *Am J Surg.* 1947; 73(1):137-9.
3. Baek SM, Kim SS, Bindiger A. The prominent mandibular angle: preoperative management, operative technique, and results in 42 patients. *Plast Reconstr Surg.* 1989;83(2):272-80.
4. Xie Q, Yang C. Masticatory muscle hypertrophy: Etiology and management strategies. *Oral Dis.* 2018;24(1):13-20.
5. Rispoli DZ, Camargo PM, Pires JL Jr, Fonseca VR, Mandelli KK, Pereira MAC. Benign masseter muscle hypertrophy. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2008;74(5):790-3.
6. Fedorowicz Z, van Zuuren EJ, Schoones J. Botulinum toxin for masseter hypertrophy. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013;(9):CD007510.
7. Lo LJ, Chen YR. The volume of muscles of mastication in patients receiving mandibular contouring surgery: a comparative study. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2007;60(2):125-9.
8. Fyfe EC, Kabala J, Guest PG. Magnetic resonance imaging in the diagnosis of asymmetrical bilateral masseteric hypertrophy. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999;28(1):52-4.
9. Boltshauser E. Hypertrophy of temporalis muscles due to chewing gum "abuse". *J Child Neurol.* 1996;11(3):210.
10. Olchowy C, Grzech-LeŚniak K, Hadzik J, Olchowy A, Łasecki M. Monitoring of changes in masticatory muscle stiffness after gum chewing using shear wave elastography. *J Clin Med.* 2021;10(11):2480.
11. Jin Park Y, Woo Jo Y, Bang SI, Kim HJ, Lim SY, Mun GH, et al. Radiofrequency volumetric reduction for masseteric hypertrophy. *Aesthetic Plast Surg.* 2007;31(1):42-52.

12. Kebede B, Megersa S. Idiopathic masseter muscle hypertrophy. *Ethiop J Health Sci.* 2011;21(3):209-12.
13. Ferrillo M, Gallo V, Lippi L, Bruni A, Montrella R, Curci C, et al. The 50 most-cited articles on temporomandibular disorders: A bibliometric analysis. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2023;36(2):279-97.
14. Ferrillo M, Migliario M, Marotta N, Fortunato F, Bindi M, Pezzotti F, et al. Temporomandibular disorders and neck pain in primary headache patients: A retrospective machine learning study. *Acta Odontol Scand.* 2023;81(2):151-7.
15. Ferrillo M, Marotta N, Giudice A, Calafiore D, Curci C, Fortunato L, et al. Effects of occlusal splints on spinal posture in patients with temporomandibular disorders: a systematic review. *Healthcare (Basel).* 2022;10(4):739.
16. Singh S, Shivamurthy DM, Agrawal G, Varghese D. Surgical management of masseteric hypertrophy and mandibular retrognathism. *Natl J Maxillofac Surg.* 2011;2(1):96-9.
17. Guarda-Nardini L, Piccotti F, Mogno G, Favero L, Manfredini D. Age-related differences in temporomandibular disorder diagnoses. *Cranio.* 2012;30(2):103-9.
18. Deregibus A, Ferrillo M, Piancino MG, Domini MC, de Sire A, Castroflorio T. Are occlusal splints effective in reducing myofascial pain in patients with muscle-related temporomandibular disorders? A randomized-controlled trial. *Turk J Phys Med Rehabil.* 2021;67(1):32-40.
19. Bocchialini G, Castellani A, Negrini S, Rossi A. New Management in Bilateral Masseter Muscle Hypertrophy. *Craniofac Trauma Reconstr.* 2017;10(4):325-8.
20. Moore AP, Wood GD. The medical management of masseteric hypertrophy with botulinum toxin type A. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1994;32(1):26-8.
21. Srivastava S, Kharbanda S, Pal US, Shah V. Applications of botulinum toxin in dentistry: A comprehensive review. *Natl J Maxillofac Surg.* 2015;6(2):152-9.
22. Lippi L, Ferrillo M, Losco L, Folli A, Marcasciano M, Curci C, et al. Aesthetic rehabilitation medicine: enhancing wellbeing beyond functional recovery. *Medicina (Kaunas).* 2024;60(4):603.
23. Huang DW, Lai CY, Chen JE, Yi CC, Chen YH, Wang CH, et al. Three-Dimensional Photography for Evaluating the Effectiveness of Botulinum Toxin Injection for Masseter Hypertrophy. *Aesthetic Plast Surg.* 2024;48(20):4065-76.
24. Khawaja ST. A systematic review: the use of botulinum toxin A for the treatment of masseter hypertrophy and masticatory myofascial pain associated with bruxism [master's thesis]. Boston (MA): Boston University; 2024.
25. Chiodo MV, Lisiecki JL, Rohrich RJ. Neuromodulator finesse for masseter hypertrophy and bruxism. *Plast Reconstr Surg.* 2024;153(4):726e-9e.
26. Almukhtar RM, Fabi SG. The masseter muscle and its role in facial contouring, aging, and quality of life: a literature review. *Plast Reconstr Surg.* 2019;143(1):39e-48e.
27. Li Z, Chi Y, Chen C, Jin L, Huang J, Long X, et al. A comprehensive ultrasound evaluation approach of lower facial structure before masseter muscle botulinum toxin injection. *Aesthet Surg J.* 2023;43(4):NP283-92.
28. Graziano P, Dell'Aversana Orabona G, Astarita F, Ponzo LM, Nunziata R, Salzano G, et al. Bilateral hypertrophy of masseteric and temporalis muscles, our fifteen patients and review of literature. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2016;20(1):7-11.

29. Nakata M. Masticatory function and its effects on general health. *Int Dent J*. 1998;48(6):540-8.
30. Kumar A, Almotairy N, Merzo JJ, Wendin K, Rothenberg E, Grigoriadis A, et al. Chewing and its influence on swallowing, gastrointestinal and nutrition-related factors: a systematic review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2023;63(33):11987-2017.
31. Gałczyńska-Rusin M, Pobudek-Radzikowska M, Maciejewska-Szaniec Z, Przysańska A, Czajka-Jakubowska A. Evaluating the reliability of myotonometry for assessing masseter muscle hypertrophy in healthy subjects. *J Oral Facial Pain Headache*. 2025;39(2):175-82.
32. Nikolis A, Enright KM, Rudolph C, Cotofana S. Temporal volume increase after reduction of masseteric hypertrophy utilizing incobotulinumtoxin type A. *J Cosmet Dermatol*. 2020;19(6):1294-300.
33. Satoh K, Yamaguchi T, Komatsu K, Inoue N, Minowa K, Kanayama T, et al. Analyses of muscular activity, energy metabolism, and muscle fiber type composition in a patient with bilateral masseteric hypertrophy. *Cranio*. 2001;19(4):294-301.
34. Okeson JP. Management of temporomandibular disorders and occlusion. 8<sup>th</sup> ed. St. Louis, MO: Elsevier; 2020.
35. Stål P, Eriksson PO, Schiaffino S, Butler-Browne GS, Thornell LE. Differences in myosin composition between human oro-facial, masticatory and limb muscles: enzyme-, immunohisto- and biochemical studies. *J Muscle Res Cell Motil*. 1994;15(5):517-34.
36. Korfage JA, Koolstra JH, Langenbach GE, van Eijden TM. Fiber-type composition of the human jaw muscles--(part 1) origin and functional significance of fiber-type diversity. *J Dent Res*. 2005;84(9):774-83.
37. Kato Y, Hoshino T, Ogawa Y, Sugahara K, Katakura A. Aging-related metabolome analysis of the masseter muscle in senescence-accelerated mouse-prone 8. *Int J Mol Sci*. 2024;25(17):9684.
38. Eriksson PO, Thornell LE. Histochemical and morphological muscle-fibre characteristics of the human masseter, the medial pterygoid and the temporal muscles. *Arch Oral Biol*. 1983;28(9):781-95.
39. Niszezak CM, Sonza A, Garrett A, Santos GM. Muscle oxygenation and pain in different types of temporomandibular disorders. *Clin Oral Investig*. 2024;28(7):410.
40. Zhu Y, Zhu J, Yin D, Liu Y. Improved stomatognathic model for highly realistic finite element analysis of temporomandibular joint biomechanics. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2024;160:106780.
41. Baricich A, Picelli A, Santamato A, Carda S, de Sire A, Smania N, et al. Safety profile of high-dose botulinum toxin type A in post-stroke spasticity treatment. *Clin Drug Investig*. 2018;38(11):991-1000.
42. Neumeyer T, Schiffler B, Maier E, Lang AE, Aktories K, Benz R. Clostridium botulinum C2 toxin. Identification of the binding site for chloroquine and related compounds and influence of the binding site on properties of the C2II channel. *J Biol Chem*. 2008;283(7):3904-14.
43. Raciti L, Raciti G, Ammendolia A, de Sire A, Onesta MP, Calabrò RS. Improving spasticity by using botulin toxin: an overview focusing on combined approaches. *Brain Sci*. 2024;14(7):631.
44. Tam E, Choo JPS, Rao P, Webb WR, Carruthers JDA, Rahman E. A systematic review on the effectiveness and safety of combining biostimulators with botulinum toxin, dermal fillers, and energy-based devices. *Aesthetic Plast Surg*. 2025;49(10):2809-33.
45. Dressler D, Benecke R. Pharmacology of therapeutic botulinum toxin preparations. *Disabil Rehabil*. 2007;29(23):1761-8.

46. Hambleton P. Clostridium botulinum toxins: a general review of involvement in disease, structure, mode of action and preparation for clinical use. *J Neurol*. 1992;239(1):16-20.
47. Baricich A, Picelli A, Carda S, Smania N, Cisari C, Santamato A, et al. Electrical stimulation of antagonist muscles after botulinum toxin type A for post-stroke spastic equinus foot. A randomized single-blind pilot study. *Ann Phys Rehabil Med*. 2019;62(4):214-9.
48. Lippi L, de Sire A, Folli A, D'Abrosca F, Grana E, Baricich A, et al. Multidimensional effectiveness of botulinum toxin in neuropathic pain: a systematic review of randomized clinical trials. *Toxins (Basel)*. 2022;14(5):308.
49. Burstein R, Blumenfeld AM, Silberstein SD, Manack Adams A, Brin MF. Mechanism of action of onabotulinumtoxin A in chronic migraine: a narrative review. *Headache*. 2020;60(7):1259-72.
50. Zhang X, Strassman AM, Novack V, Brin MF, Burstein R. Extracranial injections of botulinum neurotoxin type A inhibit intracranial meningeal nociceptors' responses to stimulation of TRPV1 and TRPA1 channels: Are we getting closer to solving this puzzle? *Cephalalgia*. 2016;36(9):875-86.
51. Yoshida K. Botulinum toxin therapy for oromandibular dystonia and other movement disorders in the stomatognathic system. *Toxins (Basel)*. 2022;14(4):282.
52. Pihut M. The effectiveness of prosthetic and pharmacological masseter muscle relaxation as alternative treatment for temporomandibular joint dysfunction. Krakow (Poland): Monograph; 2012.
53. Ghavimi MA, Yazdani J, Afzalimehr A, Ghoreyshizadeh A, Dehnad SV. Effect of injection of botulinum toxin on decreasing the symptoms and signs of masticatory muscles in patients with temporomandibular dysfunction. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2019;13(2):128-34.
54. Rossetto O, Pirazzini M, Montecucco C. Botulinum neurotoxins: genetic, structural and mechanistic insights. *Nat Rev Microbiol*. 2014;12(8):535-49.
55. Kassir M, Babaei M, Hasanzadeh S, Rezaei Tavirani M, Razzaghi Z, Robati RM. Botulinum toxin applications in the lower face and neck: a comprehensive review. *J Cosmet Dermatol*. 2024;23(4):1205-16.
56. Ho TW, Edvinsson L, Goadsby PJ. CGRP and its receptors provide new insights into migraine pathophysiology. *Nat Rev Neurol*. 2010; 6(10):573-82.
57. Kundu N, Kothari R, Shah N, Sandhu S, Tripathy DM, Galadari H, et al. Efficacy of botulinum toxin in masseter muscle hypertrophy for lower face contouring. *J Cosmet Dermatol*. 2022;21(5):1849-56.
58. Kim NH, Chung JH, Park RH, Park JB. The use of botulinum toxin type A in aesthetic mandibular contouring. *Plast Reconstr Surg*. 2005;115(3):919-30.
59. Chang CS, Lin S, Wallace CG, Hsiao YC, Lin CM, Kang GC, et al. Masseter muscle volume changes evaluated by 3-dimensional computed tomography after repeated botulinum toxin A injections in patients with square facial morphology. *Ann Plast Surg*. 2019;82(1 Suppl):S29-32.
60. Chang CS, Bergeron L, Yu CC, Chen PK, Chen YR. Mandible changes evaluated by computed tomography following Botulinum Toxin A injections in square-faced patients. *Aesthet Plast Surg*. 2011;35(4):452-5.
61. Popescu MN, Beiu C, Iliescu CA, Racoviță A, Berteanu M, Iliescu MG, et al. Ultrasound-guided botulinum toxin-A injections into the masseter muscle for both medical and aesthetic purposes. *Toxins (Basel)*. 2024;16(10):413.

62. de Souza Nobre BB, Rezende L, Barbosa Câmara-Souza M, Sanchez-Ayala A, Blass R, Carbone AC, et al. Exploring botulinum toxin's impact on masseter hypertrophy: a randomized, triple-blinded clinical trial. *Sci Rep*. 2024;14(1):14522.
63. Chen Y, Tsai CH, Bae TH, Huang CY, Chen C, Kang YN, et al. Effectiveness of botulinum toxin injection on bruxism: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Aesthetic Plast Surg*. 2023;47(2):775-90.
64. Huang SL, Guo Y, Liu J, Ye D, Wang ZY, Gao HY, Dong YL. A Novel Injection Technique to Prevent Exacerbation of Sunken Cheek After Botulinum Toxin Type A Treatment for Masseter Hypertrophy: A Prospective Clinical Study. *J Cosmet Dermatol*. 2025;24(4):e70120.
65. Chirico F, Bove P, Fragola R, Cosenza A, De Falco N, Giudice GL, et al. Biphasic injection for masseter muscle reduction with botulinum toxin. *Appl Sci*. 2021;11(14):6478.
66. Nikolis A, Enright KM, Masouri S, Bernstein S, Antoniou C. Prospective evaluation of incobotulinumtoxinA in the management of the masseter using two different injection techniques. *Clin Cosmet Investig Dermatol*. 2018;11:347-56.
67. Seok J, Koh YG, Hong JK, Yun SH, Kim DH, Son HS, et al. Efficacy and safety of prabotulinumtoxinA in subjects with benign masseteric hypertrophy: a double-blind, randomized, placebo-controlled, multicenter, phase 3 trial and open-label extension study. *Dermatol Surg*. 2024;50(6):527-33.
68. De la Torre Canales G, Poluha RL, Bonjardim LR, Ernberg M, Conti PCR. Botulinum toxin-A effects on pain, somatosensory and psychosocial features of patients with refractory masticatory myofascial pain: a randomized double-blind clinical trial. *Sci Rep*. 2024;14(1):4201.
69. Gil-Martinez A, Paris-Aleman A, López-de-Uralde-Villanueva I, La Touche R. Management of pain in patients with temporomandibular disorder (TMD): challenges and solutions. *J Pain Res*. 2018;11:571-87.
70. Xie Y, Zhou J, Li H, Cheng C, Herrler T, Li Q. Classification of masseter hypertrophy for tailored botulinum toxin type A treatment. *Plast Reconstr Surg*. 2014;134(2):209e-18e.
71. Kaya DI, Ataoglu H. Botulinum toxin treatment of temporomandibular joint pain in patients with bruxism: A prospective and randomized clinical study. *Niger J Clin Pract*. 2021;24(3):412-7.
72. Hosgor H, Altindis S. Efficacy of botulinum toxin in the management of temporomandibular myofascial pain and sleep bruxism. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg*. 2020;46(5):335-40.
73. Koo HJ, Hu H, Kim W, Kim JS, Kim HJ, Yi KH. Do repetitive botulinum neurotoxin injections induce muscle fibrosis? Sonographic observation of the masseter muscle. *J Cosmet Dermatol*. 2024;23(2):434-40.
74. Sundaram H, Huang PH, Hsu NJ, Huh CH, Wu WT, Wu Y, et al. Aesthetic Applications of Botulinum Toxin A in Asians: An International, Multidisciplinary, Pan-Asian Consensus. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2016;4(12):e872.
75. Tartaro G, Rauso R, Santagata M, Santillo V, Itró A. Lower facial contouring with botulinum toxin type A. *J Craniofac Surg*. 2008;19(6):1613-7.
76. Baldwin MC, Liu ZJ, Rafferty KL, Keith A, Tamasas B, Kaiyala K, et al. Botulinum toxin in the masseter muscle: Lingering effects of denervation. *Anat Rec (Hoboken)*. 2022;305(5):1215-30.
77. Mkhitarian L, Alcolea JM. Prospective clinical study and ultrasound assessment in patients with bruxism treated with botulinum toxin. *Aesthetic Med*. 2020;6:25-34.

78. Lee HJ, Kang IW, Seo KK, Choi YJ, Kim ST, Hu KS, et al. The anatomical basis of paradoxical masseteric bulging after botulinum neurotoxin type A injection. *Toxins (Basel)*. 2016;9(1):14.
79. Ho WWS, Chan L, Corduff N, Lau WT, Martin MU, Tay CM, et al. Addressing the real-world challenges of immunoresistance to botulinum neurotoxin A in aesthetic practice: insights and recommendations from a panel discussion in Hong Kong. *Toxins (Basel)*. 2023;15(7):456.
80. Shi J, Li C, Zhou J, Guo X, Li G, You M. An Ultrasonographic Analysis of the Deep Inferior Tendon in the Masseter Muscle: Implications for Botulinum Toxin Injections. *Toxins (Basel)*. 2024;16(9):391.
81. Shim YJ, Lee HJ, Park KJ, Kim HT, Hong IH, Kim ST. Botulinum Toxin Therapy for Managing Sleep Bruxism: A Randomized and Placebo-Controlled Trial. *Toxins (Basel)*. 2020;12(3):168.
82. Zhang LD, Liu Q, Zou DR, Yu LF. Occlusal force characteristics of masseteric muscles after intramuscular injection of botulinum toxin A (BTX - A) for treatment of temporomandibular disorder. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2016;54(7):736-40.
83. Diracoglu D, Sahbaz T, Alptekin K, Dogan N. Effects of ultrasound-assisted botulinum neurotoxin-A injection in patients with bruxism and masseter hypertrophy. *Turk J Phys Med Rehabil*. 2021;67(3):351-6.
84. Park Y, Ku SK, Lee DH, Kim ST. Combined effects of botulinum toxin injection and oral appliance therapy on lower facial contouring: a randomized controlled trial. *J Clin Med*. 2022;11(14):4092.
85. Lee SJ, McCall WD Jr, Kim YK, Chung SC, Chung JW. Effect of botulinum toxin injection on nocturnal bruxism: a randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil*. 2010;89(1):16-23.
86. Jung BK, Park H, Cheon YW, Yun IS, Choi JW, Kim HJ, et al. Clinical investigation of botulinum toxin (prabotulinumtoxin A) for bruxism related to masseter muscle hypertrophy: A prospective study. *J Craniomaxillofac Surg*. 2023;51(5):332-7.
87. Alwayli HM, Abdulrahman BI, Rastogi S. Does botulinum toxin have any role in the management of chronic pain associated with bruxism? *Cranio*. 2024;42(2):215-22.
88. Guo Y, Diao X, Dong D, Xia W, Liu T, Zhou Y, et al. Effects of two botulinum toxin type a evaluated by shear wave elastography and electromyographic measurements of masseter reduction. *J Craniofac Surg*. 2022;33(5):1450-3.
89. Sendra LA, Antunes LA, Barboza EP. Use of botulinum neurotoxin Type A in the management of primary bruxism in adults: An updated systematic review. *J Prosthet Dent*. 2024;132(1):93-9.
90. Hong JY, Jeong GJ, Kwon TR, Kim JH, Li K, Kim BJ. Efficacy and safety of a novel botulinum toxin A for masseter reduction: a randomized, double-blind, placebo-controlled, optimal dose-finding study. *Dermatol Surg*. 2021;47(1):e5-9.
91. Asutay F, Atalay Y, Asutay H, Acar AH. The Evaluation of the clinical effects of botulinum toxin on nocturnal bruxism. *Pain Res Manag*. 2017;2017:6264146.
92. Sidebottom AJ, Patel AA, Amin J. Botulinum injection for the management of myofascial pain in the masticatory muscles. a prospective outcome study. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2013;51(3):199-205.
93. Guarda-Nardini L, Manfredini D, Salamone M, Salmaso L, Tonello S, Ferronato G. Efficacy of botulinum toxin in treating myofascial pain in bruxers: a controlled placebo pilot study. *Cranio*. 2008;26(2):126-35.

94. Li K, Tan K, Yacovelli A, Bi WG. Effect of botulinum toxin type A on muscular temporomandibular disorder: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Oral Rehabil.* 2024;51(5):886-97.
95. Delcanho R, Val M, Guarda Nardini L, Manfredini D. Botulinum toxin for treating temporomandibular disorders: what is the evidence? *J Oral Facial Pain Headache.* 2022;36(1):6-20.
96. Machado D, Martimbianco ALC, Bussadori SK, Pacheco RL, Riera R, Santos EM. Botulinum toxin type A for painful temporomandibular disorders: systematic review and meta-analysis. *J Pain.* 2020;21(3-4):281-93.
97. Ramos-Herrada RM, Arriola-Guillén LE, Atoche-Socola KJ, Bellini-Pereira SA, Castillo AA. Effects of botulinum toxin in patients with myofascial pain related to temporomandibular joint disorders: A systematic review. *Dent Med Probl.* 2022;59(2):271-80.
98. Thambar S, Kulkarni S, Armstrong S, Nikolarakos D. Botulinum toxin in the management of temporomandibular disorders: a systematic review. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2020;58(5):508-19.
99. Signorini M, Piero Fundarò S, Bertossi D, Cavallini M, Cirillo P, Natuzzi G, et al. OnabotulinumtoxinA from lines to facial reshaping: A new Italian consensus report. *J Cosmet Dermatol.* 2022;21(2):550-63.
100. Zhang S, Zhao H, Liu C, Gao X, Hao L. 3D Assessment of mandibular margin morphological change after BTX-A injection for masseter Hypertrophy: a retrospective study. *Aesthetic Plast Surg.* 2025;49(9):2328-37.
101. Rauso R, Lo Giudice G, Tartaro G, Zerbinati N, Nicoletti GF, Fragola R. Botulinum toxin type A injections for masticatory muscles hypertrophy: a systematic review. *J Craniomaxillofac Surg.* 2022;50(1):7-18.
102. Carruthers J, Liew S, Rivers JK, Chen SG, Humphrey S, Pan G, et al. Reduction of masseter muscle prominence after treatment with onabotulinumtoxinA: Primary results from a randomized phase 2 study. *J Am Acad Dermatol.* 2025;92(3):464-72.
103. Seok J, Koh YG, Hong JK, Yun SH, Kim DH, Son HS, et al. Efficacy and Safety of PrabotulinumtoxinA in Subjects With Benign Masseteric Hypertrophy: A Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled, Multicenter, Phase 3 Trial and Open-Label Extension Study. *Dermatol Surg.* 2024;50(6):527-33.
104. Ozdemir Cetinkaya P, Karaosmanoglu N, Özkesici Kurt B, Aksu Cerman A, Altunay IK. Functional and esthetic effects of botulinum toxin injection into the masseter muscles: evaluation of 80 patients from a dermatological perspective. *Int J Dermatol.* 2025;64(1):149-54.
105. Ferrari A, Manca M, Tugnoli V, Alberto L. Pharmacological differences and clinical implications of various botulinum toxin preparations: a critical appraisal. *Funct Neurol.* 2018;33(1):7-18.
106. Lee HH, Kim ST, Lee KJ, Baik HS. Effect of a second injection of botulinum toxin on lower facial contouring, as evaluated using 3-dimensional laser scanning. *Dermatol Surg.* 2015;41(4):439-44.
107. Frevert J, Dressler D. Complexing proteins in botulinum toxin type A drugs: a help or a hindrance? *Biologics.* 2010;4:325-32.
108. Dressler D. Botulinum toxin drugs: brief history and outlook. *J Neural Transm (Vienna).* 2016;123(3):277-9.
109. Yiannakopoulou E. Serious and long-term adverse events associated with the therapeutic and cosmetic use of botulinum toxin. *Pharmacology.* 2015;95(1-2):65-9.

110. Cernuda-Morollón E, Ramón C, Martínez-Cambor P, Serrano-Pertierra E, Larrosa D, Pascual J. OnabotulinumtoxinA decreases interictal CGRP plasma levels in patients with chronic migraine. *Pain*. 2015;156(5):820-4.
111. Rahman E, Rao P, Ahmed M, Webb WR, Carruthers JDA. Computational Immunogenetic Analysis of Botulinum Toxin A Immunogenicity and HLA Gene Haplotypes: New Insights. *Toxins (Basel)*. 2025;17(4):182.
112. Borodic G. Botulinum toxin, immunologic considerations with long-term repeated use, with emphasis on cosmetic applications. *Facial Plast Surg Clin North Am*. 2007;15(1):11-6, v.
113. Erdil D, Bagis N, Eren H, Camgoz M, Orhan K. The evaluation of the relationship between changes in masseter muscle thickness and tooth clenching habits of bruxism patients treated with botulinum toxin A. *J Med Ultrasound*. 2022;31(1):22-8.
114. Moussa MS, Bachour D, Komarova SV. Adverse effect of botulinum toxin-A injections on mandibular bone: A systematic review and meta-analysis. *J Oral Rehabil*. 2024;51(2):404-15.
115. Hong SW, Kang JH. Decreased mandibular cortical bone quality after botulinum toxin injections in masticatory muscles in female adults. *Sci Rep*. 2020;10(1):3623.
116. Wan J, Kim JS, Park Y, Park SY, Koppert E, Kim HJ, et al. Novel single-entry point injection technique for masseter hypertrophy treatment using botulinum neurotoxin based on patient-reported comfort. *J Cosmet Dermatol*. 2024;23(11):3539-43.
117. Tsai CY, Shyr YM, Chiu WC, Lee CM. Bone changes in the mandible following botulinum neurotoxin injections. *Eur J Orthod*. 2011;33(2):132-8.
118. Kahn A, Kün-Darbois JD, Bertin H, Corre P, Chappard D. Mandibular bone effects of botulinum toxin injections in masticatory muscles in adult. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2020;129(2):100-8.
119. Li Y, Zheng Q, Lin J, Su X, Zhuang J, Wei Q, et al. Mild allergic reactions after botulinum toxin injection: a case series and literature review. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2024;12(5):e5845.
120. Lange O, Bigalke H, Dengler R, Wegner F, deGroot M, Wohlfarth K. Neutralizing antibodies and secondary therapy failure after treatment with botulinum toxin type A: much ado about nothing? *Clin Neuropharmacol*. 2009;32(4):213-8.
121. Bellows S, Jankovic J. Immunogenicity Associated with Botulinum Toxin Treatment. *Toxins (Basel)*. 2019;11(9):491.

### ผู้ประพันธ์บทความ

อรรณพ ยงวิกุล

แผนกศัลยกรรมช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

กรุงเทพฯ 10170

โทรศัพท์ : 02 431 5383

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : atapol88@gmail.com



# Clinical Application of Botulinum Toxin Type A in the Management of Masseter Muscle Hypertrophy: A Narrative Review

Atapol Yongvikul <sup>1,2,\*</sup> Thongnard Kumchai <sup>3</sup>

*Review Article*

## Abstract

**Objective:** To explore the clinical application of botulinum toxin type A (BTXA) in the treatment of masseter muscle hypertrophy (MMH), with emphasis on its mechanism of action, administration techniques, therapeutic outcomes, and potential adverse effects.

**Materials and Methods:** A narrative review was conducted by searching databases including ThaiJo, PubMed, Scopus, and Web of Science using keywords such as “botulinum toxin” “masseter muscle hypertrophy” “mechanism of action” “side effects” and “treatment outcomes” Studies published in English or Thai were included, while case reports and studies lacking sufficient data were excluded.

**Results:** BTXA has been shown to effectively reduce masseter muscle volume, enhance facial aesthetics, and alleviate symptoms associated with temporomandibular disorders (TMD). Despite its temporary effects requiring repeated injections, BTXA remains a minimally invasive, well-tolerated treatment with a low complication rate.

**Conclusion:** BTXA is a safe and effective non-surgical option for managing MMH. Optimizing injection protocols and understanding the pharmacodynamics of BTXA are essential for achieving favorable therapeutic outcomes and minimizing adverse effects.

**Keywords:** Masseter muscle hypertrophy/ Botulinum toxin type A/ Temporomandibular disorders/ Facial esthetics/ Injection techniques

## Corresponding author

Atapol Yongvikul

Department of Oral and Maxillofacial Surgery,

Faculty of Dentistry, Bangkokthonburi University,

Bangkok 10170

Tel. : +66 2 431 5383

Email : atapol88@gmail.com

<sup>1</sup> Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Bangkokthonburi University.

<sup>2</sup> Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Masterpiece Plastic Hospital, Bangkok.

<sup>3</sup> Deanery office, Faculty of Dentistry, Bangkokthonburi University.

\* Corresponding author



## การปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนาเพื่อรักษาการอักเสบ ของโพรงอากาศขากรรไกรบนและในฟัน ที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบ: รายงานผู้ป่วย 2 ราย

ชลธิดา ชัยยะ<sup>1</sup> ภาณุพงษ์ จิระเดชชัย<sup>2</sup> เสาวลักษณ์ ลิ้มมณฑล<sup>3,\*</sup>

รายงานผู้ป่วย

### บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** เพื่อแสดงให้เห็นถึงการรักษาด้วยวิธีปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนาในผู้ป่วย 2 รายแล้วให้ผลการรักษาเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งการปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนาเป็นทางเลือกหนึ่งในการรักษารอยโรครอบปลายรากฟันที่เคยทำการรักษาคคลองรากฟันแบบปกติแล้วล้มเหลวและมีข้อจำกัดหรือข้อห้ามในการรักษาด้วยวิธีผ่าตัดปลายรากแบบดั้งเดิม

**รายงานผู้ป่วย:** ผู้ป่วยรายที่หนึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการรักษาโพรงอากาศขากรรไกรบนซ้ายอักเสบที่มีสาเหตุจากการติดเชื้อของฟันกรามบนซ้ายซี่ที่ 1 โดยมีการติดตามผลที่ระยะเวลา 1 ปี พบว่ารอยโรคในโพรงอากาศขากรรไกรบนซ้ายหายสนิท และฟันปลูกมีการสร้างกระดูกผิวรากฟันและกระดูกรอบปลายรากฟันด้านเพดานอย่างสมบูรณ์ ผู้ป่วยรายที่สอง เป็นการปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนาในฟันที่มีโรคปริทันต์อักเสบร่วมและมีการติดตามผลที่ระยะเวลา 9 เดือน พบว่าฟันปลูกมีร่องลึกปริทันต์ลดลง และมีการสร้างกระดูกผิวรากและกระดูกปลายรากฟันขึ้นมาใหม่อย่างชัดเจน

**บทสรุป:** การปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนาสามารถใช้เป็นทางเลือกในการรักษาโพรงอากาศขากรรไกรบนอักเสบอันเนื่องมาจากการติดเชื้อของฟัน รวมทั้งสามารถทำในฟันที่มีภาวะโรคปริทันต์อักเสบที่มีร่องลึกปริทันต์ลึกไม่เกิน 6 มิลลิเมตร เพียง 1 ตำแหน่งและให้ผลการรักษาที่ดีได้

**คำชี้แจง:** การปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนา/ การอักเสบของโพรงอากาศขากรรไกรบน/ โรคปริทันต์อักเสบ

Received: Oct 02, 2024

Revised: Oct 02, 2025

Accepted: Oct 20, 2025

### บทนำ

การปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนา (Intentional replantation) เป็นหนึ่งในทางเลือกการรักษาฟันที่รักษาคคลองรากฟันแบบดั้งเดิม (Conventional root canal treatment) แล้วไม่สำเร็จหรือไม่สามารถทำการผ่าตัดปลายรากฟันด้วยวิธีดั้งเดิม (Conventional apicoectomy) ได้<sup>1,2,3</sup> โดยขั้นตอนการรักษาประกอบด้วย การถอนฟันออกมาแล้วทำการตัดปลายรากนอกช่องปากด้วยด้ามกรอความเร็วสูง (High speed handpiece) ร่วมกับหัวกรอคาร์ไบด์ (Carbide bur) หรือหัวกรอากาเพชร (Diamond bur) ซึ่งควรตัดอย่างน้อย 3

มิลลิเมตร เพื่อกำจัดเชื้อที่อยู่ในบริเวณการแตกแขนงของคลองรากฟันส่วนปลาย (Apical ramifications) ได้ร้อยละ 98 และกำจัดแขนงคลองรากฟันด้านข้าง (Lateral canal) ได้ร้อยละ 93 ทำการเตรียมคลองรากฟันส่วนปลาย (Root end preparation) โดยใช้ด้ามกรอความเร็วสูงร่วมกับหัวกรอคาร์ไบด์ หรือใช้เครื่องชุดหินน้ำลายแบบความถี่เหนือเสียง (Ultrasonic scaler) กรณีที่ผนังคลองรากฟันค่อนข้างบาง โดยทำการเตรียมคลองรากฟันห่างจากปลายรากฟันที่ตัดแล้วเล็กน้อยประมาณ 3 มิลลิเมตร ยึดจากปลายรากให้เป็นลักษณะ

<sup>1</sup> กลุ่มงานทันตกรรม โรงพยาบาลบางระจัน อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี

<sup>2</sup> สาขาวิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<sup>3</sup> สาขาวิชาศัลยศาสตร์ช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\* ผู้ประพันธ์บทความ

โพรงฟันชนิดที่หนึ่ง (Class I cavity) และสอดคลองไปกับรูปร่างทางกายวิภาคของคลองรากฟัน (Root canal anatomy) หลังจากนั้นจึงทำการอุดย้อนปลายราก (Retrograde filling) เพื่อปิดผนึกบริเวณปลายราก (Apical seal) ไม่ให้เกิดการติดเชื้อย้อนกลับเข้ามาในคลองรากฟัน โดยใช้เวลาที่ฟันอยู่ภายนอกช่องปาก (Extraoral time) ไม่เกิน 15 นาที เพื่อรักษาความมีชีวิตของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์ (Periodontal ligament cell)<sup>4,5,6</sup> ในส่วนการเตรียมเบ้าฟัน (Socket) จะทำการขูด (Curette) เพียงบริเวณกันเบ้าฟันที่มีรอยโรคอยู่เท่านั้น ไม่แนะนำให้ขูดบริเวณผนังเบ้าฟันเนื่องจากจะทำให้เซลล์เอ็นยึดปริทันต์ที่ยังเหลืออยู่ถูกทำลาย หลังจากเตรียมฟันปลุกเรียบร้อยแล้วทำการใส่ฟันกลับเข้าเบ้าฟันตำแหน่งเดิมของผู้ป่วย ตรวจสอบการสบฟันพบว่าผู้ป่วยสามารถกัดฟันลงตำแหน่งเดิมหรือไม่ ถ้าพบว่าฟันแน่นไม่โยกไม่มีความจำเป็นต้องทำการยึดฟัน (Fixation) เนื่องจากมีโอกาทำให้เกิดภาวะฟันยึดแข็ง (Ankylosis) ได้ แต่หากฟันมีการโยกอย่างชัดเจนหรือโยกระดับที่สาม (Third degree mobility) แม้ว่าจะทำการกดด้วยนิ้วมือ (Finger pressure) หรือก๊อช (Gauze) แน่นแล้วหรือกรณีที่ฟันปลุกนั้นไม่มีคู่สบ จะทำการยึดด้วยเฟืองฟันกึ่งแข็ง (Semi-rigid splint) เช่น ลวดและเรซิน คอมโพสิท (Composite wiring) โดยยึดกับฟันข้างเคียง 1-2 ซี่ ซึ่งระยะเวลาการยึดฟันบางการศึกษาแนะนำ 7-10 วัน แต่บางการศึกษาแนะนำ 3-4 สัปดาห์ หลังทำการปลุกฟันฝังคืนโดยเจตนาให้ผู้ป่วยกัดก๊อชไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง แนะนำผู้ป่วยรับประทานอาหารอ่อนประมาณ 1-2 สัปดาห์<sup>1,2,3,5,6</sup> ทำการนัดผู้ป่วยมาติดตามอาการหลังการรักษาที่ระยะเวลา 1 3 6 เดือน และ 1 ปี โดยทำการตรวจอาการทางคลินิกได้แก่ การทดสอบการกัด (Bite test) ตรวจความโยกของฟัน วัดร่องลึกปริทันต์ (Periodontal pocket probing) การคลำ (Palpation) การเคาะ (Percussion) ตรวจดูว่ามีรูเปิดทางหนองไหล (Sinus tract) หรือโพรงหนอง (Abscess) หรือไม่ และมีการถ่ายภาพรังสีทุกครั้งที่มาติดตามอาการ<sup>1,2,3,5,6</sup>

ข้อบ่งชี้ในการรักษาด้วยวิธีปลุกฟันฝังคืนโดยเจตนา ได้แก่ คลองรากฟันอุดตัน ชับซ้อน มีการหักของเครื่องมือบริเวณปลายรากโดยไม่สามารถเข้าไปผ่าตัดปลายรากได้ และเพื่อรักษาการอักเสบของโพรงอากาศขากรรไกรบน (Maxillary sinusitis) อันเนื่องมาจากสาเหตุการติดเชื้อจากฟัน<sup>4,7,8,9</sup> ข้อห้ามในการรักษาด้วยวิธีปลุกฟันฝังคืนโดยเจตนาได้แก่ ฟันที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบ (Periodontitis) ฟันที่ไม่มีกระดูกด้าน

ริมฝีปากหรือด้านแก้มเหลืออยู่ (Labial or buccal bone perforation) ฟันที่มีการแตกของรากฟันในแนวตั้ง (Vertical root fracture) ฟันที่เนื้อฟันเหลือน้อยตัวฟันสูงไม่เพียงพอต่อการบูรณะ และฟันที่รากยาวและโค้งยากต่อการถอนฟัน<sup>4,7</sup>

แม้ว่าฟันที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบจะจัดอยู่ในข้อห้ามของการปลุกฟันฝังคืนโดยเจตนา แต่จากการศึกษาของ Cho และคณะในปี ค.ศ. 2017 พบว่า การปลุกฟันฝังคืนโดยเจตนาในฟันที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบร่วมด้วยมีอัตราการอยู่รอด (Survival rate) ที่ระยะเวลา 1 ปี สูงถึงร้อยละ 89 ซึ่งให้ผลสำเร็จค่อนข้างดีหากมีการเลือกผู้ป่วยที่เหมาะสม<sup>10</sup> สำหรับการรักษาโพรงอากาศขากรรไกรบนอักเสบอันเนื่องมาจากสาเหตุจากฟันพบว่ามีหลายทางเลือกในการรักษา ได้แก่ การถอนฟันที่เป็นสาเหตุและใส่ฟันเทียมทดแทน การรักษาคลองรากฟันหรือรักษารากฟันซ้ำ (Root canal retreatment) เพื่อกำจัดรอยโรครอบปลายรากฟัน (Periapical lesion) ซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิดการอักเสบของโพรงอากาศขากรรไกรบน แต่ในกรณีที่มีข้อจำกัดของการรักษารากฟันซ้ำทั้งแบบดั้งเดิมและวิธีทางศัลยกรรมซึ่งในฟันกรามบนอาจมีข้อจำกัดทางด้านกายวิภาคของผนังโพรงอากาศขากรรไกรบนที่ยื่นย้อยในการเข้าถึงบริเวณปลายรากฟัน ดังนั้นการปลุกฟันฝังคืนโดยเจตนาจึงอาจเป็นทางเลือกการรักษาที่เหมาะสม<sup>9,11</sup>

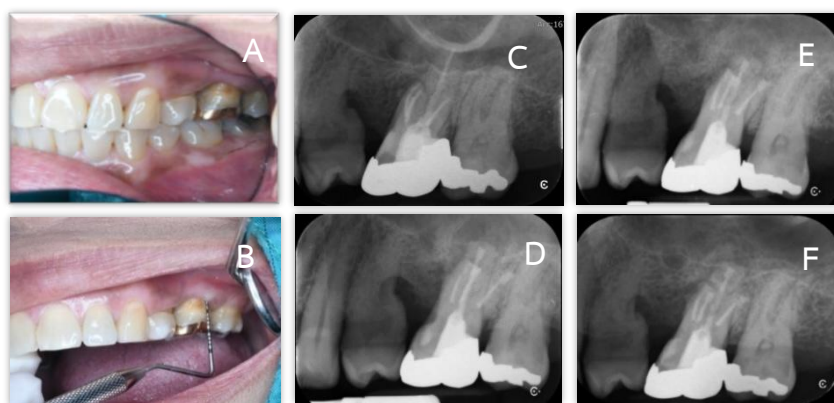
ในบทความนี้ประกอบด้วย รายงานผู้ป่วยรายที่หนึ่ง ที่แสดงให้เห็นถึงการปลุกฟันฝังคืนโดยเจตนาเพื่อทำการรักษาโพรงอากาศขากรรไกรบนซ้ายอักเสบสาเหตุจากการติดเชื้อของฟันกรามบนซ้ายซี่ที่หนึ่ง (Left maxillary first molar) และรายงานผู้ป่วยรายที่สองแสดงถึงการปลุกฟันฝังคืนโดยเจตนาในฟันที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบร่วม โดยจะได้อภิปรายถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการรักษาในผู้ป่วยทั้งสองราย

## รายงานผู้ป่วย

ผู้ป่วยรายที่ 1 เพศหญิง อายุ 53 ปี ภูมิลำเนาจังหวัดขอนแก่น ปฏิเสธการมีโรคประจำตัว ปฏิเสธการแพ้ยาและอาหาร อาการสำคัญคือ ปวดฟันกรามบนด้านซ้าย (ฟันซี่ 26) มาประมาณ 2 สัปดาห์ ผู้ป่วยให้ประวัติรักษารากฟันซี่นี้มาประมาณ 6 ปี ไม่เคยมีอาการใดๆ แต่ 1 เดือนที่ผ่านมามีอาการคัดจมูก (Nasal congestion) น้ำมูกไหลไม่หาย (Rhinorrhea) และ 2 สัปดาห์ที่แล้วปวดตื้อๆ บริเวณฟันบนด้านซ้ายและข้างแก้ม โดยผู้ป่วยไปพบแพทย์โสตศอนาสิก (Oto-rhino-laryngologist) แต่แพทย์ส่งตัวกลับมาพบทันตแพทย์เนื่องจาก

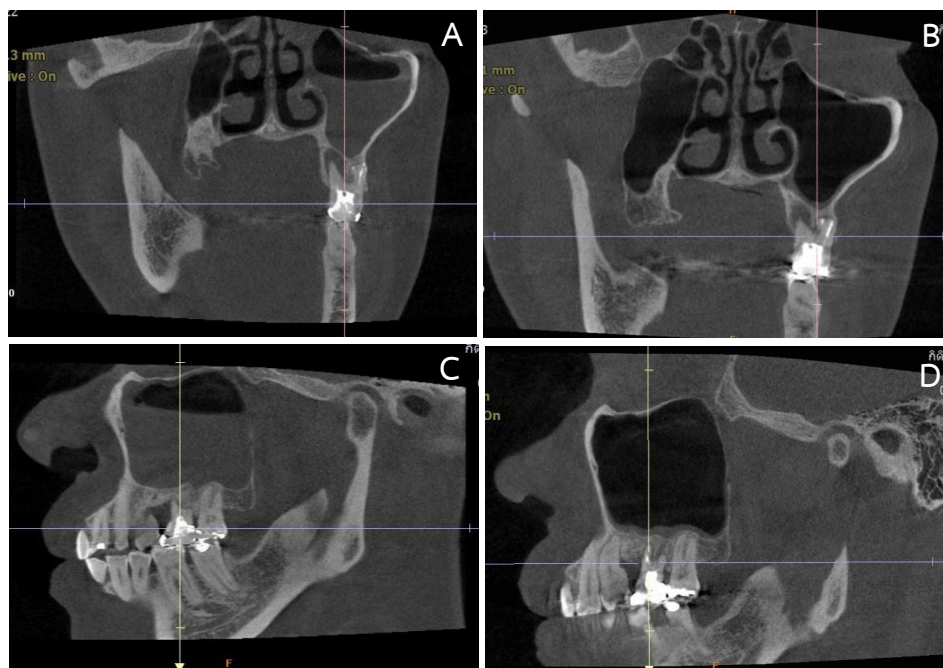
คาดว่าโพรงอากาศขากรรไกรบนด้านซ้ายอีกเสบน่าจะจะมีสาเหตุจากฟัน เมื่อทำการตรวจในช่องปากพบว่า ฟันซี่ 26 มีวัสดุอุดออนเลย์โลหะ (Metal onlay) โดยตัวฟันมีสภาวะปริทันต์คือ ฟันโยกระดับที่หนึ่ง เคาะเจ็บ ความลึกร่องปริทันต์บริเวณแนวบรรจบเพดานปากใกล้กลาง (Mesio-palatal line angle) ประมาณ 6-7 มิลลิเมตร จากภาพรังสีรอบปลายราก (Periapical radiograph) ของฟันซี่ 26 พบเงาที่บรัสสีของวัสดุอุดออนเลย์โลหะ ภายในโพรงประสาทฟัน (Pulp chamber) พบเงาที่บรัสสีของแกนคอมโพสิต (Composite core) ภายในคลองรากฟันพบเงาที่บรัสสีของวัสดุอุดคลองรากฟันมีความแน่นดีทั้งสามคลองราก บริเวณปลายรากฟันด้านเพดาน (Palatal root) พบเงาโปร่งรังสีรอบปลายราก และจากภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ชนิดโคนบีม (Cone beam computed tomography) พบเงาโปร่งรังสีบริเวณรากฟันด้านเพดานซึ่งชิดกับฟันของโพรงอากาศขากรรไกรบนข้างซ้ายที่มีระดับลมและน้ำ (Air-fluid level) ประมาณสองในสามของความสูงในแนวตั้ง จึงให้การวินิจฉัยว่าฟันซี่ 26 เป็นฟันที่ผ่านการรักษาลองรากร่วมกับเนื้อเยื่อรอบปลายรากอีกเสบแบบมีอาการและโพรงอากาศขากรรไกรบนด้านซ้ายอีกเสบ (26 Previously treated tooth with an adequate root canal filling with symptomatic apical periodontitis and left maxillary sinusitis) วางแผนการรักษาโดยการปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนา ซึ่งมีขั้นตอนการรักษาคือ ถอนฟันซี่ 26 แบบไม่บาดเจ็บ (Atraumatic extraction) ด้วย

การใช้คีมถอนฟันเพียงอย่างเดียวจับบริเวณรอยต่อเคลือบฟันเคลือบรากฟัน (Cemento-enamel junction) หลังจากนั้นจึงตัดปลายรากฟันประมาณ 3 มิลลิเมตร เตรียมคลองรากฟัน 3 มิลลิเมตร ย้อนจากปลายราก หลังจากนั้นจึงอุดย้อนปลายรากด้วยมีเนอรัลไดรออกไซด์แอกริเกตหรือเอ็มทีเอ (Mineral Trioxide Aggregate: MTA) โดยใช้เวลาที่ฟันอยู่ภายนอกช่องปากทั้งหมดประมาณ 12 นาที ใส่ฟันกลับเข้ากระดูกเบ้าฟันเดิมของผู้ป่วยโดยไม่ได้ทำการยึดฟันและทำการถ่ายภาพรังสีรอบปลายรากทันทีหลังการรักษา ผู้ป่วยได้รับยาอะม็อกซิซิลลิน-คลาวูลานาต (Amoxicillin-clavulanate) 1 กรัม รับประทานเข้า-เย็นเป็นเวลา 10 วัน นัดผู้ป่วยมาติดตามผลการรักษาที่ 2 สัปดาห์ 1 3 6 เดือนและ 1 ปี พบว่า ไม่มีอาการคัดจมูกน้ำมูกไหล อาการปวดตื้อที่แก้มด้านซ้ายหายไป ไม่มีอาการปวดของฟันซี่ 26 ผู้ป่วยสามารถใช้ฟันเคี้ยวอาหารได้ปกติ เมื่อวัดร่องลึกปริทันต์พบว่าลดลงเหลือ 2-3 มิลลิเมตร และจากภาพรังสีรอบปลายรากที่ 3 เดือนและ 1 ปีพบการสร้างผิวกระดูกเบ้าฟัน (Lamina dura) และกระดูกรอบปลายรากฟันด้านเพดาน (รูปที่ 1) และจากภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ชนิดโคนบีมพบว่า ระดับลมและน้ำในโพรงอากาศขากรรไกรบนข้างซ้ายหายไปเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนรักษา (รูปที่ 2) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนาสามารถรักษาโพรงอากาศขากรรไกรบนซ้ายอีกเสบสาเหตุจากการติดเชื้อของฟันซี่ 26 ในผู้ป่วยรายนี้ได้



**รูปที่ 1** ผู้ป่วยรายที่ 1 ทำการปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนาที่ฟันซี่ 26 (A) ภาพในช่องปากหลังติดตามผลการรักษาที่ระยะเวลา 1 ปี (B) ร่องลึกปริทันต์ 2-3 มิลลิเมตรโดยรอบฟัน (C) ภาพรังสีรอบปลายรากก่อนรักษา (D) ภาพรังสีรอบปลายรากทันทีหลังรักษา (E) ภาพรังสีรอบปลายรากหลังการรักษา 3 เดือน (F) ภาพรังสีรอบปลายรากหลังการรักษา 1 ปี

**Figure 1** First case with tooth 26 intentional replantation (A) Intraoral view at 1year follow-up (B) Probing depth 2-3 mm. around tooth 26 (C) Pre-treatment periapical radiograph (D) Immediate post-treatment periapical radiograph (E) 3 Months post-treatment periapical radiograph (F) 1 Year post-treatment periapical radiograph

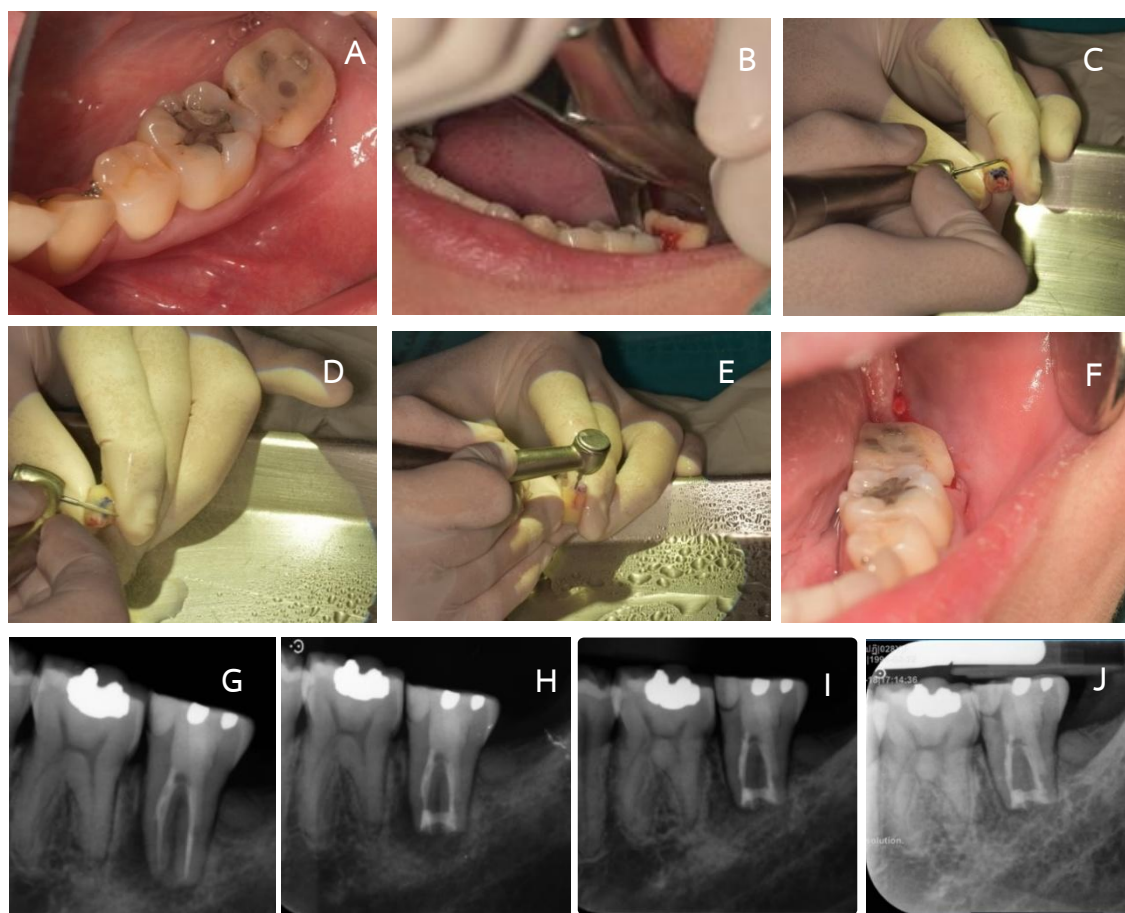


**รูปที่ 2** ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ชนิดโคนบีมของผู้ป่วยรายที่ 1 (A) แนวระนาบแบ่งหน้าหลังก่อนการรักษา (B) แนวระนาบแบ่งหน้าหลังภายหลังการรักษา 3 เดือน (C) แนวระนาบแบ่งซ้ายขวาก่อนการรักษา (D) แนวระนาบแบ่งซ้ายขวาหลังการรักษา 3 เดือน

**Figure 2** Cone beam CT of the first case (A) Coronal view before treatment (B) Coronal view 3 months post-treatment (C) Sagittal view before treatment (D) Sagittal view 3 months post-treatment

ผู้ป่วยรายที่ 2 เพศหญิงอายุ 27 ปี ปฏิเสธการมีโรคประจำตัว ปฏิเสธการแพ้ยาและอาหาร ภูมิลำเนาจังหวัดขอนแก่น อาการสำคัญคือ ปวดฟันกรามล่างซ้าย (ฟันซี่ 37) ให้ประวัติเคยรักษารากฟันซี่นี้ที่คลินิกเอกชนเมื่อประมาณ 1 ปีที่แล้ว แต่ยังมีอาการปวดและเคี้ยวเจ็บ ทำการรักษารากฟันซี่เมื่อ 10 เดือนที่แล้วแต่ก็ยังมีอาการปวดอยู่ จากการตรวจภายในช่องปากพบว่า ฟันซี่ 37 มีวัสดุเรซินคอมโพสิตร่วมกับเดือยฟันสำเร็จรูป (Prefabricated fiber post) เคาะเจ็บ โยกระดับที่หนึ่ง วัดร่องลึกปริทันต์ได้ประมาณ 10 มิลลิเมตร ที่บริเวณด้านใกล้กลางใกล้แก้ม (Meso-buccal) จากภาพรังสีรอบปลายรากพบว่า ฟันซี่ 37 มีพบเงาที่บรัสสีของวัสดุอุดคอมโพสิตที่บริเวณด้านใกล้กลาง เงาที่บรัสสีของวัสดุอุดอมัลกัม (Amalgam) บริเวณด้านบดเคี้ยว ภายในโพรงประสาทฟัน พบเงาที่บรัสสีของแกนคอมโพสิต ภายในคลองรากฟันพบเงาที่บรัสสีของวัสดุอุดคลองรากฟันมีความแน่นดีทั้งสองคลองราก และบริเวณปลายรากฟันพบมีเงาโปร่งรังสี

โดยรอบ ให้การวินิจฉัยว่า ฟันซี่ 37 เป็นฟันที่ผ่านการรักษาคคลองรากร่วมกับเนื้อเยื่อรอบปลายรากอักเสบแบบมีอาการ (37 Previously treated tooth with an adequate root canal filling with symptomatic apical periodontitis) ทำการปลุกฟันฝังคืนโดยเจตนาโดยมีขั้นตอนการรักษา คือ ถอนฟันซี่ 37 แบบไม่บาดเจ็บ ทำการตัดปลายราก เตรียมคลองรากฟัน 3 มิลลิเมตร ย้อนจากปลายราก และอุดย้อนปลายรากนอกช่องปากด้วยมินิเอร์ลไตรออกไซด์แอกริเกต โดยใช้เวลาที่ฟันอยู่ภายนอกช่องปากทั้งหมดประมาณ 12 นาที และใส่ฟันกลับเข้ากระดูกเบ้าฟันเดิมของผู้ป่วยโดยไม่ได้ทำการยึดฟัน หลังจากนั้นจึงนัดผู้ป่วยมาติดตามผลการรักษาพบว่า หลังการรักษา 9 เดือน ผู้ป่วยสามารถใช้ฟันเคี้ยวอาหารได้โดยไม่มีอาการใดๆ ฟันปลุกมีสภาวะปริทันต์ปกติ วัดร่องลึกปริทันต์ได้ 2-3 มิลลิเมตรโดยรอบฟัน จากภาพรังสีรอบปลายรากพบมีการสร้างผิวกระดูกเบ้าฟันและพบการสร้างกระดูกขึ้นมาใหม่รอบรากฟันซี่ 37 (รูปที่ 3)



**รูปที่ 3** ผู้ป่วยรายที่ 2 ทำการปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนาที่ฟันซี่ 37 (A) ฟันซี่ 37 ก่อนการรักษา (B) ถอนฟันซี่ 37 (C, D) แสดงขั้นตอนตัดปลายรากฟัน (E) การกรอเตรียมปลายรากฟัน (F) ฟันซี่ 37 หลังปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนา (G) ภาพรังสีรอบปลายรากก่อนรักษา (H) ภาพรังสีรอบปลายรากทันทีหลังการรักษา (I) ภาพรังสีรอบปลายรากหลังการรักษา 4 เดือน (J) ภาพรังสีรอบปลายรากหลังการรักษา 9 เดือน

**Figure 3** Second case with tooth 37 intentional replantation (A) Before treatment (B) During extraction (C, D) Root resection (E) Root end preparation (F) Tooth 37 after intentional replantation (G) Periapical radiograph before treatment (H) Immediate post-treatment periapical radiograph (I) Periapical radiograph 4 months post-treatment (J) Periapical radiograph 9 months post-treatment

## บทวิจารณ์

ลักษณะทางกายวิภาคของรากฟันกรามบนจะมีความสัมพันธ์กับเยื่อโพรงอากาศขากรรไกรบนโดยจากการศึกษาของ Kang และคณะ ในปี ค.ศ. 2015 พบว่า รากของฟันกรามบนที่มีความสัมพันธ์กับเยื่อโพรงอากาศขากรรไกรบนมากที่สุดเรียงตามลำดับได้แก่ ฟันกรามบนซี่ที่ 2 ร้อยละ 44.7 ฟันกรามบนซี่ที่ 1 ร้อยละ 40.5<sup>12</sup> ดังนั้นเมื่อมีพยาธิสภาพของฟันกรามบนหรือภายหลังการรักษารากฟันที่ไม่ประสบผลสำเร็จจึงอาจพบการเกิดโพรงอากาศขากรรไกรบนอีกเสบได้ซึ่งพบอุบัติการณ์ประมาณร้อยละ 30-51.8 โดยส่วนใหญ่ผู้ป่วยมักจะมีอาการปวดฟันซี่ที่เป็น

สาเหตุร่วมกับมีอาการคัดจมูก น้ำมูกไหลเป็นหนอง (Purulent rhinorrhea) ปวดบริเวณข้างจมูกและมึนน้ำมูกไหลลงคอ (Postnasal drip)<sup>13</sup> ซึ่งคล้ายคลึงกับอาการของผู้ป่วยรายแรกในรายงานนี้ การรักษาโพรงอากาศขากรรไกรบนอีกเสบอันเนื่องมาจากสาเหตุจากฟันมีหลายทางเลือกในการรักษาได้แก่ การรักษารากฟันใหม่เพื่อกำจัดเชื้อในคลองรากฟันและรอยโรครอบปลายราก การผ่าตัดปลายรากฟันผ่านผนังโพรงอากาศขากรรไกรบน และการถอนฟันที่เป็นสาเหตุออกและใส่ฟันเทียมทดแทน<sup>9,11</sup> ซึ่งวิธีการรักษาดังกล่าวอาจพบข้อเสียหรือข้อจำกัดบางประการ เช่น การรักษารากฟันซ้ำหากไม่มีการเชื่อมปิดปลายรากที่ดี เชื่อที่อยู่นอก

รากฟันอาจกลับเข้ามาติดเชื่อในคลองรากฟันใหม่ได้ ส่วนการผ่าตัดปลายรากฟันผ่านผนังโพรงอากาศขากรรไกรบนไม่นิยมทำเนื่องจากทำให้เกิดการทะลุโพรงอากาศค่อนข้างใหญ่และเสี่ยงต่อการบาดเจ็บต่อกลุ่มเส้นประสาทและหลอดเลือดที่อยู่บริเวณด้านเพดานได้ ส่วนการถอนฟันที่เป็นสาเหตุออกแล้วใส่ฟันเทียมหรือรากฟันเทียมทดแทนไม่สามารถทำได้ในผู้ป่วยที่ไม่ต้องการถอนฟันออก ดังนั้นการปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนาจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการรักษาที่เหมาะสมกับผู้ป่วยที่มีโพรงอากาศขากรรไกรบนอักเสบอันเนื่องมาจากสาเหตุจากฟัน<sup>9,11,14</sup> จากรายงานของ Penarrocha และคณะในปี ค.ศ. 2007 ได้ทำการปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนาในฟันซี่ 27 เพื่อรักษาโพรงอากาศขากรรไกรบนซ้ำอีกเสบอันเนื่องมาจากสาเหตุจากฟัน โดยทำการตัดปลายราก เตรียมปลายรากและอุดย้อนปลายรากด้วยวัสดุอมัลกัม<sup>9</sup> ซึ่งให้ผลสำเร็จเช่นเดียวกันกับรายงานผู้ป่วยที่ได้กล่าวไปข้างต้น แต่แตกต่างกันที่วัสดุที่ใช้ในการอุดย้อนปลายรากซึ่งในรายงานผู้ป่วยนี้ใช้เป็นมินิเอร์ลไตรออกไซด์แอ็กกรีเกตหรือเอ็มทีเอ ซึ่งเป็นวัสดุกลุ่มไบโอเซรามิก (Bioceramic) ที่มีข้อดีคือ มีความเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อร่างกาย (Biocompatibility) ไม่เป็นพิษ มีความคงตัวทางเคมีไม่ทำให้เกิดการอักเสบที่ปลายรากหากมีการอุดเกิน กระตุ้นให้เกิดไฮดรอกซีอะพาไทต์ (Hydroxyapatite) และทำให้เกิดการเชื่อมของวัสดุอุดรากกับเนื้อฟัน (Sealing ability) ได้<sup>15,16</sup> จึงนิยมใช้เป็นวัสดุอุดย้อนปลายรากในปัจจุบัน แต่วัสดุอมัลกัมที่ใช้ในการศึกษาของ Penarrocha มีข้อดีคือ ก่อตัวเร็ว ใช้งานง่าย แต่มีความเป็นพิษ และไม่มีการเชื่อมของวัสดุอุดรากกับเนื้อฟันจึงไม่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน<sup>9,15,16</sup>

กรณีฟันที่รักษาคลองรากฟันแล้วร่วมกับมีภาวะโรคปริทันต์อักเสบและมีข้อจำกัดในการทำศัลยกรรมปลายรากฟัน (Endodontic surgery) แต่เดิมถือเป็นข้อห้ามในการปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนา แต่จากการศึกษาของ Cho และคณะ ในปี ค.ศ. 2017 กล่าวว่า แม้ว่ารากฟันจะมีโรคปริทันต์อักเสบร่วม การปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนายังสามารถให้ผลการรักษาที่ดีโดยเฉพาะฟันที่มีร่องลึกปริทันต์มากกว่า 6 มิลลิเมตร เพียง 1 ตำแหน่ง ซึ่งจะมีอัตราการอยู่รอดใกล้เคียงฟันปกติที่ไม่ได้เป็นโรคปริทันต์อักเสบโดยสันนิษฐานว่าการที่มีร่องลึกปริทันต์เพียง 1 ตำแหน่ง จะมีการสูญเสียของกระดูก (Bone resorption) ไม่มาก มีพื้นที่ที่จะทำให้การยึดคืนมาใหม่ (Reattachment) ระหว่างรากฟัน เอ็นยึดปริทันต์และกระดูกผิวรากได้ โดยการเกิดการสูญเสียของกระดูกนี้คาดว่า มีสาเหตุมาจากรอยโรคเนื้อเยื่อในแบบปฐมภูมิ (Primary

endodontic lesion) หรือรอยโรคเนื้อเยื่อในแบบปฐมภูมิร่วมกับโรคปริทันต์อักเสบแบบทุติยภูมิ (Primary endodontic with secondary periodontitis lesion) ซึ่งถ้าผลการรักษาคลองรากฟันดี จะส่งผลให้ภาวะโรคปริทันต์อักเสบดีขึ้นด้วย โดยทางคลินิกจะพบว่า อาการปวดและฟันโยกจะลดลง<sup>10</sup> ซึ่งสอดคล้องกันกับรายงานผู้ป่วยรายที่ 2 ที่ได้ทำการปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนาในฟันซี่ 37 ที่มีร่องลึกปริทันต์มากกว่า 6 มิลลิเมตร เพียง 1 ตำแหน่ง ซึ่งให้ผลการรักษาที่ดีมีการสร้างกระดูกผิวรากและกระดูกรอบปลายรากขึ้นมาใหม่รวมทั้งมีร่องลึกปริทันต์ลดลง แต่อย่างไรก็ตามยังเป็นการติดตามผลการรักษาในช่วงระยะเวลาเพียง 9 เดือน จึงยังต้องมีการติดตามผลในระยะยาวต่อไป

สำหรับผลสำเร็จ (Success) ในการรักษาด้วยวิธีปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนา ได้แก่ ไม่มีอาการและอาการแสดงของการอักเสบรอบปลายรากฟัน ภาพรังสีไม่มีเงาโปร่งรังสีรอบปลายราก ร่องลึกปริทันต์น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร ไม่พบการสูญเสียของรากฟัน (Root resorption)<sup>5,17,20</sup> ส่วนการอยู่รอด (Survival) ของฟันที่รักษาด้วยวิธีปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนา ได้แก่ ฟันสามารถเคี้ยวอาหารได้โดยไม่มีอาการ รอยโรครอบปลายรากฟันมีขนาดเล็กลง ฟันโยกไม่เกินระดับที่หนึ่ง ร่องลึกปริทันต์ลดลง และไม่พบการสูญเสียของรากฟัน<sup>1,7,10</sup>

จากการศึกษาของ Sangiovanni และคณะในปี ค.ศ. 2021 พบว่า การปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนาจะมีอัตราความสำเร็จ (Success rate) ในการรักษาร้อยละ 87.2<sup>17</sup> และจากการศึกษาของ Pisano และคณะในปี ค.ศ. 2023 พบอัตราการอยู่รอดร้อยละ 86.7<sup>6</sup> โดยปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จและอัตราการอยู่รอดของการปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนา ได้แก่ ระยะเวลาการติดตามผลการรักษา ชนิดของวัสดุอุดย้อนปลายราก ระยะเวลาที่ฟันอยู่นอกช่องปาก ชนิดและตำแหน่งของฟันที่ทำการรักษา และการมีหรือไม่มีรูเปิดทางหนองไหลบริเวณกระดูกเบ้าฟัน<sup>18</sup> จากการศึกษาของ Ong และคณะ ในปี ค.ศ. 2022 พบว่าเมื่อติดตามผลการรักษาของการปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนาที่ระยะเวลา 1 ปี มีอัตราการอยู่รอดถึงร้อยละ 93.1 แต่เมื่อติดตามผลที่ระยะเวลา 4 ปีพบว่า อัตราการอยู่รอดลดลงเหลือร้อยละ 86.9 อย่างไรก็ตามพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ<sup>18</sup> สำหรับชนิดของวัสดุอุดย้อนปลายรากที่ใช้หากเป็นวัสดุในกลุ่มไบโอเซรามิกจะมีอัตราการอยู่รอดของฟันปลูกมากกว่ากลุ่มที่ไม่ใช่ไบโอเซรามิกเนื่องจากมีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ มีการเชื่อมปิดที่บริเวณปลายรากได้ดี แต่สำหรับการปลูกฟันฝังคืนโดยเจตนาควรเลือกชนิดที่ก่อ

ตัวเร็ว เนื่องจากควบคุมการปนเปื้อนของเลือดได้ยากซึ่งแตกต่างจากการผ่าตัดปลารากฟัน<sup>5,10,19</sup> สำหรับระยะเวลาที่ฟันอยู่นอกช่องปากหากเกิน 15 นาที จะมีผลต่อความมีชีวิตของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์ของฟันปลุกอาจทำให้เกิดการสูญเสียของรากฟันแบบทดแทน (Replacement resorption) แต่หากมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เวลาออกช่องปากนานเกิน 15 นาที ควรใช้สารให้ความชุ่มชื้น (Hydration medium) ร่วมด้วย<sup>5,6,18</sup> สำหรับชนิดและตำแหน่งของฟันที่จะทำการปลุกฟันฝังคืนโดยเจตนาจากการศึกษาของ Lee และคณะในปี ค.ศ. 2012 พบว่า ฟันกรามล่างให้ผลสำเร็จมากกว่าฟันกรามบน โดยจากการศึกษานี้ในฟันกรามล่างมีอัตราความสำเร็จในการรักษาร้อยละ 78 แต่ฟันกรามบนมีอัตราความสำเร็จเพียงร้อยละ 41 ซึ่งอธิบายว่าเป็นผลของแรงโน้มถ่วงที่อาจส่งผลต่อการยึดผิวฟันกลับคืนกับกระดูกเบ้าฟันได้<sup>20</sup> จากการศึกษาของ Pisano และคณะ ในปี ค.ศ. 2023 พบว่า ฟันรากเดียวมีอัตราความสำเร็จร้อยละ 89.3 และฟันหลายรากมีอัตราความสำเร็จร้อยละ 84 โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งน่าจะเกิดจากฟันรากเดียวมีผลสำเร็จในขั้นตอนถอนฟันมากกว่าฟันหลายราก<sup>6</sup> สำหรับสภาวะปริทันต์ของฟันที่ทำการปลุกฟันฝังคืนโดยเจตนา จากการศึกษาของ Cho และคณะในปี ค.ศ. 2017 พบว่า หากมีร่องลึกปริทันต์มากกว่าหรือเท่ากับ 6 มิลลิเมตร เพียง 1 ตำแหน่ง จะมีอัตราการอยู่รอดที่ระยะเวลา 4 ปี ถึงร้อยละ 84 แต่ฟันที่มีร่องลึกปริทันต์มากกว่าหรือเท่ากับ 6 มิลลิเมตร 2 ตำแหน่ง ขึ้นไปจะมีอัตราการอยู่รอดที่ระยะเวลา 4 ปี เพียงร้อยละ 44 เท่านั้น<sup>10</sup> ปัจจัยสุดท้ายคือการมีรูเปิดหนองไหลบริเวณกระดูกเบ้าฟันของฟันปลุกจะทำให้เกิดความล้มเหลวในการรักษาเพิ่มขึ้น 2.7 เท่า ซึ่งสาเหตุคาดว่ามาจากการอักเสบรอบปลารากเป็นระยะเวลานานทำให้กระดูกรอบรากถูกทำลายไปค่อนข้างมาก รวมทั้งเซลล์เอ็นยึดปริทันต์ก็ถูกทำลายไปด้วย ส่งผลให้อัตราการอยู่รอดลดลงเหลือเพียงร้อยละ 24.7 ที่ระยะเวลา 5 ปี<sup>5</sup>

เมื่อเปรียบเทียบการปลุกฟันฝังคืนโดยเจตนากับการฝังรากเทียม (Dental implant) จากการศึกษาของ Torabinejad และคณะในปี ค.ศ. 2015 พบว่า อัตราการอยู่รอดของการฝังรากเทียมสูงถึงร้อยละ 97 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการอยู่รอดของการปลุกฟันฝังคืนโดยเจตนาที่ร้อยละ 88 อย่างไรก็ตามอัตราการอยู่รอดของการปลุกฟันฝังคืนโดยเจตนาไม่ได้ถือว่าต่ำมากเมื่อเทียบกับความคุ้มค่าในการรักษาโดยข้อดีของการปลุกฟันฝังคืนโดยเจตนาเมื่อเปรียบเทียบกับ การฝังรากเทียมยกตัวอย่างเช่น กรณีทำการรักษาบริเวณฟัน

กรามบนที่ใกล้กับพื้นโพรงอากาศขากรไกรบน การฝังรากเทียมอาจจะต้องเพิ่มการผ่าตัดยกพื้นโพรงอากาศ (Sinus lift) หรือกรณีทำการรักษาบริเวณฟันกรามล่างที่ใกล้กับเส้นประสาทอินฟีเรียลอัลวีโอลาร์ (Inferior alveolar nerve) การฝังรากเทียมอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บของเส้นประสาท การปลุกฟันฝังคืนโดยเจตนาจึงอาจเป็นทางเลือกในการรักษาที่เหมาะสม แต่อาจจะมีข้อเสียกรณีเกิดภาวะฟันยึดแข็งซึ่งอาจทำให้คุณภาพกระดูก (Bone quality) ไม่ดีถ้าจะต้องฝังรากเทียมในอนาคต<sup>21</sup>

## บทสรุป

การปลุกฟันฝังคืนโดยเจตนาเป็นหนึ่งในทางเลือกการรักษาฟันที่รักษาคงรากฟันแบบปกติแล้วไม่สำเร็จหรือไม่สามารถทำการผ่าตัดปลารากฟันด้วยวิธีดั้งเดิมได้ โดยสามารถใช้เป็นทางเลือกในการรักษาโพรงอากาศขากรไกรบนอีกเสบอันเนื่องมาจากสาเหตุจากการติดเชื้อของฟัน รวมทั้งสามารถทำในฟันที่มีภาวะโรคปริทันต์อักเสบร่วมที่มีร่องลึกปริทันต์ลึกไม่เกิน 6 มิลลิเมตร เพียง 1 ตำแหน่งและให้ผลการรักษาที่ดีได้

## ผลประโยชน์ทับซ้อน

ไม่มี

## แหล่งทุน

ไม่มี

## References

1. Wu SY, Chen G. A long-term treatment outcome of intentional replantation in Taiwanese population. J Formos Med Assoc. 2021;120(1):346-53.
2. Becker BD. Intentional replantation techniques: A critical review. J Endod. 2018;44(1):14-21.
3. Grzanich D, Rizzo G, Silva RM. Saving natural teeth: Intentional replantation-protocol and case series. J Endod. 2017;43(12):2119-24.
4. Asgary S, Marvasti L, Kolahdouzan A. Indications and case series of intentional replantation of teeth. Iran Endod J. 2014;9(1):71-8.

5. Cho S, Lee Y, Shin S, Kim E, Jung I, Friedman S, et al. Retention and healing outcomes after intentional replantation. *J Endod.* 2016;42(6):909-15.
6. Pisano M, Spirito FD, Martina S, Sangiovanni G, Ambrosio FD, Iandolo A. Intentional replantation of single-rooted and multi-rooted teeth: A systematic review. *Healthcare (Basel).* 2023;11(1):71.
7. Jang Y, Lee SJ, Yoon TC, Roh BD, Kim E. Survival rate of teeth with a C-shaped canal after intentional replantation: A study of 41 cases for up to 11 years. *J Endod.* 2016;42(9):1320-25.
8. Li N, Xu H, Kan C, Zhang J, Li S. Retrospective study of intentional replantation for type IIIb dens invaginatus with periapical lesions. *J Endod.* 2022;48(3):329-36.
9. Peñarrocha M, García B, Martí E, Palop M, Von T. Intentional replantation for the management of maxillary sinusitis. *Int Endod J.* 2007;40(11):891-9.
10. Cho SY, Lee SJ, Kim E. Clinical outcomes after intentional replantation of periodontally involved teeth. *J Endod.* 2017;43(4):550-5.
11. Hauman CHJ, Chandler NP, Tong DC. Endodontic implications of the maxillary sinus: A review. *Int Endod J.* 2002;35(2):127-41.
12. Kang SH, Kim BS, Kim Y. Proximity of posterior teeth to the maxillary sinus and buccal bone thickness: A biometric assessment using cone-beam computed tomography. *J Endod.* 2015;41(11):1839-46.
13. Psillas G, Papaioannou D, Petsali S, Dimas GG, Constantinidis J. Odontogenic maxillary sinusitis: A comprehensive review. *J Dent Sci.* 2021;16(1):474-81.
14. García B, Martorell L, Martí E, Peñarrocha M. Periapical surgery of maxillary posterior teeth: A review of the literature. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2006;11(2):e146-50.
15. Dong X, Xu X. Bioceramics in Endodontics: Updates and future perspectives. *Bioengineering (Basel).* 2023;10(3):351.
16. Singer L, Fouda A, Bourauel C. Biomimetic approaches and materials in restorative and regenerative dentistry: review article. *BMC Oral Health.* 2023;23(105):1-14.
17. Sangiovanni G, Scelza G, Giordano F, Chiacchio A, Ferrigno R, Rengo C, et al. Intentional replantation in endodontics: review of literature. *G Ital Endod.* 2022;36(1):151-62.
18. Ong TK, Lim D, Singh M, Fial AV. Factors influencing the treatment outcome of intentional replantation on teeth with periapical periodontitis: A systematic review and meta-analysis. *J Evid Base Dent Pract.* 2022;22(4):1-14.
19. Wang L, Jiang H, Bai Y, Luo Q, Wu H, Liu H. Clinical outcomes after intentional replantation of permanent teeth: A systematic review. *Bosn J Basic Med. Sci* 2020;20(1):13-20.
20. Lee W, Shon W J, Baek S H, Kum K Y, Kim H C. Outcomes of intentionally replanted molars according to preoperative locations of periapical lesions and the teeth. *J Dent Sci.* 2012;7(2):125-9.
21. Torabinejad M, Dinsbach N, Turman M, Handysides R, Babjri K, White S. Survival of Intentionally Replanted Teeth and Implant-supported Single Crowns: A Systematic Review. *J Endod.* 2025;41(7):992-8.

### ผู้ประพันธ์บทความ

เสาวลักษณ์ ลิ้มมณฑล

สาขาวิชา ศัลยศาสตร์ช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

โทรศัพท์ : 043 202 405 #45152

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : saolim@kku.ac.th



# Intentional Replantation for Treating Maxillary Sinusitis and Periodontally Compromised Tooth: A Report of 2 Cases

Chonthida Chaiya <sup>1</sup> Panupong Jiradechochai <sup>2</sup> Saowaluck Limmonthol <sup>3,\*</sup>

## Case Report

### Abstract

**Objective:** The purpose of this article is to demonstrate the successful outcome of intentional replantation treatment in two patients. Intentional replantation is a treatment of choice for treating periapical lesions in teeth that have previously undergone unsuccessful conventional endodontic therapy, especially when endodontic microsurgery is contraindicated.

**Case Presentation:** The first case revealed a successful intentional replantation for treating left maxillary sinusitis caused by the infection of the left maxillary first molar. A 1-year follow-up showed complete resolution of the left maxillary sinus and complete periapical bone formation at the palatal root. The second case described intentional replantation of a periodontally compromised tooth, and the 9-month follow-up clinically showed a decrease in probing depth along with new peri-radicular bone formation.

**Conclusion:** Intentional replantation can be used as an alternative treatment for maxillary sinusitis due to odontogenic origin and can be performed in teeth with concomitant periodontitis presenting a periodontal pocket depth of no more than 6 mm at a single site, with favorable treatment outcomes.

**Keywords:** Intentional replantation/ Maxillary sinusitis/ Periodontitis

### Corresponding author

Saowaluck Limmonthol

Department of Oral and Maxillofacial Surgery,

Faculty of Dentistry, Khon Kaen University,

Amphur Muang, Khon Kaen.

Tel. : +66 43 202 405 #45152

E-mail: saolim@kku.ac.th

<sup>1</sup> Dental Department, Bang Ra Chan Hospital, Amphoe Bang Ra Chan, Sing Buri.

<sup>2</sup> Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University.

<sup>3</sup> Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University.

\* Corresponding author



# Clinical Manifestations and Dental Management in a Pediatric Patient with Chromosome 22q11.2 Deletion Syndrome: A Case Report

Jinda Lertsirivorakul <sup>1,\*</sup> Duanghathai lamviteevanitch <sup>2</sup> Khunton Wichajarn <sup>3</sup> Ajiravudh Subarnbhesaj <sup>4</sup>

## Case Report

### Abstract

**Objective:** This report aims to describe the orofacial and dental manifestations, along with the comprehensive dental management, in a child diagnosed with 22q11.2 DS.

**Case Presentation:** A 4-year-old girl presented with multiple congenital anomalies, including complex cyanotic congenital heart disease, dysmorphic craniofacial features, bilateral complete cleft lip and palate, and anovestibular fistula. The patient also exhibited hypotonia, feeding and swallowing difficulties, hearing loss, hypernasal speech, and global developmental delay. The patient had previously undergone several major surgical interventions as part of her multidisciplinary management.

Clinical and radiographic examinations revealed multiple extensively carious teeth consistent with severe early childhood caries, along with malformation and agenesis of several developing permanent teeth. Owing to the patient's limited ability to cooperate, significant medical comorbidities, and extensive dental treatment needs, comprehensive oral rehabilitation under general anesthesia was provided. The procedure was completed successfully; however, the patient experienced a prolonged postoperative recovery. Following treatment, she was scheduled for regular dental and medical follow-up visits to ensure ongoing preventive care, monitoring, and long-term management.

**Conclusion:** Patients with 22q11.2 DS commonly have multiple underlying medical conditions and are at increased risk for orofacial anomalies and oral diseases. Dental care should begin early and be maintained throughout the patient's life. Successful management requires a collaborative, multidisciplinary approach involving specialized medical and dental professionals, supported by informed and engaged caregivers, to achieve optimal oral health and improve overall quality of life for these patients.

**Keywords:** Chromosome 22q11.2 deletion syndrome/ DiGeorge syndrome/ Velocardiofacial syndrome/ Cleft palate/ Tetralogy of Fallot

**Received:** Sep 13, 2024

**Revised:** Aug 13, 2025

**Accepted:** Oct 24, 2025

### Introduction

Chromosome 22q11.2 deletion syndrome (22q11.2 DS) is one of the most common human microdeletion syndromes, with an estimated prevalence of 1 in 2,000 to 1 in 6,000 live births.<sup>1</sup> The majority of cases (90–95%) arise from a de novo

germline mutation.<sup>2</sup> The true prevalence of the syndrome may be underestimated due to its variable expressivity, diagnostic challenges, and the absence of routine newborn screening.<sup>3</sup> Both males and females are equally affected.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Dentistry, Bangkokthonburi University.

<sup>2</sup> Dental Department, Banchang Hospital, Rayong.

<sup>3</sup> Division of Medical Genetics, Department of Pediatrics, Faculty of Medicine, Khon Kaen University.

<sup>4</sup> Department of Oral Biomedical Sciences, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University.

\* Corresponding author

22q11.2 DS is caused by a microdeletion of approximately 3 million base pairs on the q11.2 region of chromosome 22 and follows an autosomal dominant inheritance pattern.<sup>5</sup> Currently, it is understood that 22q11.2 DS (MIM #611867) encompasses several conditions that were previously classified as distinct disorders, including DiGeorge syndrome (MIM #188400), velocardiofacial syndrome (MIM #192430), conotruncal anomaly face syndrome (MIM #217095), some cases of autosomal dominant Opitz G/BBB syndrome (MIM #145410), and Cayler cardiofacial syndrome (MIM #125520).<sup>3,5</sup>

The diagnosis of 22q11.2 DS can be made using fluorescence in situ hybridization (FISH), a molecular cytogenetic technique that uses fluorescently labeled DNA probes to detect and visualize specific DNA sequences on chromosomes.<sup>6</sup> However, newer and more sensitive diagnostic techniques, such as chromosomal microarray analysis (CMA) and multiplex ligation-dependent probe amplification (MLPA), are increasingly being used to detect deletions of various sizes and may replace FISH in the future.<sup>5,7-8</sup>

CMA, a genetic testing technique that scans the entire genome to identify missing or extra segments of genetic material, can detect small genetic alterations, including submicroscopic abnormalities that are too subtle to be detected by conventional karyotyping or FISH.<sup>9</sup> MLPA, a variation of the multiplex polymerase chain reaction (PCR), allows the simultaneous amplification of multiple DNA targets using only a single primer pair.<sup>10</sup>

Individuals with 22q11.2 DS exhibit a wide spectrum of clinical features, ranging from mild to severe. The most common manifestations include congenital heart defects—especially conotruncal malformations such as ventricular septal defect, tetralogy of Fallot, interrupted aortic arch, and truncus arteriosus—palatal abnormalities, distinctive craniofacial features, immune deficiencies due to

thymic hypoplasia, hypoparathyroidism with resultant hypocalcemia, renal and gastrointestinal abnormalities, and central nervous system involvement.<sup>5,7-8</sup> These neurological features may lead to learning difficulties, intellectual disability, behavioral issues, and a high incidence of psychiatric disorders later in life.<sup>5,7-8</sup> Additionally, affected children have a higher likelihood of developing attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) and other neurodevelopmental disorders, including intellectual disability and autism spectrum disorder, which impair communication and social functioning.<sup>3</sup>

Other systemic manifestations may include respiratory problems, renal anomalies, hypocalcemia-induced seizures, thrombocytopenia, and gastrointestinal complications. Velopharyngeal insufficiency often results in recurrent otitis media, which can lead to conductive hearing loss. Skeletal anomalies, such as mild short stature, slender digits, and occasionally vertebral abnormalities, may also be observed.<sup>3,5</sup>

The orofacial region is frequently affected in individuals with 22q11.2 DS. Mild facial dysmorphisms include a small mouth, malar flatness, ptosis, hypertelorism, epicanthal folds, narrow palpebral fissures, a prominent nasal root, a bulbous nasal tip with hypoplastic alae nasi, and slightly malformed ears. Common palatal anomalies include velopharyngeal insufficiency, submucous cleft palate, bifid uvula, and overt cleft palate. Several dental anomalies are frequently reported, such as enamel defects (both hypoplasia and hypomineralization), abnormal tooth morphology, tooth agenesis, and delayed eruption.<sup>8,11-16</sup> High prevalence of dental caries and gingival disease are also notable oral findings.<sup>8</sup>

Although 22q11.2 DS has been widely reported in medical literature, detailed descriptions of oral and dental manifestations remain relatively limited. Additionally, the multisystem involvement characteristic of this syndrome may complicate dental treatment planning and delivery. To date, few references have

addressed the dental management of patients with 22q11.2 DS. This report aims to describe the orofacial features and comprehensive dental management of a pediatric patient with 22q11.2 DS, with a focus on treatment under general anesthesia (GA).

## Case Presentation

A 4-year-old girl from northeastern Thailand presented to the Pediatric Dentistry Clinic, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, with a chief complaint of multiple carious teeth. Her family history was unremarkable, with no known hereditary disorders or consanguinity. Both her parents and her twin brother were healthy.

### Medical and dental history

The patient and her dizygotic twin brother were conceived via intracytoplasmic sperm injection (ICSI) when their parents were 35 and 38 years old, respectively. At 20 weeks of gestation, prenatal ultrasonography revealed a bilateral complete cleft lip and palate in the patient. Both twins were delivered prematurely by cesarean section at 35 weeks of gestation. At birth, the patient weighed 1,070 grams and measured 36 cm in length, placing her below the 3rd percentile for Thai children.

The patient required neonatal resuscitation and treatment for meconium aspiration syndrome. The patient exhibited multiple congenital anomalies, including dysmorphic craniofacial features, bilateral complete cleft lip and palate, complex cyanotic congenital heart disease—comprising tetralogy of Fallot, pulmonary atresia, patent ductus arteriosus, and patent foramen ovale—as well as an anovestibular fistula. Due to the presence of tetralogy of Fallot and neonatal hypocalcemia, a consultation with a clinical geneticist was conducted shortly after birth. Cytogenetic analysis showed a normal female karyotype (46,XX). However, FISH targeting the 22q11.2 region revealed a microdeletion, thereby confirming the diagnosis of chromosome 22q11.2 deletion

syndrome. Additional complications developed over time, including hypotonia, feeding and swallowing difficulties, hearing loss, hypernasal speech, and global developmental delay.

The patient underwent multiple surgical interventions during early childhood. At 4 months of age, a right Modified Blalock-Taussig Shunt (MBTS) was placed using a polytetrafluoroethylene (PTFE) graft. At 7 months, the patient underwent a cutback procedure to correct an anovestibular fistula, followed by cheiloplasty and anal transposition at 8 months of age. Her first palatoplasty was performed at 18 months. At 2 years of age, bilateral myringotomy was conducted, and at 2 years and 10 months, a left MBTS was placed. At 3 years and 8 months, the patient underwent a second palatoplasty utilizing a facial artery musculomucosal (FAMM) flap; however, complete closure of the cleft palate could not be achieved due to insufficient tissue availability.

The patient experienced frequent episodes of constipation and recurrent infections, including respiratory tract infections (e.g., pneumonia), gastrointestinal infections (e.g., diarrhea), and otitis media. Her regular medications included Lanoxin and aspirin, with laxatives administered as needed. Intermittent episodes of apnea were also reported, which were alleviated by positioning the patient in the knee-chest posture. A complete corrective cardiac surgery is planned, pending stabilization of her overall physical condition.

Regarding her dental history, the patient's first dental visit occurred at 8 months of age, prior to cheiloplasty. At the second visit, although dental caries was detected, only topical fluoride treatment was provided. Bottle feeding continued until 3 years and 8 months of age, after her second palatoplasty. Currently, the patient frequently consumes drinking yogurt throughout the day as a substitute for milk.

### Physical examination

The patient had a very small stature. Her weight (9.2 kg) and height (85.5 cm) were both below the 3rd percentile for her age. Her heart rate (105 beats per minute) and respiratory rate (22 breaths per minute) were within normal limits, and no adventitious breath sounds were noted. However, her blood pressure was low (80/50 mmHg) and oxygen saturation was 85-90%.

The patient exhibited global developmental delay, affecting cognitive skills, motor function, speech and language abilities, and social-emotional development. Her speech development was significantly delayed, with the ability to produce only a few isolated words and no complete sentences. The patient showed significant fearfulness, remained closely attached to her mother, and resisted contact

with others. Her mother was also hesitant to enforce any activities or interventions, preferring not to pressure the patient.

The patient was noted to have microcephaly and characteristic craniofacial dysmorphism, including asymmetric crying facies, arched eyebrows, hypoplastic brow ridges, short palpebral fissures, telecanthus, a fleshy nose with a mildly deviated bulbous nasal tip and hypoplastic alae nasi, microstomia, and thin lips with scars from repaired bilateral cleft lip. Additional features included malar flatness and slightly posteriorly angulated low-set ears (Figure 1). Cyanosis was observed as bluish skin discoloration along with digital clubbing of both fingers (Figure 2A) and toes, in the absence of peripheral edema (Figure 2B). The abdomen was soft and non-tender, with no evidence of hepatomegaly.

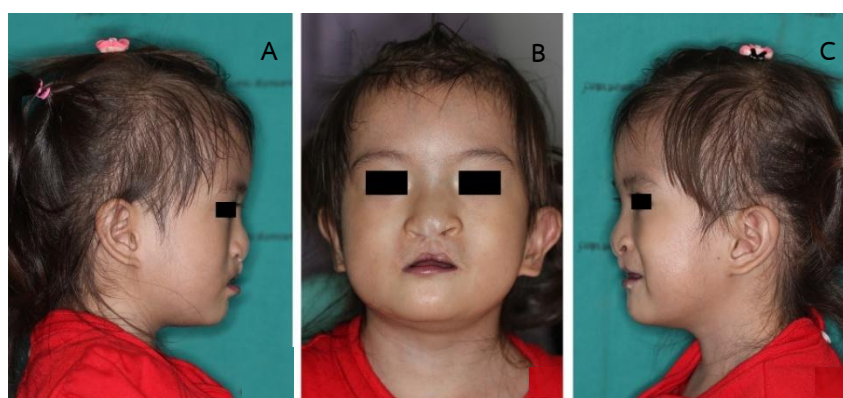


**Figure 1** Specific craniofacial dysmorphic features included asymmetric crying facies, arched eyebrows, hypoplastic brow ridges, short palpebral fissures, telecanthus, a fleshy nose with a mildly deviated bulbous nasal tip and hypoplastic alae nasi, microstomia, and thin lips with surgical scars from repaired cleft lip (B), as well as malar flatness and slightly posteriorly angulated low-set ears (A, C).



**Figure 2** Clubbing of the fingers (A) and toes (B), accompanied by bluish skin discoloration.

### Intraoral and radiographic findings

Intraoral examination revealed a repaired primary palate, with a remaining secondary cleft palate measuring approximately 10 mm in width and 20 mm in length. The patient exhibited poor oral hygiene, with generalized heavy plaque accumulation and moderate gingivitis. Congenital absence of the maxillary primary incisors and severe early childhood caries were noted. Due to the patient's uncooperative behavior, occlusion could not be assessed.

Multiple extensive carious lesions had destroyed the entire crowns of teeth 64, 71, 72, 73,

74, 81, 82, 83, and 84, leaving only retained roots. Pulpal involvement was identified in teeth 53, 55, 65, and 75, while caries extending to the dentin was observed in teeth 63 and 85 (Figure 3). A panoramic radiograph, obtained with difficulty, revealed a cleft palate along with congenital absence of the maxillary permanent incisors and all second premolars (Figure 4). Periapical radiographs taken under general anesthesia (GA) confirmed these findings and additionally demonstrated malformation of tooth 11 and agenesis of teeth 14, 24, and all second premolars (Figure 5).



**Figure 3** Intraoral appearance showing generalized plaque accumulation and a large palatal fistula (A), along with multiple severely carious maxillary (A) and mandibular teeth (B).

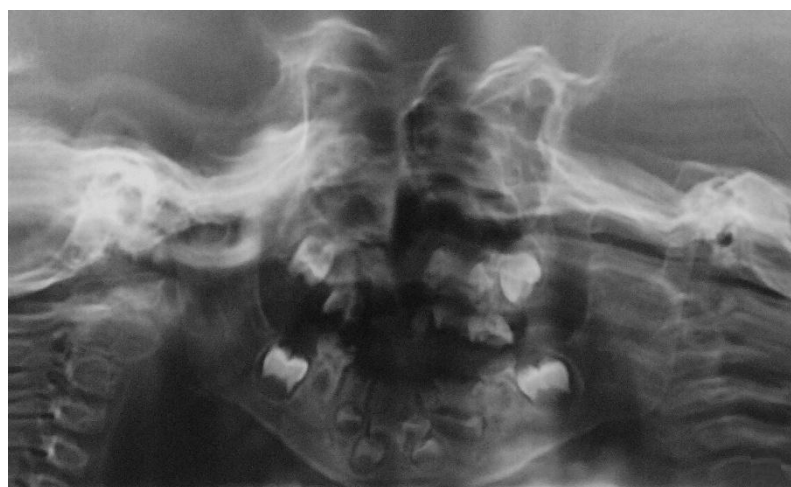


**Figure 4** Panoramic radiograph demonstrating multiple dental caries, congenital agenesis of several permanent teeth, and a visible cleft palate defect.

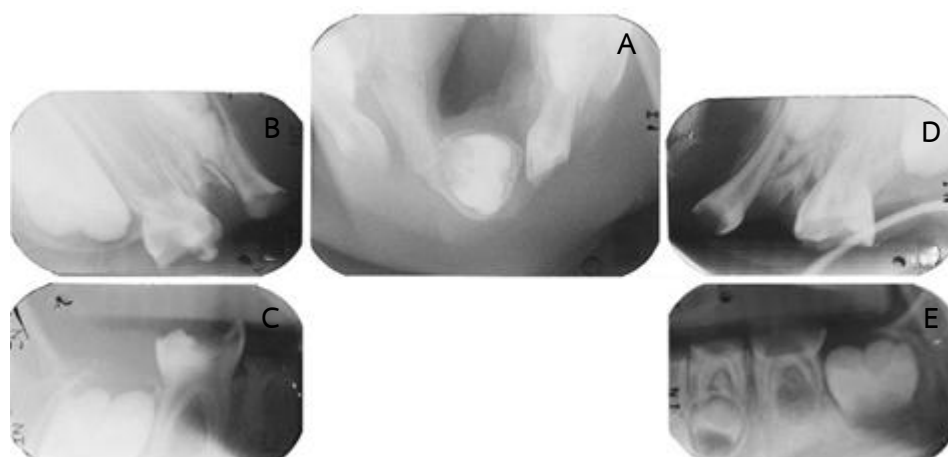


**Figure 5** Periapical radiographs revealing a cleft palate, a malformed permanent maxillary incisor (A), multiple severely decayed teeth (A–E), and the congenital absence of several anterior and posterior permanent teeth (A–E).

#### Anesthetic and dental management

After multidisciplinary discussion among a pediatric dentist, pediatrician, anesthesiologist, and the patient's parents, full oral rehabilitation under GA was planned due to concerns over multiple antibiotic prophylaxis, the patient's uncooperativeness, and the risk of hypoxic spells.

One day prior to the operation, the patient was admitted to the pediatric ward of Srinagarind Hospital for preoperative evaluation. The full blood count and coagulation profiles were within normal limits. For endocarditis prophylaxis, the patient received 10 ml of oral amoxicillin (250 mg/5 ml) 30 minutes prior to surgery, as prescribed by the ward pediatrician.

General anesthesia was induced via sevoflurane inhalation, followed by endotracheal intubation. A moist throat pack was placed, and the patient was prepared and draped using standard sterile technique. Dental procedures included intraoral photography, full-mouth periapical radiographs, dental prophylaxis, and placement of stainless steel crowns on teeth 63 and 85. The maximum allowable dose of 2% mepivacaine with

epinephrine 1:100,000 for this patient was calculated to be 40.48 mg (equivalent to 2.02 ml). However, only 1.8 ml was administered during the extraction of 13 severely decayed teeth, which were subsequently preserved for histological examination. Bleeding from the extraction sites—most of which were shallow—was adequately controlled with gauze pressure prior to throat pack removal. The patient was then extubated under the supervision of the anesthesiologist.

Postoperatively, the patient was closely monitored in the post-anesthesia care unit. Due to low oxygen saturation, full recovery of respiratory function and consciousness required approximately 4–5 hours. After recovery, the patient was transferred back to the ward. As prescribed by the pediatrician, postoperative medications included intravenous tranexamic acid (100 mg), Augmentin (300 mg) administered every 8 hours for 24 hours, and paracetamol syrup (120 mg) every 6 hours as needed. By that evening, the patient exhibited stable vital signs without fever, pain, or active bleeding, with only mild residual drowsiness.

Prior to discharge on the following day, the patient's mother was provided with comprehensive

home care instructions due to the child's extremely high risk of dental caries. These included mechanical plaque control, use of topical fluoride, and dietary counseling. The mother received hands-on training in brushing the patient's teeth using the scrub method with a pea-sized amount of fluoridated toothpaste (1,400–1,500 ppm) at least twice daily. Dietary counseling was provided to help avoid cariogenic foods, along with guidance to limit between-meal consumption of sugar-containing snacks or beverages to no more than 2–3 times per day. The importance of regular dental follow-up visits was also emphasized.

At the 3-month follow-up, the patient exhibited significant fear and anxiety. Due to persistent uncooperative behavior, protective stabilization by the mother was necessary to facilitate the clinical examination. All restorations remained intact; however, plaque accumulation was observed at the cervical margins of the stainless steel crowns, along with food debris in the oronasal fistula. The mother reported difficulty in brushing the patient's teeth due to behavior resistance and expressed concern about episodes of crying, which occasionally led to cyanosis. Despite these challenges, oral hygiene instructions and dietary advice were reinforced. The patient was scheduled for regular dental follow-up visits every 3 months.

According to dental histological analysis, ground sections of the extracted teeth could not be prepared as insufficient enamel remained due to the extensive crown destruction. However, decalcified sections of the left maxillary second primary molar, stained with hematoxylin and eosin, revealed normal findings (Figure 6).

In addition to dental issues, the patient continued to experience a combination of feeding difficulties, recurrent infections, and structural anomalies of the heart and palate, along with ongoing speech, learning, and developmental delays. These

multifactorial challenges necessitated coordinated care from multiple medical and dental specialties. The mother acknowledged the complexity of the condition and reported that the patient had been placed on a timely, structured schedule of follow-up appointments with various specialists to ensure regular monitoring, evaluation, and management of the associated conditions.

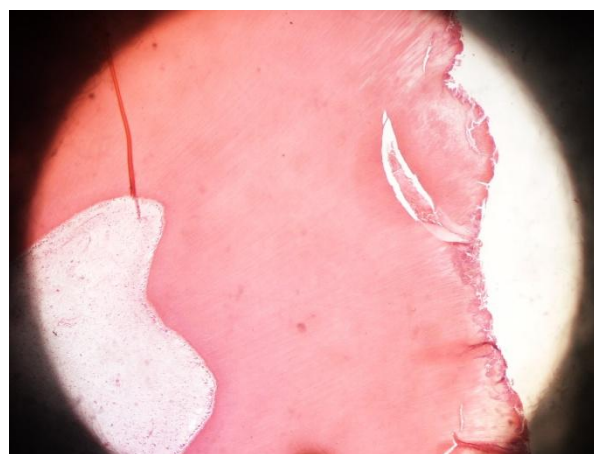


**Figure 6** Hematoxylin and eosin-stained section of a primary maxillary second molar demonstrating a normal pulp-dentine complex.

## Discussion

This patient exhibited hallmark features of 22q11.2 DS, including complex cyanotic congenital heart disease, craniofacial dysmorphism, bilateral complete cleft lip and palate, and anovestibular fistula. A history of multiple medical interventions and several acquired complications including prematurity, neonatal resuscitation, hypotonia, feeding and swallowing difficulties, hearing loss, hypernasal speech, global developmental delay, recurrent infections, and severe early childhood caries were also noted.

Compared to the general population, individuals with 22q11.2 DS face increased perioperative risks, including bleeding, atelectasis, seizures, and difficult intubation during general anesthesia.<sup>7</sup> Postoperative tachycardia following

multiple dental extractions in a 22q11.2 DS case has been reported.<sup>17</sup> Children with complex congenital heart disease undergoing non-cardiac surgery are at elevated risk of perioperative morbidity and mortality.<sup>18</sup> In this case, prolonged recovery after GA was likely due to low oxygen saturation. Appropriate-sized intubation equipment and meticulous perioperative and postoperative monitoring of ionized calcium, oxygen saturation, and heart rate are essential for such patients.<sup>7</sup>

Comprehensive dental management was successfully accomplished through collaboration among the family and multidisciplinary healthcare team. According to Bassett et al., dental evaluations in patients with 22q11.2 DS should begin between the ages of 1 and 5 years.<sup>7</sup> Despite early dental visits, this patient exhibited poor oral hygiene and severely decayed primary dentition. Several factors may have contributed to this outcome: enamel hypoplasia or hypomineralization—common in 22q11.2 DS—can elevate caries risk. Additionally, patients with this syndrome have been found to have reduced salivary flow and altered salivary composition, along with elevated levels of cariogenic bacteria.<sup>19</sup>

Feeding difficulties and limited caregiver ability to maintain oral hygiene due to the patient's complex medical conditions may have further exacerbated the situation. A high frequency of cariogenic food and medication intake, combined with inadequate oral hygiene, resulted in extensive caries and gingivitis. Moreover, children with congenital heart disease often exhibit higher caries prevalence and more untreated caries than their healthy peers.<sup>20-21</sup> Dental professionals must educate caregivers about the oral health implications and motivate them to maintain proper oral hygiene and regular dental care.

Although no histological abnormalities were observed in the primary teeth, this does not preclude future issues in the permanent dentition. Enamel

hypomineralization is reported to occur more frequently in permanent than in primary teeth, and its occurrence is not always correlated with systemic health issues.<sup>12</sup> Future treatment planning should consider enamel defects, dental malformations and agenesis, cleft-related issues, caries, gingival disease, and malocclusion—necessitating multidisciplinary care.

Dental behavior management challenges and inadequate parental home care significantly limited the success of oral health management in this patient. The patient's inability to cooperate—resulting from global developmental delay in conjunction with complex cyanotic congenital heart disease and severe early childhood caries—necessitated treatment under general anesthesia, which did not lead to improved behavioral outcomes. Continued inadequacies in parental home care may further increase the risk of recurrent dental caries and periodontal disease, potentially necessitating repeated interventions under general anesthesia and negatively affecting the patient's systemic health.

## Conclusion

Dental professionals must recognize that patients with 22q11.2 DS frequently present with complex systemic disorders, structural orofacial anomalies, and a high susceptibility to oral diseases. Preventive and therapeutic dental care should begin in early childhood and continue throughout life. Collaborative care involving specialists and supportive parental involvement is essential for achieving optimal oral health and overall well-being in affected individuals.

## Acknowledgment

The authors are sincerely grateful to Mr. Chaiwut Kansin at the Faculty of Dentistry, Khon Kaen University for his assistance in photographic preparation.

## Ethics

Before initiating treatment, the patient's parents were thoroughly informed about the treatment plan, procedures, potential risks, and expected benefits. They expressed their understanding and consented to proceed. The mother provided written informed consent for both the treatment and the use of the patient's records and photographs.

## Conflict of Interest

The authors have no conflicts of interest to report.

## Funding

None

## References

- McDonald-McGinn DM. 22q11.2 deletion syndrome: a tiny piece leading to a big picture. *Am J Med Genet A*. 2018;176(10):2055-7.
- McDonald-McGinn DM, Sullivan KE, Marino B, Philip N, Swillen A, Vorstman JA, et al. 22q11.2 deletion syndrome. *Nat Rev Dis Primers*. 2015;1:15071.
- Swillen A, Vogels A, Devriendt K, Fryns JP. Chromosome 22q11 deletion syndrome: update and review of the clinical features, cognitive-behavioral spectrum, and psychiatric complications. *Semin Med Genet*. 2000;97(2):128-35.
- McDonald-McGinn DM, Kirchner RE, Goldmuntz E, Sullivan K, Eicher P, Gerdes M, et al. The Philadelphia story: the 22q11.2 deletion: report on 250 patients. *Genet Couns*. 1999;10(1):11-24.
- McDonald-McGinn DM, Hain HS, Emanuel BS, Zackai EH. 22q11.2 Deletion Syndrome. 1999 Sep 23 [Updated 2025 May 8]. In: Adam MP, Feldman J, Mirzaa GM, et al., editors. *GeneReviews®* [Internet]. Seattle (WA): University of Washington, Seattle; 1993-2025. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK1523/>
- O'Connor C. Fluorescence in situ hybridization (FISH). *Nat Educ*. 2008;1(1):171.
- Bassett AS, McDonald-McGinn DM, Devriendt K, Digilio MC, Goldenberg P, Habel A, et al. Practical guidelines for managing patients with 22q11.2 deletion syndrome. *J Pediatr*. 2011;159(2):332-9.
- Klinberg G, Oskarsdóttir S, Johannesson EL, Norén JG. Oral manifestations in 22q11 deletion syndrome. *Int J Paediatr Dent*. 2002;12(1):14-23.
- Batzir NA, Shohat M, Maya I. Chromosomal microarray analysis (CMA) a clinical diagnostic tool in the prenatal and postnatal settings. *Pediatr Endocrinol Rev*. 2015;13(1):448-54.
- Schouten JP, McElgunn CJ, Waaijer R, Zwiijnenburg D, Diepvens F, Pals G. Relative quantification of 40 nucleic acid sequences by multiplex ligation-dependent probe amplification. *Nucleic Acids Res*. 2002;30(12):e57.
- Heliövaara A, Rantanen I, Arte S. Dental development and tooth agenesis in children with velocardiofacial syndrome. *Int J Paediatr Dent*. 2011;21(6):446-50.
- Nordgarden H, Lima K, Skogedal N, Folling I, Storhaug K, Abrahamsen TG, et al. Dental developmental disturbances in 50 individuals with the 22q11.2 deletion syndrome; relation to medical conditions? *Acta Odontol Scand*. 2012;70(3):194-201.
- Lewyllie A, Roosenboom J, Indencleef K, Claes P, Swillen A, Devriendt K, et al. A comprehensive craniofacial study of 22q11.2 deletion syndrome. *J Dent Res*. 2017;96(12):1386-91.
- Klingberg G, Dietz W, Oskarsdóttir S, Odelius H, Glander L, Norén JG. Morphological appearance and chemical composition of enamel in primary teeth from patients with 22q11 deletion syndrome. *Eur J Oral Sci*. 2005;113(4):303-11.
- Fukui N, Amano A, Akiyama S, Daikoku H, Wakisaka S, Morisaki I. Oral findings in DiGeorge syndrome: clinical features and histologic study of primary teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2000;89(2):208-15.

16. Wong DH, Rajan S, Hallett KB, Manton DJ. Medical and dental characteristics of children with chromosome 22q11.2 deletion syndrome at the Royal Children's Hospital, Melbourne. *Int J Paediatr Dent*. 2021;31(6):682-90.
17. Passariello M, Perkins R. Unexpected postoperative tachycardia in a patient with 22q11 deletion syndrome after multiple dental extractions. *Paediatr Anaesth*. 2005;15(12):1145-6.
18. White MC, Peyton JM. Anaesthetic management of children with congenital heart disease for non-cardiac surgery. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain*. 2012;12(1):17-22.
19. Klingberg G, Lingström P, Oskarsdóttir S, Friman V, Bohman E, Carlén A. Caries-related saliva properties in individuals with 22q11 deletion syndrome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007;103(4):497-504.
20. da Fonseca MA, Evans M, Teske D, Thikkurissy S, Amini H. The impact of oral health on the quality of life of young patients with congenital cardiac disease. *Cardiol Young*. 2009;19(3):252-6.
21. Stecksén-Blicks C, Rydberg A, Nyman L, Asplund S, Svanberg C. Dental caries experience in children with congenital heart disease: a case-control study. *Int J Paediatr Dent*. 2004;14(2):94-100.

### **Corresponding author:**

*Jinda Lertsirivorakul*

*Faculty of Dentistry, Bangkokthonburi University,  
Bangkok 10170*

*Tel. : +66 2 800 6800 #2013*

*E-mail : jinda.ler@bkkthon.ac.th*



## ลักษณะทางคลินิกและการจัดการทางทันตกรรม ในผู้ป่วยเด็กที่เป็นกลุ่มอาการการขาดหายของแขนข้างยาว ของโครโมโซม 22 ที่ตำแหน่ง 11.2: รายงานผู้ป่วย

จินดา เลิศศิริวรกุล <sup>1,\*</sup> ดวงหทัย เอี่ยมวิถีนิช <sup>2</sup> กุณฑล วิชาจารย์ <sup>3</sup> อชิรุธร สุพรรณเภสัช <sup>4</sup>

รายงานผู้ป่วย

### บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** รายงานนี้มีจุดประสงค์เพื่อบรรยายลักษณะของช่องปากไบโหน้าและฟัน ตลอดจนการจัดการทางทันตกรรมพร้อมมูลภายใต้การ  
ดมยาสลบในเด็กคนหนึ่งที่ได้รับการวินิจฉัยเป็น 22q11.2 DS

**รายงานผู้ป่วย:** เด็กอายุ 4 ปีมาพบแพทย์ด้วยความผิดปกติแต่กำเนิดหลายชนิด รวมถึงโรคหัวใจพิการ แต่กำเนิดชนิดเขียวที่ซับซ้อน ความผิดปกติ  
ของกะโหลกศีรษะและใบหน้า ภาวะปากแหว่งเพดานโหว่ชนิดสมบูรณ์ทั้งสองข้าง และมีรูทวารแฝงในช่องคลอด ผู้ป่วยยังมีภาวะกล้ามเนื้ออ่อน  
แรง ปัญหาการให้อาหารและการกลืน สูญเสียการได้ยิน พุดเสียงขึ้นจมูกเกินปกติ และมีพัฒนาการโดยรวมล่าช้า ผู้ป่วยเคยได้รับการผ่าตัดใหญ่  
หลายครั้ง อันเป็นส่วนหนึ่งของการดูแลแบบสหสาขาวิชาชีพ การตรวจทางคลินิกและภาพรังสีพบฟันจำนวนมากจัดเป็นโรคฟันผุปฐมวัยขั้นรุนแรง  
ตลอดจนความผิดปกติของรูปร่างฟันและภาวะฟันหายของฟันแท้ที่กำลังสร้างหลายซี่ เนื่องจากผู้ป่วยมีความสามารถในการร่วมมือจำกัด มีโรคร่วม  
ทางการแพทย์ที่สำคัญ และต้องการการรักษาทางทันตกรรมอย่างกว้างขวาง จึงได้รับการรักษาทันตกรรมพร้อมมูลภายใต้การดมยาสลบ ซึ่ง  
ดำเนินการสำเร็จลุล่วง แม้ว่าการฟื้นตัวหลังผ่าตัดจะใช้เวลานาน ผู้ป่วยได้รับการนัดหมายเพื่อติดตามด้านทันตกรรมและการแพทย์อย่างสม่ำเสมอ  
เพื่อให้การดูแลป้องกัน การเฝ้าติดตาม และการจัดการในระยะยาวอย่างต่อเนื่อง

**บทสรุป:** ผู้ป่วย 22q11.2 DS มักจะมีปัญหาทางการแพทย์มากมายแฝงอยู่ และมีความเสี่ยงสูงต่อความผิดปกติของช่องปากและใบหน้า รวมถึงโรค  
ช่องปากต่าง ๆ การดูแลทางทันตกรรมควรเริ่มตั้งแต่วัยเยาว์และดำเนินต่อไปตลอดชีวิตของผู้ป่วย การจัดการที่ประสบความสำเร็จต้องการการทำงาน  
ร่วมกันระหว่างแพทย์และทันตแพทย์เฉพาะทางโดยการสนับสนุนจากผู้ดูแลที่มีข้อมูลและส่วนร่วม เพื่อให้ได้สุขภาพช่องปากที่เหมาะสมที่สุดและ  
ยกระดับคุณภาพชีวิตโดยรวมของผู้ป่วยเหล่านี้

**คำไชรหัส:** กลุ่มอาการการขาดหายของแขนข้างยาวของโครโมโซม 22 ที่ตำแหน่ง 11.2/ กลุ่มอาการดัจอร์จ/ กลุ่มอาการเวโลคาร์ดิโอเฟเซียล/  
เพดานโหว่/ เตตราโลจีออฟาลโลต์

### ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

จินดา เลิศศิริวรกุล

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานครบุรี

กรุงเทพฯ 10170

โทรศัพท์ : 02 800 6800 #2013

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : jinda.ler@bkkthon.ac.th

<sup>1</sup> คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานครบุรี

<sup>2</sup> แผนกทันตกรรม โรงพยาบาลบ้านฉาง จังหวัดระยอง

<sup>3</sup> หน่วยเวชพันธุศาสตร์ ภาควิชากุมารเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<sup>4</sup> สาขาวิชาชีวเวชศาสตร์ช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\* ผู้ประพันธ์บรรณกิจ



# Comparison of Final Shade Outcomes of High-Translucent Monolithic Zirconia Crowns on Anodized and Non-Anodized Titanium Abutment Backgrounds

Nattapong Sirintawat <sup>1</sup> Parinya Amornsettachai <sup>2</sup> Sirichai Kiattavorncharoen <sup>1</sup> Nutchanok Khumanun <sup>3,\*</sup>

## Research Article

### Abstract

**Objectives:** To evaluate the effects of two different abutment backgrounds: non-anodized and gold-colored anodized titanium abutments, and the application of opaque coloring liquids on the color outcomes of high-translucent monolithic zirconia crowns.

**Materials and Methods:** Forty crown-abutment samples were fabricated using CAD-CAM technology and divided into four groups (n=10 per group): non-anodized titanium (TI) and gold-colored anodized titanium (G) abutments, each combined with zirconia crowns either with opaque liners (OP) or without opaque liners (NO). Color measurements were performed using a spectrophotometer (SpectroShade™ Micro II) to determine the CIELab values of the specimens. The CIEDE2000 formula was applied to calculate color differences ( $\Delta E_{00}$ ) between each specimen and the zirconia crown on a PMMA abutment (control). The  $\Delta E_{00}$  values were further compared against the 50:50% acceptability thresholds for dentists ( $\Delta E_{00} < 2.41$ ) and patients ( $\Delta E_{00} < 2.83$ ). The  $\Delta E_{00}$  data were analyzed using one-way ANOVA followed by Tukey's post hoc test, with statistical significance set at  $p < 0.05$ .

**Results:** Crowns with opaque liners (G+OP and TI+OP) showed significantly lower  $\Delta E_{00}$  values, achieving patients' acceptable thresholds ( $\Delta E_{00} < 2.83$ ), compared to crowns without liners (G+NO and TI+NO) ( $p < 0.05$ ). No significant differences were found between the G+OP and TI+OP groups or between the G+NO and TI+NO groups.

**Conclusions:** The study concludes that applying opaque coloring liquids effectively masked the grayish color of titanium abutments and improved esthetic outcomes, while gold anodization alone provided limited color improvement. Clinicians are encouraged to incorporate opaque liners for optimal color outcomes in implant-supported zirconia restorations. Further research is recommended to explore long-term performance and alternative techniques.

**Keywords:** Color/ Zirconia/ Titanium/ Dental implant/ Crowns

**Received:** Feb 20, 2025

**Revised:** Dec 14, 2025

**Accepted:** Jan 26, 2026

<sup>1</sup> Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Mahidol University.

<sup>2</sup> Thai Board of Advanced General Dentistry, Bangkaew Smile Dental Clinic, Samut Prakan.

<sup>3</sup> Master's degree student, Program in Implant Dentistry, Faculty of Dentistry, Mahidol University.

\* Corresponding author

## Introduction

Dental implants have established themselves as a reliable treatment modality for restoring partial and complete edentulism, providing considerable functional, phonetic, and esthetic benefits for patients. Nevertheless, achieving a harmonious aesthetic outcome in the anterior region presents notable challenges, particularly when the color of the final restoration must seamlessly integrate with the surrounding dentition.<sup>1</sup> To address these challenges, several factors warrant attention, including implant positioning, angulation, the configuration of components, and the materials utilized in fabricating fixed dental prostheses (FDP).<sup>2</sup>

Titanium (Ti) abutments, while considered the gold standard in implant restorations, pose esthetic limitations when placed in the anterior maxilla, especially when paired with highly translucent ceramic restorations, such as lithium disilicate. In cases involving thin gingival biotypes or a prominent smile line, the metallic hue of titanium may appear through the gingiva, thereby compromising the esthetic integrity of the restoration and peri-implant soft tissues.<sup>3</sup> To mitigate this issue, various innovative approaches have been developed.

One such approach is the application of a gold-colored coating, commonly titanium nitride, to the zirconia coping, effectively masking the underlying gray hue of the titanium abutment. Studies suggest that this method enhances the esthetic outcome by reducing the perceptible color discrepancy in comparison to traditional Ti abutments with zirconia copings.<sup>4</sup> Nonetheless, some concerns exist regarding the allergenic potential associated with this coating material.<sup>5</sup>

The emergence of dense sintered zirconia (Zir) abutments marks another significant advancement, particularly for anterior applications.

Recent research indicates that zirconia abutments offer esthetic advantages over titanium, reflected in improved pink esthetic scores and favorable spectrophotometric outcomes.<sup>4</sup> Despite these benefits, zirconia abutments are associated with potential drawbacks, including abrasiveness toward the titanium implant's internal hexagon and susceptibility to fractures at the abutment neck.<sup>6</sup> To address these issues, hybrid abutments—comprising zirconia cemented onto titanium bases (Ti-base)—have been introduced. Although promising, long-term evidence on the retention of Ti-base and zirconia abutments remains limited.<sup>7,8</sup>

A further development in implant dentistry is the anodic oxidation of titanium, an electrochemical technique introduced in the 1950s that creates ceramic TiO<sub>2</sub> layers, commonly referred to as anodization.<sup>9</sup> This modification not only conceals the gray color of titanium but also enables the creation of oxide films of varying thickness, producing different hues through light interference within the titanium dioxide layer.<sup>10,11</sup> Originally employed for component identification, anodized titanium in gold and pink shades has shown particular esthetic benefits, with studies demonstrating enhanced peri-implant soft tissue esthetics compared to non-anodized abutments.<sup>12,13</sup> Despite the potential of anodized abutments, literature evaluating their impact on the color of zirconia restorations remains sparse and often inconsistent due to variations in ceramic materials, abutment substrates, luting agents, and color measurement methodologies. In light of these gaps, the current study aims to assess the influence of anodized titanium abutments and the application of zirconia coloring liquid on the inner surfaces of high-translucency monolithic zirconia restorations.

## Materials and Methods

This pilot study was conducted as an *in vitro* experimental design comprising four experimental groups, with a total of 40 specimens ( $n = 10$  per group). Due to the lack of comparable studies in the literature, an a priori sample size calculation was not feasible. However, based on the results from the pilot data, the effect size was calculated as Cohen's  $f = 10.92$ . A post hoc sample size analysis was then performed using G\*Power (version 3.1.9.7), with an alpha level of 0.05 and a power of 0.80. The calculated minimum sample size required was 8

specimens, confirming that the sample size used in this study ( $n = 10$  per group) was adequate.

**Sample preparation:** A maxillary central incisor implant replica (Implant analog Ø4.5, Dentium SuperLine® & Implantium®) was placed in position #11 on a dentoform model (Ultistratum® Flexible Resin, Zirkonzahn). A scanning body (Scanning jig Ø4.5, Dentium SuperLine® & Implantium®) was inserted and scanned using a dental lab 3D scanner (S600 Arti Scanner, Zirkonzahn). The abutment and crown designs were created simultaneously in CAD software (Zirkonzahn Modellier) to maintain uniform crown thickness (Figures 1, 2).

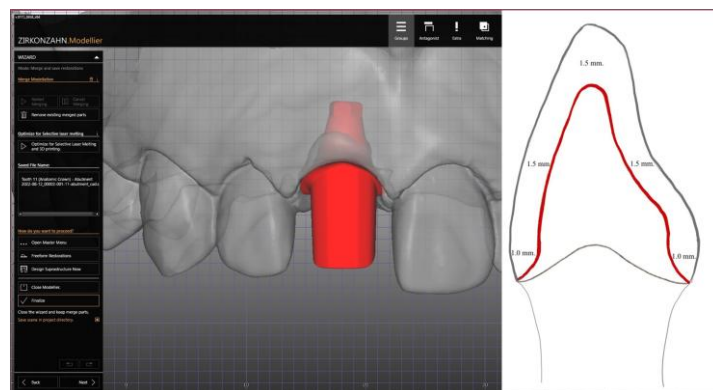


**Figure 1** The design abutment on dental system software (Zirkonzahn Modellier)

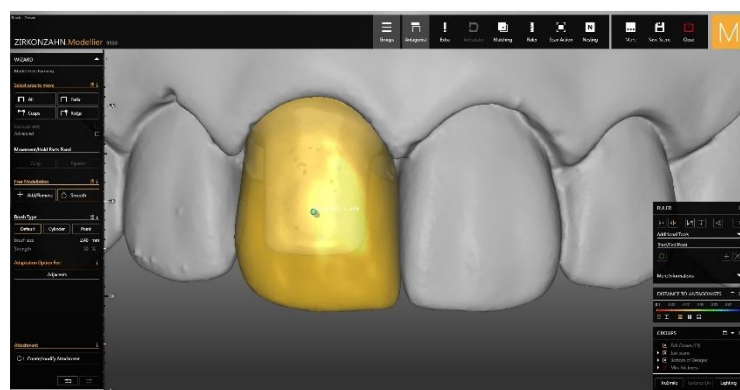


**Figure 2** The design crown on dental system software (Zirkonzahn Modellier)

Custom implant abutments were fabricated using a CAD/CAM milling machine (Zirkonzahn M4) with a titanium blank disc (TITAN 5, Zirkonzahn), while the control abutment was produced from shade A3 polymethyl methacrylate (PMMA, Ultistratumu® Flexible Resin). High-translucency zirconia blocks (Prettau® 3 Dispersive®, ZirkonZahn System 95 mm) in shade A3 were used to create two crown groups: non-opaque liner crowns (NO) and opaque liner crowns (OP), both 1.5 mm thick at the facial surface's mid-third, with a 0.01 mm cement space set in the CAD software. All crowns were fabricated as per manufacturer instructions. The opaque-liner group's inner surface was coated with one uniform brush layer of Luxen CL dental liquid (white) before sintering (Figure 3). Forty implant abutments were customized into two backgrounds: 20 non-anodized titanium abutments (Ti) and 20 gold-anodized titanium abutments (G), fabricated per manufacturer guidelines (Figure 4).

**Calibration and color measurement:** A trained examiner performed color measurements with a spectrophotometer (SpectroShade™ Micro II MHT, Verona, Italy), calibrated before each use according to manufacturer instructions and operated in Vita Classic mode. A non-opaque liner zirconia crown on a shade A3 PMMA control abutment served as the reference restoration (control group). Experimental setups included two types of abutments (gold-anodized and non-anodized titanium) and two zirconia crown types (opaque and non-opaque lining). The crowns were fixed to the abutments with clear try-in paste (PANAVIA V5, Kuraray) to simulate resin cement appearance, then immediately measured with a spectrophotometer. The intersection of the horizontal and vertical lines at the middle third of the adjacent teeth and the midpoint of the cervical gingiva was marked as the color measuring point for precise and repeatable measurements (Figure 5).

Following calibration, the spectrophotometer was positioned centrally at a 90° angle on each sample's reference point. Using the device's tooth positioning guidance, the sample was centered in the frame, with a cross confirming optimal positioning for measurement. The image of the tooth was captured when the line of a cross turned green, ensuring consistent angle and positioning across samples. All 40 samples and the control group were measured against a matte black background in controlled environmental conditions.

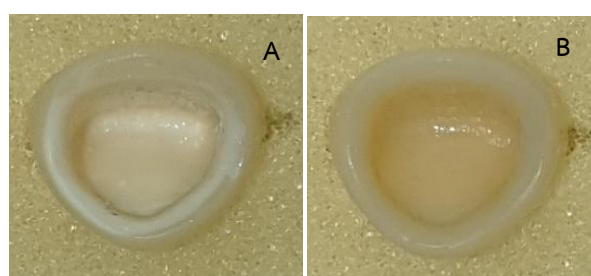


**Figure 3** Monolithic zirconia crown; (A) with opaque liner and (B) without opaque liner

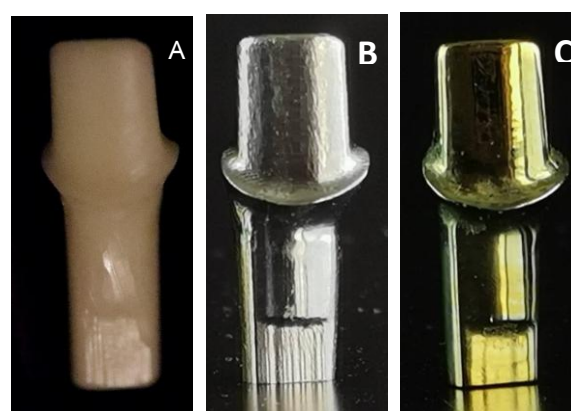


**Figure 4** Customized abutment (A) control (B) titanium and (C) gold anodized

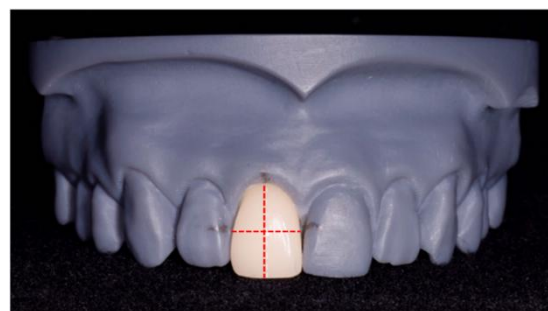


**Figure 5** The dentofom model with color measuring point.

The color comparison process using the SpectroShade™ device and its Compare Tool software is illustrated (Figure 6). The software's synchronization function was utilized to overlay the sample and control crown images, ensuring alignment of the measurement areas for accurate visual and numerical comparison. A square-shaped measurement cursor with a standardized size of 30 units was applied. The Synchronous Measurement feature allowed simultaneous cursor positioning on both images—when placed on a color measuring point in the control image, the software automatically mirrored the cursor in the same position on the sample image.

Color values were recorded in the CIELab color space, providing coordinates for lightness ( $L^*$ ), red-green chromaticity ( $a^*$ ), and yellow-blue chromaticity ( $b^*$ ). The baseline color coordinates of the control group ( $L_0$ ,  $a_0$ ,  $b_0$ ) were compared to those of the experimental groups to calculate the color differences:  $\Delta L = L_1 - L_0$ ,  $\Delta a = a_1 - a_0$ , and  $\Delta b = b_1 - b_0$ . The overall color difference ( $\Delta E_{ab}^*$ ) was automatically computed by the software using the CIELab formula:  $\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ .

Additionally, the color difference using the CIEDE2000 ( $\Delta E_{00}$ ) formula was calculated using the following equation:  $\Delta E_{00} = \{[\Delta L'/(k_L S_L)]^2 + [\Delta C'/(k_C S_C)]^2 + [\Delta H'/(k_H S_H)]^2 + R_T[(\Delta C'/k_C S_C) \times (\Delta H'/(k_H S_H))]^{1/2}\}^{1/2}$ . In this formula,  $\Delta L'$ ,  $\Delta C'$ , and  $\Delta H'$  represent the differences in lightness, chroma, and hue, respectively. The parametric factors  $k_L$ ,  $k_C$ , and  $k_H$  were set to 1 in this study to adjust for experimental conditions. The weighting functions  $S_L$ ,  $S_C$ , and  $S_H$  serve to correct for variation in the location of the color difference pairs within the  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  coordinates. Additionally,  $R_T$  is a rotation function that accounts for the interaction between chroma and hue differences, particularly in the blue region.<sup>14</sup>

Mean  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , and  $\Delta E_{00}$  values for each group were statistically compared to the control group.  $\Delta E_{00}$  values were further judged against recently reported 50:50 % acceptability thresholds for dentists (2.41) and patients (2.83).<sup>15</sup> The materials and equipment used in this experiment are summarized (Table 1), and the specimen grouping and color measurement protocol is illustrated in the flowchart (Figure 7).

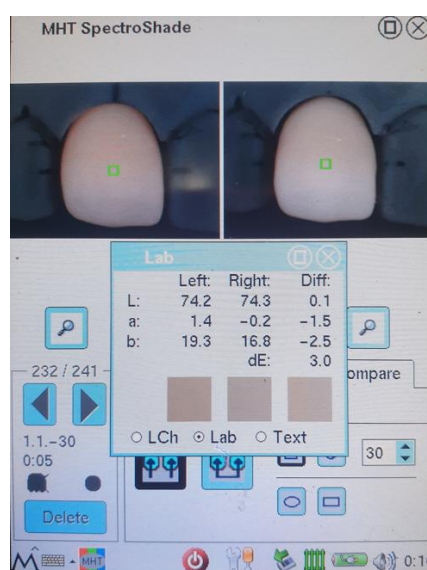
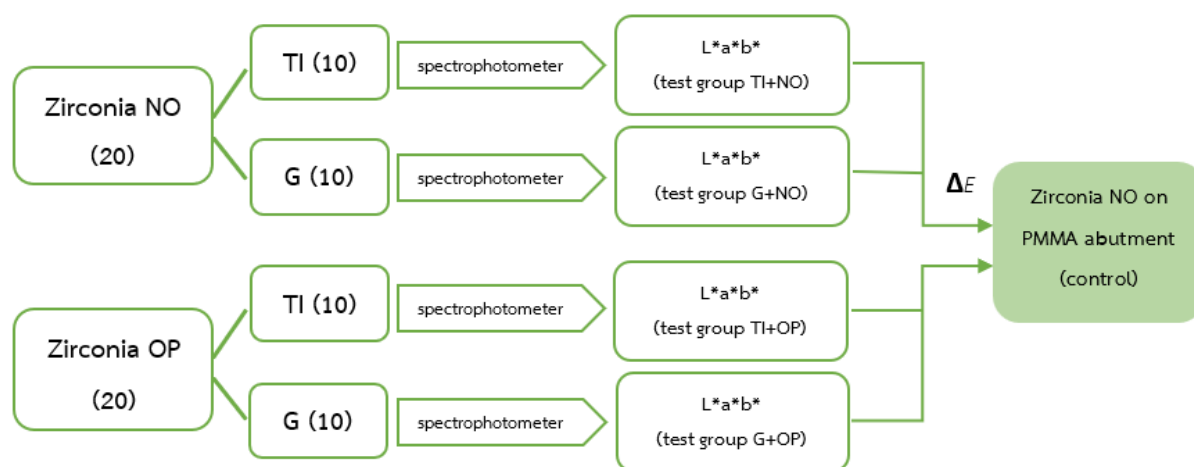


Figure 6 The compare tool integrated with the SpectroShade device

**Table 1** The summary of materials and equipment used in this study

| Type                                      | Brand                                        | Composition                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Monolithic zirconia                       | Prettau® 3 Dispersive®, Zirkonzahn           | ZrO <sub>2</sub> main component<br>Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> max. 12%<br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> max 1%<br>SiO <sub>2</sub> max.0.02%<br>Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> max. 0.01% |
| Coloring liquid zirconia in white color   | Luxen CL dental liquid, DENTALMAX Co.,Ltd    | Water based porcelain powder with inorganic pigment                                                                                                                                           |
| dentoform model                           | Ultistratum® Flexible resin, Zirkonzahn      | polymethyl methacrylate in grey shade                                                                                                                                                         |
| PMMA milled abutment                      | Ultistratum® Flexible resin, Zirkonzahn      | polymethyl methacrylate in shade A3                                                                                                                                                           |
| Titanium blank disc                       | Titan 5 Zirkonzahn                           | 90% titanium, 6% aluminum, 4% vanadium (Ti-6Al-4V)                                                                                                                                            |
| Implant analog Ø4.5                       | Dentium SuperLine® & Implantium®             |                                                                                                                                                                                               |
| Scanning jig for customized abutment Ø4.5 | Dentium SuperLine® & Implantium®             |                                                                                                                                                                                               |
| Clear try-in paste                        | PANAVIA V5 Try-in Paste, Kuraray             |                                                                                                                                                                                               |
| Spectrophotometer                         | SpectroShade™ Micro II, MHT; Verona, Italy   |                                                                                                                                                                                               |
| Dental lab 3D lab scanner                 | S600 Arti Scanner, Zirkonzahn                |                                                                                                                                                                                               |
| CAD/CAM milling machine                   | Zirkonzahn M4 and M5 CAD/CAM Milling Machine |                                                                                                                                                                                               |

**Figure 7** Flowchart of Specimen Grouping and Color Measurement Protocol

**Statistical Analysis:** All statistical analyses were performed using IBM SPSS Statistics version 26.0. Descriptive statistics—including mean, standard deviation, minimum, and maximum values—were calculated for the CIELab parameters ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) and  $\Delta E_{00}$  across the study groups. The normality of data distribution was assessed using the Shapiro–Wilk test.

Since the CIELab values did not meet the assumptions of normality or homogeneity of variance, non-parametric tests were applied. The Kruskal–Wallis test was used to compare  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  values among groups, followed by pairwise comparisons using the Dunn–Bonferroni correction when significant differences were identified. In contrast,  $\Delta E_{00}$  values

were normally distributed, as confirmed by the Kolmogorov–Smirnov test ( $p>0.05$ ). Therefore, a one-way ANOVA was used to assess differences in  $\Delta E_{00}$  among the groups, followed by Tukey's post hoc test for pairwise comparisons. A significance level of  $p<0.05$  was used for all statistical tests.

## Results

### Color Measurement ( $L^*$ , $a^*$ , and $b^*$ Values):

In this study, the control group is PMMA abutment with non-opaque liner zirconia crown and the 4-study groups are 1. Gold anodized abutment with Opaque liner zirconia crown (G+OP) 2. Titanium abutment with Opaque liner zirconia crown (TI+OP) 3. Gold anodized abutment with non-opaque liner zirconia crown (G+NO) and 4. Titanium abutment with non-opaque liner zirconia crown (TI+NO).

**$L^*$  Values:** The statistical analysis of the lightness ( $L$ ) values, representing the lightness, darkness, and luminosity, is presented (Figure 8 and Table 2). The analysis revealed varying degrees of  $L^*$  values across the four study groups. A significant difference ( $p<0.05$ ) was observed in the  $L^*$  values when

comparing the TI+NO group with both the TI+OP and G+OP groups. Similarly, significant differences were found between the G+NO group and the TI+OP and G+OP groups (Table 3). Notably, the  $L^*$  values of all study groups with opaque liner zirconia crowns were closer to the  $L^*$  value of the control group, indicating a closer match in lightness between the crowns with opaque liners and the control restoration.

**$a^*$  Values:** The statistical analysis of the red-green color component ( $a^*$  value) is presented (Figure 9 and Table 2). The control group exhibited a positive  $a^*$  value, indicating the presence of red components, whereas all study groups displayed negative  $a^*$  values, reflecting a shift toward green components. The  $a^*$  value was significantly higher ( $p<0.05$ ) in the G+OP group compared to the TI+NO and G+NO groups, indicating less greenness in the crowns with gold anodized titanium abutments and opaque liners. No significant differences were found between the other study groups, suggesting a consistent presence of green components across these groups. (Table 3)

**Table 2** The summary of statistical values for each group

| Group(n)   | Statistical values | CIE values |       |       | Color difference  |                 |
|------------|--------------------|------------|-------|-------|-------------------|-----------------|
|            |                    | $L^*$      | $a^*$ | $b^*$ | $\Delta E^*_{ab}$ | $\Delta E_{00}$ |
| Control    | Mean               | 74.20      | 1.40  | 19.30 |                   |                 |
| G+OP (10)  | Mean               | 75.34      | -0.25 | 16.74 | 3.39              | 2.55            |
|            | Minimum            | 74.50      | -0.40 | 16.00 | 3.10              | 2.37            |
|            | Maximum            | 77.00      | 0     | 18.70 | 3.80              | 2.88            |
|            | Std. Deviation     | 0.67       | 0.14  | 0.72  | 0.19              | 0.15            |
|            |                    |            |       |       |                   |                 |
| TI+OP (10) | Mean               | 74.73      | -0.45 | 18.10 | 2.94              | 2.58            |
|            | Minimum            | 70.50      | -0.70 | 16.80 | 1.90              | 2.06            |
|            | Maximum            | 76.20      | -0.20 | 20.20 | 4.00              | 3.31            |
|            | Std. Deviation     | 1.73       | 0.17  | 1.16  | 0.67              | 0.41            |
| G+NO (10)  | Mean               | 70.12      | -0.66 | 15.28 | 6.11              | 4.55            |
|            | Minimum            | 68.80      | -1.50 | 14.30 | 5.00              | 3.58            |
|            | Maximum            | 70.90      | 0     | 16.80 | 7.50              | 5.39            |
|            | Std. Deviation     | 0.60       | 0.48  | 0.77  | 0.73              | 0.48            |
| TI+NO (10) | Mean               | 69.73      | -0.57 | 14.15 | 7.10              | 5.05            |
|            | Minimum            | 68.70      | -1.10 | 13.80 | 6.00              | 4.39            |
|            | Maximum            | 70.80      | -0.20 | 14.70 | 7.70              | 5.83            |
|            | Std. Deviation     | 0.76       | 0.23  | 0.31  | 0.61              | 0.46            |

**Table 3** Pairwise Comparisons of L, a, b, and  $\Delta E_{00}$  Values Among Study Groups ( $p < 0.05$ )

| Compared groups | p-value |       |       |                 |
|-----------------|---------|-------|-------|-----------------|
|                 | L*      | a*    | b*    | $\Delta E_{00}$ |
| TI+NO - G+NO    | 1.000   | 1.000 | 0.432 | 0.036           |
| TI+NO - G+OP    | 0.000   | 0.008 | 0.001 | 0.000           |
| TI+NO - TI+OP   | 0.001   | 1.000 | 0.000 | 0.000           |
| G+NO - G+OP     | 0.002   | 0.029 | 0.372 | 0.000           |
| G+NO - TI+OP    | 0.008   | 1.000 | 0.002 | 0.000           |
| G+OP - TI+OP    | 1.000   | 0.179 | 0.450 | 0.999           |

The Kruskal–Wallis test was used to compare L\*, a\*, and b\* values among groups, followed by pairwise comparisons using the Dunn–Bonferroni correction. Adjusted p-values for L\*, a\*, and b\* are reported to account for multiple comparisons.  $\Delta E_{00}$  values were analyzed using one-way ANOVA followed by Tukey’s Honestly Significant Difference (HSD) test. Statistical significance was set at  $\alpha = 0.05$ .

**b\* values:** The statistical analysis of the yellow-blue color component (b\* values) is presented (Figure 10 and Table 2). All study groups, including the control group, exhibited positive b\* values, indicating the presence of yellow components. The b\* value was significantly lower ( $p < 0.05$ ) in the TI+NO group compared to the G+OP and TI+OP groups, suggesting a reduced yellow intensity in the crowns with titanium abutments and no opaque liner. Additionally, the b\* value of the G+NO group was significantly lower than that of the TI+OP group, underscoring the effect of the opaque liner in enhancing the yellow coloration when compared to crowns without the liner. There were no statistically significant differences in b\* values between the following groups: TI+NO and G+NO, G+NO and G+OP, and G+OP and TI+OP. (Table 3) These findings suggest that while the opaque liner and abutment type influence the yellow intensity, not all group comparisons displayed significant changes, indicating the specific conditions under which the liner and abutment materials affect the yellow-blue coloration.

**The color differentiation ( $\Delta E_{00}$ ):** The distribution of  $\Delta E$  values across the four groups is illustrated (Figure 11). Both G+OP and TI+OP groups exhibited the lowest median color differences, approximately 2.5, with relatively narrow interquartile ranges. Table 2 presents the mean and standard deviation of the CIE L\*, a\*, and b\* values, along with the color difference ( $\Delta E_{00}$ ), medians, and p-values for the four groups. The  $\Delta E_{00}$  data were analyzed using descriptive statistics, while inferential analysis was performed using one-way ANOVA followed by Tukey’s post hoc test, with statistical significance set at  $p < 0.05$  (95% confidence interval). The mean  $\Delta E_{00}$  values for the TI+NO, G+NO, TI+OP, and G+OP groups were 5.05, 4.55, 2.58, and 2.55, respectively, with the lowest  $\Delta E_{00}$  value observed in the G+OP group. One-way ANOVA showed significant differences among groups ( $p < 0.001$ ). When judged against the current 50:50% acceptability limits (2.41 dentists, 2.83 patients), only the opaque-lined groups fell within patient tolerance. Tukey’s HSD indicated that both G+NO and TI+NO had significantly higher  $\Delta E_{00}$  values than TI+OP and G+OP ( $p < 0.001$ ), while no significant difference was detected between TI+OP and G+OP ( $p = 0.999$ ) or between G+NO and TI+NO ( $p = 0.036$ ) (Table 3).

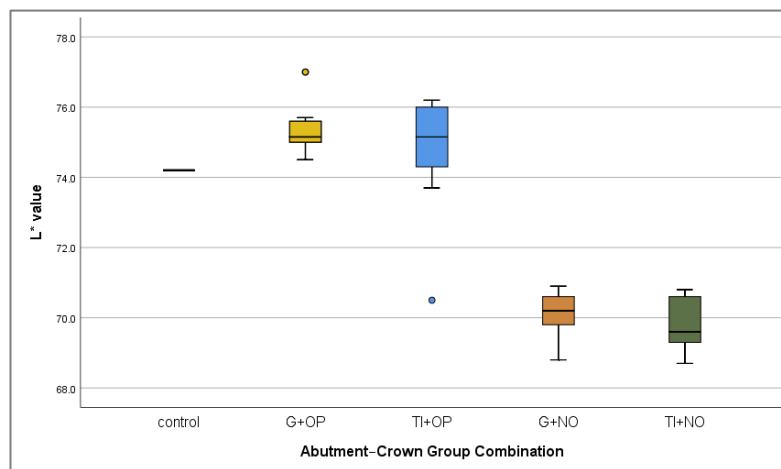


**Figure 8** Box plot showing the distribution of L\* values among the four groups (G+OP, TI+OP, G+NO, and TI+NO).

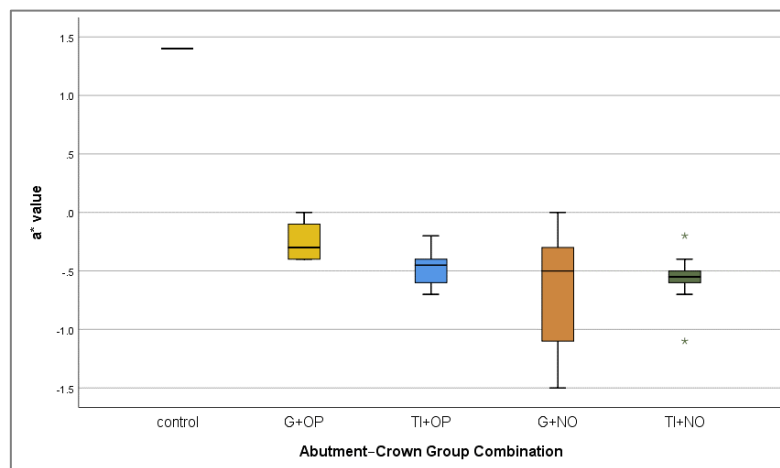


**Figure 9** Box plot showing the distribution of a\* values among the four groups (G+OP, TI+OP, G+NO, and TI+NO).

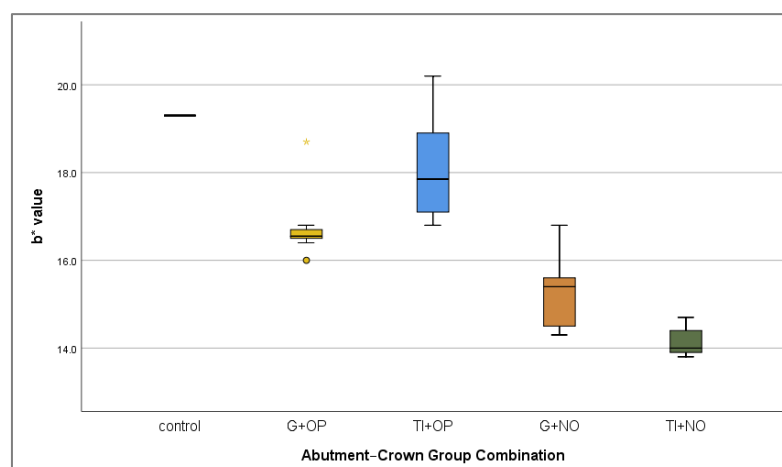


**Figure 10** Box plot showing the distribution of b\* values among the four groups (G+OP, TI+OP, G+NO, and TI+NO).

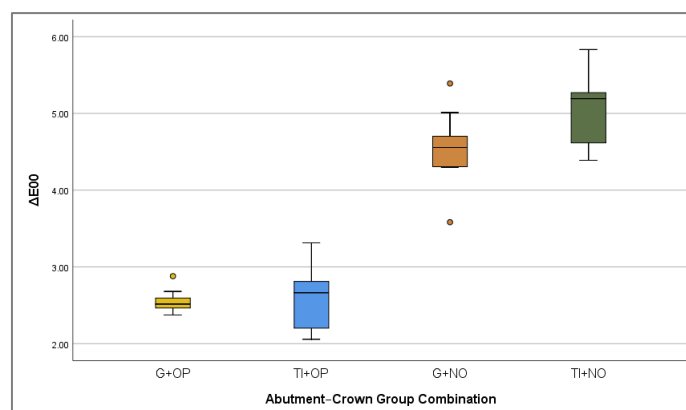


**Figure 11** Box plot showing the distribution of  $\Delta E_{00}$  values among the four groups (G+OP, TI+OP, G+NO, and TI+NO).

## Discussion

This study evaluated the color difference of high-translucent monolithic zirconia crowns on two types of titanium abutment backgrounds—non-anodized and gold-anodized—and assessed the impact of using a coloring liquid on the inner crown surface. Our findings underscore the significant influence of both the abutment color and the application of an opaque liner on the esthetic outcome of zirconia restorations. Crowns with an opaque liner demonstrated superior color matching to natural dentition compared to those without, while gold anodization alone did not provide sufficient esthetic enhancement.

Titanium, with its favorable biocompatibility and mechanical strength, remains the standard abutment material; however, its gray color can adversely impact esthetics in anterior applications, particularly in thin gingival biotypes and high smile lines.<sup>16,17</sup> Strategies to mitigate titanium's grayish hue include applying opaque coloring liquids and anodizing titanium abutments in gold tones. Our study demonstrates that while both methods have benefits, the use of an opaque liner yielded the most effective color enhancement for high-translucent zirconia crowns.

The zirconia used in this study, characterized by its multilayer structure and M3Y-5Y hybrid composition, shows varied translucency that depends on factors like yttria content and grain size.<sup>18</sup> These properties interact with abutment and cement color to influence the final esthetic outcome. To replicate clinical conditions, our study employed anatomically contoured crowns rather than flat discs, providing a more accurate assessment of the material's performance under real-world conditions. Studies by Sun et al. and Malkondu et al. emphasize the importance of crown thickness, noting that at 1 mm, zirconia offers both esthetic translucency and strength comparable to metal-ceramic crowns.<sup>19</sup> However, thinner crowns increase translucency but make the final shade more sensitive to underlying colors.<sup>20</sup> Thus, a crown thickness of 1.5 mm, as used in this study, balances translucency and masking ability, ensuring a stable color outcome when paired with opaque liners.<sup>21</sup>

Our results show that gold anodization of titanium abutments alone does not sufficiently enhance color matching compared to non-anodized abutments. This aligns with previous studies suggesting that gold anodization has limited effectiveness in highly translucent systems.<sup>22,23</sup> Analysis of L\* (lightness), a\* (red-green), and b\* (yellow-blue) values revealed that crowns with

opaque liners (TI+OP and G+OP) closely matched the control group's lightness, effectively masking the dark titanium background. This finding supports other research showing that opaque liners significantly improve lightness, reducing the gray effect of titanium and enhancing natural appearance.<sup>23,24</sup>

Regarding  $a^*$  values, the control group exhibited positive (red) values, while all study groups showed a shift toward negative (green) values. The opaque liner in the G+OP group notably reduced this greenish hue, suggesting that both the liner and anodization contribute to a color closer to the red tones seen in natural teeth. For  $b^*$  values, crowns with opaque liners (TI+OP and G+OP) showed enhanced yellow tones compared to non-lined crowns, closely approximating the control group. This highlights the importance of opaque liners in replicating natural tooth coloration.

In dentistry, the  $\Delta E$  equation is often used to quantify color differences in visual perception. It has been recommended that overall color differences ( $\Delta E$  values) provide a more meaningful assessment of visual perception than evaluating  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  components individually.<sup>25</sup> Nowadays CIEDE2000 ( $\Delta E_{00}$ ) has become the benchmark color-difference metric in dentistry because its weighting functions for lightness, chroma, and hue—together with a blue-green rotation term and tunable  $k$ -factors—provide a perceptual fit superior to the 1976 CIELAB equation.<sup>26</sup> Recent psychophysical work has also refined the 50:50% acceptability threshold (AT) on this perceptually uniform scale. A multicenter trial on monochromatic ceramics established an overall AT of 1.8<sup>27</sup>, chroma-stratified research on contemporary resin composites reported AT values between 1.80 and 2.84 depending on color saturation<sup>28</sup>, and the latest dentist-versus-patient study using VITA 3D-Master shade tabs found ATs of 2.41 (dentists) and 2.83 (patients).<sup>15</sup> Although these

limits vary with material class, chroma, specimen geometry, and observer mix, they all lie within a  $\Delta E_{00}$  corridor of 1.8–3.0, providing a practical consensus window for clinical acceptability.<sup>15,27,28</sup>

Applying these updated limits to the present data shows that the mean  $\Delta E_{00}$  values for TI+NO (5.05) and G+NO (4.55) far exceed even the most tolerant patient AT, indicating an unmistakable color mismatch. By contrast, the opaque-lined groups TI+OP (2.58) and G+OP (2.55) fall within patient acceptance and only slightly above the stricter dentist criterion, demonstrating that an opaque liner remains essential for the reliable esthetic integration of high-translucency zirconia crowns over metallic abutments.<sup>15</sup>

Our findings align with Kengtanyakich S et al. and Sethakamnerd P et al., who demonstrated that zirconia crowns on titanium bases exceed clinically acceptable color differences without masking techniques.<sup>23,24</sup> These studies confirm that liners effectively mask the gray tone of titanium abutments, enhancing the visual match with natural teeth.

Our results also support findings by Basegio MM et al., who reported that zirconia crowns lacking liners often fail to meet clinical esthetic thresholds when paired with titanium abutments.<sup>29</sup> Similarly, research by Bass BB indicates that even variations in zirconia thickness alone are insufficient to fully mask titanium's color, highlighting the importance of combining thickness with opaque liners.<sup>22</sup> This combination helps optimize esthetics, particularly for high-translucency zirconia crowns, which are otherwise strongly influenced by abutment color.

Although some studies suggest that gold anodization can improve esthetic outcomes, our results indicate that its effect is not as pronounced as that of opaque liners. For instance, Bass BB et al. observed that anodization provided a moderate improvement but fell short of the color-matching

efficacy achieved by liners.<sup>22</sup> The discrepancy may be due to differences in the anodization process, gold shade, or zirconia system properties. The unique formulation of zirconia type in this study may interact differently with anodized abutments, resulting in reduced benefits from anodization alone.

These findings suggest that optimal esthetic outcomes for high-translucent zirconia crowns on titanium abutments are best achieved with the application of opaque liners rather than relying on gold anodization alone. Clinicians should consider both zirconia material properties and abutment selection to enhance esthetic integration. Further studies could explore the effects of different zirconia compositions, crown thicknesses, and cement choices to refine these recommendations for clinical practice. While this study provides valuable insights, there are limitations, such as the controlled *in vitro* environment, which may not fully replicate *in vivo* conditions. Additionally, variations in cement composition, film thickness, and clinical handling can affect results. Future research should aim to investigate these variables in more detail to provide more comprehensive guidelines for clinical practice.

## Conclusions

Within the limitations of this study, high-translucent zirconia crowns demonstrated significantly different shade outcomes depending on both the abutment background and the use of an opaque liner. Crowns placed directly on titanium abutments exhibited color differences that exceeded clinically acceptable thresholds for both clinicians and patients. In contrast, the application of an opaque liner effectively reduced the color mismatch to within tolerable clinical limits. These findings support the use of opaque liners to enhance the esthetic integration of high-translucent zirconia restorations over both titanium and gold-anodized abutments.

## Ethics

This *in vitro* study did not involve human participants or animals; therefore, ethical approval was not required.

## Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

## Funding

This research was supported by the Faculty of Dentistry, Mahidol University.

## References

1. Bressan E, Paniz G, Lops D, Corazza B, Romeo E, Favero G. Influence of abutment material on the gingival color of implant-supported all-ceramic restorations: a prospective multicenter study. *Clin Oral Implants Res.* 2011;22(6):631-7.
2. Jung RE, Pjetursson BE, Glauser R, Zembic A, Zwahlen M, Lang NP. A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. *Clin Oral Implants Res.* 2008;19(2):119-30.
3. Bidra AS, Rungruanganunt P. Clinical outcomes of implant abutments in the anterior region: a systematic review. *J Esthet Restor Dent.* 2013;25(3):159-76.
4. Peng M, Zhao WJ, Hosseini M, Zhou WJ, Xiao T, Chuan JL. Influence of restorative materials on color of implant-supported single crowns in esthetic zone: a spectrophotometric evaluation. *Biomed Res Int.* 2017;2017:5034358.
5. Lim HP, Lee KM, Koh YI, Park SW. Allergic contact stomatitis caused by a titanium nitride-coated implant abutment: a clinical report. *J Prosthet Dent.* 2012;108(4):209-13.

6. Mühlemann S, Truninger TC, Stawarczyk B, Hämmerle CH, Sailer I. Bending moments of zirconia and titanium implant abutments supporting all-ceramic crowns after aging. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25(1):74-81.
7. Gehrke P, Alius J, Fischer C, Erdelt KJ, Beuer F. Retentive strength of two-piece CAD/CAM zirconia implant abutments. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2014;16(6):920-5.
8. Gehrke P, Johannson D, Fischer C, Stawarczyk B, Beuer F. *In vitro* fatigue and fracture resistance of one- and two-piece CAD/CAM zirconia implant abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015;30(3):546-54.
9. Ma C, Peres EM Jr. Corrosion resistance of anodized and unanodized titanium: effect of common mineral acid solutions. *Ind Eng Chem.* 1951;43(3):675-9.
10. Squier RS, Agar JR, Duncan JP, Taylor TD. Retentiveness of dental cements used with metallic implant components. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2001;16(6):793-8.
11. Wadhvani CPK, Schoenbaum T, King KE, Chung KH. Techniques to optimize color esthetics, bonding, and peri-implant tissue health with titanium implant abutments. *Compend Contin Educ Dent.* 2018;39(2):110-9.
12. DeGirmenci K, Sarıdag S. Influence of anodized titanium abutment backgrounds on the color parameters of different zirconia materials. *Am J Dent.* 2021;34(1):39-43.
13. Wang T, Wang L, Lu Q, Fan Z. Changes in the esthetic, physical, and biological properties of a titanium alloy abutment treated by anodic oxidation. *J Prosthet Dent.* 2019;121(1):156-65.
14. Çeken A, Kılınc H, Turgut S. Effect of abutment types and resin cements on the esthetics of implant-supported restorations. *J Adv Prosthodont.* 2023;15(3):114-25.
15. Schussler V, Kawakami DY, Rocha MAG, Sinhoreti MAC, Rocha MG, Oliveira D. Perceptibility and acceptability thresholds for color differences in ceramic shade tabs: a comparison between dentists and patients. *J Clin Exp Dent.* 2024;16(12):e1509-16.
16. van Brakel R, Noordmans HJ, Frenken J, de Roode R, de Wit GC, Cune MS. The effect of zirconia and titanium implant abutments on light reflection of the supporting soft tissues. *Clin Oral Implants Res.* 2011;22(10):1172-8.
17. Bittner N, Schulze-Späte U, Silva C, Silva JD, Kim DM, Tarnow D, et al. Comparison of peri-implant soft tissue color with the use of pink-neck vs gray implants and abutments based on soft tissue thickness: a 6-month follow-up study. *Int J Prosthodont.* 2020;33(1):29-38.
18. Ban S. Classification and properties of dental zirconia as implant fixtures and superstructures. *Materials (Basel).* 2021;14(17):4879.
19. Sun T, Zhou S, Lai R, Liu R, Ma S, Zhou Z, et al. Load-bearing capacity and the recommended thickness of dental monolithic zirconia single crowns. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2014;35:93-101.
20. Malkondu O, Tinastepe N, Kazazoglu E. Influence of type of cement on the color and translucency of monolithic zirconia. *J Prosthet Dent.* 2016;116(6):902-8.
21. Tabatabaian F, Jafari A, Namdari M, Mahshid M. Influence of coping and veneer thickness on the color of zirconia-based restorations on different implant abutment backgrounds. *J Prosthet Dent.* 2019;121(2):327-32.
22. Bas BB, Cakan U. Evaluation of the effect of anodization-colored titanium abutments and zirconia substructure thickness on zirconia substructure color: an *in vitro* study. *Niger J Clin Pract.* 2022;25(12):2024-9.

23. Sethakamnerd P, Leeviloj C. Masking ability of two ceramics with different thicknesses on various substrates. *Mahidol Dent J.* 2020;37(2):233–42.
24. Kengtanyakich S, Poompanich P, Suwanruksa P, Mekhanavakul W, Chongwilas R, Peampring C. Effect of opaquer on masking ability of translucent zirconia with different thickness. *SWU Dent J.* 2023;16(2):57-66.
25. Oh SH, Kim SG. Effect of abutment shade, ceramic thickness, and coping type on the final shade of zirconia all-ceramic restorations: *in vitro* study of color masking ability. *J Adv Prosthodont.* 2015;7(5):368–74.
26. Luo MR, Cui G, Rigg B. The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Res Appl.* 2001;26(5):340-50.
27. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, et al. Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27 Suppl 1:S1-9.
28. Tejada-Casado M, Pérez MM, Della Bona A, Lubbe H, Ghinea R, Herrera LJ, et al. Chroma-dependence of CIEDE2000 acceptability thresholds for dentistry. *J Esthet Restor Dent.* 2024;36(3):469-76.
29. Basegio MM, Pecho OE, Ghinea R, Perez MM, Della Bona A. Masking ability of indirect restorative systems on tooth-colored resin substrates. *Dent Mater.* 2019;35(6):e122-30.

### *Corresponding author*

*Nutchanok Khumanun  
Implant Center,  
Faculty of Dentistry, Mahidol University,  
Ratchathewi, Bangkok 10400  
Tel. : +66 82 296 1622  
Email : nutchanok.de@gmail.com*



## การเปรียบเทียบสีครอบฟันโมโนลิธิกเซอรโคเนีย ชนิดโปร่งแสงสูงบนพื้นหลังที่แตกต่างกัน ของหลักยึดไทเทเนียมอะโนไดซ์และไม่อะโนไดซ์

ณัฐพงศ์ สิริทวัฒน์<sup>1</sup> ปริญญ์ อมรเศรษฐชัย<sup>2</sup> ศิริชัย เกียรติถาวรเจริญ<sup>1</sup> นุชชนก ขำอนันต์<sup>3,\*</sup>

บทความวิจัย

### บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** เพื่อประเมินผลกระทบของพื้นหลังของหลักยึดรากฟันเทียม 2 ประเภทคือหลักยึดไทเทเนียมแบบไม่อะโนไดซ์และอะโนไดซ์สีทองรวมถึงการใช้สารทึบแสงต่อผลลัพธ์สีของครอบฟันเซอรโคเนียแบบโมโนลิธิกชนิดโปร่งแสงสูง

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ:** ตัวอย่างครอบฟัน-หลักยึดรากฟันเทียมจำนวน 40 ชิ้นถูกเตรียมด้วยเทคโนโลยี CAD-CAM โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม (กลุ่มละ 10 ชิ้น) ได้แก่ หลักยึดไทเทเนียมที่ไม่ได้ผ่านการอะโนไดซ์ (TI) และหลักยึดไทเทเนียมที่ผ่านการอะโนไดซ์สีทอง (G) ซึ่งจับคู่กับครอบฟันเซอรโคเนียที่ทาสารทึบแสง (OP) และไม่ทาสารทึบแสง (NO) การวัดค่าสีดำเนินการโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (SpectroShade™ Micro II) เพื่อวัดค่าความสว่างสีในระบบ CIELab ของชิ้นตัวอย่าง จากนั้นจึงคำนวณค่าความแตกต่างของสีด้วยสูตร CIEDE2000 ( $\Delta E_{00}$ ) โดยเปรียบเทียบกับครอบฟันเซอรโคเนียบนหลักยึด PMMA ซึ่งใช้เป็นกลุ่มควบคุม ค่าความแตกต่างของสี ( $\Delta E_{00}$ ) ที่ได้ถูกเปรียบเทียบกับเกณฑ์การยอมรับในทางคลินิกแบบ 50:50% สำหรับทันตแพทย์ ( $\Delta E_{00} < 2.41$ ) และผู้ป่วย ( $\Delta E_{00} < 2.83$ ) ข้อมูล  $\Delta E_{00}$  ถูกวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบ One-way ANOVA ตามด้วย Tukey's post hoc โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.05$

**ผล:** ครอบฟันที่ทาสารทึบแสง (G+OP และ TI+OP) มีค่า  $\Delta E_{00}$  ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทางคลินิกของผู้ป่วย ( $\Delta E_{00} < 2.83$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับครอบฟันที่ไม่มีชั้นทึบแสง (G+NO และ TI+NO) ( $p < 0.05$ ) อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม G+OP และ TI+OP หรือระหว่างกลุ่ม G+NO และ TI+NO

**บทสรุป:** การใช้สารทึบแสงสามารถปิดสีเทาของหลักยึดไทเทเนียมได้อย่างมีประสิทธิภาพและช่วยเพิ่มผลลัพธ์ด้านความงาม ขณะที่การอะโนไดซ์ไทเทเนียมเป็นสีทองเพียงอย่างเดียวแก้ไขสีครอบฟันได้อย่างจำกัด จึงแนะนำให้ทันตแพทย์ใช้สารทึบแสงเพื่อผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในงานบูรณะด้วยครอบฟันเซอรโคเนียที่รองรับด้วยหลักยึดรากฟันเทียม ทั้งนี้ควรมีการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในระยะยาวและเทคนิคทางเลือกอื่น ๆ

**คำไวย:** สี/ เซอรโคเนีย/ ไทเทเนียม/ รากฟันเทียม/ ครอบฟัน

### ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

นุชชนก ขำอนันต์

ศูนย์ทันตกรรมรากเทียม

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์ : 082 296 1622

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : nuchchanok.de@gmail.com

<sup>1</sup> ภาควิชาศัลยศาสตร์ช่องปากและแมกซิลโลเฟเชียล คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

<sup>2</sup> ทันตแพทย์ประจำคลินิกทันตกรรมบางแก้วสไมล์ จังหวัดสมุทรปราการ

<sup>3</sup> นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรทันตกรรมรากเทียม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

\* ผู้ประพันธ์บรรณกิจ



# ผลของวิธีการบูรณะภายในรากฟันร้าวที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันต่อความต้านทานการแตกหัก

สุวรินทร์ สิ้นส่งสุข<sup>1</sup> กุลนันท์ ดำรงวุฒิ<sup>1,\*</sup>

บทความวิจัย

## บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** เพื่อเปรียบเทียบความต้านทานการแตกหักของรากฟันร้าวที่ได้รับการอุดด้วยกัตาเปอร์ชาร่วมกับบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตหรือเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยลิกได้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ:** นำรากฟันวัวยาว 12 มิลลิเมตร จำนวน 30 ราก มาสร้างรอยร้าวในแนวตั้งความยาว 4-5 มิลลิเมตร ที่บริเวณผิวด้านนอกรากฟันด้วยสว่านและค้อน ขยายคลองรากฟันและอุดด้วยกัตาเปอร์ชา แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 อุดคลองรากฟันด้วยกัตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียว กลุ่มที่ 2 บูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตลิกได้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร และกลุ่มที่ 3 บูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยลิกได้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร ทดสอบความต้านทานการแตกหักของรากฟันด้วยเครื่องทดสอบสากลโดยให้แรงผ่านหัวกดลงบนจุดกึ่งกลางคลองรากฟัน บันทึกค่าแรงสูงสุดที่ทำให้รากฟันแตกหักในหน่วยนิวตันและสังเกตรูปแบบการแตกหัก

**ผล:** ค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุดในกลุ่มเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย (717.753±72.44 นิวตัน) รองลงมาคือกลุ่มเรซินคอมโพสิต (680.308±51.69 นิวตัน) และต่ำสุดในกลุ่มกัตาเปอร์ชา (207.165±37.28 นิวตัน) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและสถิติทุกิเอชเอสดี พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มกัตาเปอร์ชากับอีกสองกลุ่ม ( $p<0.05$ ) อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มเรซินคอมโพสิตและกลุ่มเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย ( $p>0.05$ )

**บทสรุป:** การบูรณะภายในรากฟันร้าวด้วยเรซินคอมโพสิตและเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยช่วยเพิ่มความต้านทานการแตกหักได้เมื่อเปรียบเทียบกับการอุดด้วยกัตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียว และการบูรณะทั้งสองวิธีนี้มีค่าความต้านทานการแตกหักไม่แตกต่างกัน

**คำไรหรัส:** รากฟันร้าว/ การบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟัน/ เรซินคอมโพสิตชนิดบ่มด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี/ เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย/ ความต้านทานการแตกหัก

Received: May 14, 2025

Revised: Jan 01, 2026

Accepted: Feb 04, 2026

## บทนำ

ฟันร้าว (Cracked tooth) คือ การแตกของฟันแบบไม่สมบูรณ์ (Incomplete fracture) ฟันยังไม่มีมีการแยกชิ้นส่วนออกจากกัน รอยร้าวมีจุดเริ่มต้นจากด้านบนตัวฟันโดยทิศทางของรอยร้าวมักจะเกิดขึ้นและขยายในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง (Mesiodistally)<sup>1</sup> และสามารถขยายบริเวณลงไปในส่วนรากฟัน รอยร้าวที่ลึกลงไปถึงโพรงเนื้อเยื่อในฟันเป็นสาเหตุของการอักเสบและการติดเชื้อของเนื้อเยื่อในฟันได้<sup>2</sup>

อุบัติการณ์การเกิดฟันร้าวมีแนวโน้มพบมากในผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ<sup>3,4</sup> จากการศึกษาของ Hiatt ในปี 1973<sup>5</sup> พบการ

เกิดฟันร้าวสูงที่สุดในกลุ่มอายุ 40-49 ปี และพบมากที่สุดในพื้นที่กรามล่างแท้ซีกที่สอง รองลงมาคือพื้นที่กรามล่างแท้ซีกที่หนึ่ง โดยพบอุบัติการณ์การเกิดร้อยละ 40 และ 29 ตามลำดับ ปัจจัยเสี่ยงที่นำไปสู่การเกิดรอยร้าว ได้แก่ การเคี้ยวโดนของแข็ง โดยบังเอิญ พฤติกรรมชอบรับประทานอาหารแข็ง การเคี้ยวอาหารข้างเดียว ความเครียด และการเกิดอุบัติเหตุ เป็นต้น<sup>3</sup>

ฟันร้าวสร้างความยุ่งยากในการรักษาให้แก่ทันตแพทย์ได้ตั้งแต่ขั้นตอนการตรวจ เนื่องจากรอยร้าวขนาดเล็กที่ลึกลงไปใต้เหงือกและโพรงเนื้อเยื่อในฟันอาจตรวจพบได้ยาก ในการ

<sup>1</sup> ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

\* ผู้ประพันธ์บทความ

ตรวจรอยร้าวแนะนำให้ใช้เครื่องมือเพิ่มเติม เช่น การย้อมรอยร้าวด้วยสีเมธิลีนบลู (Methylene blue dye) การใช้แสงส่องผ่าน (Transillumination test) และการใช้เครื่องมือที่มีกำลังขยาย เช่น ลูกปาทันตกรรม (Dental loupe) หรือกล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรม (Dental operating microscope) ภายใต้แสงส่องสว่างที่เพียงพอ ในขั้นตอนวางแผนการรักษาต้องคำนึงถึงการผนึกรอยร้าวไม่ให้รั่วซึมและป้องกันการขยายตัวของรอยร้าว (Seal and stabilize) ด้วยการบูรณะครอบคลุมปุ่มฟัน (Full coverage) อย่างไรก็ตามในกรณีที่รอยร้าวขยายขอบเขตลึกถึงปลายรากฟัน การบูรณะไม่สามารถครอบคลุมลงไปในส่วนของรากฟันได้ แนะนำให้มีการบูรณะภายในคลองรากฟัน (Intra-canal restoration) ด้วยการใส่วัสดุบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟัน (Intra-orifice barrier)<sup>1</sup> หรือการใส่เดือยฟัน<sup>6</sup>

ฟันร้าวที่ลึกถึงรากฟันหากได้รับการรักษาคคลองรากฟันและมีการบูรณะที่เหมาะสมก็มีอัตราความสำเร็จ (Success rate) และอัตราการอยู่รอด (Survival rate) สูงได้ Davis และ Shariff ในปี 2019<sup>7</sup> ทำการรักษาคคลองรากฟันในฟันร้าวที่ขยายขอบเขตจากรูเปิดคลองรากฟันลงไปปลายรากฟันอย่างน้อย 5 มิลลิเมตร และบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยการใส่วัสดุบูรณะแบบไฮบริดซึ่งมีส่วนประกอบของวัสดุสองชนิด ได้แก่ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Glass ionomer cement) และเรซินคอมโพสิต (Resin composite) จากนั้นบูรณะส่วนตัวฟันด้วยการทำครอบฟัน ผลการศึกษาพบว่าใน 2 ปีแรก ฟันทั้งหมดมีอัตราการอยู่รอดร้อยละ 100 และใน 4 ปี มีอัตราการอยู่รอดร้อยละ 96.6 นอกจากนี้ยังมีอัตราความสำเร็จ ใน 2-4 ปี ร้อยละ 90.6 โดยคนไข้ไม่มีอาการใดๆ และในภาพรังสีมีค่าดัชนีรอบปลายรากฟัน (Periapical index, PAI) ไม่เกิน 2

การบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยวัสดุป้องกันภายในรูเปิดคลองรากฟันสามารถป้องกันการรั่วซึมได้ดีกว่าการอุดด้วยก๊อตตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียว<sup>8</sup> อีกทั้งยังเพิ่มความแข็งแรงให้แก่รากฟันโดยพบว่าการบูรณะด้วยวัสดุต่าง ๆ เช่น ไบโอเซรามิกซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ และเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี (Dual-cured resin composite) ส่งเสริมให้รากฟันมีความต้านทานการแตกหักสูงขึ้น<sup>9,10</sup>

คุณสมบัติในอุดมคติของวัสดุบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟัน ได้แก่ สามารถยึดติดกับผนังคลองรากฟัน ป้องกันการรั่วซึมของแบคทีเรีย ไม่รบกวนการยึดติดของวัสดุบูรณะชั้นสุดท้าย และใช้งานง่าย<sup>8</sup> ในปัจจุบันมีการพัฒนาวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี ซึ่งสามารถ

นำมาใช้บูรณะภายในคลองรากฟันได้<sup>10</sup> และยังได้รับความนิยมในการใช้เป็นวัสดุก่อแกนฟันและตัวประสาน (Cementation) ในกรณีบูรณะฟันร่วมกับเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย เนื่องจากมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) ใกล้เคียงกับโครงสร้างฟัน มีความหนืดต่ำ (Low viscosity) และมีความสามารถในการบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี ส่งเสริมให้วัสดุสามารถบ่มตัวภายในคลองรากฟันในบริเวณที่แสงส่องไม่ถึงได้ ตัวอย่างวัสดุประเภทนี้ ได้แก่ เคลียร์ฟิลดีซีคอร์ พลัส (Clearfil DC Core Plus; Kuraray Noritake, Japan) มัลติคอร์โฟลว์ (Multicore Flow; Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) และ ลักซ์ซาคอร์ซีดูอัล (LuxaCore Z-Dual; DMG, Germany)

นอกจากการบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยวัสดุข้างต้นแล้ว ยังมีการพิจารณาใส่เดือยฟันในรากฟันร้าวเพื่อวัตถุประสงค์ในการป้องกันการรั่วซึมเช่นเดียวกัน การใส่เดือยฟันจะช่วยลดปริมาณการใช้เรซินคอมโพสิตซึ่งอาจมีการหดตัวหลังการเกิดปฏิกิริยาบ่มตัว ส่งผลให้การผนึกมีประสิทธิภาพมากขึ้น<sup>6</sup> แต่ในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ใส่เดือยฟัน (Post space preparation) ต้องมีความระมัดระวังเนื่องจากอาจมีการสูญเสียเนื้อฟันบริเวณรากฟันมากขึ้น มีผลให้ความแข็งแรงของรากฟันลดลง<sup>11</sup> อีกทั้งยังอาจทำให้เกิดการขยายบริเวณของรอยร้าว (Crack propagation) ซึ่งก่อให้เกิดความเสี่ยงในการแตกหักของรากฟันได้<sup>12</sup> โดยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย (Fiber-reinforced composite post) เป็นเดือยฟันที่ได้รับความนิยมใช้ในปัจจุบัน เนื่องจากมีคุณสมบัติหลายประการใกล้เคียงกับเนื้อฟัน ได้แก่ ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น ค่าความแข็งแรงกด (Compressive strength) ค่าความแข็งแรงต่อการโค้งงอ (Flexural strength) และการขยายตัวตามความร้อน (Thermal expansion) ทำให้เกิดการกระจายแรงที่เหมาะสมเมื่อมีแรงมากระทำ ลดความเสี่ยงการเกิดรากฟันแตกได้<sup>13</sup>

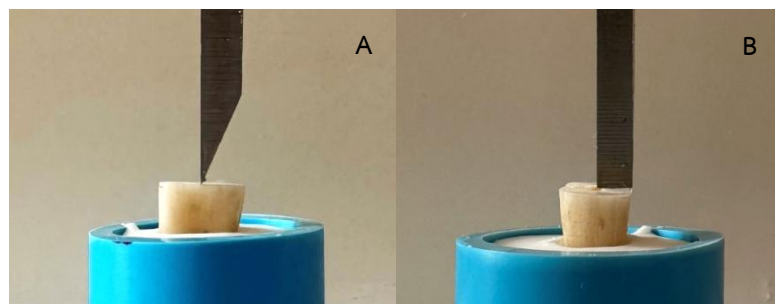
แม้ว่าในปัจจุบันจะมีหลายการศึกษาที่เปรียบเทียบค่าความต้านทานการแตกหักของรากฟันที่ได้รับการบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยวัสดุต่าง ๆ แล้ว<sup>14-16</sup> อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาใดที่เปรียบเทียบวิธีบูรณะนี้กับการบูรณะด้วยเดือยฟัน และทดสอบในรากฟันที่มีรอยร้าวร่วมด้วย ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีความสนใจเปรียบเทียบความต้านทานการแตกหักของรากฟันร้าวที่ได้รับการรักษาคคลองรากฟันร่วมกับการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยการใช้เรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี เปรียบเทียบกับการบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (คกส.) หมายเลขรับรอง COA/AE-07-2567 ทำการเตรียมฟันโดยใช้ฟันหน้าตัดล่างซี่กลางและซี่ข้างของวัวช่วงอายุ 3-5 ปี จำนวน 30 ซี่ มี 1 คลองรากฟัน รากฟันตรง และมีการสร้างรากสมบูรณ์ ความยาวรากฟันอยู่ในช่วง  $25 \pm 1$  มิลลิเมตร ตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรมไม่พบรอยร้าวและรอยร้าวบนฟัน ล้างทำความสะอาดและเก็บในสารละลายไทมอล (Thymol) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1

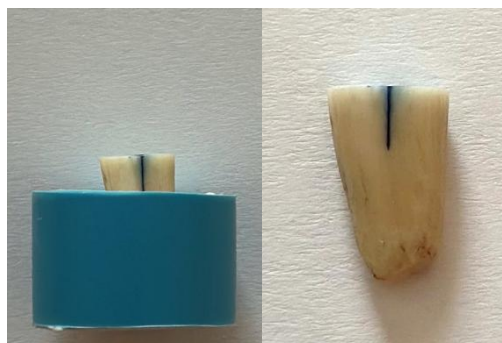
ตัดตัวฟันตั้งฉากกับแนวแกนฟันด้วยเครื่องตัดไอโซเมต (IsoMet 1000; Buehler, USA) ตรวจสอบความยาวโดยใช้ดิจิทัลดเวอร์เนียร์แคลิเปอร์ (Digital vernier caliper) ให้ได้รากฟันยาว 12 มิลลิเมตร เลือกเฉพาะรากฟันที่มีความกว้างในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น  $6.5 \pm 0.5$  มิลลิเมตร และความกว้างในแนวใกล้

กลาง-ไกลกลาง  $5.5 \pm 0.5$  มิลลิเมตร คลองรากฟันลักษณะกลม หลังตัดตัวฟันออกบริเวณหน้าตัดคลองรากฟันมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 1 มิลลิเมตร และมีขนาดไฟล์เบอร์แรกที่เหมาะกับคลองรากฟันที่ความยาวทำงาน (Initial Apical File, IAF) ไม่เกินไฟล์ชนิดเลขขนาด 30 (30/0.02) จากนั้นนำฟันไปยึดในเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง (Self-cure acrylic resin) ที่อยู่ในวงแหวนพอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride) สร้างรอยร้าวในแนวตั้งบริเวณส่วนบนของรากฟันโดยการใช้ค้อนน้ำหนัก 225 กรัม ส่งถ่ายแรงขนาดใกล้เคียงกันผ่านส่ว (Mortise chisel; Narex Bystrice, Czech Republic) ที่มีหน้าตัดกว้าง 3 มิลลิเมตร ไปยังรากฟัน (รูปที่ 1) นำฟันออกจากบล็อกยึดด้วยสิ่เมทิลีนบลู ตรวจสอบรอยร้าวภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรมกำลังขยาย 25X คัดเลือกเฉพาะรากฟันที่มีรอยร้าว 1 ตำแหน่งที่ผิวรากฟันด้านนอก ซึ่งมีความยาวรอยร้าว 4-5 มิลลิเมตร (รูปที่ 2)



รูปที่ 1 ทิศทางการวางส่วบนตัวฟันเพื่อสร้างรอยร้าวจำลอง (A) วางส่วบริเวณจุดกึ่งกลางของรากฟันแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น (B) ความกว้างส่วใกล้เคียงกับผนังด้านข้างคลองรากฟันในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น

**Figure 1** The direction of chisel placement on the tooth to create a simulated crack. (A) The chisel was positioned at the midpoint of the root in the Bucco-lingual direction. (B) The chisel width was comparable to the wall of the root canal in the Mesio-Distal direction.



รูปที่ 2 รอยร้าวจำลองบริเวณผิวด้านนอกรากฟันที่ถูกย้อมด้วยเมทิลีนบลู

**Figure 2** Simulated crack on the external surface of the root stained with methylene blue.

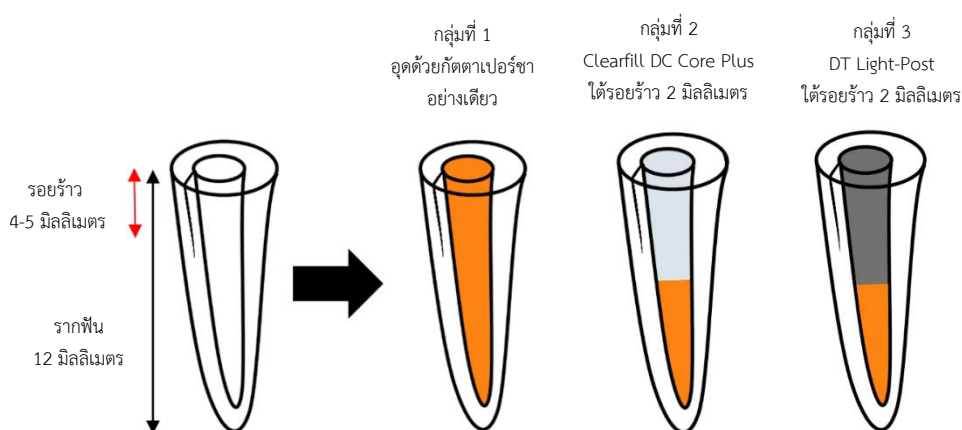
จากนั้นกำหนดความยาวทำงาน (Working length) 11 มิลลิเมตร ขยายคลองรากฟันด้วยไฟล์ระบบโปรเทเปอร์ เน็กซ์ (ProTaper Next; Dentsply Sirona, USA) ความเร็วที่ 300 รอบต่อนาที ค่าแรงบิด (Torque) 2 นิวตันเซนติเมตร จนถึงขนาดขนาดเอ็กซ์ 4 (X4; 40/0.06) ระหว่างเปลี่ยนเครื่องมือล้างคลองรากฟันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Sodium hypochlorite; NaOCl) ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ซับคลองรากฟันให้แห้งด้วยกระดาษซับรูปกรวยแหลม (Paper point) หลังทำการขยายคลองรากฟันตรวจสอบรอยร้าวภายในคลองรากฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทางทันตกรรมกำลังขยาย 25X พบว่าภายในผนังคลองรากฟันของทุกชิ้นงานมีรอยร้าวความยาวใกล้เคียงกับบริเวณนอกรากฟัน ล้างคลองรากฟันด้วยกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตระแอสติก (Ethylenediaminetetraacetic acid; EDTA) ความเข้มข้นร้อยละ 17 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตามด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ซับคลองรากฟันให้แห้ง อุดคลองรากฟันด้วยกัตาเปอร์ชาแท่งหลักระบบโปรเทเปอร์ เน็กซ์ (ProTaper Next; Dentsply Sirona, USA) ขนาดเอ็กซ์ 4 (X4; 40/0.06) ร่วมกับเอเอชพลัสซีลเลอร์ (AH Plus; Dentsply

Sirona, USA) เทคนิควอร์มเวตติคัลคอมแพคชัน (Warm vertical compaction) โดยใช้เครื่องมือให้ความร้อนเอลิเมนต์ไอซี (Element IC; Kerr, USA) อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และเครื่องฉีดเอลิเมนต์ไอซี (Element IC; Kerr, USA) ถ่ายภาพรังสีทั้งด้านใกล้กลาง-ไกลกลาง และด้านใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้นเพื่อยืนยันว่าวัสดุอุดคลองรากฟันเต็มแน่นในทุกมิติ นำชิ้นงานเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ซีลเลอร์แข็งตัวอย่างสมบูรณ์ แบ่งฟันอย่างสุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ ดังนี้ (รูปที่ 3)

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มรากฟันร้าวที่ไม่ได้รับการบูรณะ อุดคลองรากฟันด้วยกัตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียว

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มรากฟันร้าวที่บูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีเคลียร์ฟิลดิซอร์พลัสที่ระดับได้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มรากฟันร้าวที่บูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยทีไลท์โพสต์ (DT Light-Post; RTD Dental, France) ที่ระดับได้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร



รูปที่ 3 การแบ่งกลุ่มฟันที่ใช้ในการทดลอง

Figure 3 Grouping of teeth used in the experiment.

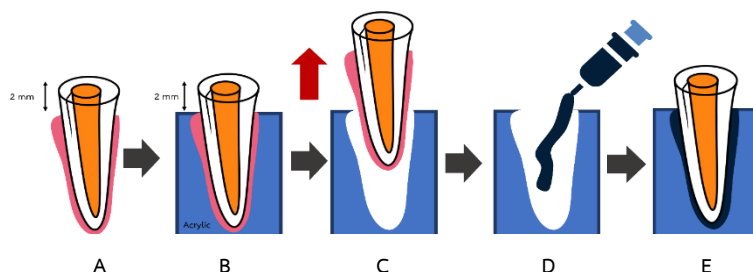
**ขั้นตอนการบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟัน** ตัดกัตาเปอร์ชาได้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องมือให้ความร้อนอิเล็กเมนต์ไอซี อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ล้างทำความสะอาดคลองรากฟันด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิเมตร และขับคลองรากฟันให้แห้ง ทาสารยึดติดเคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์ยูนิเวอร์แซลควิก (Clearfil Tri-S Bond Universal Quick; Kuraray Noritake, Japan) ในคลองรากฟันโดยอุเบาะ ๆ เป่าลม และฉายแสง 20 วินาที จากนั้นฉีดเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีเคลียร์ฟิลดีซีคอร์พลัสขึ้นมาจนเต็มโพรงฟัน และฉายแสง 20 วินาที ตรวจสอบด้วยภาพถ่ายรังสีไม่พบช่องว่างภายในวัสดุบูรณะและระหว่างวัสดุบูรณะกับกัตาเปอร์ชา

**ขั้นตอนการใส่เดือยฟัน** กรอกำจัดกัตาเปอร์ชาได้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร ด้วยหัวกรอดีทีไลท์โพสตร์ดริล (D.T. Light-Post Drill; RTD Dental, France) เบอร์ 1 (90/0.06) ล้างด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิเมตร และขับคลองรากฟันให้แห้ง ทากรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 37 ลงบนเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยเบอร์ 1 ล้างและเป่าลม และทาสารยึดติดเคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์ยูนิเวอร์แซลควิกลงบนเดือยฟัน เป่าลม 5 วินาที จากนั้นทาสารยึดติดชนิดเดียวกันในคลองรากฟัน ขับส่วนเกินด้วยกระดาษซับรูปกรวยแหลมและเป่าลม 5 วินาที ฉายแสง 20 วินาที ใช้เรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีเคลียร์ฟิลดีซีคอร์พลัสฉีดลงในคลองรากฟันจนเต็มโพรงฟันแล้วใส่เดือยฟันตามลงไปทันที ฉายแสง 20 วินาที ตัดส่วนเกินด้านบนออกด้วยหัวกรอเร็วปลายสอบเคลือบกากเพชรดี 16 (D16 Taper Diamond bur) ตรวจสอบด้วยภาพถ่ายรังสีไม่พบช่องว่างภายในวัสดุบูรณะและระหว่างวัสดุบูรณะกับกัตาเปอร์ชา หลังจากบูรณะเรียบร้อยแล้วนำชิ้นงานเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปสร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลอง

#### การสร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลองและการทดสอบ

**ความต้านทานการแตกหักของรากฟัน** นำฟันไปสร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลองโดยนำรากฟันไปจุ่มในซีฟิงทางทันตกรรมสีชมพูที่ถูกหลอมเหลวด้วยความร้อนให้มีความหนาประมาณ 0.2-0.3 มิลลิเมตร และมีระยะห่างจากรอยตัดฟันด้านบน 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำรากฟันจุ่มลงในเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเองที่อยู่ในวงแหวนพอลิไวนิลคลอไรด์ โดยมีระยะห่างระหว่างผิวขอบรากฟันด้านบนกับส่วนบนของเรซินอะคริลิก 2 มิลลิเมตร เมื่ออะคริลิกบ่มตัวสมบูรณ์ ทำเครื่องหมายบริเวณรากฟันเชื่อมกับกับล็อกเรซินอะคริลิก นำรากฟันออกจากบล็อก เช็ดทำความสะอาดซีฟิงภายในบล็อกด้วยไม้พันสำลี และเช็ดทำความสะอาดบริเวณผิวรากฟันด้วยผ้าก๊อซแห้ง จากนั้นใส่วัสดุซิลิโคนชนิดไลท์บอดี้ (Silagum light; DMG, Germany) ใช้คีมคีบ (Forceps) จับรากฟันใส่กลับเข้าที่เดิมอีกครั้งให้ตรงตำแหน่งเครื่องหมายที่ทำไว้ (รูปที่ 4)

นำล็อกเรซินอะคริลิกไปวางที่ตำแหน่งกึ่งกลางของเครื่องทดสอบสากล (Universal testing machine; EZ Test Series, Japan) ใช้หัวโลหะทรงกลม (Spherical tip) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร กดในทิศทางขนานกับแนวแกนรากฟัน (Vertical load) ที่บริเวณตำแหน่งกึ่งกลางวัสดุบูรณะ โดยหัวกดจะสัมผัสเฉพาะบริเวณวัสดุบูรณะเท่านั้น กำหนดความเร็วหัวกดคงที่ 1 มิลลิเมตรต่อนาที จนเกิดการแตกหัก บันทึกค่าแรงในหน่วยนิวตัน (Newton) สังเกตรูปแบบของการแตกหัก (Fracture pattern) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรมกำลังขยาย 25X และบันทึกใน 2 รูปแบบ ดังนี้ 1) การแตกแบบครอบคลุมรอยร้าวเดิม 2) การแตกแบบไม่ครอบคลุมรอยร้าวเดิม



**รูปที่ 4** การสร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลอง (A) รากฟันถูกเคลือบด้วยซีฟิงทางทันตกรรมสีชมพู (B) นำรากฟันใส่ในล็อกเรซินอะคริลิก (C) ดึงรากฟันออกเพื่อเช็ดทำความสะอาดซีฟิง (D) ใส่วัสดุซิลิโคนชนิดไลท์บอดี้ (E) ใส่รากฟันกลับเข้าที่เดิมอีกครั้งให้ตรงตำแหน่งเครื่องหมายที่ทำไว้

**Figure 4** Simulated periodontal ligament. (A) The root was coated with pink dental wax. (B) The root was embedded in an acrylic resin block. (C) The root was removed to clean off the wax. (D) Light-body silicone material was injected. (E) The root was repositioned into its original location.

**การรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล** บันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดสอบความต้านทานการแตกหักในหน่วยนิวตัน รวบรวมข้อมูลมาคำนวณค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักในแต่ละกลุ่มการทดลอง วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS (Statistics 27; SPSS Inc., IL, USA) ทดสอบการแจกแจงข้อมูลโดยชาปิโรวิลค์ (Shapiro-Wilk test) และทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Homogeneity of variance) ด้วยการทดสอบเลวิน (Levene test) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักแต่ละกลุ่มโดยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบรายคู่ด้วยสถิติทูกีเอชเอสดี (Tukey's HSD)

## ผล

ผลการทดสอบความต้านทานการแตกหักของรากฟันพบว่า กลุ่มเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยมีค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด  $717.753 \pm 72.44$  นิวตัน รองลงมาคือกลุ่มเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี  $680.308 \pm 51.69$

นิวตัน และกลุ่มกัตาเปอร์ชา  $207.165 \pm 37.28$  นิวตัน ทดสอบการแจกแจงข้อมูลด้วยชาปิโรวิลค์ และทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนภายในกลุ่มด้วยการทดสอบเลวินพบว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติและมีความแปรปรวนเท่ากัน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม ( $p < 0.05$ ) การทดสอบทูกีเอชเอสดีพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มกัตาเปอร์ชากับกลุ่มเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี และกลุ่มเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย ( $p < 0.001$ ) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีและกลุ่มเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย ( $p = 0.305$ ) (ตารางที่ 1)

เมื่อศึกษารูปแบบการแตกหักของรากฟันทั้งหมดพบว่าส่วนใหญ่มีรอยแตกตั้งแต่ 2 รอยขึ้นไปโดยแตกร่วมกับ การแตกที่ตำแหน่งรอยร้าวเดิม รองลงมาคือมีรอยแตก 1 รอยที่ไม่ใช่ตำแหน่งรอยร้าวเดิม และมีรอยแตก 2 รอยที่ไม่ใช่ตำแหน่งรอยร้าวเดิม (ตารางที่ 2 และรูปที่ 5)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของแรงกดที่ทำให้รากฟันเกิดการแตกหัก

Table 1 Mean compressive force

| กลุ่ม                                              | ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (นิวตัน) |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| กัตาเปอร์ชา                                        | $207.165 \pm 37.28^a$                     |
| เรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี | $680.308 \pm 51.69^b$                     |
| เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย                        | $717.753 \pm 72.4^b$                      |
| ค่า p-value                                        | $< 0.001$                                 |

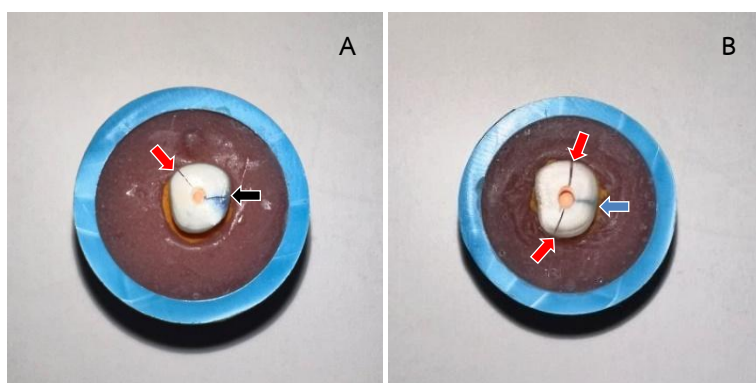
หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Note: Different superscript English letters indicate statistically significant differences.

ตารางที่ 2 แจกแจงรูปแบบการแตกหักของรากฟัน

Table 2 Classification of fracture patterns.

| กลุ่ม                                              | รูปแบบการแตกของรากฟัน       |          |                                   |           |           |
|----------------------------------------------------|-----------------------------|----------|-----------------------------------|-----------|-----------|
|                                                    | การแตกที่ตำแหน่งรอยร้าวเดิม |          | การแตกที่ไม่ใช่ตำแหน่งรอยร้าวเดิม |           | รวม       |
|                                                    | 1 รอย                       | ≥2 รอย   | 1 รอย                             | ≥2 รอย    |           |
| กัตตาเปอร์ชา                                       | 0                           | 4        | 5                                 | 1         | 10        |
| เรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี | 0                           | 10       | 0                                 | 0         | 10        |
| เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย                        | 0                           | 10       | 0                                 | 0         | 10        |
| รวม                                                | 0 (0%)                      | 24 (80%) | 5 (16.67%)                        | 1 (3.33%) | 30 (100%) |



**รูปที่ 5** รูปแบบการแตกหักของรากฟัน ลูกศรสีแดงแสดงรอยแตกจากการให้แรงกด ลูกศรสีน้ำเงินแสดงตำแหน่งรอยร้าวเดิม และลูกศรสีดำแสดงรอยแตกจากการให้แรงกดที่ตำแหน่งรอยร้าวเดิม (A) รอยแตก 2 รอยรวมกับการแตกที่ตำแหน่งรอยร้าวเดิม (B) รอยแตก 2 รอยที่ไม่ใช่ตำแหน่งรอยร้าวเดิม

**Figure 5** Fracture patterns. The red arrow indicates fractures caused by the applied compressive force. The blue arrow indicates the original crack location. The black arrow indicates fractures caused by compressive force at the original crack site. (A) Two fractures including a fracture at the original crack location. (B) Two fractures at locations other than the original crack site.

## บทวิจารณ์

การบูรณะฟันร้าวต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของวัสดุในการผนึกรอยร้าวไม่ให้รั่วซึมและป้องกันการขยายต่อของรอยร้าว ฟันร้าวที่มีขอบเขตอยู่เฉพาะบริเวณตัวฟันควรมีการบูรณะครอบคลุมปุ่มฟันทั้งหมด แต่เมื่อรอยร้าวมีการขยายขอบเขตลึกลงไปถึงรากฟันมีคำแนะนำให้บูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยวัสดุที่สามารถยึดติดกับผนังคลองรากฟัน<sup>7</sup> หรือใส่เดือยฟันร่วมกับเรซินซีเมนต์<sup>6</sup> เพื่อวัตถุประสงค์ในการป้องกันการรั่วซึมของแบคทีเรีย<sup>8</sup> อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมความต้านทานการแตกหักให้แก่รากฟัน<sup>16</sup> เรซินคอมโพสิตเป็นหนึ่งในวัสดุที่นิยมนำมาบูรณะ Yavari และคณะในปี 2012<sup>17</sup> พบว่าการบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสง (Filtek Flow; 3M ESPE, USA) สามารถช่วยป้องกันการรั่วซึมของแบคทีเรียได้ดีกว่าการอุดด้วยกัตตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียว

ในส่วนของการป้องกันการแตกหักของรากฟัน จากการศึกษาของ Aboobaker และคณะในปี 2015<sup>16</sup> และการศึกษาของ Chauhan และคณะในปี 2019<sup>14</sup> พบว่าการบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ (Flowable resin composite) และนาโนไฮบริดเรซินคอมโพสิต (Nanohybrid resin composite) ช่วยเพิ่มค่าความต้านทานการแตกหักให้แก่รากฟันได้ดีกว่าการอุดด้วยกัตตาเปอร์ชาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งในการศึกษาดังกล่าวทำการทดสอบในรากฟันที่ไม่มีรอยร้าว อย่างไรก็ตามผลการศึกษา

มีความสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่ารากฟันร้าวที่ได้รับการบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีและเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยมีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการอุดด้วยกัตตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีและกลุ่มเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยพบว่ามีความต้านทานการแตกหักไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากวัสดุทั้งสองชนิดมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นใกล้เคียงกันและใกล้เคียงกับเนื้อฟัน เรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น 16.1 กิกะปาสกาล<sup>18</sup> เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยมีค่า 15 กิกะปาสกาล<sup>19</sup> และเนื้อฟันมีค่า 18.6 กิกะปาสกาล<sup>19</sup> ทำให้เมื่อมีแรงมากระทำบนวัสดุจะมีการกระจายแรงไปยังส่วนต่าง ๆ ของรากฟันได้สม่ำเสมอ และทั้งสองวัสดุมีลักษณะการกระจายแรงที่คล้ายคลึงกัน<sup>19,20</sup>

ในกรณีของรากฟันที่มีรอยร้าว การบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยวัสดุที่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟันได้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร สามารถช่วยลดความเค้นบริเวณพื้นผิวรอยร้าวและความเค้นภายในเนื้อฟันได้ Boonrawd และคณะในปี 2022<sup>21</sup> ทดสอบไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element analysis) จำลองการให้แรงในฟันร้าวลึกถึงรากฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีที่ระดับความลึกแตกต่างกัน ได้แก่ ความลึกระดับเดียวกับจุดสิ้นสุดรอยร้าว และความลึกใต้ต่อ

รอยร้าว 2 มิลลิเมตร พบว่าการบูรณะที่ระดับความลึกใต้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร จะมีค่าความเค้นภายในเนื้อฟันและความเค้นที่บริเวณพื้นผิวรอยร้าวต่ำกว่าการบูรณะที่ระดับเดียวกันกับจุดสิ้นสุดรอยร้าว อีกทั้งยังมีค่าความเค้นต่ำกว่าความต้านแรงดึงสูงสุดของเนื้อฟัน (Tensile strength)<sup>22</sup> จึงสามารถลดการขยายขอบเขตต่อของรอยร้าว และช่วยส่งเสริมความแข็งแรงให้แก่รากฟัน ส่วนการบูรณะที่ระดับเดียวกับจุดสิ้นสุดรอยร้าวทำให้เกิดค่าความเค้นสะสมสูงกว่าค่าความต้านแรงดึงสูงสุดของฟันซึ่งทำให้เกิดการขยายขอบเขตต่อของรอยร้าวได้

เรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีและเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยจะใช้ร่วมกับสารยึดติด (Adhesive) ทำให้วัสดุบูรณะและผนังคลองรากฟันเกิดการเชื่อมเป็นหนึ่งเดียวกันเรียกว่าโมโนบล็อก (Monoblocks) อีกทั้งเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมียังมีคุณสมบัติบ่มตัวด้วยแสง (Light-cure) และบ่มด้วยตัวเองจากปฏิกิริยาเคมี (Self-cure) เอื้อให้วัสดุสามารถบ่มตัวได้ในบริเวณที่แสงส่องไม่ถึงโดยเฉพาะการบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันที่มีความลึกจึงเกิดความแนบสนิทที่ดี ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ทำให้เมื่อมีแรงมากระทำจะเกิดการกระจายแรงที่สม่ำเสมอ ซึ่งช่วยส่งเสริมความแข็งแรงให้แก่เนื้อฟันที่เหลือได้<sup>23</sup>

การใส่เดือยฟันจะต้องมีการกรอเตรียมพื้นที่ภายในคลองรากฟัน ซึ่งทำให้สูญเสียเนื้อฟันเพิ่มขึ้นและอาจเพิ่มโอกาสการขยายขอบเขตต่อของรอยร้าวหรือเกิดรอยร้าวใหม่ (Crack initiation)<sup>24</sup> ส่งผลให้ความแข็งแรงของรากฟันลดลง<sup>25</sup> อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้เลือกใช้เดือยฟันดีทีไลท์โพสต์ขนาดเบอร์ 1 ซึ่งมีความใกล้เคียงกับไฟล์โปรเทเปอร์เน็กซ์ขนาดเอ็กซ์ 4 มากที่สุดเมื่อเทียบกับเดือยฟันขนาดอื่น ๆ โดยหลังการเตรียมคลองรากฟันด้วยไฟล์ระบบโปรเทเปอร์เน็กซ์ขนาดเอ็กซ์ 4 คลองรากฟันจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับรูเปิดคลองรากฟัน (D 11) ประมาณ 1.03 มิลลิเมตร และหลังกรอเตรียมพื้นที่สำหรับเดือยฟันด้วยหัวกรอดีทีไลท์โพสต์ขนาดเบอร์ 1 จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคลองรากฟันที่ระดับรูเปิดคลองรากฟัน ประมาณ 1.10 มิลลิเมตร อีกทั้งเดือยฟันและไฟล์ที่ใช้ยังมีความผายใกล้เคียงกัน โดยเดือยฟันจะมีความผายบริเวณกึ่งกลางจนถึงส่วนบนเดือยฟันที่ 0.06 และไฟล์ระบบโปรเทเปอร์เน็กซ์ขนาดเอ็กซ์ 4 มีความผายที่ระดับ D0 - D11 เฉลี่ย 0.06 จะเห็นได้ว่ามีการสูญเสียเนื้อฟันเพียงเล็กน้อยภายหลังการกรอเตรียมพื้นที่ใส่เดือยฟันซึ่งน่าจะไม่มีผลต่อค่าความต้านทานการแตกหักในการศึกษานี้

ในขั้นตอนการอุดคลองรากฟันอาจก่อให้เกิดรอยร้าวบริเวณรากฟันได้<sup>26</sup> ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีการอุดคลองรากฟันด้วยวิธืวอร์มเวอดิคัลคอมแพคชันซึ่งถึงแม้ว่าจะมีการใช้เครื่องมือให้ความร้อนร่วมกับมีแรงกดลงไปที่รากฟัน อย่างไรก็ตามในการศึกษาของ Chellapilla และคณะในปี 2021<sup>27</sup> เปรียบเทียบเทคนิคการอุดแบบวอร์มเวอดิคัลคอมแพคชัน และการอุดโดยใช้กัตตาเปอร์ชาแบบฉีดอย่างเดียว (Injectable gutta-percha, IGP) โดยไม่ได้ใช้แรงกดลงที่ รากฟัน ผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเรื่องของการเกิดรอยร้าวขึ้นใหม่เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการอุดคลองรากฟัน อีกทั้งในงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้กัตตาเปอร์ชาแท่งหลักที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางและความผายใกล้เคียงไฟล์ที่ใช้เตรียมคลองรากฟัน ทำให้กัตตาเปอร์ชามีความแนบกับผนังคลองรากฟันดี มีช่องว่างน้อย ขณะอุดจึงใช้แรงในการกดกัตตาเปอร์ชาค่อนข้างน้อย

รูปแบบการแตกหักของรากฟันในกลุ่มเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีและกลุ่มเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยเป็นไปในลักษณะเดียวกันทุกชิ้นงาน คือ มีรอยแตกมากกว่า 1 ตำแหน่ง ซึ่งพบที่ตำแหน่งเดียวกับรอยร้าวเดิมบริเวณด้านข้างรากฟัน (Proximal) ร่วมกับมีรอยแตกที่บริเวณด้านแก้มหรือด้านลิ้นในทุกชิ้นงาน อาจเนื่องมาจากรอยร้าวเป็นตำแหน่งที่มีความอ่อนแอมากที่สุด<sup>28</sup> และบริเวณด้านแก้มหรือด้านลิ้นมักไม่พบการตกตะกอนภายในท่อเนื้อฟันที่เรียกว่าเนื้อฟันสเกลโรติก (Sclerotic dentin) ซึ่งเนื้อฟันลักษณะนี้จะมีค่าความแข็งแรงมากกว่าเนื้อฟันปกติ โดยเนื้อฟันสเกลโรติกมักพบที่บริเวณด้านใกล้กลางและไกลกลางของรากฟันมากกว่า เมื่อสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะพบเนื้อฟันที่มีความโปร่งแสงแตกต่างกันลักษณะคล้ายปีกผีเสื้อ (Butterfly effect)<sup>29</sup> Sodvadiya และคณะในปี 2021<sup>30</sup> ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของเนื้อฟันสเกลโรติกและการเกิดรอยร้าวเมื่อให้แรงกดลงบนรากฟันโดยตรงในทิศทางขนานกับแนวแกนฟัน ผลการทดสอบพบว่าเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ ชิ้นงานส่วนใหญ่มีเนื้อฟันสเกลโรติกที่บริเวณด้านใกล้กลางและไกลกลาง อีกทั้งยังพบว่าเมื่อให้แรงแก่รากฟัน การแตกหักมักจะเกิดบริเวณเนื้อฟันด้านแก้มและด้านลิ้นที่ไม่มีเนื้อฟันสเกลโรติกซึ่งมีความแข็งแรงน้อยกว่า

ในทางตรงกันข้าม กลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาพบรูปแบบการแตกหักที่หลากหลายมากกว่า อาจเนื่องมาจากกัตตาเปอร์ชามีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นแตกต่างจากเนื้อฟันอย่างมาก คือประมาณ 0.069 กิกะปาสกาล<sup>21</sup> และไม่ได้มี

การยึดติดกับผนังคลองรากฟันด้วยเรซินซีเมนต์ ส่งผลให้การกระจายแรงภายในรากฟันไม่สม่ำเสมอ การสะสมของความเค้นบริเวณด้านแก้ม-ด้านลิ้น และบริเวณแนวรอยร้าวจึงเกิดขึ้นไม่เท่ากันและไม่พร้อมกัน ดังนั้นแม้ว่าบริเวณแนวรอยร้าวจะเป็นตำแหน่งที่มีความอ่อนแอมากที่สุด แต่หากความเค้นสะสมที่ผนังรากฟันบริเวณอื่นมากกว่าก็อาจทำให้เกิดการแตกหักในตำแหน่งอื่นก่อน เมื่อเกิดการแตกหักหักจะหยุดการให้แรงทันที ส่งผลให้ไม่พบการแตกหักเพิ่มเติมตามแนวรอยร้าวเดิมในชิ้นงานเหล่านั้น

การศึกษานี้เลือกใช้ฟันวัวซึ่งนิยมนำมาใช้ในงานวิจัยทางทันตกรรมอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีคุณสมบัติหลายประการที่คล้ายฟันมนุษย์ ได้แก่ ความแข็งผิว (Hardness)<sup>31</sup> ความแข็งแรงยึดติดกับวัสดุทางทันตกรรม (Bond strength)<sup>32</sup> และระดับความทึบรังสี (Radiographic density)<sup>33</sup> รวมถึงมีกระบวนการสร้างฟัน<sup>34</sup> และมีองค์ประกอบภายในฟันที่คล้ายคลึงกัน Teruel และคณะในปี 2015<sup>35</sup> วิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบ (Elemental analysis) ภายในฟันมนุษย์เปรียบเทียบกับฟันวัว สุกร และแกะ พบว่าฟันวัวมีองค์ประกอบของแร่ธาตุที่คล้ายคลึงกับฟันมนุษย์มากที่สุด และในการศึกษาของ Castanho และคณะในปี 2011<sup>36</sup> พบว่าฟันวัวมีการตกตะกอนของท่อเนื้อฟันเกิดเป็นเนื้อฟันสเกลอโรติกได้เช่นเดียวกับฟันมนุษย์

ในงานวิจัยครั้งนี้กำหนดให้รากฟันสูงเหนือบล็อก 2 มิลลิเมตร เพื่อเป็นการจำลองให้เหมือนกับระดับความห่างของรอยต่อเคลือบฟัน-เคลือบรากฟัน (Cemento-enamel junction) กับกระดูกปกติในทางคลินิก<sup>37</sup> อีกทั้งยังได้มีการสร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลอง โดยใช้วัสดุซิลิโคนชนิดโพลีบอดีซึ่งมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นที่ใกล้เคียงกับเอ็นยึดปริทันต์ธรรมชาติในฟันมนุษย์ เอ็นยึดปริทันต์จำลองนี้มีบทบาทสำคัญในการช่วยกระจายแรงให้มีความคล้ายคลึงกับในทางคลินิก<sup>38,39</sup>

วิธีการให้แรงในการทดสอบความต้านทานการแตกหักของฟันมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการทดสอบ Linsuwanont และคณะในปี 2018<sup>40</sup> ทดสอบความต้านทานการแตกหักในฟันหน้าบนโดยให้แรงด้วยหัวกดรูปสี่เหลี่ยม (Chisel-shaped tip) บริเวณเหนือปุ่มฟันด้านเพดาน (Cingulum) ในทิศทาง 135° กับแนวแกนฟัน เพื่อเป็นการจำลองทิศทางของแรงบดเคี้ยวที่มักพบในบริเวณฟันหน้าบน Coelho-de-Souza และคณะในปี 2010<sup>41</sup> ทดสอบความต้านทานการแตกหักในฟันกรามน้อยที่ได้รับการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตโดยใช้หัวกดทรงกลมกดตั้งฉากกับ

แนวแกนฟัน หัวกดสัมผัสเฉพาะบริเวณปุ่มฟันด้านแก้มและด้านลิ้นที่ตำแหน่งกึ่งกลางฟันเพื่อทดสอบความเค้นแบบดึง (Tensile strength) บริเวณพื้นผิวยึดติดระหว่างฟันและวัสดุบูรณะ (Adhesive surface)<sup>42</sup> ส่วนในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความต้านทานการแตกหักของวัสดุบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันบริเวณรากฟันร้าวเท่านั้น จึงทดสอบโดยการกดรากฟันที่ตำแหน่งกึ่งกลางวัสดุบูรณะโดยให้แรงในแนวตั้ง (Vertical forces) ซึ่งเป็นแรงที่มักพบในฟันหลัง<sup>(43)</sup> ดังเช่นในการศึกษาของ Aboobaker และคณะในปี 2015<sup>16</sup> ทดสอบค่าความต้านทานการแตกหักของรากฟันที่ได้รับการบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยวัสดุที่แตกต่างกัน ด้วยหัวกดทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร กดตั้งฉากกับแนวแกนฟันด้วยความเร็วหัวกดคงที่ (Static loading) 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นความเร็วหัวกดที่นิยมใช้ในการทดสอบความต้านทานการแตกหักของรากฟัน<sup>9,37</sup> อย่างไรก็ตามการใช้ความเร็วหัวกดแบบคงที่อาจไม่สามารถจำลองสถานการณ์จริงทางคลินิกของการบดเคี้ยวที่มีลักษณะเป็นการให้แรงแบบต่อเนื่อง (Cyclic loading)<sup>44</sup> อีกทั้งการทดลองนี้ไม่ได้มีการจำลองสภาวะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจริงในช่องปาก (Thermocycling) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีอาจส่งผลต่อคุณสมบัติความแข็งแรงของวัสดุบูรณะได้<sup>45</sup>

ด้วยข้อจำกัดของวิธีการสร้างรอยร้าว เพื่อให้เกิดรอยร้าวบริเวณรากฟันที่สามารถควบคุมจำนวนรอยร้าว ขอบเขตและความยาวของรอยร้าวได้ จึงไม่อาจจำลองสภาวะฟันร้าวที่เกิดขึ้นจริงในทางคลินิกได้ทั้งหมด อีกทั้งในการทดสอบนี้ยังไม่ได้จำลองสภาวะการบดเคี้ยว และสภาวะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจริงในช่องปาก ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณสมบัติของวัสดุบูรณะ ดังนั้นในการศึกษาต่อไปอาจมีการพัฒนาวิธีการจำลองรอยร้าวที่สามารถสร้างรอยร้าวได้ตั้งแต่บริเวณตัวฟันจนถึงรากฟันเพื่อให้คล้ายคลึงกับลักษณะฟันร้าวในทางคลินิกมากที่สุด รวมถึงจำลองสภาวะแรงบดเคี้ยว และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่องปาก หรือมีการทดสอบทางคลินิกเพิ่มเติม อาจมีการพิจารณาใช้ไบโอเซรามิกซิลเลอร์ (Bioceramic sealer) ร่วมกับการอุดคลองรากฟัน เนื่องจากมีคุณสมบัติที่สามารถยึดติดกับผนังคลองรากฟันได้ ซึ่งอาจมีส่วนช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่รากฟัน<sup>46</sup> นอกจากนี้อาจมีการสังเกตและบันทึกผลในเรื่องของการขยายขอบเขตต่อของรอยร้าวและการเกิดรอยร้าวขึ้นใหม่หลังได้รับการเตรียมคลองรากฟันและการกรอเตรียมฟันที่สำหรับเดือยฟัน เนื่องจากอาจเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อค่าความต้านทานการแตกหักของรากฟัน

## บทสรุป

จากผลการศึกษาและการอภิปรายผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การบูรณะภายในคลองรากฟันที่มีรอยร้าวด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีและเติมฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยใต้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร ช่วยเพิ่มความต้านทานการแตกหักให้แก่รากฟันได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการอุดด้วยกัตตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียว และการบูรณะทั้งสองวิธีนี้มีค่าความต้านทานการแตกหักไม่แตกต่างกัน

## จริยธรรมการวิจัย

การศึกษานี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (คกส.) หมายเลขรับรอง COA/AE-07-2567

## ผลประโยชน์ทับซ้อน

ไม่มี

## แหล่งทุน

ไม่มี

## References

- Rivera E, Walton R. Cracking the cracked tooth code: detection and treatment of various longitudinal tooth fractures. Am Assoc Endodontists Colleagues for Excellence News Lett. 2008;2:1-19.
- Ricucci D, Siqueira Jr JF, Loghin S, Berman LH. The cracked tooth: histopathologic and histobacteriologic aspects. J Endod. 2015;41(3):343-52.
- Khovidhunkit S, Songmanee S. Prevalence of cracked tooth in a group of patients at the Faculty of Dentistry, Mahidol University. M Dent J. 2014;34(3):234-42.
- Liao WC, Tsai YL, Chen KL, Blicher B, Chang SH, Yeung SY, et al. Cracked teeth: Distribution and survival at 6 months, 1 year and 2 years after treatment. J Formos Med Assoc. 2022;121(1):247-57.
- Hiatt WH. Incomplete crown-root fracture in pulpal-periodontal disease. J Periodontol. 1973;44(6):369-79.
- Dewi A, Yeh Y, Vinaikos N, Lauwakul P. Management of cracked tooth with deep cracks and periodontal defect: A 1-year follow-up. Chiang Mai Dent J. 2020;41(2):175-86.
- Davis MC, Shariff SS. Success and survival of endodontically treated cracked teeth with radicular extensions: a 2-to 4-year prospective cohort. J Endod. 2019;45(7):848-55.
- Araújo LP, da Rosa WL, de Araujo TS, Immich F, da Silva AF, Piva E. Effect of an intraorifice barrier on endodontically treated teeth: A systematic review and meta-analysis of *in vitro* studies. Biomed Res Int. 2022;2022:8385200.
- Nagas E, Uyanik O, Altundasar E, Durmaz V, Cehreli ZC, Vallittu PK, et al. Effect of different intraorifice barriers on the fracture resistance of roots obturated with Resilon or gutta-percha. J Endod. 2010;36(6):1061-3.
- Kusrisomsup P, Muangmingsuk A, Senawongse P. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with dual-cured resin composite within root canal at different depths. M Dent J. 2014;34(1):28-36.
- Hunter A, Feiglin B, Williams J. Effects of post placement on endodontically treated teeth. J Prosthet Dent. 1989;62(2):166-72.
- Çapar İD, Uysal B, Ok E, Arslan H. Effect of the size of the apical enlargement with rotary instruments, single-cone filling, post space preparation with drills, fiber post removal, and root canal filling removal on apical crack initiation and propagation. J Endod. 2015;41(2):253-6.
- Ree M, Schwartz RS. The endo-restorative interface: current concepts. Dent Clin North Am. 2010;54(2):345-74.

14. Chauhan P, Garg A, Mittal R, Kumar H. A comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth using four different intraorifice barriers: An *in vitro* study. *J Conserv Dent*. 2019;22(5):420-4.
15. Thota KS, Bhavya KL, Sreeha K, Deshpande S, Javvadi J, Avina A. Comparative evaluation of reinforcing effect of three different intra-orifice barriers on pericervical dentin of endodontically treated teeth: An *in vitro* study. *J Conserv Dent*. 2024;27(12):1276-9.
16. Aboobaker S, Nair BG, Gopal R, Jituri S, Veetil FRP. Effect of intra-orifice barriers on the fracture resistance of endodontically treated teeth—an *ex-vivo* study. *J Clin Diagn Res*. 2015;9(2):17-20.
17. Yavari HR, Samiei M, Shahi S, Aghazadeh M, Jafari F, Abdolrahimi M, et al. Microleakage comparison of four dental materials as intra-orifice barriers in endodontically treated teeth. *Iran Endod J*. 2012;7(1):25-30.
18. Pest LB, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mater J*. 2002;18(8):596-602.
19. Jang JH, Park SJ, Min KS, Lee BN, Chang HS, Oh WM, et al. Stress behavior of cemented fiber-reinforced composite and titanium posts in the upper central incisor according to the post length: Two-dimensional finite element analysis. *J Dent Sci*. 2012;7(4):384-9.
20. Jain A, Shah NC, Kumar M, Ishwar S, Purkayastha DD, Mishra D, et al. Stress distribution pattern in two different no-post systems in endodontically treated maxillary central incisors: A three-dimensional finite element analysis. *J Conserv Dent*. 2024;27(6):572-6.
21. Boonrawd N, Rungsiyakull P, Rungsiyakull C, Louwakul P. Effects of composite resin core level and periodontal pocket depth on crack propagation in endodontically treated teeth: An extended finite element method study. *J Prosthet Dent*. 2022;128(2):195.e1-7.
22. Miguez P, Pereira P, Atsawasuwan P, Yamauchi M. Collagen cross-linking and ultimate tensile strength in dentin. *J Dent Res*. 2004;83(10):807-10.
23. Belli S, Eraslan O, Eskitascioglu G, Karbhari V. Monoblocks in root canals: a finite elemental stress analysis study. *Int Endod J*. 2011;44(9):817-26.
24. Zuli TAB, Guedes OA, Gonçalves GFZA, da Silva Júnior AR, Borges ÁH, Aranha AMF. Effect of post space preparation drills on the incidence of root dentin defects. *Restor Dent Endod*. 2020;45(4):e39.
25. Bhagat A, Mittal L, Mogla S, Kaur T, Dheeraj M, Marwah G. Impact of Root Dentin Thickness on the *in vitro* Compressive Strength of Teeth treated with Recent Post and Core Systems. *J Contemp Dent Pract*. 2017;18(11):1065-70.
26. Kuçi A, Azizi B. Understanding the Effects of Root Canal Treatment on Dentinal Cracks - A Narrative Review. *Int J Biomed*. 2025;15(1):24-30.
27. Chellapilla PK, Boddada MR, Jyothi M, Uppalapati LV, Konagala RK, Dasari L. Influence of obturating techniques on root dentin crack propagation: A micro-computed tomography assessment. *J Conserv Dent*. 2021;24(1):72-6.
28. Kishen A. Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. *Endod Topics*. 2006;13(1):57-83.
29. Lin GSS, Ghani NRNA, Noorani TY. The existence of butterfly effect and its impact on the dentinal microhardness and crack formation after root canal instrumentation. *Odontology*. 2021;109(3):672-8.
30. Sodvadiya UB, Bhat GS, Shetty A, Hegde MN, Shetty P. The “Butterfly Effect” and Its Correlation to the Direction of the Fracture Line in Root Dentin. *J Endod*. 2021;47(5):787-92.
31. Fonseca R, Haiter-Neto F, Carlo H, Soares C, Sinhoreti M, Puppini-Rontani R, et al. Radiodensity and hardness of enamel and dentin of human and bovine teeth, varying bovine teeth age. *Arch Oral Biol*. 2008;53(11):1023-9.

32. Soares F, Follak A, Da Rosa L, Montagner A, Lenzi T, Rocha R. Bovine tooth is a substitute for human tooth on bond strength studies: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Dent Mater.* 2016;32(11):1385-93.
33. Tanaka JLO, Medici Filho E, Salgado JAP, Salgado MAC, Moraes LC, Moraes MEL, et al. Comparative analysis of human and bovine teeth: radiographic density. *Braz Oral Res.* 2008;22(4):346-51.
34. Brown W, Christofferson P, Massler M, Weiss M. Postnatal tooth development in cattle. *Am J Vet Res.* 1960;21:7-34.
35. de Dios Teruel J, Alcolea A, Hernández A, Ruiz AJ. Comparison of chemical composition of enamel and dentine in human, bovine, porcine and ovine teeth. *Arch Oral Biol.* 2015;60(5):768-75.
36. Castanho GM, Marques MM, Marques JB, Camargo MA, Cara AA. Micromorphological and hardness analyses of human and bovine sclerotic dentin: a comparative study. *Braz Oral Res.* 2011;25(3):274-9.
37. Yasa E, Arslan H, Yasa B, Akcay M, Alsancak M, Hatirli H. The force required to fracture endodontically roots restored with various materials as intra-orifice barriers. *Niger J Clin Pract.* 2017;20(10):1237-41.
38. Jamani K, Harrington E, Wilson H. Rigidity of elastomeric impression materials. *J Oral Rehabil.* 1989;16(3):241-8.
39. Wang SJ, Wang SY. In vivo measurement of the elastic modulus of the human periodontal ligament. *Med Eng Phys.* 2003;25(2):163.
40. Linsuwanont P, Kulvitit S, Santiwong B. Reinforcement of simulated immature permanent teeth after mineral trioxide aggregate apexification. *J Endod.* 2018;44(1):163-7.
41. Coelho-de-Souza FH, Rocha AC, Rubini A, Klein-Júnior CA, Demarco FF. Influence of adhesive system and bevel preparation on fracture strength of teeth restored with composite resin. *Braz Dent J.* 2010;21(4):327-31.
42. Silva GR, Silva NR, Soares PV, Costa AR, Fernandes-Neto AJ, Soares CJ. Influence of different load application devices on fracture resistance of restored premolars. *Braz Dent J.* 2012;23(5):484-9.
43. Soliman P, Roshdy N, Fouda M. Assessment of fracture resistance in teeth with simulated perforating internal root resorption cavities repaired with biodentine, retro MTA and portland cement (A comparative in vitro study). *Acta Sci Dent Sci.* 2021;5(8):85-92.
44. Ordinola-Zapata R, Fok A. Research that matters: debunking the myth of the “fracture resistance” of root filled teeth. *Int Endod J.* 2021;54(3):297-300.
45. Schmoldt SJ, Kirkpatrick TC, Rutledge RE, Yaccino JM. Reinforcement of simulated immature roots restored with composite resin, mineral trioxide aggregate, gutta-percha, or a fiber post after thermocycling. *J Endod.* 2011;37(10):1390-3.
46. Almanie D, Alaathy S, Almohaimede EA. Fracture resistance of roots filled with bio-ceramic and epoxy resin-based sealers: *In vitro* study. *Eur Endod J.* 2020;5(2):134-7.

### ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

กุลนันท์ ดำรงวุฒิ

ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์  
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

โทรศัพท์ : 02 649 5212 ต่อ 15112

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : Kunlanun@g.swu.ac.th



# Effect of Restoration Method on Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth with Radicular Cracks

Suwanan Sinsongsook<sup>1</sup> Kunlanun Dumrongvute<sup>1,\*</sup>

## Research Article

### Abstract

**Objective:** To compare the fracture resistance of radicular cracks obturated with gutta-percha and restored by using dual-cured resin composite or a fiber-reinforced composite post placed 2 mm apical to the cracks.

**Materials and Methods:** 30 Bovine teeth were decoronated to obtain a standardized root length of 12 mm. Longitudinal cracks were simulated using a hammer and chisel, and only roots presenting a single crack line measuring 4–5 mm on the external surface were selected. Root canals were prepared and obturated with gutta-percha. The specimens were divided into three groups. Group 1, obturated with gutta-percha without additional restoration; Group 2, restored with dual-cured resin composite placed 2 mm apical to the cracks and Group 3, restored with a fiber-reinforced composite post placed 2 mm apical to the cracks. Fracture resistance testing was performed using a Universal Testing Machine. A compressive force was applied centrally over the canal opening until fracture occurred. The maximum force (newton) and fracture patterns were recorded.

**Results:** The highest mean compressive force was observed in the fiber-reinforced composite post group ( $717.753 \pm 72.44$  N), followed by the dual-cured resin composite group ( $680.308 \pm 51.69$  N). The gutta-percha group demonstrated the lowest value ( $207.165 \pm 37.28$  N). One-way ANOVA and Tukey's HSD test revealed statistically significant differences between the gutta-percha group and the other two groups ( $p < 0.05$ ). However, no significant difference was found between the dual-cured resin composite group and the fiber-reinforced composite post group ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion:** Restoration of radicular cracks by using dual-cured resin composite and fiber-reinforced composite post significantly improved fracture resistance compared with gutta-percha. However, no significant differences were found between these two restoration methods.

**Keywords:** Radicular cracks/ Intra-orifice barrier/ Dual-cured resin composite/ Fiber-reinforced composite post/ Fracture resistance

### Corresponding author

Kunlanun Dumrongvute

Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics,

Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University,

Wattana, Bangkok 10110.

Tel. : +66 2 649 5212 ext. 15112

E-mail : Kunlanun@g.swu.ac.th

<sup>1</sup> Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University.

\* Corresponding author



## ประสบการณ์ฟันผุและปัจจัยทำนายสภาวะฟันผุ ของวัยทำงาน อำเภอโพนทอง จังหวัดร้อยเอ็ด

อรรพรรณ นามมนตรี<sup>1,\*</sup> อัญพิชชา สมทางดี<sup>2</sup> สริญญา วรกฎ<sup>3</sup> เยวพา จันทบุตร<sup>4</sup>

บทความวิจัย

### บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** เพื่อศึกษาประสบการณ์ฟันผุและปัจจัยทำนายสภาวะฟันผุของวัยทำงาน

**วัตถุประสงค์และวิธีการ:** การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง กลุ่มตัวอย่างคือกลุ่มวัยทำงาน อายุ 18–59 ปี จำนวน 250 คนที่อาศัยในเขตอำเภอโพนทอง จังหวัดร้อยเอ็ด เก็บรวบรวมข้อมูลส่วนบุคคล ความรอบรู้ด้านสุขภาพช่องปาก ความเชื่ออำนาจในตนและพฤติกรรมกรดแลสสุขภาพช่องปากโดยใช้แบบสอบถาม เก็บข้อมูลสภาวะฟันผุโดยใช้แบบตรวจสภาวะฟันผุ ระหว่างเดือนกรกฎาคม–ตุลาคม 2566 ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยคำนวณค่า IOC (Index of objective congruence) ได้เท่ากับ 0.67-1 ความเชื่อมั่นของแบบสอบถามมีค่าระหว่าง 0.82–0.92 วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ประกอบด้วยค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุดและวิเคราะห์หาปัจจัยทำนายสภาวะฟันผุโดยใช้สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การทดสอบไคสแควร์ การทดสอบพีชเชอร์ การทดสอบสหสัมพันธ์และการทดสอบพหุคูณแบบขั้นตอน

**ผล:** กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (68.8%) อายุเฉลี่ย 46.58 ปี (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.53) กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 80 มีฟันผุ และมีค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอนอุดเท่ากับ 9.2 ซี่ต่อคน โดยมีค่าเฉลี่ยฟันผุ 5.61 ซี่ต่อคน ค่าเฉลี่ยฟันถอน 1.69 ซี่ต่อคนและค่าเฉลี่ยฟันอุด 1.90 ซี่ต่อคน ปัจจัยทำนายสภาวะฟันผุในกลุ่มวัยทำงาน ได้แก่ อายุ ( $\beta=0.17, p=0.006$ ) ความรอบรู้ด้านสุขภาพช่องปาก ( $\beta=-0.18, p=0.007$ ) และพฤติกรรมกรดแลสสุขภาพช่องปาก ( $\beta=-0.19, p=0.006$ ) โดยตัวแปรดังกล่าวรวมกันทำนายสภาวะฟันผุได้ 17% ( $R^2=0.17, p<0.001$ )

**บทสรุป:** ปัจจัยทำนายสภาวะฟันผุในวัยทำงานได้แก่ อายุ ความรอบรู้ด้านสุขภาพช่องปากและพฤติกรรมกรดแลสสุขภาพช่องปาก ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการป้องกันฟันผุโดยอาจส่งเสริมความรู้ด้านสุขภาพช่องปากและพฤติกรรมกรดแลสสุขภาพช่องปาก

**คำชี้แจง:** ความรอบรู้ด้านสุขภาพช่องปาก/ ความเชื่ออำนาจในตน/ พฤติกรรมกรดแลสสุขภาพช่องปาก/ สภาวะฟันผุ/ วัยทำงาน

Received: Jul 12, 2025

Revised: Jan 27, 2026

Accepted: Mar 02, 2026

### บทนำ

วัยทำงานหรือวัยแรงงานเป็นวัยที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ มีบทบาทสำคัญในการผลิตสินค้าและบริการ การขับเคลื่อนเศรษฐกิจและการสร้างนวัตกรรม อีกทั้งยังเป็นกลุ่มที่เสียภาษีหลักสนับสนุนระบบสวัสดิการสังคม หากวัยทำงานมีสุขภาพดี มีทักษะที่เหมาะสมและได้รับการสนับสนุนที่เพียงพอ จะส่งผลต่อการเติบโตอย่างยั่งยืนของประเทศ<sup>1</sup> โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

(Non-Communicable Diseases; NCDs) เป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญในกลุ่มวัยทำงาน เนื่องจากพฤติกรรมการใช้ชีวิตที่ไม่เหมาะสม เช่น การบริโภคอาหารไม่ถูกหลักโภชนาการ การขาดการออกกำลังกาย การสูบบุหรี่ และการดื่มแอลกอฮอล์ล้วนเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคเหล่านี้ได้และปัญหาสุขภาพอย่างอื่นตามมา<sup>2</sup> จากผลสำรวจสภาวะทันตสุขภาพแห่งชาติ ครั้งที่ 9 พบปัญหาหลักของวัยทำงานคือการสูญเสีย

<sup>1</sup> วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดขอนแก่น

<sup>2</sup> กลุ่มงานทันตกรรม โรงพยาบาลเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

<sup>3</sup> กลุ่มงานทันตกรรม โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเหล่าทอง อำเภอโซ่พิสัย จังหวัดบึงกาฬ

<sup>4</sup> กลุ่มงานทันตกรรม โรงพยาบาลโพนทอง อำเภอโพนทอง จังหวัดร้อยเอ็ด

\* ผู้ประพันธ์บทความ

ฟันและมีฟันผุ พบความชุกของโรคฟันผุที่ยังไม่ได้รับการรักษาร้อยละ 52.9 เฉลี่ย 1.6 ซี่ต่อคน ร้อยละ 80.9 ของกลุ่มวัยทำงาน จำเป็นต้องได้รับการอุดฟัน สำหรับพฤติกรรมกรรมการดูแลสุขภาพช่องปาก กลุ่มวัยทำงานร้อยละ 73.7 ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของน้ำตาล ใช้ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์เพียงร้อยละ 67.2 มีร้อยละของการใช้อุปกรณ์เสริมร่วมกับการแปรงฟันเช่น ไหมขัดฟันและแปรงซอกฟันเท่ากับ 18.3 และ 2.1 ตามลำดับ ซึ่งเป็นสัดส่วนที่น้อยและส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุและอาจนำมาซึ่งการสูญเสียฟันหากไม่ได้รับการรักษาที่เหมาะสมและทันเวลา<sup>3</sup> การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับฟันผุช่วยให้สามารถเข้าใจสาเหตุของโรคและนำไปสู่การวางแผนป้องกันและควบคุมโรคฟันผุได้อย่างมีประสิทธิภาพในทั้งในระดับบุคคลและชุมชน

ความรู้ด้านสุขภาพ (Health Literacy) เป็นแนวคิดที่ประเทศไทยให้ความสำคัญมากขึ้น โดยกำหนดการสร้างความรู้ด้านสุขภาพไว้ในยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ. 2561-2580) ในประเด็นยุทธศาสตร์ชาติด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์<sup>4</sup> แนวคิดความรู้ด้านสุขภาพจึงถูกนำไปใช้ทางด้านสาธารณสุขหลายด้านรวมถึงด้านทันตสาธารณสุข โดยสำนักทันตสาธารณสุขได้นำแนวคิดความรู้ด้านสุขภาพมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการและกิจกรรมการดำเนินงานทันตสาธารณสุขตั้งแต่ปี 2561 จนถึงปัจจุบัน<sup>5</sup> Horowitz and Kleinman (2008) ได้นิยามความรู้ด้านสุขภาพช่องปากไว้ว่า “บุคคลมีความสามารถที่จะได้รับการคิดวิเคราะห์และเข้าใจข้อมูลสุขภาพขั้นพื้นฐานในช่องปากและบริการที่จำเป็นในการตัดสินใจเลือกรับบริการสุขภาพที่เหมาะสม”<sup>6</sup> จากการศึกษาวิจัยในอดีตพบว่าผู้ที่มีความรู้ด้านสุขภาพช่องปากสูงจะมีความสะอาดในช่องปากและสภาวะปริทันต์ดีกว่า มีฟันผุและสูญเสียฟันน้อยกว่าผู้ที่มีความรู้ด้านสุขภาพช่องปากต่ำ<sup>7-14</sup>

ความเชื่ออำนาจในตน (Internal locus of control) เป็นปัจจัยทางจิตวิทยาที่พบมีความเชื่อมโยงกับพฤติกรรมกรรมมีสุขภาพดี ผู้ที่มีความเชื่ออำนาจในตนจะเชื่อว่าเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิต ผลดีหรือผลเสียที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการกระทำและลักษณะพฤติกรรมของตนเองและตนเองสามารถควบคุมสิ่งที่จะเกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง<sup>15</sup> จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าผู้ที่มีความเชื่ออำนาจในตนสูงจะมีทัศนคติที่ดีและมีพฤติกรรมกรรมการดูแลสุขภาพช่องปากดีกว่าผู้ที่มีความเชื่ออำนาจในตนน้อยกว่า<sup>16,17</sup> การศึกษาตัวแปรจากหลาย

มุมมองช่วยให้เข้าใจสาเหตุที่ซับซ้อนของโรคฟันผุได้อย่างรอบด้าน ทำให้วางแผนป้องกันและรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพความรู้ด้านสุขภาพช่องปาก ความเชื่ออำนาจในตน พฤติกรรมการดูแลสุขภาพช่องปากและปัจจัยทำนายสภาวะฟันผุของกลุ่มวัยทำงาน

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง กลุ่มตัวอย่างเป็นวัยทำงาน อำเภอโพธารอง จังหวัดราชบุรี มีเกณฑ์คัดเข้าคือ วัยทำงานอายุ 18-59 ปีที่อาศัยอยู่ในอำเภอโพธารอง จังหวัดราชบุรี ตั้งแต่ 1 ปีขึ้นไป สามารถอ่านและสื่อสารภาษาไทยได้และยินยอมเข้าร่วมการวิจัย มีเกณฑ์การคัดออกคือ มีโรคประจำตัวหรือโรคติดต่อร้ายแรงจนเป็นอุปสรรคต่อการดำเนินการวิจัย เช่น ผู้ป่วยวัณโรคระยะติดต่อ ผู้ป่วยโควิด-19 ผู้ป่วยติดเตียง ผู้พิการในการสื่อสารหรือเป็นผู้ที่ไม่สามารถอ่านปากให้ตรวจช่องปากได้

คำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมคำนวณตัวอย่างสำเร็จรูป G\*power Test family เลือก F-test, Statistical test เลือก Linear multiple regression: fix model, R<sup>2</sup> deviation from zero กำหนดค่าอิทธิพลขนาดกลาง (Effect size) = 0.15 กำหนดอำนาจทดสอบ (1-β) เท่ากับ 0.80 และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (α) เท่ากับ 0.05 ผู้วิจัยเพิ่มจำนวนตัวอย่างจำนวน 10% ได้จำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 250 คน<sup>18,19</sup> สุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified random sampling) ตามเขตพื้นที่รับผิดชอบทั้ง 4 เขตในอำเภอโพธารอง จังหวัดราชบุรี จากนั้นใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยคอมพิวเตอร์ได้จำนวน 4 ตำบลคือ ตำบลหนองใหญ่ ตำบลแวง ตำบลสระนกแก้ว และตำบลค่านาดิ จากทั้งหมด 14 ตำบล และสุ่มตัวอย่างจากรายชื่อกลุ่มตัวอย่างตามสัดส่วนประชากรในแต่ละตำบล (Proportional to size)

การศึกษานี้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดขอนแก่น เลขที่ HE661023 อาสาสมัครจะได้รับการชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัย ประโยชน์และผลกระทบที่กลุ่มตัวอย่างอาจได้รับในการวิจัย โดยอาสาสมัครมีสิทธิที่จะตอบรับหรือปฏิเสธการเข้าร่วมการวิจัย เมื่ออาสาสมัครรับทราบข้อมูลและสมัครใจเข้าร่วมการศึกษาจึงให้ลงชื่อยินยอมโดยสมัครใจ ก่อนการเก็บข้อมูล ทั้งนี้ข้อมูลของอาสาสมัครจะถูกเก็บเป็นความลับและจะนำเสนอผลการศึกษาในภาพรวมเท่านั้น

การศึกษานี้เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม 2566 โดยเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ 1. แบบสอบถามและ 2. แบบตรวจสอบภาวะฟันผุ ซึ่งผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ซึ่งเป็นทันตแพทย์ 2 คนและนักวิชาการสาธารณสุข 1 คน คำนวณค่าความตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้ IOC (Index of objective congruence) มีค่าระหว่าง 0.67-1 จากนั้นได้นำไปทดลองใช้ในกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายกันกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 30 คน เพื่อหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ การมีโรคประจำตัวที่สัมพันธ์กับการเสี่ยงเพิ่มขึ้นของฟันผุ เช่น โรคเบาหวาน โรคกรดไหลย้อนและโรคที่ต้องรักษาด้วยยาที่ทำให้เกิดภาวะปากแห้ง น้ำลายน้อย ลักษณะคำถามเป็นแบบเลือกตอบและเติมคำในช่องว่าง จำนวน 5 ข้อ

ส่วนที่ 2 แบบวัดความรู้ด้านสุขภาพช่องปาก ผู้วิจัยเก็บข้อมูลความรู้ด้านสุขภาพช่องปากด้วยแบบสอบถามที่พัฒนาองค์ประกอบจากแนวคิดของ Nutbeam<sup>20</sup> และจากการสำรวจความรู้ด้านสุขภาพของประชาชนไทยอายุ 15 ปีขึ้นไป<sup>21</sup> ให้สอดคล้องกับสุขภาพช่องปากของวัยทำงาน ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพช่องปาก (8 ข้อ) การเข้าถึงแหล่งข้อมูล (4 ข้อ) ทักษะการสื่อสารทางสุขภาพช่องปาก (3 ข้อ) ทักษะการรู้เท่าทันสื่อทางสุขภาพช่องปาก (3 ข้อ) ทักษะการจัดการตัวเองทางสุขภาพช่องปาก (5 ข้อ) ทักษะการตัดสินใจทางสุขภาพช่องปาก (3 ข้อ) จำนวนทั้งหมด 26 ข้อ องค์ประกอบความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพช่องปาก ตอบถูกได้ 1 คะแนนตอบผิดหรือไม่แน่ใจได้ 0 คะแนน องค์ประกอบอื่น ๆ ลักษณะคำถามเป็นมาตรประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert's scale) 5 ระดับ ได้แก่ น้อยที่สุด (1) น้อย (2) ปานกลาง (3) มาก (4) และมากที่สุด (5) คะแนนรวมทั้งแบบวัดมีค่า 18-98 คะแนน โดยองค์ประกอบความรู้ความเข้าใจทางสุขภาพช่องปาก วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นโดยใช้คูเดอรีชาตสัน (KR-20) มีค่าเท่ากับ 0.76 ส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ ได้ค่าความเชื่อมั่น (สัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค; Alpha Cronbach's coefficient) เท่ากับ 0.92

ส่วนที่ 3 แบบวัดความเชื่ออำนาจในตน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรม<sup>22</sup> จำนวน 8 ข้อตามแนวคิดของ Rotter ถามเกี่ยวกับความเชื่อในการดูแลสุขภาพช่องปากเพื่อป้องกันฟันผุด้วยตนเอง ยกตัวอย่างคำถาม เช่น

“ฉันสามารถดูแลเหงือกและฟันให้แข็งแรงได้” (ข้อคำถามเชิงบวก) “ถ้าพ่อกับแม่มีฟันผุ ฉันก็จะมีฟันผุเหมือนกัน” (ข้อคำถามเชิงลบ) “หมอฟันหรือทันตบุคลากรเท่านั้นที่จะช่วยให้ไม่มีฟันผุ” (ข้อคำถามเชิงลบ) ลักษณะคำถามเป็นมาตรประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert's scale) 5 ระดับ ได้แก่ เห็นด้วยมากที่สุด (5) เห็นด้วยมาก (4) เห็นด้วยปานกลาง (3) เห็นด้วยน้อย (2) และไม่เห็นด้วยเลย (1) คะแนนรวมมีค่า 8-40 คะแนน วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นได้เท่ากับ 0.83

ส่วนที่ 4 แบบสอบถามพฤติกรรมการดูแลสุขภาพช่องปากโดยผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 10 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยวกับการแปรงฟันหลังรับประทานอาหารรวมทั้งการแปรงลิ้น การใช้อุปกรณ์เสริมเช่นไหมขัดฟันหรือแปรงซอกฟัน การใช้ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ การรับประทานอาหารหวานเช่นขนม เครื่องดื่มที่มีน้ำตาล การไปพบทันตบุคลากรเพื่อรับการตรวจสุขภาพช่องปากหรือเมื่อมีปัญหา ลักษณะคำถามเป็นมาตรประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert's scale) 5 ระดับ ได้แก่ ปฏิบัติเป็นประจำ (5) ปฏิบัติบ่อยครั้ง (4) ปฏิบัติบางครั้ง (3) ปฏิบัตินาน ๆ ครั้ง (2) และไม่ปฏิบัติเลย (1) คะแนนรวมมีค่า 10-50 คะแนน วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นได้เท่ากับ 0.82

แบบตรวจสอบภาวะฟันผุใช้เก็บข้อมูลสถานะฟันผุโดยใช้เกณฑ์การตรวจและลงรหัสตามเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก<sup>23</sup> โดยไม่รวมฟันผุระยะเริ่มแรก (Initial caries) การตรวจสุขภาพช่องปากดำเนินการโดยผู้วิจัยและผู้ช่วยบันทึกข้อมูล 1 คน โดยใช้ชุดตรวจพื้นฐาน ได้แก่ ที่ตรวจหารอย (Explorer) และกระจกส่องปาก (Mouth mirror) ภายใต้แสงจากไฟฉาย มีการปรับมาตรฐานการตรวจกับทันตแพทย์ที่เป็น Gold standard ในประชาชนวัยทำงานที่มีลักษณะใกล้เคียงกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน วิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของการตรวจสถานะฟันผุโดยสถิติแคปปาได้ค่าเท่ากับ 0.81

#### ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยแนะนำตัวเอง ชี้แจงวัตถุประสงค์และรายละเอียดของการศึกษาวิจัยให้กลุ่มตัวอย่างรับฟัง และรวมถึงการพิทักษ์สิทธิ์แก่กลุ่มตัวอย่างและมีเวลาให้กลุ่มตัวอย่างตัดสินใจก่อนเข้าร่วมโครงการโดยมีการลงลายมือชื่อกรณียินยอมเข้าร่วมการวิจัย

2. ผู้วิจัยออกตรวจและเก็บข้อมูลในพื้นที่โดยทำการตรวจช่องปากโดยผู้วิจัย โดยสถานที่ในการตรวจฟันและสอบถามข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจะใช้บริเวณที่มีอากาศถ่ายเท มีความสงบและปลอดภัย มีความเป็นส่วนตัว โดยสถานที่เก็บ

ข้อมูลเป็นที่บ้านหรือห้องประชุมภายในสถานที่ทำงานของกลุ่มตัวอย่าง

3. เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการเก็บแบบสอบถามกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนด โดยให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามด้วยตนเองและใช้การสัมภาษณ์กรณีที่กลุ่มตัวอย่างไม่สะดวกในการอ่านข้อความและตอบด้วยตนเองใช้เวลาเฉลี่ยในการตอบแบบสอบถาม 30 นาที รวมการตรวจสถานะฟันผุ

4. ผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของข้อมูลและนำข้อมูลลงรหัสคะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ก่อนนำไปวิเคราะห์ข้อมูลในลำดับถัดไป

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุดใช้เพื่ออธิบาย บรรยาย และสรุปลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง ใช้สถิติเชิงอนุมานประกอบด้วย การทดสอบไคสแควร์ (Chi-square test) การทดสอบฟิชเชอร์ (Fisher's exact test)

การทดสอบสหสัมพันธ์ (Pearson correlation) และการทดสอบพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise multiple linear regression) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยทำนายสถานะฟันผุของกลุ่มวัยทำงาน

## ผล

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 68.8 มีค่าเฉลี่ยของอายุเท่ากับ 46.58 ปี (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10.53) ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรสร้อยละ 66.0 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายร้อยละ 43.6 อาชีพเกษตรกรร้อยละ 63.2 กลุ่มตัวอย่างไม่มีโรคประจำตัว ไม่ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และไม่สูบบุหรี่คิดเป็นร้อยละ 63.6, 59.6 และ 92.8 ตามลำดับ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีฟันผุ ร้อยละ 80 มีค่าเฉลี่ยฟันผุ 5.61 ซี่ต่อคน ค่าเฉลี่ยฟันถอน 1.69 ซี่ต่อคน ค่าเฉลี่ยฟันอุด 1.90 ซี่ต่อคนและค่าเฉลี่ยฟันแท้ผุ ถอน อุด 9.2 ซี่ต่อคน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและสถานะฟันผุของกลุ่มตัวอย่าง

Table 1 Demographic data and caries condition (n=250)

| Variables                                       | Frequency | Percentage |
|-------------------------------------------------|-----------|------------|
| Gender                                          |           |            |
| Male                                            | 78        | 31.2       |
| Female                                          | 172       | 68.8       |
| Age                                             |           |            |
| Mean 46.58 years (SD 10.53), Min : Max 19:59    |           |            |
| Marital status                                  |           |            |
| Single                                          | 46        | 18.4       |
| Married                                         | 165       | 66.0       |
| Widowed/divorced/separated                      | 39        | 15.6       |
| Educational level                               |           |            |
| Primary level                                   | 87        | 34.8       |
| Secondary level                                 | 109       | 43.6       |
| Diploma                                         | 15        | 6.0        |
| Bachelor degree and above                       | 39        | 15.6       |
| Occupation                                      |           |            |
| State enterprise officer/government official    | 27        | 10.8       |
| Own business                                    | 32        | 12.8       |
| Farmers                                         | 158       | 63.2       |
| Employee                                        | 33        | 13.2       |
| Medical condition                               |           |            |
| No                                              | 159       | 63.6       |
| Yes                                             | 91        | 36.4       |
| Caries                                          |           |            |
| No                                              | 50        | 20         |
| Yes                                             | 200       | 80         |
| DMFT 9.2 teeth/person (DT=5.61 MT=1.69 FT=1.90) |           |            |

Note: DMFT= Decayed Missing and Filled Teeth, DT=Decayed teeth, MT=Missing teeth, FT= Filled teeth

กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความรู้ด้านสุขภาพช่องปากเท่ากับ 71.42 คะแนน (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.79 คะแนนต่ำสุด 42 คะแนน สูงสุด 98 คะแนน) จากคะแนนเต็ม 98 คะแนน

กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยความเชื่ออำนาจในตนเท่ากับ 30.53 คะแนน (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 5.08 คะแนนต่ำสุด 17 คะแนน สูงสุด 40 คะแนน) จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน

กลุ่มตัวอย่างมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการดูแลสุขภาพช่องปากเท่ากับ 35.64 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ

6.64 คะแนนต่ำสุด 12 คะแนน สูงสุด 50 คะแนน) จากคะแนนเต็ม 50 คะแนน

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคลและพฤติกรรมสุขภาพกับการมีฟันผุ โดยใช้การทดสอบไคสแควร์ (Chi-square test) และการทดสอบฟิชเชอร์ (Fisher's exact test) คำนวณหาขนาดของความสัมพันธ์ (Odd ratios: OR) และช่วงเชื่อมั่น (95% Confidence interval) พบว่าสถานภาพสมรส ระดับการศึกษาและอาชีพ มีความสัมพันธ์กับการมีฟันผุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ตารางที่ 2)

**ตารางที่ 2** ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการมีฟันผุเมื่อวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบไคสแควร์และฟิชเชอร์

**Table 2** Associated factors with dental caries using Chi-square and Fisher's exact test

| Variables                 | Dental caries        |                     | OR   | 95% CI of OR | P-value             |
|---------------------------|----------------------|---------------------|------|--------------|---------------------|
|                           | Yes<br>Frequency (%) | No<br>Frequency (%) |      |              |                     |
| Gender                    |                      |                     |      |              |                     |
| Males                     | 68 (87.2)            | 10 (12.8)           | 2.06 | 0.97-4.37    | 0.056 <sup>a</sup>  |
| Females                   | 132 (76.7)           | 40 (23.3)           |      |              |                     |
| Marital status            |                      |                     |      |              |                     |
| Married                   | 141 (85.5)           | 24 (14.5)           | 2.59 | 1.37-4.87    | 0.003 <sup>a</sup>  |
| Single/widowed/divorced   | 59 (69.4)            | 26 (30.6)           |      |              |                     |
| Educational level         |                      |                     |      |              |                     |
| Lower bachelor degree     | 179 (84.8)           | 32 (15.2)           | 4.79 | 2.30-9.98    | <0.001 <sup>a</sup> |
| Bachelor degree and above | 21 (53.8)            | 18 (46.2)           |      |              |                     |
| Occupation                |                      |                     |      |              |                     |
| Farmers                   | 141 (89.2)           | 17 (10.8)           | 4.64 | 2.39-8.97    | <0.001 <sup>a</sup> |
| Non-farmers               | 59 (64.1)            | 33 (35.9)           |      |              |                     |
| Medical diseases          |                      |                     |      |              |                     |
| No                        | 124 (78)             | 35 (22)             | 0.69 | 0.36-1.36    | 0.293 <sup>a</sup>  |
| Yes                       | 76 (83.5)            | 15 (16.5)           |      |              |                     |
| Alcohol consumption       |                      |                     |      |              |                     |
| No                        | 117 (78.5)           | 32 (21.5)           | 0.79 | 0.42-1.51    | 0.478 <sup>a</sup>  |
| Yes                       | 83 (82.2)            | 18 (17.8)           |      |              |                     |
| Smoking                   |                      |                     |      |              |                     |
| No                        | 185 (79.7)           | 47 (20.3)           | 0.79 | 0.22-2.83    | 0.710 <sup>b</sup>  |
| Yes                       | 15 (83.3)            | 3 (16.7)            |      |              |                     |

Note: a=Chi-square test, b=Fisher's exact test

เมื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนฟันที่ผุ โดยการใช้การทดสอบสหสัมพันธ์พบว่าอายุมีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนฟันผุหมายถึง เมื่ออายุมากขึ้นจะมีจำนวนฟันผุมากขึ้น ( $r=0.27$ ,  $p<0.001$ ) ในขณะที่ความรอบรู้ด้านสุขภาพช่องปาก ความเชื่ออำนาจในตนและพฤติกรรม การดูแลสุขภาพช่องปากมีความสัมพันธ์ทางลบกับจำนวนฟันผุนั้น หมายถึง ถ้ามีความรอบรู้ด้านสุขภาพช่องปาก ความเชื่ออำนาจในตนและพฤติกรรม การดูแลสุขภาพช่องปากมากจะมีจำนวนฟันผุลดลง ( $r=-0.27$ ,  $p<0.001$ ,  $-0.24$ ,  $p<0.001$  และ  $-0.27$ ,  $p<0.001$  ตามลำดับ) (ตารางที่ 3)

ตัวแปรเพศ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษาและอาชีพ ที่เป็นตัวแปรระดับนามบัญญัติ (Nominal scale) ถูกเปลี่ยนเป็นตัวแปรหุ่น (Dummy variable ให้รหัส 0 และ 1) ก่อนวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบพหุคูณแบบขั้นตอน (Multiple linear regression) ตัวแปรต่อเนื่องทุกตัวได้แก่ อายุ ความรอบรู้ด้านสุขภาพช่องปาก ความเชื่ออำนาจในตน

และพฤติกรรม การดูแลสุขภาพช่องปากถูกนำไปวิเคราะห์ร่วมด้วย โดยทุกตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์มีค่า  $p<0.25$  จากนั้นผู้วิจัยได้คัดกรองข้อมูล (Data Screening) โดยพบว่า การแจกแจงข้อมูลที่เป็นค่าคงค้าง (Residual) มีการแจกแจงแบบปกติ ตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีความคงที่ทุกค่าการสังเกต (Homocedasticity) ตัวแปรที่นำมาใช้พยากรณ์มีความสัมพันธ์ไม่สูงเกินไปโดยมีค่า Multicollinearity หรือ  $VIF<10$  เมื่อวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบพหุคูณแบบขั้นตอน (Multiple linear regression โดยวิธี stepwise) พบว่าปัจจัยทำนายฟันผุได้แก่ อายุ ( $\beta=0.17$ ,  $p=0.006$ ) ความรอบรู้ด้านสุขภาพช่องปาก ( $\beta=-0.18$ ,  $p=0.007$ ) และ พฤติกรรม การดูแลสุขภาพช่องปาก ( $\beta=-0.19$ ,  $p=0.006$ ) ทั้ง 3 ตัวแปรร่วมกันทำนายฟันผุได้ร้อยละ 17 ( $R^2=0.17$ ,  $p<0.001$ ) (ตารางที่ 4)

**ตารางที่ 3** ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนฟันผุเมื่อวิเคราะห์ด้วยสถิติสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

**Table 3** Relationships between associated factors and numbers of tooth decayed using Pearson correlation coefficients

| Variables                 | Number of decayed teeth |         |
|---------------------------|-------------------------|---------|
|                           | r                       | p-value |
| Age                       | 0.27                    | <0.001  |
| Oral health literacy      | -0.27                   | <0.001  |
| Internal locus of control | -0.24                   | <0.001  |
| Oral health behaviors     | -0.27                   | <0.001  |

**ตารางที่ 4** การทดสอบพหุคูณแบบขั้นตอนเพื่อหาปัจจัยทำนายสภาวะฟันผุ

**Table 4** Predictive factors of dental caries using multiple linear regression

| Factors                                                                    | b     | S.E. | $\beta$ | t     | p-value |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|------|---------|-------|---------|
| Constant                                                                   | 13.13 | 2.95 |         | 4.46  | <0.001  |
| Age                                                                        | 0.08  | 0.03 | 0.17    | 2.76  | 0.006   |
| Oral health literacy                                                       | -0.09 | 0.03 | -0.18   | -2.72 | 0.007   |
| Oral health behavior                                                       | -0.15 | 0.05 | -0.19   | -2.75 | 0.006   |
| $R = 0.41$ , $R^2 = 0.17$ , $R^2$ adjusted = 0.16, $F = 16.68$ , $p<0.001$ |       |      |         |       |         |

Note: b = unstandardized beta coefficients,  $\beta$ =standardized beta coefficients

## บทวิจารณ์

จากการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 80 มีฟันผุ มีค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุด เท่ากับ 9.2 ซี่ต่อคน โดยมีค่าเฉลี่ยฟันผุ 5.61 ซี่ต่อคน ค่าเฉลี่ยฟันถอน 1.69 ซี่ต่อคนและค่าเฉลี่ยฟันอุด 1.90 ซี่ต่อคน ซึ่งค่าดังกล่าวค่อนข้างสูงทั้งในส่วนของคุณภาพและค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุด โดยค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุด ที่มากกว่า 4.4 ซี่ต่อคนจัดอยู่ในระดับสูงมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวัยทำงานมีแนวโน้มจะรับประทานอาหารที่เสี่ยงทำให้เกิดฟันผุและไม่ได้ทำความสะอาดช่องปากให้ดีพอนำมาซึ่งการเกิดฟันผุและสูญเสียฟัน จากผลสำรวจสภาวะทันตสุขภาพแห่งชาติครั้งที่ 9 วัยทำงานอายุ 35-44 ปี ร้อยละ 94.4 มีฟันผุ การเปรียบเทียบร้อยละของผู้ที่มีฟันผุกับงานวิจัยนี้อาจไม่เหมาะสมเนื่องจากกลุ่มอายุที่ใช้ในงานวิจัยคือ 18-59 ปี ซึ่งช่วงอายุจะกว้างกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มตัวอย่างในการสำรวจสภาวะทันตสุขภาพแห่งชาติครั้งล่าสุดที่ใช้กลุ่ม 35-44 ปีเป็นตัวแทนวัยทำงาน และเมื่อพิจารณาจากกลุ่มอายุอื่นในผลสำรวจครั้งล่าสุดพบว่า มีร้อยละการมีฟันผุเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นและอาจส่งผลต่อการบดเคี้ยวและการใช้ชีวิตประจำวัน

เมื่อพิจารณาปัจจัยทำนายสภาวะฟันผุพบว่า อายุ ความรอบรู้ด้านสุขภาพช่องปากและพฤติกรรมการดูแลสุขภาพช่องปากร่วมกันทำนายจำนวนฟันผุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสามารถอธิบายความแปรปรวนของจำนวนฟันผุได้ 17% พบว่าเมื่ออายุเพิ่มขึ้นจะมีจำนวนฟันผุเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากมีการร่นของเหงือก ทำให้รากฟันโผล่ ซึ่งความต้านทานต่อกรดจะน้อยลง อีกทั้งปริมาณและคุณภาพของน้ำลายที่เปลี่ยนแปลงในทางที่น้อยลง ทำให้ความสามารถในการชะล้างกรดในช่องปากลดลง นอกจากนี้เมื่ออายุมากขึ้นอาจมีโรคประจำตัวและได้รับยาที่ทำให้เกิดภาวะปากแห้ง ร่วมกับความสามารถในการทำมาสะอาดช่องปากมีแนวโน้มลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดฟันผุได้ง่ายขึ้น<sup>24,25</sup> ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคลอื่น ๆ เช่น เพศ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ การมีโรคประจำตัว การดื่มแอลกอฮอล์และการสูบบุหรี่กับการมีฟันผุ ผลการศึกษาไม่สอดคล้องกับการศึกษาในอำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงครามที่พบความสัมพันธ์ของเพศ รายได้ และระดับการศึกษากับการมีฟันผุ<sup>26</sup>

เมื่อมีความรอบรู้ด้านสุขภาพช่องปากมากขึ้นจะมีฟันผุลดลง อาจเนื่องมาจากคนที่มีความรอบรู้ด้านสุขภาพช่อง

ปากจะเข้าใจสาเหตุของการเกิดฟันผุ แล้วลดการบริโภคน้ำตาลที่เป็นสาเหตุของการเกิดฟันผุนอกจากนี้ยังสามารถเลือกวิธีการดูแลฟันอย่างถูกต้อง เข้าใจความสำคัญของการตรวจฟันเป็นประจำและจะไปพบทันตแพทย์เพื่อทำความสะอาดฟันหรือรับการตรวจคัดกรองฟันผุก่อนเกิดปัญหารุนแรง ผลการศึกษาสอดคล้องกับหลาย ๆ การศึกษาที่พบว่า ผู้ที่มีความรอบรู้ด้านสุขภาพช่องปากต่ำจะมีฟันผุมากกว่าผู้ที่มีความรอบรู้ด้านสุขภาพช่องปากสูง<sup>7-9</sup> Chaisombat และคณะ ในปี ค.ศ. 2023 พบว่าความรอบรู้ด้านทันตสุขภาพสัมพันธ์กับสภาวะทันตสุขภาพโดยพบว่าผู้ป่วยที่มีความรอบรู้ด้านทันตสุขภาพสูงจะมีค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุดและปริมาณคราบจุลินทรีย์น้อยกว่าผู้ป่วยที่มีความรอบรู้ด้านทันตสุขภาพต่ำกว่า ( $r = -0.356$ ;  $p = 0.002$  และ plaque index  $r = -0.398$ ;  $p < 0.001$ )<sup>13</sup>

เมื่อมีพฤติกรรมการดูแลสุขภาพช่องปากมากขึ้นจะมีจำนวนฟันผุลดลง การแปรงฟันอย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง ด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์มีส่วนสำคัญในการลดปริมาณคราบแบคทีเรีย (Plaque) ที่เป็นต้นเหตุของฟันผุ Walsh และคณะ ในปี ค.ศ. 2019 อธิบายว่าการแปรงฟันอย่างเหมาะสมมีความสัมพันธ์กับการลดความชุกของฟันผุทั่วโลก โดยเฉพาะเมื่อใช้ยาสีฟันที่มีฟลูออไรด์<sup>27,28</sup> นอกจากนี้ยังมีข้อมูลเชิงประจักษ์ต่อเนื่องอย่างยาวนานว่าการทำความสะอาดช่องปากช่วยลดโอกาสการเกิดโรคฟันผุ<sup>29</sup> และมีข้อมูลสนับสนุนว่าผู้ที่ไปตรวจสุขภาพช่องปากอย่างสม่ำเสมอจะมีอัตราฟันผุน้อยกว่าผู้ที่ละเลยไม่ไปรับบริการตรวจฟันหรือรับบริการทันตกรรม<sup>30</sup>

ในการศึกษานี้ พบความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่ออำนาจในตนกับจำนวนฟันผุเมื่อวิเคราะห์ด้วยการทดสอบสหสัมพันธ์ แต่เมื่อวิเคราะห์พหุคูณแบบขั้นตอนกลับไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว อาจเนื่องมาจากความเชื่ออำนาจในตนจะมีความชัดเจนในผู้ปกครองที่ต้องดูแลสุขภาพให้บุตรของตน เพราะพบว่าผู้ปกครองที่มีความเชื่ออำนาจในตนสูง เด็กในปกครองจะมีฟันผุน้อยเมื่อเทียบกับผู้ปกครองที่มีความเชื่ออำนาจในตนต่ำกว่า<sup>17</sup> แต่กลับไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าวเมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ใหญ่หรือผู้สูงอายุ<sup>31</sup> การศึกษาผลกระทบตัวแปรคัน (Mediating effect) ในอนาคตอาจช่วยอธิบายความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างความเชื่ออำนาจในตนกับฟันผุได้

การศึกษาประสบการณ์ฟันผุและปัจจัยทำนายสภาวะฟันผุในวัยทำงานครั้งนี้ เป็นการศึกษาตัวแปรจากหลายมุมมองทั้งปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยทางจิตวิทยาและปัจจัย

ทางด้านพฤติกรรม ช่วยให้เข้าใจปัจจัยทำนายของโรคฟันผุได้มากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ผู้วิจัยไม่ได้เก็บข้อมูลฟันผุระยะเริ่มแรก (Initial caries) ทำให้ไม่สามารถระบุปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดฟันผุในระยะเริ่มต้น อีกทั้งกลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีความหลากหลายทางประชากรอาจทำให้เกิดข้อจำกัดในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ในวงกว้าง (Generalizability)

## บทสรุป

วัยทำงานร้อยละ 80 มีประสบการณ์ฟันผุ มีค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุด (DMFT) เท่ากับ 9.2 ซึ่งต่อคนปัจจัยทำนายฟันผุในวัยทำงาน ได้แก่ อายุ ความรอบรู้ด้านสุขภาพช่องปากและพฤติกรรม การดูแลสุขภาพช่องปาก

### ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ส่งเสริมหรือพัฒนาความรู้ด้านสุขภาพช่องปากในวัยทำงานเพื่อให้สามารถนำความรู้ความเข้าใจและทักษะอื่น ๆ ตามองค์ประกอบของความรอบรู้ด้านสุขภาพไปประยุกต์ใช้เพื่อป้องกันฟันผุ

2. ส่งเสริมพฤติกรรม การดูแลสุขภาพช่องปากในวัยทำงานเพื่อป้องกันฟันผุ

### ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาปัจจัยอื่น ๆ เช่น ปัจจัยทางจิตวิทยา สภาพแวดล้อม การสนับสนุนทางสังคม ที่อาจมีความสัมพันธ์กับสถานะฟันผุ โดยใช้รูปแบบการศึกษาแบบไปข้างหน้า (Prospective study) เพื่อให้สามารถอธิบายความสัมพันธ์ในเชิงเหตุและผลและอธิบายการทำนายของตัวแปรต่าง ๆ ได้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

2. อาจพิจารณาออกแบบการศึกษาวิจัยในรูปแบบวิจัยเชิงทดลองหรือวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อพัฒนาโปรแกรมหรือรูปแบบส่งเสริมความรู้ด้านสุขภาพช่องปากและพฤติกรรม การดูแลสุขภาพช่องปากเพื่อป้องกันฟันผุในวัยทำงาน

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่กรุณาเข้าร่วมและให้ข้อมูลในงานวิจัย ขอขอบคุณบุคลากรโรงพยาบาลโพหนอง โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในเขตอำเภอโพหนอง และอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

## จริยธรรมการวิจัย

การศึกษานี้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดขอนแก่น เลขที่ HE661023

## ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอรับรองว่าไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนใด ๆ ที่อาจมีอิทธิพลต่อผลงานวิจัยนี้

## แหล่งทุน

ไม่มี

## References

1. Office of the National Economic and Social Development Council. The 13<sup>th</sup> National Economic and Social Development Plan (2023-2027) [Internet]. Bangkok: NESDC; 2023 [cited 2025 Jul 9]. Available from: [https://www.nesdc.go.th/article\\_attach/article\\_file\\_20230307173518.pdf](https://www.nesdc.go.th/article_attach/article_file_20230307173518.pdf)
2. Division of Non-communicable Diseases, Department of Disease Control. Annual report 2024. Nonthaburi: Aksorn Graphic and Design Publishing; 2024.
3. Bureau of Dental Health, Department of Health, Ministry of Public Health. Report on the results of the 9th National Oral Health Survey, Thailand 2023. Nonthaburi: Aksorn Graphic and Design Publishing; 2024. p. 88-100. (in Thai)
4. Secretariat of the National Strategy Committee. National Strategy (2018-2037) (Abridged edition) [Internet]. Bangkok: Office of the National Economic and Social Development Council; 2018 [cited 2025 Jul 9]. Available from: [https://www.nesdc.go.th/download/document/SAC/NS\\_SumPlanOct2018.pdf](https://www.nesdc.go.th/download/document/SAC/NS_SumPlanOct2018.pdf) (in Thai)
- 5.

6. Bureau of Dental Health, Department of Health. Dental health operational guidelines for fiscal year 2025. Nonthaburi: Aksorn Graphic and Design Publishing; 2024. (in Thai)
7. Horowitz AM, Kleinman DV. Oral health literacy: the new imperative to better oral health. *Dent Clin North Am.* 2008;52(2):333-44. doi: 10.1016/j.cden.2007.12.001.
8. Lima LCMD, Neves ETB, Perazzo MF, Bernardino VMM, Silva SED, Paiva SMD, et al. Structural equation modeling of the association between oral health literacy and dental caries in children. *Braz Oral Res.* 2025;39:e021.
9. Chakraborty T, Kaper MS, Almansa J, Schuller AA, Reijneveld SA. Health literacy, oral diseases and contributing pathways: results from the Lifelines Cohort Study. *J Dent.* 2025;153:105530.
10. Baskaradoss JK. Relationship between oral health literacy and oral health status. *BMC Oral Health.* 2018;18:172. doi: 10.1186/s12903-018-0640-1.
11. Sodsee A, Sornlom K, Banchonhattakit P. Oral health literacy in adolescents and related factors: a systematic review. *J Public Health Innov.* 2025;5(1):e275147. (in Thai)
12. Sermsuti-anuwat N, Piyakhunakorn P. Association between oral health literacy and number of remaining teeth among the Thai elderly. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2021;13:113-9. doi: 10.2147/CCIDE.S306110.
13. Wanichsaithong P, Goodwin M, Pretty I. Oral health status of Thai older adults with different oral health literacy levels. *Chiang Mai Dent J.* 2021;42(2):104-13.
14. Chaisombat M, Kootrakul B, Wanichsaithong P, Chatiketu P. Associations between oral health literacy and oral health status among patients attending comprehensive dental clinic. *Chiang Mai Dent J.* 2023;44(2):34-41.
15. Lee JY, Divaris K, Baker AD, Rozier RG, Vann WF Jr. The relationship of oral health literacy and self-efficacy with oral health status and dental neglect. *Am J Public Health.* 2012;102(5):923-9.
16. Rotter JB. Generalized expectancies for internal versus external control of reinforcement. *Psychol Monogr.* 1966;80(1):1-28. doi: 10.1037/h0092976.
17. Padmaja P, Kulkarni S, Doshi D, Reddy S, Reddy P, Reddy KS. Impact of health locus of control on oral health status among a cohort of IT professionals. *Oral Health Prev Dent.* 2018;16(3):259-64.
18. Tan SH, Singh A, Tan KH, Eriksson JG, Hsu CYS. Mediation effect of dental caries in the relationship between parental locus of control and oral health-related quality of life. *Caries Res.* 2025;59:1-13.
19. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2<sup>nd</sup> ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
20. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG. Statistical power analysis using G\*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods.* 2009;41(4):1149-60.
21. Nutbeam D. The evolving concept of health literacy. *Soc Sci Med.* 2008;67(12):2072-8.
22. Roma W, Thanasukan C, Thipayamongkhonkul M, Aemyong N, Neelapajit N, Kloieiam S, et al. Health literacy survey of Thai people aged 15 years and over in 2017 (Phase 1) [Internet]. Nonthaburi: Health System Research Institute; 2018 [cited 2025 Jul 9]. Available from: <https://kb.hsri.or.th/dspace/handle/11228/4926?locale-attribute=th> (in Thai)
23. Panthumnawin D. Internal locus of control: measurement importance and change. *J Soc Dev Manag Strategy.* 2006;8(2):107-42. (in Thai)
24. World Health Organization. Oral health surveys: basic methods. 5th ed. Geneva: WHO; 2013.

25. Suzuki S, Onose Y, Yoshino K, Takayanagi A, Kamijo H, Sugihara N. Factors associated with development of root caries in dentition without root caries experience in a 2-year cohort study in Japan. J Dent. 2020;95:103304.
26. Decup F, Léger S, Lefèvre S, Doméjean S, Grosgeat B. Risk factors or indicators for dental caries and tooth wear and their relative importance in adults according to age. J Dent. 2024;147:105092.
27. Thivakorakot W. Associated factors of oral health status in working-age population at Amphawa District, Samut Songkhram Province. Region 4-5 Medical Journal. 2017;36(4):237-49. (in Thai)
28. Walsh T, Worthington HV, Glenny AM, Marinho VC, Jeronic A. Fluoride toothpastes of different concentrations for preventing dental caries. Cochrane Database Syst Rev. 2019;3(3):CD007868. doi: 10.1002/14651858.CD007868.pub3.
29. Unterbrink P, Schulze zur Wiesche E, Meyer F, Fandrich P, Amaechi BT, Enax J. Prevention of dental caries: a review on the improvements of toothpaste formulations from 1900 to 2023. Dent J (Basel). 2024;12(3):64.
30. Staehle HJ, Sekundo C. History of interdental brushes: origins, developments, perspectives. Oral Health Prev Dent. 2025;23:1-9. doi: 10.3290/j.ohpd.c\_1800.
31. Orhan AI, Alkan A, Orhan K, Tezel A, Karaoglanoglu S, Oztas D. Dental caries and associated factors among Turkish children and adults: findings from the 3rd national oral health survey. Community Dent Oral Epidemiol. 2024;52(4):499-508.
32. de Soet R, de Soet HJ, Volgenant CM. Oral health and oral health-related beliefs in young adults with a mild intellectual disability. Spec Care Dentist. 2025;45(1):e70011.

## ผู้ประพันธ์บทความ

อรวรรณ นามมนตรี

วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดขอนแก่น

สถาบันพระบรมราชชนก

อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

โทรศัพท์ : 083 599 2960

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : orawan@scphkk.ac.th



# Caries Experiences and Predictive Factors of Dental Caries in the Working Age Group in Phon Thong, Roi-et Province

Orawan Nammontri <sup>1,\*</sup> Tanpitcha Somtangdee <sup>2</sup> Sarinya Worakod <sup>3</sup> Yaowapa Chantaraboot <sup>4</sup>

## Research Article

### Abstract

**Objective:** To explore caries experiences and evaluate the predictive factors of dental caries in the working age group.

**Materials and Methods:** This cross-sectional analytical study was carried out in a working age group of 250 people aged between 18-59 years in Phon Thong District, Roi Et Province. Data were collected between July and October 2023. The questionnaires and oral health records were used for data collection. The content validity represented by IOC was between 0.67-1. The reliability of the questionnaire ranged from 0.82–0.92. Data were analyzed using descriptive statistics, Chi-square test, Fisher's exact test, Pearson correlation coefficient and multiple linear regression with stepwise method.

**Results:** The study showed that 68.8% were female. The average age was 46.58 years (SD=10.53). Data from oral health examination revealed that most participants had dental caries (80%). The caries experience score (given as DMFT score) was 9.2 teeth/person. When analyzing the predictive factors of dental caries, the finding indicated that age ( $\beta=0.17$ ,  $p=0.006$ ), oral health literacy ( $\beta=-0.18$ ,  $p=0.007$ ) and oral health behaviors ( $\beta=-0.19$ ,  $p=0.006$ ) statistically predicted 17% of the number of dental caries in the working- age group ( $R^2=0.17$ ,  $p<0.001$ ).

**Conclusion:** Factors predicting dental caries in working-age population included age, oral health literacy and oral health behaviors. These results can be used as basic information to prevent dental caries by enhancing oral health literacy and promoting oral health behaviors.

**Keywords:** Caries experiences/ Internal locus of control/ Oral health literacy/ Oral health care/ Working-age group

### Corresponding author

Orawan Nammontri  
Sirindhorn College of Public Health Khon Kaen,  
Faculty of Public Health and Allied Health Sciences,  
Praboromarajchanok Institute.  
Amphur Muang, Khon Kaen.  
Tel. : +66 83 599 2960  
E-mail : orawan@scphkk.ac.th

<sup>1</sup> Sirindhorn College of Public Health Khon Kaen.

<sup>2</sup> Dental Department, Phetchabun Hospital Amphur Mueang, Phetchabun.

<sup>3</sup> Dental Department, Laothong Tambon Health Promoting Hospital, Amphur So Phisai, Bueng Kan.

<sup>4</sup> Dental Department, Phon Thong Hospital, Amphur Phon Thong, Roi Et.

\* Corresponding author



# Chemical Composition, Degree of Conversion and Flexural Properties of a Three-Dimensional Printed Denture Base Resin

Setthawut Choochaisaengrat <sup>1</sup> Widchaya Kanchanasita <sup>1</sup> Kallaya Suputtamongkol <sup>1</sup>  
Vathanai Bhunyanaphakul <sup>1</sup> Montri Ratanajanchai <sup>1,\*</sup>

## Research Article

### Abstract

**Objective:** This study aimed to evaluate the chemical composition, degree of conversion (DC), and flexural properties of a commercially available 3D printing denture base resin, and to compare them with a conventional heat-cured denture base resin.

**Materials and Methods:** A 3D-printed denture base resin (NextDent Denture 3D+, NDD) and a conventional heat-polymerized resin (ProBase® Hot, PBH) were investigated. The chemical compositions of the unpolymerized NDD resin were characterized using Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), proton nuclear magnetic resonance (<sup>1</sup>H-NMR), and high-performance liquid chromatography/mass spectrometry (HPLC/MS). The DC of both materials was measured via FTIR analysis. Flexural strength, modulus, and yield stress were determined using a three-point bending test per ISO 20795-1:2013 guidelines.

**Results:** HPLC/MS analysis revealed that NDD primarily consists of Bis-EMA monomers with 3–7 ethylene oxide units. The PBH resin demonstrated a significantly higher DC (97.59±1.14%) than NDD (69.81±4.90%) (p<0.001). Flexural strength and modulus of PBH (99.40±6.56 MPa; 2812.20±54.44 MPa) were also significantly higher than NDD (88.58±8.50 MPa; 2625.40±368.42 MPa) (p<0.001). Despite the differences, both materials met ISO flexural property standards.

**Conclusion:** The 3D printing resin primarily contains Bis-EMA with varied chain extender lengths and exhibits lower DC and flexural properties compared to the heat-cured resin. Optimization of printing and post-curing parameters is necessary to improve polymerization and mechanical performance of 3D-printed denture bases.

**Keywords:** 3D printing/ Denture base resin/ Bis-EMA/ Degree of conversion/ Flexural strength

*Received: Jun 06, 2025*

*Revised: Feb 21, 2026*

*Accepted: Apr 03, 2026*

## Introduction

For decades, complete denture bases have been conventionally fabricated using the compression molding technique with heat curing. Although this method is widely accepted, it involves multiple laboratory steps and is prone to processing errors that can result in prosthetic distortion.<sup>1-3</sup> To address these

limitations, computer-aided design and computer-aided manufacturing (CAD/CAM) technology has emerged as an alternative, offering improved accuracy and efficiency.<sup>4-7</sup> CAD/CAM systems enable fabrication through either subtractive (milling) or additive (3D printing) manufacturing techniques.<sup>4,8</sup> While subtractive

<sup>1</sup> Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Mahidol University.

\* Corresponding author

methods waste excess material and are often costly,<sup>7,9</sup> additive manufacturing builds structures layer by layer from digital data, reducing both material consumption and production costs.<sup>9,10</sup>

Among various 3D printing methods, many employ photocurable liquid resins that require optimal viscosity, minimal polymerization shrinkage, and low water sorption to achieve clinically acceptable results.<sup>11,12</sup> A frequently used monomer in these resins is bisphenol A ethoxylated dimethacrylate (Bis-EMA),<sup>13,14</sup> which varies in molecular weight based on the length of its ethylene oxide chain extenders.<sup>11-13</sup>

Bis-EMA based resins have also been introduced commercially for fabricating 3D printed denture bases.<sup>15</sup> However, limited data are available regarding their chemical structure, degree of conversion (DC), and mechanical performance. Since these properties are critical to the clinical success of denture base materials, further investigation is necessary.<sup>16-18</sup>

Therefore, the objective of this study was to characterize the chemical composition of a commercially available 3D printing denture base resin and to evaluate its degree of conversion and flexural properties, in comparison to those of a conventional heat-cured polymethyl methacrylate (PMMA) resin. The null hypothesis tested was that there would be no significant difference in the degree of conversion and flexural properties between the 3D-printed and heat-polymerized denture base resins.

## Materials and Methods

### Denture Base Materials

A biocompatible Class IIa 3D printing denture base resin, NextDent Denture 3D+ (NDD; Vertex-Dental B.V., Soesterberg, Netherlands), was used as the 3D-printed material. A heat-polymerized denture base resin, ProBase® Hot (PBH; Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein), served as the conventional

counterpart. This *in vitro* study did not require Institutional Review Board (IRB) or animal ethics approval, as it did not involve human participants or animal subjects.

For NDD polymerized specimens, the specimens were digitally designed using computer-aided design (CAD) software (SOLIDWORKS 2018, Dassault Systèmes SolidWorks Corp., Waltham, MA, USA) and exported in standard triangulation language (STL) format. Specimens were printed using a digital light processing (DLP) 3D printer (Perfactory DP4 XL, EnvisionTec, Dearborn, MI, USA) (Figure 1A, 1B). Printing parameters included 0° orientation and 100 µm layer thickness. Specimens were fabricated at a 0° (horizontal) build orientation to ensure standardized geometry and reduce orientation-induced variability during mechanical testing.<sup>19-23</sup> After printing, supports were removed, and specimens were cleaned with isopropyl alcohol. Following air drying, they were post-cured in a UV light-curing chamber (Form Cure, Formlabs Inc., Somerville, MA, USA) at 405 nm for 30 minutes at 60°C. After post-curing, all NDD specimens were polished to remove support-related surface irregularities resulting from the 3D-printing process. Specimens were subsequently remeasured, and final dimensions were verified to ensure uniformity and dimensional equivalence with the PBH group prior to flexural strength testing. All samples were stored at room temperature prior to testing.

For PBH specimens, fabrication followed the manufacturer's instructions. The powder and liquid components were mixed at a ratio of 2.25 g/1 mL until reaching the dough stage, then packed into stainless steel molds of specified dimensions. The flask was compressed at 2 bar and heat-polymerized at 100°C for 45 minutes. After cooling to room temperature for 30 minutes, specimens were deflasked and stored at room temperature prior to testing.

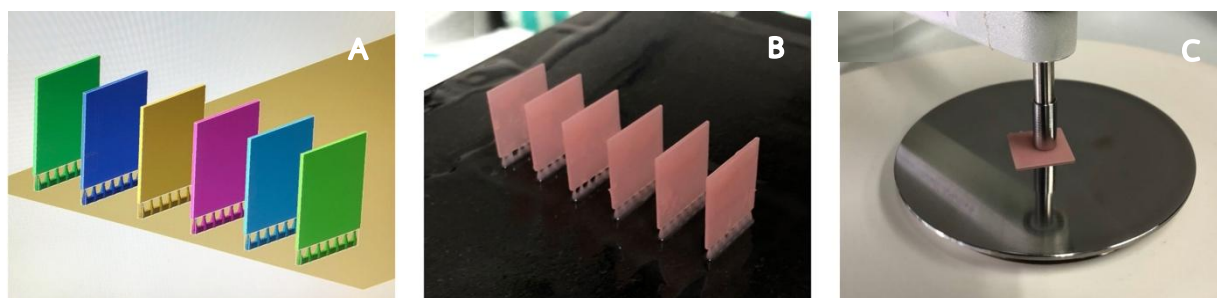


**Figure 1** Fabrication of NextDent Denture 3D+ (NDD) specimens; (A) Digital designing specimen dimension using CAD software, (B) Printed specimens, (C) Measured FTIR spectra of polymerized NDD specimens.

### Chemical characterizations of the unpolymerized NDD resin

Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy was performed using a Frontier FT-IR spectrometer (PerkinElmer, Waltham, MA, USA). Approximately 5 mg of unpolymerized NDD resin was placed on an Attenuated Total Reflectance (ATR) diamond crystal KRS-5 plate (thallium bromide/thallium iodide) and spectra were collected in absorbance mode across  $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$  at  $4\text{ cm}^{-1}$  resolution over 16 scans. Spectral data were analyzed using Spectrum™ 10.4 software (PerkinElmer, Waltham, MA, USA).

For proton nuclear magnetic resonance ( $^1\text{H}$ -NMR) spectroscopy, the resin was dissolved in deuterated chloroform ( $\text{CD}_3\text{Cl}$ ; Sigma Aldrich) at a concentration of 10 mg/mL. The sample was analyzed with a 400 MHz NMR spectrometer (Bruker, Karlsruhe, Germany). The chemical shifts that appeared in the  $^1\text{H}$ -NMR spectrum were assigned to plausible chemical structures corresponding to existing reference data.<sup>24,25</sup>

In addition, the monomer composition of the unpolymerized NDD resin was analyzed using high-performance liquid chromatography (HPLC) coupled with mass spectrometry (MS). The resin was first diluted in acetonitrile to a concentration of 10 mg/mL and centrifuged at 3000 rpm for 10 minutes to remove insoluble fillers. The supernatant was then diluted 20-fold with acetonitrile and filtered through a Teflon membrane filter (pore size:  $0.4\text{ }\mu\text{m}$ ).

The filtered solution was injected into the HPLC system (HPLC 600-717 Autoinjector, Waters, Milford, MA, USA) equipped with a C18 reverse-phase column ( $5\text{ }\mu\text{m}$ , 250 mm length) and a UV/DAD detector. An isocratic elution was performed using a mobile phase of acetonitrile/water (7:3) at a flow rate of 1 mL/min at room temperature. Seven major elution fractions were collected in amber glass vials.

Subsequently, these fractions were then subjected to liquid chromatography–mass spectrometry (LC-MS/MS; Esquire3000 Plus, Bruker Daltonics, Billerica, MA, USA). Electrospray ionization (ESI) was employed in the positive ion mode with a capillary voltage of 3 kV. The nitrogen gas pressure for nebulization was set at 60 psi, the drying gas flow at 10 L/min, and the drying gas temperature at  $350^\circ\text{C}$ . The mass detection range was set between 50 and 1000 m/z.

Compounds were identified by comparing the obtained mass spectra to those in the NBS spectral library, along with interpretation of fragmentation patterns. Methyl methacrylate (MMA) and bisphenol A-glycidyl methacrylate (Bis-GMA) were included as reference standards for comparative HPLC analysis.

### Measurement of Degree of Conversion

The degree of conversion (DC) of both denture base resin materials was analyzed using Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy by comparing the spectra of unpolymerized and

polymerized specimens (n=10). The sample size was selected based on commonly used specimen numbers in previous denture base polymer studies to ensure reproducibility and comparability of the results. For the NDD resin, the unpolymerized material was stirred on a roller mixer for 2 hours. Approximately 5 mg of resin was placed on the attenuated total reflectance (ATR) crystal surface of an FTIR spectrometer (Frontier FT-IR Spectrometer, Perkin Elmer, Waltham, MA, USA). Spectra were collected using 16 scans at a resolution of 4 cm<sup>-1</sup> across the spectral range of 400–4000 cm<sup>-1</sup>. Polymerized NDD specimens were digitally fabricated to dimensions of 25 mm × 25 mm × 0.5 mm, as previously described. After standardized cleaning and post-curing, ATR-FTIR spectra were collected from one flat surface of vertically printed specimens under identical acquisition parameters. Both external surfaces underwent identical processing conditions; therefore, a consistently selected surface orientation was analyzed for all samples (Figure 1C). All spectra were processed using Spectrum™ 10.4 software (Spectrum™10.4 software, PerkinElmer, Waltham, MA, USA), and absorbance peaks were quantified with Origin 2022 software (OriginLab Corp., Northampton, MA, USA). The carbonyl (C=O) stretch at 1720 cm<sup>-1</sup> was used as an internal standard.<sup>26</sup> The DC was calculated based on the decrease in intensity of the aliphatic carbon-carbon double bond (C=C) stretch at ~1640 cm<sup>-1</sup> relative to the carbonyl peak, as shown in Equation 1:

Degree of conversion (DC) =

$$\left[ 1 - \frac{(A_{1640}/A_{1720})_{\text{Polymerized}}}{(A_{1640}/A_{1720})_{\text{Unpolymerized}}} \right] \times 100$$

...(Equation 1)

The DC of the PBH (conventional) resin was evaluated in the same manner. To obtain a stable unpolymerized reference, the pre-polymerized PBH

powder was heated at 70 °C for 30 h to reduce benzoyl peroxide (BPO) initiator activity via time-dependent thermal decomposition while minimizing the risk of PMMA degradation. After thermal treatment, the powder was mixed with the monomer liquid and immediately analyzed by ATR-FTIR at room temperature to prevent unintended free-radical polymerization prior to measurement.<sup>27-29</sup>

For consistency, polymerized PBH specimens were fabricated as previously described, and the cured material was ground using a sterile tungsten carbide bur to obtain powdered samples. These were analyzed via ATR-FTIR under the same conditions. DC values were calculated using Equation 1. Ten independent measurements were performed for each material.

#### Measurement of flexural strength and flexural modulus

Ten plate-shaped NDD specimens were digitally designed and fabricated as previously described, with final dimensions of 64 mm × 10 mm × 3.3 mm. The sample size of ten specimens per group was selected based on commonly used specimen numbers and ISO 20795-1:2013-based flexural testing methodology. PBH specimens were produced by compression molding using the same dimensions. After deflasking, all PBH specimens were polished using metallographic grinding paper up to P1000 grit to achieve the target dimensions.

All bar-shaped specimens were stored in distilled water at 37±1°C for 50 hours in a temperature-controlled incubator (Memmert Co., Schwabach, Germany) prior to mechanical testing. A three-point bending test was performed in accordance with ISO 20795-1:2013.<sup>30</sup> Mechanical testing was conducted using a universal testing machine (Instron 5566, Instron Ltd., Buckinghamshire, UK) equipped with upper and lower support anvils (4 mm in diameter), a deflectionometer, and a clip-on extensometer.

The test setup used a load cell of 1 kN (Instron CAT No. EX2525-806), a support span length of 50 mm, and a crosshead speed of 5 mm/min. All tests were performed at room temperature under ambient pressure. Flexural strength and flexural modulus were calculated using the following equations:

$$\text{Flexural strength (MPa)} = 3FL / (2bh^2) \quad \dots(\text{Equation 2})$$

$$\text{Flexural modulus (MPa)} = F_1 l^3 / 4bh^3d \quad \dots(\text{Equation 3})$$

where  $F$  (N) is the maximum load exerted on the specimen,  $l$  is the span length (50 mm),  $b$  (mm) is the specimen width,  $h$  (mm) is the specimen thickness,  $F_1$  is the load at the proportional limit, and  $d$  is a deflection corresponding to load  $F_1$ . The 0.2% offset yield stress of each specimen was also measured.

### Statistical analysis

The normality of the data distribution was assessed using the Shapiro–Wilk test. All data were expressed as means and standard deviations (SD). Levene's test was applied to evaluate the homogeneity of variances between groups. Differences in the degree of conversion and flexural properties between the NDD and PBH materials were analyzed using an independent t-test. Statistical analyses were conducted using SPSS software (version 23.0; IBM Corp., Armonk, NY, USA), and a significance level of  $\alpha=0.05$  was adopted for all comparisons.

## Results

### Chemical Composition of the Unpolymerized NDD Resin

The FTIR spectrum of the unpolymerized NDD resin showed a sharp absorbance peak at  $1720\text{ cm}^{-1}$ , which was attributed to carbonyl (C=O) stretching. Peaks observed at  $1609\text{ cm}^{-1}$  and  $1637\text{ cm}^{-1}$  were assigned to the C=C stretching vibrations of aromatic and aliphatic

alkenes, respectively. Additionally, a broad peak near  $3400\text{ cm}^{-1}$  was associated with N–H or O–H stretching, suggesting the presence of amine or hydroxyl-containing compounds within the resin formulation (Figure 2)

The full  $^1\text{H}$  NMR spectrum of the unpolymerized NDD resin showed a solvent peak corresponding to  $\text{CDCl}_3$  at 7.25 ppm. Based on the observed chemical shifts, three major components were tentatively identified: bisphenol A-glycidyl methacrylate (Bis-GMA), bisphenol A ethoxylated dimethacrylate (Bis-EMA), and urethane dimethacrylate (UDMA). The corresponding proton chemical shifts and structural assignments of these components are summarized (Figure 3).

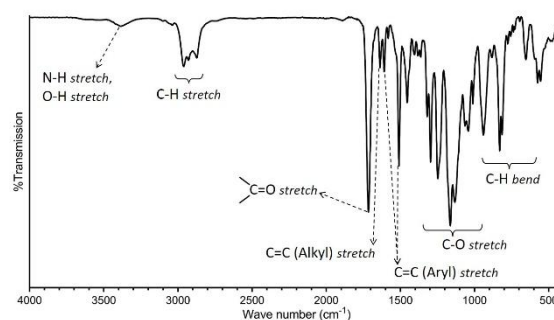


**Figure 2** FTIR spectrum of the unpolymerized NextDent Denture 3D+ (NDD) resin. Tentative functional groups corresponding to the assigned peaks are indicated.

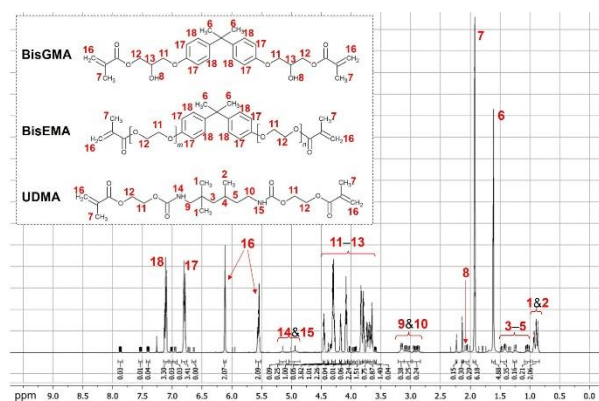


**Figure 3** Proton-NMR spectrum of unpolymerized NextDent Denture 3D+ (NDD) resin in  $\text{CDCl}_3$ . The tentative assignment of the NMR signal corresponding to chemical structures of Bis-GMA, Bis-EMA, and UDMA was given in the inset image. Reference signal for  $\text{CDCl}_3$  was detected at 7.25 ppm.

The HPLC chromatogram of the unpolymerized NDD resin was compared with those of MMA and Bis-GMA reference solutions (Figure 4). The retention times for MMA and Bis-GMA standards were 4.2 minutes and 7.8 minutes, respectively. The NDD resin exhibited seven distinct peaks corresponding to its principal monomeric components, with retention times recorded at 18.5, 20.0, 21.9, 23.6, 24.5, 26.6, and 30.1 minutes.

Seven fractions collected from HPLC were subsequently analyzed using mass spectrometry. The proposed compounds corresponding to each fraction were identified based on their fragmentation patterns (Table 1). Fractions II, IV, V, VI, and VII were identified as bisphenol A ethoxylated dimethacrylate (Bis-EMA) with varying molecular weights ranging from 496 to 672 g/mol. These monomers differed in the length of their ethylene oxide chain extenders ( $-O-CH_2CH_2-$ ), corresponding to different degrees of ethoxylation ( $n+m$ ). It was determined that the Bis-EMA components present in the NDD resin contained between 3 and 7 ethylene oxide units. Fraction III was identified as bisphenol A dimethacrylate, while no reliable compound could be conclusively assigned to Fraction I.

#### Degree of Conversion of Denture Base Resins

As previously described, the degree of conversion (DC) for both PBH and NDD resins was determined by analyzing the peak absorbance ratio between the aliphatic carbon-carbon double bond at  $1640\text{ cm}^{-1}$  and the carbonyl group at  $1720\text{ cm}^{-1}$ . The vinyl ( $C=C$ ) absorbance peak showed a marked reduction in polymerized specimens (Figure 5). The carbonyl peak was used as an internal reference because this functional group remains unchanged during polymerization.

The PBH resin exhibited a significantly higher degree of conversion than the NDD resin ( $p < 0.001$ ). The mean DC values were  $97.59 \pm 1.14\%$  for PBH and  $69.81 \pm 4.90\%$  for NDD (Figure 6)

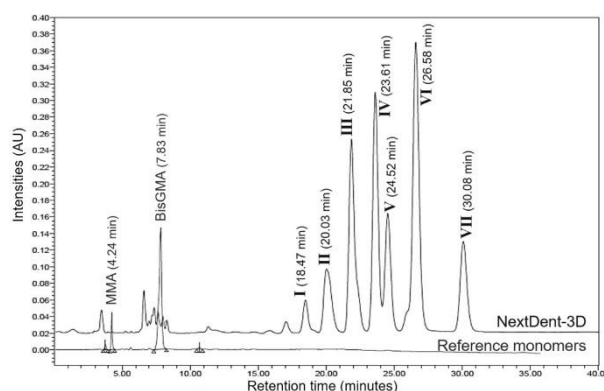


**Figure 4** HPLC Chromatograms of unpolymerized NextDent Denture 3D+ (NDD) resin and reference monomers. Peaks are labeled with respective retention times in minutes for the reference MMA and Bis-GMA monomers. The seven major components of NDD were marked consecutively as I to VII.

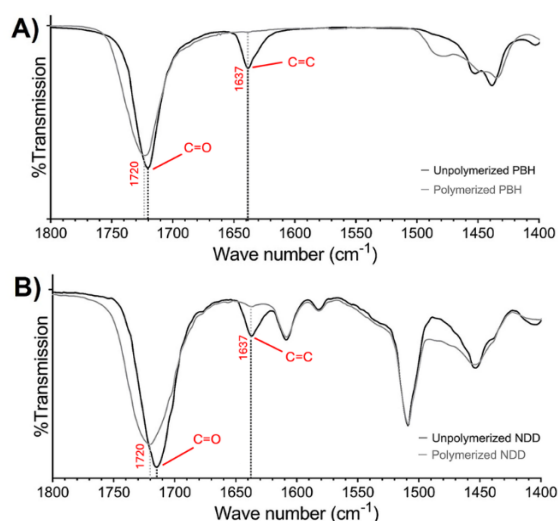


**Figure 5** FTIR spectra of (A) PBH and (B) NDD, highlighting the differences between the unpolymerized (black line) and polymerized (grey line) samples. Key absorption bands altering upon polymerization were observed in the  $C=C$  aliphatic peak area at  $1637\text{ cm}^{-1}$ .

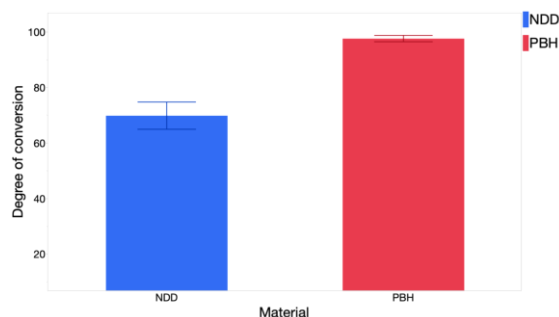


**Figure 6** Degree of conversion (DC) of NextDent Denture 3D+ (NDD) and ProBase® Hot (PBH) as determined by ATR-FTIR analysis using the  $C=C/C=O$  peak ratio method. Data are presented as mean  $\pm$  standard deviation ( $n=10$ ). A statistically significant difference in DC was observed between the two materials ( $p < 0.001$ ).

### Flexural properties of denture base resins

The flexural properties of both resins are summarized (Table 2). The NDD resin demonstrated a flexural modulus of approximately 2600 MPa, flexural strength of 89 MPa, and yield stress of 57 MPa. In

contrast, the PBH resin showed higher values: a flexural modulus of 2800 MPa, flexural strength of 99 MPa, and yield stress of 64 MPa. All flexural properties of the PBH resin were significantly greater than those of the NDD resin ( $p < 0.001$ ).

**Table 1** Retention times, mass-to-charge ratios, predicted molecular structures and molecular weights of different fractions from HPLC/MS. Degrees of ethoxylation of Bis-EMA were assigned as ' $n + m$ '.

| Fraction | RT    | m/z   | Predicted compound         | MW           |
|----------|-------|-------|----------------------------|--------------|
| I        | 18.47 | 301.0 | Unidentified               | Unidentified |
| II       | 20.03 | 519.1 | Bis-EMA ( $n + m = 3$ )    | 496          |
| III      | 21.85 | 387.0 | Bisphenol A dimethacrylate | 364          |
| IV       | 23.61 | 563.1 | Bis-EMA ( $n + m = 4$ )    | 540          |
| V        | 24.52 | 607.1 | Bis-EMA ( $n + m = 5$ )    | 584          |
| VI       | 26.58 | 651.1 | Bis-EMA ( $n + m = 6$ )    | 628          |
| VII      | 30.08 | 695.2 | Bis-EMA ( $n + m = 7$ )    | 672          |

HPLC, high-performance liquid chromatography; MS, mass spectrometer; Bis-EMA, bisphenol A ethoxylated dimethacrylate; RT, retention time in minute; m/z, mass-to-charge ratio; MW, molecular weight in g/mol.

**Table 2** Flexural modulus, flexural strength, and yield stress at 0.2% offset of NDD and PBH denture base resins.

| Material | Flexural modulus (MPa)        | Flexural strength (MPa)   | Yield stress (MPa)        |
|----------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| NDD      | 2625.40 (368.42) <sup>b</sup> | 88.58 (8.50) <sup>b</sup> | 57.47 (6.78) <sup>b</sup> |
| PBH      | 2812.20 (54.44) <sup>a</sup>  | 99.40 (6.56) <sup>a</sup> | 63.73 (3.06) <sup>a</sup> |

NDD, NextDent Denture 3D+; PBH, ProBase<sup>®</sup>Hot; SD, standard deviation; MPa, megapascal. Values are expressed as Mean (SD) in MPa unit. Different superscript letters (a, b) within the same column indicate statistically significant differences between groups according to independent t-tests ( $p < 0.001$ ).

## Discussion

The primary objective of this study was to analyze the main chemical constituents of the 3D-printed denture base resin material. Based on the FTIR spectroscopy results in Figure 2, the major compounds in the NDD resin were identified as bisphenol A derivatives, as indicated by characteristic absorbance peaks corresponding to C=C, C=O, C–O, and aromatic carbon groups.<sup>31</sup> Furthermore, the <sup>1</sup>H NMR spectrum revealed signals consistent with two bisphenol A-based monomers, namely Bis-GMA and Bis-EMA in Figure 3.<sup>32</sup> Additional NMR signals were also observed, suggesting the presence of urethane dimethacrylate (UDMA).

HPLC analysis indicated that Bis-GMA was not a major component of the NDD resin, as demonstrated by only a minor peak appearing at a retention time of 7.83 minutes in Figure 4. In contrast, mass spectrometry (MS) analysis identified five out of seven main fractions in the NDD resin as Bis-EMA monomers. These Bis-EMA derivatives varied in their degrees of ethoxylation, containing three to seven ethylene oxide units (Table 1).<sup>33</sup>

Among various monomers, Bis-GMA is widely utilized in photo-curable dental composites.<sup>34</sup> However, Bis-GMA exhibits notably high viscosity compared to other dimethacrylate monomers,

primarily due to strong hydrogen bonding interactions from its hydroxyl groups.<sup>34</sup> This high viscosity can impede the 3D printing process—particularly in digital light processing (DLP) techniques, which rely on precise, layer-by-layer polymerization.<sup>35</sup> Therefore, Bis-GMA is typically not included as a major component in 3D printing resin formulations, where lower-viscosity monomers such as Bis-EMA are favored.

Moreover, Bis-EMA is more commonly used in 3D printing applications.<sup>35,36</sup> Unlike Bis-GMA, Bis-EMA exhibits lower viscosity due to the absence of hydroxyl functional groups.<sup>34,35</sup> Additionally, the presence of ethylene oxide units ( $-O-CH_2CH_2-$ ) in its molecular structure enhances flowability.<sup>11</sup> However, variations in the length of these chain extenders can influence the physical and mechanical properties of the material.<sup>11,13</sup>

In the present study, Bis-EMA monomers with 3 to 7 ethylene oxide units were identified as the principal monomeric species in the NDD resin.<sup>33</sup> However, the HPLC/MS analysis enabled qualitative identification of Bis-EMA homologues with varying degrees of ethoxylation; quantitative determination of the relative abundance of individual homologues was not performed in the present study, as this would require dedicated quantitative chromatographic methods. This limitation is acknowledged, and future studies employing quantitative LC–MS techniques are warranted to determine the compositional ratios of individual Bis-EMA homologues.

Taken together, these compositional findings provide a structural basis for interpreting the polymerization behavior and mechanical performance observed in this study. Previous research has shown that Bis-EMA resins with shorter chain extenders ( $n + m \approx 3-4$ ) yield more rigid products with lower water sorption. In contrast, an excessive number of ethylene oxide units results in a relatively softer or rubber-like material with increased water sorption.<sup>11,13</sup> A

formulation that combines Bis-EMA monomers with varying chain extender lengths may optimize the balance between mechanical strength and processing characteristics.<sup>13</sup>

FTIR spectroscopy was employed not only for structural analysis of chemical compounds but also for the quantitative measurement of the degree of conversion. The degree of conversion (DC) is a critical parameter that directly influences the clinical performance of dental materials. In general, a higher DC results in a polymer with greater molecular weight, thereby enhancing mechanical properties.<sup>35</sup> Conversely, the presence of unreacted monomers can compromise both the physical integrity and biocompatibility of the material.<sup>37,38</sup>

In terms of DC, the PBH resin exhibited a DC greater than 95%, while the NDD resin achieved a DC of only approximately 70%. According to previous research, the chemical structure and composition of photo-curable resins significantly affect polymerization behavior.<sup>11,13,34-36</sup> Bis-EMA resins with shorter ethylene oxide chains tend to achieve lower DC compared to those with longer chain extenders.<sup>11,13</sup> The inclusion of co-monomers such as UDMA may also influence the polymerization process and influence DC values.<sup>35</sup>

Moreover, the DC can also be influenced by several printing parameters, such as specimens layer thickness<sup>16</sup>, distance between the light source and the cured material<sup>39</sup>, exposure duration<sup>40</sup>, and the characteristics of the light-curing unit.<sup>40,41</sup> Furthermore, the post-curing process has a considerable impact on the completeness of polymerization of 3D-printing polymers.<sup>35,42-44</sup>

Although alternative post-curing systems, such as nitrogen-atmosphere curing or high-intensity flash-curing units, have been reported to further enhance polymer conversion, the post-curing protocol applied in the present study was performed in accordance with the manufacturer's Instructions for Use (IFU) for NextDent Denture 3D+. Specifically, post-

curing was conducted at the recommended temperature and duration, thereby reflecting a clinically relevant processing condition. Therefore, the reported DC values represent performance under standardized clinical processing rather than experimentally optimized curing conditions. Future investigations may explore optimized post-curing strategies to further improve polymer conversion and mechanical performance.

Flexural properties of the 3D-printed denture base resin (NDD) were compared with those of the conventional heat-cured denture base resin (PBH). Although dimethacrylate-based resins are generally expected to yield stronger materials, the NDD specimens demonstrated lower flexural properties than the conventional PMMA-based PBH resin. This result aligns with previous findings reporting that the flexural strength of 3D printing resins is lower than that of heat-cured acrylic resins.<sup>38</sup>

The high standard deviation observed in the flexural modulus of the NDD group likely reflects structural anisotropy and microstructural heterogeneity inherent to the DLP additive manufacturing process. In contrast to the uniform polymer mass achieved through conventional heat-polymerization (PBH), 3D-printed resins are fabricated in discrete 100  $\mu\text{m}$  layers, where subtle variations in light intensity, curing depth, and interlayer bonding can influence mechanical stiffness. This interpretation is further supported by FTIR analysis, which demonstrated that NDD achieved a significantly lower DC (69.81%) than PBH (97.59%). The resulting polymer network in NDD therefore contains a higher fraction of residual Bis-EMA monomer and a less densely cross-linked structure, contributing to less uniform mechanical behavior.

Although the present study included ten specimens per group, which was consistent with the specimen number commonly used in ISO 20795-1:2013-based flexural testing protocols, future

investigations with larger sample sizes may help further mitigate the influence of manufacturing-related variability on flexural properties.

Two primary material-related factors may further explain the lower flexural properties observed in the NDD group: (1) the molecular structure of Bis-EMA monomers, and (2) the overall degree of conversion. Bis-EMA contains flexible ethylene oxide linkages, which contribute to a softer and more pliable polymer network. Consequently, the flexural modulus and yield stress of the NDD resin were lower than those of the PBH resin.<sup>11,31</sup>

In addition to structural flexibility, the significantly lower degree of conversion (DC) in the NDD resin indicates incomplete polymerization, resulting in reduced molecular weight and increased residual monomer content—both of which can negatively impact mechanical strength.<sup>35,37,38</sup> Despite these differences, both materials fulfilled the minimum flexural strength (65 MPa) and flexural modulus (2000 MPa) requirements specified in ISO 20795-1:2013.<sup>30</sup>

Beyond intrinsic material composition, it is important to recognize that the mechanical properties of 3D-printed resins are strongly influenced by printing parameters and post-processing conditions. Printing orientation is a primary factor governing the layer-by-layer architecture and mechanical behavior of additively manufactured resins.<sup>20</sup> Although a 0° (horizontal) orientation was selected in this study to enhance structural homogeneity and dimensional accuracy, other orientations (e.g., 30° or 45°) have been reported to improve flexural strength by altering layer alignment relative to the loading direction.<sup>45</sup>

Post-curing is also critical for achieving adequate polymerization, as printed resins often remain partially cured following fabrication. Previous studies have shown that flexural properties are significantly affected by post-curing parameters such

as polymerization time and temperature.<sup>46</sup> The lower degree of conversion observed in the NDD group (69.81%) compared with PBH (97.59%) suggests that the selected parameters may not have fully optimized the polymer network. Incomplete polymerization results in residual monomers that act as plasticizers, thereby reducing mechanical stiffness.<sup>21</sup> In addition, printing direction and layer thickness have been shown to significantly influence the mechanical behavior of DLP-printed resins.<sup>19</sup> Accordingly, the findings of this study should be interpreted with caution, and future investigations should explore the combined effects of build orientation and post-curing conditions to further optimize the mechanical performance of 3D-printed denture base materials.

Nevertheless, continued refinement of 3D printing parameters and post-curing protocols is essential to improve conversion rates and elevate the overall mechanical performance of 3D-printed denture base materials.

## Conclusion

Within the limitations of this study, it can be concluded that the 3D printing denture base resin (NDD) primarily consists of Bis-EMA monomers with chain extender lengths ranging from 3 to 7 ethylene oxide units. The degree of conversion of the conventional heat-cured denture base resin was significantly higher than that of the 3D-printed resin. As a result, the flexural properties of the heat-polymerized material were superior to those of the 3D-printed counterpart. Nevertheless, both materials demonstrated acceptable flexural strength and modulus in accordance with ISO 20795-1:2013 standards.

## Ethics

Ethics approval was not required because this was an in vitro study involving no human participants, human-derived specimens, or animals.

## Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

## Funding

The authors acknowledge Mahidol University, Thailand, for financial support of this study.

## References

1. Janeva NM, Kovacevska G, Elencevski S, Panchevska S, Mijoska A, Lazarevska B. Advantages of CAD/ CAM versus conventional complete dentures: a review. *Maced J Med Sci*. 2018;6(8):1498-1502.
2. Lee S, Hong SJ, Paek J, Pae A, Kwon KR, Noh K. Comparing accuracy of denture bases fabricated by injection molding, CAD/CAM milling, and rapid prototyping method. *J Adv Prosthodont*. 2019;11(1):55-64.
3. Arakawa I, Al- Haj Husain N, Srinivasan M, Maniewicz S, Abou-Ayash S, Schimmel M. Clinical outcomes and costs of conventional and digital complete dentures in a university clinic: a retrospective study. *J Prosthet Dent*. 2022;128(3):390-5.
4. Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dent Clin North Am*. 2011;55(3):559-70.
5. Kattadiyil MT, Jekki R, Goodacre CJ, Baba NZ. Comparison of treatment outcomes in digital and conventional complete removable dental prosthesis fabrications in a predoctoral setting. *J Prosthet Dent*. 2015;114(6):818-25.
6. Ligon SC, Liska R, Stampfl J, Gurr M, Mülhaupt R. Polymers for 3D printing and customized additive manufacturing. *Chem Rev*. 2017;117(15):10212-90.

7. Baba NZ, Goodacre BJ, Goodacre CJ, Müller F, Wagner S. CAD/CAM complete denture systems and physical properties: a review of the literature. *J Prosthodont*. 2021;30(2):113-24.
8. Javaid M, Haleem A. Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: a literature-based review. *J Oral Biol Craniofac Res*. 2019;9(3):179-85.
9. Alharbi N, Wismeijer D, Osman RB. Additive manufacturing techniques in prosthodontics: where do we currently stand? A critical review. *Int J Prosthodont*. 2017;30(5):474-84.
10. Goodacre BJ, Goodacre CJ. Additive manufacturing for complete denture fabrication: a narrative review. *J Prosthodont*. 2022;31(1):47-51.
11. Ogliari FA, Ely C, Zanchi CH, Fortes CB, Samul SMW, Demarco FF, et al. Influence of chain extender length of aromatic dimethacrylates on polymer network development. *Dent Mater*. 2008;24(2):165-71.
12. Pratap B, Gupta RK, Bhardwaj B, Nag M. Resin-based restorative dental materials: characteristics and future perspectives. *Jpn Dent Sci Rev*. 2019;55(1):126-38.
13. Wada J, Heponiemi P, Wada K, Garoushi S, Wakabayashi N, Iwamoto T, et al. Effect of ethylene oxide unit number in bis-EMA on the physical properties of additive-manufactured occlusal splint material. *J Prosthodont Res*. 2024;68(4):558-67.
14. Gajewski VE, Pfeifer CS, Froes-Salgado NR, Boaro LC, Braga RR. Monomers used in resin composites: degree of conversion, mechanical properties and water sorption/solubility. *Braz Dent J*. 2012;23(5):508-14.
15. Lin WS, Harris BT, Pellerito J, Morton D. Fabrication of an interim complete removable dental prosthesis with an in-office digital light processing three-dimensional printer: a proof-of-concept technique. *J Prosthet Dent*. 2018;120(3):331-4.
16. Kunjan C, N J, Chandrasekhar U. Influence of layer thickness on mechanical properties in stereolithography. *Rapid Prototyp J*. 2006;12(2):106-13.
17. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater*. 2006;22(3):211-22.
18. Palin WM, Fleming GJP, Trevor Burke FJ, Marquis PM, Randall RC. Monomer conversion versus flexure strength of a novel dental composite. *J Dent*. 2003;31(5):341-51.
19. Farkas AZ, Galatanu SV, Nagib R. The influence of printing layer thickness and orientation on the mechanical properties of DLP 3D-printed dental resin. *Polymers (Basel)*. 2023;15(5):1113.
20. Jafarpour D, El-Amier N, Tahboub K, Zimmermann E, Pero AC, de Souza R. Effects of DLP printing orientation and postprocessing regimes on the properties of 3D printed denture bases. *J Prosthet Dent*. 2025;134(1): 239.e1-239.e9.
21. Tahayeri A, Morgan M, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, et al. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dent Mater*. 2018;34(2):192-200.
22. AlGhamdi MA, Gad MM. Impact of printing orientation on the accuracy of additively fabricated denture base materials: a systematic review. *Dent J (Basel)*. 2024;12(8):230.
23. Mudhaffer S, Althagafi R, Haider J, Satterthwaite J, Silikas N. Effects of printing orientation and artificial ageing on martens hardness and indentation modulus of 3D printed restorative resin materials. *Dent Mater*. 2024;40(7):1003-14.
24. Asmussen E. NMR analysis of monomers in restorative resins. *Acta Odontol Scand*. 1975;33(3):129-34.

25. Vankerckhoven H, Lambrechts P, van Beylen M, Vanherle G. Characterization of composite resins by NMR and TEM. *J Dent Res*. 1981;60(12):1957-65.
26. Dizon JRC, Espera AH, Chen Q, Advincula RC. Mechanical characterization of 3D- printed polymers. *Addit Manuf*. 2018;20:44-67.
27. Leão RS, de Moraes SLD, Aquino KADS, Isolan CP, Casado BGDS, Montes MAJR. Effect of pressure, post-pressing time, and polymerization cycle on the degree of conversion of thermoactivated acrylic resin. *Int J Dent*. 2018;2018:5743840.
28. Shen Y, Zhu W, Papadaki M, Mannan MS, Mashuga CV, Cheng Z. Thermal decomposition of solid benzoyl peroxide using advanced reactive system screening tool: effect of concentration, confinement, and selected acids and bases. *J Loss Prev Process Ind*. 2019;60:28-34.
29. Nozaki K, Bartlett PD. The kinetics of decomposition of benzoyl peroxide in solvents. *J Am Chem Soc*. 1946;68(9):1686-92.
30. ISO 20795-1:2013. Dentistry—base polymers— part 1: denture base polymers. Geneva: ISO; 2013.
31. Khan AS, Khalid H, Sarfraz Z, Khan AF, Iqbal J, Muhammad N, et al. Vibrational spectroscopy of selective dental restorative materials. *Appl Spectrosc Rev*. 2016;52(6):507-40.
32. Fujisawa S. Nuclear magnetic resonance spectra of Bis- GMA and Iso- bis- GMA. *Dent Mater J*. 1994;13(2):251-5.
33. Durner J, Schrickel K, Watts DC, Ilie N. Determination of homologous distributions of bisEMA dimethacrylates in bulk- fill resin-composites by GC- MS. *Dent Mater*. 2015;31(4):473-80.
34. Gonçalves F, Kawano Y, Pfeifer C, Stansbury JW, Braga RR. Influence of BisGMA, TEGDMA, and BisEMA contents on viscosity, conversion, and flexural strength of experimental resins and composites. *Eur J Oral Sci*. 2009;117(4):442-6.
35. Perea-Lowery L, Gibreel M, Vallittu PK, Lassila L. Evaluation of the mechanical properties and degree of conversion of 3D- printed splint material. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021;115:104254.
36. Lin CH, Lin YM, Lai YL, Lee SY. Mechanical properties, accuracy, and cytotoxicity of UV-polymerized 3D printing resins composed of Bis-EMA, UDMA, and TEGDMA. *J Prosthet Dent*. 2020;123(2):349-54.
37. Aati S, Akram Z, Shrestha B, Patel J, Shi B, Shearston K, et al. Effect of post-curing light exposure time on the physico- mechanical properties and cytotoxicity of 3D- printed denture base material. *Dent Mater*. 2022;38(1):57-67.
38. Chhabra M, Nanditha Kumar M, Raghavendra Swamy KN, Thippeswamy HM. Flexural strength and impact strength of heat-cured acrylic and 3D-printed denture base resins: a comparative in vitro study. *J Oral Biol Craniofac Res*. 2022;12(1):1-3.
39. Dionysopoulos D, Papadopoulos C, Koliniotou-Koumpia E. Effect of temperature, curing time, and filler composition on surface microhardness of composite resins. *J Conserv Dent*. 2015;18(2):114-8.
40. Choudhary S, Suprabha B. Effectiveness of light emitting diode and halogen light curing units for curing microhybrid and nanocomposites. *J Conserv Dent*. 2013;16(3):233-7.
41. Torno V, Soares P, Martin JM, Mazur RF, Souza EM, Vieira S. Effects of irradiance, wavelength, and thermal emission of different light curing units on the Knoop and Vickers hardness of a composite resin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2008;85(1):166-71.
42. Reymus M, Lümekemann N, Stawarczyk B. 3D-printed material for temporary restorations: impact of print layer thickness and post-curing method on degree of conversion. *Int J Comput Dent*. 2019;22(3):231-7.

43. Aromaa MK, Vallittu PK. Delayed post-curing stage and oxygen inhibition of free-radical polymerization of dimethacrylate resin. *Dent Mater.* 2018;34(9):1247-52.
44. Kim D, Shim JS, Lee D, Shin SH, Nam NE, Park KH, et al. Effects of post-curing time on the mechanical and color properties of three-dimensional printed crown and bridge materials. *Polymers (Basel)*. 2020;12(11):2762.
45. Park SM, Park JM, Kim SK, Heo SJ, Koak JY. Flexural strength of 3D-printing resin materials for provisional fixed dental prostheses. *Materials (Basel)*. 2020;13(18):3970.
46. Gad MM, Fouda SM. Factors affecting flexural strength of 3D-printed resins: a systematic review. *J Prosthodont.* 2023;32(2):96-110.

### **Corresponding Author:**

*Montri Ratanajanchai*  
*Department of Prosthodontics,*  
*Faculty of Dentistry, Mahidol University,*  
*Ratchathewi, Bangkok 10400*  
*Tel. : +66 2200 7817-18*  
*E-mail : montri.rat@mahidol.ac.th*



# องค์ประกอบทางเคมี ระดับการเปลี่ยนเป็นพอลิเมอร์ และคุณสมบัติการดัดงอของวัสดุเรซินฐานฟันเทียม ที่ขึ้นรูปด้วยการพิมพ์สามมิติ

เสฏฐวุฒิ ชูชัยแสงรัตน์<sup>1</sup> วิชญ์ กาญจนะวลิต<sup>1</sup> กัลยา ศุภทตมมงคล<sup>1</sup> วรธณัย ปุณยนภากุล<sup>1</sup> มนตรี รัตนจันทร์ฉาย<sup>1,\*</sup>

บทความวิจัย

## บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินองค์ประกอบทางเคมี ระดับการเปลี่ยนเป็นพอลิเมอร์ และคุณสมบัติการดัดงอของวัสดุเรซินฐานฟันเทียมที่ขึ้นรูปด้วยการพิมพ์สามมิติที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ และเพื่อเปรียบเทียบกับวัสดุเรซินฐานฟันเทียมที่ขึ้นรูปด้วยการบ่มด้วยความร้อนแบบดั้งเดิม

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ:** ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเรซินฐานฟันเทียมที่ขึ้นรูปด้วยการพิมพ์สามมิติ ที่ยังไม่ผ่านการพอลิเมอร์ไรซ์ด้วยการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี โปรตอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปี และโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถสูง/ แมสสเปกโตรมิเตอร์ และเปรียบเทียบระดับการเปลี่ยนเป็นพอลิเมอร์ ของวัสดุดังกล่าวกับวัสดุเรซินฐานฟันเทียมที่ขึ้นรูปด้วยการบ่มด้วยความร้อนแบบดั้งเดิม โดยใช้เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี และทดสอบคุณสมบัติการดัดงอแบบสามจุดตามแนวทางของ ISO 20795-1:2013 เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติความแข็งแรงแรงดัด มอดูลัสการดัดงอ และความเค้นคราก

**ผล:** การวิเคราะห์ด้วยโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถสูง/ แมสสเปกโตรมิเตอร์ พบว่าวัสดุเรซินฐานฟันเทียมที่ขึ้นรูปด้วยการพิมพ์สามมิติ ประกอบด้วยมอนอเมอร์หลักคือ บิสฟีนอลเอ อีทอกซีเลต ไดเมทาคริเลต (BisEMA) ที่มีความยาวหน่วยเอทิลีนออกไซด์ 3-7 หน่วย โดยพบว่าระดับการเปลี่ยนเป็นพอลิเมอร์ของวัสดุเรซินฐานฟันเทียมที่ขึ้นรูปด้วยการบ่มด้วยความร้อนแบบดั้งเดิม สูงกว่าเรซินฐานฟันเทียมที่ขึ้นรูปด้วยการพิมพ์สามมิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $97.59 \pm 1.14\%$  และ  $69.81 \pm 4.90\%$  ตามลำดับ) ( $p < 0.001$ ) นอกจากนี้วัสดุเรซินฐานฟันเทียมที่ขึ้นรูปด้วยการบ่มด้วยความร้อนแบบดั้งเดิม มีค่าความแข็งแรงแรงดัด  $99.40 \pm 6.56$  MPa และมอดูลัสการดัดงอ  $2812.20 \pm 54.44$  MPa ซึ่งสูงกว่าวัสดุเรซินฐานฟันเทียมที่ขึ้นรูปด้วยการพิมพ์สามมิติอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ( $p < 0.001$ ) ที่มีค่าความแข็งแรงแรงดัด  $88.58 \pm 8.50$  MPa และมอดูลัสการดัดงอ  $2625.40 \pm 368.42$  MPa อย่างไรก็ตามวัสดุทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติการดัดงอตามมาตรฐานของ ISO 20795-1:2013

**บทสรุป:** วัสดุเรซินฐานฟันเทียมที่ขึ้นรูปด้วยการพิมพ์สามมิติ ประกอบด้วยมอนอเมอร์ บิสฟีนอลเอ อีทอกซีเลต ไดเมทาคริเลต ที่มีความยาวของสายโซ่ที่หลากหลาย โดยมีระดับการเปลี่ยนเป็นพอลิเมอร์ และคุณสมบัติการดัดงอที่ต่ำกว่าวัสดุเรซินฐานฟันเทียมที่ขึ้นรูปด้วยการบ่มด้วยความร้อนแบบดั้งเดิม ดังนั้นการปรับปรุงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูปด้วยการพิมพ์สามมิติและการบ่มหลังการพิมพ์สามมิติ เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อทำให้เกิดพอลิเมอร์สูงขึ้นและมีประสิทธิภาพเชิงกลที่ดีขึ้น

**คำไรหรัส:** การพิมพ์สามมิติ/ วัสดุเรซินฐานฟันเทียม/ บิสฟีนอลเอ อีทอกซีเลต ไดเมทาคริเลต/ ระดับการเปลี่ยนเป็นพอลิเมอร์/ ความแข็งแรงแรงดัด

## ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

มนตรี รัตนจันทร์ฉาย

ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์ : +66 2 200 7817-18

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : montri.rat@mahidol.ac.th

<sup>1</sup> ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

\* ผู้ประพันธ์บรรณกิจ



## ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาด ที่มีผลต่อการใช้บริการทันตกรรม: การศึกษาภาคตัดขวาง ที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เฉลิมขวัญ ภู่วรรณ <sup>1\*</sup> ณัฐริรา สุขสุขเดช <sup>2</sup> ภัทรดา พัฒทวี <sup>3</sup> เมธาพร พิภพชัย <sup>3</sup> ภูริฉัตร มัจฉะกุล <sup>3</sup>

บทความวิจัย

### บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดที่มีผลต่อการใช้บริการทันตกรรมของผู้รับบริการที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และเปรียบเทียบปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลของผู้รับบริการทันตกรรม (เพศ อายุ อาชีพ ระดับการศึกษา รายได้ และวิธีการชำระค่าบริการ) **วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ:** การวิจัยนี้เป็นเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวางโดยเก็บรวบรวมข้อมูลผ่านแบบสอบถามออนไลน์จากผู้รับบริการที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษา จำนวน 394 คน ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน พ.ศ. 2568 ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาในรูปแบบการแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมานด้วยการทดสอบด้วยแมน-วิทนีย ยู และครัสคาล-วาลิส

**ผล:** ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาด 3 อันดับแรก ที่มีผลต่อการมาใช้บริการทางทันตกรรมที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษา ได้แก่ หลักฐานทางกายภาพ บุคลากร ผลิตภัณฑ์และบริการ ตามลำดับ และปัจจัยที่มีผลน้อยที่สุด ได้แก่ การส่งเสริมการตลาด โดยพบว่าผู้รับบริการทันตกรรมที่มีอายุ อาชีพ ระดับการศึกษา รายได้ และวิธีการชำระค่าบริการแตกต่างกัน มีผลต่อระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดในการรับบริการทางทันตกรรมที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**บทสรุป:** ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดมีผลต่อการมาใช้บริการทันตกรรมที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษา ทั้งนี้ระดับความเห็นต่อปัจจัยดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับปัจจัยส่วนบุคคล ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลนำเข้าที่สำคัญประการหนึ่ง เพื่อนำไปใช้ในการประเมินการปรับปรุงคุณภาพบริการและพัฒนากลยุทธ์ทางการตลาดของคลินิกทันตกรรมนักศึกษาให้ตอบสนองตามความต้องการของผู้ใช้บริการต่อไป

**คำไชรหัส :** คณะทันตแพทยศาสตร์/ คลินิกทันตกรรมนักศึกษา/ ปัจจัยส่วนบุคคล/ ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาด

Received: Jul 10, 2025

Revised: Apr 09, 2026

Accepted: Apr 22, 2026

### บทนำ

คลินิกทันตกรรมนักศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เป็นสถานที่ให้บริการการรักษาทางทันตกรรมโดยนักศึกษาทันตแพทย์ระดับชั้นปีที่ 4-6 ที่ได้ผ่านการศึกษาค้นคว้าทางทันตกรรมตามเกณฑ์ที่หลักสูตรกำหนด รวมทั้งฝึกทักษะในห้องปฏิบัติการมาอย่างครบถ้วน ภายใต้การควบคุมของอาจารย์ทันตแพทย์อย่างใกล้ชิด และยังเป็นคลินิกทันตกรรมที่ถูกควบคุมตามเกณฑ์มาตรฐาน มีการใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่ทันสมัย และยังมีอัตราค่าบริการที่ต่ำกว่า

คลินิกทันตกรรมทั่วไป ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้ผู้สนใจเข้ารับบริการและเพื่อเพิ่มการเข้าถึงบริการทางทันตกรรมสำหรับผู้มีปัญหาสุขภาพช่องปาก<sup>1</sup>

คลินิกทันตกรรมนักศึกษามีความสำคัญเนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักของระบบการเรียนการสอนที่จะช่วยให้นักศึกษาทันตแพทย์ได้ฝึกฝนประสบการณ์การรักษาในสถานการณ์จริง ทั้งนี้ทันตแพทย์สภาได้ระบุข้อกำหนดขั้นต่ำ (Minimal requirement) สำหรับการขอรับใบอนุญาตประกอบ

<sup>1</sup> สาขาวิชาเอ็นโดดอนต์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

<sup>2</sup> สาขาทันตกรรมชุมชน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

<sup>3</sup> นักศึกษาทันตแพทย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

\* ผู้ประพันธ์บทความ

วิชาชีพทันตกรรมสำหรับนักศึกษาทันตแพทย์<sup>2</sup> ซึ่งจะต้องมีการปฏิบัติงานในผู้ป่วยจริงครบทุกสาขาวิชาในจำนวนไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่ระบุไว้ ในการนี้คณะทันตแพทยจึงต้องเตรียมปริมาณผู้ป่วยในแต่ละงานอย่างเพียงพอต่อการเรียนรู้ของนักศึกษา

อย่างไรก็ตามแม้ว่าคลินิกทันตกรรมนักศึกษาจะมีข้อดีหลายอย่างดังที่กล่าวมาแล้ว แต่การเข้ารับบริการ ณ คลินิกทันตกรรมนักศึกษาโดยการรักษาของนักศึกษาทันตแพทย์นั้น มีกระบวนการหลายขั้นตอน ส่งผลทำให้มีระยะเวลาการรักษาที่ยาวนานและจำนวนการนัดหมายที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้ผู้ป่วยยุติการรักษาได้<sup>3</sup> ดังนั้นการคงอยู่ของผู้ป่วย (Patient retention) จึงมีความสำคัญ และผู้ให้บริการจำเป็นต้องศึกษาลักษณะของผู้รับบริการเพื่อกำหนดกลยุทธ์ในการให้บริการที่เหมาะสม

ส่วนผสมทางการตลาด (Marketing mix) เป็นเครื่องมือทางการตลาดที่ถูกนำมาใช้ในทางธุรกิจ เพื่อตอบสนองความต้องการและความคาดหวังของลูกค้า ส่งผลต่อความพึงพอใจในการรับบริการ ส่วนผสมทางการตลาดประกอบด้วย 7 ปัจจัย หรือ 7Ps<sup>4</sup> ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์และบริการ (Product) ด้านราคา (Price) ด้านสถานที่ (Place) ด้านส่งเสริมการตลาด (Promotion) ด้านบุคลากร (People) ด้านกระบวนการ (Process) และด้านหลักฐานทางกายภาพ (Physical evidence) ซึ่งผู้ให้บริการจำนวนหนึ่งได้นำเครื่องมือส่วนผสมการตลาดมาใช้ในการสำรวจและวิเคราะห์ค้นหาปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเลือกเข้ารับบริการของผู้รับบริการในสถานบริการหนึ่ง ๆ<sup>4-6</sup> เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการกำหนดแนวทางการวางแผนกลยุทธ์การตลาดในการดึงดูดลูกค้าต่อไป

การศึกษาปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดนอกจากจะสามารถนำไปใช้สร้างกลยุทธ์ให้กับผลิตภัณฑ์ที่เป็นสินค้าแล้วยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานด้านบริการรวมถึงการให้บริการทางทันตกรรมด้วย<sup>7-11</sup> จากสถานการณ์จำนวนผู้ป่วยที่มาใช้บริการทันตกรรม ณ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ มีแนวโน้มที่จะลดลงการทำ ความเข้าใจถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกบริการทันตกรรม ในโรงเรียนทันตแพทย์ อาจช่วยทำให้ได้ข้อมูลเชิงลึกในการวางแผนพัฒนาปรับปรุงคุณภาพการบริการทางทันตกรรมในด้านต่าง ๆ เพื่อคงความสัมพันธ์ที่ดีกับผู้รับบริการในปัจจุบัน ซึ่งจะช่วยเพิ่มอัตราการคงอยู่ของผู้ป่วยในระบบและอาจใช้เป็นโอกาสในการวางแผนกลยุทธ์ด้านตลาดเพื่อดึงดูด

ผู้รับบริการรายใหม่ต่อไป ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนผสมทางการตลาด ที่มีผลต่อการใช้บริการทันตกรรมของผู้เข้ารับบริการที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และ เปรียบเทียบระดับความคิดเห็นปัจจัยส่วนผสมทาง การตลาดกับปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ ระดับการศึกษา รายได้ และวิธีการชำระค่าบริการ

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบการศึกษาเชิงพรรณนาแบบตัดขวาง (Cross-sectional descriptive study) ซึ่งผ่านการรับรองจากคณะกรรมการการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สายวิทยาศาสตร์ เลขที่ 67DE203

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้ศึกษาในกลุ่มประชากรซึ่งเป็นผู้รับบริการทันตกรรมปัจจุบัน ณ คลินิกทันตกรรมนักศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และเคยได้รับการนัดหมายรักษากับนักศึกษาทันตแพทย์มาแล้ว จากข้อมูลผู้มารับบริการที่มีอยู่ในระบบบริการประมาณ 20,000 คน ซึ่งคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างของรอสโค<sup>12</sup> กำหนดค่าระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการจำนวน 385 คน แต่เพื่อป้องกันข้อมูลไม่สมบูรณ์จากการตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้เก็บแบบสอบถามเพิ่มอีก 15 คน รวมเป็น 400 คน โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัย คือ ต้องเป็นผู้มีอายุ 20 ปีขึ้นไป สามารถสื่อสารและเข้าใจภาษาไทย และยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย ทั้งนี้เกณฑ์คัดออก ได้แก่ เป็นผู้ไร้ความสามารถหรือไม่สามารถตัดสินใจเองได้

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษานี้ใช้แบบสอบถามตอบด้วยตนเอง (Self-administered questionnaire) เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยแบบสอบถามประกอบด้วยคำถาม 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1: ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ การศึกษา รายได้ และวิธีการชำระค่าบริการของผู้รับบริการทันตกรรม

ส่วนที่ 2: ข้อมูลปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้ารับบริการทันตกรรม ประกอบด้วยปัจจัย 7

ด้าน ได้แก่ ด้านผลิตภัณฑ์ และบริการ ด้านราคา ด้านสถานที่ ด้านส่งเสริมการตลาด ด้านบุคลากร ด้านกระบวนการ และ ด้านหลักฐานทางกายภาพ ซึ่งชุดคำถามในส่วนที่ 2 นี้ได้รับการดัดแปลงจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยส่วนผสม ทาง การตลาดและงานวิจัยก่อนหน้า<sup>13-20</sup> และปรับปรุงคำถามเพิ่มเติม แบบสอบถามใน ส่วนนี้ได้ผ่านการทดสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามด้านความ สอดคล้อง ตรงประเด็น และครอบคลุมเนื้อหา และปรับปรุง แบบสอบถามตามคำแนะนำโดยพบว่าคำถามแต่ละข้อมีค่า ดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (Index of item objective congruence: IOC) ได้ค่าเท่ากับ 0.66-0.93 ซึ่งแสดงถึงความ สอดคล้องของข้อคำถามและวัตถุประสงค์ หลังจากนั้นนำ แบบสอบถามไปทดสอบความน่าเชื่อถือ (Reliability) กับกลุ่ม ผู้รับบริการที่ไม่ใช่ กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน คำนวณหาค่า สัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach's alpha) มีค่าเท่ากับ 0.96 (ความน่าเชื่อถือสูงมาก) โดยลักษณะคำถามเป็นแบบประเมิน ค่า (Rating scale) 5 ระดับ แบบสองขั้ว (Bipolar scale) ซึ่ง มีความเที่ยงตรง เหมาะสม สำหรับแบบสอบถามที่ต้องการวัด ระดับความเห็นด้วย และไม่เห็นด้วย<sup>21</sup> โดยระดับ 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างมาก ถึง 5 หมายถึงเห็นด้วยอย่างมาก และมี ระดับ 3 ไม่แน่ใจ แทนค่า 'เป็นกลาง' (Neutral) เพื่อสะท้อน ความเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามที่ไม่ถูกบังคับให้ต้องเอนเอียงไปทางขั้ว บวกหรือลบ<sup>21,22</sup>

### วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ดำเนินการเก็บข้อมูลจากกลุ่ม ตัวอย่างผู้มารับบริการทันตกรรม ณ คลินิกทันตกรรมนักศึกษา ที่มารับบริการในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน พ.ศ.2568 โดยการสุ่มตัวอย่างอย่างต่อเนื่อง (Consecutive sampling) จนกว่าจะครบจำนวนของกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยจัดทำ แบบสอบถามในรูปแบบ Google form ออนไลน์ (รูปที่ 1) นำ ข้อมูลจากแบบสอบถามทั้ง 2 ส่วนมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (ตารางที่ 1) ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา เป็นกลุ่ม ผู้รับบริการ ทันตกรรมปัจจุบันอาจทำให้เกิดอคติของผู้ตอบ แบบสอบถาม ที่ไม่กล้า ตอบคำถามตามความเป็นจริง เพราะ กังวลว่าอาจ กระทบกับภาพลักษณ์ของตน (Social desirability) หรืออาจ มีผลต่อการรับบริการในครั้งถัดไป เพื่อ ลดอคติดังกล่าวผู้วิจัยจึงเก็บรวบรวมข้อมูล แบบไม่ระบุตัวตน

ผ่านทาง google form เพื่อลดความกดดันในการเผชิญหน้า กับผู้ให้บริการ<sup>23</sup>

### การวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน นำมาตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลตัวแปร ที่ ต้องการศึกษานี้ เหลือกลุ่มตัวอย่างจำนวน 394 คน ก่อนนำมา ประมวลผลโดยใช้โปรแกรม SPSS version 26 for Window โดยข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลและข้อมูลระดับความคิดเห็น เกี่ยวกับปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดที่ทำให้มาใช้บริการ ทัน ตกรรมของผู้รับบริการทันตกรรมปัจจุบัน ใช้สถิติการ วิเคราะห์เชิงพรรณนา ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบระดับ ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยส่วนผสมทางการตลาด จำแนก ตามปัจจัยส่วนบุคคลได้แก่ เพศ อายุ อาชีพ ระดับการศึกษา รายได้ และวิธีการชำระค่าบริการ จากการ ทดสอบชาปิโร- วิลค์ (Shapiro-Wilk test) พบว่าข้อมูลแต่ละกลุ่มมีการแจก แจกแบบไม่ปกติ ( $p < 0.05$ ) จึงวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยการทดสอบ แมน-วิทนี ยู (Mann-Whitney U test) สำหรับการ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม ได้แก่ เพศ และใช้ การทดสอบครัสคาล-วาลลิส (Kruskal-Wallis test) สำหรับการ เปรียบเทียบความแตกต่างตั้งแต่ 3 กลุ่ม ขึ้นไป ได้แก่ อายุ อาชีพ ระดับการศึกษา รายได้ และวิธีการชำระค่าบริการ เมื่อ พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 จึงทำการทดสอบภายหลัง (Post-hoc test) เพื่อเปรียบเทียบ ความแตกต่างรายคู่ (Pairwise comparison) ด้วยวิธีทดสอบ แมน-วิทนี ยู และการปรับค่าแบบบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni correction)



รูปที่ 1 คิวอาร์โค้ดแสดงแบบสอบถาม  
Figure 1 QR code of the questionnaire

## ผล

**ผลการศึกษาปัจจัยส่วนบุคคลของผู้รับบริการทันตกรรมที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษา** จากการศึกษาพบว่า ผู้รับบริการทันตกรรมส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง ร้อยละ 61.7 มีอายุระหว่าง 20-29 ปี ร้อยละ 37.1 รองลงมาคืออายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป ร้อยละ 34 เป็นนักเรียน/ นักศึกษา ร้อยละ 29.5 ระดับการศึกษาปริญญาตรีร้อยละ 51.5 มีรายได้ต่อเดือนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท ร้อยละ 30.7 และ รายได้ต่อเดือน 10,000-20,000 บาท ร้อยละ 29.7 นอกจากนี้ส่วน

ใหญ่ผู้มารับบริการทันตกรรมชำระค่าบริการโดยการชำระเงินเองร้อยละ 41.8 (ตารางที่ 1)

**ผลการศึกษาปัจจัยส่วนสมทางการตลาดที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการทันตกรรมที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษา** จากการศึกษาพบว่าระดับความเห็นเกี่ยวกับปัจจัยส่วนสมทางการตลาดที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ด้านหลักฐานทางกายภาพ ด้านบุคลากร และ ด้านผลิตภัณฑ์และบริการ สำหรับด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ ด้านส่งเสริมการตลาด (ตารางที่ 2)

**ตารางที่ 1** ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง  
**Table 1** Demographic data of the participants

| ข้อมูลส่วนบุคคล                            | จำนวน (คน) | ร้อยละ |
|--------------------------------------------|------------|--------|
| <b>เพศ</b>                                 |            |        |
| ชาย                                        | 151        | 38.3   |
| หญิง                                       | 243        | 61.7   |
| <b>อายุ</b>                                |            |        |
| 20 – 29 ปี                                 | 146        | 37.1   |
| 30 – 39 ปี                                 | 62         | 15.7   |
| 40 – 49 ปี                                 | 52         | 13.2   |
| อายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป                    | 134        | 34.0   |
| <b>อาชีพ</b>                               |            |        |
| นักเรียน/นักศึกษา                          | 116        | 29.5   |
| พ่อบ้าน/แม่บ้าน                            | 69         | 17.5   |
| ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ/ลูกจ้างของรัฐ | 67         | 17.0   |
| ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย                       | 71         | 18.0   |
| พนักงานบริษัทเอกชน                         | 71         | 18.0   |
| <b>การศึกษา</b>                            |            |        |
| ต่ำกว่าปริญญาตรี                           | 159        | 40.4   |
| ปริญญาตรี                                  | 203        | 51.5   |
| สูงกว่าปริญญาตรี                           | 32         | 8.1    |
| <b>รายได้</b>                              |            |        |
| น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท             | 121        | 30.7   |
| 10,001 – 20,000 บาท                        | 117        | 29.7   |
| 20,001 – 30,000 บาท                        | 69         | 17.5   |
| 30,001 – 40,000 บาท                        | 37         | 9.4    |
| มากกว่า 40,000 บาท                         | 50         | 12.7   |
| <b>วิธีชำระค่าบริการ</b>                   |            |        |
| ชำระเอง/เงินสด                             | 165        | 41.8   |
| สิทธิประกันสังคม                           | 42         | 10.7   |
| สิทธิข้าราชการ/เบิกจ่ายตรง                 | 68         | 17.3   |
| สิทธิบัตรทอง                               | 77         | 19.5   |
| อื่น ๆ                                     | 42         | 10.7   |

ตารางที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดที่มีผลต่อการเลือกรับบริการที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษา

Table 2 Opinions on marketing mix factors influencing service utilization at the student dental clinic

| ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาด                                                                                              | ค่าเฉลี่ย<br>(Mean) | ส่วนเบี่ยงเบน<br>มาตรฐาน<br>(Standard<br>deviation) | ระดับความเห็น    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------|------------------|
| <b>1. ด้านผลิตภัณฑ์และบริการ (อันดับที่ 3)</b>                                                                       | 4.47                | 0.76                                                | เห็นด้วย         |
| 1.1 คุณภาพและความทันสมัยของเครื่องมือทันตกรรม                                                                        | 4.41                | 0.84                                                | เห็นด้วย         |
| 1.2 คลินิกมีความสะอาด ปลอดภัยและได้มาตรฐาน                                                                           | 4.53                | 0.84                                                | เห็นด้วยอย่างมาก |
| 1.3 บริการทันตกรรมมีความหลากหลาย                                                                                     | 4.51                | 0.81                                                | เห็นด้วยอย่างมาก |
| 1.4 คุณภาพของการรักษาโดยนักศึกษาทันตแพทย์ภายใต้การดูแลของอาจารย์ทันตแพทย์เฉพาะทาง                                    | 4.43                | 0.83                                                | เห็นด้วย         |
| <b>2. ด้านราคา</b>                                                                                                   | 4.19                | 0.89                                                | เห็นด้วย         |
| 2.1 คลินิกแสดงอัตราค่าบริการ และคำอธิบายที่ชัดเจน                                                                    | 4.14                | 1.05                                                | เห็นด้วย         |
| 2.2 สามารถใช้สิทธิเบิกต่าง ๆ เพื่อชำระค่าบริการได้                                                                   | 4.06                | 1.21                                                | เห็นด้วย         |
| 2.3 อัตราค่าบริการรักษามีความเหมาะสม และถูกกว่าที่อื่น                                                               | 4.38                | 0.91                                                | เห็นด้วย         |
| <b>3. ด้านสถานที่</b>                                                                                                | 3.98                | 1.04                                                | เห็นด้วย         |
| 3.1 ความสะดวกในการเดินทางมารับการรักษา                                                                               | 4.25                | 0.97                                                | เห็นด้วย         |
| 3.2 คลินิกทันตกรรมนักศึกษา ใกล้บ้านของท่าน                                                                           | 3.88                | 1.24                                                | เห็นด้วย         |
| 3.3 คลินิกทันตกรรมนักศึกษา ใกล้ที่ทำงานของท่าน                                                                       | 3.81                | 1.25                                                | เห็นด้วย         |
| <b>4. ด้านส่งเสริมการตลาด</b>                                                                                        | 3.48                | 1.11                                                | ไม่แน่ใจ         |
| 4.1 ป้ายประชาสัมพันธ์มีความดึงดูดใจตัดสินใจเลือกรับบริการ                                                            | 3.48                | 1.20                                                | ไม่แน่ใจ         |
| 4.2 เห็นโฆษณาผ่านสื่อต่าง ๆ เช่น Facebook, Line Official เป็นต้น                                                     | 3.19                | 1.32                                                | ไม่แน่ใจ         |
| 4.3 โครงการทำฟันฟรี เช่น โครงการรักษาลงรากฟันฟรี โครงการทำฟันปลอมฟรี                                                 | 3.77                | 1.33                                                | เห็นด้วย         |
| <b>5. ด้านบุคลากร (อันดับที่ 2)</b>                                                                                  | 4.51                | 0.81                                                | เห็นด้วยอย่างมาก |
| 5.1 นักศึกษาทันตแพทย์และเจ้าหน้าที่มีอัธยาศัยดี พุดจาสุภาพ มีมารยาทที่ดี มีความเอาใจใส่และกระตือรือร้นในการบริการ    | 4.58                | 0.83                                                | เห็นด้วยอย่างมาก |
| 5.2 นักศึกษาทันตแพทย์อธิบายถึงผลตรวจและขั้นตอนการรักษาได้เป็นอย่างดี                                                 | 4.53                | 0.85                                                | เห็นด้วยอย่างมาก |
| 5.3 นักศึกษาทันตแพทย์มีความรู้และความสามารถในการรักษา                                                                | 4.41                | 0.89                                                | เห็นด้วย         |
| <b>6. ด้านกระบวนการ</b>                                                                                              | 4.23                | 0.89                                                | เห็นด้วย         |
| 6.1 บุคลากรทางการแพทย์คอยช่วยเหลือหลากหลายช่องทาง เช่น Line Facebook เป็นต้น                                         | 4.12                | 1.07                                                | เห็นด้วย         |
| 6.2 นัดหมายง่าย ระยะเวลารอคอยเหมาะสม                                                                                 | 4.22                | 0.97                                                | เห็นด้วย         |
| 6.3 ขั้นตอนการให้บริการทางทันตกรรม เช่น การชำระค่าบริการ การใช้สิทธิการรักษา เป็นระบบชัดเจน เข้าใจง่ายและรวดเร็ว     | 4.33                | 0.92                                                | เห็นด้วย         |
| <b>7. ด้านหลักฐานทางกายภาพ (อันดับที่ 1)</b>                                                                         | 4.53                | 0.81                                                | เห็นด้วยอย่างมาก |
| 7.1 สภาพแวดล้อมภายในคลินิกมีลักษณะเหมาะสม มีอากาศถ่ายเทที่ดี และมีสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น ห้องน้ำมีความสะอาด เป็นต้น | 4.52                | 0.84                                                | เห็นด้วยอย่างมาก |
| 7.2 ห้องทันตกรรมมีความพร้อม                                                                                          | 4.53                | 0.83                                                | เห็นด้วยอย่างมาก |
| 7.3 บริเวณที่นั่งรอรับบริการมีความเหมาะสมและสะอาด                                                                    | 4.55                | 0.85                                                | เห็นด้วยอย่างมาก |

### **ความแตกต่างของปัจจัยส่วนผสมทางการตลาด ที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการทันตกรรม จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล (ตารางที่ 3)**

เพศ ผลการศึกษาพบว่าทั้งเพศชายและเพศหญิงมีระดับความเห็นเกี่ยวกับปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดมากที่สุดในด้านหลักฐานทางกายภาพ และน้อยที่สุดในด้านส่งเสริมการตลาด โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับความเห็นเกี่ยวกับปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดทั้ง 7 ด้าน ระหว่างเพศชายและเพศหญิง

อายุ ผลการศึกษาพบว่าทุกกลุ่มให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาดน้อยที่สุด นอกจากนี้ กลุ่ม 20-29 ปี มีระดับความคิดเห็นด้านผลิตภัณฑ์และบริการมากที่สุด กลุ่ม 30-39 ปี และกลุ่ม 40-49 ปี มีระดับความคิดเห็น ด้านบุคลากรมากที่สุด และกลุ่มอายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไปให้ความสำคัญด้านหลักฐานทางกายภาพมากที่สุดเมื่อเทียบกับปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านอื่น ๆ ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปัจจัยด้านสถานที่ ด้านการส่งเสริมการตลาด ด้านบุคลากร ด้านกระบวนการ และด้านหลักฐานทางกายภาพในกลุ่มอายุที่แตกต่างกัน

อาชีพ ผลการศึกษาพบว่าทุกกลุ่มอาชีพให้ระดับความเห็นเกี่ยวกับส่วนผสมทางการตลาดมากที่สุดในด้านหลักฐานทางกายภาพ และน้อยที่สุดในด้านส่งเสริมการตลาด โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับความเห็นด้านผลิตภัณฑ์และบริการ ด้านบุคลากร ด้านกระบวนการ และด้านหลักฐานทางกายภาพในกลุ่มอาชีพที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ข้อสังเกตว่ากลุ่มนักเรียน/นักศึกษา มีระดับความคิดเห็นด้านผลิตภัณฑ์และบริการ ด้านบุคลากร ด้านกระบวนการ และด้านหลักฐานทางกายภาพ ที่ต่ำกว่ากลุ่มอาชีพอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ระดับการศึกษา ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มต่ำกว่าปริญญาตรีมีระดับความเห็นด้านหลักฐานทางกายภาพ มาก

ที่สุด กลุ่มปริญญาตรีมีระดับความเห็นด้านบุคลากรและด้านหลักฐานทางกายภาพมากที่สุด กลุ่มสูงกว่าปริญญาตรี ให้ความสำคัญกับด้านบุคลากรมากที่สุด ทั้งนี้ทุกกลุ่มให้ความสำคัญกับด้านส่งเสริมการตลาดน้อยที่สุด โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับความเห็นที่มีต่อปัจจัยด้านสถานที่ในกลุ่มที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกัน กล่าวคือในการศึกษานี้กลุ่มที่มีระดับการศึกษาดำกว่าปริญญาตรีให้คะแนนความคิดเห็นด้านสถานที่มากกว่ากลุ่มสูงกว่าปริญญาตรี

รายได้ ผลการศึกษาพบว่า ทุกกลุ่มมีระดับความเห็นด้านหลักฐานทางกายภาพมากที่สุด ยกเว้นกลุ่ม รายได้มากกว่า 40,000 บาท ที่ให้ความสำคัญกับด้านบุคลากร มากที่สุด ทั้งนี้ทุกกลุ่มให้ความสำคัญกับด้านส่งเสริมการตลาดน้อยที่สุด โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับความเห็นที่มีต่อปัจจัยด้านส่งเสริมการตลาด ด้านกระบวนการ ด้านหลักฐานทางกายภาพ ของกลุ่มที่มีระดับรายได้แตกต่างกัน กล่าวคือ กลุ่มรายได้ 20,000-30,000 บาท ให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านกระบวนการ ด้านหลักฐานทางกายภาพสูงกว่ากลุ่มรายได้น้อยกว่าหรือเทียบเท่ากับ 10,000 บาท และด้านส่งเสริมการตลาดมากกว่ากลุ่มรายได้ 10,000-20,000 บาท

วิธีการชำระค่าบริการ ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับความเห็นด้านหลักฐานทางกายภาพมากที่สุด และด้านส่งเสริมการตลาดน้อยที่สุด โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับความเห็นที่มีต่อปัจจัยด้านราคา ด้านส่งเสริมการตลาด ด้านกระบวนการ และด้านหลักฐานทางกายภาพ ของกลุ่มที่มีวิธีการชำระ ค่าบริการที่แตกต่างกัน ทั้งนี้กลุ่มชำระเงินสด/ เบิกไม่ได้ ให้ความสำคัญด้านส่งเสริมการตลาดด้าน กระบวนการ และด้านหลักฐานทางกายภาพมากกว่ากลุ่มสิทธิบัตรทอง/ กลุ่มชำระค่าบริการด้วยวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่ากลุ่มสิทธิข้าราชการให้ความสำคัญกับด้านราคามากกว่ากลุ่มชำระค่าบริการด้วยวิธีอื่น ๆ

**ตารางที่ 3** ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษา จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล  
**Table 3** Opinions on marketing mix factors influencing service utilization at the student dental clinic, classified by personal factors

| ปัจจัยส่วนบุคคล                                      | Product<br>(mean±SD)     | Price<br>(mean±SD)     | Place<br>(mean±SD)      | Promotion<br>(mean±SD) | People<br>(mean±SD)      | Process<br>(mean±SD)      | Physical<br>evidence<br>(mean±SD) |
|------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| <b>เพศ</b>                                           |                          |                        |                         |                        |                          |                           |                                   |
| ชาย                                                  | 4.43±0.79                | 4.15±0.93              | 3.95±1.06               | 3.50±1.15              | 4.54±0.81                | 4.20±0.92                 | 4.56±0.82                         |
| หญิง                                                 | 4.50±0.75                | 4.22±0.87              | 4.00±1.04               | 3.48±1.10              | 4.49±0.83                | 4.25±0.88                 | 4.52±0.81                         |
| <b>อายุ</b>                                          |                          |                        |                         |                        |                          |                           |                                   |
| 20 - 29 ปี                                           | 4.33±0.98                | 4.15±1.05              | 3.90±1.16 <sup>a</sup>  | 3.46±1.09              | 4.30±1.07 <sup>ab</sup>  | 4.03±1.07 <sup>abc</sup>  | 4.22±1.04 <sup>a</sup>            |
| 30 - 39 ปี                                           | 4.58±0.53                | 4.27±0.80              | 4.13±0.85               | 3.85±1.00 <sup>a</sup> | 4.64±0.52 <sup>a</sup>   | 4.37±0.72 <sup>a</sup>    | 4.61±0.59                         |
| 40 - 49 ปี                                           | 4.57±0.70                | 4.29±0.84              | 4.35±0.81 <sup>ab</sup> | 3.62±1.25              | 4.50±0.6                 | 4.41±0.75 <sup>b</sup>    | 4.59±0.72                         |
| อายุตั้งแต่ 50 ปีขึ้นไป                              | 4.54±0.57                | 4.18±0.76              | 4.86±1.05 <sup>b</sup>  | 3.29±1.11 <sup>a</sup> | 4.63±0.60 <sup>b</sup>   | 4.44±0.77 <sup>c</sup>    | 4.71±0.56 <sup>a</sup>            |
| <b>อาชีพ</b>                                         |                          |                        |                         |                        |                          |                           |                                   |
| ข้าราชการ/ พนักงาน<br>รัฐวิสาหกิจ/ ลูกจ้างของ<br>รัฐ | 4.49±0.76                | 4.34±0.81              | 4.18±0.95               | 3.76±1.08              | 4.52±0.80                | 4.34±0.85 <sup>a</sup>    | 4.63±0.72 <sup>a</sup>            |
| ธุรกิจส่วนตัว/ ค้าขาย                                | 4.62±0.51 <sup>a</sup>   | 4.16±0.82              | 3.9±0.99                | 3.51±1.04              | 4.72±0.51 <sup>a</sup>   | 4.45±0.68 <sup>b</sup>    | 4.75±0.56 <sup>b</sup>            |
| นักเรียน/ นักศึกษา                                   | 4.24±1.06 <sup>abc</sup> | 4.05±1.11              | 3.96±1.15               | 3.37±1.11              | 4.22±1.13 <sup>abc</sup> | 3.92±1.11 <sup>abcd</sup> | 4.25±1.12 <sup>abcd</sup>         |
| พนักงานบริษัทเอกชน/<br>ลูกจ้างเอกชน                  | 4.58±0.51 <sup>b</sup>   | 4.23±0.83              | 3.97±1.05               | 3.58±1.09              | 4.65±0.59 <sup>b</sup>   | 4.33±0.75 <sup>c</sup>    | 4.62±0.58 <sup>c</sup>            |
| พ่อบ้าน/ แม่บ้าน                                     | 4.58±0.50 <sup>c</sup>   | 4.32±0.65              | 3.92±1.01               | 3.29±1.22              | 4.63±0.52 <sup>c</sup>   | 4.32±0.76 <sup>d</sup>    | 4.62±0.55 <sup>d</sup>            |
| <b>ระดับการศึกษา</b>                                 |                          |                        |                         |                        |                          |                           |                                   |
| ต่ำกว่าปริญญาตรี                                     | 4.52±0.73                | 4.17±0.88              | 4.20±0.87 <sup>a</sup>  | 3.54±1.14              | 4.54±0.80                | 4.29±0.89                 | 4.61±0.76                         |
| ปริญญาตรี                                            | 4.46±0.76                | 4.23±0.88              | 3.85±1.15               | 3.49±1.10              | 4.50±0.81                | 4.20±0.89                 | 4.50±0.82                         |
| สูงกว่าปริญญาตรี                                     | 4.29±0.98                | 4.09±1.00              | 3.78±1.04 <sup>a</sup>  | 3.20±1.08              | 4.47±0.97                | 4.15±1.01                 | 4.40±0.96                         |
| <b>รายได้</b>                                        |                          |                        |                         |                        |                          |                           |                                   |
| น้อยกว่า หรือเท่ากับ<br>10,000 บาท                   | 4.43±0.82                | 4.18±0.9               | 4.00±1.04               | 3.44±1.09              | 4.42±0.88                | 4.05±0.92 <sup>a</sup>    | 4.45±0.88 <sup>a</sup>            |
| 10,001 – 20,000 บาท                                  | 4.41±0.88                | 4.17±0.93              | 3.95±1.05               | 3.37±1.17 <sup>a</sup> | 4.45±0.93                | 4.23±0.97                 | 4.47±0.95                         |
| 20,001 – 30,000 บาท                                  | 4.62±0.45                | 4.3±0.77               | 4.13±0.94               | 3.83±1.00 <sup>a</sup> | 4.66±0.56                | 4.48±0.73 <sup>a</sup>    | 4.73±0.46 <sup>a</sup>            |
| 30,001 – 40,000 บาท                                  | 4.48±0.80                | 4.18±1.00              | 3.99±1.25               | 3.60±1.09              | 4.50±0.90                | 4.26±0.97                 | 4.58±0.82                         |
| มากกว่า 40,000 บาท                                   | 4.54±0.63                | 4.16±0.88              | 3.80±1.04               | 3.31±1.14              | 4.67±0.58                | 4.31±0.76                 | 4.60±0.59                         |
| <b>วิธีการชำระค่าบริการ</b>                          |                          |                        |                         |                        |                          |                           |                                   |
| ชำระเอง/เงินสด (เบิกไม่ได้)                          | 4.55±0.62                | 4.27±0.80              | 3.92±1.11               | 3.66±1.06 <sup>a</sup> | 4.63±0.69                | 4.39±0.76 <sup>ab</sup>   | 4.64±0.66 <sup>a</sup>            |
| สิทธิข้าราชการ/ เบิกจ่ายตรี                          | 4.51±0.70                | 4.38±0.78 <sup>a</sup> | 4.13±0.95               | 3.49±1.13              | 4.50±0.78                | 4.30±0.85                 | 4.66±0.70                         |
| สิทธิบัตรทอง                                         | 4.29±1.05                | 3.99±1.12              | 4.05±1.07               | 3.32±1.16              | 4.30±1.08                | 3.97±1.15 <sup>b</sup>    | 4.26±1.13 <sup>a</sup>            |
| สิทธิประกันสังคม                                     | 4.49±0.68                | 4.32±0.79              | 3.98±0.88               | 3.51±1.12              | 4.52±0.70                | 4.32±0.66                 | 4.63±0.59                         |
| อื่น ๆ                                               | 4.42±0.84                | 3.88±0.94 <sup>a</sup> | 3.86±1.07               | 3.10±1.13 <sup>a</sup> | 4.44±0.86                | 3.86±0.97 <sup>a</sup>    | 4.34±0.91                         |

ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าความแตกต่างระหว่างกลุ่มในคอลัมน์เดียวกันนั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ทั้งนี้การทดสอบภายหลัง (Post hoc) ด้วยวิธีแมน-วิทนีเยีย ร่วมกับการปรับค่าแบบบอนเฟอร์โรนี ถูกนำมาใช้เพื่อระบุปัจจัยสำคัญของปัจจัยส่วนบุคคลที่มีผลต่อปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการใช้บริการคลินิกทันตกรรมนักศึกษา

The same letters show differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ) between the groups in the same column.

The post hoc Mann-Whitney U tests with Bonferroni correction were used to identify the significance of personal factors on marketing mix factors influencing service utilization at the student dental clinic.

## บทวิจารณ์

จากข้อมูลส่วนบุคคลของผู้รับบริการที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จำนวน 394 คนที่ตอบแบบสอบถามพบว่า ผู้รับบริการ ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอาชีพเป็นนักเรียน/นักศึกษา อยู่ในช่วงอายุ 20-29 ปี ระดับปริญญาตรี มีรายได้น้อยกว่า หรือเท่ากับ 10,000 บาท มีวิธีการชำระค่าบริการคือ ชำระเอง/ เงินสด จากข้อมูลส่วนบุคคลสามารถวิเคราะห์ได้ว่า 1) สาเหตุที่ผู้รับบริการเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย อาจสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่าผู้หญิงมีความใส่ใจในสุขภาพมากกว่าผู้ชายซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้<sup>24-27</sup> 2) อาชีพและอายุของผู้รับบริการส่วนใหญ่เป็นนักเรียน/นักศึกษา ช่วงอายุ 20-29 ปี เป็นวัยที่กำลังศึกษาในระดับอุดม ซึ่งคลินิกทันตกรรมนักศึกษาตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ มีจำนวนนักศึกษาประมาณ 30,000 คนต่อปี<sup>28</sup> อาจเป็นสาเหตุให้ผู้รับบริการสนใจเลือกศึกษาที่นี่ เนื่องจากเดินทางได้สะดวก นอกจากกลุ่มอายุ 20-29 ปี แล้วยังพบว่า ผู้รับบริการที่มีอายุ 50 ปีขึ้นไป เป็นกลุ่มที่ มาใช้บริการมากเป็นอันดับที่สอง อาจเนื่องมาจาก เป็นช่วงวัยที่เริ่มว่างเว้นจากงานประจำ ทำให้มีเวลามากกว่ากลุ่มวัยทำงาน อีกทั้งเมื่อมีอายุเพิ่มมากขึ้นปัญหา สุขภาพช่องปากมักพบมากขึ้นเช่นกัน<sup>29</sup> 3) ผู้รับบริการ ส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับปริญญาตรี ซึ่งจากการรอบแนวคิด ด้านพฤติกรรมศาสตร์ Health Belief Model (HBM)<sup>30</sup> ซึ่งเป็นแบบจำลองความเชื่อด้านสุขภาพที่ใช้อธิบายและ คาดการณ์ พฤติกรรมสุขภาพของบุคคล โดยเน้น ด้านการรับรู้ของบุคคลเกี่ยวกับสุขภาพที่ส่งผลต่อการตัดสินใจในการดูแล ตัวเอง ของผู้ป่วย เช่น การรับรู้ความเสี่ยงต่อโรค การรับรู้ความรุนแรงของโรค การรับรู้ประโยชน์ของการดูแลสุขภาพ และการรับรู้ถึงอุปสรรคปัญหาในการเข้าสู่ การรักษาทางทันตกรรม อาจนำมาอธิบายผลของการทดลองนี้ ได้ว่า ผู้รับบริการที่มีการศึกษาสูงขึ้น อาจจะทำให้ความสำคัญกับสุขภาพช่องปากมากกว่า เนื่องจากมีการตระหนักถึงความเสี่ยงของปัญหา สุขภาพ และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการละเลยการดูแลสุขภาพช่องปาก นำไปสู่พฤติกรรมแสวงหาบริการสุขภาพเชิงป้องกันและการเข้ารับการรักษาย่างต่อเนื่องและยัง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Natthasetsakul, Ratchakom และ Kheytui (2018)<sup>18</sup> ที่พบว่าผู้รับบริการที่คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ส่วนใหญ่จบการศึกษาปริญญาตรี 4) รายได้ของผู้รับบริการมี 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่ม

น้อยกว่า หรือเท่ากับ 10,000 บาท (ร้อยละ 30.7) และกลุ่มรายได้ 10,001-20,000 บาท (ร้อยละ 29.7) ซึ่งทั้งสองกลุ่ม นี้จัดเป็นกลุ่มที่มีรายได้น้อย การที่ผู้รับบริการสองกลุ่มนี้สนใจมารับการรักษาที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษา อาจเนื่องมาจากที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษามีค่ารักษาต่ำกว่าคลินิกทันตกรรมอื่น ๆ ทั้งในภาครัฐและเอกชน นอกจากนี้ยังมีโครงการรักษาทางทันตกรรมโดยไม่คิดมูลค่าในการรักษา บางประเภท เช่น การรักษาคลองรากฟัน การใส่ฟันเทียมทั้งปาก และฟันเทียมถอดได้บางส่วน ทันตกรรมสำหรับเด็กนักเรียนโรงเรียนท่าโขลง จึงเป็นการดึงดูดผู้ที่ยังไม่มีรายได้ เช่น นักเรียน/นักศึกษา หรือผู้มีรายได้น้อย 5) วิธีการชำระค่าบริการของผู้รับบริการส่วนใหญ่เป็นการชำระค่าบริการ ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นที่น่าสนใจว่าแม้ข้อมูลปัจจุบันแสดงให้เห็นว่าประชากรไทยมากกว่าร้อยละ 98 มีสิทธิได้รับการสนับสนุน การรักษาพยาบาลจากภาครัฐ ไม่ว่าจะเป็นบัตรทอง ประกัน สังคม หรือข้าราชการ<sup>31</sup> แต่ผู้มารับบริการที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษา กลับเป็นผู้ชำระค่ารักษาด้วยตนเอง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความไม่รู้ หรือไม่เข้าใจสิทธิ ของตนเองดีพอ ความไม่สะดวก ขั้นตอนยุ่งยาก หรือค่าใช้จ่ายไม่ครอบคลุมสิทธิที่ต้องการเบิก<sup>32,33</sup>

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาด ผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดที่อยู่ระดับ “เห็นด้วยอย่างมาก” มี 2 ปัจจัย คือ ด้านบุคลากร และด้านหลักฐานทางกายภาพ ส่วนปัจจัยที่อยู่ระดับ “เห็นด้วย” มี 4 ปัจจัย คือ ด้านผลิตภัณฑ์และบริการ ด้านราคา ด้านสถานที่ และด้านกระบวนการ ในขณะที่ปัจจัยที่ได้คะแนนน้อยที่สุดและอยู่ในระดับ “ไม่แน่ใจ” คือ ด้านส่งเสริมการตลาด ซึ่งอาจวิเคราะห์ได้ว่า 1) ด้านหลักฐานทางกายภาพได้รับระดับคะแนนของปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดสูงที่สุดเนื่องจากผู้รับบริการมองว่าคลินิกที่สะอาด ได้มาตรฐาน และทันสมัย (รูปที่ 2) เป็นสิ่งที่สะท้อนถึงการให้บริการที่มีคุณภาพ<sup>34</sup> ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ Parasuraman, Zeithaml และ Berry (1988)<sup>20</sup> ที่กล่าวถึงทฤษฎี Service quality model ที่กล่าวถึงมิติคุณภาพ 5 ด้าน โดยลักษณะทางกายภาพ (Tangibles) มีความสำคัญต่อความประทับใจแรกในธุรกิจบริการ การสร้างภาพลักษณ์ที่ดีมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดึงดูดและรักษาผู้รับบริการไว้ 2) ด้านบุคลากรได้ระดับคะแนนเห็นด้วยมากที่สุดและได้คะแนนสูงเป็นอันดับสองสะท้อนให้เห็นว่า บุคลากรที่มีอัธยาศัยดี พุดจาสุภาพ และเอาใจใส่ในการบริการ เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้ใช้บริการเลือก

เข้ารับบริการที่คลินิกทันตกรรม การที่นักศึกษาทันตแพทย์มีความสุภาพอ่อนน้อม และสามารถอธิบายผลตรวจและขั้นตอนการรักษาได้อย่างชัดเจน ช่วยเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้เข้ารับบริการ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Quaranta และ Wang (2024)<sup>19</sup> ที่กล่าวว่าบุคลากรถือเป็นหัวใจสำคัญของการให้บริการในคลินิกทันตกรรมนักศึกษา โดยความสามารถและอรรถยาที่ดีของบุคลากรทำให้ผู้รับบริการตัดสินใจเลือกกลับมาใช้บริการซ้ำ 3) ด้านผลิตภัณฑ์และบริการ ด้านกระบวนการ ด้านราคา และด้านสถานที่ มีระดับคะแนนอยู่ในช่วง “เห็นด้วย” โดยมีระดับคะแนนที่ใกล้เคียงกัน สำหรับปัจจัยทั้ง 4 ด้านนี้ คลินิกทันตกรรมนักศึกษาในฐานะผู้ให้บริการจะต้องออกแบบระบบงานที่รัดกุมเพื่อควบคุมผลิตภัณฑ์ นั่นก็คือผลการรักษาของนักศึกษาทันตแพทย์ เช่น การเรียนในหลักสูตรที่ต้องผ่านรายวิชาฝึกปฏิบัติทักษะทางทันตกรรม การสอบวัดความรู้ก่อนขึ้นคลินิก และการควบคุมการปฏิบัติงานอย่างใกล้ชิดโดยอาจารย์ทันตแพทย์ เป็นต้น การเตรียมความรู้และทักษะให้กับนักศึกษาอย่างเพียงพอก่อนปฏิบัติงานจะทำให้ผลการปฏิบัติงานของนักศึกษาทันตแพทย์มีมาตรฐานตามที่ได้รับบริการคาดหวังไว้ นอกจากนี้ยังเห็นว่าปัจจัยด้านกระบวนการให้บริการ ได้แก่ การเข้าคิว การนัดหมาย ที่ตอบสนองต่อผู้รับบริการได้ดี เช่น การสร้างระบบฐานข้อมูลคิวผู้ป่วย

Management information system (MIS) ที่สามารถสืบค้นคิวผู้ป่วยได้อย่างรวดเร็ว ระบบการสื่อสารสองทางที่หลากหลายทั้งทางโทรศัพท์ โน้ต (Line official) เฟสบุค (Facebook) การดูแลผู้ป่วยแบบองค์รวม รวมไปถึงปัจจัยด้านราคาที่กำหนดให้ต่ำกว่าคลินิกทันตกรรมอื่น ๆ โครงการรักษาทางทันตกรรมโดยไม่คิดมูลค่าในการรักษาบางประเภท และการเข้าถึงสิทธิเบิกที่หลากหลายครอบคลุมตามสิทธิของผู้รับบริการ 4) ด้านส่งเสริมการตลาดได้รับคะแนนน้อยที่สุด อยู่ในช่วงระดับ “ไม่แน่ใจ” โดยเฉพาะด้านการประชาสัมพันธ์ผ่านป้ายและสื่อต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่าการประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางที่มีอยู่ในปัจจุบันยังไม่เพียงพอหรือไม่สามารถเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในทางกลับกัน โครงการรักษาทางทันตกรรมโดยไม่คิดมูลค่าในการรักษาบางประเภทมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในบรรดาการส่งเสริมการตลาด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้รับบริการเห็นด้วยกับโครงการส่งเสริมการเข้ารับบริการในลักษณะนี้ จึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่สามารถนำมาพัฒนาเพื่อเพิ่มความน่าสนใจให้กับบริการ ซึ่งงานวิจัยของ Quaranta และ Wang<sup>19</sup> กล่าวถึงปัจจัยเหล่านี้ว่า การส่งเสริมการตลาดอย่างมีประสิทธิภาพสามารถช่วยสร้างภาพลักษณ์และดึงดูดผู้ใช้บริการคลินิกทันตกรรมได้ โดยใช้การตลาดผ่านสื่อออนไลน์ หรือการจัดกิจกรรม เป็นต้น



รูปที่ 2 คลินิกทันตกรรมนักศึกษา  
Figure 2 Student dental clinic

สำหรับการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคลสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้ 1) เพศที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดในทุกด้าน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pattanakijjaruk, Chankong และ Pensirinapa<sup>35</sup> ที่ทำการศึกษปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดในการตัดสินใจของผู้มารับบริการทันตกรรมในโรงพยาบาลพุทธะคีรี จังหวัดนครสวรรค์ พบว่าเพศไม่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดทั้ง 7 ด้าน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pradubmook และ Chaiprasit (2019)<sup>36</sup> ที่ศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจด้านส่วนประสมการตลาดบริการ 7P's ของผู้ใช้บริการโรงพยาบาลศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี 2) อายุที่แตกต่างกันส่งผลต่อระดับความคิดเห็นด้านสถานที่ ด้านส่งเสริมการตลาด ด้านบุคลากร ด้านกระบวนการ และด้านหลักฐานทางกายภาพ นอกจากนี้ยังพบว่าระดับคะแนนความคิดเห็นต่อปัจจัยด้านสถานที่และด้านกระบวนการเพิ่มสูงขึ้นตามช่วงอายุที่มากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะช่วงอายุที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้ผู้รับบริการมีประสบการณ์และความคิดเห็นต่างกัน กล่าวคือ ผู้สูงอายุมักมีแนวโน้มในการเลือกคลินิกที่มีความสะดวกทั้งในแง่ของสถานที่ตั้ง และความเร็วในการเข้าถึงการบริการ ซึ่งจะสร้างความพึงพอใจต่อผู้รับบริการกลุ่มอายุที่สูงขึ้นได้ดี ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pattanakijjaruk, Chankong และ Pensirinapa<sup>35</sup> พบว่าอายุมีความสัมพันธ์กับปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์และบริการ และด้านกระบวนการ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Charoenwong และ Hiransomboon (2022)<sup>27</sup> ที่ศึกษาเรื่องปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดในการใช้บริการคลินิกทันตกรรมของผู้ใช้บริการในเขตภาคกลาง พบว่าอายุที่แตกต่างกันมีผลต่อปัจจัยส่วนผสมทางการตลาด ด้านผลิตภัณฑ์และบริการ และด้านส่งเสริมการตลาด 3) อาชีพที่แตกต่างกันส่งผลต่อระดับความคิดเห็นปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์และบริการ ด้านบุคลากร ด้านกระบวนการ และด้านหลักฐานทางกายภาพ โดยการศึกษาพบว่าคะแนนความคิดเห็นในกลุ่มอาชีพนักเรียน/ นักศึกษา มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอาชีพอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทั้ง 4 ปัจจัย ซึ่งอาจเกิดจากพฤติกรรมการบริโภคของคอนรุ่นใหม่ในกลุ่มนักเรียน/นักศึกษาที่ต้องการความสะดวกรวดเร็ว ต้องการตัวเลือกที่หลากหลาย แพลกใหม่ และปรับได้ตามความต้องการเฉพาะบุคคล<sup>36</sup> จึงทำให้การ

ให้บริการในมาตรฐานขั้นพื้นฐานไม่สามารถดึงดูดใจคนกลุ่มนี้ได้ตีก 4) การศึกษา มีผลต่อปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดด้านสถานที่เพียงปัจจัยเดียว โดยกลุ่มสูงกว่าปริญญาตรีมีระดับคะแนนความคิดเห็นต่ำกว่ากลุ่มต่ำกว่าปริญญาตรีอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามที่มีระดับการศึกษาสูงจะมีการเปรียบเทียบข้อมูลจากแหล่งต่างๆ มากกว่า และมีความคาดหวังสูง ทำให้ความพึงพอใจต่ำ<sup>15</sup> ทั้งนี้คลินิกทันตกรรมนักศึกษาของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์อาจมีข้อจำกัดด้านสถานที่ ได้แก่ สถานที่ตั้งของคลินิกทันตกรรมซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยซึ่งมีที่จอดรถจำกัดต้องรองรับผู้มาใช้บริการจำนวนมาก นอกจากนี้อาคารของคลินิกทันตกรรมอยู่แยกออกมาจากโรงพยาบาลธรรมศาสตร์ฯ ผู้มาติดต่อมักเป็นผู้ที่มีความคุ้นเคยกับสถานที่ หรือเป็นผู้ที่สามารถเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะภายในมหาวิทยาลัยได้ จึงอาจทำให้ทั้งคะแนนภาพรวมปัจจัยด้านสถานที่ค่อนข้างไปทางต่ำ (3.98) อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pattanakijjaruk, Chankong และ Pensirinapa<sup>35</sup> และไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pradubmook และ Chaiprasit<sup>36</sup> ที่พบว่าระดับการศึกษาที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปัจจัยส่วนผสมทางการตลาด ทั้ง 7 ด้าน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะประชากรที่ให้บริการที่แตกต่างกัน 5) รายได้ที่แตกต่างกันมีผลต่อปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดในด้านส่งเสริมการตลาด ด้านกระบวนการ และด้านหลักฐานทางกายภาพ โดยไม่พบแนวโน้มในเชิงบวกและเชิงลบที่ชัดเจนในรายได้ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ผู้รับบริการที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษามีระดับรายได้ที่กระจายตัวค่อนข้างกว้าง จึงทำให้มีความคาดหวังต่อบริการที่หลากหลาย ซึ่งผลการศึกษานี้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Charoenwong และ Hiransomboon<sup>27</sup> ที่ศึกษารูจิกทันตกรรมในภาคกลางพบว่าระดับรายได้มีผลต่อด้านส่งเสริมการตลาด โดยให้เหตุผลว่าค่าใช้จ่ายในการรักษาทางทันตกรรมมีราคาสูง ดังนั้นผู้ใช้บริการที่มีรายได้น้อยจึงมักให้ความสนใจในกิจกรรมส่งเสริมตลาดของคลินิกทันตกรรม ซึ่งผลที่แตกต่างกันนี้อาจเนื่องมาจากค่ารักษาทางทันตกรรมที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษามีราคาไม่สูงเมื่อเทียบกับคลินิกทันตกรรมโดยทั่วไป จึงทำให้ไม่พบความแตกต่างในด้านส่งเสริมการตลาดในการศึกษานี้ 6) วิชาระค่าบริการที่แตกต่างกันมีผลต่อปัจจัยส่วนผสมทางการตลาด ด้านราคา ด้านส่งเสริมการตลาด ด้านกระบวนการ และด้านหลักฐานทางกายภาพ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ผู้รับบริการส่วนใหญ่มีวิธีการชำระ

ค่าบริการด้วยตนเอง อีกทั้งส่วนใหญ่มีรายได้ไม่สูง คืออยู่ในช่วงน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20,000 บาท/ เดือน จึงให้ความสนใจในด้านราคาและการส่งเสริมตลาดของคลินิกทันตกรรมนักศึกษา โดยโครงการดังกล่าวจะช่วยลดภาระด้านค่ารักษาของผู้รับบริการลงได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hosagoan และ Deeprasertkul (2001)<sup>37</sup> และ Lee และ Shi (2009)<sup>38</sup> ที่พบความสัมพันธ์ดังกล่าวเช่นกัน ในขณะที่ให้ความสำคัญกับกระบวนการให้บริการ และหลักฐานทางกายภาพ เนื่องจากการประสิทธิภาพในการให้บริการที่ประเมินว่าจะต้องมีความคุ้มค่ามากที่สุด

ผลการศึกษานี้สามารถประยุกต์นำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นข้อมูลสำหรับผู้บริหารในการทำความเข้าใจบริบทของผู้รับบริการทันตกรรม และเป็นข้อมูลนำเข้าในการพัฒนาคลินิกทันตกรรมนักศึกษาให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้รับบริการมากยิ่งขึ้น เช่น การวิจัยนี้ทำให้ทราบว่าผู้ใช้บริการส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาปัจจุบันของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และผู้ที่มีรายได้น้อย การจัดโครงการสิทธิพิเศษสำหรับนักศึกษาการศึกษาค่ารักษาที่ต่ำกว่าคลินิกเอกชน รวมทั้งโครงการรักษาทางทันตกรรมบางรายการโดยไม่คิดมูลค่าจะช่วยดึงดูดให้ผู้รับบริการตัดสินใจเข้ารับรักษาที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษามากขึ้น นอกจากนี้ปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพและด้านบุคลากรเป็นจุดแข็งของคลินิกทันตกรรมนักศึกษาผู้บริหารจึงควรมีแผนการดำเนินงานเพื่อให้ทั้งสองปัจจัยนี้ยังคงมีความเข้มแข็งอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งควรปรับปรุงการประชาสัมพันธ์คลินิกทันตกรรมนักศึกษาให้เป็นที่รู้จักในกลุ่มเป้าหมายให้มากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในบางประการ กล่าวคือ กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเป็นผู้ที่เคยเข้ารับบริการแล้ว ผลการศึกษาอาจจะสะท้อนความคิดเห็นของผู้รับบริการปัจจุบันมากกว่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจของประชากรทั่วไปหรือผู้ที่ยังไม่เคยเข้ารับบริการ และยังเป็นการเก็บข้อมูลจากผู้มารับบริการทันตกรรมที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษาในช่วงเวลา 3 เดือน นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างนี้อาจมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากประชากรทั่วไป หรือแตกต่างจากคลินิกทันตกรรมในสถาบันการศึกษาอื่น หรือคลินิกเอกชน การนำผลการศึกษาไปใช้จึงยังมีข้อจำกัดอยู่เฉพาะในส่วนของคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ การศึกษาวิจัยในอนาคตอาจทำการศึกษาเพิ่มเติมในเชิงคุณภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเพื่อนำไปวางแผนการปรับปรุงการบริการคลินิก

ทันตกรรมได้อย่างเป็นรูปธรรม รวมทั้งการติดตามความพึงพอใจของผู้รับบริการ ที่เป็นผลจากการจัดการกับปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดที่เกี่ยวข้องต่อไป

## บทสรุป

ปัจจัยส่วนผสมทางการตลาด ด้านลักษณะทางกายภาพมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือด้านบุคลากร ด้านผลิตภัณฑ์และบริการ ด้านกระบวนการ ด้านราคา ด้านสถานที่ และด้านส่งเสริมการตลาดมีค่าน้อยที่สุด โดยปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ อาชีพ ระดับการศึกษา รายได้ และวิธีชำระค่าบริการ มีความสัมพันธ์กับระดับความคิดเห็นต่อปัจจัยส่วนผสมทางการตลาดในการเข้ารับบริการที่คลินิกทันตกรรมนักศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

## จริยธรรมการวิจัย

การศึกษานี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สายวิทยาศาสตร์ เลขที่ 67DE203

## ผลประโยชน์ทับซ้อน

งานวิจัยนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน และแหล่งทุนไม่มีส่วนเกี่ยวข้องในการออกแบบการศึกษา การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล หรือการตีความผลการวิจัย

## แหล่งทุน

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

## References

1. Faculty of Dentistry, Thammasat University [Internet]. Pathum Thani: The Faculty; 2025 [updated 2025 Apr; cited 2025 Aug 6]. Available from: <http://www.dentistry.tu.ac.th/>
2. Dental Professional Assessment and Certification Center [Internet]. Bangkok: Private Dentist Association of Thailand; 2025 [updated 2025 Apr; cited 2025 Aug 6]. Available from: <http://www.cda.or.th/>

3. Chongkonsatit W, Wongsinphaibon N, Kurupakorn A, Urairoekkun K, Noimanee K. 7Cs marketing mix factors in a dental school comprehensive care clinic: a confirmatory factor analysis. *Mahidol Dent J.* 2022;42(1):13-24.
4. Zeithaml VA, Bitner MJ, Gremler DD. *Services marketing: integrating customer focus across the firm.* 7<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill Education; 2018.
5. Pongpanich S. Factors influencing Thais in choosing dental clinics – a study on marketing communication through social media [dissertation]. Bangkok: Thammasat University; 2022.
6. Loatha B. Marketing mix strategies affecting to choose private hospital inpatient in Samut Prakan province [dissertation]. Bangkok: Sukhothai Thammathirat Open University; 2016.
7. Muanprasat D. Factors influencing decision on dentures among the elderly in Chanuman district [dissertation]. Bangkok: Sukhothai Thammathirat Open University; 2020.
8. Laiwisetkul S. Marketing mixed factors affecting decision making of patients on orthodontics service in dental clinic in Bangyai district, Nonthaburi province [dissertation]. Bangkok: Sukhothai Thammathirat Open University; 2013.
9. Wongchantra D. Factors affecting customers satisfaction in dental clinics within the Bangkok metropolis and its surrounding provinces [dissertation]. Bangkok: Mahidol University; 2022.
10. Terttrisorn K. Marketing mix factors influencing the decision of choosing dental service at BIDC [dissertation]. Bangkok: Mahidol University; 2017.
11. Siripipatthanakul S, Puttharak S. Marketing mix analysis in private dental healthcare service sector. *Int J Trend Sci Res Dev.* 2021;5(5):827-31.
12. Roscoe JT. *Fundamental research statistics for the behavioral sciences.* 2nd ed. New York: Holt, Rinehart and Winston; 1969.
13. Kotler P. *Marketing management.* 11th ed. London: Pearson Education; 2003.
14. Serirat S, et al. *Marketing strategies: marketing management and case studies.* Bangkok: Diamond in Business World; 1992.
15. Samerjai C. *Customer behavior.* Bangkok: SE-ED Education; 2007.
16. Maslow AH. A theory of human motivation. *Psychol Rev.* 1943;50(4):370-96.
17. McCarthy EJ. *Basic marketing: a managerial approach.* Homewood (IL): Richard D. Irwin; 1960.
18. Nattasetsakul S, Ratchakom W, Kheytoi W. Factors that influence decision making about getting dental treatment in Faculty of Dentistry, Mahidol University. *Mahidol R2R E- Journal.* 2018;5(1):131-50.
19. Quaranta A, Wang LH. Applying the 7 Ps of marketing to enhance dental practice operations and success. *Ann Stomatol (Roma).* 2024;15(2):94.
20. Parasuraman A, Zeithaml VA, Berry LL. SERVQUAL: a multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *J Retailing.* 1988;64(1):12-40.
21. Revilla MA, Saris WE, Krosnick JA. Choosing the number of categories in agree–disagree scales. *Sociol Methods Res.* 2014;43(1):73-97.
22. DeCastellamau A. A classification of response scale characteristics that affect data quality: a literature review. *Qual Quant.* 2018;52(4):1523-59.
23. Krumpal I. Determinants of social desirability bias in sensitive surveys: a literature review. *Qual Quant.* 2013;47(4):2025-47.
24. Su S, Lipsky MS, Licari FW, Hung M. Comparing oral health behaviors of men and women in the United States. *J Dent.* 2022;122: 104157. doi: 10.1016/j.jdent.2022.104157.
25. Lipsky MS, Su S, Crespo CJ, Hung M. Men and oral health: a review of sex and gender

- differences. *Am J Mens Health*. 2021;15( 3): 15579883211016361.doi:10.1177/15579883211016361.
26. Chareankul N, Keadvichai L, Toopgajank S. Factors associated with oral health behavior of dental service: case study Waing Sa Crown Prince Hospital. *JIRCS*. 2018;3(2):12-22.
  27. Charoenwong C, Hiransomboon K. Service marketing mix factors in using dental clinic services of customers in central region. *J Bus Adm Assoc Thail*. 2022;12(1):82-93.
  28. Thammasat University. Student active dashboard [Internet] . Bangkok: Thammasat University; 2025 [cited 2025 Apr]. Available from: <https://reg.tu.ac.th/Dashboard/StudentActiveDashboard>
  29. Lipsky MS, Singh T, Zakeri G, Hung M. Oral health and older adults: a narrative review. *Dent J (Basel)*. 2024;12(2):30. doi: 10.3390/dj12020030.
  30. Gielen AC, McDonald EM, Gary TL. Using the health belief model to promote healthy behaviors. *Health Educ Res*. 2008;23(5):688-700.
  31. National Statistical Office. Thailand statistical system [Internet]. Bangkok: NSO; 2024 [cited 2024 Apr]. Available from: <http://www.nso.go.th>
  32. Paek SC, Zhang NJ. Determinants of the low use of Thailand's Universal Coverage Scheme: a national cross- sectional study. *Front Public Health*. 2024;12:1475319. doi: 10.3389/fpubh.2024.1475319.
  33. Wattanapisit A, Saengow U. Patients' perspectives regarding hospital visits in the universal health coverage system of Thailand: a qualitative study. *Asia Pac Fam Med*. 2018;17:9. doi: 10.1186/s12930-018-0046-x.
  34. Booms B, Bitner M. Marketing services by managing the environment. *Cornell Hotel Restaur Adm Q*. 1982;23(1):13-24.
  35. Pattanakijjaruk K, Chankong W, Pensirinapa N. Marketing mixed factors for making decision on dental service of the patients in Phayuhakiri hospital, Nakornsawan province. In: *Proceedings of the 2nd STOU Graduate Research Conference*; 2012 Sep 4-5; Bangkok, Thailand. Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University; 2012. p. 1-13.
  36. Pradubmook S, Chaiprasit K. Factors influencing 7 P's marketing mix on customers decision making at HRH Princess Mahachakri Sirindhorn medical center. *Panyapiwat J Soc Technol*. 2019;11(1):81-90.
  37. Hosagoan C, Deeprasertkul N. Impacts of copayment in civil service medical benefits on dental care utilization among patients in an extended- hour clinic. *Chula Dent J*. 2001;24(1):45-53.
  38. Lee WI, Shi BY. Application of neural networks to recognize profitable customers for dental services marketing—a case of dental clinics in Taiwan. *Expert Syst Appl*. 2009;36(1):199-208.

### ผู้ประพันธ์บทความ

เฉลิมขวัญ ภู่วรรณ

สาขาวิชาเอ็นเคดอนด์ คณะทันตแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คลองหลวง ปทุมธานี 12121

โทรศัพท์ : 0 2986 9213 #7150

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : [chalemk@tu.ac.th](mailto:chalemk@tu.ac.th)



# Marketing Mix Factors Affecting Dental Service Utilization: A Cross-sectional Study at Thammasat University Student Dental Clinic

Chalermkwan Phuvoravan <sup>1,\*</sup> Nattira Suksudaj <sup>2</sup>

Phattharada Phatthawi <sup>3</sup> Methaporn Phipattarachai <sup>3</sup> Bhurichatr Matchariyakun <sup>3</sup>

## Research Article

### Abstract

**Objective:** This study aimed to investigate the marketing mix factors influencing the utilization of dental services at the student dental clinic of Thammasat University, and to compare these factors according to patients' personal characteristics, including gender, age, occupation, educational level, income, and payment method.

**Materials and Methods:** A descriptive cross-sectional study was conducted using an online questionnaire administered to 394 patients who received services at the student dental clinic between February and April 2025. Data were analyzed using descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation. Inferential statistics were performed using the Mann-Whitney U test and Kruskal-Wallis test to examine differences among groups.

**Results:** The three most influential marketing mix factors affecting the utilization of dental services were physical evidence, people, and products, respectively. The least influential factor was promotion. Significant differences in perceptions of marketing mix factors were found among patients with different ages, occupations, educational levels, incomes, and payment methods.

**Conclusion:** Marketing mix factors significantly influence the utilization of dental services at the student dental clinic. Patients' perceptions of these factors are associated with their personal characteristics. These findings provide important input for improving service quality and developing effective marketing strategies to better meet patients' needs at student dental clinics.

**Keywords:** Faculty of Dentistry/ Marketing Mix factors/ Personal Factors/ Student Dental Clinic

### Corresponding author

Chalermkwan Phuvoravan  
Department of Endodontics, Faculty of Dentistry,  
Thammasat University  
Klongluang, Pathumthani 12121  
Tel. : +66 2 986 9213 #7150  
E-mail: chalermk@tu.ac.th

<sup>1</sup> Department of Endodontics, Faculty of Dentistry, Thammasat University.

<sup>2</sup> Department of Community Dentistry, Faculty of Dentistry, Thammasat University.

<sup>3</sup> Dental Student, Faculty of Dentistry, Thammasat University.

\* Corresponding author