

ความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุฐานฟันเทียม ยูรีเทนไดเมทาคริเลตจากเครื่องพิมพ์สามมิติ กับวัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดแข็ง

ศรันย์ สัมฤทธิ์ น.บ., ไพฑูรย์ โรจนรัตน์ น.บ., สุมนา โพธิ์ศรีทอง น.บ., วท.ม., ปส.ด.
สถาบันทันตกรรม กรมการแพทย์ ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000

Abstract: Shear Bond Strength between 3D Printing UDMA Denture Base Material and the Hard Relining Material

Sarun Samrit, D.D.S., Paitoon Rojanarat, D.D.S.,
Sumana Posritong, D.D.S., M.S.(Dentistry), Ph.D.

Institute of Dentistry, Department of Medical Services, Talad Khwan,
Mueang, Nonthaburi, 11000

(E-mail: pattydent24@hotmail.com)

(Received: 24 June, 2022; Revised: 18 August, 2022; Accepted: 3 February, 2023)

Introduction: A 3D printing UDMA consists of different chemical compositions from hard relining materials. As a result, repairing or relining 3D printing UDMA denture base has been questioned in clinical practice. **Objective:** This study aimed to compare the shear bond strength between 3D printing UDMA denture base and PMMA denture base material bond with hard relining materials. **Materials and Methods:** A total of forty denture base specimens, 26 mm in diameter and 10 mm in thickness, were prepared for heat cured PMMA (Vertex[®]) and UDMA (Optiprint[®]). They were relined with Unifast trad and Tokuyama rebased II, then thermocycled (5 °C / 55 °C, 2 c/min) for 5,000 cycles. A shear bond strength test (MPa) was performed on a universal testing machine. Data were statistically analyzed using a two-way ANOVA analysis, followed by Post hoc Tukey's test ($p < .05$). **Result:** Two-way ANOVA showed significant differences in the shear bond strength values ($p < .05$). In addition, Vertex[®] showed the highest shear bond strength value when relined with Unifast trad[®] (16.39 ± 3.22 MPa), followed by relined with Tokuyama rebase II[®] (7.81 ± 2.63 MPa). Optiprint[®] showed the lowest shear bond strength value when relined with Unifast trad[®] (4.63 ± 2.13 MPa). **Conclusion:** The two different denture base types have demonstrated that shear bond strength values are corresponded to various relining materials.

Keyword: 3D printing UDMA denture base, hard reline material

บทคัดย่อ

ภูมิหลัง: ฟันเทียมยูรีเทนไดเมทาคริเลตจากเครื่องพิมพ์สามมิติมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดแข็ง ดังนั้นการซ่อมแซมหรือการเสริมฐานยังเป็นคำถามในการใช้งานทางคลินิก **วัตถุประสงค์:** เพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างวัสดุฐานฟันเทียมยูรีเทนไดเมทาคริเลตจากเครื่องพิมพ์สามมิติกับวัสดุฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต ที่ยึดติดกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดแข็ง **วิธีการศึกษา:** เตรียมชิ้นงานวัสดุฐานฟันเทียม 4 กลุ่ม ๆ ละ 10 ชิ้นงานจากวัสดุพอลิเมทิลเมทาคริเลต

กับยูรีเทนไดเมทาคริเลต ทำการยึดติดด้วยวัสดุเสริมฐานฟันเทียมยูนิฟาสเทรดและ โทคุยามา รีเบสทู เข้าเครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะที่อุณหภูมิ 5°C และ 55°C จำนวน 5,000 รอบ จากนั้นเข้าเครื่องทดสอบสากล ทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและสถิติ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางและทดสอบหลังการวิเคราะห์ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติไม่น้อยกว่า .05 ($p < .05$) **ผลการศึกษา:** ค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพอลิเมทิลเมทาคริเลตมีค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวสูงสุดเมื่อทำการยึดติดกับยูนิฟาสเทรด 16.39 ± 3.22 เมกะปาสคาล รองลงมา

โทคยามา รีเบสทู 7.81 ± 2.63 เมกะปาสคาล และยูรีเทนไดเมทาคริเลตที่ยึดติดกับยูนิฟาส แทรด 4.63 ± 2.13 เมกะปาสคาลตามลำดับ **สรุป:** ชนิดของฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐานที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: วัสดุฐานฟันเทียมยูรีเทนไดเมทาคริเลต วัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดแข็ง

บทนำ

ในปี 2564 ประเทศไทยได้เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุเต็มรูปแบบ¹ ซึ่งในคนไข้กลุ่มที่มีสันเหงือกกว้างทั้งปาก จำเป็นต้องได้รับการรักษาทางทันตกรรมชนิดฟันเทียมทั้งปากถอดได้ฐานอะคริลิก อย่างไรก็ตามหลังการใช้งานไประยะเวลาหนึ่งแล้วมักมีอาการหลวม หรือการแตกหัก จึงส่งผลต่ออายุการใช้งาน และประสิทธิภาพในการใช้ฟันเทียมของผู้สูงอายุอย่างมาก ทั้งนี้สามารถแก้ไขโดยการเสริมฐานฟันเทียมด้วยเรซิน อะคริลิกชนิดบ่มตัวเอง (chemical-activated resin) ทำให้ฟันเทียมมีความแนบสนิทกับสันเหงือกกว่าและเสถียรภาพมากขึ้น สามารถเพิ่มอายุการใช้งานได้นานขึ้น

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาของเทคโนโลยีแคดแคม (CAD/CAM) และนำเข้ามาช่วยในการทำฟันเทียมโดย ในระยะแรกสร้างฟันเทียมด้วยวิธีกลึงวัสดุ (milling) ซึ่งเป็นกระบวนการลด (subtractive manufacturing; SM) มีข้อดี ได้แก่ ระยะเวลาในการผลิตฟันเทียมสั้นลง ให้ความแม่นยำในการผลิต และวัสดุนี้ใช้วัสดุประเภทเดียวกับการผลิตฟันเทียมแบบดั้งเดิม โดยเป็นพอลิเมทิลเมทาคริเลต (polymethyl methacrylate; PMMA) ดังนั้น การซ่อมแซมฟันเทียมและการเสริมฐานฟันเทียมจึงสามารถใช้วิธีตามผลิตภัณฑ์แบบดั้งเดิมได้²

ต่อมามีการใช้เครื่องพิมพ์สามมิติ ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตแบบเพิ่ม (additive manufacturing)³ มาใช้ในการผลิตฟันเทียมทั้งปากโดยมีข้อดี ได้แก่ ลดระยะเวลาในการผลิตฟันเทียมและวัสดุสิ้นเปลืองในการผลิต เป็นต้น นอกจากนี้เรซินอะคริลิกที่ใช้ทำฟันเทียมทั้งปากด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติเป็นวัสดุที่เกิดจากปฏิกิริยาด้วยแสง (light-activated resin) ชนิดยูรีเทนไดเมทาคริเลต (urethane dimethacrylate; UDMA) ซึ่งต่างชนิดกันกับฟันเทียมทั้งปากแบบดั้งเดิม แต่การซ่อมแซมฟันเทียม และการเสริมฐานฟันเทียมยังคงใช้รูปแบบและวิธีการเดียวกันกับเรซินอะคริลิกชนิดบ่มตัวเองด้วยความร้อน ซึ่งการเสริมฐานฟันเทียมชนิดยูรีเทนไดเมทาคริเลตด้วยวัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดแข็งอาจส่งผลต่อการยึดติดระหว่างฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานได้

ปัจจุบันยังมีการศึกษาเรื่องแรงยึดติดระหว่างเรซินอะคริลิกแบบบ่มตัวเองเมื่อทำการเสริมฐานกับฟันเทียมทั้งปากที่ผลิตจากเครื่องพิมพ์สามมิติที่น้อยและข้อมูลยังจำกัดอยู่ การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงยึดเหนี่ยว (shear bond strength) ระหว่างวัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดเรซินอะคริลิกแบบบ่มตัวเองกับฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มตัวเองด้วยความร้อน และฐานฟันเทียมที่ผลิตจากเครื่องพิมพ์สามมิติ เพื่อเป็นประโยชน์ในการใช้เป็นแนวทางวางแผน และปรับปรุงวิธีการเสริมฐานหรือซ่อมแซมฟันเทียมเพื่อให้เหมาะสมกับวัสดุของฐานฟันเทียมมากยิ่งขึ้น

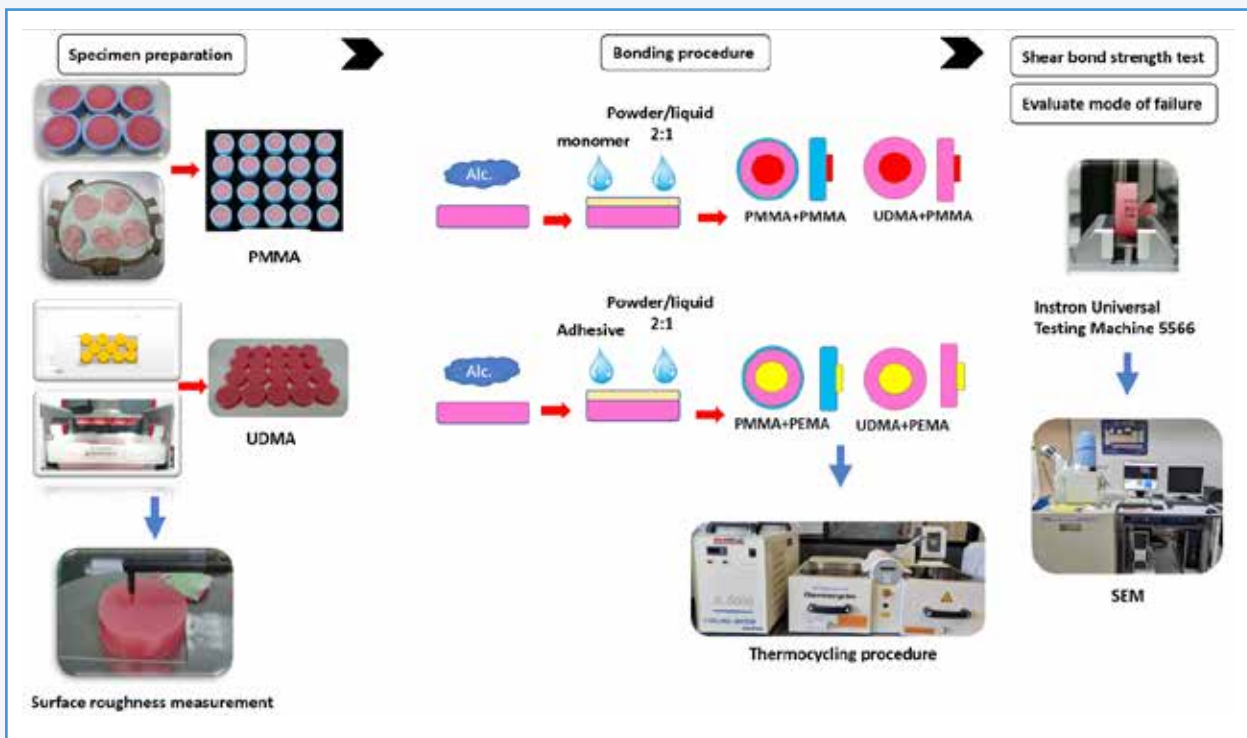
วัสดุและวิธีการ

การเตรียมชิ้นงานเพื่อทดสอบ

ทำการขึ้นรูปชิ้นงานพอลิเมทิลเมทาคริเลตในแบบพิมพ์จากซีฟิ่งสี่เหลี่ยม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 26 มิลลิเมตร หนา 10 มิลลิเมตร นำมาลงในภาชนะหล่อแบบฟันเทียม และเทด้วยปูนพลาสเตอร์ แล้วจึงไปผ่านกระบวนการเช่นเดียวกับการทำฟันเทียม เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง จึงนำออกจากภาชนะหล่อแบบฟันเทียม จำนวน 20 ชิ้น

ใช้คอมพิวเตอร์ออกแบบชิ้นงานยูรีเทนไดเมทาคริเลตด้วยโปรแกรม ZBrushCoreMini และ ASIGA composer v.1.1.7 ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 26 มิลลิเมตร หนา 10 มิลลิเมตร จากนั้นทำการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่อง ASIGA MAX และนำมาล้างด้วยสารละลายอะซิโตน (acetone) แล้วจึงอบด้วยเครื่องอบก๊าซไนโตรเจน และเครื่องฉายแสง 100 วินาที จำนวน 20 ชิ้น

เตรียมชิ้นงานทั้ง 40 ชิ้นให้มีความขรุขระของพื้นผิวใกล้เคียงกัน แล้วนำไปทดสอบความขรุขระของพื้นผิวด้วยเครื่องวัดความขรุขระผิวแบบสัมผัสชิ้นงาน (Surface Roughness Tester-Stylus for Contact, Talysurf series 2, Leicester, England) ทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ (alcohol) ล้างด้วยน้ำกลั่น และเช็ดให้แห้งตามลำดับ จากนั้นนำวัสดุฐานฟันเทียมมายึดติดกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดพอลิเมทิลเมทาคริเลต (PMMA, Unifast trad[®]) และพอลิเอทิลเมทาคริเลต (PEMA, Tokuyama rebase II) ตามคำแนะนำของบริษัท ในแม่แบบซิลิโคนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร สูง 10 มิลลิเมตร รอบเป็นระยะเวลา 5 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันอย่างสมบูรณ์ และเข้าเครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อน-เย็นเป็นจังหวะที่อุณหภูมิ 5°C และ 55°C ใช้เวลา 30 วินาทีในแต่ละอุณหภูมิ จำนวน 5,000 รอบ (10,000 รอบ เท่ากับเวลาจริง 1 ปี) เมื่อถึงเวลาที่กำหนดจึงแช่ชิ้นงานในน้ำกลั่น เก็บในตู้ควบคุม 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยว



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน PMMA และ UDMA และการทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยว

การทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มตัวอย่าง

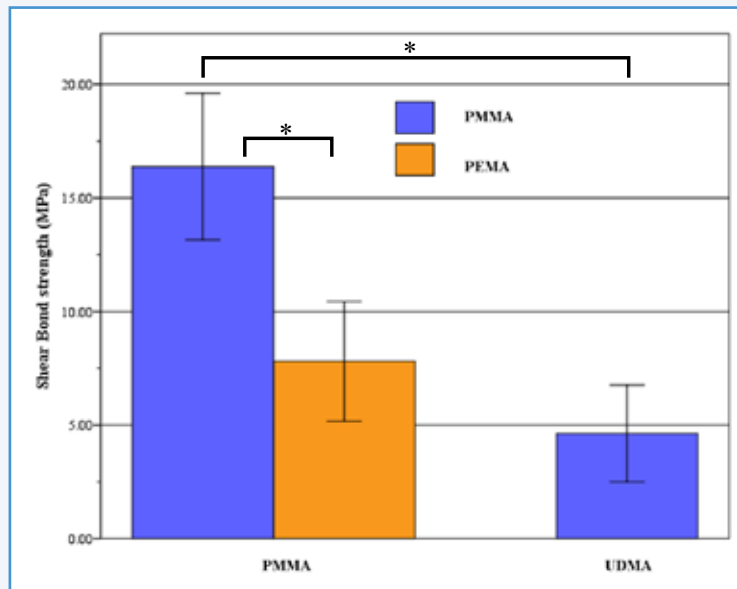
มาทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องทดสอบสากล (The universal testing machine, Instron model 5566, Buckinghamshire, England) ตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM D 450127 โดยให้แรงเฉือนขนานกับพื้นผิวที่มีการยึดติดกันของวัสดุเสริมฐานกับฐานพื้นเทียมด้วยความเร็วหัวกด 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาทีบันทึกค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยว (เมกะปาสคาล, MPa) และชนิดของรูปแบบความล้มเหลวในการยึดติด (bonding failure mode) ที่พื้นผิวด้วยกล้องสเตอริโอไมโครสโคป (stereomicroscope) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (scanning electron microscope; JEOL JSM-5410L, Tokyo, Japan) พร้อมบันทึกภาพ และรายงานข้อมูลที่ได้เป็นค่าร้อยละของความล้มเหลวในแต่ละรูปแบบ

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (two-way ANOVA) ร่วมกับทดสอบหลังการวิเคราะห์ (Post hoc Tukey's test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ($p < .05$) โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS statistics 22

ผลการศึกษา

เมื่อศึกษาผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (two-way ANOVA) พบว่าค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มวัสดุฐานพื้นเทียม วัสดุเสริมฐาน และความสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองกลุ่ม จากตารางที่ 1 พบว่ากลุ่ม PMMA + PMMA มีค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวสูงสุด คือ 16.39 ± 3.22 เมกะปาสคาล โดยเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม PMMA + PEMA 7.81 ± 2.63 เมกะปาสคาล และกลุ่ม UDMA + PMMA 4.63 ± 2.13 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ส่วนกลุ่ม UDMA + PEMA มีการหลุดของชิ้นงานทดลองในขั้นตอนการนำชิ้นงานเข้าเครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อน-เย็นเป็นจังหวะ 5 ชิ้นงานทดลอง



ภาพที่ 2 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงยึดเหนี่ยวทั้งสามกลุ่ม

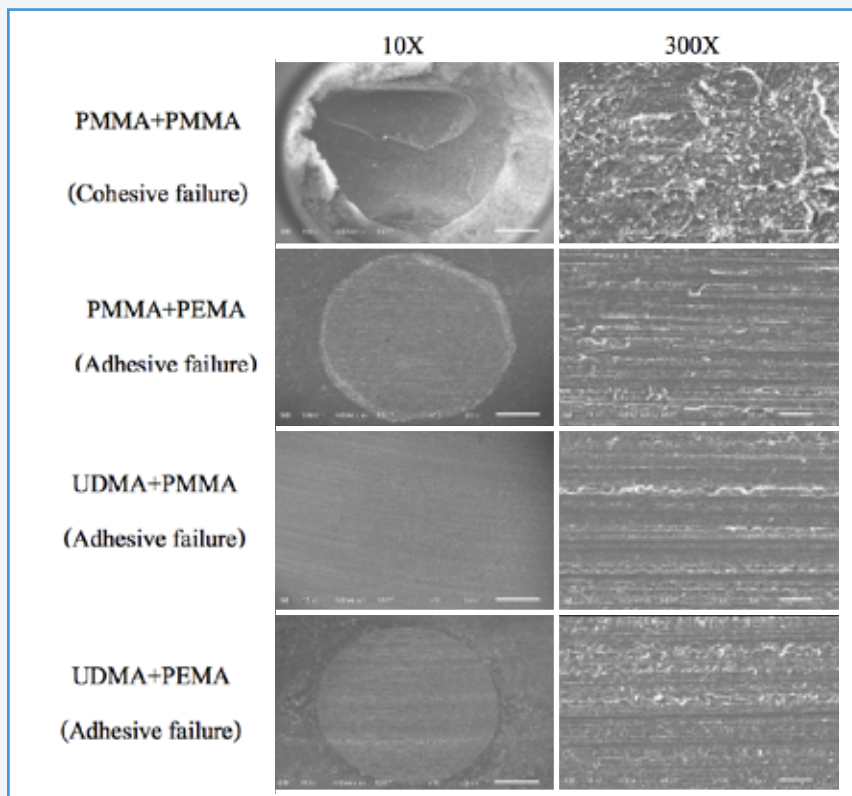
ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงยึดเหนี่ยวทั้งสามกลุ่ม

Denture base material + Reline material	Shear bond strength [MPa]	Mode of failure [C/M/A]
PMMA + PMMA	16.39 ± 3.22	7/2/1
PMMA + PEMA	7.81 ± 2.63	0/0/10
UDMA + PMMA	4.63 ± 2.13	1/4/5
*UDMA + PEMA	N/A	0/0/5

*กลุ่ม UDMA + PEMA มีการหลุดของวัสดุเสริมฐานในขั้นตอนเข้าเครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อน-เย็นเป็นจังหวะ 5 ชิ้นงานจาก 10 ชิ้นงาน ไม่สามารถนำข้อมูลมาคำนวณทางสถิติได้ (N/A)

ลักษณะการเสียหายยึดติดที่บริเวณรอยต่อวัสดุจากตาม ตารางที่ 1 แสดงจำนวนชิ้นงานที่แตกหักโดยแบ่งตามชนิดความ ล้มเหลว ได้แก่ ความล้มเหลวในชั้นวัสดุเสริมฐานหรือวัสดุฐาน

ฟันเทียม (cohesive failure, C) ความล้มเหลวระหว่างชั้น (adhesive failure, A) และความล้มเหลวแบบผสม (mixed failure, M)



ภาพที่ 3 แสดงผลการศึกษารูปพื้นผิวชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope (SEM)) กำลังขยาย 10 และ 300 เท่า แสดงพื้นผิวที่แตกหักระหว่างวัสดุฐานพื้นเทียบกับวัสดุเสริมฐานประเภทต่าง ๆ

วิจารณ์

จากผลการศึกษานี้พบว่ากลุ่ม PMMA+PMMA มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงยึดเหนี่ยวมากที่สุดใน 3 กลุ่มการทดลองซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้^{4,5} ที่การเสริมฐานพื้นเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต ด้วยวัสดุเสริมฐานชนิดมีองค์ประกอบของเมทิลเมทาคริเลต (MMA base) จะมีค่าความแข็งแรงของพันธะ (bond strength) ระหว่างฐานพื้นเทียมกับวัสดุเสริมฐานสูงกว่า และยังส่งผลให้เกิดความแข็งแรงต่อการโค้งงอ (flexural strength) ที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วัสดุเสริมฐานที่มีองค์ประกอบทางเคมีไม่เหมือนกับชนิดของฐานพื้นเทียม เช่น วัสดุเสริมฐานพื้นเทียมพอลิเอทิลเมทาคริเลตหรือยูรีเทนไดเมทาคริเลต ดังนั้นการศึกษานี้จึงสรุปว่าการเสริมฐานพื้นเทียมด้วยวัสดุเสริมฐานที่มีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกันจะมีค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่สูงกว่า (PMMA+PMMA > PMMA+PEMA > PMMA+UDMA)

กลไกการยึดติดระหว่างวัสดุเสริมฐานพื้นเทียมชนิดแข็งกับวัสดุฐานพื้นเทียมชนิดพอลิเมทิลเมทาคริเลต เริ่มจากการขยายพื้นผิวโดยมอนอเมอร์ หรือสารละลาย การแพร่ของมอนอเมอร์เข้าไปในฐานพื้นเทียมที่ขยายพื้นผิวแล้วเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์โซ่เช่กัน และเกิดเป็นโครงข่ายพอลิเมอร์ (interpenetrating polymer network, IPN)⁶ ซึ่งความลึกในการซึมผ่านของมอนอเมอร์หรือสารละลาย ขึ้นอยู่กับระยะเวลา อุณหภูมิ ชนิดของมอนอเมอร์

หรือสารละลาย อุณหภูมิสภาพแก้ว (glass transition temperature; Tg) ของพอลิเมอร์ และโครงสร้างพอลิเมอร์ของฐานพื้นเทียม

กลุ่ม PMMA+PEMA มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงยึดเหนี่ยวรองลงมา ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้ โดยวัสดุโทคยูมารีเบสทูนี้มีประกอบด้วย สาร 2-อะซีโตนอะซีโทกซีเอทิลเมทาคริเลต (2-Acetoacetoxy ethylmethacrylate) ร้อยละ 59 และสาร 1, 9-โนนานิไดโอดอลไดเมทาคริเลต (1,9-Nonanediol dimethacrylate) ร้อยละ 39 ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล 214.22 และ 296.4 ตามลำดับ⁷ ทำให้เมื่อเปรียบเทียบกับเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์จากวัสดุเสริมฐานพื้นเทียมยูนิฟาส แทรด ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 100.4⁸ ทำให้บ่งบอกได้ว่าขนาดโมเลกุลที่ใหญ่กว่าส่งผลให้ประสิทธิภาพในการยึดติดลดลงได้^{6, 9, 10} อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าวัสดุเสริมฐานชนิดไม่มีองค์ประกอบของเมทิลเมทาคริเลตนี้จะมีแรงยึดติดที่น้อยกว่า แต่ก็ยังมีข้อดีหลายประการได้แก่ เป็นสารที่มีการระเหยน้อยกว่า มีอุณหภูมิขณะบ่มตัวต่ำกว่า ทำให้มีการระคายเคืองเนื้อเยื่อในช่องปากน้อย เป็นต้น

จากการศึกษาพบว่ากลุ่ม UDMA+PMMA และ UDMA+PEMA จะมีค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่น้อยกว่ากลุ่มวัสดุฐานพื้นเทียม PMMA ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา Ahmad และคณะปี 2009⁴ ซึ่งการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการใช้วัสดุเสริมฐานที่มีองค์ประกอบทางเคมีไม่เหมือนกับชนิดของฐานพื้นเทียมจะทำให้มีค่าความ

แข็งแรงของพันธะน้อยกว่า อย่างไรก็ตามการศึกษาที่มีความแตกต่างตรงที่มีการเสริมฐานฟันเทียมยูรีเทนไดเมทาคริเลตด้วย Eclipse reline[®] ซึ่งมีองค์ประกอบของยูรีเทนไดเมทาคริเลตเช่นกัน และนำไปเข้าเครื่องฉายแสง (Triad[®] 2000 light curing unit) ทำให้มีค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของฟันระมากกว่าวัสดุเสริมฐานฟันเทียมที่มีและไม่มีการประกอบของเมทิลเมทาคริเลต เพราะกลไกและอัตราการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันที่เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งผลให้เพิ่มอัตราการแพร่ของวัสดุเสริมฐานเข้าไปในพอลิเมอร์ของวัสดุฐานฟันเทียม ทำให้เกิดร่างแหประสาน (cross-link) ที่สูงกว่า ดังนั้น จึงไม่สามารถเปรียบเทียบกันในเรื่องผลการทดลองกับการศึกษานี้ได้และระบบ Eclipse เป็นระบบที่ไม่มีการใช้ในปัจจุบันในประเทศไทย

กลไกการยึดติดระหว่างวัสดุฐานฟันเทียมชนิดยูรีเทนไดเมทาคริเลต กับวัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดแข็งนั้นมีการศึกษาที่ใช้วัสดุคล้ายกัน^{11, 12} โดยเป็นการศึกษาการยึดติดของซีฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลต กับฐานฟันเทียมยูรีเทนไดเมทาคริเลต ซึ่งใช้การปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ พบว่า ให้ค่าการยึดติดที่ไม่เพียงพอ เนื่องจากเมทิลเมทาคริเลตไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปในพื้นผิวของยูรีเทนไดเมทาคริเลตได้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความหนืดของฐานฟันเทียมและปัญหาในการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาค (micromechanical interlocking) ระหว่างวัสดุ และสรุปว่า เมทิลเมทาคริเลตไม่สามารถทำให้เกิดโคพอลิเมอร์ (co-polymerize) กับมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน 2 หมู่ (bi-functional monomer) ของยูรีเทนไดเมทาคริเลตได้¹¹ อย่างไรก็ตามยังมีการศึกษาน้อยในปัจจุบัน จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นการปรับสภาพพื้นผิวเพื่อเพิ่มแรงยึดติดในอนาคต

การศึกษานี้ใช้การทดลองโดยผ่านการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ (thermocycling) 5,000 รอบ^{7, 13, 14} ซึ่งผลการศึกษาในกลุ่มวัสดุฐานฟันเทียมยูรีเทนไดเมทาคริเลตที่ยึดติดกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดพอลิเอทิลเมทาคริเลต พบว่ามีการหลุดของวัสดุฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐานออกจากกันในช่วงตอนนี้ 5 ชิ้นงาน จากทั้งหมด 10 ชิ้นงาน ทำให้กลุ่มการทดลองนี้ไม่สามารถเข้าสู่ขั้นตอนการศึกษาถัดไปได้ โดยจากการศึกษาของ Minami และคณะ⁵ ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐาน พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลลดความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐานอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้การศึกษาของ Merra และคณะ¹⁵ พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะทำให้เกิดการขยายและหดตัวของโครงข่ายพอลิเมอร์ ทำให้เกิดการล้าและการยึดติด

แยกออกจากกัน (bond rupture) ซึ่งทำให้มีน้ำแทรก และนำไปสู่ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ที่พื้นผิวพอลิเมอร์ได้^{16, 17}

ลักษณะการเสียหายที่เกิดภายหลังการแตกหักของวัสดุพบว่ากลุ่มที่มีค่าแรงยึดเหนี่ยวสูงที่สุดมักพบในกลุ่มที่วัสดุฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐานมีองค์ประกอบทางเคมีที่คล้ายกัน และมักพบชนิดความล้มเหลวเป็น แบบความล้มเหลวในชั้นวัสดุเสริมฐานหรือวัสดุฐานฟันเทียม ซึ่งชนิดความล้มเหลวของกลุ่มวัสดุฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตสอดคล้องกับการศึกษาที่ก่อนหน้านี้^{4, 18} จากการศึกษาพบว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะไปลดแรงยึดเหนี่ยวที่บริเวณยึดติดให้น้อยกว่าค่าความแข็งแรงที่ต้านทานต่อการแตกหัก (fracture strength) ของชั้นพอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมขวาง (crosslinked layer) ในเนื้อวัสดุฐานฟันเทียมยูรีเทนไดเมทาคริเลต¹²

อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ไม่สามารถจำลองลักษณะแรงบิดเคี้ยวที่มีหลากหลายทิศทางที่เกิดขึ้นกับฟันเทียมขณะใช้งานในช่องปาก และการศึกษานี้ใช้การเสริมฐานฟันเทียมตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ซึ่งยังไม่มีการปรับสภาพพื้นผิวทั้งทางกลและทางเคมี เพื่อทำให้แรงยึดเหนี่ยวสูงขึ้นแต่อย่างใด ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาต่อไปเพื่อออกแบบการทดลองให้สอดคล้องกับการใช้งานคลินิกมากขึ้น ท้ายนี้หวังว่าผลการศึกษาที่ได้นี้จะให้ประโยชน์แก่ทันตแพทย์ในการเลือกชนิดของวัสดุเสริมฐานที่เหมาะสมกับชนิดของฐานฟันเทียมได้

สรุป

การเสริมฐานฟันเทียมยูรีเทนไดเมทาคริเลตจากเครื่องพิมพ์สามมิติ ด้วยวัสดุเสริมฐานฟันเทียมกลุ่มที่มีเมทิลเมทาคริเลตเป็นองค์ประกอบ มีความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่น้อยกว่า การเสริมฐานฟันเทียมพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่ยึดติดกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียมทั้งชนิดที่มีและไม่มีเมทิลเมทาคริเลตเป็นองค์ประกอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชนิดของฐานฟันเทียม วัสดุเสริมฐานฟันเทียม และระยะเวลาการใช้งาน มีผลต่อค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียม

ดังนั้นหากเสริมฐานฟันเทียมยูรีเทนไดเมทาคริเลตด้วยผลิตภัณฑ์เสริมฐานที่มีตามคลินิก ก็จะมีโอกาสเกิดการหลุด แตกหัก หรือมีอายุการใช้งานที่น้อยกว่าการใช้กับฐานฟันเทียมแบบดั้งเดิม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทีมงานและเจ้าหน้าที่จากห้องปฏิบัติการวิจัยสถาบันทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บริษัท ที เด็นทัลแลป จำกัด และบริษัท สายน้ำทิพย์ เด็นทัลแลป จำกัด สำหรับความเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ สถานที่ และความรู้ในการทำวิจัยฉบับนี้เป็นอย่างสูง

References

1. National Statistical Office. Situation of The Thai Elderly 2021. National Statistical Office; 2021.
2. Janeva NM, Kovacevska G, Elencevski S, Panchevska S, Mijoska A, Lazarevska B. Advantages of CAD/CAM versus Conventional Complete Dentures - A Review. *Open Access Maced J Med Sci*. 2018; 6:1498-1502.
3. Inokoshi M, Kanazawa M, Minakuchi S. Evaluation of a complete denture trial method applying rapid prototyping. *Dent Mater J*. 2012;31:40-6.
4. Ahmad F, Dent M, Yunus N. Shear bond strength of two chemically different denture base polymers to reline materials. *J Prosthodont*. 2009; 18:596-602.
5. Minami H, Suzuki S, Minesaki Y, Kurashige H, Tanaka T. In vitro evaluation of the influence of repairing condition of denture base resin on the bonding of autopolymerizing resins. *J Prosthet Dent*. 2004; 91:164-70.
6. Vallittu PK, Ruyter IE. Swelling of poly (methyl methacrylate) resin at the repair joint. *Int J Prosthodont*. 1997; 10:254-8
7. Silva Cde S, Machado AL, Chaves Cde A, Pavarina AC, Vergani CE. Effect of thermal cycling on denture base and autopolymerizing reline resins. *J Appl Oral Sci*. 2013; 21:219-24.
8. Matsumura H, Tanoue N, Kawasaki K, Atsuta M. Clinical evaluation of a chemically cured hard denture relining material. *J Oral Rehabil*. 2001; 28:640-4.
9. Mutluay MM, Ruyter IE. Evaluation of adhesion of chairside hard relining materials to denture base polymers. *J Prosthet Dent*. 2005; 94:445-52.
10. Arima T, Murata H, Hamada T. Analysis of composition and structure of hard autopolymerizing reline resins. *J Oral Rehabil*. 1996; 23:346-52.
11. Palitsch A, Hannig M, Ferger P, Balkenhol M. Bonding of acrylic denture teeth to MMA/PMMA and light-curing denture base materials: the role of conditioning liquids. *J Dent*. 2012; 40:210-21.
12. Li P, Krämer-Fernandez P, Klink A, Xu Y, Spintzyk S. Repairability of a 3D printed denture base polymer: Effects of surface treatment and artificial aging on the shear bond strength. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021; 114:104227.
13. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent*. 1999; 27:89-99.
14. Morresi AL, D'Amario M, Capogreco M, Gatto R, Marzo G, D'Arcangelo C, et al. Thermal cycling for restorative materials: does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2014; 29:295-308.
15. Marra J, de Souza RF, Barbosa DB, Pero AC, Compagnoni MA. Evaluation of the bond strength of denture base resins to acrylic resin teeth: effect of thermocycling. *J Prosthodont*. 2009; 18:438-43.
16. Andrade de Freitas SL, Brandt WC, Miranda ME, Vitti RP. Effect of Thermocycling, Teeth, and Polymerization Methods on Bond Strength Teeth-Denture Base. *Int J Dent*. 2018; 2018:2374327.
17. Choi JJE, Uy CE, Plaksina P, Ramani RS, Ganjigatti R, Waddell JN. Bond Strength of Denture Teeth to Heat-Cured, CAD/CAM and 3D Printed Denture Acrylics. *J Prosthodont*. 2020; 29:415-421.
18. Aydin AK, Terzioğlu H, Akinay AE, Ulubayram K, Hasirci N. Bond strength and failure analysis of lining materials to denture resin. *Dent Mater*. 1999; 15:211-8.