



การรื้อซึ่มระดับไมครอนของสารยึดติดสามชนิด ที่มีการปรับเปลี่ยนขั้นตอนการใช้งาน

ชุตินาฏ อินทนนท์ ท.บ.¹

ศิริวิมล ศรีสวัสดิ์ ท.บ., Cert. (Operative Dentistry), M.S. (Operative Dentistry), วท.ด. (ชีววิทยาช่องปาก)²

¹นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

²ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อประเมินการรื้อซึ่มระดับไมครอนของโพรงฟันชนิดคลาสไฟว์ที่บูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตเมื่อใช้สารยึดติด 3 ชนิดตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เปรียบเทียบกับเมื่อใช้สารยึดติดโดยการปรับวิธีการใช้

วัสดุและวิธีการ นำฟันกรามน้อยที่ถูกถอนของมนุษย์ 60 ซี่ กรอบเตรียมโพรงฟันชนิดคลาสไฟว์ทำการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิต โดยสารยึดติดที่ใช้ ได้แก่ ออปติบอนด์เอฟแอล เคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์ และเคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์ แบ่งเป็นกลุ่มที่ใช้ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เป็นกลุ่มควบคุมเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้สารยึดติด โดยมีการปรับวิธีการใช้ หลังจากผ่านเครื่องมือไฮดรอลิก 5,000 รอบแล้วนำมาทดสอบการรื้อซึ่ม ประเมินและวิเคราะห์ผลการรื้อซึ่มด้วยสถิติทดสอบไคสแควร์ และวิลคอกซัน ซายน์ แรงค์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษา เคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์มีการรื้อซึ่มที่เคลือบฟันน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมเมื่อกัดผิวเคลือบฟันด้วยกรดฟอสฟอริกก่อนทาสารยึดติด แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์ มีการรื้อซึ่มที่เคลือบฟันลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อปรับเปลี่ยนวิธีการใช้งานเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ออปติบอนด์เอฟแอล ที่ปรับเปลี่ยนวิธีการใช้งานมีการรื้อซึ่มที่เนื้อฟันน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

สรุป การใช้เคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเปรียบเทียบกับการใช้กรดฟอสฟอริกกัดที่ผิวเคลือบฟันมีประสิทธิภาพป้องกันการรื้อซึ่มที่เคลือบฟันไม่แตกต่างกัน ตรงข้ามกับเคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์ ซึ่งการรื้อซึ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่เคลือบฟันที่มีการใช้กรดกัดก่อน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้ตามคำแนะนำของผู้ผลิต สำหรับออปติบอนด์เอฟแอล การปรับสภาพเนื้อฟันด้วยไพรเมอร์เพียงอย่างเดียวพบว่าการรื้อซึ่มที่เนื้อฟันลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

(ว ทันต จุฬาฯ 2552;32:23-38)

คำสำคัญ: การใช้กรดกัดเฉพาะที่เคลือบฟัน; การรื้อซึ่มระดับไมครอน; สารยึดติดระบบเซลล์เพอซ

บทนำ

การยึดติดของวัสดุบูรณะกับฟันเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่ออายุการใช้งานของวัสดุบูรณะ สารยึดติดจึงได้รับการพัฒนา มากขึ้นและเข้ามามีบทบาทอย่างมาก กลไกในการยึดติดกับเคลือบฟันและเนื้อฟันใช้หลักการการแทนที่ส่วนของแร่ธาตุที่ถูกกำจัดออกจากเนื้อเยื่อแข็งของฟันด้วยเรซินโมโนเมอร์ ซึ่งภายหลังการแข็งตัวจะเกิดการยึดติดทางกลระดับจุลภาค (micro-mechanically interlocked)¹ สารยึดติดประกอบด้วยระบบหลัก 2 ระบบ คือ ระบบเอทช์แอนด์รีนส์ (etch and rinse) และระบบเซลฟ์เอทช์ (self-etch) โดยมีหลักการในการทำงานที่แตกต่างกัน หลักการทำงานของสารยึดติดระบบเอทช์แอนด์รีนส์ประกอบด้วยขั้นตอนการใช้กรดกัด (acid etching) ซึ่งผลที่กรดฟอสฟอริกทำต่อเนื้อฟัน คือ การกำจัดแร่ธาตุไฮดรอกซีอะพาไทต์เกือบทั้งหมดออก และเผยเครือข่ายคอลลาเจนทำให้เกิดเป็นรูพรุนเล็ก ๆ (microporous) มากมาย ตามด้วยขั้นตอนไพร้มิ่ง (priming) ให้เกิดการแพร่ (diffusion) และการแทรกซึม (infiltration) ของเรซินเข้าไปในเครือข่ายของเส้นใยคอลลาเจนที่ถูกเผยไว้² นักวิจัยเชื่อว่าการใช้กรดที่รุนแรงอาจจะทำให้มีการละลายแร่ธาตุที่เนื้อฟันมากจนเรซินโมโนเมอร์ไม่สามารถแทรกซึมได้อย่างสมบูรณ์ เกิดเป็นรอยรั่วระดับนาโน (nanoleakage)³ ได้ชั้นไฮบริด นอกจากนี้การทำงานกับระบบเอทช์แอนด์รีนส์ประกอบด้วยหลายขั้นตอน และแต่ละขั้นตอนมีความละเอียดอ่อน ต้องระมัดระวัง เนื่องจากเสี่ยงต่อความผิดพลาดได้มากถ้าไม่ปฏิบัติตามถูกต้อง ดังนั้นจึงมีการพัฒนาสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ขึ้น หลักการของสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ คือ การใช้โมโนเมอร์ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันได้ (polymerizable monomer) แทรกซึมไปพร้อม ๆ กับการละลายแร่ธาตุในขั้นตอนไพร้มิ่งเป็นการเตรียมสภาพฟันให้พร้อมรับสารยึดติด จึงช่วยลดความยุ่งยากในการใช้กรดฟอสฟอริกกัด สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์แบ่งตามความเป็นกรด⁴ ได้แก่ ชนิดที่มีความเป็นกรดสูง (strong self-etch adhesive) มีค่าความเป็นกรดเบสน้อยกว่า 1 กลไกการยึดติดและลักษณะพื้นฐานในเนื้อฟันมีลักษณะคล้ายกับที่พบจากการใช้สารยึดติดระบบเอทช์แอนด์รีนส์และสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ที่มีความเป็นกรดต่ำ (mild self-etch adhesive) มีค่าความเป็นกรดเบสประมาณ 2 หรือมากกว่า สามารถละลายผิวเนื้อฟันได้เพียงบางส่วน โดยมีการละลายแร่ธาตุในเนื้อฟันในปริมาณประมาณ 1 ไมครอน

เส้นใยคอลลาเจนยังถูกปกคลุมด้วยผลิตภัณฑ์ไฮดรอกซีอะพาไทต์บางส่วนซึ่งเชื่อว่าสามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับฟังก์ชันนอลโมโนเมอร์ (functional monomer) กลุ่มคาร์บอกซิลและกลุ่มฟอสเฟตเกิดการยึดทางเคมีเสริมด้วย นอกเหนือจากกลไกการยึดทางกลระดับจุลภาค⁵ สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากเชื่อว่าใช้งานง่าย เพราะมีขั้นตอนการทำงานน้อย ลดขั้นตอนการใช้กรดละลายแร่ธาตุและขั้นตอนการล้างกรด ลดปัญหาจากการที่กรดอาจกัดเนื้อฟันนานไป ทำให้เกิดการละลายแร่ธาตุมากเกินไป และมีโอกาสเกิดความผิดพลาดน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับสารยึดติดระบบเอทช์แอนด์รีนส์ ลดโอกาสเกิดการเสียวฟันหลังการบูรณะฟัน เนื่องจากยังมีสเมียร์พ러그 (smear plug) ปิดท่อนเนื้อฟัน³ การศึกษาทั้งในห้องปฏิบัติการและในคลินิกแสดงถึงประสิทธิภาพการยึดติดต่อเนื้อฟันของสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ที่มีความเป็นกรดต่ำที่เทียบเท่ากับการยึดติดเนื้อฟันของสารยึดติดระบบเอทช์แอนด์รีนส์^{6,7} แต่อย่างไรก็ดีสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ที่มีความเป็นกรดต่ำยังคงพบปัญหาการติดสีที่บริเวณขอบวัสดุบูรณะที่เป็นเคลือบฟัน^{8,9} มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าการยึดติดกับเคลือบฟันที่ถูกกรดฟอสฟอริกกัดเป็นการยึดติดที่มีความคงทน เนื่องจากคุณสมบัติโครงสร้างและส่วนประกอบที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ของเคลือบฟัน¹⁰ สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ที่มีความเป็นกรดต่ำไม่สามารถกัดผิวเคลือบฟันได้ดีเหมือนการใช้กรดฟอสฟอริก ทำให้สารระบบนี้ยึดติดกับเคลือบฟันได้ไม่ดี¹¹ ผู้ที่มีความเชื่อมั่นในประสิทธิภาพการยึดติดเนื้อฟันของระบบเซลฟ์เอทช์จึงพยายามที่จะปรับเปลี่ยนวิธีการใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์นอกเหนือไปจากการใช้ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต¹²⁻¹⁴ เพื่อให้เกิดการยึดติดกับเคลือบฟันดีขึ้น

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการรั่วซึมของสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ที่มีความเป็นกรดต่ำ 2 ชนิด และสารยึดติดระบบเอทช์แอนด์รีนส์ 3 ขั้นตอน 1 ชนิด โดยประเมินการรั่วซึมระดับไมครอนของโพรงฟันชนิดคลาสไฟว์ที่บูรณะด้วยเรซินคอมโพสิต เมื่อใช้สารยึดติดตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเปรียบเทียบกับปรับเปลี่ยนวิธีการใช้ สารยึดติดที่ใช้ในการทดลอง คือ เคลียร์ฟิลเอสลิปอนด์และเคลียร์ฟิล-ไตรเอสลิปอนด์ ซึ่งเป็นสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ที่มีความเป็นกรดต่ำ และออปติบอนด์เอฟแอลซึ่งเป็นสารยึดติดระบบเอทช์แอนด์รีนส์ 3 ขั้นตอน

วัสดุและวิธีการ

การวิจัยนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ เลือกใช้ฟันกรามน้อยที่ถูกถอนเพื่อการจัดฟัน ปรากฏการรอยผุ รอยอุด รอยร้าว จำนวน 60 ซี่ เป็นเวลาไม่เกิน 1 เดือนหลังจากการถอน ได้รับการยินยอมจากผู้ป่วยโดยผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยที่ใช้ชิ้นส่วนมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เก็บฟันในสารละลายไทมอล (Thymol) เข้มข้นร้อยละ 0.1 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การเตรียมโพรงฟัน

กรอแต่งฟันด้านกระพุ้งแก้มให้เป็นโพรงฟันชนิดคลาสไฟว์ โดยให้กึ่งกลางโพรงฟันอยู่บริเวณรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction) ขนาดของโพรงฟันลึก 1.5 มิลลิเมตร กว้าง 3.0 มิลลิเมตร และสูง 3.0 มิลลิเมตร โดยใช้เข็มกรอฟันจากเพชรทรงกระบอกชนิดกรอเร็ว เส้น

ผ่านศูนย์กลาง 1.0 มิลลิเมตร (A20, CrossTech, Bangkok, Thailand) และกรอปาดขอบ (bevel) ที่ผิวเคลือบฟันเป็นมุม 45 องศา ความกว้าง 1.0 มิลลิเมตร โดยใช้เข็มกรอฟันจากเพชรทรงแปลวไฟชนิดละเอียด (B8F, CrossTech, Bangkok, Thailand) เปลี่ยนเข็มกรอฟันเมื่อทำการกรอเตรียมโพรงฟัน 2 ซี่

ขั้นตอนการทาสารยึดติดและการบูรณะ

แบ่งฟันเป็น 6 กลุ่มด้วยวิธีสุ่ม สารยึดติดที่ทำการทดสอบ ได้แก่ ออปติบอนด์เอฟแอล (Optibond FL; Kerr, CA, USA) เคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์ (Clearfil SE Bond; Kuraray Co Ltd, Osaka, Japan) และเคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์ (Clearfil S³ Bond; Kuraray Co Ltd, Osaka, Japan) แบ่งกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 เป็นกลุ่มที่ใช้สารยึดติดตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต จัดเป็นกลุ่มควบคุม เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 4, 5 และ 6 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีการปรับเปลี่ยนวิธีการใช้สารยึดติด ส่วนประกอบทางเคมีและวิธีการใช้ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีและวิธีการใช้ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตของสารยึดติดที่ใช้ในการศึกษา

Table 1 Chemical composition and manufacturer’s instruction of adhesives investigated in the present study

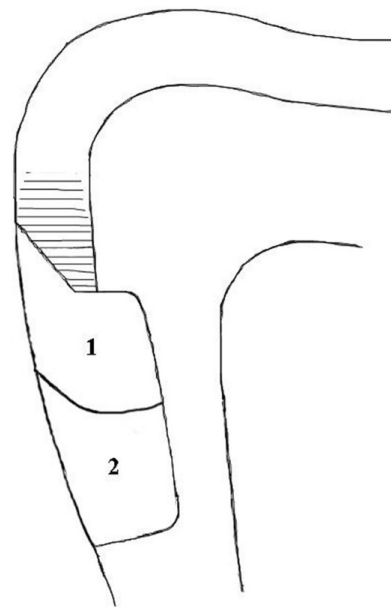
Product	Manufacturer	Composition	Application
OptiBond FL	Kerr, USA Lot 2744092	Etchant: 37.5% phosphoric acid, silica thickener Primer: HEMA, GPDM, PAMM, ethanol, water, photo-initiator Bond liquid: TEGDMA, UDMA, GPDM, HEMA, bis-GMA, ytterbium trifluoride, fillers, photo-initiators, stabilizers	Apply etchant for 15 sec, rinse for 15 sec; gently air dry, coat with primer using light agitation for 15 sec; gently air dry to remove solvent, apply adhesive in a uniform thin layer and light cure for 30 sec.
Clearfil SE Bond	Kuraray Co Ltd, Osaka, Japan Lot 81144	Primer: MDP, HEMA, hydrophilic dimethacrylate, photo-initiators, water Bond liquid: MDP, bis-GMA, HEMA, hydrophobic dimethacrylate, photo-initiators, filler	Apply primer for 20 sec; gently air blow to dry solvent; apply adhesive; gently blow again and light cure for 10 sec.
Clearfil S ³ Bond	Kuraray Co Ltd, Osaka, Japan Lot 51184	Water, MDP, bis-GMA, HEMA, hydrophobic DMA, CQ, ethyl alcohol, silanated colloidal silica	Apply adhesive for 20 sec; vigorously air blow for 5 sec, and light cure for 10 sec.

กลุ่มที่ 1 เตรียมผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37.5 ทาให้ทั่วโพรงฟัน 15 วินาที และล้างกรดออกด้วยน้ำ 15 วินาที แล้วใช้ลมจากหัวเป่าสามทาง (three-way syringe) เป่าเบา ๆ ทาสารออปติบอนด์ไพรเมอร์ให้ทั่วด้วยการกวบเบา ๆ เป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นเป่าลมให้แห้งเพื่อกำจัดตัวทำละลาย ทาสารบอนด์เรซิน (bonding resin) เป็นชั้นบาง ๆ ทำการฉายแสงเป็นเวลา 30 วินาที ด้วยเครื่องฉายแสงที่มีความเข้มแสง 550 มิลลิวัตต์/ตารางเซนติเมตร (Elipar™ FreeLight 2, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) **กลุ่มที่ 2** ทาเคลียร์ฟิลเอสอีไพรเมอร์ 20 วินาที เป่าลมเบา ๆ ให้แห้งเพื่อกำจัดตัวทำละลาย ทาเคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์ และเป่าลมเบา ๆ อีกครั้ง ฉายแสง 10 วินาที **กลุ่มที่ 3** ทาเคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์ ทิ้งไว้ 20 วินาที เป่าลมแรง ๆ 5 วินาที และฉายแสง 10 วินาที **กลุ่มที่ 4** เตรียมผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37.5 เฉพาะที่เคลือบฟัน 15 วินาที และล้างน้ำ 15 วินาที เป่าลมโดยเหลือความชื้นที่เนื้อฟัน ทาสารออปติบอนด์ไพรเมอร์ให้ทั่วโพรงฟันด้วยการกวบเบา ๆ เป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นเป่าลมให้แห้งเพื่อกำจัดตัวทำละลาย ทาสารบอนด์เรซินเป็นชั้นบาง ๆ ทาโพรงฟัน แล้วทำการฉายแสงเป็นเวลา 30 วินาที **กลุ่มที่ 5** เตรียมผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 37.5 เฉพาะที่เคลือบฟัน 15 วินาที และล้างน้ำ 15 วินาที เป่าลมโดยเหลือความชื้นที่เนื้อฟัน ทาสารเอสอีไพรเมอร์ให้ทั่วโพรงฟันด้วยการกวบเบา ๆ เป็นเวลา 20 วินาที จากนั้นเป่าลมเบา ๆ ให้แห้งเพื่อกำจัดตัวทำละลาย ทาสารแอตอีซีฟเป็นชั้นบาง ๆ ทาโพรงฟันแล้วทำการฉายแสงเป็นเวลา 10 วินาที **กลุ่มที่ 6** เตรียมผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37.5 เฉพาะที่เคลือบฟัน 15 วินาที และล้างน้ำ 15 วินาที ทาเคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์ทั่วโพรงฟัน ทิ้งไว้ 20 วินาที เป่าลมแรง ๆ 5 วินาที และฉายแสง 10 วินาที

หลังจากนั้น ทำการบูรณะแบบเป็นชั้นด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต (Z250, 3M/ESPE, St. Paul, Minnesota, USA) โดยเริ่มบูรณะที่ผนังด้านบดเคี้ยวก่อนแล้วจึงบูรณะที่ผนังด้านเหงือก (การบูรณะแบบเป็นชั้นแสดงในรูปที่ 1) ฉายแสงแต่ละชั้นเป็นเวลา 40 วินาที กำจัดวัสดุส่วนเกินด้วยไบมิดเบอร์ 12 (Havels, USA) และขัดด้วยชุดขัดซอพลอกซ์ดีสค์ (Sof-Lex®, 3M/ESPE, St. Paul, Minnesota, USA)

การทำเทอร์มอไซคลิกและการเตรียมทดสอบการรั่วซึมระดับไมครอน

นำฟันที่บูรณะเรียบร้อยแล้วเก็บไว้ในตู้ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเข้าเครื่องแช่สลับน้ำร้อนน้ำเย็นหรือเทอร์มอไซคลิก (Thermo Cycling Unit อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิความร้อน Memmert, Germany และอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิความเย็น Bosstech, USA) ที่ 5 ± 1 และ 55 ± 1 องศาเซลเซียส 5,000 รอบ โดยใช้เวลา 30 วินาทีในแต่ละอุณหภูมิ จากนั้นนำฟันที่ผ่านเครื่องแช่สลับน้ำร้อนน้ำเย็นมาซับให้แห้ง ปิดปลายรากฟันด้วยขี้ผึ้งชนิดเหนียว (sticky wax, Kemdent, Associated Dental Products Ltd, UK) และทาน้ำยาทาเล็บ (Anne & Florio, Thailand) 2 ชั้นทั้งซี่ โดยเว้นให้ห่างจากขอบโพรงฟัน 1 มิลลิเมตรโดยรอบ ทิ้งให้น้ำยาทาเล็บแห้งสนิทแล้วจึงนำฟันไปแช่ในสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก (Merck Chemicals Ltd, Darmstadt, Germany) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำฟันมาล้างน้ำให้สะอาด และแช่ในสารละลายน้ำยาล้างภาพ (Film developer, Kodak GBX Developer and Replenisher, Kodak Co., USA) เป็นเวลา 8 ชั่วโมงในห้องมืดภายใต้แสงฟลูออเรสเซนส์

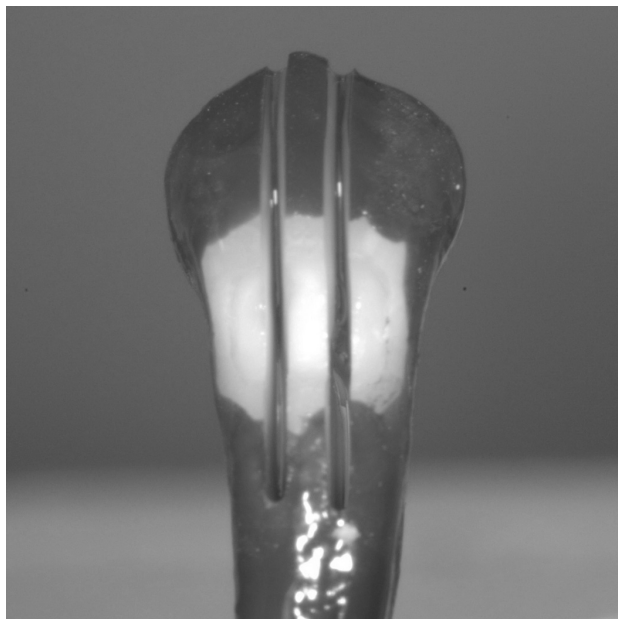


รูปที่ 1 การอุดคอมโพสิตเป็นชั้น

Figure 1 Incremental placement of resin composite.

การประเมินค่าการรั่วซึม

ทำการตัดฟันด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำที่มีน้ำระบายความร้อน (Model ISOMET 1000, Buehler, IL, USA) ในแนวตามยาวของแนวแกนฟัน (longitudinal section) แบ่งโพรงฟันเป็น 3 ส่วนเท่าๆ กัน ได้แก่ ชั้นส่วนใกล้กลาง ใกล้กลาง และชั้นกลาง (ดังแสดงในรูปที่ 2) นำชิ้นตัวอย่างที่ได้ไปวัดค่าการรั่วซึมภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereomicroscope, ML9300 MEIJI, Japan) กำลังขยาย 15 เท่า โดยอ่านค่าการรั่วซึมจากชิ้นงานทุกชิ้นทั้งที่ผนังด้านเคลือบฟันและผนังด้านเนื้อฟันตามระยะทางการรั่วซึมตามรอยต่อของเรซินคอมโพสิตกับฟัน การอ่านค่าการรั่วซึมทำโดยผู้อ่าน 2 คน ที่ทำการปรับมาตรฐานการให้คะแนนการรั่วซึมให้ใกล้เคียงกันแล้ว เมื่ออ่านค่าได้ไม่เหมือนกันจะทำการตกลงกันอีกครั้ง อ่านผลการทดสอบตามระดับคะแนนค่าการรั่วซึมตามขอบดังนี้ (ระดับคะแนนค่าการรั่วซึมแสดงในรูปที่ 3)



รูปที่ 2 การตัดฟันเป็นสามส่วนเพื่อประเมินการรั่วซึมระดับไมครอน

Figure 2 Three longitudinal sections for microleakage evaluation.

คะแนน 0 คือ ไม่มีการรั่วซึม

คะแนน 1 คือ มีการรั่วซึมตั้งแต่ผิวด้านนอกถึงด้านในโพรงฟันแต่ไม่เกิน 1/3 ของโพรงฟัน

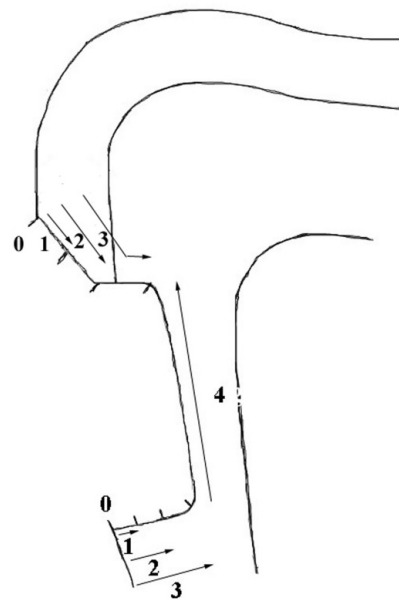
คะแนน 2 คือ มีการรั่วซึมตั้งแต่ผิวด้านนอกถึงด้านในโพรงฟันแต่ไม่เกิน 2/3 ของโพรงฟัน

คะแนน 3 คือ มีการรั่วซึมตั้งแต่ผิวด้านนอกถึงด้านในโพรงฟันมากกว่า 2/3 ของโพรงฟัน แต่ไม่มีการรั่วซึมถึงผนังด้านโพรงประสาทฟัน

คะแนน 4 คือ มีการรั่วซึมถึงผนังด้านโพรงประสาทฟัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแตกต่างของการกระจายความถี่ของการรั่วซึมโดยใช้สถิติทดสอบไคสแควร์ (Chi-square test) และเปรียบเทียบการรั่วซึมระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบวิลคอกซันซายน์ เรนจ์ (Wilcoxon Signed Rank test) การวิเคราะห์ทางสถิติทำที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (SPSS version 13.0, Chicago, IL, USA)



รูปที่ 3 การให้คะแนนการรั่วซึม

Figure 3 Degree of leakage scores.

ผลการศึกษา

การกระจายความถี่ของการรั่วซึมแสดงในตารางที่ 2 การรั่วซึมที่เคลือบฟันเกิดขึ้นน้อยที่สุดกับออปติบอนด์เอฟแอล รองลงมา คือ เคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์และเคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์ ทั้งในกลุ่มควบคุมที่ใช้สารยึดติดตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตและกลุ่มที่มีการเพิ่มขั้นตอน ใช้กรดฟอสฟอริก กัดที่ผิวเคลือบฟัน การรั่วซึมที่เนื้อฟันจะเกิดขึ้นกับทุกกลุ่ม ในกลุ่มควบคุมพบว่าเคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์มีการรั่วซึมน้อยกว่า

ออปติบอนด์เอฟแอลและเคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์ ส่วนในกลุ่มทดลองที่มีการปรับเปลี่ยนขั้นตอนพบว่าการรั่วซึมเกิดขึ้นน้อยที่สุดกับออปติบอนด์เอฟแอล รองลงมา คือ เคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์และเคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์ วิเคราะห์ความแตกต่างของการกระจายความถี่การรั่วซึมโดยใช้สถิติทดสอบไคสแควร์ แสดงในตารางที่ 3 พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสารยึดติดกับการรั่วซึมทั้งที่เคลือบฟันและเนื้อฟัน ($p=0.000$)

ตารางที่ 2 แสดงการกระจายความถี่ของการรั่วซึมที่เคลือบฟันและเนื้อฟันในลักษณะจำนวน และร้อยละ

Table 2 Distribution of microleakage scores in enamel and dentin margins expressed as the frequencies followed by the percentage.

Group	Enamel leakage score				Dentin leakage score			
	0	1	2	3	1	2	3	4
Optibond FL (OFL)	30 75.0%	10 25.0%	0 0%	0 0%	22 55.0%	17 42.5%	1 2.5%	0 0%
Clearfil SE Bond (CSE)	19 47.5%	20 50.0%	1 2.5%	0 0%	37 92.5%	3 7.5%	0 0%	0 0%
Clearfil S ³ Bond (C3S)	1 2.5%	17 42.5%	21 52.5%	1 2.5%	29 72.5%	11 27.5%	0 0%	0 0%
Modified Optibond FL (MFL)	32 80.0%	7 17.5%	1 2.5%	0 0%	36 100.0%	0 0%	0 0%	0 0%
Modified Clearfil SE Bond (MSE)	23 63.9%	5 13.9%	8 22.2%	0 0%	31 77.5%	8 20.0%	1 2.5%	0 .0%
Modified Clearfil S ³ Bond (M3S)	2 5.0%	25 62.5%	13 32.5%	0 0%	23 57.5%	13 32.5%	1 2.5%	3 7.5%

ตารางที่ 3 วิเคราะห์ความแตกต่างของการกระจายความถี่การรั่วซึมระหว่างกลุ่มสารยึดติดโดยใช้สถิติทดสอบไคสแควร์

Table 3 Analysis of frequency distribution of microleakage scores among adhesive groups utilizing the Chi-Square test.

	Adhesive groups and leakage scores at enamel margin.	Adhesive groups and leakage scores at dentin margin.
Chi-Square	124.890	47.990
df	15	15
Asymp.Sig. (2-sided)	.000	.000

ตารางที่ 4 แสดงผลเปรียบเทียบการรั่วซึมระหว่างกลุ่มที่ใช้สารยึดติดตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตและกลุ่มที่มีการเพิ่มขึ้นตอนใช้กรดฟอสฟอริกกัดที่ผิวเคลือบฟัน พบว่า ออปติบอนด์เอฟแอลที่มีขั้นตอนการใช้กรดฟอสฟอริกกัดเฉพาะที่ผิวเคลือบฟันโดยไม่กัดเนื้อฟันมีการรั่วซึมที่เนื้อฟันน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ($p=0.020$) และไม่มีความแตกต่างของการรั่วซึมที่เคลือบฟัน ($p=0.763$) ในกลุ่มเคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์ มีการรั่วซึมที่เคลือบฟันน้อยลงเมื่อกัดที่ผิวเคลือบฟันด้วยกรด

ฟอสฟอริกก่อนทาสารยึดติด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.864$) เช่นเดียวกับการรั่วซึมที่เนื้อฟัน ($p=0.071$) ที่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติเช่นกัน ตรงข้ามกับกลุ่มเคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์ซึ่งเคลือบฟันมีการรั่วซึมน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อกัดที่ผิวเคลือบฟันด้วยกรดฟอสฟอริกก่อนทาสารยึดติด ($p=0.000$) ส่วนการรั่วซึมที่เนื้อฟันไม่มีความแตกต่างกัน ($p=0.231$) (ภาพถ่ายตัวอย่างการให้คะแนนการรั่วซึมแสดงในรูปที่ 4 และ 5) ในทุกกลุ่มของ

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบการรั่วซึมระหว่างกลุ่มที่ใช้สารยึดติดตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตและกลุ่มที่มีการเพิ่มขึ้นตอนใช้กรดฟอสฟอริกกัดที่ผิวเคลือบฟัน โดยการทดสอบวิลคอกซัน ซายน์ แรงค์

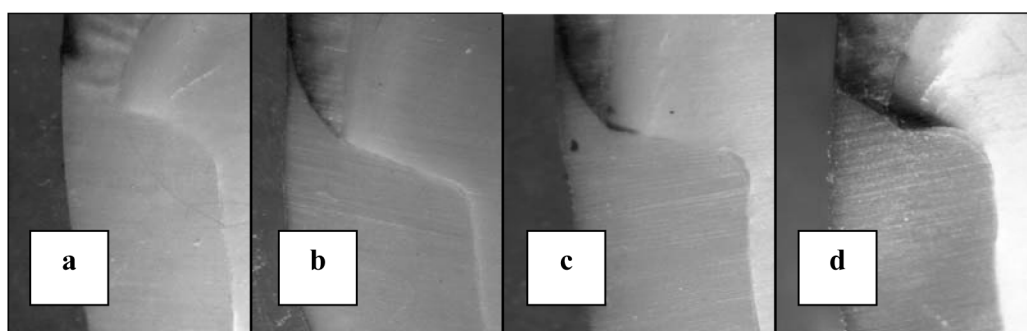
Table 4 Comparison of leakage between the manufacturers' instructions vs. the modified protocols by Wilcoxon Signed Rank test.

	Leakage of manufacturers' instructions vs. modified protocols					
	OFL vs. MOFL		CSE vs. MSE		C3S vs. M3S	
	enamel	dentin	Enamel	dentin	enamel	dentin
Z	-.302 ^(a)	-2.333 ^(a)	-.172 ^(a)	-1.807 ^(b)	-4.185 ^(a)	-1.199 ^(a)
Asymp. Sig. (2-tailed)	.763	.020	.864	.071	.000	.231

^aBased on negative ranks.

^bBased on positive ranks.

OFL = Optibond FL, MOFL = modified Optibond FL, CSE = Clearfil SE Bond, MSE = modified Clearfil SE Bond, C3S = Clearfil S³ Bond, M3S = modified Clearfil S³ Bond

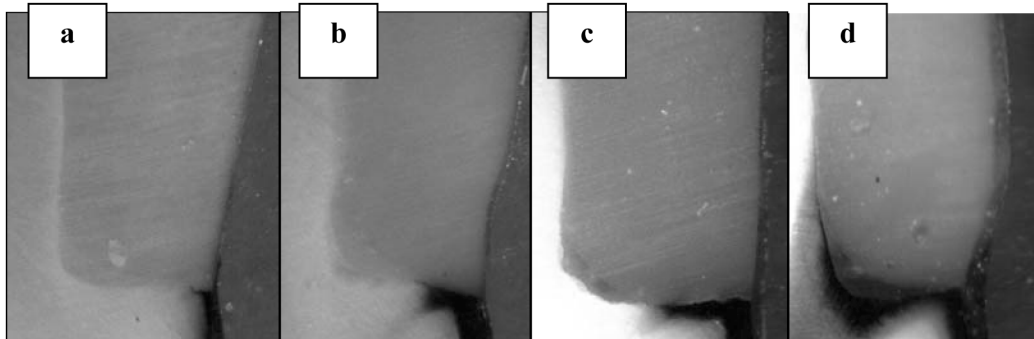


รูปที่ 4 ตัวอย่างการรั่วซึมระดับไมครอนที่ผนังเคลือบฟัน a) การรั่วซึมระดับ 0 b) การรั่วซึมระดับ 1 c) การรั่วซึมระดับ 2 d) การรั่วซึมระดับ 3

Figure 4 Representative of microleakage score along enamel margin (a) showed leakage score = 0, (b) showed leakage score = 1, (c) showed leakage score = 2, (d) showed leakage score = 3.

สารยึดติดมีการรั่วซึมที่เคลือบฟันน้อยกว่าที่เนื้อฟัน ยกเว้นเคลียร์ฟิลไดเรสบอนด์ที่เป็นกลุ่มควบคุมมีการรั่วซึมที่เคลือบฟันและเนื้อฟันไม่แตกต่างกัน (ดังแสดงในตารางที่ 5) กลุ่มของออปติบอนด์แอฟเอลมีการรั่วซึมที่เคลือบฟันน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ (ดังแสดงในตารางที่ 6)

และเมื่อเปรียบเทียบการรั่วซึมที่เนื้อฟันพบว่ากลุ่มเคลียร์ฟิลเอเอส อีบอนด์มีการรั่วซึมน้อยกว่ากลุ่มเคลียร์ฟิลไดเรสบอนด์อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มออปติบอนด์แอฟเอล ทั้งที่เป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (ดังแสดงในตารางที่ 7)



รูปที่ 5 ตัวอย่างการรั่วซึมระดับไมครอนที่ผนังเนื้อฟัน a) การรั่วซึมระดับ 1 b) การรั่วซึมระดับ 2 c) การรั่วซึมระดับ 3 d) การรั่วซึมระดับ 4

Figure 5 Representative of microleakage score along dentin margin (a) showed leakage score = 1, (b) showed leakage score = 2, (c) showed leakage score = 3, (d) showed leakage score = 4.

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบการรั่วซึมระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟันในสารยึดติดกลุ่มต่างๆ โดยการทดสอบวิลคอกซัน ซายน์แรงค์

Table 5 Comparison of leakage between enamel and dentin margins of adhesive groups by Wilcoxon Signed Rank test.

Leakage of dentin margins vs. enamel margins						
	OFL	MOFL	CSE	MSE	C3S	M3S
Z	-5.476 ^(a)	-5.014 ^(a)	-4.031 ^(a)	-4.642 ^(a)	-.728 ^(b)	-2.114 ^(a)
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.467	.035

^aBased on negative ranks.

^bBased on positive ranks.

OFL = Optibond FL, MOFL = modified Optibond FL, CSE = Clearfil SE Bond, MSE = modified Clearfil SE Bond, C3S = Clearfil S³ Bond, M3S = modified Clearfil S³ Bond

ตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบการรั่วซึมที่เคลือบฟันของกลุ่มออปติบอนด์เอฟแอลกับสารยึดติดกลุ่มต่างๆ โดยการทดสอบ วิลคอกซัน ซายน์ เรนจ์

Table 6 Comparison of enamel leakage scores between Optibond FL and other adhesive groups using Wilcoxon Signed Rank test

	CSE - OFL	C3S - OFL	MSE - OFL	M3S - OFL
Z	-2.558 ^(a)	-5.690 ^(a)	-2.049 ^(a)	-5.304 ^(a)
Asymp. Sig. (2-tailed)	.011	.000	.040	.000

^aBased on negative ranks.

^bBased on positive ranks.

OFL = Optibond FL, CSE = Clearfil SE Bond, MSE = modified Clearfil SE Bond, C3S = Clearfil S³ Bond, M3S = modified Clearfil S³ Bond

ตารางที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบการรั่วซึมที่เนื้อฟันของกลุ่มเคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์กับสารยึดติดกลุ่มต่างๆ โดยการทดสอบ วิลคอกซัน ซายน์ เรนจ์

Table 7 Comparison of dentin leakage scores of Clearfil SE Bond group and other adhesive groups using Wilcoxon Signed Rank test.

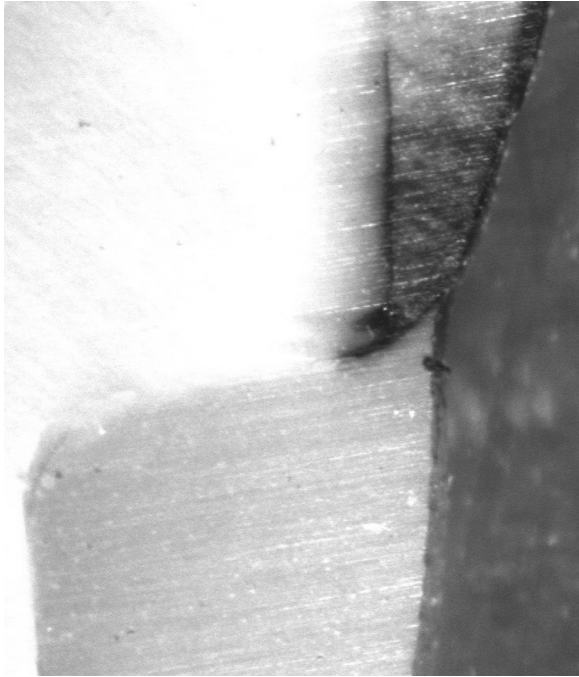
	OFL - CSE	C3S - CSE	MOFL - CSE	M3S - CSE
Z	-1.508 ^(a)	-4.914 ^(a)	-1.732 ^(b)	-3.473 ^(a)
Asymp. Sig. (2-tailed)	.132	.000	.083	.001

^aBased on negative ranks.

^bBased on positive ranks.

OFL = Optibond FL, MOFL = modified Optibond FL, CSE = Clearfil SE Bond, C3S = Clearfil S³ Bond, M3S = modified Clearfil S³ Bond

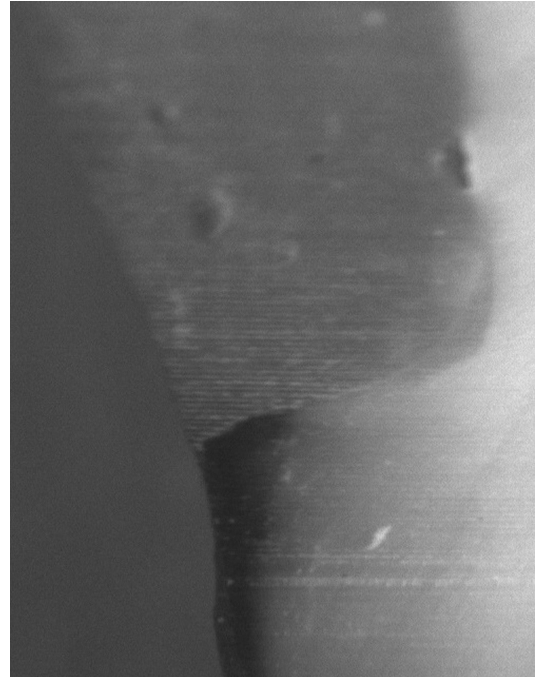
ในการวิจัยนี้พบว่าการรั่วซึมของซิลเวอร์ไนเตรดจากผิว
นอกของเคลือบฟันในส่วนใหญ่ของชิ้นตัวอย่างโดยไม่ได้เกิด
ตามรอยต่อของเรซินกับเคลือบฟัน (รูปที่ 6) ส่วนที่เนื้อฟัน



รูปที่ 6 ตัวอย่างการรั่วซึมของซิลเวอร์ไนเตรดจากผิวนอก
ของเคลือบฟันมีความเป็นไปได้ที่ซิลเวอร์ไนเตรด
อาจรั่วซึมมาตามรอยร้าวในระดับไมครอนใน
โครงสร้างเคลือบฟัน

Figure 6 Example of penetration of silver nitrate along
enamel margin, showing the possibility of
origin of silver nitrate penetration being from
microcracks in enamel structure.

พบการรั่วซึมของซิลเวอร์ไนเตรดเข้าไปในท่อเนื้อฟันในบริเวณ
ของเนื้อฟันที่ไม่ได้เคลือบด้วยยาทาเล็บ (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 ตัวอย่างการรั่วซึมของซิลเวอร์ไนเตรดบริเวณเนื้อ
ฟันมีความเป็นไปได้ที่ซิลเวอร์ไนเตรด อาจรั่วซึม
เข้ามาทางเคลือบรากฟัน

Figure 7 Example of penetration of silver nitrate along
dentin margin, showing the possibility of
origin of silver nitrate penetration being from
exposed cementum.

วิจารณ์

สารยึดติดระบบเซลล์เอทซ์ที่มีความเป็นกรดต่ำมีประสิทธิภาพในการยึดติดต่อเนื้อฟันสูง ในระดับเป็นที่ยอมรับทั้งในการศึกษาความคงทนในห้องปฏิบัติการและการศึกษาทางคลินิกว่าเทียบเท่ากับการยึดติดต่อเนื้อฟันของสารยึดติดระบบเอทซ์แอนดรีนส์¹⁵⁻¹⁸ แต่ยังมีข้อด้อยในการยึดติดกับเคลือบฟัน เนื่องจากพบอุปสรรคการติดที่บริเวณขอบของวัสดุบูรณะที่เป็นเคลือบฟันได้อย่างรวดเร็ว^{8,9,19-23} การยึดติดกับเคลือบฟันเป็นการยึดติดที่มีความแนบสนิทและความคงทนมากกว่าที่เนื้อฟัน การยึดติดกับเคลือบฟันใช้หลักการเกิดการยึดติดทางระดับจุลภาคของเรซินโมโนเมอร์เข้าไปในรูพรุนที่เกิดจากการปรับสภาพผิวฟันด้วยสารที่มีความเป็นกรดลักษณะพื้นผิวและความลึกภายหลังการละลายแร่ธาตุซึ่งมีผลอย่างมากต่อการยึดติดที่เกิดขึ้น¹⁰ การใช้สารยึดติดระบบเอทซ์-แอนดรีนส์ที่มีการใช้กรดฟอสฟอริกกัดเคลือบฟันจึงเป็นระบบที่ทำให้การยึดติดกับเคลือบฟันอย่างเหมาะสม ในขณะที่สารยึดติดระบบเซลล์เอทซ์ที่มีความเป็นกรดต่ำละลายผิวฟันได้เพียงบางส่วน ไม่สามารถกัดผิวเคลือบฟันได้ดีเหมือนการใช้กรดฟอสฟอริก²⁴ สารยึดติดระบบนี้จึงยึดติดกับเคลือบฟันไม่ได้^{11,25-27} การวิจัยนี้ให้ความสนใจการเพิ่มขึ้นตอนโดยใช้กรดฟอสฟอริกกัดเคลือบฟันว่ามีผลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพลดการรั่วซึมตามขอบของสารยึดติดระบบเซลล์เอทซ์ที่เคลือบฟันได้หรือไม่ โดยทดลองกับสารยึดติดระบบเซลล์เอทซ์ที่มีความเป็นกรดต่ำ 2 ชนิด ทดสอบการรั่วซึมระดับไมครอนเพื่อประเมินความแนบสนิท มีกลุ่มวิจัยหลายกลุ่มสนใจการปรับเปลี่ยนขั้นตอนการใช้งานของระบบเซลล์เอทซ์เพื่อปรับปรุงคุณภาพการยึดติดที่เคลือบฟัน โดยการศึกษาที่ก่อนหน้านี้มักเป็นการทดสอบแรงดึงระดับไมครอน ซึ่งพบว่าได้ค่ากำลังแรงดึงระดับไมครอนที่สูงขึ้น^{14,28,29} แต่บางงานวิจัยรายงานว่าได้ค่ากำลังแรงดึงระดับไมครอนที่สูงขึ้น แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ³⁰ การศึกษาที่ทำในคลินิกไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแง่ของการรั่วซึมหรือการติดสีตามขอบ การเกิดรอยผุซ้ำ การหลุดออก หรือการสึกกร่อนตามขอบ ระหว่างกลุ่มที่ใช้เคลียร์ฟิลเอสอ็อบอนด์ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต กับกลุ่มที่ใช้กรดฟอสฟอริกกัดเคลือบฟันก่อน ถึงแม้ในกลุ่มหลังพบการเสื่อมบริเวณขอบวัสดุที่เป็นเคลือบฟันเกิดขึ้นมากกว่า แต่รอยเสื่อมที่เกิดขึ้นขนาดเล็กและไม่มีผลเสียทางคลินิก^{13,31,32}

จากผลการศึกษาพบว่า เคลียร์ฟิลเอสอ็อบอนด์มีการรั่วซึมที่เคลือบฟันน้อยลงเมื่อกัดที่ผิวเคลือบฟันด้วยกรด

ฟอสฟอริกก่อนทาสารยึดติด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากมีส่วนประกอบส่วนหนึ่งของสารยึดติดที่มีความเป็นกรดแต่ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน (non-polymerizable acidic monomer)³³ กลายเป็นส่วนที่ง่ายต่อการสลายตัว นอกจากนี้ผลของปฏิกิริยาเคมีระหว่างผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์กับฟังก์ชันนอลโมโนเมอร์อาจทำให้เกิดเกลือของแคลเซียม¹⁵ ที่อาจจะขัดขวางการแทรกซึมของเรซินเข้าไปในพื้นผิวเคลือบฟันหลังการใช้กรดกัดหลักการของสารยึดติดระบบเซลล์เอทซ์ คือ การใช้โมโนเมอร์ที่มีความเป็นกรดที่สามารถเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันได้ (polymerizable acidic monomer) แทรกซึมไปพร้อม ๆ กับการละลายแร่ธาตุเพื่อเตรียมการยึดติด (priming) น้ำจึงเป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำให้กรดโมโนเมอร์แตกตัวและละลายแร่ธาตุ³⁴ เมื่อสารยึดติดระบบเซลล์เอทซ์มีการเพิ่มความเข้มข้นของเรซินส่วนที่ชอบน้ำ การกำจัดน้ำที่มีในสารยึดติดจะทำให้ยากขึ้นและตกค้างที่รอยต่อของเรซิน ส่งผลเสียต่อคุณภาพและคุณสมบัติเชิงกลของเรซินที่เกิดโพลีเมอไรซ์^{35,36} อาจส่งผลให้การแนบตัวตามขอบที่เคลือบฟันไม่ดีมากอย่างที่คาดไว้ ดังนั้นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการยึดติดของเคลียร์ฟิลเอสอ็อบอนด์อีกทางหนึ่งที่น่าจะมีการศึกษาในอนาคต ได้แก่ การกัดเฉพาะผิวเคลือบฟันด้วยกรดฟอสฟอริก และทาเอสอีโพรหมเมอร์เฉพาะที่เนื้อฟัน แล้วจึงทาสารเอสอีฟทั่วทั้งโพรงฟัน ซึ่งวิธีที่น่าเสนอนี้ทำให้ขั้นตอนการทำงานจะคล้ายกับการใช้สารยึดติดระบบเอทซ์แอนดรีนส์แตกต่างตรงที่เนื้อฟันไม่ได้โดนปรับสภาพซ้ำ

สารยึดติดระบบเซลล์เอทซ์ เคลียร์ฟิลเอสอ็อบอนด์กับเคลียร์ฟิลไตรเอสอ็อบอนด์ ผลิตจากบริษัทเดียวกันและมีส่วนประกอบเหมือนกัน แต่เคลียร์ฟิลเอสอ็อบอนด์มีประสิทธิภาพป้องกันกรร่วซึมได้ดีกว่าทั้งที่เคลือบฟันและเนื้อฟัน เนื่องจากเคลียร์ฟิลเอสอ็อบอนด์มีส่วนประกอบที่ชอบน้ำแยกออกมาในขวดโพรหมเมอร์ การกำจัดน้ำที่ตกค้างทำได้ง่ายกว่า และอาจสมบูรณ์กว่าเคลียร์ฟิลไตรเอสอ็อบอนด์ที่มีการรวมส่วนประกอบทั้งที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำในขวดเดียวกัน ทำให้การกำจัดน้ำทำได้ยากขึ้น นอกจากนี้สัดส่วนของเรซินโมโนเมอร์ที่ลดลงยังส่งผลต่อคุณภาพการยึดติดด้วย^{18,25} เมื่อเพิ่มขึ้นตอนการกัดเคลือบฟันด้วยกรดกลุ่มเคลียร์ฟิลไตรเอสอ็อบอนด์มีการรั่วซึมที่เคลือบฟันน้อยลง เนื่องจากมีการยึดติดระดับจุลภาคที่ผิวเคลือบฟันเพิ่มขึ้น วิธีอื่นที่ผู้วิจัยขอเสนอแนะให้ทำการศึกษาคือไปในอนาคตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันกรร่วซึมตามขอบของสารยึดติดเคลียร์ฟิลไตรเอสอ็อบอนด์ ได้แก่ การทาสาร

บอนดิงเรซินที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic bonding resin) หลายๆ ชั้นแล้วฉายแสงทับบนสารยึดติดที่โพลีเมอไรซ์แล้ว เพื่อเป็นการปิดหรือปกป้องรอยต่อของการยึดติด (bonding interface) ไม่ให้ได้รับผลกระทบจากการตักค้างของความชื้นในเนื้อของชั้นแอ๊ดฮีซีฟ นอกจากนี้ วิธีการกำจัดตัวทำละลายให้หมดจริง ๆ ก็เป็นสิ่งที่ควรทำการศึกษาต่อไป

มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า การยึดติดกับเคลือบฟันเป็นการยึดติดที่มีความแนบสนิทและความคงทนมากกว่าที่เนื้อฟัน³⁷ เช่นเดียวกับในการศึกษานี้ เนื่องจากคุณสมบัติโครงสร้างและส่วนประกอบที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันของเคลือบฟัน¹⁰ ในขณะที่เนื้อฟันมีความหลากหลายของโครงสร้างและองค์ประกอบทำให้ยากต่อการสร้างการยึดติดที่ดีที่สามารถต้านทานต่อผลของการหดตัวจากปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน³⁸⁻⁴⁰ กลุ่มของออปติบอนด์เอฟแอลที่มีการทาเฉพาะไพรเมอร์ที่เนื้อฟันพบว่ามีการรั่วซึมที่เนื้อฟันน้อยลง เนื่องจากไพรเมอร์ของออปติบอนด์เอฟแอลมีความเป็นกรดประมาณ 1.5 สามารถละลายแร่ธาตุที่เนื้อฟันได้ ประกอบกับการใช้กรดฟอสฟอริกกัดเนื้อฟันก่อนทาไพรเมอร์ อาจเป็นผลให้เนื้อฟันถูกละลายแร่ธาตุออกมากเกินไป⁴¹ ความเป็นกรดและระยะเวลาที่ใช้ในการทำไพรเมอร์ การทาไพรเมอร์ด้วยการกวนเบาๆ ทำให้มีการละลายแร่ธาตุมากขึ้น⁴² จากการศึกษาพบการรั่วซึมที่เนื้อฟันมากขึ้น อาจเนื่องมาจากการแทรกซึมของเรซินโมโนเมอไรซ์ที่ไม่สมบูรณ์จากการที่เนื้อฟันได้รับการปรับสภาพถึงสองครั้ง⁴³ โดยนักวิจัยเชื่อว่าเวลาที่ไพรเมอร์ของออปติบอนด์เอฟแอลมีความเป็นกรดน่าจะส่งผลให้มีการเปิดเผยโครงข่ายของคอลลาเจนเพิ่มเติมมากขึ้นไปอีก จากที่ได้รับผลจากการดฟอสฟอริกกัดมาแล้ว ทำให้อาจไม่เกิดการไฮบริไดซ์ (hybridize) ที่สมบูรณ์

อีกสาเหตุหนึ่งของการรั่วซึมน่าจะเกิดขึ้นจากการหดตัวจากปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันซึ่งจะถูกต้านทานโดยการยึดติดบริเวณผนังของโพรงฟัน โดยมีทิศทางในการหดตัวเข้าหาตำแหน่งที่มีการยึดติดที่แข็งแรง⁴⁴ ผนังบริเวณเนื้อฟันที่มีการยึดติดที่ต่อยกว่าเคลือบฟันจึงมีการทำลายการยึดติดและรั่วซึมมากขึ้น⁴⁵ การรั่วซึมของซิลเวอร์ในเตรตจากผิวนอกของเคลือบฟันที่พบในส่วนใหญ่ของชิ้นตัวอย่างน่าจะเป็นผลจากการหดตัวจากปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน โดยแรงหดตัวเกิดบริเวณรอยต่อของเรซินกับฟัน แรงหดตัวที่สูงสามารถทำให้ส่วนของฟันหรือวัสดุบูรณะมีการแตกหักบริเวณขอบได้ ซึ่งโดยธรรมชาติเคลือบฟันจะแตกง่าย เนื่องจากเพราะไม่

สามารถทนต่อแรงดึง⁴⁶ นอกจากนี้ชั้นตอนในการกรอเตรียมฟันทำให้เกิดรอยร้าวระดับไมครอนในเคลือบฟันได้เช่นกัน⁴⁷ จากการที่ซิลเวอร์ในเตรตมีอนุภาคเล็กมาก⁴⁸ และสารละลายมีความเป็นกรดเล็กน้อย³⁴ จึงแทรกซึมเข้าไปในฟันได้ดี จึงอาจมีการแทรกซึมของซิลเวอร์ในเตรตเข้าไปในเนื้อฟันในบริเวณของเนื้อฟันหรือเคลือบรากฟันที่ไม่ได้เคลือบด้วยยาทาเล็บ ซึ่งอาจจะรบกวนการอ่านค่าการรั่วซึม อย่างไรก็ตามการแปลผลการรั่วซึมถูกจำกัดโดยสามารถอ่านผลได้เฉพาะจากส่วนที่เป็นผลิตภัณฑ์ (product) จากการทำปฏิกิริยาของซิลเวอร์ในเตรตกับน้ำยาล้างฟิล์มที่มีอนุภาคใหญ่กว่า⁴⁹ เท่านั้น อาจมีส่วนที่อ่านผลไม่ได้เพราะน้ำยาล้างฟิล์มไม่ได้เข้าถึงข้อต่อของการประเมนการรั่วซึมนั้น คือ เป็นการเก็บข้อมูลเป็นช่วงที่มีความแตกต่างในแต่ละกลุ่มเพียงเล็กน้อย ทำให้แปลผลได้ยากและมีความไวในการทดลองน้อย การอ่านค่าการรั่วซึมจากชิ้นตัวอย่างทั้งสามชิ้นที่ตัดจากโพรงฟันเดียวกัน จะช่วยให้หลีกเลี่ยงการอ่านค่าการรั่วซึมที่ต่ำเกินไป และเพราะการรั่วซึมเกิดมากที่บริเวณขอบด้านข้างของโพรงฟัน การวิจัยนี้จึงอ่านค่ารั่วซึมจากชิ้นตัวอย่างด้านข้างด้วย อย่างไรก็ตาม การตัดชิ้นตัวอย่างมากขึ้นกว่านี้ไม่สามารถทำได้เนื่องจากถูกจำกัดจากรูปร่างของฟัน⁵⁰

จากผลการศึกษาครั้งนี้ กลุ่มนักวิจัยมีข้อสังเกตว่า การใช้สารยึดติดในการบูรณะฟันร่วมกับเรซิน คอมโพสิต เป็นกระบวนการที่ละเอียดอ่อน ต้องการความประณีต และระมัดระวังทุกขั้นตอน ตลอดจนการเลือกใช้ระบบของสารยึดติดต้องเลือกให้เหมาะสมกับกรณีผู้ป่วยนั้นๆ สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ที่มีความเป็นกรดต่ำชนิดสองขั้นตอนอาจเหมาะแก่การยึดติดกับโพรงฟันที่มีแต่เนื้อฟัน แต่การยึดติดกับเคลือบฟันยังเป็นปัญหาอยู่ ถึงแม้จะพยายามใช้กรดฟอสฟอริกกัดเฉพาะที่เคลือบฟันก่อนพบว่าไม่ได้ช่วยป้องกันการรั่วซึมอย่างมีนัยสำคัญ และการเพิ่มขั้นตอนยังทำให้วัสดุระบบนี้ไม่ได้ถูกใช้งานตามวัตถุประสงค์ดั้งเดิมของผู้ผลิต นั่นคือการลดขั้นตอนและการใช้งานได้ง่ายขึ้น ถึงแม้ว่าผลการศึกษาแสดงว่าสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ที่มีความเป็นกรดต่ำชนิดขั้นตอนเดียวมีการรั่วซึมที่เคลือบฟันลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีการใช้กรดฟอสฟอริกกัดที่เคลือบฟันก่อน อย่างไรก็ตาม พบว่าการรั่วซึมของสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ที่มีความเป็นกรดต่ำชนิดขั้นตอนเดียวก็ยังมีมากกว่าสารยึดติดอีก 2 ระบบที่ใช้ในการศึกษานี้ สารยึดติดออปติบอนด์เอฟแอลซึ่งเป็นระบบเอทซ์แอนดรินส์ 3 ขั้นตอน ให้การป้องกันการรั่วซึมที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม พบว่าการปรับสภาพเนื้อฟันด้วยไพรเมอร์อย่างเดียวโดยไม่ใช้

กรดฟอสฟอริกกัดเนื้อฟันให้ผลในการลดการรั่วซึมที่เนื้อฟันได้ดีกว่า กลุ่มนักวิจัยเชื่อว่าเมื่อต้องบูรณะฟันที่มีเคลือบฟันเป็นส่วนของโพรงฟัน การใช้สารยึดติดระบบเอทซ์แอนดรีนส์ 3 ขั้นตอนน่าจะเป็นระบบที่ยังคงให้ผลป้องกันการรั่วซึมที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด

สรุป

ภายใต้สภาวะของการศึกษานี้ การเพิ่มขั้นตอนการกัดที่ผิวเคลือบฟันด้วยกรดฟอสฟอริกก่อนทาสารยึดติดมีผลให้การรั่วซึมที่เคลือบฟันในกลุ่มเคลียร์ฟิลเอสอีบบอนด์ลดลงเล็กน้อยโดยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่พบความแตกต่างของการรั่วซึมที่ขอบด้านเนื้อฟัน กลุ่มเคลียร์ฟิลไฮดรเอสบอนด์ที่มีการใช้กรดฟอสฟอริกกัดที่เคลือบฟันก่อนมีการรั่วซึมที่เคลือบฟันน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่พบความแตกต่างที่เนื้อฟัน การเพิ่มขั้นตอนการปรับสภาพเคลือบฟันด้วยกรดฟอสฟอริกและไพรม์เมอร์ของออปติบอนด์เอฟแอลไม่มีผลเสียต่อประสิทธิภาพการยึดติดที่เคลือบฟัน แต่การปรับสภาพด้วยสารที่มีความเป็นกรดซ้ำที่เนื้อฟันจะทำให้ประสิทธิภาพการป้องกันการรั่วซึมที่เนื้อฟันลดลง อย่างไรก็ตาม การปรับเปลี่ยนขั้นตอนการใช้งานของสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ทำให้มีขั้นตอนการทำงานเพิ่มขึ้น และทำให้สารเหล่านี้ไม่ได้ใช้งานง่ายดังที่ผู้ผลิตตั้งใจไว้ ดังนั้นการเลือกใช้ระบบของสารยึดติดให้เหมาะกับสภาพโพรงฟันโดยดูว่าต้องการการกัดติดทั้งที่เคลือบฟันและเนื้อฟัน หรือเนื้อฟันอย่างเดียว จึงเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นอย่างดี

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาด้านสถิติ และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent.* 2003;28: 215-35.
2. Van Meerbeek B, Conn LJ, Duke E, Robinson S, Eick J, Guerrero D. Correlative transmission electron microscopy examination of non-demineralized and demineralized resin-dentin interface formed by two dentin adhesive systems. *J Dent Res.* 1996;75:879-88.
3. Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Horner JA, Matthews WG, Pashley DH. Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. *Oper Dent.* 1995;20:18-25.
4. Van Meerbeek B, Inoue S, Perdigao J, Lambrechts P, Vanherle G. Enamel and dentin adhesion. In: Schwartz RS, Summitt JB, Robbins JW (editors). *Fundamentals of operative Dentistry.* Illinois: Quintessence Publishing, 2001:178-235.
5. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, et al. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res.* 2004;83:454-8.
6. De Munck J, Vargas M, Iracki J, Van Landuyt K, Poitevin A, Lambrechts P, et al. One-day bonding effectiveness of new self-etch adhesives to bur-cut enamel and dentin. *Oper Dent.* 2005;30:39-49.
7. Peumans M, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Three-year clinical effectiveness of a two-step self-etch adhesive in cervical lesions. *Eur J Oral Sci.* 2005;113:512-8.
8. Koshiro K, Inoue S, Tanaka T, Koase K, Fujita M, Hashimoto M, et al. In vivo degradation of resin-dentin bonds produced by a self-etch vs. a total-etch adhesive system. *Eur J Oral Sci.* 2004; 112:368-75.
9. Tanaka J, Ishikawa K, Yatani H, Yamashita A, Suzuki K. Correlation of dentin bond durability with water absorption of bonding layer. *Dent Mater J.* 1999;18:11-8.
10. Nakabayashi N, Pashley D. *Hybridization of dental hard tissues.* Tokyo: Quintessence Publishing, 1998:29-35.
11. De Munck J, Van Meerbeek B, Satoshi I, Vargas M, Yoshida Y, Armstrong S, et al. Microtensile

- bond strengths of one- and two-step self-etch adhesives to bur-cut enamel and dentin. *Am J Dent.* 2003;16:414-20.
12. Frankenberger R, Perdigao J, Rosa BT, Lopes M. "No-bottle" vs "multi-bottle" dentin adhesives--a microtensile bond strength and morphological study. *Dent Mater.* 2001;17:373-80.
 13. Abdalla AI, Garcia-Godoy F. Clinical performance of a self-etch adhesive in Class V restorations made with and without acid etching. *J Dent.* 2007;35:558-63.
 14. Van Landuyt KL, Peumans M, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Extension of a one-step self-etch adhesive into a multi-step adhesive. *Dent Mater.* 2006;22:533-44.
 15. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, et al. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res.* 2004;83:454-8.
 16. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res.* 2005;84:118-32.
 17. Brandt PD, de Wet FA, du Preez IC. Self-etching bonding systems: in-vitro micro-leakage evaluation. *SADJ.* 2006;61:248, 50-1.
 18. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dent Mater.* 2005;21:864-81.
 19. Chuang SF, Chang CH, Yaman P, Chang LT. Influence of enamel wetness on resin composite restorations using various dentine bonding agents: part I-effects on marginal quality and enamel microcrack formation. *J Dent.* 2006;34:343-51.
 20. Akimoto N, Takamizu M, Momoi Y. 10-year clinical evaluation of a self-etching adhesive system. *Oper Dent.* 2007;32:3-10.
 21. Miyazaki M, Sato M, Onose H. Durability of enamel bond strength of simplified bonding systems. *Oper Dent.* 2000;25:75-80.
 22. Perdigao J, Gomes G, Duarte S Jr., Lopes MM. Enamel bond strengths of pairs of adhesives from the same manufacturer. *Oper Dent.* 2005;30:492-9.
 23. Owens BM, Johnson WW, Harris EF. Marginal permeability of self-etch and total-etch adhesive systems. *Oper Dent.* 2006;31:60-7.
 24. Perdigao J, Geraldini S. Bonding characteristics of self-etching adhesives to intact versus prepared enamel. *J Esthet Restor Dent.* 2003;15:32-41.
 25. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater.* 2001;17:430-44.
 26. Perdigao J, Lopes L, Lambrechts P, Leitao J, Van Meerbeek B, Vanherle G. Effects of a self-etching primer on enamel shear bond strengths and SEM morphology. *Am J Dent.* 1997;10:141-6.
 27. Kanehira M, Finger WJ, Hoffmann M, Endo T, Komatsu M. Relationship between degree of polymerization and enamel bonding strength with self-etching adhesives. *J Adhes Dent.* 2006;8:211-6.
 28. Van Landuyt KL, Kanumilli P, De Munck J, Peumans M, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bond strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. *J Dent.* 2006;34:77-85.
 29. Torii Y, Itou K, Nishitani Y, Ishikawa K, Suzuki K. Effect of phosphoric acid etching prior to self-etching primer application on adhesion of resin composite to enamel and dentin. *Am J Dent.* 2002;15:305-8.
 30. Rotta M, Bresciani P, Moura SK, Grande RH, Hilgert LA, Baratieri LN, et al. Effects of phosphoric acid pretreatment and substitution of bonding resin on bonding effectiveness of self-etching systems to enamel. *J Adhes Dent.* 2007;9:537-45.

31. Van Meerbeek B, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Peumans M. A randomized controlled study evaluating the effectiveness of a two-step self-etch adhesive with and without selective phosphoric-acid etching of enamel. *Dent Mater.* 2005;21:375-83.
32. Peumans M, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Five-year clinical effectiveness of a two-step self-etching adhesive. *J Adhes Dent.* 2007;9:7-10.
33. Carvalho RM, Chersoni S, Frankenberger R, Pashley DH, Prati C, Tay FR. A challenge to the conventional wisdom that simultaneous etching and resin infiltration always occurs in self-etch adhesives. *Biomaterials.* 2005;26:1035-42.
34. Tay FR, Pashley DH, Garcia-Godoy F, Yiu CK. Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part II. Silver tracer penetration evidence. *Am J Dent.* 2004;17:315-22.
35. Paul SJ, Leach M, Rueggeberg FA, Pashley DH. Effect of water content on the physical properties of model dentine primer and bonding resins. *J Dent.* 1999;27:209-14.
36. Carvalho RM, Mendonca JS, Santiago SL, Silveira RR, Garcia FC, Tay FR, et al. Effects of HEMA/solvent combinations on bond strength to dentin. *J Dent Res.* 2003;82:597-601.
37. Gamborgi GP, Loguercio AD, Reis A. Influence of enamel border and regional variability on durability of resin-dentin bonds. *J Dent.* 2007;35:371-6.
38. Santini A, Ivanovic V, Ibbetson R, Milia E. Influence of cavity configuration on microleakage around Class V restorations bonded with seven self-etching adhesives. *J Esthet Restor Dent.* 2004;16:128-35.
39. Silveira de Araujo C, Incerti da Silva T, Ogliaeri FA, Meireles SS, Piva E, Demarco FF. Microleakage of seven adhesive systems in enamel and dentin. *J Contemp Dent Pract.* 2006;7:26-33.
40. De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K, et al. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res.* 2003;82:136-40.
41. Wang Y, Spencer P. Continuing etching of an all-in-one adhesive in wet dentin tubules. *J Dent Res.* 2005;84:350-4.
42. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Davidson CL. Effect of two etching times on the sealing ability of Clearfil Liner Bond 2 in Class V restorations. *Am J Dent.* 1997;10:66-70.
43. Jacques P, Hebling J. Effect of dentin conditioners on the microtensile bond strength of a conventional and a self-etching primer adhesive system. *Dent Mater.* 2005;21:103-9.
44. Versluis A, Tantbirojn D, Douglas WH. Do dental composites always shrink toward the light? *J Dent Res.* 1998;77:1435-45.
45. Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. *J Endod.* 2005;31:584-9.
46. Gjorgievska E, Nicholson JW, Iljovska S, Slipper IJ. Marginal adaptation and performance of bioactive dental restorative materials in deciduous and young permanent teeth. *J Appl Oral Sci.* 2008;16:1-6.
47. Xu HH, Kelly JR, Jahanmir S, Thompson VP, Rekow ED. Enamel subsurface damage due to tooth preparation with diamonds. *J Dent Res.* 1997;76:1698-706.
48. Youngson CC, Jones JC, Manogue M, Smith IS. In vitro dentinal penetration by tracers used in microleakage studies. *Int Endod J.* 1998;31:90-9.
49. Douglas WH, Fields RP, Fundingsland J. A comparison between the microleakage of direct and indirect composite restorative systems. *J Dent.* 1989;17:184-8.
50. Mixson J, Eick JD, Chappell RP, Tira DE, Moore DL. Comparison of two-surface and multiple-surface scoring methodologies for in vitro microleakage studies. *Dent Mater.* 1991;7:191-6.

Microleakage of three resin adhesives using modified application protocols.

Chuthinat Intakanok D.D.S.¹

Sirivimol Srisawasdi, D.D.S., M.S., Ph.D.²

¹Graduate Student, Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

²Assistant Professor, Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

Abstract

Objective To evaluate microleakage of class V resin composite restorations when using three resin adhesives according to manufacturers' instructions compared to the modified application protocols.

Materials and methods Standard class V cavities were prepared in 60 human extracted premolars. Three adhesives were investigated; Optibond FL, Clearfil SE Bond and Clearfil S³ Bond. Adhesives used according to manufacturers' instructions were used as controls, compared to groups using modified application protocols. After 5,000 thermal cycles, microleakage test was performed and the results were analyzed using Chi-Square and Wilcoxon Signed Rank tests at a 95% confidence level.

Results Clearfil SE Bond samples exhibited lower enamel leakage values, compared to controls, when beforehand enamel was etched with phosphoric acid; however, no statistically significant difference was shown. Leakage of Clearfil S³ Bond at enamel margin of the modified protocol group was found to be statistically lower than the control group. Modified application of Optibond FL presented less leakage at dentin margin, compared to control group, significantly.

Conclusion There was no difference in leakage prevention at enamel margin of Clearfil SE Bond when used according to manufacturers' instructions compared to the modified protocol. In contrast to Clearfil S³ Bond, leakage was found to be significantly lower in group that enamel was beforehand etched compared to that found in group using the manufacturers' protocol. Optibond FL group showed significant less leakage when dentin was only treated with primer.

(CU Dent J. 2009;32:23-38)

Key words: microleakage; self-etching adhesive; selective acid etching
