

แรงยึดเหนี่ยวของเตื่อยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์ ที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยคลื่นไมโครเวฟ

Shear Bond Strength of Quartz Fiber Reinforced Composite Posts by Microwave Surface Treatment

ชฎาทิพย์ พิทยาพันธ์¹, ชวัลลักษณ์ เครือบุญมา¹, ปิริยะ ยาวีราช²

¹นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรบัณฑิตชั้นสูงทางวิทยาศาสตร์การแพทย์คลินิก สาขาวิชาทันตแพทยศาสตร์ แขนงวิชาทันตกรรมประดิษฐ์

²ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Chadathip Pichayapan¹, Schvallak Krauboonma¹, Piriya Yavirach²

¹Postgraduate Student, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

²Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

ชม.ทันตสาร 2552; 30(2) : 75-83

CM Dent J 2009; 30(2) : 75-83

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อประเมินกำลังแรงยึดเหนี่ยวของเรซินคอมโพสิตก่อกแกนและเตื่อยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์ที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 10 ร่วมกับการใช้และไม่ใช้คลื่นไมโครเวฟ โดยสุ่มเตื่อยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์ 27 แท่งแบ่งเป็น 9 กลุ่มๆ ละ 3 แท่ง ตัดเตื่อยออกเป็น 2 ส่วน นำเตื่อยส่วนที่ 1 จำนวน 12 ชิ้นไปแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 10 เป็นเวลา 20 นาที, 60 ,90 และ120 วินาที ตามลำดับ (กลุ่ม 1, 5, 6, และ7) และจำนวน 9 ชิ้นแช่ในสารละลายความเข้มข้นเท่ากันร่วมกับเข้าไมโครเวฟเป็นเวลา 60, 90, 120 วินาที ตามลำดับ (กลุ่ม 2, 3 และ4) ล้างให้สะอาด จากนั้นทดสอบด้วยสารไซเลน กลุ่ม 8 ทาเฉพาะสารไซเลนอย่างเดียว และกลุ่ม 9 ไม่ปรับสภาพพื้นผิวใดๆ (กลุ่มควบคุม) ก่อกแกนบนส่วนที่ 1 ของเตื่อยด้วยเรซินคอมโพสิตก่อกแกน แล้วตัดเป็นชิ้นทดสอบหนา 1 มม.ทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือนด้วยวิธีพุชเอนท์ด้วยความเร็วหัวกด 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที สุ่มเตื่อยส่วนที่ 2 ของทุกกลุ่มๆ ละ 2 แท่ง แล้วประเมินค่าความขรุขระของผิวเตื่อยด้วยกล้องจุลทรรศน์แรง

Abstract

The objective of this study was to evaluate shear bond strengths of core buildup composite resin -quartz fiber-reinforced composite posts, the surface treatment by 10% hydrogen peroxide with and without microwave irradiation. Twenty-seven fiber posts were randomly divided into 9 groups, 3 posts in each group. All posts were cut into two portions, the first portions (12 pieces) were tested for shear bond strength while the rest portions were used to evaluate surface roughness using atomic force microscope. In shear bond strength testing, 12 posts were only immersed in 10% hydrogen peroxide for 20 min, 60 sec, 90 sec, 120 sec respectively (group 1, 5, 6, and 7). The other 9 posts were immersed in the same solution under microwave irradiation for 60 sec, 90 sec, 120 sec respectively (group 2, 3, and 4). After the treatment, all posts were rinsed and coated with silane coupling agent. For group 8, the posts were only coated with silane coupling

อะตอม การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสองทาง พบว่า กลุ่ม 1 และ 2 ให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และการเผยผิของเส้นใยควอทซ์ส่งผลต่อค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนที่เพิ่มขึ้นมากกว่าความขรุขระบนผิวของอีปอกซีเรซิน

คำไรหัทส: กำลังแรงยึดแบบเฉือน เดียคอมโพสิต

agent and no surface treatment was applied to the posts in group 9 (control group). Core buildup composite resin were fabricated on the posts in each group, then sectioning for 1mm-thick specimens. These specimens were tested for shear bond strength using push-out test with cross-head speed 0.5 mm per minute. In surface roughness testing, two pieces of the posts in each group were randomly selected and evaluated for the surface roughness using atomic force microscope. Two-way ANOVA revealed that group 1 and 2 achieved highest shear bond strength ($P<0.05$). After surface treatment, the exposure of quartz fiber had more effectiveness in increasing shear strength than surface roughness of fiber post.

Keywords: shear bond strength, quartz fiber reinforced composite posts, surface treatment, microwave irradiation

บทนำ

การใช้เดือย (post) ร่วมกับการบูรณะฟันที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีโครงสร้างเนื้อฟันในส่วนของตัวฟันที่เหลืออยู่เพียงพอต่อการรองรับและเชื่อมต่อกับส่วนของแกนเดือยฟันที่สร้างขึ้นใหม่ ส่งผลให้เกิดการยึดติดที่ดีกับครอบฟัน⁽¹⁾ ระบบเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์ (quartz fiber reinforced composite posts system) เป็นเดือยสำเร็จรูปที่มีการพัฒนามาตั้งแต่ปี 1992⁽²⁾ การบูรณะด้วยเดือยชนิดนี้ทำให้เกิดแรงเค้น (stress) ภายในรากฟันน้อยเนื่องจากความแข็ง (stiffness) และโมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ของเดือยมีขนาดใกล้เคียงเนื้อฟัน⁽³⁻⁵⁾ อีกทั้งสามารถใช้สารยึดติด (bonding agent) ระหว่างเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์กับซีเมนต์เรซิน และซีเมนต์เรซินกับเนื้อฟัน เกิดความเป็นเนื้อเดียวกัน (monobloc) ทำให้เกิดการติดอยู่ที่ดี⁽⁶⁾ ส่งผลให้มีความแข็งแรงของการ

ติดอยู่ (bond strength) กับเนื้อฟันดีกว่าเดือยโลหะหรือเดือยเซรามิค⁽⁷⁾ การบูรณะด้วยเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์ทำให้สามารถต้านทานการแตกหักได้มากขึ้น, รองรับภาระเส้นสะเทือน เพิ่มกำลังที่ขีดล้า (fatigue strength) ในวัสดุ และทำให้เกิดความสวยงาม⁽⁸⁾ ลดการกัดกร่อน การแพ้ ลดระยะเวลาและลดจำนวนครั้งในการรักษารวมทั้งลดค่าใช้จ่าย นอกจากนี้ยังสามารถรื้อทำใหม่ได้ง่ายอีกด้วย^(1,9)

เดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์ประกอบด้วยเส้นใยควอทซ์ที่เรียงตัวในทิศทางเดียวกันฝังอยู่ในโพลีเมอร์เรซิน เมทริกซ์ และยึดกันด้วยไซเลน (silane coupling agents)⁽¹⁰⁾ ส่วนของเรซินเมทริกซ์โดยมากมักเป็นอีปอกซีโพลีเมอร์ที่โมเลกุลเปลี่ยนแปลงได้ยากและมีโครงสร้างตาข่ายที่แน่นหนา⁽⁸⁾ (highly cross-linking) เส้นใยควอทซ์เพิ่มความสามารถในการรองรับโดยดูดซับแรงไว้ที่เดือยแต่ไม่ถ่ายทอดแรงลงบนรากฟันที่อ่อนแอ

จึงสามารถป้องกันการแตกหักแนวตั้งของรากฟันได้⁽⁷⁾ อย่างไรก็ตามเรซินเมทริกซ์นี้มีข้อด้อยคือ การมีโครงสร้างตาข่ายที่แน่นหนา ทำให้เมทาคริลิตจากเรซินคอมโพสิตก่อกันไม่สามารถแทรกเข้าไปยึดติดกับเส้นใยควอทซ์ การไม่มีอนุภาคลิธระ เช่น กลุ่มไฮดรอกซิล จากวิธีการผลิตที่มีกรรมวิธีผ่านความร้อนและเครื่องดูดสุญญากาศทำให้ขาดการเกิดปฏิกิริยาเคมีในการเชื่อมระหว่างกลุ่มเมทาคริลิตในเรซิน คอมโพสิตก่อกันกับอีปอกซีเรซิน เมทริกซ์ของเดือย ทำให้เกิดการหลุดระหว่างผิวของเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์กับเรซินคอมโพสิตก่อกันได้ง่าย ส่งผลต่อความล้มเหลวของครอบฟันได้⁽¹¹⁾ ซึ่งความสำเร็จของการบูรณะฟันด้วยเดือยสำเร็จรูปขึ้นอยู่กับทางเลือกชนิดของ เรซินคอมโพสิตก่อกัน เรซินซีเมนต์ที่ใช้ยึดเดือย ลักษณะพื้นผิวของเดือย และการปรับสภาพพื้นผิวเดือยก่อนการยึด⁽¹²⁾

การปรับสภาพพื้นผิวของเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยทำได้ 2 วิธี วิธีแรกคือวิธีเชิงกล เช่น การสร้างร่องบนพื้นผิวเดือย การเป่าทราย⁽¹³⁾ เป็นต้น วิธีที่สองคือการใช้สารเคมีทำปฏิกิริยากับผิวเดือย เช่น แช่เดือยในสารละลายโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต สารละลายโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนตร่วมกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สารละลายโซเดียมเอทอกไซด์ เป็นเวลา 20 นาที และการใช้ไซเลน เป็นต้น^(14,15) โดยทั่วไปแล้วก่อนก่อกันเรซิน คอมโพสิตบนเดือยเสริมเส้นใยควอทซ์ทางบริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ทาพื้นผิวเดือยด้วยไซเลนเพื่อทำให้เกิดสภาพที่เหมาะสมกับการเกาะตัวของเรซิน คอมโพสิต⁽¹⁶⁾ เนื่องจากไซเลนสามารถปรับปรุงการไหลแผ่ (wettability)⁽¹⁷⁾ และทำให้เกิดพันธะเคมีกับกลุ่มไฮดรอกไซด์ของสารอนินทรีย์ เช่น แก้วหรือควอทซ์ ในบริเวณรอยต่อของคอมโพสิต เรซินก่อกันและเส้นใยควอทซ์ที่เผยผิซึ่งเกิดขึ้นภายหลังการปรับสภาพพื้นผิวแล้ว^(16,18) แต่เนื่องจากคุณสมบัติของอีปอกซี เรซินที่มีโครงสร้างตาข่ายที่แน่นหนาและผ่านขบวนการโพลิเมอร์ไรเซชันที่สมบูรณ์ ทำให้การกำจัดผิวอีปอกซี เรซินเพื่อให้เส้นใยควอทซ์เผยผิจึงทำได้ยาก นอกจากการใช้สารเคมีแล้วปัจจุบันมีความสนใจในพลังงานไมโครเวฟที่ใช้ปรับสภาพพื้นผิวของโพลิเมอร์เช่น โพลิโพรพิลีน (polypro-

pylene) ซึ่งให้ผลในการเพิ่มการไหลแผ่ของพื้นผิวและทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ประกอบกับได้มีการใช้พลังงานไมโครเวฟมาใช้ในการทันตกรรมโดยเฉพาะการใช้พลังงานไมโครเวฟในการกระตุ้นให้เกิดพอลิเมอร์ (polymerization) ของวัสดุฐานฟันเทียม (denture-base materials)⁽¹⁹⁾ ใช้กระตุ้นให้เกิดพอลิเมอร์วัสดุซ่อมฐานฟันเทียม⁽²⁰⁾ ใช้กระตุ้นให้เกิดพอลิเมอร์ของวัสดุเสริมฐานฟันเทียมอย่างนุ่ม (soft lining material)⁽²¹⁾ ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electro-magnetic wave) ในช่วงไมโครเวฟที่มีขั้ว (polarization) โดยทั่วไปมีความยาวคลื่นระหว่าง 1-30 ซม. ซึ่งยาวกว่ารังสีอินฟราเรด (infrared ray) แต่สั้นกว่าความยาวคลื่นโทรทัศน์ และวิทยุ ดังนั้นวัสดุที่ถูกทำให้ร้อนด้วยไมโครเวฟความร้อนจึงต้องมีโมเลกุลที่มีขั้ว (polarized molecule)⁽²²⁾

ดังนั้นจากการศึกษาข้างต้น และลักษณะของอีปอกซีเรซินที่มีพันธะอีปอกไซด์ซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ร่วมกับการแตกตัวของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เร็วขึ้นอันเนื่องมาจากคลื่นไมโครเวฟ น่าจะทำให้เกิดการแตกตัวของพันธะอีปอกไซด์ได้ดีขึ้น จึงเกิดแนวคิดในการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) ร่วมกับการใช้ไมโครเวฟในช่วงระยะเวลาต่างๆ กัน โดยคาดว่าจะช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและให้ผลของการปรับปรุงลักษณะพื้นผิวที่ดีขึ้น ช่วยเพิ่มการติดอยู่ระหว่างเรซินคอมโพสิตก่อกันกับเดือยเสริมเส้นใยควอทซ์และใช้เวลาลดลงเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์ (ยี่ห้อ DT light posts® : Batch number 031740606, RTD, St. Engrève, France) 27 แท่ง แบ่งเป็นกลุ่มจำนวน 9 กลุ่ม กลุ่มละ 3 แท่ง ด้วยวิธีสุ่ม (simple random sampling without replacement) แต่ละแท่งยาว 20 มม. นำมาตัดแบ่งสองส่วน ส่วนบนยาว 13 มม. และส่วนปลายยาว 6 มม. นำไปปรับสภาพพื้นผิวดังนี้ กลุ่ม 1,5,6,7 คือเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์ที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) (Hydrogen peroxide 50% : Batch number A041196,

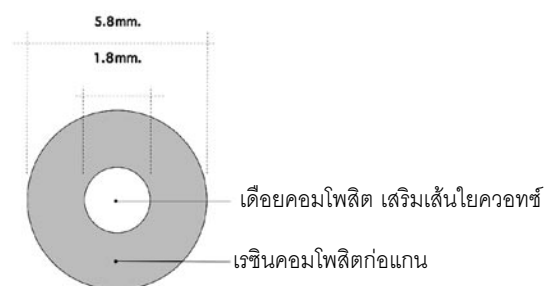
Peroxithai Co.th.) ที่อุณหภูมิตั้ง 10 องศาเซลเซียส โดยนำตัวอย่างมาใส่ในถ้วยแก้วที่บรรจุสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10 มล. ให้สารละลายท่วมตัวอย่างทั้งหมด เป็นเวลา 20 นาที, 60,90,120 วินาที ตามลำดับ กลุ่ม 2,4,6 คือเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์ที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) และนำเข้าเครื่องไมโครเวฟ (700 วัตต์, 2,450 เมกกะเฮิรตซ์) เป็นเวลา 60,90,120 วินาทีตามลำดับ กลุ่ม 8 คือเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์ที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิว และทาเฉพาะไซเลน จากนั้นล้างขึ้นทดสอบด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 1 นาที นำขึ้นทดสอบส่วนที่หนึ่ง (เดือยส่วนบนยาว 13 มม.) กลุ่ม 1-8 ทาไซเลน (Monobond-S®: Batch number K26548, Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) เป่าแห้งเป็นเวลา 60 วินาที กลุ่ม 9 คือ

ตารางที่ 1: กลุ่มขึ้นทดสอบแบ่งตามวิธีการปรับสภาพพื้นผิว เดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์

กลุ่ม	วิธีการปรับสภาพผิวเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์	ระยะเวลาในการปรับสภาพผิว
1	แช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) ที่อุณหภูมิตั้ง 10 องศาเซลเซียส	20 นาที
2	แช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) และนำเข้าเครื่องไมโครเวฟ+ไซเลน	60 วินาที
3	แช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) และนำเข้าเครื่องไมโครเวฟ+ไซเลน	90 วินาที
4	แช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) และนำเข้าเครื่องไมโครเวฟ+ไซเลน	120 วินาที
5	แช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) ที่อุณหภูมิตั้ง 10 องศาเซลเซียส	60 วินาที
6	แช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) ที่อุณหภูมิตั้ง 10 องศาเซลเซียส	90 วินาที
7	แช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) ที่อุณหภูมิตั้ง 10 องศาเซลเซียส	120 วินาที
8	ไม่ปรับสภาพพื้นผิว แต่ทาเฉพาะไซเลน	-
9	ไม่ปรับสภาพพื้นผิว (กลุ่มควบคุม)	-

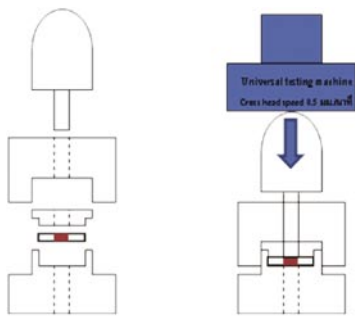
เดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์ที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิว (กลุ่มควบคุม) ซึ่งสามารถสรุปการปรับสภาพเดือยแต่ละกลุ่มดังตารางที่ 1

จากนั้นนำขึ้นทดสอบทั้ง 9 กลุ่ม ยึดบนฐานโลหะให้เดือยฟันตั้งตรงสวมหลอดยาสี (เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม.) ที่ตัดมาให้ยาวกว่าเดือยฟันประมาณ 2 มม.โดยให้เดือยฟันอยู่กึ่งกลางหลอดยาสี เติมน้ำมันคอมโพสิตก๊อแกน (MultiCore Flow®: Batch number K16799, Ivoclar-Vivadent, Schaan, Liechtenstein) รอบเดือยจนสูงประมาณ 8 มม. ใช้เครื่องฉายแสง (75 วัตต์) เร่งปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน จากนั้นนำเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์ที่ล้อมรอบด้วยเรซินคอมโพสิตก๊อแกนที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. สูง 8 มม. ตัดด้วยเครื่องตัดตัวอย่างให้ได้ขึ้นทดสอบหนา 1 มม. (ดังรูปที่ 1) จำนวน 10 ชิ้นต่อกลุ่มตัวอย่าง บรรจุขึ้นทดสอบลงในแท่นโลหะ นำแท่นโลหะวางบนเครื่องทดสอบสากล (Universal Testing Machine: Statics, Instron Model 5560, Instron corp. USA.) ใช้หัวกดเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที (ดังรูปที่ 2) บันทึกค่าแรงกดสูงสุดที่ทำให้เดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์หลุดออกจาก เรซินคอมโพสิตก๊อแกนในหน่วยนิวตัน แล้วนำมาหารด้วยพื้นที่สัมผัส (ซึ่งได้จากการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางเดือยแต่ละส่วนแล้วนำมาคำนวณพื้นที่ผิวรอบวงที่หนา 1 มม.) เพื่อให้ได้หน่วยเป็น เมกะปาสคาล (Megapascal) นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง



รูปที่ 1: แสดงขึ้นทดสอบหนา 1 มม.

Figure 1: specimen 1 mm. thickness



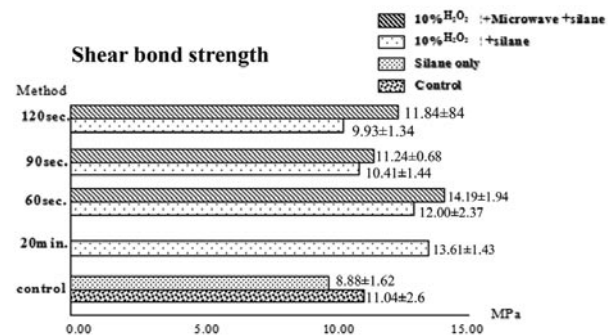
รูปที่ 2: แสดงกลไกการทดสอบตัวอย่างทดลองด้วยวิธีพุชเอาท์

Figure 2: Push-out test mechanism.

สำหรับตัวอย่างในส่วนที่สอง (ตัวอย่างส่วนล่าง 6 มม.) ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวตามตารางที่ 1 ทำการสุ่มขึ้นทดสอบส่วนปลายกลุ่ม 1-9 กลุ่มละ 2 แท่งมาวัดความขรุขระของผิวด้วยคอมพิวเตอร์โพสิทีฟเสริมเส้นใยควอทซ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (Atomic Force Microscope : Nanoscope IIIA, Veeco, Methology group, France) โดยใช้อัตราในการสแกน 0.3 รอบต่อวินาที (Hertz) ขนาดการวัดครั้งละ 30x30 ไมโครเมตรรวมเป็นพื้นที่ 900 ตารางไมโครเมตร บันทึกความขรุขระในหน่วยนาโนเมตร นำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความขรุขระและภาพถ่ายสามมิติของพื้นผิวด้วยคอมพิวเตอร์โพสิทีฟเสริมเส้นใยควอทซ์ภายหลังการปรับสภาพพื้นผิวด้วยไมโครเวฟร่วมกับสารเคมี

ผลการวิจัย

ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเชื่อมระหว่างผิวคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์กับเรซินคอมโพสิตก่อนแกนของแต่ละกลุ่มตัวอย่างแสดงในกราฟที่ 1 นำค่ากำลังแรงยึดแบบเชื่อมมาทดสอบการกระจายตัวอย่างปกติด้วยวิธี Kolmogorov-Smirnov test และตรวจสอบความเป็นเอกภาพของความแปรปรวนด้วยวิธี Levene's Test จากนั้นใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสองทาง (Two-way ANOVA Test) ทดสอบสมมติฐานโดยมีค่ากำลังแรงยึดแบบเชื่อมเป็นตัวแปรตามและมีชนิดการปรับสภาพพื้นผิวและเวลาในการปรับสภาพพื้นผิวเป็นตัวปัจจัย และใช้ Turkey's test เพื่อ post-hoc multiple comparison สำหรับการปรับสภาพพื้นผิวและเวลา ใน



กราฟที่ 1: กราฟแสดงผลค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเชื่อมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

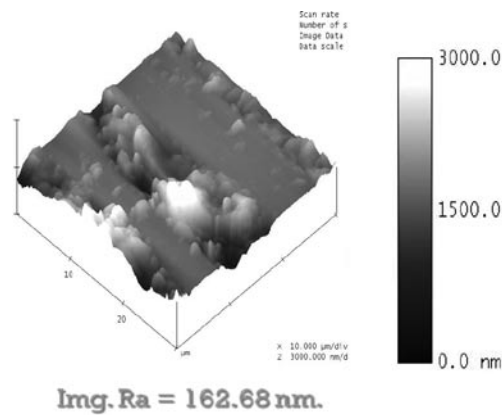
Graph I : Mean and Standard Deviation of shear bond strength after different post surface treatments.

ทุกการทดสอบมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยคำนวณด้วยโปรแกรม SPSS 14.0 Software (SPSS Inc; Chicago, IL, USA.) พบว่ากลุ่ม 1 และกลุ่ม 2 ให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเชื่อมสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Multiple Comparisons ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One-way ANOVA Test) แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเชื่อมของกลุ่ม 9 แตกต่างกับกลุ่ม 1, กลุ่ม 2 และกลุ่ม 8 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเชื่อมของกลุ่ม 1 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่ม 2

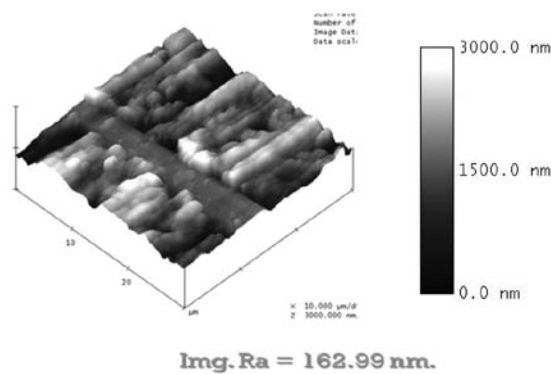
ค่าเฉลี่ยความขรุขระของพื้นผิวด้วยคอมพิวเตอร์โพสิทีฟเสริมเส้นใยควอทซ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม ลักษณะพื้นผิวของกลุ่ม 1 มีการเผยผิวดังของควอทซ์ไฟเบอร์ได้มากกว่ากับกลุ่ม 2 โดยมีค่าเฉลี่ยความขรุขระของพื้นผิวด้วยคอมพิวเตอร์โพสิทีฟเสริมเส้นใยควอทซ์ 162.68 นาโนเมตรและ 162.99 นาโนเมตรตามลำดับ (ดังรูปที่ 3 และ 4)

ลักษณะพื้นผิวของกลุ่ม 3, 5, 6, 7 และ 9 ไม่พบการเผยผิวดังของควอทซ์ไฟเบอร์อย่างชัดเจนเหมือนกลุ่ม 1 และ 2 โดยมีค่าเฉลี่ยความขรุขระของพื้นผิวของด้วยคอมพิวเตอร์โพสิทีฟเสริมเส้นใยควอทซ์ 177.03 นาโนเมตร 95.86 นาโนเมตร 205.35 นาโนเมตร 163.91 นาโนเมตรและ 138.96 นาโนเมตรตามลำดับ ลักษณะพื้นผิวของกลุ่มที่ 4 ไม่มีการเผยผิวดังของควอทซ์ไฟเบอร์อย่างชัดเจนเหมือนกลุ่ม



รูปที่ 3 : กลุ่ม 1 (ความขรุขระของพื้นผิวที่ปรับสภาพผิวด้วย 10% H_2O_2 20 นาที + Silane)

Figure 3: Group 1 (Surface roughness treated by 10% hydrogen peroxide 20 min then applied silane coupling agent.)



รูปที่ 4 : กลุ่ม 2 (ความขรุขระของพื้นผิวที่ปรับสภาพผิวด้วย 10% H_2O_2 + Microwave 60 วินาที + Silane)

Figure 4: Group 2 (Surface roughness treated by 10% hydrogen peroxide under microwave irradiation 60 sec then applied silane coupling agent.)

1 และกลุ่ม 2 พบว่าพื้นผิวมีลักษณะขรุขระทั่วไปโดยมีค่าเฉลี่ยความขรุขระของพื้นผิวเฉลี่ยคอมโพสิตเสริมเส้นใย ควอท์ 149.66 นาโนเมตร

บทวิจารณ์

ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือนของกลุ่ม 1 และกลุ่ม 2 มีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถละลายอีพอก

ซีเรซิน เมทริกซ์⁽¹⁵⁾ และทำลายพันธะอีพอกไซด์ ทำให้เกิดการเผยผิวของเส้นใยควอท์ซึ่งเป็นส่วนที่สามารถทำปฏิกิริยาไฮไลนในเซชันได้⁽¹⁶⁾ ส่งเสริมให้แรงยึดของผิวหน้าของเส้นใยและวัสดุก่อนแกนมากขึ้น⁽²³⁾ และการกัดกร่อนอีพอกซี เรซินเมทริกซ์ให้หลุดออกไป จะทำให้เกิดช่องว่างขนาดเล็กที่เพิ่มการติดอยู่ (retention space)⁽¹⁴⁾

ปฏิกิริยาไฮไลนในเซชันที่มีอะมิโนไฮไลน (Amino-silane coupling agents) จะส่งเสริมให้เกิดการติดอยู่ที่ดีของอีพอกซีเรซินโพลิเมอร์ เนื่องจากทำให้เกิดทั้งพันธะเคมีระหว่างสารอนินทรีย์กับโพลิเมอร์ และเพิ่มการไหลแผ่ที่ดีขึ้น⁽²⁴⁾

แม้การศึกษาที่ผ่านมาจะแนะนำให้ใช้ไฮไลนทาบนผิวของเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอท์ก่อนก่อนแกนคอมโพสิตเรซิน^(16,25,26) เพื่อให้เกิดการติดอยู่แบบปฏิกิริยาเคมีและแรงเสียดทานระหว่างพื้นผิวทั้งสอง⁽²⁷⁾ แต่ในการทดลองนี้พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือนของกลุ่มที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิวแต่ทาเฉพาะไฮไลนมีค่าน้อยที่สุดและน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากอีพอกซีเรซินไม่มีกลุ่มของอะตอมที่ทำให้เกิดคุณสมบัติเฉพาะของสารประกอบเช่นกลุ่มไฮดรอกไซด์ (OH) ไฮไลนจึงไม่ยึดติดระหว่างอีพอกซีเรซิน เมทริกซ์กับส่วนเมทาคริเลตของเรซินคอมโพสิตก่อนแกน ดังนั้นวิธีการเพิ่มพันธะเคมีระหว่างเส้นใยควอท์ที่ทาไฮไลนและเมทาคริเลตของวัสดุก่อนแกน คือการกำจัดผิวชั้นนอกของอีพอกซีเรซินเมทริกซ์ โดยการใช้สารเคมีปรับสภาพพื้นผิวทำให้เกิดการเผยผิวของเส้นใยควอท์มากขึ้นและสามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับโมเลกุลของไฮไลน นอกจากนี้ความขรุขระเนื่องจากการเผยผิวของเส้นใยควอท์ยังก่อให้เกิดเกิดการเกาะเกี่ยวเชิงกลได้ (micromechanical interlocking)⁽¹¹⁾ ในทางคลินิกการปรับสภาพผิวเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยด้วยการใช้ไฮไลนเพียงอย่างเดียวจึงไม่สามารถทำให้กำลังแรงยึดแบบเฉือนระหว่างเดือยคอมโพสิต เสริมเส้นใยและเรซินคอมโพสิตก่อนแกนเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Sahafi และคณะ⁽²⁸⁾, Perdigao และคณะ⁽⁷⁾, Wrbas และคณะ⁽²⁹⁾

อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Aksornmuang และคณะ⁽¹⁸⁾ พบว่า การใช้ไฮไลนเพียงอย่างเดียวโดยไม่ปรับ

สภาพพื้นผิวของเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใย สามารถเพิ่มการติดอยู่ของเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วและเส้นใยควอทซ์กับเรซินคอมโพสิตก่อนกันได้ เนื่องจากการทดลองนี้ใช้ Clearfil Porcelain Bond Activator ซึ่งเป็นไฮเลนที่ประกอบด้วยสาร 2 ชนิดคือ Clearfil Liner Bond 2V Primer และ Clearfil PhotoBond ที่มีส่วนผสมของสารยึดติดเรซิน (resin adhesive system) มาผสมกัน จัดว่าเป็นไฮเลนที่ไม่ใช่กลุ่ม prehydrolyzed ซึ่งแตกต่างจากการทดลองอื่นๆ ที่ใช้ไฮเลนกลุ่ม prehydrolyzed เพียงอย่างเดียว

เมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของกลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 10 ในไมโครเวฟเป็นเวลา 90 และ 120 วินาที ร่วมกับการทำไฮเลนกลับพบว่ามีความกำลังแรงยึดแบบเฉือนลดลง อาจเนื่องจากเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์ที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) ร่วมกับพลังงานไมโครเวฟมีอิทธิพลต่อการกัดกร่อนบนผิวเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์อย่างรุนแรง โดยกลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) ในไมโครเวฟ เป็นเวลา 60 วินาที จะพบการเผยผิของเส้นใยควอทซ์ เช่นเดียวกับกลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที แต่ในขณะที่การปรับสภาพพื้นผิวกลุ่มที่ใช้เวลา 90 และ 120 วินาที ไม่พบลักษณะการเผยผิของเส้นใยควอทซ์พบเพียงการกัดกร่อนของผิวอีพอกซีเรซินเมทริกซ์ในระดับความลึกที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าเส้นใยควอทซ์ถูกกัดกร่อนออกไป ซึ่งสอดคล้องกับค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนที่ได้ ทำให้คาดว่า การเผยผิของเส้นใยควอทซ์จะมีอิทธิพลต่อกำลังแรงยึดแบบเฉือนมากกว่าความขรุขระของผิวอีพอกซีเรซินเมทริกซ์

บทสรุป

ภายใต้ข้อจำกัดของการทดลอง สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) ในไมโครเวฟเป็น

เวลา 60 วินาทีให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือนเท่ากับการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที

2. การปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) ในไมโครเวฟเป็นเวลา 60 วินาทีทำให้เกิดลักษณะการเผยผิของเส้นใยควอทซ์เท่ากับการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที

3. ความขรุขระของพื้นผิวเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์ที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับการใช้และไม่ใช้ไมโครเวฟมีรูปแบบและความลึกที่ไม่สามารถนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างกันได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์ทันตแพทย์ เทพรัตน์ เขมาลีลากุล ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำการใช้เครื่องทดสอบสากล รศ.ดร.ธีรพรรณ บุญวรรณ และคุณสมฤทัย ต้นมา ศูนย์วิจัยนิวตรอนพลังงานสูง ภาควิชาฟิสิกส์ ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับวิธีการปรับสภาพพื้นผิวคุณริสสวัณณ์ กิตติกำธร ภาควิชาทันตวิทยา-พยาธิวิทยาช่องปาก ที่ให้คำแนะนำและควบคุมการใช้เครื่องตัดตัวอย่าง รวมทั้งขอขอบคุณบริษัท แอ็คเดอน (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอทซ์และ บริษัท ยูนิดี เด็นทัล จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนวัสดุเรซินคอมโพสิตก่อนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Eskitascioglu G, Belli S, Kalkan M. Evaluation of two post core systems using two different methods (fracture strength test and a finite elemental stress analysis). *J Endod* 2002; 28(9): 629-633
2. Goldberg AJ, Burstone CJ. The use of continuous fiber reinforcement in dentistry. *Dent Mater* 1992; 8(3): 197-202

3. Artopoulou, II, O'Keefe KL. Materials used in prefabricated post and core systems. A review of the literature. *Tex Dent J* 2006; 123(4): 358-363
4. Isidor F, Odman P, Brondum K. Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. *Int J Prosthodont* 1996; 9(2): 131-136
5. Seefeld F, Wenz HJ, Ludwig K, Kern M. Resistance to fracture and structural characteristics of different fiber reinforced post systems. *Dent Mater* 2007; 23(3): 265-271
6. Boschian Pest L, Guidotti S, Pietrabissa R, Gagliani M. Stress distribution in a post-restored tooth using the three-dimensional finite element method. *J Oral Rehabil* 2006; 33(9): 690-697
7. Perdigao J, Gomes G, Lee IK. The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. *Dent Mater* 2006; 22(8): 752-758
8. Kalkan M, Usumez A, Ozturk AN, Belli S, Eskitascioglu G. Bond strength between root dentin and three glass-fiber post systems. *J Prosthet Dent* 2006; 96(1): 41-46
9. Kremeier K, Fasen L, Klaiber B, Hofmann N. Influence of endodontic post type (glass fiber, quartz fiber or gold) and luting material on push-out bond strength to dentin in vitro. *Dent Mater* 2007; 24(5): 660-666
10. Akgungor G, Akkayan B. Influence of dentin bonding agents and polymerization modes on the bond strength between translucent fiber posts and three dentin regions within a post space. *J Prosthet Dent* 2006; 95(5): 368-378
11. Purton DG, Payne JA. Comparison of carbon fiber and stainless steel root canal posts. *Quintessence Int* 1996; 27(2): 93-97
12. Coelho Santos G, Jr., El-Mowafy O, Hernique Rubo J. Diametral tensile strength of a resin composite core with nonmetallic prefabricated posts: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2004; 91(4): 335-341
13. Cheleux N, Sharrock P, Degrange M. Surface treatments on quartz fiber post: influence on adhesion and flexural properties. *Am J Dent* 2007; 20(6): 375-379
14. Monticelli F, Toledano M, Tay FR, Cury AH, Goracci C, Ferrari M. Post-surface conditioning improves interfacial adhesion in post/core restorations. *Dent Mater* 2006; 22(7): 602-609
15. Monticelli F, Toledano M, Tay FR, Sadek FT, Goracci C, Ferrari M. A simple etching technique for improving the retention of fiber posts to resin composites. *J Endod* 2006; 32(1): 44-47
16. Goracci C, Raffaelli O, Monticelli F, Balleri B, Bertelli E, Ferrari M. The adhesion between prefabricated FRC posts and composite resin cores: microtensile bond strength with and without post-silanization. *Dent Mater* 2005; 21(5): 437-444
17. Park SJ, Jin JS. Effect of Silane Coupling Agent on Interphase and Performance of Glass Fibers/Unsaturated Polyester Composites. *J Colloid Interface Science* 2001; 242(1): 174-179
18. Aksornmuang J, Foxton RM, Nakajima M, Tagami J. Microtensile bond strength of a dual-cure resin core material to glass and quartz fibre posts. *J Dent* 2004; 32(6): 443-450
19. De Clerck JP. Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prostheses. *J Prosthet Dent* 1987; 57(5): 650-658
20. Rached RN, Del-Bel Cury AA. Heat-cured acrylic resin repaired with microwave-cured one: bond strength and surface texture. *J Oral Rehabil* 2001; 28(4): 370-375
21. Baysan A, Parker S, Wright PS. Adhesion and tear energy of a long-term soft lining material activated by rapid microwave energy. *J Prosthet Dent* 1998; 79(2): 182-187

22. Rohrer MD, Bulard RA. Microwave sterilization. *J Am Dent Assoc* 1985; 110(2): 194-198
23. Vano M, Goracci C, Monticelli F, Tognini F, Gabriele M, Tay FR, et al. The adhesion between fibre posts and composite resin cores: the evaluation of microtensile bond strength following various surface chemical treatments to posts. *Int Endod J* 2006; 39(1): 31-39
24. Plueddemann EP. Silane coupling agents. New York: Plenum Press; 1982. p. 1-152
25. Matinlinna JP, Lassila LV, Ozcan M, Yli-Urpo A, Vallittu PK. An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. *Int J Prosthodont* 2004; 17(2): 155-164
26. Matinlinna JP, Ozcan M, Lassila LV, Vallittu PK. The effect of a 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane and vinyltriisopropoxysilane blend and tris (3-trimethoxysilylpropyl)isocyanurate on the shear bond strength of composite resin to titanium metal. *Dent Mater* 2004; 20(9): 804-813
27. Goracci C, Fabianelli A, Sadek FT, Papacchini F, Tay FR, Ferrari M. The contribution of friction to the dislocation resistance of bonded fiber posts. *J Endod* 2005; 31(8): 608-612
28. Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E, Gotfredsen K. Bond strength of resin cement to dentin and to surface-treated posts of titanium alloy, glass fiber, and zirconia. *J Adhes Dent* 2003; 5(2): 153-162
29. Wrbas KT, Schirmermeister JF, Altenburger MJ, Agraftioti A, Hellwig E. Bond strength between fibre posts and composite resin cores: effect of post surface silanization. *Int Endod J* 2007; 40(7): 538-543.

ขอสำเนาบทความ:

ผศ.ปริยะ ยาวีราช ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันต
แพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง เชียงใหม่
50202

Reprint Request:

Assist.Prof.Piriya Yavirach, Department of Prost-
hodontics, Faculty of Dentistry, Chiang Mai
University, Chiang Mai 50202
piriya@chiangmai.ac.th, piriyaavdx-18@hotmail.com