

ผลของการเตรียมพื้นผิวแบบต่างๆ ต่อความทนแรงเฉือนของการซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตทันทีภายหลังการบ่มแสงเสร็จ

ณัฐพงษ์ กันตรัง* ชาญณรงค์ ลิ้มพิพัฒน์** อาทิตย์ จิรชาติ*** ธวัช เรียวเรืองแสงกุล**** รัชฎา ฉายจิต***** สุชาติ วงศ์ขันตี*

Received: January 20, 2019

Revised: April 04, 2019

Accepted: April 11, 2019

บทคัดย่อ

การซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตทันทีที่เพิ่งผ่านการขัดแต่งและยังไม่ผ่านการใช้งานถือเป็นความท้าทายของงานทันตกรรมหัตถการ เนื่องจากวัสดุเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งผ่านการขัดและชั้นเรซินคอมโพสิตที่อุดเดิมอาจมีความแข็งแรงของการยึดอยู่ลดลง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความทนแรงเฉือนของการซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งขัดแต่งเสร็จด้วยวิธีการเตรียมพื้นผิวแบบต่างๆ โดยการอุดเรซินคอมโพสิตลงในแบบหล่อพลาสติกเรซิน จากนั้นแบ่งเป็น 10 กลุ่ม (N=25) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ไม่ได้รับการขัดแต่งและไม่มีการเตรียมพื้นผิว (กลุ่มควบคุมบวก) กลุ่มที่ 2 ผ่านการขัดแต่งด้วยแผ่นซอพ-เลกซ์แต่ไม่มีการเตรียมพื้นผิว (กลุ่มควบคุมลบ) กลุ่มที่ 3 ถึง 6 ได้รับการเตรียมพื้นผิวหลังจากขัดแต่งด้วยแผ่นซอพ-เลกซ์ ด้วยวิธีการต่างๆ กันก่อนการทาสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ได้แก่ กลุ่มที่ 3 เตรียมผิวเรซินคอมโพสิตหลังขัดแต่งด้วยซิงเกิลบอนด์ทุกอย่างเดี่ยว (Si) กลุ่มที่ 4 เตรียมผิวด้วยหัวกรอกากเพชร (DB) กลุ่มที่ 5 เตรียมผิวด้วยการเป่าอะลูมิเนียมออกไซด์ (SB) กลุ่มที่ 6 เตรียมผิวด้วยกรดฟอสฟอริกร้อยละ 35 (PA) ส่วนกลุ่มที่ 7 ถึง 10 ผ่านการเตรียมผิวด้วยวิธีการเดียวกับกลุ่มที่ 3 ถึง 6 แต่เพิ่มขั้นตอนการทาสารควบคู่ไฮเลนก่อนทาสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ (SiS, DBS, SBS, PAS) หลังจากนั้นบ่มแสงขึ้นตัวอย่างด้วยเรซินคอมโพสิตบนพื้นผิวของวัสดุขึ้นแรก นำขึ้นตัวอย่างเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทดสอบความทนแรงเฉือนของขึ้นตัวอย่างด้วยเครื่องทดสอบสากล ผลการทดลองพบว่ากลุ่ม Si, PA, DB, และ SB ค่าเฉลี่ยความทนแรงเฉือนสูงกว่ากลุ่มควบคุมบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) กลุ่ม SB มีค่าความทนแรงเฉือนสูงที่สุด (26.67 เมกะปาสคาล) ตามด้วยกลุ่ม DB (26.10 เมกะปาสคาล) กลุ่ม PA (24.55 เมกะปาสคาล) และกลุ่ม Si (17.42 เมกะปาสคาล) ตามลำดับ การใช้สารควบคู่ไฮเลนที่มีการผสมเมทาคริลอออกซิเดิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟตช่วยเพิ่มความทนแรงเฉือนในทุกกลุ่มการทดลอง โดยเฉพาะกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยซิงเกิลบอนด์ ($P < 0.001$) และกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยกรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 37 ($P = 0.042$) พบว่าการทาสารควบคู่ไฮเลนมีการผสมเมทาคริลอออกซิเดิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟตช่วยปรับปรุงความทนแรงเฉือนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการเตรียมพื้นผิวของเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งขัดแต่งเสร็จช่วยเพิ่มความทนแรงเฉือนของการยึดติดกับเรซินคอมโพสิตที่อุดเดิมอย่างมีนัยสำคัญ

คำไชรหัส: การซ่อมแซมเรซินคอมโพสิต/ การเตรียมพื้นผิวเรซินคอมโพสิต/ เรซินคอมโพสิต

บทนำ

ในระยะเวลาหลายสิบปีที่ผ่านมาเรซินคอมโพสิตได้มีการพัฒนาเพื่อเพิ่มสมบัติทางกายภาพและความสวยงามมากขึ้น ทำให้เป็นที่นิยมใช้ในการบูรณะฟัน เรซินคอมโพสิตเป็นวัสดุบูรณะที่มีจุดเด่นคือมีสีเหมือนฟันที่ให้ความสวยงามผิวเป็นมันวาว มีสีที่ใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ สามารถตกแต่งรูปร่าง และลักษณะทางกายวิภาคให้ใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติได้มาก จึงนิยมนำไปใช้ในการบูรณะฟันได้ทั้งฟันหน้าและฟันหลังในตำแหน่งที่ต้องการความสวยงาม

เช่น การปิดช่องว่างระหว่างฟัน การอุดคอฟัน การทำเคลือบฟันเทียมหรือวีเนียร์ (veneer) นอกจากนั้นเรซินคอมโพสิตยังเป็นวัสดุที่ใช้งานง่าย ไม่ต้องผสม โดยใช้งานร่วมกับสารยึดติด (Adhesive) และกระตุ้นให้วัสดุเกิดการแข็งตัวจากการฉายแสง แต่อย่างไรก็ตาม เรซินคอมโพสิตมีข้อด้อยคือ มีขั้นตอนในการใช้งานหลายขั้นตอน มีความไวต่อความชื้นทำให้วัสดุสูญเสียคุณสมบัติในการยึดติด

* สาขาวิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

** สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดกระบี่ อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่

*** ฝ่ายทันตกรรม โรงพยาบาลตาก อำเภอตาก จังหวัดนครพนม

**** วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

***** สาขาวิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

ตามปกติเรซินคอมโพสิตแต่ละชั้นนั้นสามารถยึดติดกันด้วยชั้นออกซิเจนอินฮิบิท (Oxygen inhibited layer) ซึ่งเป็นชั้นที่ถูกออกซิเจนขัดขวางปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ ทำให้ยังหลงเหลือคาร์บอนพันธะคู่ (C=C) อยู่ในชั้นนี้จำนวนมาก ซึ่งคาร์บอนพันธะคู่นี้จะทำปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์กับมอนอเมอร์ในเรซินคอมโพสิตชั้นต่อไปหลังจากการฉายแสง¹ นอกจากนั้นการยึดกันของเรซินคอมโพสิตแต่ละชั้นบางส่วนยังได้มาจากมอนอเมอร์ที่ยังไม่ทำปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (Unpolymerized monomer) ภายในเนื้อเรซินคอมโพสิตซึ่งจะค่อย ๆ ทำปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ต่อเนื่องจนสมบูรณ์ภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากการบ่ม² การเชื่อมกันของเรซินคอมโพสิตลักษณะนี้พบได้ในการอุดด้วยเทคนิคที่เรียกว่าวิธีอุดแบบเป็นชั้นหรืออินครีเมนทอลเทคนิค (Incremental technique) และการมีชั้นออกซิเจนอินฮิบิทที่ผิวเรซินคอมโพสิตบนชั้นที่อุดไว้ก่อนหน้าจะช่วยเพิ่มความทนแรงเฉือนระหว่างเรซินคอมโพสิตที่อุดเชื่อมกันแต่ละชั้น^{3,4}

ข้อดีอย่างหนึ่งของการบ่มด้วยเรซินคอมโพสิตคือการขัดแต่งที่สามารถทำได้ทันที แต่บ่อยครั้งมักจะมีปัญหาหลังจากการขัดแต่งเสร็จเรียบร้อยแล้วผิวของวัสดุเรียบและขึ้นมันแล้ว คือไม่ได้รับรูปร่างของวัสดุที่เหมาะสม เกิดรูพรุนภายในเนื้อวัสดุ หรือมีการแตกหักของวัสดุในบางตำแหน่งที่จำเป็นต้องได้รับการซ่อมแซมโดยการเติมวัสดุเพิ่มเข้าไปในทันที ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว วัสดุเรซินคอมโพสิตใหม่นั้นสามารถยึดติดกับเรซินคอมโพสิตเก่าได้โดยวิธีการทางพันธะเคมีระหว่างอนุภาคอัดแทรก (Filler particle) กับเรซินเมทริกซ์ (Resin matrix) และวิธีการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาค (Micromechanical locking) กับความขรุขระที่ได้จากการเตรียมพื้นผิว⁵ อย่างไรก็ตาม ในเรซินคอมโพสิตที่มีอายุการใช้งานมากและมีการดูดซึมน้ำ การยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตชั้นใหม่และชั้นเก่าจะลดลงร้อยละ 25-80 เนื่องจากมีคาร์บอนพันธะคู่ในคอมโพสิตเก่าลดลง¹

มีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับวิธีการที่ช่วยเพิ่มการยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตใหม่และเรซินคอมโพสิตเก่าที่ได้จากการเตรียมพื้นผิวนั้นด้วยกันหลายวิธี โดยในปี ค.ศ. 2014 Hemadri และคณะ ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของความทนแรงเฉือนของเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการซ่อมแซมโดยใช้วิธีการเตรียมพื้นผิวแบบต่าง ๆ โดยใช้วิธีการเตรียมพื้นผิวแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ไม่ได้รับการ

เตรียมพื้นผิว กลุ่มที่ได้รับการกรอโดยใช้หัวกรอากเพชรชนิดหยาบ (Coarse diamond bur) และกลุ่มที่ใช้การเป่าด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminum oxide) ขนาด 50 ไมครอน โดยในแต่ละกลุ่มได้แบ่งเป็นกลุ่มย่อยอีกสองกลุ่ม โดยใช้ระบบยึดติด คือ ระบบเซลฟ์เอ็ทช์ (Self-etch system) และระบบเอ็ทช์แอนด์รีนซ์ (Etch and rinse system) หลังจากการเตรียมพื้นผิวดังกล่าว ผลการทดลองพบว่า กลุ่มที่ใช้การเป่าด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ร่วมกับระบบเซลฟ์เอ็ทช์ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด⁶ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ของ da Costa และคณะ (2012)⁷ และ Rodrigues Junior และคณะ (2009)⁸ ที่ให้ผลการทดลองและสรุปว่าการเตรียมพื้นผิวด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ให้ความทนแรงเฉือนได้ดีที่สุด

อย่างไรก็ตาม ในปี ค.ศ. 2016 Ahmadizenouz และคณะ ได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลของความทนแรงเฉือนในการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกันของนาโนฟิลล์เรซินคอมโพสิต (Nanofilled resin composite) โดยทำการทดลองใช้วิธีการเตรียมพื้นผิวแบ่งเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ไม่ได้รับการเตรียมพื้นผิว กลุ่มที่ใช้การเป่าด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ กลุ่มที่ใช้เออร์เบียมแยกละเซอร์ (Er:YAG laser) กลุ่มที่ได้รับการกรอโดยใช้หัวกรอากเพชรชนิดหยาบร่วมกับกรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) เข้มข้นร้อยละ 37 และกลุ่มที่ใช้กรดไฮโดรฟลูออริก (Hydrofluoric acid) ความเข้มข้นร้อยละ 9 โดยทุกกลุ่มจะใช้ร่วมกับสารคู่ควบไซเลน (Silane coupling agent) ตามด้วยสารยึดติดระบบเอ็ทช์แอนด์รีนซ์ ยี่ห้อซิงเกิลบอนด์ทู (Single bond 2) พบว่า กลุ่มที่ให้ค่าทนแรงเฉือนได้สูงที่สุดได้แก่ กลุ่มที่ใช้หัวกรอากเพชรชนิดหยาบร่วมกับกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 35 และกลุ่มที่ให้ค่าต่ำสุดได้แก่ กลุ่มที่ไม่ได้รับการเตรียมพื้นผิว¹

หลายการศึกษาในห้องปฏิบัติการได้นำสารควบคู่ไซเลนมาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการยึดอยู่ระหว่างเซรามิก พบว่าการใช้ไพรเมอร์อเนกประสงค์ (Universal primer) ที่มีสารคู่ควบไซเลนที่มีการผสมเมธาคริโลออกซีเดซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Methacryloxydecyl Dihydrogen Phosphate; MDP) เช่น สารคู่ควบไซเลนโมนอบอนด์พลัส (Monobond Plus, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, Germany) สามารถเพิ่มความทนแรงดึง (Tensile strength) ระหว่างเซรามิกเซอร์โคเนีย (Zirconia ceramic) และวัสดุเรซินคอมโพสิตได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการใช้สารคู่ควบไซเลนดั้งเดิม (Conventional silane) ซึ่งไม่มีเมธาคริโลออก

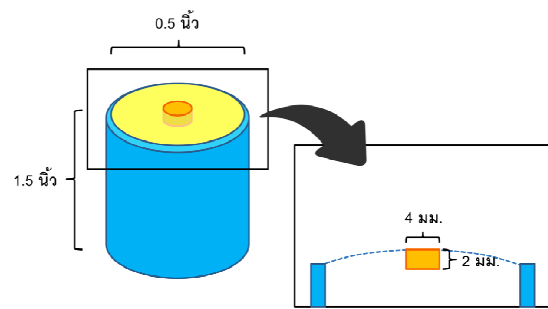
ซิดซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบ⁹ นอกจากนี้การใช้สารควบไซเลนโมโนบอนด์พลัสยังช่วยเพิ่มค่าความทนแรงเฉือนระหว่างเซรามิกลิเทียมไดซิลิเกต (Lithium disilicate ceramic) และวัสดุเรซินคอมโพสิตได้¹⁰ แต่ยังไม่มีการศึกษาใดที่ทำการทดสอบผลของการใช้สารควบไซเลนที่ผสมกับเมธาคริโอลลอกซิดซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในการซ่อมแซมวัสดุเรซินคอมโพสิตด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต รวมทั้งการศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะเน้นในเรื่องการยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตเก่าและเรซินคอมโพสิตใหม่ที่อุดเติม โดยยังไม่มีการศึกษาใดที่กล่าวถึงการยึดติดหรือการซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตใหม่ที่เพิ่งผ่านการขัดแต่งให้ขึ้นเงาสวยงาม ว่าความทนแรงเฉือนระหว่างเรซินคอมโพสิตใหม่ดังกล่าวกับชั้นเรซินคอมโพสิตที่อุดเติมเป็นอย่างไร และควรใช้วิธีการใดในการเตรียมพื้นผิวเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งขัดแต่งนั้น จึงเป็นที่มาของวัตถุประสงค์ในงานวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความทนแรงเฉือนของวิธีการต่าง ๆ ในการเตรียมพื้นผิวและผลของการใช้สารควบไซเลนที่ผสมกับเมธาคริโอลลอกซิดซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟตต่อความทนแรงเฉือนระหว่างเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งผ่านการขัดแต่งใหม่กับเรซินคอมโพสิตชั้นที่อุดเติม

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (Experimental laboratory research) โดยใช้เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์ไฮโฟลเทคซี 350 เอ็กซ์ที (Filtek Z350XT, 3M ESPE, Minnesota, USA) มาเตรียมขึ้นตัวอย่างทั้งหมด 250 ชิ้น โดยจำนวนกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวได้มาจากการคำนวณขนาดตัวอย่างภายหลังการทำวิจัยนำร่อง (Pilot study) ซึ่งมีเกณฑ์การคัดเข้ากลุ่มตัวอย่าง คือ ขึ้นตัวอย่างที่ได้รูปร่างและขนาดตามแบบหล่อ และไม่มีรอยแตกหักหรือฟองอากาศในชิ้นตัวอย่าง

ขั้นตอนการเตรียมชิ้นตัวอย่าง

เตรียมชิ้นตัวอย่างด้วยเรซินคอมโพสิตสีเอสี่ (A4) รูปร่างทรงกระบอกขนาดสูง 2 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ในแบบหล่อที่ทำจากปูนปลาสเตอร์หินที่ถูกบรรจุอยู่ในท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว สูง 1.5 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ชิ้นเรซินคอมโพสิตที่ถูกเตรียมในแบบหล่อปูนปลาสเตอร์หิน
Figure 1 Resin composite specimen prepared in a plaster stone mold

ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงแอลอีดี (Demi^{plus} LED light cure unit, Kerr, California, USA) โดยวางให้ปลายท่อนำแสงไฟเบอร์ออปติก (Fiber optic light guide) ห่างจากชิ้นงาน 2 มิลลิเมตร ฉายเป็นเวลา 40 วินาทีจากทางด้านบน หลังจากนั้นทำการขัดแต่งด้วยแผ่นซอฟ-เลกซ์ (Sof-lexTM Extra Thin Contouring and Polishing Discs, 3M ESPE, Minnesota, USA) ขัดที่ทุกความละเอียด โดยเริ่มตั้งแต่ขัดหยาบ (Coarse) ขัดหยาบปานกลาง (Medium) ขัดละเอียด (Fine) และเสร็จสิ้นกระบวนการด้วยการขัดแผ่นสุดท้ายซึ่งให้ความมัน (Superfine) ขัดทั้งที่ความเร็ว 11,000 รอบต่อนาที โดยออกแรงสลับเบาๆ 5 ครั้งต่อแผ่น พื้นผิวของเรซินคอมโพสิตหลังขัดแล้วจะต้องมีลักษณะเรียบและเป็นมันวาว เตรียมและขัดขึ้นตัวอย่างเป็นจำนวนทั้งสิ้น 225 ชิ้น และอีก 25 ชิ้นไม่ได้ทำการขัดแต่งเพื่อใช้เป็นกลุ่มควบคุมบวก

การเตรียมพื้นผิวของชิ้นตัวอย่าง

ภายหลังจากที่เสร็จสิ้นการเตรียมชิ้นตัวอย่าง จะทำการแบ่งชิ้นตัวอย่างเป็น 10 กลุ่ม กลุ่มละ 25 ชิ้น และชื่อกลุ่มแสดงไว้ดังตารางที่ 1 โดยชิ้นตัวอย่างที่ไม่ได้ขัดแต่งทำหน้าที่เป็นกลุ่มควบคุมบวก ชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการขัดแต่งด้วยแผ่นซอฟ-เลกซ์ แต่ไม่มีการเตรียมพื้นผิวก่อนอุดเรซินคอมโพสิตซ่อมแซมทำหน้าที่เป็นกลุ่มควบคุมลบ และกลุ่มที่เหลือจะทำการแบ่งกลุ่มโดยวิธีการสุ่ม โดยการเตรียมพื้นผิวของชิ้นตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มที่ 1 ชิ้นตัวอย่างจะไม่ได้รับการขัดแต่งและไม่ได้รับการเตรียมพื้นผิว (กลุ่มควบคุมบวก)

กลุ่มที่ 2 ชิ้นตัวอย่างได้รับการขัดแต่ง แต่ไม่ได้รับการเตรียมพื้นผิว (กลุ่มควบคุมลบ)

กลุ่มที่ 3 (Si) ขึ้นตัวอย่างได้รับการขัดแต่ง และได้รับการเตรียมพื้นผิวด้วยซิงเกิลบอนด์ทู (Adper™ Single Bond2, 3M ESPE, Minnesota, USA) วิธีการคือ ใช้ฟูกันจุ่มสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ทูให้พอชุ่มแล้วทาบนพื้นผิววัสดุทำการเป่าลมเบา ๆ จากนั้นฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงแอลอีดีเป็นเวลา 20 วินาที

กลุ่มที่ 4 (DB) ขึ้นตัวอย่างได้รับการขัดแต่ง และได้รับการเตรียมพื้นผิวด้วยหัวหัวกรอกากเพชรทรงกระบอกซึ่งมีความหยาบระดับปานกลางขนาด 1 มิลลิเมตร (Fissure diamond bur 010, ISO 524) โดยจะทำการกรอให้มีความยาวบนพื้นผิวเรซินคอมโพสิตอย่างน้อย 3 มิลลิเมตร กรอร่วมกับหัวกรอเข้าไปในทิศทางเดียวกันตลอดการกรอ เป็นจำนวน 3 รอบ โดยออกแรงกดปานกลางและกรอ ลักษณะผิวภายหลังการกรอจะต้องมีลักษณะขรุขระที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และมีพื้นที่อย่างน้อย 3x3 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งถูกกำหนดโดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวกรอ ทำการเปลี่ยนหัวกรอใหม่หลังจากเตรียมขึ้นงานทุก 5 ชิ้น แล้วทำการล้างน้ำเปล่า 15 วินาที และเป่าให้แห้ง 15 วินาที จากนั้นทาสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ทูด้วยวิธีการเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 3

กลุ่มที่ 5 (SB) ขึ้นตัวอย่างได้รับการขัดแต่ง และได้รับการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมครอน โดยทำการเป่าห่างจากชิ้นตัวอย่าง 5 มิลลิเมตรเป็นเวลา 5 วินาที ด้วยความดัน 60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (PSI)¹ แล้วทำการล้างน้ำเปล่า 15 วินาที และเป่าให้แห้ง 15 วินาที จากนั้นทาสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ทู (วิธีการเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 3)

ตารางที่ 1 วิธีการเตรียมพื้นผิวและกลุ่มการทดลองต่าง ๆ

Table 1 Surface treatment protocols and different treatment groups

กลุ่ม	ชื่อกลุ่ม	การเตรียมพื้นผิวของชิ้นตัวอย่าง
1	Positive control	ไม่ได้รับการขัดแต่งและไม่ได้รับการเตรียมพื้นผิว
2	Negative control	ได้รับการขัดแต่งแต่ไม่ได้รับการเตรียมพื้นผิว
3	Si	ขัดแต่ง → Single bond 2
4	DB	ขัดแต่ง → Diamond bur → Single bond 2
5	SB	ขัดแต่ง → Sandblast → Single bond 2
6	PA	ขัดแต่ง → 37% Phosphoric acid → Single bond 2
7	SiS	ขัดแต่ง → Silane → Single bond 2
8	DBS	ขัดแต่ง → Diamond bur → Silane → Single bond 2
9	SBS	ขัดแต่ง → Sandblast → Silane → Single bond 2
10	PAS	ขัดแต่ง → 37% Phosphoric acid → Silane → Single bond 2

กลุ่มที่ 6 (PA) ขึ้นตัวอย่างได้รับการขัดแต่ง และได้รับการเตรียมพื้นผิวด้วยกรดฟอสฟอริก เข้มข้นร้อยละ 37 โดยทำการทากรดฟอสฟอริกบนพื้นผิววัสดุเป็นเวลา 15 วินาที แล้วทำการล้างน้ำเปล่า 15 วินาที และเป่าให้แห้ง 15 วินาที จากนั้นจากนั้นทาสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ทู (วิธีการเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 3)

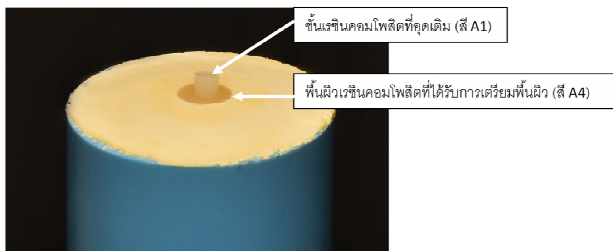
กลุ่มที่ 7 (SiS) การเตรียมขึ้นตัวอย่างทำเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 3 แต่เพิ่มขั้นตอนการใช้สารคู่ควบไซเลนโมโนบอนด์พลัส (Monobond Plus, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, Germany) ก่อนการทาพื้นผิวด้วยซิงเกิลบอนด์ทู วิธีการคือ ใช้ฟูกันใหม่จุ่มสารคู่ควบไซเลนให้พอชุ่มแล้วทาบนพื้นผิววัสดุทิ้งไว้เป็นเวลา 1 นาทีตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต¹¹ แล้วทำการเป่าลมเบา ๆ

กลุ่มที่ 8 (DBS) การเตรียมขึ้นตัวอย่างทำเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 4 คือเตรียมพื้นผิวด้วยหัวหัวกรอกากเพชรแต่เพิ่มขั้นตอนทาสารคู่ควบไซเลนก่อนการทาสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ทู

กลุ่มที่ 9 (SBS) การเตรียมขึ้นตัวอย่างทำเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 5 คือการเป่าอะลูมิเนียมออกไซด์แต่เพิ่มขั้นตอนการทาสารคู่ควบไซเลนก่อนการทาสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ทู

กลุ่มที่ 10 (PAS) การเตรียมขึ้นตัวอย่างใช้วิธีเดียวกับกลุ่มที่ 6 คือการเตรียมพื้นผิวด้วยกรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 37 แต่เพิ่มขั้นตอนการทาสารคู่ควบไซเลนก่อนการทาสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ทู

ขั้นตอนการบูรณะ วางแม่แบบซิลิโคนที่มีรูทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร บนชิ้นตัวอย่างโดยตำแหน่งของรูทรงกระบอกครอบคลุมบริเวณขึ้นตัวอย่าง จากนั้นนำเรซินคอมโพสิตชนิดเดียวกันคือนาโนฟิลล์ไฮโปเทคซี 350 เอ็กซ์ที สีเอหนึ่ง (A1) เติมในแม่แบบซิลิโคนโดยใช้พลาสติกอินสตรูเมนต์เป็นเครื่องมือนำวัสดุอุดเข้าไปหนา 2 มิลลิเมตร จากนั้นทำการฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดี เป็นระยะเวลา 40 วินาที ชิ้นตัวอย่างที่อุดเต็มมีลักษณะดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะของชิ้นเรซินคอมโพสิตที่อุดเต็มบนเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งผ่านการเตรียมพื้นผิว

Figure 2 Configuration of a resin composite specimen restored after the surface treatment of previously-polished resin composite restoration

การเก็บชิ้นตัวอย่าง เมื่อเตรียมชิ้นตัวอย่างแล้ว นำชิ้นตัวอย่างทั้งหมดแช่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (NUVE, Turkey) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 95 เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

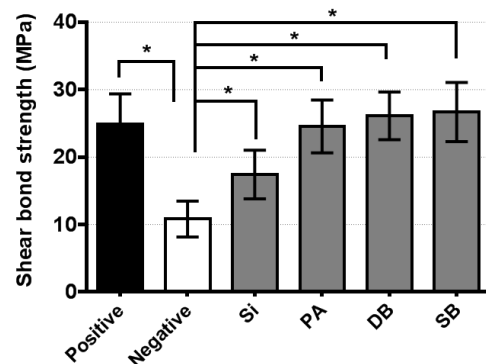
การทดสอบแรงเฉือน นำชิ้นตัวอย่างมาทดสอบแรงเฉือนซึ่งเป็นวิธีการทดสอบที่นิยมแพร่หลาย¹² ด้วยเครื่องทดสอบสากล (Universal testing machine, LLOYD instrument LR30K, Hampshire, UK) โดยใช้แรง (load cell) ขนาด 1000 นิวตัน หัวทดสอบรูปร่างเหมือนคมมีด (knife-edge blade) ขนาด 2x10x40 มิลลิเมตร เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยให้หัวทดสอบอยู่บริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุและออกแรงกระทำต่อรอยต่อระหว่างเรซินคอมโพสิตทั้งสองชั้นในแนวตั้ง บันทึกแรงที่ทำให้เกิดการสูญเสียแรงยึดระหว่างวัสดุ จากนั้นทำการประเมินรูปแบบการแตกหัก (mode of failure) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (Measurescope 20, Nikon, Japan) กำลังขยาย 10 เท่า

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ เปรียบเทียบความทนแรงเฉือนของการเตรียมพื้นผิวระหว่างกลุ่มต่าง ๆ ในกลุ่มที่มีการแจกแจงปกติด้วยสถิติการทดสอบความแปรปรวน

ทางเดียว (One-way ANOVA) แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างแบบแจกแจงเป็นคู่ ๆ ด้วยสถิติการทดสอบของบอนเฟรโรน (Bonferroni test) หากข้อมูลไม่มีการแจกแจงปกติจะเปรียบเทียบความทนแรงเฉือนระหว่างกลุ่มที่ใช้และไม่ใช้สารเคลือบไฮเลนภายหลังการเตรียมพื้นผิวแบบต่าง ๆ ด้วยสถิติอินดีเพนเดนททีเทสต์ (Independent t test) หรือสถิติแมนวิทนียูเทสต์ (Mann-Whitney U Test) ขึ้นอยู่กับลักษณะการแจกแจงของข้อมูล

ผล

จากการทดสอบข้อมูลโดยใช้การทดสอบซามิโรวิลค์พบว่าจากการทดสอบความทนแรงเฉือนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 10 กลุ่ม พบว่ากลุ่มที่ได้รับการขัดแต่งและเตรียมพื้นผิวด้วยหัวกรอากเพชรร่วมกับซิงเกิลบอนด์ทูและสารเคลือบไฮเลน (DBS) ให้ค่าเฉลี่ยความทนแรงเฉือนมากที่สุดคือ 28.000 ± 4.295 เมกะปาสคาล ส่วนกลุ่มที่ได้รับการขัดแต่งแต่ไม่ได้รับการเตรียมพื้นผิว (กลุ่มควบคุมลบ) ให้ความทนแรงเฉือนน้อยที่สุดคือ 10.804 ± 2.657 เมกะปาสคาล ดังแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบความทนแรงเฉือนของเรซินคอมโพสิตในกลุ่มที่ได้รับการขัดแต่งแต่ไม่ได้รับการเตรียมพื้นผิว (Negative) กับกลุ่มตัวอย่างอื่น ๆ

หมายเหตุ *แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
P-value < 0.05 และ NS แสดงถึงความไม่แตกต่างทางสถิติ

Figure 3 Comparison of shear bond strength between negative control group and other surface treatment groups

Remark *indicates the statistically significant difference at P-value < 0.05, and NS indicates no statistically significant difference.)

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความทนแรงเฉือนกลุ่มตัวอย่าง 6 กลุ่มที่ไม่มีการใช้สารคู่ควบไซเลนร่วมด้วย (กลุ่มที่ 1-6) ด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนทางเดียว เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าการที่กลุ่มที่ไม่ได้รับการขัดแต่งและไม่ได้รับการเตรียมพื้นผิว (Positive) กลุ่มที่ได้รับการขัดแต่งและเตรียมพื้นผิวด้วยซิงเกิลบอนด์ (Si) กลุ่มที่ได้รับการขัดแต่งและเตรียมพื้นผิวด้วยหัวกรออากาศเพชรร่วมกับซิงเกิลบอนด์ (DB) กลุ่มที่ได้รับการขัดแต่งและเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าอะลูมิเนียมออกไซด์ร่วมกับซิงเกิลบอนด์ (SB) และกลุ่มที่ได้รับการขัดแต่งและเตรียมพื้นผิวด้วยการรดฟอสฟอริก เข้มชั้นร้อยละ 37 ร่วมกับซิงเกิลบอนด์ (PA) มีค่าเฉลี่ยความทนแรงเฉือนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในรูปที่ 3 หากทำการเปรียบเทียบกลุ่มที่ได้รับการเตรียมพื้นผิวแบบต่าง ๆ ทั้ง 4 กลุ่ม ซึ่งได้แก่ Si,

PA, DB, SB พบว่า กลุ่มที่ได้รับการเตรียมพื้นผิวด้วยซิงเกิลบอนด์เพียงอย่างเดียว (Si) มีค่าเฉลี่ยความทนแรงเฉือนต่ำที่สุดจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) และเมื่อเปรียบเทียบสามกลุ่มที่เหลือ (PA, DB, SB) พบว่าค่าเฉลี่ยความทนแรงเฉือนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของการใช้สารคู่ควบไซเลนในกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวเรซินคอมโพสิตแบบต่าง ๆ พบว่าการเตรียมพื้นผิวด้วยซิงเกิลบอนด์ในเรซินคอมโพสิตที่ได้รับการขัดแต่ง (Si, SiS) และการเตรียมพื้นผิวด้วยการรดฟอสฟอริก เข้มชั้นร้อยละ 37 ในเรซินคอมโพสิตที่ได้รับการขัดแต่งแล้ว (PA, PAS) เพิ่มความทนแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในรูปที่ 4

ตารางที่ 2 จำนวนชิ้นตัวอย่าง ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด การแจกแจงข้อมูลของค่าความทนแรงเฉือนในแต่ละกลุ่ม

Table 2 Number of specimen, mean, median, standard deviation, minimum, maximum, data distribution of shear bond strength in each groups

Group	N	Mean	Median	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Shapiro-wilk (P-value)
Positive	25	24.836	24.173	4.530	16.743	38.230	0.280
Negative	25	10.804	10.117	2.657	7.263	18.380	0.076
Si	25	17.418	15.930	3.612	10.626	25.009	0.271
DB	25	26.102	25.710	3.533	21.277	34.651	0.572
SB	25	26.671	27.271	4.382	17.387	34.208	0.178
PA	25	24.548	24.624	3.918	16.990	30.828	0.694
SiS	25	26.265	27.199	4.027	16.002	31.446	0.024*
DBS	25	28.000	27.894	4.295	19.751	39.966	0.463
SBS	25	27.930	27.987	3.937	19.986	34.546	0.194
PAS	25	26.646	26.627	3.134	18.410	31.840	0.750
Total	250	23.922	25.2185	6.457	7.263	39.966	

*แสดงการแจกแจงข้อมูลแบบไม่ปกติ P-value<0.05

* show different in the statistical significant p-value < 0.05

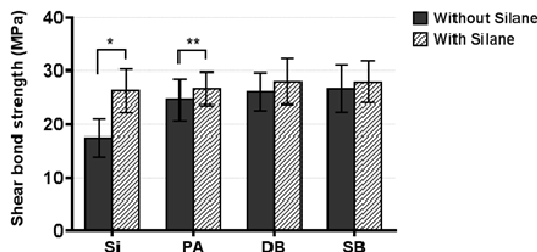
ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบความต่างของความคงทนแรงเฉือนเป็นคู่ๆ ระหว่างกลุ่ม 6 กลุ่มตัวอย่างด้วยสถิติบอว์ไรน์เทสต์

Table 3 Bonferroni test performed to compare the mean different of shear bond strength values by pairing between 6 groups

กลุ่ม / กลุ่ม	ค่าเฉลี่ยความต่าง (MPa)	Sig.	ช่วงเชื่อมั่น 95%
Positive / Negative	14.0315	0.000*	[10.4446,17.6185]
Positive / Si	7.4174	0.000*	[3.8304,11.0043]
Positive / DB	-1.2665	1.000	[-4.8534,2.3205]
Positive / SB	-1.8354	1.000	[-5.4233,1.7516]
Positive / PA	0.2872	1.000	[-3.2997,3.8742]
Negative / Si	-6.6141	0.000*	[-10.2011,-3.0272]
Negative / DB	-15.2980	0.000*	[-18.8849,-11.7110]
Negative / SB	-15.8669	0.000*	[-19.4538,-12.2799]
Negative / PA	-13.7443	0.000*	[-17.3312,-10.1573]
Si / DB	-8.6839	0.000*	[-12.2708,-5.0969]
Si / SB	-9.2528	0.000*	[-12.8397,-5.6658]
Si / PA	-7.1302	0.000*	[-10.7171,-3.5432]
DB / SB	-0.5689	1.000	[-4.1558,3.0181]
DB / PA	-1.5534	1.000	[-5.1406,2.0333]
PA / SB	-2.1226	1.000	[-5.7095,1.4644]

* แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P-value < 0.05

(* show different in the statistical significant p-value < 0.05)



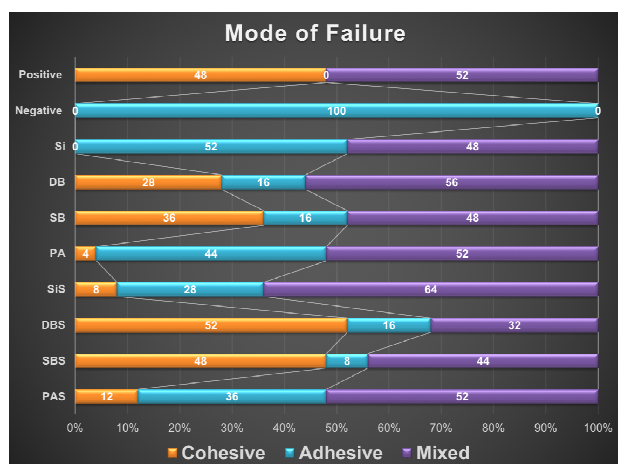
รูปที่ 4 การเปรียบเทียบความทนแรงเฉือนระหว่างกลุ่มที่ใช้และไม่ใช้สารคู่ควบไซเลน ในการเตรียมพื้นผิวแบบต่าง ๆ เป็นคู่ ๆ

หมายเหตุ * แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.001$ ทดสอบด้วยสถิติแบบวิทนียูเทสต์
 ** แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p = 0.042$ อินดิเพนเดนททีเทสต์

Figure 4 Paired comparison of shear bond strength between different groups of surface treatment with and without the application of saline coupling agent

Remark * indicates the statistically significant difference at $p < 0.001$, tested with Mann-whitney u-test
 ** indicates the statistically significant difference at $p = 0.042$, tested with Independent t-test

เมื่อนำชิ้นตัวอย่างทั้ง 10 กลุ่ม ที่ได้ผ่านการทดสอบหาความทนแรงเฉือน มาทำการดูลักษณะการแตกหักของพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอที่กำลังขยาย 10 เท่า พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีการแตกหักแบบผสม (Mixed failure) มากที่สุด ซึ่งการแตกหักลักษณะนี้จะพบว่รอยแตกครอบคลุมทั้งบริเวณรอยต่อ (Adhesive failure) และในชั้นของเรซินคอมโพสิต (Cohesive failure) ด้วย รองลงมาเป็น การแตกหักภายในเนื้อคอมโพสิตที่เพิ่งขัดแต่ง (Cohesive failure) และมีเพียงกลุ่มที่ได้รับการขัดแต่งแต่ไม่ได้รับการเตรียมพื้นผิวที่มีการแตกหักบริเวณรอยต่อมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟแท่งซ้อนแสดงสัดส่วนร้อยละของลักษณะการแตกหักของชิ้นวัสดุที่ผ่านการเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน

Figure 5 Clustered stacked bar graph demonstrating the percentage of the mode of failure derived from the samples treated with different surface treatment protocols

บทวิจารณ์

เป็นที่ทราบกันว่าเรซินคอมโพสิตแต่ละชั้นนั้นสามารถยึดติดกันด้วยชั้นออกซิเจนอินิเปทซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการอุดเต็มวัสดุเรซินคอมโพสิต^{3,4} จากผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การเตรียมพื้นผิวในแบบต่าง ๆ ก่อนการซ่อมแซมจะช่วยเพิ่มความสามารถในการยึดติดได้⁶⁻⁸ การศึกษานี้ได้ทำการเตรียมพื้นผิวที่แตกต่างกัน 4 วิธีการบนวัสดุเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งผ่านการขัดแต่งเสร็จซึ่งเป็นการกำจัดชั้นออกซิเจนอินิเปทออกไป พบว่ากลุ่มที่ให้ค่าการยึดติดต่ำสุดคือกลุ่มควบคุมลบ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาอื่น ๆ¹⁻⁶ ดังนั้นการเตรียมพื้นผิวของวัสดุเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการขัดแต่งไม่ว่าจะด้วยวิธีเชิงเคมีหรือเชิงกลมีส่วนในการช่วยเพิ่มความสามารถยึดติดกับเรซินคอมโพสิตชั้นที่อุดเต็มได้

จากการเปรียบเทียบความทนแรงเฉือนระหว่างกลุ่มที่มีการเตรียมพื้นผิวเรซินคอมโพสิตที่ขัดแต่งใหม่แบบต่าง ๆ (positive, negative, Si, DB, SB, PA) พบว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเตรียมพื้นผิวให้มีความขรุขระหรือกลุ่มควบคุมลบมีความทนแรงเฉือนน้อยที่สุดซึ่งน้อยกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Ahmadizenzou และคณะ ในปี 2016 ที่ได้ศึกษาความทนแรงเฉือนของการบูรณะวัสดุเรซินคอมโพสิตด้วยการเตรียมพื้นผิวแบบ

ต่าง ๆ พบว่า กลุ่มที่ไม่ได้รับการเตรียมพื้นผิวให้ความทนแรงเฉือนน้อยที่สุดเช่นกัน¹ ส่วนกลุ่มที่ให้ความทนแรงเฉือนสูงที่สุดคือกลุ่มที่ได้รับการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าอะลูมิเนียมออกไซด์ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Hemadri และคณะ ในปี 2014⁶ และการศึกษาของ da Costa และคณะ ในปี 2012 ที่พบว่ากลุ่มที่ให้ความทนแรงเฉือนมากที่สุดคือกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าอะลูมิเนียมออกไซด์ เนื่องจากการเตรียมพื้นผิวโดยการเป่าอะลูมิเนียมออกไซด์จะทำให้เกิดพื้นผิวที่มียอดและหลุมซึ่งให้การยึดติดระดับจุลภาคมากกว่า และทำให้เกิดลักษณะยอดและหลุมมากกว่ากลุ่มที่เตรียมผิวโดยใช้หัวกรอการเพชร⁷ นอกจากนี้การเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าอะลูมิเนียมออกไซด์จะส่งเสริมการยึดติดระดับจุลภาคซึ่งหากมีการใช้สารยึดติดในขั้นตอนการบูรณะจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการยึดติดระดับจุลภาคดีขึ้น^{13, 14} ความสามารถในการทำให้พื้นผิวเรซินคอมโพสิตเปลี่ยนแปลงทางกายภาพโดยอะลูมิเนียมออกไซด์จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ความทนแรงเฉือนในกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ที่ไม่ได้ผ่านการเตรียมผิวด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ ตามที่แสดงในผลการศึกษา

มีหลายการศึกษาที่ทดสอบความทนแรงเฉือนของวัสดุเรซินคอมโพสิตที่ได้รับการขัดแต่งใหม่กับการบูรณะซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตเก่าหรือเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการใช้งานมานานแล้วเช่น ในปี ค.ศ. 1997 Brosh และคณะ ได้ทำการศึกษาความทนแรงเฉือนการบูรณะซ่อมแซมของเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิลล์บนไฮบริดเรซินคอมโพสิตที่ได้รับการเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีการต่าง ๆ พบว่ากลุ่มที่ได้รับการปิดด้วยแผ่นพลาสติกขณะฉายแสงเพื่อยับยั้งการเกิดชั้นออกซิเจนอินิเปทและไม่ได้มีการเตรียมพื้นผิวใด ๆ มีความทนแรงเฉือนต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่นๆ ที่มีการเตรียมพื้นผิว¹⁵ สอดคล้องกับกลุ่มควบคุมลบของงานวิจัยนี้ที่มีความทนแรงเฉือนต่ำที่สุด ทั้งนี้จากการศึกษาของ Staxrud และ Dahl ในปี ค.ศ. 2011 พบว่าความทนแรงเฉือนของการใช้สารยึดติดในเรซินคอมโพสิตจะมีค่าลดลงเมื่อเวลาผ่านไป¹⁶ จากการศึกษาพบว่าการใช้กรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 37 ร่วมกับการใช้ซิงเกิลบอนด์ทูเพื่อซ่อมแซมวัสดุอุดเรซินคอมโพสิตให้ค่าความทนแรงเฉือนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการเตรียมพื้นผิวด้วยซิงเกิลบอนด์ทูเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับผลศึกษาของ Gupta

และคณะ ในปี ค.ศ. 2015¹⁷ นอกจากนี้การซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตเก่าด้วยการเตรียมพื้นผิวให้ขรุขระด้วยการเป่าผงโซเดียมโบคาร์บอเนตหรือผงอะลูมิเนียมไตรออกไซด์หรือการใช้หัวกรอกปากเพชรร่วมกับการใช้สารยึดติดหลังจากการเตรียมผิวเรซินคอมโพสิตสามารถเพิ่มความทนแรงเฉือนได้¹⁸ ผลการศึกษาดังกล่าวบ่งชี้ว่าการเตรียมพื้นผิวเรซินคอมโพสิตให้ขรุขระร่วมกับการใช้สารยึดติดสามารถช่วยเพิ่มความทนแรงเฉือนระหว่างเรซินคอมโพสิตที่ใช้ซ่อมแซมวัสดุอุดเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งอุดใหม่ที่ผ่านการขัดแต่งและยังไม่ผ่านการใช้งานได้

เรซินคอมโพสิตที่ผ่านการใช้งานจะมีการดูดซึมน้ำซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของคาร์บอนพันธะคู่ในมอนอเมอร์กับเรซินคอมโพสิตชั้นที่อุดเติมลดลง¹⁹ หรืออาจเนื่องมาจากการลดลงของอนุมูลอิสระที่หลงเหลือหลังจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของเรซินคอมโพสิตชั้นเก่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Burtscher ในปี ค.ศ. 1993 ที่พบว่า อนุมูลอิสระในเรซินคอมโพสิตหลังจากการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จะมีปริมาณลดลงร้อยละ 50 ในทุก ๆ 50 ชั่วโมงที่ 37 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์กับเรซินคอมโพสิตชั้นที่อุดเติมลดลงเช่นเดียวกัน²⁰ อย่างไรก็ดี ยังไม่มีการศึกษาใดที่ทำการทดลองเปรียบเทียบปริมาณของมอนอเมอร์ที่หลงเหลือในวัสดุเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการใช้งานและเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งอุดใหม่ จึงมีความเป็นไปได้ว่าปริมาณมอนอเมอร์ตกค้างในเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งอุดใหม่ที่มากกว่าวัสดุเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการใช้งานจะช่วยเพิ่มความทนแรงเฉือนของการยึดติดหากต้องมีการอุดเพิ่มหรือซ่อมแซมทันทีหลังจากที่วัสดุอุดถูกขัดแต่งไปแล้วบางส่วน จากงานวิจัยนี้พบว่าเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งได้รับการขัดแต่งใหม่ให้ความทนแรงเฉือนเพียง 10.80 ± 2.66 เมกะปาสคาลซึ่งต่ำกว่าค่าความทนแรงเฉือนที่ยอมรับได้ในทางคลินิกซึ่งมีค่า 18 เมกะปาสคาลหรืออยู่ในช่วง 20–25 เมกะปาสคาล²¹ ดังนั้นในการอุดเติมวัสดุอุดเรซินคอมโพสิต แม้จะเป็นเพียงการอุดเติมหรือซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งขัดแต่งเสร็จก็ควรจะต้องมีการเตรียมหรือปรับสภาพพื้นผิวก่อนเสมอ

นอกจากนี้การใช้สารยึดติดที่มีไซเลนเป็นส่วนประกอบก็ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดติดระหว่างชั้นเรซินคอมโพสิตที่อุดซ่อมแซม การศึกษานี้พบว่าการทาสาร

คู่ควบไซเลนร่วมกับการใช้ซิงเกิลบอนด์ยูในเรซินคอมโพสิตที่ได้รับการขัดแต่ง (SiS) หรือการทาสารคู่ควบไซเลนร่วมกับการใช้ซิงเกิลบอนด์ยูภายหลังการเตรียมพื้นผิวด้วยการดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 37 ในเรซินคอมโพสิตที่ได้รับการขัดแต่งแล้ว (PAS) ช่วยเพิ่มความทนแรงเฉือนระหว่างชั้นเรซินคอมโพสิตที่อุดซ่อมแซมกับเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งผ่านการขัดแต่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใช้สารคู่ควบไซเลนร่วมกับซิงเกิลบอนด์ยูในเรซินคอมโพสิตที่ได้รับการขัดแต่ง (Si) หรือกลุ่มที่ไม่ใช้สารคู่ควบไซเลนร่วมกับซิงเกิลบอนด์ยูภายหลังการเตรียมพื้นผิวด้วยการดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 37 ในเรซินคอมโพสิตที่ได้รับการขัดแต่งแล้ว (PA) สอดคล้องกับการศึกษาของ Loomans และคณะ ในปี ค.ศ. 2017²² และการศึกษาของ Lung ในปี ค.ศ. 2012²³ ส่วนผลการศึกษาในกลุ่มที่ใช้และไม่ใช้สารคู่ควบไซเลนร่วมกับซิงเกิลบอนด์ยูภายหลังการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าอะลูมิเนียมออกไซด์ และหัวกรอกปากเพชรพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้^{19,24} อย่างไรก็ตามในการศึกษาส่วนใหญ่พบว่าการใช้สารคู่ควบไซเลนก่อนการเตรียมพื้นผิวให้ค่าแรงยึดติดมากขึ้น²²⁻²⁴ โดยตัวสารคู่ควบไซเลนจะช่วยส่งเสริมการสร้างพันธะโควาเลนต์ระหว่างตัวอนุภาคอัดแทรกบนพื้นเรซินคอมโพสิตเดิมและหมู่เมธาคริเลตบนเนื้อเรซินคอมโพสิตที่อุดเติมซึ่งเชื่อว่าเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพการยึดติดระหว่างชั้นเรซินคอมโพสิต²⁴⁻²⁶ อีกทั้งการทาสารคู่ควบไซเลนยังเพิ่มความสามารถในการกระจายตัวบนพื้นผิวหรือภาวะการเปียก (Wettability) โดยทำให้สารยึดติดมีการแทรกซึมลงบนพื้นผิวเรซินคอมโพสิตมากขึ้นในระดับจุลภาคได้^{24,27,28} จึงอาจสรุปได้ว่ากลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าอะลูมิเนียมออกไซด์และกลุ่มที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยหัวกรอกปากเพชรทำให้พื้นผิวเรซินคอมโพสิตเกิดความขรุขระสูงหรือมีลักษณะของการยึดอยู่เชิงกลระดับจุลภาคที่มากพอ ส่งผลให้สารยึดติดสามารถแทรกซึมลงไปในพื้นผิวได้มากและได้ค่าแรงยึดติดที่สูง การใช้สารคู่ควบไซเลนก่อนการทาสารยึดติดแม้จะทำให้สารยึดติดแทรกซึมได้มากขึ้นแต่ก็ไม่มากพอที่จะทำให้ค่าแรงยึดติดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การใช้สารคู่ควบไซเลนในกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยการดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 35 และกลุ่มที่ใช้ซิงเกิลบอนด์ยูภายหลังการขัดแต่งทำให้ค่าแรง

ยึดติดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ว่า เมื่อพื้นผิวเรซินคอมโพสิตไม่ถูกเตรียมให้มีความขรุขระมากเพียงพอ การใช้สารคู่ควบไซเลนจะช่วยให้สารยึดติดสามารถแทรกซึมลงบนพื้นผิวได้ดีขึ้นนอกจากนี้ กรดฟอสฟอริกทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างพื้นผิวของซิลิกาในเรซินคอมโพสิตกับสารคู่ควบไซเลนทำให้เกิดหมู่ซิลานอล (Silanol group) เพิ่มขึ้น²⁹ ทำให้ค่าความทนแรงเฉือนในกลุ่มที่ใช้กรดฟอสฟอริกร่วมกับสารคู่ควบไซเลนแตกต่างจากกลุ่มที่ใช้กรดฟอสฟอริกแต่ไม่ได้ใช้สารคู่ควบไซเลนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการใช้สารคู่ควบไซเลนจึงจำเป็นสำหรับการเพิ่มค่าแรงยึดติดกรณีที่ไม่ได้มีการเตรียมพื้นผิวให้มีขรุขระหรือมีความขรุขระน้อยบนพื้นผิววัสดุเรซินคอมโพสิต

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีการศึกษาที่ระบุว่า การใช้สารคู่ควบไซเลนที่มีการผสมเมธาคริโลออกซิเดซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในการยึดชิ้นงานเซรามิกจะช่วยเพิ่มความทนของการยึดติด^{9,10} แต่ยังไม่มียางงานใดที่ศึกษาถึงผลของการใช้สารคู่ควบไซเลนที่มีการผสมเมธาคริโลออกซิเดซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟตต่อการเพิ่มความทนแรงเฉือนในการเชื่อมแซมวัสดุเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งอุดใหม่ มีเพียงการศึกษาเดียวเท่านั้นที่ใช้สารคู่ควบไซเลนที่มีการผสมเมธาคริโลออกซิเดซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟตสำหรับการเชื่อมแซมผิวเรซินคอมโพสิตซึ่งเป็นวัสดุเรซินคอมโพสิตเก่าที่ผ่านการอุดไปแล้วสองสัปดาห์และพบว่าไม่ได้ช่วยเพิ่มความทนแรงเฉือนระหว่างชั้นเรซินคอมโพสิต¹⁹ ผลการศึกษาดังกล่าวไม่สอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่พบว่าการใช้สารคู่ควบไซเลนที่มีการผสมเมธาคริโลออกซิเดซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟตสำหรับการเชื่อมแซมวัสดุเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งอุดใหม่นั้นช่วยเพิ่มความทนแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญ ความทนแรงเฉือนที่เพิ่มขึ้นจากการใช้สารคู่ควบไซเลนที่มีการผสมเมธาคริโลออกซิเดซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟตหาก่อนการเชื่อมแซมเรซินคอมโพสิตอาจเกิดจากกลไกการยึดติดระหว่างเมธาคริโลออกซิเดซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟตกับอนุภาคเซอร์โคเนียบนพื้นผิวของวัสดุเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการขัดแต่งใหม่ได้^{19,30} และเป็นไปได้ว่าพื้นผิวของเรซินคอมโพสิตใหม่ที่มีมอนอเมอร์ที่หลงเหลืออยู่มากช่วยเพิ่มการยึดติดกับเรซินคอมโพสิตที่อุดเติมได้ดี^{19,20}

เมื่อทำการศึกษาแบบการแตกหักของรอยต่อระหว่างเรซินคอมโพสิตชั้นใหม่และเก่า พบว่าส่วนใหญ่มีการแตกหักแบบผสมและการแตกหักภายในเนื้อคอมโพสิต มีเพียงกลุ่มควบคุมลบที่มีการแตกหักบริเวณรอยต่อมากที่สุด โดยปกติรูปแบบการแตกหักบริเวณรอยต่อจะเป็นตัวบ่งบอกถึงความน่าเชื่อถือของแรงยึดติดระหว่างชิ้นตัวอย่าง ซึ่งการแตกหักบริเวณรอยต่อจะให้ค่าแรงยึดติดที่น่าเชื่อถือมากที่สุด การแตกหักภายในเนื้อคอมโพสิตอาจเป็นข้อบ่งชี้ว่าแรงยึดติดระหว่างวัสดุมีความแข็งแรงมากกว่าความแข็งแรงของตัววัสดุ หรืออาจบ่งชี้ว่าขณะทำการทดสอบแรง แรงที่กระทำต่อวัสดุไม่ได้กระทำระหว่างรอยต่อ แต่กระทำบนตัววัสดุ อย่างไรก็ตามวัสดุที่มีการแตกหักภายในเนื้อวัสดุมีแนวโน้มจะใช้งานได้ดีและคงอยู่ในช่องปากได้นานกว่า²⁶

แม้ว่าในปัจจุบันจะมีการพัฒนาทันตวัสดุโดยเฉพาะสารยึดติดอย่างต่อเนื่องจนมาถึงรุ่นที่ 8 (8th generation)³¹ ซึ่งรวมถึงการพัฒนาสารยึดติดอเนกประสงค์ (Universal adhesive) ซึ่งจัดอยู่ในสารยึดติดรุ่นที่ 7 ที่สามารถใช้งานได้โดยการทาได้หลายวิธีการ (Mode of application)³² แต่การศึกษาก่อนหน้าพบว่าค่าความทนแรงเฉือนระหว่างวัสดุเรซินคอมโพสิตกับเนื้อฟัน (Dentin) เมื่อใช้ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซัล (Single Bond Universal) ซึ่งเป็นสารยึดติดอเนกประสงค์มีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ใช้ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซัลซึ่งเป็นสารยึดติดในรุ่นที่ 5 เมื่อใช้สารทั้งสองชนิดภายหลังจากการเตรียมผิวเนื้อฟันโดยการทำโททอลเอ็ทช์ (Total etch) ด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 35³³ และเมื่อใช้ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซัลเพื่อบูรณะเคลือบฟัน (Enamel) ด้วยเรซินคอมโพสิต ก็พบว่าซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซัลให้ค่าความทนแรงเฉือนต่ำกว่าการใช้สารยึดติดเคลียร์ฟิลล์เอสอีบอนด์ (Clearfil SE Bond) ซึ่งเป็นสารยึดติดในรุ่นที่ 6³⁴ คุณสมบัติที่ดีน้อยกว่าในแง่ความแข็งแรงของการยึดของสารยึดติดอเนกประสงค์เมื่อเทียบกับสารยึดติดในรุ่นก่อนหน้าอาจเกิดจากการผลิตตำรับที่มีส่วนประกอบซับซ้อนเพื่อรวมองค์ประกอบของสารยึดติดให้ครบต่อการใช้งานทุกขั้นตอนในขวดเดียว หรืออาจเกิดจากการมีองค์ประกอบที่เป็นตัวทำลายในปริมาณมาก³⁵ แม้บริษัทผู้ผลิตจะผลิตมาด้วยวัตถุประสงค์เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน แต่เนื่องจากค่าความแข็งแรงในการยึดติดที่ต่ำกว่าสารยึดติดในรุ่นก่อนหน้า จึงเป็นที่มาของการใช้สารยึดติดซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซัลร่วมกับการใช้สารคู่ควบไซเลนโมโนบอนด์พลัส

ซึ่งมีโซเลนและเมธาคริโลอกซิเดซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบสำคัญในการทำการศึกษานี้

เรซินคอมโพสิตเมื่อผ่านการใช้งานไประยะหนึ่งแล้วพบว่าค่าความทนแรงเฉือนของวัสดุเรซินคอมโพสิตกับตัวฟันจะมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดเดียวกันที่เพิ่งผ่านการอุดมาใหม่³⁴ สิ่งกีดขวางที่พบก็เกี่ยวข้องกับการซ่อมแซมวัสดุเรซินคอมโพสิตเก่าที่ผ่านการใช้งานมาแล้วคือความทนหรือความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตเก่ากับเรซินคอมโพสิตชั้นที่อุดใหม่ อย่างไรก็ตาม การศึกษาก่อนหน้านี้ชี้ให้เห็นว่า การใช้สารยึดติดในการซ่อมแซมวัสดุเรซินคอมโพสิตจะช่วยเพิ่มค่าความทนแรงเฉือนระหว่างชั้นเรซินคอมโพสิตเก่าและใหม่ได้อย่างมีนัยสำคัญ¹⁶ และที่น่าสนใจคือ หากมีการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าผงอะลูมินออกไซด์ร่วมกับการใช้สารยึดติดที่มีเมธาคริโลอกซิเดซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบก่อนการซ่อมแซมหรืออุดเต็มวัสดุเรซินคอมโพสิตเก่าที่ผ่านการอุดมาแล้ว 24 ชั่วโมง จะช่วยเพิ่มความทนต่อแรงดึง (Tensile strength)¹⁴ และความทนต่อแรงเฉือนระหว่างชั้นของเรซินคอมโพสิตได้¹⁸ นอกจากนี้ความทนแรงเฉือนระหว่างชั้นของเรซินคอมโพสิตเก่าและใหม่สามารถทำให้เพิ่มขึ้นได้โดยการใช้สารยึดติดที่มีสารคู่ควบโซเลนเป็นส่วนผสม¹⁵ สอดคล้องกับผลของการศึกษานี้ที่พบว่าในการซ่อมแซมวัสดุเรซินคอมโพสิตทันทีภายหลังการขัดแต่งนั้น พบว่าการเตรียมพื้นผิวเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งผ่านการขัดแต่งด้วยการเป่าผงอะลูมินออกไซด์ร่วมกับการใช้ระบบสารยึดติดก่อนการอุดซ่อมแซมจะช่วยปรับปรุงความทนต่อแรงเฉือนระหว่างวัสดุทั้งสองชั้นให้ดีขึ้น และนอกจากนั้นการเพิ่มขั้นตอนการปรับสภาพพื้นผิวเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งผ่านการขัดแต่งด้วยการทาสารคู่ควบโซเลนก่อนการทาสารยึดติดจะช่วยเพิ่มความทนแรงเฉือนของวัสดุทั้งสองชั้น

ในการซ่อมแซมหรืออุดเต็มวัสดุเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการใช้งานมาแล้วนั้น มีความเป็นไปได้ว่าชนิดของวัสดุเรซินคอมโพสิตที่ใช้ในการซ่อมแซมจะเป็นวัสดุคนละชนิดกับวัสดุอุดเก่า เนื่องจากข้อจำกัดในการติดตามประวัติการรักษาของฟันซี่นั้น ๆ มีการศึกษาระบุว่าการใช้วัสดุชนิดเดียวกันในการบูรณะซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตทำให้มีค่าความคงทนแรงเฉือนสูงกว่าเมื่อใช้วัสดุเรซินคอมโพสิตประเภทต่างชนิดกัน³⁵ ทั้งนี้หากวัสดุเรซินคอมโพสิตที่ใช้อุดซ่อมมีการกระจายตัวบนพื้นผิวได้ดีจะช่วยให้ความคงทนแรงเฉือนเพิ่มขึ้นและเกิดการแตกหักบริเวณรอยต่อของวัสดุลดลง^{35, 36}

ทั้งนี้เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนไฮบริดอาจมีอนุภาคลิสมะมากกว่าและการใช้เรซินคอมโพสิตชนิดเดียวกันในการอุดเต็ม กล่าวคือ การอุดซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนไฮบริดด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนไฮบริดทำให้ได้ค่าความทนแรงเฉือนมากกว่าเนื่องจากมีความเข้ากันได้ดีระหว่างวัสดุทั้งสองชั้นมากกว่าการอุดซ่อมแซมด้วยเรซินคอมโพสิตต่างชนิด³⁵ แม้การศึกษานี้จะใช้เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนไฮบริดเพียงชนิดเดียวในการทดสอบ แต่ผลจากการศึกษาก่อนหน้านี้ชี้ให้เห็นว่าความทนของวัสดุเรซินคอมโพสิตเมื่อทำการอุดซ่อมแซมทันทีภายหลังการบูรณะขึ้นอยู่กับชนิดของเรซินคอมโพสิตที่ใช้อุดทั้งก่อนและหลังการอุดเต็มและเทคนิคการเตรียมพื้นผิวก่อนการอุดเต็ม^{35, 36} โดยหากทำการบูรณะและอุดซ่อมแซมด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดเดียวกัน พบว่า เรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์ (Nanofilled) จะให้ความทนแรงเฉือนระหว่างชั้นสูงสุด ซึ่งมากกว่าเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนไฮบริด โดยเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครไฮบริดมีความทนแรงเฉือนต่ำที่สุด เมื่อมีการใช้สารยึดติดก่อนการอุดเต็ม³⁶ และความทนดังกล่าวจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อมีการเตรียมผิวเรซินคอมโพสิตชั้นก่อนหน้าด้วยการเป่าผงอะลูมินา (Alumina particles) ขนาด 30 ไมโครเมตรร่วมกับการทาสารคู่ควบโซเลน (Silanization) ก่อนทาสารยึดติด³⁶

ผลของการศึกษานี้ซึ่งเป็นการซ่อมหรืออุดเต็มเรซินคอมโพสิตทันทีภายหลังการบูรณะเสร็จ พบว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 35 ช่วยเพิ่มค่าความทนแรงเฉือนระหว่างชั้นเรซินคอมโพสิตที่อุดเต็มได้ใกล้เคียงกับการเตรียมผิวโดยใช้หัวกรอกากเพชรหรือการเป่าผงอะลูมินออกไซด์ (รูปที่ 3) ต่างจากการศึกษาก่อนหน้าที่พบว่าหากมีการเป่าผงอะลูมินาร่วมกับการทาสารคู่ควบโซเลนก่อนการทาสารยึดติดก่อนการบูรณะซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตจะให้ความทนแรงเฉือนมากกว่าการเตรียมพื้นผิวด้วยการทาสารคู่ควบโซเลนเพียงอย่างเดียว³⁵ นอกจากนี้ผลการศึกษานี้ยังต่างจากการศึกษาก่อนหน้าที่จำลองการซ่อมแซมวัสดุเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการใช้งานมาแล้วที่พบว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการรดฟอสฟอริกร่วมกับการใช้สารยึดติด แม้ว่าจะมีเมธาคริโลอกซิเดซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบก็ยังให้ค่าความทนแรงเฉือนน้อยกว่ากลุ่มที่ผ่านการเตรียมผิวโดยใช้หัวกรอกากเพชรหรือการเป่าผงอะลูมินออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญ¹⁸ ข้อควรระวัง

ที่พบจากการศึกษาดังกล่าวได้แก่ การซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการใช้งานมาแล้วด้วยกรดฟอสฟอริก ร่วมกับการใช้สารยึดติดไม่เพียงพอที่จะช่วยเพิ่มความทนแรงเฉือนของวัสดุใหม่ที่อุดเต็มเข้าไป¹⁸ ทั้งนี้ความแตกต่างของอายุการใช้งานของเรซินคอมโพสิตซึ่งมีผลต่อความทนแรงเฉือนของวัสดุภายหลังการบูรณะซ่อมแซมอาจเป็นผลมาจากปริมาณอนุภากอิสระในเรซินคอมโพสิตที่ลดลง^{19, 20} ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ระหว่างเรซินคอมโพสิตทั้งสองชั้น ดังนั้นขั้นตอนทางคลินิกในการบูรณะซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการใช้งานมาแล้วจะต้องมีการเตรียมพื้นผิวเชิงกลร่วมด้วยเพื่อให้การซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตเกิดความคงทน สำหรับการบูรณะซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตทันทีภายหลังการขัดแต่ง ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษานี้ที่ใช้นาโนฟิลล์เรซินคอมโพสิตเพียงชนิดเดียว และเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ ขั้นตอนการเตรียมผิวเรซินคอมโพสิตก่อนการอุดเต็มเมื่อใช้เรซินคอมโพสิตชนิดอื่น อาจได้ผลที่แตกต่างออกไปและอาจมีความแตกต่างอันเป็นผลจากปัจจัยหลากหลายในทางคลินิก แม้ผลการศึกษานี้จะระบุว่า การทากรดฟอสฟอริก ร่วมกับการใช้สารเคลือบไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ จะช่วยให้ความทนของวัสดุทั้งสองชั้นต่อการต้านแรงเฉือนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จึงแนะนำให้มีการเตรียมพื้นผิวเรซินคอมโพสิตเพิ่มเติมให้ผิวขรุขระร่วมกับการใช้สารเคลือบไฮโดรเจนฟอสเฟตและสารยึดติดในการซ่อมแซมหรืออุดเต็มเรซินคอมโพสิตทันทีภายหลังการขัดแต่งเพื่อให้วัสดุเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการซ่อมแซมมีอายุการใช้งานที่คงทน

บทสรุป

จากการศึกษานี้ สามารถสรุปได้ว่า

1. การเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีการใช้ซิงเกิลบอนด์ (Si) การใช้หัวกรอากเพชรทรงกระบอกชนิดหยาบ (DB) การเป่าด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ (SB) การใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 (PA) สามารถเพิ่มความทนแรงเฉือนของการบูรณะวัสดุเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งขัดแต่งเสร็จใหม่ได้อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ โดยการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ (SB) ให้ความทนแรงเฉือนมากที่สุด

2. การใช้สารเคลือบไฮโดรเจนฟอสเฟตหลังการเตรียมพื้นผิวสามารถเพิ่มความทนแรงเฉือนของการบูรณะวัสดุเรซินคอมโพสิตที่เพิ่งขัดแต่งเสร็จใหม่ได้เฉพาะกลุ่มที่เตรียมพื้นผิวด้วยการใช้ซิงเกิลบอนด์ (Si) และกลุ่มเตรียมพื้นผิวด้วยการใช้กรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 37 (PA)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการชีววัสดุและเจ้าหน้าที่คลินิกทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกเอื้อต่อการใช้อุปกรณ์เพื่อการวิจัย ขอขอบพระคุณบริษัท 3M ESPE ประเทศไทย จำกัด ที่เอื้อเฟื้อวัสดุในการทำทดลอง

เอกสารอ้างอิง

1. Ahmadizenouz G, Esmaeili B, Taghvaei A, Jamali Z, Jafari T, Amiri Daneshvar F, et al. Effect of different surface treatments on the shear bond strength of nanofilled composite repairs. J Dent Res Dent Clin Dent Prospects 2016;10:9-16.
2. Craig RG, Powers JM. Restorative dental materials: St. Louis : Mosby, c2002. 11th ed. 2002.
3. Truffier-Boutry D, Place E, Devaux J, Leloup G. Interfacial layer characterization in dental composite. J Oral Rehabil 2003;30:74-7.
4. Bijelic-Donova J, Garoushi S, Lassilla LV, Vallittu PK. Oxygen inhibition layer of composite resins: effects of layer thickness and surface layer treatment on the interlayer bond strength. Eur J Oral Sci 2015;123: 53-60.
5. Hamano N, Chiang YC, Nyamaa I, Yamaguchi H, Ino S, Hickel R, et al. Effect of different surface treatments on the repair strength of a nanofilled resin-based composite. Dent Mater J 2011;30:537-45.
6. Hemadri M, Saritha G, Rajasekhar V, Pachlag KA, Purushotham R, Reddy VK. Shear Bond Strength of Repaired Composites Using Surface Treatments and Repair Materials: An *In vitro* Study. J Int Oral Health 2014;6:22-5.
7. da Costa TR, Serrano AM, Atman AP, Loguericio AD, Reis A. Durability of composite repair using different surface treatments. J Dent 2012;40:513-21.

8. Rodrigues SA Jr, Ferracane JL, Della Bona A. Influence of surface treatments on the bond strength of repaired resin composite restorative materials. *Dent Mater* 2009;25:442–51.
9. Attia A, Kern M. Long-term resin bonding to zirconia ceramic with a new universal primer. *J Prosthet Dent* 2011;106: 319–27.
10. Cardenas AM, Siqueira F, Hass V, Malaquias P, Gutierrez MF, Reis A, et al. Effect of MDP-containing Silane and Adhesive Used Alone or in Combination on the Long-Term Bond Strength and Chemical Interaction with Lithium Disilicate Ceramics. *J Adhes Dent* 2017;19:203–12.
11. Ivoclar Vivadent. Monobond Plus. Available from: <https://www.ivoclarvivadent.com/zoolu-website/media/document/1002/Monobond+Plus>
12. Burke FJ, Hussain A, Nolan L, Fleming GJ. Methods used in dentine bonding tests: an analysis of 102 investigations on bond strength. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2008;16: 158–65.
13. Blum IR, Hafiana K, Curtis A, Barbour ME, Attin T, Lynch CD, et al. The effect of surface conditioning on the bond strength of resin composite to amalgam. *J Dent* 2012;40:15–21.
14. Cavalcanti AN, De Lima AF, Peris AR, Mitsui FHO, Marchi GM. Effect of Surface Treatments and Bonding Agents on the Bond Strength of Repaired Composites. *J Esthet Restor Dent* 2007;19:90–8.
15. Brosh T, Pilo R, Bichacho N, Blutstein R. Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *J Prosthet Dent* 1997;77:122–6.
16. Staxrud F, Dahl JE. Role of bonding agents in the repair of composite resin restorations. *Eur J Oral Sci* 2011;119:316–22.
17. Gupta S, Parolia A, Jain A, Kundabala M, Mohan M, de Moraes Porto IC. A comparative effect of various surface chemical treatments on the resin composite-composite repair bond strength. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2015;33:245–9.
18. Yesilyurt C, Kusgoz A, Bayram M, Ulker M. Initial repair bond strength of a nano-filled hybrid resin: effect of surface treatments and bonding agents. *J Esthet Restor Dent* 2009;21:251–60.
19. Fornazari IA, Wille I, Meda EM, Brum RT, Souza EM. Effect of Surface Treatment, Silane, and Universal Adhesive on Microshear Bond Strength of Nanofilled Composite Repairs. *Oper Dent* 2017;42:367–74.
20. Burtscher P. Stability of radicals in cured composite materials. *Dent Mater* 1993;9:218–21.
21. Jafarzadeh Kashi TS, Erfan M, Rakhshan V, Aghabaigi N, Tabatabaei FS. An in vitro assessment of the effects of three surface treatments on repair bond strength of aged composites. *Oper Dent* 2011;36:608–17.
22. Loomans BA, Mesko ME, Moraes RR, Ruben J, Bronkhorst EM, Pereira-Cenci T, et al. Effect of different surface treatment techniques on the repair strength of indirect composites. *J Dent* 2017;59:18–25.
23. Lung CY, Matinlinna JP. Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: an overview. *Dent Mater* 2012;28:467–77.
24. Wendler M, Belli R, Panzer R, Skibbe D, Petschelt A, Lohbauer U. Repair Bond Strength of Aged Resin Composite after Different Surface and Bonding Treatments. *Materials (Basel)* 2016;9.
25. Ozcan M, Barbosa SH, Melo RM, Galhano GA, Bottino MA. Effect of surface conditioning methods on the microtensile bond strength of resin composite to composite after aging conditions. *Dent Mater* 2007;23:1276–82.
26. Rinastiti M, Ozcan M, Siswomihardjo W, Busscher HJ. Immediate repair bond strengths of microhybrid, nanohybrid and nanofilled composites after different surface treatments. *J Dent* 2010;38:29–38.
27. Imbery TA, Gray T, DeLatour F, Boxx C, Best AM, Moon PC. Evaluation of flexural, diametral tensile, and shear bond strength of composite repairs. *Oper Dent* 2014;39: E250–60.
28. Eliasson ST, Tibballs J, Dahl JE. Effect of different surface treatments and adhesives on repair bond strength of resin composites after one and 12 months of storage using an improved microtensile test method. *Oper Dent* 2014; 39:E206–16.
29. Loomans BA, Cardoso MV, Roeters FJ, Opdam NJ, De Munck J, Huysmans MC, et al. Is there one optimal repair technique for all composites? *Dent Mater* 2011;27:701–9.
30. Kern M, Wegner SM. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent Mater* 1998;14:64–71.
31. Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol (Roma)* 2017;8:1–17.

32. Afshar H, Baradaran Nakhjavani Y, Rahro Taban S, Baniamери Z, Nahvi A. Bond Strength of 5th, 6th and 7th Generation Bonding Agents to Intracanal Dentin of Primary Teeth. J Dent (Tehran) 2015;12:90-8.
33. Goud KM, Arun J, Nishanth P, Deepak BS, Nandini TN. Comparative evaluation of shear bond strength of three dental adhesives under dry and wet bonding conditions: An *in vitro* study. J Int Oral Health 2016;8:267-71.
34. McLean DE, Meyers EJ, Guillory VL, Vandewalle KS. Enamel bond strength of new universal adhesive bonding agents. Oper Dent 2015;40:410-7.
35. Özcan M, Pekkan G. Effect of different adhesion strategies on bond strength of resin composite to composite-dentin complex. Oper Dent 2013;38:63-72.
36. Rinastiti M, Özcan M, Siswomihardjo W, Busscher HJ. Immediate repair bond strengths of microhybrid, nanohybrid and nanofilled composites after different surface treatments. J Dent 2010;38:29-38.

ผู้รับผิดชอบบทความ

สุชาติ วงศ์ชั้นดี

สาขาวิชาทันตกรรมบูรณะ

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

โทรศัพท์: 0 4320 2405

โทรสาร: 0 4320 2862

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: suchart1407@hotmail.com

Effect of Surface Treatments on Shear Bond Strength of Immediate Resin Composite Repair

Kantrong N * Limpipat C** Jirachata A*** Riawruangsangkul T**** Chaichit R***** Wongkhantee S*

Abstract

Immediate repair of non-aged, polished resin composite is a challenging task in restorative dentistry as the bond strength between 2 layers of resin composite fillings might be compromised. The aim of this study was to compare the effect of different surface treatments on the shear bond strength of polished resin composite immediate repairs. Two hundred and fifty resin composite specimens were prepared in plaster stone molds. All prepared specimens were divided into 10 groups (N=25) including Group 1-No surface treatment (positive control), Group 2-Polishing with Sof-Lex™ discs without additional surface treatment (negative control). Group 3 to 10 were polished with Sof-Lex™ discs, then treated with distinct surface treatment protocols as following: Group 3-Appling Adper™ Single Bond 2 alone (Si), Group 4-Roughening using a diamond bur (DB), Group 5-Sandblasting with Aluminum oxide particles (SB), Group 6-Appling 35% phosphoric acid (PA). Similar treatment protocols were applied for specimens in Group 7 to 10 with one additional step in which silane coupling agent was applied prior to the application of Adper™ Single Bond 2 (SiS, DBS, SBS, PAS). Prepared cylindrical-shaped resin composite specimens were then bonded on all prepared resin composite specimens, subsequently stored in an incubator under humidity control for 24 hours. Shear bond strength of each specimen was determined using a universal testing machine. Our results revealed that Si, PA, DB, and SB group showed significantly higher shear bond strength when compared to negative control ($P<0.05$). SB group demonstrated the maximum bond strength (26.67 MPa), followed by DB (26.10 MPa), PA (24.55 MPa), and Si (17.42 MPa). In addition, the use of methacryloxydecyl dihydrogen phosphate (MDP) – containing silane coupling agent significantly increased shear bond strength in SiS ($P<0.001$) as well as PAS group ($P=0.042$). It was concluded that surface treatment on polished resin composite restorations significantly improved the shear bond strength of resin composite repairs.

Keywords: Resin composite repairs/ Surface treatment of resin composite/ Resin composite

Corresponding author

Suchart Wongkantee

Department of Restorative Dentistry,

Faculty of Dentistry, Khon Kaen University,

Amphur Muang, Khon Kaen, 40002.

Tel.: +66 4320 2405 #45144

Fax.: +66 4320 2862

E-mail: suchart1407@hotmail.com

* Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Amphur Muang, Khon Kaen.

** Krabi Provincial Health office, Amphur Muang, Krabi.

*** Dental Department, Na Kae Hospital, Amphur Na Kae, Nakhon Phanom.

**** Sirindhorn College of Public Health Khon Kaen, Amphur Muang, Khon Kaen.

***** Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Amphur Muang, Khon Kaen.