



ผลของสารคอนดิชันเนอร์ที่มีต่อความแข็งแรง พันธะฉีกระยะแรกของเรซินมอดิไฟด์กลาส ไอโอโนเมอร์ต่อเคลือบฟัน

ณัฐพร เล่าห์ทวีรุ่งเรือง ท.บ.¹

ไพบุณย์ เตชะเลิศไพศาล ท.บ., Ph.D., อ.ท. (ทันตกรรมจัดฟัน)²

¹นิสิตปริญญาโท ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

²ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการปรับสภาพผิวฟันด้วยสารคอนดิชันเนอร์ต่างๆ ต่อความแข็งแรงพันธะฉีกระยะแรกของเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ต่อเคลือบฟัน

วัสดุและวิธีการ แบ่งฟันกรามน้อย 55 ซี่ ออกเป็น 5 กลุ่ม โดยกลุ่ม 1-4 (กลุ่มทดลอง) ยึดติดแบร็กเกตด้วยสารยึดติดเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ (Fuji Ortho LC) โดยสารคอนดิชันเนอร์แต่ละกลุ่มดังนี้ กลุ่ม 1 ไม่ใช้สารคอนดิชันเนอร์ กลุ่ม 2 กรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 20 กลุ่ม 3 กรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 37 กลุ่ม 4 สารเซลฟ์เอชซิงไพร์มเมอร์ (Transbond Plus SEP) กลุ่ม 5 (กลุ่มควบคุม) กรดฟอสฟอริกและสารยึดติดเรซินคอมโพสิต (Transbonds XT) นำตัวอย่างกลุ่มละ 10 ซี่ ไปวัดความแข็งแรงพันธะฉีกระยะแรกภายหลังการฉายแสง 5 นาที โดยเครื่องทดสอบสากล บันทึกค่าความแข็งแรงพันธะฉีกระยะแรกที่ทำให้แบร็กเกตหลุดออกจากผิวฟัน คำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยค่าสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว วัดค่าการเหลืออยู่ของสารยึดติดบนตัวฟันด้วยค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติด ทดสอบด้วยค่าสถิติไคสแควร์ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนตัวอย่างอีกกลุ่มละ 1 ซี่ นำไปศึกษาการยึดติดระหว่างสารยึดติดและเคลือบฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ผลการศึกษา ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงพันธะฉีกระยะแรกของกลุ่ม 1 2 3 4 และ 5 เท่ากับ 8.4 ± 2.0 10.8 ± 0.7 14.6 ± 3.0 13.7 ± 1.7 และ 21.5 ± 4.0 เมกะปาสกาล ตามลำดับ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะฉีกระยะแรกระหว่างกลุ่มที่ 3 และ 4 ($p = 0.433$) ค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติดสัมพันธ์กับชนิดของสารคอนดิชันเนอร์ ($p < 0.05$) โดยกลุ่ม 1 และ 2 เกิดการล้มเหลวของการยึดติดระหว่างผิวเคลือบฟันและสารยึดติด ส่วนกลุ่ม 3 4 และ 5 เกิดความล้มเหลวระหว่างฐานแบร็กเกตและสารยึดติด การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่าลักษณะของแท่งเรซินในผิวฟันของกลุ่มที่ใช้สารเซลฟ์เอชซิงไพร์มเมอร์มีปริมาณมากและขนาดใหญ่กว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ

สรุป การปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกหรือสารเซลฟ์เอชซิงไพร์มเมอร์มีผลเพิ่มความแข็งแรงพันธะฉีกระยะแรกของเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์

(วทันต จุฬาฯ 2558;38:197-208)

คำสำคัญ: ความแข็งแรงพันธะฉีกระยะแรก; เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์; สารคอนดิชันเนอร์

ผู้รับผิดชอบบทความ ไพบุณย์ เตชะเลิศไพศาล paiboon.t@chula.ac.th

บทนำ

ผู้ป่วยจัดฟันที่ได้รับการรักษาโดยใช้เครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่นมักมีความเสี่ยงที่จะเกิดรอยโรคจุดขาว (white spot lesion) รอบแบร็กเกตได้สูง ความชุกของการเกิดการละลายแร่ธาตุ (Demineralization) ของเคลือบฟันรอบแบร็กเกตพบมากถึงร้อยละ 50 ของผู้ป่วยจัดฟัน (Gorelick et al., 1982) การใช้ฟลูออไรด์เสริม เช่น ยาสีฟันหรือน้ำยาบ้วนปากที่ผสมฟลูออไรด์ เพื่อลดการละลายแร่ธาตุของเคลือบฟันเป็นวิธีที่ได้ผลดีแต่จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือของผู้ป่วย (Geiger et al., 1988) ดังนั้นการใช้สารยึดติดทางทันตกรรมจัดฟันที่ผสมฟลูออไรด์เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดการเกิดการละลายแร่ธาตุและส่งเสริมการคืนแร่ธาตุ (Remineralization) ของเคลือบฟันรอบๆ แบร็กเกตได้โดยไม่ต้องอาศัยความร่วมมือของผู้ป่วย กลาสไอโอโนเมอร์ (glass ionomer) เป็นวัสดุยึดติดที่มีคุณสมบัติสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ในปริมาณที่สูงและยาวนาน สามารถยึดติดกับเคลือบฟันเนื้อฟันและเคลือบรากฟันได้ด้วยพันธะเคมีและยึดติดได้ในฟันผิวที่ขึ้น แต่มีข้อเสียคือมีความแข็งแรงพันธะเฉือนน้อย (Wiltshire, 1994)

เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ (Resin modified glass ionomer) ถูกผลิตขึ้นเนื่องจากเป็นวัสดุที่รวมข้อดีของกลาสไอโอโนเมอร์คือการปลดปล่อยฟลูออไรด์เพื่อส่งเสริมการสะสมแร่ธาตุกลับของเคลือบฟัน และข้อดีของเรซินคอมโพสิตคือให้การยึดติดที่ดีและแข็งตัวด้วยแสง โดยปฏิกิริยาการแข็งตัวของเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์เกิดจากการเกิดพอลิเมอร์ (Polymerization) ของส่วนเรซินร่วมกับปฏิกิริยารด-ด่าง (acid-base reaction) ของกลาสไอโอโนเมอร์ ดังนั้นการสร้างเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์เกิดจากการเพิ่มส่วนที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ลงในกลาสไอโอโนเมอร์โดยเติมมอนอเมอร์ที่ละลายน้ำได้ เช่น ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต (HEMA) และสารเริ่มปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (Initiator) ได้แก่ แคมฟอร์ควิโนน (Camphorquinone) เข้าไปส่วนของเหลว (Andrzejewska et al., 2003) เมื่อส่วนผงคือแก้วเคลือบฟลูออโรลูมิเนียมซิลิเกตผสมกับส่วนของเหลว จะเกิดปฏิกิริยารด-ด่างขึ้นทันที และเกิดต่อเนื่องอีกหลายวันเหมือนกลาสไอโอโนเมอร์ ในขณะที่ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์จะเกิดขณะที่ฉายแสง และช่วยให้เกิดการแข็งตัวในระยะแรก (Leevailoj and Chantaramungkorn, 2007) อย่างไรก็ตามเมื่อใช้สารคอนดิชันเนอร์ตามที่บริษัทผู้

ผลิตกำหนดพบว่าความแข็งแรงพันธะเฉือนของเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ (6.5 ± 1.9 MPa) น้อยกว่าความแข็งแรงพันธะเฉือนของเรซินคอมโพสิต (10.4 ± 2.8 MPa) (Bishara et al., 1999) ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการเปลี่ยนชนิดของสารคอนดิชันเนอร์ของเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ไปจากกรดพอลิอะคริลิก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความแข็งแรงพันธะเฉือนขึ้น

กรดฟอสฟอริกเป็นสารคอนดิชันเนอร์ที่สามารถนำมาใช้เพื่อปรับสภาพผิวเคลือบฟัน กรดนี้จะละลายสารอินทรีย์ออกจากผลึกเคลือบฟัน (enamel prism) และทำให้เกิดรูพรุนขนาดเล็ก เพื่อให้สารบอนด์แทรกซึมเข้าไปในพื้นผิวที่เพิ่มมากขึ้นและเกิดเป็นแท่งเรซิน (Resin tag) จำนวนมาก (Leevailoj and Chantaramungkorn, 2007) มักจะใช้เตรียมผิวเคลือบฟันเพื่อยึดติดกับสารยึดติดเรซินคอมโพสิต ส่วนสารเซลฟ์เอชชิงไพร์เมอร์ (self-etching primer) เป็นสารคอนดิชันเนอร์เพื่อเพิ่มการยึดติด สารนี้เป็นการรวมกรดฟอสฟอริกและกลุ่มเมทาคริเลตเข้าด้วยกันเกิดเป็นเมทาคริเลตฟอสฟอริกเอสเทอร์ (methacrylated phosphoric ester) ซึ่งขั้นตอนการใช้กรดปรับสภาพผิวฟันและการแทรกซึมของสารไพร์เมอร์จะเกิดขึ้นพร้อมกัน โดยขณะที่กลุ่มฟอสเฟตละลายแคลเซียมออกจากไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite) ไมเลกุลไพร์เมอร์เข้าไปในแท่งเคลือบฟัน ทำให้กระบวนการกรดกัดหยุดลง แล้วมีการสร้างสารประกอบเชิงซ้อนของกรดฟอสฟอริกและแคลเซียมขึ้น ข้อดีของสารเซลฟ์เอชชิงไพร์เมอร์คือ ลดการสูญเสียของเคลือบฟัน ลดความไวต่อความชื้นและลดเวลาทำงาน

การศึกษาที่ผ่านมาเป็นการศึกษาค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนที่ 30 นาที (Bishara et al., 2000) และ 24 ชั่วโมง (Cacciafesta et al., 2003; Lippitz et al., 1998) ดังนั้นในการศึกษานี้ ผู้วิจัยสนใจผลของการใช้สารคอนดิชันเนอร์ชนิดต่างๆ ที่มีต่อความแข็งแรงพันธะเฉือนในช่วงระยะ (5 นาที) เนื่องจากการใช้งานจริงทางคลินิกที่ทันตแพทย์จัดฟันจะต้องใส่ลวดโค้งทันทีหลังจากติดเครื่องมือเสร็จ

วัสดุและวิธีการ

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ฟันกรามน้อย 55 ซี่ที่ถูกถอนออกเพื่อการจัดฟันโดยเลือกฟันที่มีสภาพผิวฟันที่สมบูรณ์ ดูจากลักษณะฟันผิวที่เรียบ ไม่มีรอยร้าว สีของฟันมีลักษณะที่ปกติ

โดยเก็บไว้ในสารละลายไฮมอลความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เตรียมฟันโดยตัดรากฟันออกด้วยเครื่องตัดฟันความเร็วต่ำ (Low speed cutting machine) กำหนดให้ฟันที่ทำการตัดรากแล้วต้องมีความยาวของรากประมาณ 3 มิลลิเมตร วัดจากรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน หลังจากนั้นนำฟันกรามน้อยไปฝังในท่อพลาสติกพีวีซีด้วยอะคริลิกชนิดบ่มตัวเอง โดยให้ครึ่งหนึ่งทางด้านเพดานของฟันฝังลงในอะคริลิกและให้ด้านแก้มของฟันขนานกับแนวแรงที่ใช้ตามวิธีทดสอบความแข็งแรงพันธะของ Padungvorasart และ Teechalertpaisarn (Padungvorasart and Teechalertpaisarn, 2012) เตรียมผิวฟันเพื่อติดแบร็กเกตโดยขัดฟันด้วยผงพัมมิชที่ไม่มีฟลูออไรด์ (non-fluoridated pumice) เป็นเวลา 10 วินาที ล้างออกด้วยน้ำสะอาด จากนั้นแบ่งฟัน 55 ซี่ ออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 11 ซี่ โดยวิธีการคัดเลือกแบบสุ่ม ในแต่ละกลุ่ม ฟัน 10 ซี่จะถูกนำไปทดสอบความแข็งแรงพันธะเฉือน และฟัน 1 ซี่จะถูกนำไปศึกษาโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดสารคอนดิชันเนอร์ในแต่ละกลุ่มมีดังนี้

กลุ่มที่ 1 ไม่มีการปรับสภาพผิวฟัน เช็ดผิวฟันด้วยสำลีชื้น

กลุ่มที่ 2 เป่าฟันให้แห้งโดยใช้ทริปเปิลไซริงค์ (Triple syringe) ทากรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 20 (Ortho conditioner, GC, Japan) ที่ผิวฟันเป็นเวลา 20 วินาที ล้างด้วยน้ำสะอาด 10 วินาที แล้วเช็ดผิวฟันด้วยสำลีชื้น

กลุ่มที่ 3 เป่าฟันให้แห้ง ทากรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 ที่ผิวฟันเป็นเวลา 15 วินาที ล้างด้วยน้ำสะอาด 10 วินาที แล้วเช็ดผิวฟันด้วยสำลีชื้น

กลุ่มที่ 4 เป่าฟันให้แห้ง ทาสารเซลฟ์เอชชิงไพรเมอร์ (Transbond Plus SEP, 3M Unitek) ที่ผิวฟันเป็นเวลา 3 วินาที แล้วเป่าลมเบาๆ เป็นเวลา 1-2 วินาที

กลุ่มที่ 5 เป่าฟันให้แห้ง ทากรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 ที่ผิวฟันเป็นเวลา 15 วินาที ล้างด้วยน้ำสะอาด 10 วินาที แล้วเป่าให้แห้ง

กลุ่มที่ 1-4 (กลุ่มทดลอง) ยึดติดแบร็กเกตด้วยเรซินมอดิฟายกลาสไอโอไอโนเมอร์ (Fuji Ortho LC, GC USA) โดยผสมส่วนผงและส่วนของเหลวตามคำแนะนำของผู้ผลิตในอัตราส่วน 3 กรัมต่อ 1 กรัม เป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นทำการยึดติดแบร็กเกต

ส่วนกลุ่มที่ 5 (กลุ่มควบคุม) ทาสารเรซินเหลวที่ฟัน จากนั้นยึดติดแบร็กเกตโดยใช้สารยึดติดเรซินคอมโพสิต Transbonds XT (3M Unitek, Monrovia, California, USA)

ทั้ง 5 กลุ่ม ทำการยึดติดโดยนำสารยึดติดใส่บนฐานแบร็กเกต (Mini-diamond™, Standard Edgewise Bracket, Ormco, Orange, CA, USA) ซึ่งมีพื้นที่ฐานแบร็กเกต 10.38 ตารางมิลลิเมตร เกลี่ยให้มีความหนาสม่ำเสมอ นำมากดลงบนตำแหน่งกึ่งกลาง ด้านแก้มของฟันที่เตรียมไว้ ทำการซ่อมกุดโดยผู้ทดลองคนเดียวกันและกดแบร็กเกตให้แนบกับผิวฟันมากที่สุด แล้วเขียนสารยึดติดโดยรอบออกโดยไม่มีการขยับของแบร็กเกต จากนั้นฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงที่มีแหล่งกำเนิดแสงชนิดแอลอีดี (Elipar S10, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) ความเข้มแสง 1200 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ฉายแสงด้านบดเคี้ยวและด้านใกล้เหงือกด้านละ 10 วินาที โดยฉายแสงห่างจากแบร็กเกต 1 มิลลิเมตร

จากนั้นนำ 10 ซี่จากทุกกลุ่มตัวอย่างมาวัดความแข็งแรงของพันธะเฉือนภายหลังการฉายแสง 5 นาที โดยเครื่องทดสอบสากล (Universal Testing Machine-Shimadzu) โหลดเซลล์ (Load cell) 500 นิวตัน ความเร็วในการเคลื่อนที่ของโหลดเซลล์ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที บันทึกค่าความแข็งแรงของพันธะเฉือนที่ทำให้แบร็กเกตหลุดออกจากผิวฟัน นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของพันธะเฉือนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยค่าสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และค่าสถิติ LSD ทดสอบว่ามีกลุ่มใดที่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การตรวจสอบตำแหน่งการยึดติดล้มเหลว

ตรวจสอบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวของการยึดติดแบร็กเกตในแต่ละชิ้นงานจากภาพถ่ายวัสดุติดยึดที่เหลืออยู่บนเคลือบฟันซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ กำลังขยาย 10 เท่า โดยผู้ทดลองคนเดียวกันในทุกชิ้นงาน จากนั้นวัดค่าดัชนีการเหลืออยู่ของวัสดุติดยึด (Adhesive remnant index; ARI) ตามเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

1 หมายถึง สารติดยึดติดอยู่บนเคลือบฟันทั้งหมด

2 หมายถึง สารติดยึดติดอยู่บนเคลือบฟันมากกว่าร้อยละ 90

3 หมายถึง สารติดยึดติดอยู่บนเคลือบฟันร้อยละ 10-90

4 หมายถึง สารติดยึดติดอยู่บนเคลือบฟันน้อยกว่าร้อยละ 10

5 หมายถึง ไม่มีสารยึดติดอยู่บนเคลือบฟันเลย

เปรียบเทียบความแตกต่างโดยค่าสถิติไคสแควร์ (Chi square) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยโปรแกรมสถิติเอสพีเอสเอส (SPSS software, version 17)

การศึกษาโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ศึกษาการยึดติดระหว่างสารยึดติดและชั้นเคลือบฟัน โดยตัวอย่างจากทั้ง 5 กลุ่ม กลุ่มละ 1 ชิ้น มาตัดในแนวขวาง (cross section) แขนในกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 2 โมล/ลิตร เป็นเวลา 20 วินาที ตามวิธีของ Shinichi และคณะ (Shinichi et al., 2000) จากนั้นนำตัวอย่างไปศึกษารอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึดติดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope: JSM-5410LV)

ผลการศึกษา

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงพันธะเฉือนแสดงดังตารางที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรง

พันธะเฉือนทั้ง 5 กลุ่ม โดยใช้ One-way ANOVA พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อวิเคราะห์ด้วยการทดสอบ LSD พบว่ากลุ่มที่ 3 ซึ่งปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกและกลุ่มที่ 4 ซึ่งปรับสภาพผิวฟันด้วยสารเซลฟ์เอตชิงไพรเมอร์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.433$) ส่วนระหว่างกลุ่มอื่นๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญดังนี้ กลุ่มที่ 1 และ 2 ($p = 0.044$) กลุ่มที่ 1 และ 3 ($p < 0.05$) กลุ่มที่ 1 และ 4 ($p < 0.05$) กลุ่มที่ 1 และ 5 ($p < 0.05$) กลุ่มที่ 2 และ 3 ($p = 0.002$) กลุ่มที่ 2 และ 4 ($p = 0.014$) กลุ่มที่ 2 และ 5 ($p < 0.05$) กลุ่มที่ 3 และ 5 ($p < 0.05$) กลุ่มที่ 4 และ 5 ($p < 0.05$)

ดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติดของทั้ง 5 กลุ่ม แสดงดังตารางที่ 2 จากสถิติการวิเคราะห์ไคสแควร์ (Chi-square test) พบว่าชนิดของสารคอนดิชันเนอร์มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงพันธะเฉือนที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยกลุ่มที่ 1 ซึ่งไม่ใช้สารคอนดิชันเนอร์ มีค่าเออาร์ไอที่ 5 มากที่สุด คือไม่มีสารยึดติดอยู่บนเคลือบฟันเลย กลุ่มที่ 2 ซึ่งปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกมีค่าเออาร์ไอที่ 4 มากที่สุด คือสารยึดติดอยู่บนเคลือบฟันน้อยกว่าร้อยละ 10 กลุ่มที่ 3 ซึ่งปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริก มีค่าเออาร์ไอที่ 1 มากที่สุด คือสารยึดติดอยู่บนเคลือบฟันทั้งหมด กลุ่มที่ 4 ซึ่งปรับสภาพผิวฟันด้วยสารเซลฟ์เอตชิงไพรเมอร์ มีค่าเออาร์ไอที่ 2 มากที่สุด คือสารยึดติดอยู่บนเคลือบฟันมากกว่าร้อยละ 90 และกลุ่มที่ 5 ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุม มีค่าเออาร์

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงพันธะเฉือนในทั้ง 5 กลุ่ม

Table 1 Mean and standard deviation of shear bond strength in megapascal (MPa) in each group.

Group	Mean $\pm$ SD (MPa)	N	LSD*
1 no conditioner / Fuji Ortho LC	8.4 $\pm$ 2.0	10	a
2 Polyacrylic acid 20% / Fuji Ortho LC	10.8 $\pm$ 0.7	10	b
3 Phosphoric acid 37% / Fuji Ortho LC	14.6 $\pm$ 3.0	10	c
4 Self-etching primer / Fuji Ortho LC	13.7 $\pm$ 1.7	10	c
5 Phosphoric acid 37% / Transbond XT	21.5 $\pm$ 4.0	10	d

N, sample size

*LSD grouping, means with the same letter are not significantly different

ไอที 1 มากที่สุดเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 3

ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ซึ่งแสดงลักษณะการยึดติดบริเวณรอยต่อระหว่างสารยึดติด และเคลือบฟันดังรูปที่ 1 รูป A ไม่ใช้สารคอนดิชันเนอร์ ไม่พบการแทรกซึมของเรซิน รูป B กรดฟอสฟอริกพบการแทรกซึมของเรซินเข้าไปในชั้นเคลือบฟันเพียงเล็กน้อยและมีจำนวนน้อย รูป C กรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 37 พบการแทรกซึมของเรซินจำนวนมาก แต่ขนาดเล็กกว่ารูป D สารเซลฟ์เอชชิงไพรเมอร์แทนเรซินมีรูปร่างชัดเจนและใหญ่กว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ และรูป E กรดฟอสฟอริกร่วมกับการทาเรซินเหลวและใช้สารยึดติดเรซินคอมโพสิตจะเห็นการแทรกซึมของเรซินลึกกว่ากลุ่มที่ใช้สารยึดติดเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์

วิจารณ์

เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์มีคุณสมบัติต่อต้านฟันผุจากการปลดปล่อยฟลูออไรด์ (Rix et al., 2001; Regalla et al., 2014; Chatzistavrou et al., 2010) เมื่อเปรียบเทียบ

กับคอมโพเมอร์ พบว่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในคราบจุลินทรีย์มากกว่า โดยปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำลายและปัสสาวะไม่มีการเปลี่ยนแปลง จึงไม่มีผลทางระบบ มีผลเฉพาะที่รอบแบร็กเกตเท่านั้น (Chung et al., 1998) เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่าคอมโพเมอร์ เรซินคอมโพสิตที่มีและไม่มีฟลูออไรด์ตามลำดับ สามารถสะสมและปลดปล่อยฟลูออไรด์เพิ่มขึ้นหลังจากใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ เช่น น้ำยาบ้วนปากที่ผสมฟลูออไรด์ 1000 ppm หรือ เอพีเอฟ เจล (acidulated phosphate fluoride gel) โดยเฉพาะช่วง 2 วันแรก หลังจากนั้นกลับสู่ระดับปกติ ทั้งนี้ความสามารถในการปล่อยหรือการสะสมกลับของฟลูออไรด์ขึ้นกับความสามารถดั้งเดิมของสารยึดติดแต่ละชนิด (Ahn et al., 2011) นอกจากนี้เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ยังสามารถลดการสูญเสียแร่ธาตุรอบแบร็กเกตได้มากกว่าเรซินคอมโพสิตที่มีฟลูออไรด์ และไม่มีฟลูออไรด์ (Pascotto et al., 2004; de Moura et al., 2006; Paschos et al., 2009) โดยสารคอนดิชันเนอร์ที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้คือกรดฟอสฟอริก ซึ่งใช้เพื่อ

ตารางที่ 2 ค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติดภายหลังการหลุดของแบร็กเกต

Table 2 Adhesive remnant index after debonding

Group	Adhesive Remnant Index (ARI) Score*					N
	1	2	3	4	5	
1 no conditioner / Fuji Ortho LC	—	—	1	1	8	10
2 Polyacrylic acid 20% / Fuji Ortho LC	—	—	2	6	2	10
3 Phosphoric acid 37% / Fuji Ortho LC	5	1	1	3	—	10
4 Self-etching primer / Fuji Ortho LC	4	5	—	1	—	10
5 Phosphoric acid 37% / Transbond XT	6	3	1	—	—	10

*The ARI score ranges from 1 to 5,

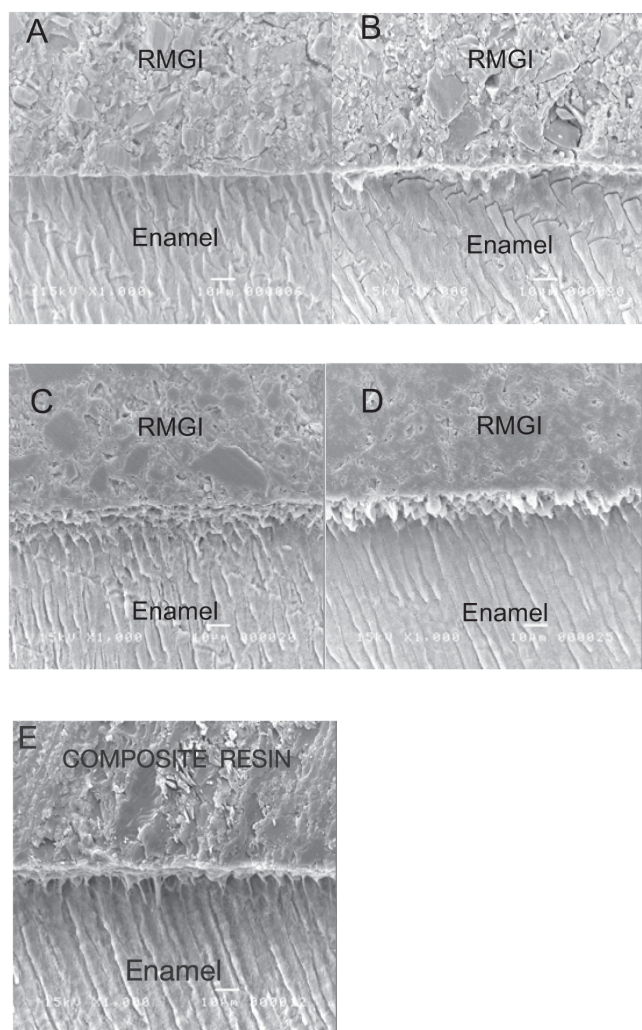
with 5 indicating that no adhesive remained on the enamel;

4, less than 10% of adhesive remained on the enamel;

3, more than 10% but less than 90% of the adhesive remained on the enamel;

2, more than 90% of the adhesive remained; and

1, all of the adhesive remained on the enamel



รูปที่ 1 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดในกลุ่มทดลอง (A-D) ยึดติดแบร็กเก็ตด้วยเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ ซึ่งปรับสภาพผิวฟันด้วย (A) ไม่มีสารคอนดิชันเนอร์ (B) กรดพอลิอะคริลิก (C) กรดฟอสฟอริก (D) สารเซลฟ์เอชชิงไพรเมอร์ ในกลุ่มทดลองแสดงลักษณะของแท่งเรซินที่ค่อยๆ มีการแทรกซึมของเรซินที่มากขึ้นเรื่อยๆ ตามลำดับ กลุ่มควบคุม (E) ปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกและยึดติดแบร็กเก็ตด้วยเรซินคอมโพสิต

Fig. 1 Scanning electron micrographs of the specimens from experimental groups (A-D) conditioned with (A) no conditioner, (B) polyacrylic acid (C) phosphoric acid and (D) self-etching primer, the brackets bonded with resin-modified glass ionomer adhesive and control group (E) conditioned with phosphoric acid and the bracket bonded with composite resin.

กำจัดสิ่งปนเปื้อน ทำความสะอาดพื้นผิว และเพิ่มความสามารถในการกระจายตัว (wettability) ของวัสดุ อย่างไรก็ตาม Bishara และคณะรายงานค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนในระยะแรกที่ไม่มากนัก (Bishara et al., 2000) และน้อยกว่าค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนที่แนะนำว่าเพียงพอสำหรับการใช้งานในคลินิก (6 ถึง 8 เมกะปาสคาล) (Renolds, 1975)

ในการศึกษานี้ผู้วิจัยต้องการเพิ่มความแข็งแรงพันธะเฉือนในระยะแรกของการเกิดพอลิเมอร์ของวัสดุยึดติดเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์โดยการเปลี่ยนสารคอนดิชันเนอร์ ผลการศึกษาพบว่าความแข็งแรงพันธะเฉือนของทุกกลุ่มเพียงพอสำหรับการใช้งานทางคลินิก (Renolds, 1975) โดยกลุ่มที่ไม่ใช้สารคอนดิชันเนอร์ให้ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนน้อยที่สุด (8.4 ± 2 เมกะปาสคาล) แสดงให้เห็นถึงพันธะเคมี

ของกลาสไอโอโนเมอร์ ระหว่างกลุ่มคาบออกซิล (COO^-) กับผิวเคลือบฟัน (Brantley and Eliades editors, 2001) กลุ่มที่ปรับสภาพฟันด้วยกรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 20 ให้ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน 10.8 ± 0.7 เมกะปาสคาล ซึ่งให้ความแข็งแรงพันธะเฉือนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับกลุ่มที่ใช้กรดฟอสฟอริกและสารเซลฟ์เอชชิงไพร์มเมอร์ ให้ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน 14.6 ± 3 และ 13.7 ± 1.7 เมกะปาสคาล ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าสองกลุ่มแรกอย่างมีนัยสำคัญ จะเห็นได้ว่าสารคอนดิชันเนอร์สองชนิดหลังสามารถใช้เพื่อเพิ่มความแข็งแรงพันธะเฉือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงพันธะเฉือนในการศึกษานี้กับการศึกษาที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่ากลุ่มกรดฟอสฟอริกมากกว่าของ Bishara และคณะ (Bishara et al., 2000) (3.3 ± 2.6 เมกะปาสคาล) ที่ 30 นาที Newman และคณะ (7.9 ± 2.3 เมกะปาสคาล) ที่ 14 วันและของ Reicheneder และคณะ (Reicheneder et al., 2009) (6.8 ± 1.3 เมกะปาสคาล) ที่ 24 ชั่วโมง แต่น้อยกว่าของ Cacciafesta และคณะ (Cacciafesta et al., 2003) (13.1 ± 2.6 เมกะปาสคาล) ที่ 24 ชั่วโมง ส่วนกลุ่มกรดฟอสฟอริกใกล้เคียงกับการศึกษาของ Cacciafesta และคณะ (Cacciafesta et al., 2003) (15.5 ± 2.9 เมกะปาสคาล) แต่มากกว่าการศึกษา ของ Bishara และคณะ (Bishara et al., 2000) (6.1 ± 2.7 เมกะปาสคาล) และ Chung และคณะ (Chung et al., 1999) (5.3 ± 2.5 เมกะปาสคาล) ซึ่งศึกษาที่ 24 ชั่วโมง ทั้งนี้ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนในแต่ละการทดลองมีความแตกต่างกันอยู่บ้างเนื่องจากมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ ความเร็วของเครื่องทดสอบสากล (Finnema et al., 2010) ความเข้มแสงของเครื่องฉายแสง (Dongpaiboon et al., 2014; Staudt et al., 2006) เวลาทดสอบหลังการเกิดพอลิเมอร์โดยใช้แสง (photopolymerization) (Lippitz et al., 1998) ชนิดของฟัน (Oesterle et al., 1998) ของเหลวที่ใช้เก็บรักษา (Finnema et al., 2010; Oesterle et al., 1998) การทำ Thermocycling (Vinagre et al., 2014) และชนิดแบร็กเกต (Wang et al., 2004) อย่างไรก็ตามในการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นพบว่ากลุ่มทดลองที่ใช้สารปรับสภาพฟันที่เป็นกรดฟอสฟอริกและสารเซลฟ์เอชชิงไพร์มเมอร์ให้ความแข็งแรงพันธะเฉือนมากกว่ากรดฟอสฟอริก

สำหรับกลุ่มที่ใช้สารเซลฟ์เอชชิงไพร์มเมอร์ให้ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (13.7 ± 1.7 เมกะปาสคาล) น้อยกว่ากลุ่มกรดฟอสฟอริก (14.6 ± 3 เมกะปาสคาล) โดยทั้งนี้มียหลายการศึกษาที่พบว่าสารเซลฟ์เอชชิงไพร์มเมอร์ให้ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนน้อยกว่ากรดฟอสฟอริก แต่เป็นการศึกษา

โดยใช้เรซินคอมโพสิตเป็นสารยึดติด (Bishara et al., 1999; Cehreli et al., 2005; Abdelnaby and Al-Wakeel Eel, 2010) อย่างไรก็ตามกลุ่มควบคุมที่ใช้สารยึดติดเรซินคอมโพสิตโดยปรับสภาพฟันด้วยกรดฟอสฟอริกให้ความแข็งแรงพันธะเฉือนมากที่สุด (21.5 ± 4 เมกะปาสคาล) แสดงถึงความแข็งแรงของสารยึดติดคอมโพสิตเรซินที่มากกว่าเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์

ในการยึดติดด้วยกลาสไอโอโนเมอร์หรือเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ยึดติดบนผิวฟันที่ขึ้นเนื่องจากความชื้นช่วยในการแตกตัวของกรดขณะเกิดปฏิกิริยากัด-ต่าง ดังนั้นผิวฟันที่แห้งจะมีผลข้างเคียงต่อความแข็งแรงพันธะ ทั้งนี้ควรคำนึงถึงชนิดของสารคอนดิชันเนอร์ที่ใช้ปรับสภาพฟันด้วย โดยมีการศึกษาผลของสารคอนดิชันเนอร์และสภาวะแห้งหรือชื้นของฟันพบว่า การไม่ใช้สารคอนดิชันเนอร์ภาวะชื้นมีผลเพิ่มความแข็งแรงพันธะเฉือนอย่างมีนัยสำคัญและลดความแข็งแรงพันธะยึดติดอย่างมีนัยสำคัญ การปรับสภาพฟันด้วยกรดฟอสฟอริกภาวะชื้นมีผลเพิ่มความแข็งแรงพันธะเฉือนอย่างไม่มีนัยสำคัญ การปรับสภาพฟันด้วยกรดฟอสฟอริกสภาวะแห้งมีผลเพิ่มความแข็งแรงพันธะเฉือนอย่างมีนัยสำคัญ และเพิ่มความแข็งแรงพันธะยึดติดอย่างไม่มีนัยสำคัญ การปรับสภาพฟันด้วยสารเซลฟ์เอชชิงไพร์มเมอร์สภาวะแห้งหรือชื้นให้ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนไม่แตกต่างกัน (Cacciafesta et al., 2003; Cheng et al., 2011)

การทดสอบความแข็งแรงพันธะเฉือนนิยมใช้ในการศึกษาความแข็งแรงพันธะของสารยึดติดในทางทันตกรรมจัดฟันเนื่องจากคล้ายกับแรงที่เกิดขึ้นขณะที่ผู้ป่วยบดเคี้ยวอาหาร โดยเป็นแรงในแนวตั้งกระทำต่อแบร็กเกต บางการศึกษาทดสอบความแข็งแรงพันธะยึดติด (tensile bond strength) ซึ่งคล้ายกับแรงที่ใช้ขณะนำแบร็กเกตออกหลังจากเสร็จสิ้นการรักษา หรือใช้ศึกษาการยึดติดกับระหว่างสารยึดติดและแบร็กเกตชนิดยึดติดด้วยตนเอง (self-ligating bracket) Reicheneder และคณะ (Reicheneder et al., 2009) พบว่าค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนของเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์น้อยกว่าค่าความแข็งแรงพันธะยึดติดอย่างไม่มีนัยสำคัญ Jassem และคณะ (Jassem et al., 1981) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างความแข็งแรงพันธะเฉือนและยึดติด Cheng และคณะ (Cheng et al., 2011) พบว่าความแข็งแรงพันธะยึดติดที่ 24 ชั่วโมงของกลุ่มที่ปรับสภาพฟันด้วยกรดฟอสฟอริกเท่ากับ 13.2 ± 5.9 เมกะปาสคาล ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับความแข็งแรงพันธะเฉือนในการศึกษานี้

ความแข็งแรงพันธะเนื้อที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นความแข็งแรงพันธะระดับมหัพภาค (macro bond strength) ทดสอบในชิ้นงานที่มีพื้นที่การยึดติดค่อนข้างใหญ่ (ประมาณ 7-28 ตารางมิลลิเมตร) มีข้อดีคือ เตรียมชิ้นงานได้ง่ายและวิธีการทดสอบง่ายต่อทำการทดสอบความแข็งแรงพันธะระดับจุลภาค (micro bond strength) เป็นที่นิยมอย่างมาก โดยมีแนวคิดที่ว่าทดสอบในชิ้นงานที่มีพื้นที่การยึดติดเล็ก (ประมาณ 1 ตารางมิลลิเมตร) จะลดการเกิดความล้มเหลวในการยึดติดภายในสารนั้น ๆ (cohesive failure) และเพิ่มความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างสารสองชนิดที่แตกต่างกัน (adhesive failure) ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าความแข็งแรงพันธะระหว่างวัสดุอย่างแท้จริง นอกจากนี้ฟัน 1 ซี่ สามารถตัดได้หลายชิ้นงาน ผลลัพธ์ที่ได้มีการกระจายลดลงเนื่องจากลดปัจจัยที่เกิดจากความแตกต่างของฟัน จึงทำให้ความแปรปรวนลดลง ผลลัพธ์มีความเที่ยงตรง (validity) มากกว่าความแข็งแรงพันธะระดับมหัพภาค (Braga et al., 2010; Armstrong et al., 2010) ค่าความแข็งแรงพันธะสัมพันธ์กันทางตรงกันข้ามกับขนาดพื้นที่การยึดติด ดังนั้นค่าความแข็งแรงพันธะระดับมหัพภาคจะน้อยกว่าค่าความแข็งแรงพันธะระดับจุลภาค (Scherrer et al., 2010) ทั้งนี้ในการทดสอบความแข็งแรงพันธะของสารยึดติดแบร็กเกตในทางทันตกรรมจัดฟัน ไม่สามารถตัดแบร็กเกตขนาดเล็กมากได้ ดังนั้นความแข็งแรงพันธะระดับจุลภาคจึงไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก

เมื่อคำนึงถึงผิวเคลือบฟันที่เปลี่ยนไปเนื่องจากคอนดิชันเนอร์ชนิดต่าง ๆ พบว่ากรดฟอสฟอริกทำให้เกิดการสูญเสียเคลือบฟันมากกว่าสารเซลฟ์เอซซิงไพร์มเมอร์ และกรดฟอสฟอริกตามลำดับ Es-Souni และคณะ (Es-souni et al., 2002) พบว่ากรดฟอสฟอริกจะทำให้เกิดความขรุขระของเคลือบฟัน 11-13 นาโนเมตร ส่วนกรดฟอสฟอริกจะสูญเสียเคลือบฟัน 10-30 ไมโครเมตร (Wickwire and Rentz, 1973) Hosein และคณะ (Hosein et al., 2004) พบว่ามีการสูญเสียเคลือบฟันภายหลังการใช้กรดฟอสฟอริก 1.1-4.6 ไมโครเมตร สารเซลฟ์เอซซิงไพร์มเมอร์ 0.03-0.7 ไมโครเมตร Van Meerbeek และคณะ (Van Meerbeek B et al., 2003) พบว่าสารเซลฟ์เอซซิงไพร์มเมอร์แทรกซึมเข้าไปในชั้นเคลือบฟัน 5 ไมโครเมตร ซึ่งสัมพันธ์กับภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่พบว่ากรดฟอสฟอริกทำให้มีการสูญเสียเคลือบฟันมากกว่าการใช้สารเซลฟ์เอซซิงไพร์มเมอร์ (Vilchis et al., 2007) Bishara และคณะ (Bishara et al., 2000) แสดงให้เห็นผิวเคลือบฟันที่ใช้กรดฟอสฟอริกปรับสภาพ มีลักษณะค่อนข้างเรียบ มีความขรุขระเพียงเล็กน้อย ส่วนผิวเคลือบฟันที่ใช้กรดฟอสฟอริกปรับสภาพ มีความขรุขระ

มากกว่าและลึกกว่าการใช้กรดฟอสฟอริก นอกจากนั้นกรดฟอสฟอริกมีผลลดความแข็งแรงของเคลือบฟันได้แบร็กเกตอย่างมีนัยสำคัญ (Pascotto et al., 2004)

การเปลี่ยนแปลงสารคอนดิชันเนอร์ทำให้ความแข็งแรงพันธะเนื้อเพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับค่าเออาร์ไอที่แสดงถึงการหลงเหลือของสารยึดติดบนเคลือบฟันที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้า (Cacciafesta et al., 2003) โดยกลุ่มที่ไม่ใช้สารคอนดิชันเนอร์พบว่าไม่มีสารยึดติดติดอยู่บนเคลือบฟัน แสดงว่าพันธะยึดติดระหว่างผิวเคลือบฟันและสารยึดติด (enamel-adhesive interface) น้อยกว่าพันธะยึดติดระหว่างสารยึดติดและฐานแบร็กเกต (bracket-adhesive interface) และพบว่ามีสารยึดติดเหลืออยู่ที่ฟันมากขึ้นในกลุ่มที่ปรับสภาพผิวด้วยกรดฟอสฟอริก สารเซลฟ์เอซซิงไพร์มเมอร์ และกรดฟอสฟอริก ตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กับความแข็งแรงพันธะเนื้อที่เพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีการเหลืออยู่ของวัสดุยึดติดระหว่างเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอไอโนเมอร์และเรซินคอมโพสิต พบว่าเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอไอโนเมอร์พบสารยึดติดเหลือน้อยกว่าเรซินคอมโพสิต ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lee และคณะ (Lee and Lim, 2008) โดยวัดปริมาณสารยึดติดที่เหลืออยู่พบว่าเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอไอโนเมอร์ (0.6 ± 0.6 ตารางมิลลิเมตร) พบปริมาณสารยึดติดเหลือน้อยกว่าเรซินคอมโพสิต (1.4 ± 0.9 ตารางมิลลิเมตร) และการศึกษาของ Shamsi และคณะ (Al Shamsi et al., 2007) ศึกษาความหนาของสารยึดติดโดยกล้อง เลเซอร์สแกนแบบสามมิติ พบว่าเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอไอโนเมอร์ (31.2 ± 26.5 ไมโครเมตร) มีความหนาของสารยึดติดเหลือน้อยกว่าเรซินคอมโพสิต (102.7 ± 79.7 ไมโครเมตร) ดังนั้นการที่มีสารยึดติดเหลือน้อยเป็นข้อดีของเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอไอโนเมอร์ ที่ช่วยลดเวลาการกรอสารยึดติดออกภายหลังขั้นตอนการนำแบร็กเกตออก ทำให้ลดเวลาทำงานของทันตแพทย์ได้

จากภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าแท่งเรซินของกลุ่มที่ใช้สารเซลฟ์เอซซิงไพร์มเมอร์มีรูปร่างใหญ่และจำนวนมากกว่ากลุ่มทดลองอื่น ๆ แต่ความแข็งแรงพันธะเนื้อของกลุ่มนี้ไม่มากกว่ากลุ่มที่ปรับสภาพด้วยกรดฟอสฟอริก ซึ่งสอดคล้องกับ Shinchu และคณะ (Shinchu et al., 2000) ที่พบว่าความยาวของแท่งเรซินไม่สัมพันธ์กับค่าความแข็งแรงพันธะยึดดึง (tensile bond strength) ดังนั้นความยาวของแท่งเรซินจึงไม่ใช่ปัจจัยสำคัญเพียงอย่างเดียวที่มีผลต่อความแข็งแรงพันธะระหว่างสารยึดติดกับเคลือบฟัน อย่างไรก็ตาม Fjeld และ Ogaard (Fjeld and Ogaard, 2006) พบว่าการปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกไม่พบแท่ง

เรซิน ส่วนสารเซลฟ์เอชชิงไฟร์เมอร์พบแท่งเรซินขนาดเล็กจำนวนน้อยและสั้น (5-10 ไมโครเมตร) กว่ากรดฟอสฟอริก (10-20 ไมโครเมตร) การศึกษานี้พบแท่งเรซินของกลุ่มทดลองที่ใช้กรดฟอสฟอริกสั้นกว่าสารเซลฟ์เอชชิงไฟร์เมอร์เนื่องจากการยึดติดด้วยเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ไม่มีขั้นตอนการทำเรซินเหลวหลังการปรับสภาพผิวฟันเมื่อไม่มีขั้นตอนนี้ทำให้การแทรกซึมของเรซินน้อยกว่าเนื่องจากเรซินเหลวมีความหนืดน้อยจึงสามารถแทรกซึมได้ดีกว่าเรซินในสารยึดติดเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Dongpaiboon และ Techalertpaisarn (Dongpaiboon and Techalertpaisarn, 2015) พบว่ากลุ่มที่ทำเรซินเหลว แท่งเรซินมีรูปร่างชัดเจนและแทรกซึมเข้าไปในชั้นเคลือบฟันมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ทำเรซินเหลว

การใช้สารเซลฟ์เอชชิงไฟร์เมอร์เป็นสารคอนดิชันเนอร์ก่อนการยึดติดด้วยเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ให้ความแข็งแรงพันธะเฉือนที่เพิ่มขึ้นจากการดพอลิอะคริลิกซึ่งเป็นสารคอนดิชันเนอร์ดั้งเดิมที่ผู้ผลิตแนะนำอย่างมีนัยสำคัญ มีการสูญเสียแร่ธาตุจากการเตรียมผิวฟันที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการใช้กรดฟอสฟอริก โดยมีความแข็งแรงพันธะเฉือนที่ใกล้เคียงกัน และลดเวลาทำงานในคลินิกลง แม้ว่าอาจจะมีการสูญเสียเคลือบฟันมากกว่ากรดพอลิอะคริลิกเล็กน้อย สารเซลฟ์เอชชิงไฟร์เมอร์จึงเป็นตัวเลือกที่ดีในเตรียมผิวเคลือบฟันเพื่อการยึดติดแบร็กเกต

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ทดลองในห้องปฏิบัติการซึ่งมีสภาพแวดล้อมแตกต่างจากในช่องปาก เช่น ความชื้น อุณหภูมิ และทิศทางการฉายแสง เป็นต้น นอกจากนี้ยังเป็นการศึกษาผลของสารคอนดิชันเนอร์ที่มีต่อความแข็งแรงพันธะเฉือนของวัสดุเพียงผลิตภัณฑ์เดียว ดังนั้นผลการทดลองที่ได้ อาจจะไม่สามารถนำไปใช้แปลผลสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ ซึ่งควรทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป รวมทั้งการศึกษากล่องเหลือของสารยึดติดบนเคลือบฟันเป็นเพียงการวัดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ไม่สามารถวัดปริมาณหรือความหนาของสารยึดติดได้ อาจเปลี่ยนเป็นระบบสามมิติเพื่อใช้วัดปริมาณสารยึดติดที่เหลืออยู่เพื่อให้ผลการศึกษาเที่ยงตรงมากขึ้นในการศึกษาต่อไป

สรุป

1. ชนิดของสารคอนดิชันเนอร์มีผลต่อความแข็งแรงของพันธะเฉือนในช่วงแรกของการแบร็กเกตและผิวเคลือบฟัน โดยกลุ่มที่ปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกและกลุ่มที่ปรับสภาพผิวฟันด้วยสารเซลฟ์เอชชิงไฟร์เมอร์ให้ความแข็งแรง

ของพันธะเฉือนมากกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สารคอนดิชันเนอร์และกลุ่มที่ปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดพอลิอะคริลิก

2. ชนิดของสารคอนดิชันเนอร์สัมพันธ์กับค่าดัชนีการเหลืออยู่ของสารยึดติดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณส่วนงานบริการวิจัยและพัฒนา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนให้ “ทุนส่งเสริมการวิจัยของคณาจารย์ ปีงบประมาณ 2557 รหัสโครงการ DRF 57018” และขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ทพ.ดร.ชัยวัฒน์ มณีบุษย์ ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินงานศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Abdelnaby YL, Al-Wakeel Eel S. Effect of early orthodontic force on shear bond strength of orthodontic brackets bonded with different adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138:208-14.
- Ahn SJ, Lee SJ, Lee DY, Lim BS. Effects of different fluoride recharging protocols on fluoride ion release from various orthodontic adhesives. *J Dent.* 2011;39:196-201.
- Al Shamsi AH, Cunningham JL, Lamey PJ, Lynch E. Three-dimensional measurement of residual adhesive and enamel loss on teeth after debonding of orthodontic brackets: an in-vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131:301 e9-15.
- Andrzejewska E, Andrzejewski M, Socha E, Zych-Tomkowiak D. Effect of polyacid aqueous solutions on photocuring of polymerizable components of resin-modified glass ionomer cements. *Dent Mater.* 2003;19:501-9.
- Armstrong S, Geraldini S, Maia R, Raposo LH, Soares CJ, Yamagawa J. Adhesion to tooth structure: a critical review of “micro” bond strength test methods. *Dent Mater.* 2010;26:e50-62.
- Bishara SE, Gordan VV, VonWald L, Jakobsen JR. Shear bond strength of composite, glass ionomer, and acidic primer adhesive systems. *Am J Orthod*

- Dentofacial Orthop. 1999;115:24-8.
- Bishara SE, Vonwald L, Laffoon JF, Jakobsen JR. Effect of altering the type of enamel conditioner on the shear bond strength of a resin-reinforced glass ionomer adhesive. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118:288-94.
- Braga RR, Meira JB, Boaro LC, Xavier TA. Adhesion to tooth structure: a critical review of "macro" test methods. *Dent Mater.* 2010;26:e38-49.
- Brantley WA, Eliades T, editors. *Orthodontic materials scientific and clinical aspects*: Stuttgart, New York: Thieme; 2001:229.
- Cacciafesta V, Sfondrini MF, Baluga L, Scribante A, Klersy C. Use of a self-etching primer in combination with a resin-modified glass ionomer: effect of water and saliva contamination on shear bond strength. *Am J Orthod Dentofac.* 2003;124: 420-6.
- Cehreli ZC, Kecik D, Kocadereli I. Effect of self-etching primer and adhesive formulations on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005;127:573-9; quiz 625-6.
- Chatzistavrou E, Eliades T, Zinelis S, Athanasiou AE, Eliades G. Fluoride release from an orthodontic glass ionomer adhesive in vitro and enamel fluoride uptake in vivo. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137:458 e1-8; discussion-9.
- Cheng HY, Chen CH, Li CL, Tsai HH, Chou TH, Wang WN. Bond strength of orthodontic light-cured resin-modified glass ionomer cement. *Eur J Orthod.* 2011;33:180-4.
- Chung C-H, Cuzzo PT, Mante FK. Shear bond strength of a resin-reinforced glass ionomer cement: An in vitro comparative study. *Am J Orthod Dentofac.* 1999;115:52-4.
- Chung CK, Millett DT, Creanor SL, Gilmour WH, Foye RH. Fluoride release and cariostatic ability of a compomer and a resin-modified glass ionomer cement used for orthodontic bonding. *J Dent.* 1998;26:533-8.
- de Moura MS, de Melo Simplicio AH, Cury JA. In-vivo effects of fluoridated antiplaque dentifrice and bonding material on enamel demineralization adjacent to orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130:357-63.
- Dongpaiboon P, Techalertpaisarn P. The effect of liquid resin on initial shear bond strength of orthodontic adhesives. *CU Dent J.* 2015;38:11-20.
- Dongpaiboon P, Techalertpaisarn P, Promsopa N, Kananurak S. Evaluation of 3 light curing units with different light intensity on initial shear bond strength of orthodontic adhesives. *CU Dent J* 2014;37:149-60.
- Es-Souni M, Fischer-Brandies H, Zaporozhshenko V. On the interaction of polyacrylic acid as a conditioning agent with bovine enamel. *Biomaterials.* 2002;23:2871-8.
- Finnema KJ, Özcan M, Post WJ, Ren Y, Dijkstra PU. In-vitro orthodontic bond strength testing: A systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofac.* 2010;137:615-22.e3.
- Fjeld M, Ogaard B. Scanning electron microscopic evaluation of enamel surfaces exposed to 3 orthodontic bonding systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130:575-81.
- Geiger AM, Gorelick L, Gwinnett AJ, Griswold PG. The effect of a fluoride program on white spot formation during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac.* 1988;93:29-37.
- Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett AJ. Incidence of white spot formation after bonding and banding. *Am J Orthod.* 1982;81:93-8.
- Hosein I, Sherriff M, Ireland AJ. Enamel loss during bonding, debonding, and cleanup with use of a self-etching primer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;126:717-24.
- Jassem HA, Retief DH, Jamison HC. Tensile and shear strengths of bonded and rebonded orthodontic attachments. *American Journal of Orthodontics.* 1981;79:661-8.
- Kitasako Y, Burrow MF, Nikaido T, Tagami J. The influence of storage solution on dentin bond durability of resin cement. *Dent Mater.* 2000;16:1-6.
- Leevailoj C, Chantaramungkorn M. Posterior tooth

- colored restorations. 2007;47-9.
- Lee YK, Lim YK. Three-dimensional quantification of adhesive remnants on teeth after debonding. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008;134:556-62.
- Legler LR, Retief DH, Bradley EL. Effects of phosphoric acid concentration and etch duration on enamel depth of etch: an in vitro study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1990;98:154-60.
- Lippitz SJ, Staley RN, Jakobsen JR. In vitro study of 24-1 hour and 30-day shear bond strengths of three resin-glass ionomer cements used to bond orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofac. 1998;113:620-4.
- Oesterle LJ, Shellhart WC, Belanger GK. The use of bovine enamel in bonding studies. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1998;114:514-9.
- Olsen ME, Bishara SE, Damon P, Jakobsen JR. Evaluation of Scotchbond multipurpose and maleic acid as alternative methods of bonding orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofac. 1997;111:498-501.
- Padungvorasat S, Techalertpaisarn P. Effect of light curing Direction on Shear Bond Strength and Degree of Cure of A Light-Cured Orthodontic Adhesive. J Dent Assoc Thai. 2012;62:126-34.
- Paschos E, Kleinschrodt T, Clementino-Luedemann T, Huth KC, Hickel R, Kunzelmann KH, et al. Effect of different bonding agents on prevention of enamel demineralization around orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2009;135:603-12.
- Pascotto RC, Navarro MF, Capelozza Filho L, Cury JA. In vivo effect of a resin-modified glass ionomer cement on enamel demineralization around orthodontic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2004;125:36-41.
- Reicheneder CA, Gedrange T, Lange A, Baumert U, Proff P. Shear and tensile bond strength comparison of various contemporary orthodontic adhesive systems: An in-vitro study. Am J Orthod Dentofac. 2009;135:422.e1-.e6.
- Regalla RR, Jadav C, Babu DA, RR SS, Sriram SK, Kattimani VS. Evaluation and comparison of quantity and pattern of fluoride release from orthodontic adhesives: an in vitro study. J Contemp Dent Pract. 2014;15:99-102.
- Renolds IR. A review of direct orthodontic bonding. Br J Orthod. 1975;2:171-8.
- Rix D, Foley TF, Banting D, Mamandras A. A comparison of fluoride release by resin-modified GIC and polyacid-modified composite resin. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2001;120:398-405.
- Scherrer SS, Cesar PF, Swain MV. Direct comparison of the bond strength results of the different test methods: a critical literature review. Dent Mater. 2010;26:e78-93.
- Shinchi MJ, Soma K, Nakabayashi N. The effect of phosphoric acid concentration on resin tag length and bond strength of a photo-cured resin to acid-etched enamel. Dent Mater. 2000;16:324-9.
- Staudt CB, Krejci I, Mavropoulos A. Bracket bond strength dependence on light power density. J Dent. 2006;34:498-502.
- Van Meerbeek B dMJ, Yoshita Y, Inoue S, Vargas M., P V. Effects of sealant and self-etching primer on enamel decalcification. Part II: An in-vivo study. Oper Dent. 2003;28:215-35.
- Vilchis RJ, Hotta Y, Yamamoto K. Examination of enamel-adhesive interface with focused ion beam and scanning electron microscopy. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007;131:646-50.
- Vinagre AR, Messias AL, Gomes MA, Costa AL, Ramos JC. Effect of time on shear bond strength of four orthodontic adhesive systems. Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial. 2014;55:142-51.
- Wang WN, Li CH, Chou TH, Wang DD, Lin LH, Lin CT. Bond strength of various bracket base designs. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2004;125:65-70.
- Wickwire NA, Rentz D. Enamel pretreatment: a critical variable in direct bonding systems. Am J Orthod. 1973;64:499-512.
- Wiltshire WA. Shear bond strengths of a glass ionomer for direct bonding in orthodontics. Am J Orthod Dentofac. 1994;106:127-30.

Effect of the enamel conditioners on initial shear bond strength of resin–modified glass ionomer adhesive to enamel

Nattaporn Laotaveerungrueng D.D.S.¹

Paiboon Techalertrapisarn D.D.S., Ph.D., Diplomate, Thai Board of Orthodontics²

¹Graduate student, Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

²Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

Abstract

Objective To study the effect of different enamel conditioners on initial shear bond strength of resin–modified glass ionomer adhesive to enamel.

Materials and methods Fifty five human premolars were divided into 5 groups (11 samples for each group). Group 1, 2, 3 and 4 (Experimental groups) were conditioned with no conditioner, 20% polyacrylic acid, 37% phosphoric acid and self-etching primer, respectively and the brackets bonded with resin–modified glass ionomer adhesive (Fuji ortho LC). Group 5 (Control group) was conditioned with 37% phosphoric acid and the brackets bonded with composite resin adhesive (Transbond XT). After light activation for 5 minutes, shear bond strengths of 10 specimens from each group were tested by universal testing machine. One remaining specimen from each group was used to investigate of resin penetration pattern into enamel under scanning electron microscope. The mean of shear bond strength among groups were compared by one–way ANOVA. The adhesive remnant indices (ARI) in each group were measured and tested by the Chi–square at 95% confidence interval.

Results Mean of shear bond strengths and standard deviations of test groups 1, 2, 3, 4 and 5 were 8.4 ± 2.0 , 10.8 ± 0.7 , 14.6 ± 3.0 , 13.7 ± 1.7 and 21.5 ± 4.0 megapascal, respectively. There is no significant difference between group 3 and 4 ($p=0.433$). Types of enamel conditioners were statistically significant to ARI scores ($p<0.05$). SEM image revealed that the size and number of resin tags in self-etching primer group are greater than other experimental groups.

Conclusion The use of phosphoric acid or self-etching primer as a conditioner before bonding with resin–modified glass ionomer adhesive can increase initial shear bond strength.

(CU Dent J. 2015;38:197–208)

Key words: enamel conditioner; initial shear bond strength; resin–modified glass ionomer adhesive

Correspondence to Paiboon Techalertrapisarn, paiboon.t@chula.ac.th