อิทธิพลของการเตรียมพื้นผิวและวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซมต่อความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเรซินชนิดชั่วคราวที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติ

Influence of Surface Treatments and Repair Materials on Shear Bond Strength of Provisional 3D Printed Resin

นัธทวัฒน์ ท้าวคำพุ[1], เจษฎา ผลาสุข[2]
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Email: nutthawatt63@nu.ac.th[1], jadesadap@nu.ac.th[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเรซินชนิดชั่วคราวที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติ ที่เตรียมพื้นผิวชนิดต่างๆและซ่อมแซมด้วยวัสดุที่แตกต่างกัน โดยชิ้นงานรูปทรงกระบอก ขนาด 20×15 มิลลิเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง × สูง) ทั้งหมด 36 ชิ้น นำไปจำลองการใช้งานในช่องปากด้วยเครื่องเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อน-เย็นเป็นจังหวะ (thermocycler) จำนวน 1,500 รอบ จากนั้นชิ้นงานจะถูกแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม (n=6) ตามการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน คือ ไม่มีการเตรียมพื้นผิว (กลุ่มควบคุม), พ่นทรายด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์และการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอล ก่อนนำไปซ่อมแซมด้วยวัสดุที่แตกต่างกันคือ พอลิเมทิลเมทาคริเลต (Polymethyl methacrylate/PMMA) หรือเรซินคอมโพสิตชนิดบิสเอคริล (Bis-acryl resin composite) หลังการเตรียมพื้นผิวและซ่อมแซมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชิ้นงานจะถูกนำไปทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือนด้วยเครื่องทดสอบแรงแบบสากล ที่ความเร็วของหัวกดเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร/นาที จากนั้นนำชิ้นงานไปวิเคราะห์ความล้มเหลวด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอกำลังขยาย 10 เท่า ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA, $\alpha = 0.05$) พบว่า การเตรียมพื้นผิวด้วยการพ่นทรายด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์และซ่อมแซมด้วยวัสดุพอลิเมทิลเมทาคริเลตหรือวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดบิสเอคริลให้ค่าความแข็งแรงยึดเฉือนสูงที่สุด และมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การล้มเหลวส่วนใหญ่เกิดที่ชั้นของสารยึดติด ดังนั้นการเตรียมพื้นผิวด้วยการพ่นทรายด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์เป็นวิธีการที่แนะนำก่อนการซ่อมแซมวัสดุเรซินชนิดชั่วคราวที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติด้วยพอลิเมทิลเมทาคริเลตหรือวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดบิสเอคริล

คำสำคัญ: ความแข็งแรงยึดเฉือน, เครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติ, ซ่อมแซม

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of surface treatments and repair materials on the shear bond strength of aged provisional 3D printed resin. Thirty-six cylindrical specimens (20×15 mm, diameter × height) were designed, 3D-printed and aged by thermocycling for 1,500 cycles. Then, specimens (n=6) were repaired/bonded according to surface treatments; no surface treatment (control), Al_2O_3 sandblasting, universal adhesive application, and repair materials; PMMA, Bis-acryl resin composite. After 24 hours, shear bond strength (SBS) was determined using a universal testing machine at a crosshead speed of 0.5 mm/min. Failure modes were analyzed by stereomicroscope (10×). One-way ANOVA ($\alpha = 0.05$) showed the highest SBS with specimens treated Al_2O_3 sandblasting and repaired using either PMMA or Bis-acryl resin composite. These two groups were significantly higher than the control group. Failure modes were mostly adhesive. In conclusion, Al_2O_3 sandblasting is suggested to treat the 3D printed resin prior to repair.

Keywords: Shear bond strength, Provisional resin, 3D printed resin, Repair

บทนำ

ฟันเทียมชนิดติดแน่น เป็นฟันเทียมที่ยึดติดแน่นในช่องปากโดยอาศัยฟันธรรมชาติซี่ที่อยู่ข้างเคียงกับสันเหงือกว่างหรือรากฟันเทียมเป็นหลักในการยึดฟันปลอม ผู้ป่วยที่ใส่ไม่สามารถถอดออกมาเพื่อทำความสะอาดภายนอกช่องปากได้ ฟันเทียมชนิดนี้ใช้บูรณะฟันในกรณีที่มีการสูญเสียเนื้อฟันบางส่วนเนื่องมาจากรอยผุหรือฟันแตกหัก เช่น ครอบฟัน (crown) และกรณีที่ใช้ทดแทนฟันที่สูญเสียไป ได้แก่ สะพานฟัน (bridge) หรือรากฟันเทียม (implant) ซึ่งในขั้นตอนการรักษาจำเป็นต้องมีการบูรณะด้วยฟันเทียมชนิดติดแน่นชนิดชั่วคราวให้ผู้ป่วยกลับไปใช้งาน เพื่อประเมินการใช้งานก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นวัสดุในการบูรณะจริง โดยวัสดุชนิดชั่วคราวที่ใช้ในงานฟันเทียมชนิดติดแน่นมีหลายชนิด เช่น พอลิเมทิลเมทาคริเลต (PMMA), พอลิเอทิลเมทาคริเลต (PEMA), เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ (flowable composite resin), เรซินคอมโพสิตชนิดบิสเอคริล (Bis-acryl resin composite) เป็นต้น โดยคุณสมบัติของวัสดุกลุ่มนี้คือ สามารถเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ ไม่ระคายเคือง มีความสวยงาม แข็งแรง ใช้งานง่าย ทำให้แนบกับขอบของฟันได้และสามารถทำการเติมหรือซ่อมแซมได้ง่าย (Patras, M., et al., 2021) ซึ่งในทางคลินิกเมื่อคนไข้นำไปใช้งานแล้วอาจจะเกิดการแตกหักได้หรือเกิดความไม่แนบระหว่างฟันกับวัสดุชั่วคราว ดังนั้นจึงต้องทำการต่อเติม (reline) หรือซ่อมแซม (repair) ให้มีความสวยงามและแนบกับขอบของฟัน

ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีดิจิตอลเข้ามาใช้งานทางทันตกรรมมากขึ้น เนื่องจากสะดวก รวดเร็ว มีความแม่นยำสูง และมีการนำมาใช้ในการออกแบบ และสร้างวัสดุชนิดชั่วคราว โดยการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติ (3D printing) หรือการกลึง (milling) มีงานวิจัยที่ศึกษาถึงการเติมและการซ่อมแซมวัสดุชนิดชั่วคราวแบบดั้งเดิมออกมาหลายๆการศึกษาเกี่ยวกับการใช้วัสดุและการเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีการต่างๆ แต่การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมแซมวัสดุชนิดชั่วคราวที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติ ยังไม่เป็นที่แพร่หลายและผลการศึกษาก็แตกต่างกันออกไป นอกจากนี้ยังไม่มีการศึกษาที่จำลองการใช้งานจริงในสภาวะช่องปากก่อนที่จะนำมาทำการซ่อมแซมด้วยวัสดุต่างๆ (Lim, N. K., et al., 2020) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำวัสดุชนิดชั่วคราวที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติ มาจำลองการใช้งานจริงในสภาวะช่องปากด้วยเครื่องเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อน-เย็นเป็นจังหวะก่อนที่จะนำมาทำการเตรียมพื้นผิวและใช้วัสดุต่างๆในการซ่อมแซมเพื่อที่จะเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิกต่อไป (Alshali, R. Z., et al., 2021)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเรซินชนิดชั่วคราวที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติที่ผ่านการจำลองการใช้งานในสภาวะช่องปากเมื่อถูกซ่อมแซมโดยใช้วัสดุและเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน
2. เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบความล้มเหลวของวัสดุเรซินชนิดชั่วคราวที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติที่ผ่านการจำลองการใช้งานในสภาวะช่องปาก

สมมติฐานการวิจัย

ไม่มีความแตกต่างกันของความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเรซินชนิดชั่วคราวที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติที่ผ่านการจำลองการใช้งานในสภาวะช่องปาก เมื่อถูกซ่อมแซมโดยการเตรียมพื้นผิวและวัสดุที่แตกต่างกัน

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านการศึกษา: งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (in vitro study)
2. สถานที่ที่ใช้ในการทำวิจัย: ห้องปฏิบัติการวิจัยชั้น 4 และห้องปฏิบัติการ CAD/CAM คลินิกบัณฑิตศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

วิธีดำเนินการวิจัย

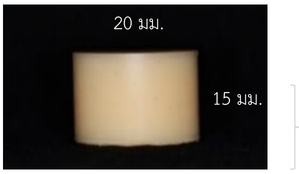
1. ระเบียบวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (in vitro study) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแข็งแรงยึดเฉือนและรูปแบบความล้มเหลวของวัสดุเรซินชนิดชั่วคราวที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติที่ผ่านการจำลองการใช้งานในสภาวะช่องปากเมื่อถูกซ่อมแซมโดยการเตรียมพื้นผิวและวัสดุที่แตกต่างกัน

2. ขั้นตอนการวิจัย

การเตรียมชิ้นงาน (Preparation of the specimens)

ชิ้นงานที่ใช้ในงานวิจัยนี้ทั้งหมด 36 ชิ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม (n=6) ตามชนิดของการเตรียมพื้นผิวและวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซม โดยชิ้นงานรูปทรงกระบอกขนาด 20×15 มิลลิเมตร (เส้นผ่าศูนย์กลาง×ความสูง) ถูกออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (CAD software) และขึ้นรูปด้วยน้ำยาเรซินชนิดโพลิเมอร์ โดยใช้เครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติ ชนิด Digital Light Processing (DLP) (ภาพที่ 1) เมื่อชิ้นงานขึ้นรูปเสร็จแล้วจึงนำไปฉีดล้างเรซินส่วนเกินออกด้วย ไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 99 (99% isopropyl alcohol) เป็นเวลา 60 วินาที และนำไปแช่ในไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 99 และเขย่าด้วยเครื่อง อัลตร้าโซนิค เพื่อกำจัดเอาส่วนที่ไม่เกิดปฏิกิริยาออกไปเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำชิ้นงานมาเป่าลมให้แห้งแล้วนำไปเข้าเครื่อง post-cured ภายใต้แสงอัลตราไวโอเลต เป็นเวลา 200 วินาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (polymerization) ที่สมบูรณ์



ภาพที่ 1 ชิ้นงานรูปทรงกระบอกที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติ ขนาด 20×15 มิลลิเมตร

การจำลองการใช้งานในสภาวะช่องปาก (Aging process)

หลังจากเตรียมชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์แล้ว นำชิ้นงานไปจำลองการใช้งานในสภาวะช่องปากด้วยเครื่องเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อน-เย็นเป็นจังหวะจำนวน 1,500 รอบ ที่อุณหภูมิ 5°C และ 55°C โดยใช้เวลาแช่ (dwell time) 30 วินาที และถ่ายโอน (transfer time) 5 วินาที (Li, P., et al., 2021)

การเตรียมพื้นผิว (Surface treatment)

หลังจากชิ้นงานผ่านการจำลองการใช้งานในสภาวะช่องปากแล้ว ชิ้นงานที่พิมพ์ออกมาจะถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามวิธีการเตรียมพื้นผิว โดยทำการกำหนดขอบเขตการเตรียมพื้นผิวด้วยเทปกาวที่เจาะรูเป็นวงกลมยึดไว้ที่กึ่งกลางของชิ้นงานแล้วทำการเตรียมพื้นผิว ดังนี้

1) กลุ่มที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิว (No surface treatment, Control)

2) กลุ่มที่พ่นทรายด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminum oxide sandblasting, Al_2O_3): ขนาด 50 ไมโครเมตร ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร ความดัน 2 บาร์ เป็นเวลา 10 วินาที

3) กลุ่มที่ใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอล (Universal adhesive, Adh): โดยทาสารยึดติด (Scotchbond Universal, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) ลงบนชิ้นงานเป็นเวลา 20 วินาที จากนั้นเป่าลมให้แห้งแล้วทำการฉายแสงเป็นเวลา 10 วินาที ตามคำแนะนำของบริษัท

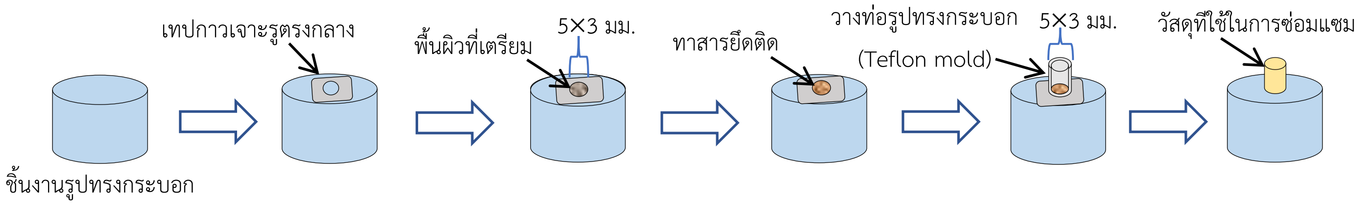
การซ่อมแซมชิ้นงาน (Repair of the specimens)

หลังจากทำการเตรียมพื้นผิวชิ้นงานที่แตกต่างกันแล้ว จึงนำชิ้นงานในแต่ละกลุ่มมาทำการซ่อมแซมด้วยวัสดุ 2 ชนิด คือ พอลิเมทิลเมทาคริเลต (PMMA) หรือ เรซินคอมโพสิตชนิดบิสเอคริล (Bis-acryl resin composite) โดยวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซมจะถูกฉีดลงในท่อรูปทรงกระบอกเล็ก (Teflon mold) ขนาด 5×3 มิลลิเมตร (เส้นผ่าศูนย์กลาง×ความสูง) เพื่อทำให้เกิดการยึดติดกันที่บริเวณกึ่งกลางของชิ้นงาน ดังนี้

1) พอลิเมทิลเมทาคริเลต (Polymethyl methacrylate/PMMA, GC UNIFAST Trad, Alsip, IL, USA): ทำการผสมผงพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับโมโนเมอร์ในอัตราส่วน 1:1 (ผง:น้ำ) ในถ้วยยางเป็นเวลา 10-15 วินาที แล้วฉีดลงไปในท่อรูปทรงกระบอกเล็กรอจนกระทั่งเกิดปฏิกิริยาการก่อตัวที่สมบูรณ์เป็นเวลา 2 นาที

2) เรซินคอมโพสิตชนิดบิสเอคริล (Bis-acryl resin composite, Protemp 4, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA): วัสดุนี้จะถูกผสมแล้วฉีดลงในท่อรูปทรงกระบอกขนาดเล็กบนชิ้นงานด้วยปืนผสมและรอจนกระทั่งเกิดปฏิกิริยาก่อตัวที่สมบูรณ์ โดยใช้เวลา 2.5 นาที

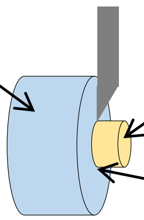
เมื่อทำการซ่อมแซมชิ้นงานเสร็จแล้ว นำไปเก็บที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือนและศึกษารูปแบบความล้มเหลวด้วยกล้องสเตอริโอไมโครสโคปต่อไป



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานและการซ่อมแซมด้วยวัสดุต่างๆ

การทดสอบค่าความแข็งแรงยึดเฉือน (Shear bond strength testing)

นำชิ้นงานที่ถูกซ่อมแซมไปทดสอบหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือนระหว่างชิ้นงานและวัสดุซ่อมแซม โดยการใช้เครื่องทดสอบแรงแบบสากล (universal testing machine, Instron) โดยทำการยึดชิ้นงานเข้ากับอุปกรณ์ โดยให้ระนาบของปลายมีดที่จะใช้ทดสอบ (knife-edge shear blade) ขนานกับรอยต่อระหว่างชิ้นงานกับวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซมและให้เครื่องออกแรงกดที่ความเร็ว (crosshead speed) เท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร/นาที จนกระทั่งวัสดุเกิดการแตกหัก (ภาพที่ 3) ซึ่งค่าความแข็งแรงยึดเฉือนได้จากการคำนวณโดยนำแรงเฉือนสูงสุดหารด้วยพื้นที่ของวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซมมีหน่วยเป็นเมกะพาสคาล (MPa)



ภาพที่ 3 องค์ประกอบของการทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือน (Shear bond strength testing)

การศึกษารูปแบบความล้มเหลว (Failure mode analysis)

หลังจากชิ้นงานเกิดการแตกหัก นำชิ้นงานไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคปที่กำลังขยาย 10 เท่า เพื่อศึกษารูปแบบความล้มเหลว (mode of failure) โดยสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

1) การยึดไม่อยู่ (Adhesive failure): เกิดความล้มเหลวระหว่างรอยต่อของวัสดุเรซินชนิดชั่วคราวที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติกับวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซม วัสดุจะหลุดแยกออกจากกันโดยสมบูรณ์

2) การเชื่อมแน่นล้มเหลว (Cohesive failure): เกิดความล้มเหลวในเนื้อของวัสดุเรซินชนิดชั่วคราวที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติหรือในเนื้อวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซม โดยไม่มีการล้มเหลวครอบคลุมถึงรอยต่อระหว่างวัสดุทั้ง 2 ชนิด

3) การล้มเหลวแบบผสม (Mixed failure): เกิดความล้มเหลวทั้งแบบการยึดไม่อยู่และการเชื่อมแน่นล้มเหลว โดยพบมีการล้มเหลวที่รอยต่อและในเนื้อของวัสดุทั้ง 2 ชนิด

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความแข็งแรงยึดเฉือนระหว่างกลุ่มด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูกีย์ (Tukey's post hoc test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และใช้ค่าร้อยละและค่าความถี่เพื่ออธิบายรูปแบบความล้มเหลว

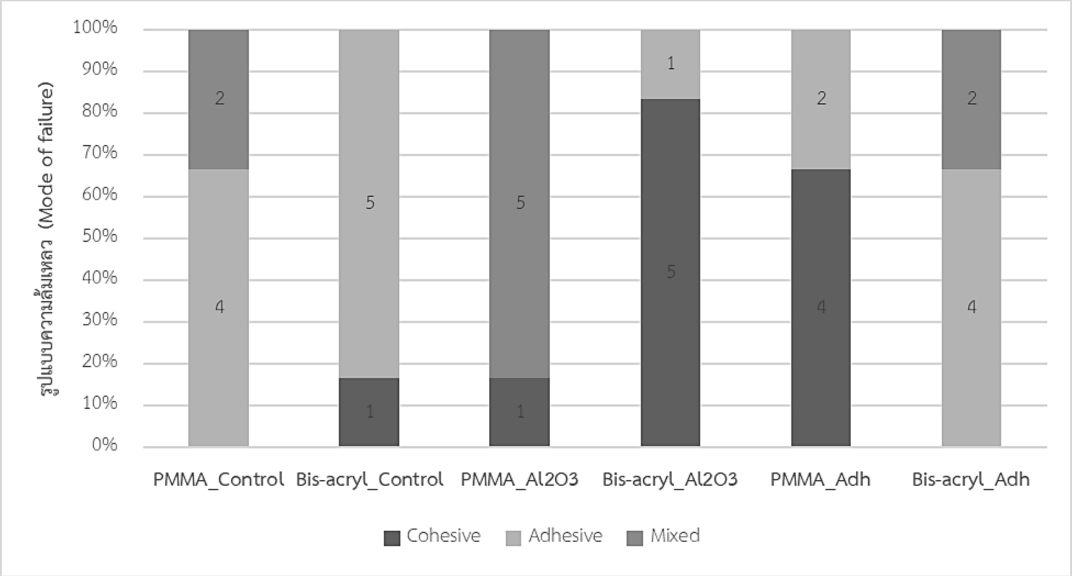
ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงความแข็งแรงยึดเฉือนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่าการเตรียมพื้นผิวด้วยการพ่นทรายร่วมกับการซ่อมแซมด้วยพอลิเมทิลเมทาคริเลตให้ค่าความแข็งแรงยึดเฉือนสูงที่สุดคือ 12.66 ± 0.52 เมกะพาสคาล กลุ่มที่ให้ค่าความแข็งแรงยึดเฉือนน้อยที่สุดคือกลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวร่วมกับการซ่อมแซมด้วยพอลิเมทิลเมทาคริเลต คือ 6.72 ± 2.20 เมกะพาสคาล และจากผลการทดลองพบว่าเมื่อมีการเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีเดียวกัน ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซม (พอลิเมทิลเมทาคริเลตหรือเรซินคอมโพสิตชนิดบิสเอคริล) มีค่าความแข็งแรงยึดเฉือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังนั้นหากจำแนกเป็นกลุ่มตามชนิดของวิธีการเตรียมพื้นผิว พบว่าการพ่นทรายด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ให้ค่าความแข็งแรงยึดเฉือนสูงที่สุด ตามด้วยการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอล และกลุ่มที่ให้ค่าความแข็งแรงยึดเฉือนน้อยที่สุดคือกลุ่มที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิว

ตารางที่ 1 ความแข็งแรงยึดเฉือนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เมกะพาสคาล: MPa)

วัสดุที่ใช้ซ่อมแซม	**การเตรียมพื้นผิว (Surface treatment)**		
	Control	Al_2O_3	Adh
PMMA	6.72^{a} (2.20)	12.66^{d} (0.52)	9.66^{bc} (0.45)
Bis-acryl	8.41^{ab} (1.52)	11.23^{cd} (1.85)	9.06^{abc} (0.73)

ตัวยกที่แตกต่างกันแสดงถึงการมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



ภาพที่ 4 การกระจายของรูปแบบความล้มเหลว (Failure mode distribution, จำนวน)

ภาพที่ 4 แสดงรูปแบบความล้มเหลว (mode of failure) หลังนำชิ้นงานที่เกิดการแตกหักภายหลังการทดสอบค่าความแข็งแรงเฉือนมาส่องด้วยกล้องกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป พบว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวก่อนการซ่อมแซม ส่วนใหญ่มีความล้มเหลวชนิดการยึดไม่อยู่ (adhesive failure) และกลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยการพ่นทรายด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์และการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลพบมีความล้มเหลวชนิดการเชื่อมแน่นล้มเหลว (cohesive failure) และการล้มเหลวแบบผสม (mixed failure) เป็นส่วนใหญ่

สรุปและอภิปรายผล

การเตรียมพื้นผิวด้วยการพ่นทรายด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์จะให้ความแข็งแรงยึดเฉือนระหว่างวัสดุเรซินชนิดชั่วคราวที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติกับวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซมสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลและการที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิวใดๆ ส่วนชนิดของวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซมไม่ส่งผลต่อความแข็งแรงยึดเฉือน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีการเตรียมพื้นผิวของวัสดุเป็นสิ่งที่สำคัญมากกว่าชนิดของวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซม ดังนั้นการเตรียมพื้นผิวด้วยการพ่นทรายด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สำคัญก่อนการซ่อมแซมเพื่อให้เกิดการยึดติดที่คงทน

การเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงยึดเฉือนระหว่างสองวัสดุเกี่ยวข้องกับความขรุขระของพื้นผิว ซึ่งเกิดจากการพ่นทรายด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์จะทำให้มีความขรุขระของพื้นผิวเพิ่มมากขึ้น จึงมีผลต่อการเพิ่มการยึดติดทางเชิงกล (mechanical retention) และการใช้สารยึดติดจะเพิ่มการยึดติดทางเคมี (chemical bonding) ซึ่งกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยการพ่นทรายด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ให้ความแข็งแรงยึดเฉือนสูงที่สุดซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา (Ha, S. R., et al., 2016) และการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลจะมีค่าความแข็งแรงยึดเฉือนน้อยกว่ากลุ่มที่พ่นทรายด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ ซึ่งอาจจะเป็นผลมากจากการนำชิ้นงานไปการจำลองการใช้งานในสภาวะช่องปากก่อนที่จะนำมาซ่อมแซมด้วยวัสดุต่างๆ ทำให้พันธะ C=C ลดน้อยลง ซึ่งโดยปกติแล้วพันธะ C=C จะหลงเหลืออยู่ที่พื้นผิวของวัสดุหลังจากเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน และจะสามารถไปเกิดพันธะเคมีกับสารอื่นๆหรือวัสดุที่ใช้ซ่อมแซมได้ ดังนั้นการจำลองการใช้งานในสภาวะช่องปากจึงลดปริมาณ C=C ทำให้ไม่สามารถเกิดพันธะทางเคมีได้มากเท่าที่ควร ส่งผลให้มีความแข็งแรงยึดเฉือนน้อยกว่ากลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยการพ่นทรายด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ แต่ก็ยังมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการแต่ในการทำงานทางคลินิกอาจมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องที่ส่งผลต่อความแข็งแรงยึดเฉือนระหว่างวัสดุเรซินชนิดชั่วคราวที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติกับวัสดุที่ใช้ใน

การซ่อมแซม เช่น ความชื้นในช่องปาก ความเก่าของวัสดุ การเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีการอื่นๆและวัสดุซ่อมแซมอื่นๆก็อาจให้ผลที่แตกต่างกัน นอกจากนี้การจำลองการใช้งานในสภาวะช่องปากด้วยเครื่องเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อน-เย็นเป็นจังหวะ ซึ่งเป็นวิธีในห้องปฏิบัติการที่นิยมใช้ทดสอบวัสดุทางทันตกรรมเพื่อให้วัสดุสัมผัสน้ำร้อนและเย็นสลับกัน โดยอาศัยอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ทำให้ก่อเกิดการเสื่อมสภาพของวัสดุ ซึ่งอาจจะไม่ได้จำลองการใช้งานเหมือนกับการใช้งานจริงในสภาวะช่องปาก

เอกสารอ้างอิง

Alshali, R. Z., Bukhary, D. M., AlQahtani, M. A., Alenazi, N. O., Alzahrani, A. H., & Alobaid, H. A. (2021). Repair of temporary fixed dental prostheses using a flowable resin composite: Effect of material, bonding, and aging. The Saudi Dental Journal, 33(7), 495-502.

Ha, S. R., Kim, S. H., Lee, J. B., Han, J. S., & Yeo, I. S. (2016). Improving shear bond strength of temporary crown and fixed dental prosthesis resins by surface treatments. Journal of materials science, 51(3), 1463-1475.

Li, P., Krämer-Fernandez, P., Klink, A., Xu, Y., & Spintzyk, S. (2021). Repairability of a 3D printed denture base polymer: Effects of surface treatment and artificial aging on the shear bond strength. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 114, 104227.

Lim, N. K., & Shin, S. Y. (2020). Bonding of conventional provisional resin to 3D printed resin: the role of surface treatments and type of repair resins. The Journal of Advanced Prosthodontics, 12(5), 322.

Patras, M., Naka, O., Doukoudakis, S., & Pissiotis, A. (2012). Management of provisional restorations' deficiencies: a literature review. Journal of esthetic and restorative dentistry, 24(1), 26-38.