

07



บทความปริทัศน์

การยึดติดของสารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ บนเคลือบฟัน และเนื้อฟันปกติ

.....
The adhesion of self-etch primer adhesive system
on normal enamel and dentin

วีระพร วีระประวัตติ

สุจิต พูลทอง

The adhesion of self-etch primer adhesive system on normal enamel and dentin

*Weeraporn Veerapravati**

*Suchit Poolthong***

Abstract

Self-etch primer adhesive system uses non-rinsing acidic monomers to simultaneously condition the tooth surface and allow resin infiltration without water rinsing process. The advantages of this system are not only simplicity of the bonding process with less step but also attenuation of technique sensitivity. However this system has insufficient long term clinical study and adhesion to high mineral substrate is questionable. This review describes the self-etch system in comparison to the others especially the total etch system and also demonstrates the methods intended to improve the quality of adhesion on enamel and dentine.

Key words : self-etch primer adhesive system, normal enamel, normal dentine

* Department of Conservative dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University.

Department of Conservative dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University Sukumvit 23 Wattana Bangkok 10110

** Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

การยึดติดของสารยึดติดระบบเซลฟ์ เอกซ์ ไพร์เมอร์ บนเคลือบฟัน และเนื้อฟันปกติ

วีระพร วีระประวัตติ*

สุจิต พูลทอง**

บทคัดย่อ

สารยึดติดระบบเซลฟ์ เอกซ์ ไพร์เมอร์ มีหลักการทำงานคือใช้สารเรซิน โมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด ทำการเตรียมพื้นผิว ซึ่งกรดจะละลายแร่ธาตุ และมีการแทรกซึมของเรซิน ไปพร้อมกันในขั้นตอนเดียว โดยไม่ต้องล้างน้ำ ข้อดีของระบบนี้จึงไม่เพียงแต่ง่ายต่อการใช้งานเพราะมีขั้นตอนที่ลดลงแต่ยังสามารถลดความไวต่อขั้นตอนการทำงานด้วย อย่างไรก็ตามระบบนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับผลการใช้งานทางคลินิก ในระยะยาวไม่มากนัก รวมทั้งประสิทธิภาพการทำงานของระบบนี้ในบริเวณที่มีแร่ธาตุสะสมมากก็ยังคงเป็นข้อสงสัย บทความนี้จะกล่าวถึงสารยึดติดระบบเซลฟ์ เอกซ์ ไพร์เมอร์ เปรียบเทียบกับระบบอื่นโดยเน้นที่ระบบโททอล เอกซ์ รวมทั้งวิธีการต่างๆ ที่นำมาใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของการยึดติดบนเคลือบฟัน และเนื้อฟันปกติ

คำสำคัญ : สารยึดติดระบบ เซลฟ์ เอกซ์ ไพร์เมอร์, เคลือบฟันปกติ, เนื้อฟันปกติ

* ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่: ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซอยสุขุมวิท 23 เขตวัฒนา
กรุงเทพมหานคร 10110 โทรศัพท์/โทรสาร 02-6641000 ต่อ 5112 E-mail: weerapor@yahoo.com

** ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การยึดติดของสารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ บนเคลือบฟัน และเนื้อฟันปกติ

บทนำ

การพัฒนาาระบบสารยึดติด (adhesive system) เพื่อนำมาใช้บูรณะฟันได้มีมาอย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่ปีคริสต์ศักราช 1955¹ โดยกลไกการยึดติดของสารจำพวกเรซินกับฟัน ในปัจจุบันถึงแม้จะเชื่อว่าเกิดการยึดติดทั้งทางกล และทางเคมี แต่การยึดติดทางกลในระดับจุลภาค (micromechanical lock) จะเป็นหลักสำคัญต่อค่าความแข็งแรงของการยึดติด โดยเกิดจากการที่เรซินแทรกซึมไปในบางส่วนของฟันซึ่งถูกกรดละลายบางส่วน เกิดเป็นชั้นใหม่ที่เรียกว่าชั้นไฮบริด และเรียกกลไกการเกิดทั้งหมดนี้ว่าไฮบริดไดเซชัน^{2,3} ส่วนการยึดติดทางเคมี อาจพบได้ในสารยึดติดบางประเภทโดยเกิดพันธะทางเคมี แต่มักให้ค่าแรงยึดติดที่ต่ำ จึงไม่ค่อยมีความสำคัญต่อค่าแรงยึดติดมากนัก⁴

การแบ่งประเภทของสารยึดติดอาจแบ่งเป็นยุคต่าง ๆ ตามช่วงเวลาทีวัสดุนั้นถูกพัฒนาออกมาใช้ แต่การแบ่งสารยึดติดเป็นยุคต่าง ๆ อาจมีความคาบเกี่ยวในเรื่องของเวลาและระบบต่าง ๆ และไม่สามารถสื่อความหมายต่อการนำมาใช้งานจึงไม่ได้รับความนิยมในการอ้างอิงนัก ในที่นี้จึงขอแบ่งตามลักษณะการใช้งาน และกลไกการทำงาน⁵ ดังนี้

1. ระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ เป็นระบบที่รวม ขั้นตอนการกัดผิวด้วยกรด (acid etching) กับการปรับสภาพพื้นผิว (priming) ไว้ด้วยกัน โดยจะมีทั้งที่แยกขั้นตอนการใช้สารยึดติด (adhesive bonding) ออกหรือรวมขั้นตอนการใช้สารยึดติดไว้ด้วย ระบบนี้จะใช้โมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดทำให้กลไกการทำงานของระบบนี้จะมีลักษณะตามชื่อคือ ในขณะที่ใช้กรดละลายแร่ธาตุก็จะมี การแทรกซึมของเรซินโมโนเมอร์ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเรซินโมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดจึงสามารถเกิดในขั้นตอนเดียวกัน ไม่ต้องล้างด้วยน้ำ ทำให้ไม่มีปัญหาในเรื่องของความชื้นที่เหมาะสมของผิวฟันซึ่งจะส่งผลต่อความแข็งแรงการยึดติด โดยในขณะที่มีการแทรกของ

เรซินผ่านไปองค์ประกอบต่าง ๆ ในชั้นสเมียร์ (smear layer) ซึ่งปกคลุมอยู่ที่ผิวฟัน และองค์ประกอบของฟันที่มีการละลายออกมาก็จะทำหน้าที่บัพเพอร์ลดความเป็นกรดของสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดนี้ลงเรื่อย ๆ และเมื่อเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน ความเป็นกรดก็จะสิ้นสุดลง และเกิดการยึดติดของเรซินกับฟัน⁶ แต่การซึมผ่านของกรดผ่านชั้นสเมียร์โดยไม่ได้ล้างออกนี้ทำให้เป็นเพียงการปรับเปลี่ยนชั้นสเมียร์โดยไม่ได้กำจัดออก อันอาจทำให้เป็นอุปสรรคต่อประสิทธิภาพของกรด และการซึมผ่านของเรซินลงไปยึดติดกับฟันได้⁵

2. ระบบโททอล เอทซ์ หมายถึง ระบบที่มีการแยกขั้นตอนการกัดพื้นผิวด้วยกรดกับการล้างด้วยน้ำออกจากขั้นตอนการใช้สารยึดติด ซึ่งประกอบด้วยสารที่ช่วยปรับสภาพพื้นผิว และสารยึดติด ระบบนี้อาจประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ การกัดพื้นผิวด้วยกรด การปรับสภาพพื้นผิว และการใช้สารยึดติด หรือ 2 ขั้นตอน โดยการรวมขั้นตอนปรับสภาพพื้นผิวกับการใช้สารยึดติดเป็นขั้นตอนเดียวกัน หลักการของระบบนี้จะใช้กรด ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้กรดฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 30-40 ละลายชั้นสเมียร์ และแร่ธาตุที่อยู่ในฟันออกบางส่วน หลังจากนั้นล้างน้ำออก ทำให้สภาพของฟันพร้อมที่จะเกิดการแทรกซึมจากเรซินเกิดการยึดติดทางกล ซึ่งการที่ต้องล้างน้ำภายหลังการใช้กรดทำให้อาจมีปัญหาเกี่ยวกับความชื้นที่หลงเหลืออยู่ ซึ่งหากความชื้นน้อยเกินไปคอลลาเจนก็จะเกิดการยุบตัว ทำให้มีการแทรกซึมของเรซินไม่เพียงพอ แต่ถ้ามีความชื้นมากเกินไปน้ำที่หลงเหลืออยู่ก็จะขัดขวางการแทรกซึมของเรซิน และการกำหนดปริมาณความชื้นที่เหมาะสมไม่มากหรือน้อยเกินไปก็เป็นสิ่งที่ทำได้ยาก⁷ ทำให้ระบบนี้มีความไวของขั้นตอนการทำงาน (technic sensitive)^{8,9} นอกจากนี้การที่กรดละลายแร่ธาตุไม่ได้เกิดไปพร้อมกับการแทรกซึมของเรซินอาจทำให้การแทรกซึมเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ และเกิดเป็นช่องว่างในชั้นไฮบริด¹⁰ อย่างไรก็ตาม หากไม่คำนึงถึงข้อเสียที่มีขั้นตอนการ

ทำงานที่ยาก และมีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดดังกล่าวแล้ว ระบบนี้ก็ยังมีข้อดีซึ่งทำให้เป็นระบบที่ได้รับการยอมรับ และนำมาใช้อย่างกว้างขวางมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นระบบที่ได้รับการใช้งานและมีผลการศึกษามากมายทั้งในระยะสั้น และระยะยาวว่ามีประสิทธิภาพในการยึดติดที่ไม่ต่อยกว่าระบบอื่นๆ และมีการยึดติดที่คงทน นอกจากนี้ยังเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันว่ามีประสิทธิภาพที่ดีในการใช้งานกับทุกส่วนของฟันโดยเชื่อว่าเป็นระบบที่ให้การยึดติดที่ดีที่สุดในบริเวณที่มีการสะสมของแร่ธาตุสูงเช่น เคลือบฟัน⁵

3. ระบบเรซิน มอดิฟายด์ กลาสไอโอไอโนเมอร์ หลักของการยึดติดของระบบนี้คือการเกิดปฏิกิริยาเคมีจากพันธะไอออนิกระหว่างกลุ่มคาร์บอกซิลของกรดโพลี-อัลคิโนอิกในกลาสไอโอไอโนเมอร์ กับไฮดรอกซีอะปาไทด์ในฟัน ทำให้ระบบนี้จะมีความแนบสนิท (sealability) และคงทนต่อการสลายตัวของสารยึดติด (hydrolytic degradation) ที่ดี¹¹ อย่างไรก็ตาม พบว่าอาจเกิดไฮบริดไดเซชันได้บ้าง จากการเตรียมพื้นผิวด้วยกรดโพลีอัลคิโนอิก ซึ่งนอกจากเป็นการทำความสะอาดผิวฟันแล้ว ยังทำให้มีการละลายแร่ธาตุออกจากฟันบางส่วนและมีการแทรกซึมของเรซินเข้าไปเกิดเป็นชั้นไฮบริดบางๆ คือ 0.5-1 ไมครอน⁵ แต่จะให้ค่าแรงยึดติดที่ไม่สูงคือ ประมาณ 5-7 เมกะปาสคาล ซึ่งเป็นเหตุผลให้ระบบนี้ไม่ได้รับความนิยม

บทความนี้จะเป็นการรวบรวมการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการยึดติดของสารยึดติดระบบ เซลฟ์ เอทซ์ ไพรเมอร์ โดยจะเปรียบเทียบกับอ้างอิงกับระบบโททอล เอทซ์เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากเป็นระบบที่เป็นที่ยอมรับ และนิยมใช้ในปัจจุบัน โดยจะกล่าวถึงเฉพาะการศึกษาที่ทำในฟันปกติ ซึ่งแยกเป็นส่วนเคลือบฟันและเนื้อฟัน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานต่อการนำวัสดุชนิดนี้ไปใช้ และเพื่อการศึกษานในอนาคตต่อไป

ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาการยึดติดของสารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพรเมอร์ กับ เคลือบฟัน

เคลือบฟันเป็นส่วนประกอบที่มีโครงสร้างลักษณะ

รูปแบบซ้ำๆ คล้ายกันสม่ำเสมอ และองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นอนินทรีย์สาร โดยมีอินทรีย์สารและน้ำน้อยกว่าเนื้อฟัน ทำให้กลไกการยึดติดในเคลือบฟันไม่ซับซ้อนยุ่งยากเมื่อเทียบกับเนื้อฟันและไม่ไวต่อข้อผิดพลาดหรือความชื้นมากนัก^{12,13} กลไกการยึดติดในเคลือบฟันจะเป็นการยึดติดทางกลเป็นหลัก โดยเชื่อว่าถ้ามีการกัดของผิวลงไปได้ลึก การแทรกซึมก็มักจะเกิดขึ้นได้มากและส่งผลให้แรงยึดเพิ่มขึ้น³ ดังนั้นการศึกษากการยึดติดในเคลือบฟันจึงมักพิจารณาควบคู่ไปกับความลึกและลักษณะรูปแบบของผิวเคลือบฟันที่ถูกกรดกัดละลายแร่ธาตุ อย่างไรก็ตามเป็นที่สงสัยว่าการกัดผิวที่ลึกกว่าอาจไม่มีผลต่อค่าแรงยึดติด¹⁵ เนื่องจากมีการศึกษาที่พบว่าเมื่อใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพรเมอร์ ในเคลือบฟันที่ขัดผิวให้ค่าความแข็งแรงไม่ต่างจากระบบสารยึดติดแบบโททอล เอทซ์^{14,15} ทั้งค่าแรงยึดติดแบบเฉือน¹⁴ และค่าแรงยึดติดแบบดึง¹⁵ ในขณะที่การกัดผิวและการแทรกซึมของเรซินเมื่อใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพรเมอร์ มีความลึกน้อยกว่าเมื่อใช้ระบบโททอล เอทซ์

มีการศึกษาที่พบว่า ชนิดของกรด รวมทั้งความรุนแรงของกรดก็อาจมีผลต่อการยึดติดได้ โดยพบว่าเมื่อใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพรเมอร์ ที่มีองค์ประกอบเป็นกรดต่างชนิดกันจะให้ค่าแรงยึด และรูปแบบของเคลือบฟันที่ถูกกัดผิวต่างกัน⁶ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่พบว่าระดับค่าพีเอชก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการกัดผิวฟัน โดยกลุ่มที่มีค่าพีเอชต่ำหรือมีความเป็นกรดมากจะให้ลักษณะของการกัดผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันใกล้เคียงกับเมื่อใช้กรดฟอสฟอริก^{16,17} และให้ค่าแรงยึดติดแบบเฉือนในเคลือบฟันของวัวไม่ต่างกับเมื่อใช้กรดฟอสฟอริก¹⁸ ความรุนแรงของกรดและรูปแบบการกัดผิวเคลือบฟันนี้น่าจะมีผลต่อค่าแรงในการยึดติด โดยพบว่าสารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพรเมอร์ กลุ่มที่มีความรุนแรงของกรดต่ำจะให้ค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงในระดับจุลภาค (microtensile bond strength) น้อยกว่ากลุ่มที่มีความรุนแรงของกรดสูง โดยที่สารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพรเมอร์ กลุ่มที่มีความรุนแรงของกรดสูงจะให้ค่าใกล้เคียงกับสารยึดติดระบบโททอล เอทซ์¹⁶ แต่ในกลุ่มที่ใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพรเมอร์ ที่มี

ความรุนแรงของกรดในระดับปานกลางและต่ำ จะให้ค่าแรงยึดติดที่ต่ำกว่าสารยึดติดระบบโททอล เอทซ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ^{6,19,20} ซึ่งลักษณะเคลือบฟันที่ถูกกัดผิวก็มีความขรุขระและรูพรุนน้อย^{6,16,20,21} นอกจากค่าแรงยึดติดแล้ว ในเรื่องของความแนบสนิทและความสมบูรณ์ของขอบ พบว่าสารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไฟร์เมอร์ให้ผลไม่ต่างจากสารยึดติดระบบโททอล เอทซ์^{22,23,24,25} โดยพบว่า ให้ค่าความสมบูรณ์ของขอบมากกว่าร้อยละ 90 หลังการทำเทอร์โมไซคลิง 2500 รอบ และมีเสถียรภาพของความสมบูรณ์ของขอบอย่างต่อเนื่อง ภายหลังได้รับแรงตีกว่ากลุ่มสารยึดติดระบบโททอล เอทซ์²² แต่ก็มีการศึกษาที่ขัดแย้ง โดยพบว่าเมื่อทำเทอร์โมไซคลิง 30000 รอบ จะเกิดรอยแยกในระหว่างชั้นยึดติดเมื่อใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไฟร์เมอร์ แต่ไม่พบในระบบ โททอล เอทซ์²⁶

จากการศึกษาต่าง ๆ ที่กล่าวมา แสดงว่าการยึดติดในเคลือบฟันโดยใช้ระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไฟร์เมอร์ยังไม่เป็นที่รูปแน่นอน และเมื่อเทียบกับระบบโททอล เอทซ์ ส่วนใหญ่เชื่อว่ายังมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีนักจึงมีการศึกษาที่พยายามปรับปรุงคุณภาพการยึดติดของระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไฟร์เมอร์ในเคลือบฟันให้ดีขึ้นด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งถึงแม้จะยังไม่ได้ข้อสรุปที่ชัดเจน เนื่องจากการศึกษายังมีไม่มากนัก แต่ก็สามารถนำมาเป็นแนวทางการศึกษาต่อไป การศึกษาดังกล่าว ได้แก่

1. การกรอผิวเคลือบฟัน ก่อนใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ พบว่ามีผลในการเพิ่มค่าแรงยึดติดในเคลือบฟัน²⁷
2. การใช้กรดฟอสฟอริกก่อนใช้ เซลฟ์ เอทซ์ ไฟร์เมอร์ พบว่าจะให้ผิวของเคลือบฟันถูกกัดเพิ่มขึ้น^{20,21} และเพิ่มค่าแรงยึดติด^{20,27,28,29,30,31} แต่ก็มีการศึกษาที่ให้ผลขัดแย้งคือพบว่าให้ค่าแรงยึดติดไม่ต่างไปจากเดิม²¹
3. การใช้กรดฟอสฟอริกร่วมกับการกรอผิว พบว่าไม่มีผลเพิ่มค่าแรงยึดติดให้ระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไฟร์เมอร์ แต่ถ้าไม่มีการกรอผิว การใช้กรดฟอสฟอริกจะช่วยเพิ่มค่าแรงการยึดติด³²
4. การเพิ่มระยะเวลาการทำเซลฟ์ เอทซ์ ไฟร์เมอร์ให้นานขึ้น พบว่าจะให้ค่าแรงยึดติดเพิ่มขึ้น³³

5. การเพิ่มจำนวนครั้งในการทำเซลฟ์ เอทซ์ ไฟร์-เมอร์ พบว่าทาครั้งเดียวให้ผลดีกว่าทาสอง ครั้ง³¹

6. การเพิ่มจำนวนความเข้มข้นของเรซินโมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด จะให้ค่าแรงยึดติดเพิ่มขึ้น³³

7. การทาโดยวิธีการถูไปมาจะให้ค่าแรงยึดติดที่มากกว่าทาแล้วทิ้งไว้ โดยจะทำให้ประสิทธิภาพการแทรกซึมดีขึ้น²⁰

การศึกษาการยึดติดของสารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไฟร์เมอร์ กับ เนื้อฟัน

ปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับสารยึดติดกับเนื้อฟันได้รับความนิยมสนใจมากกว่าส่วนอื่นๆ ของฟัน เนื่องจากเนื้อฟันเป็นองค์ประกอบที่มีส่วนในการบูรณะมากกว่าส่วนอื่นๆ โดยเป็นองค์ประกอบที่มีความซับซ้อน และมีสิ่งที่เป็นอุปสรรคต่อการยึดติดค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับเคลือบฟัน เช่น ลักษณะโครงสร้างที่มีความแตกต่างไม่ เป็นรูปแบบเดียวกันในแต่ละส่วนของเนื้อฟัน คือ ประกอบด้วย ท่อเนื้อฟัน เนื้อฟันส่วนรอบ ท่อเนื้อฟัน เนื้อฟันที่อยู่ระหว่างท่อเนื้อฟัน รวมทั้งของเหลวในเนื้อฟัน โดยที่ในแต่ละส่วนจะตอบสนองต่อการยึดติดที่ต่างกัน³⁴ และที่ระดับความลึกต่างกันก็จะมีอัตราส่วนขององค์ประกอบในส่วนต่างๆ นี้ต่างกันไป ซึ่งมีผลต่อการยึดติด^{35,36} นอกจากโครงสร้างแล้ว องค์ประกอบของเนื้อฟันที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์และน้ำมากกว่าในเคลือบฟัน³⁷ ก็ยังเป็นสิ่งที่เป็นอุปสรรค ทำให้การยึดติดกับสารเรซินซึ่งมีคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำเกิดขึ้นได้ยาก และยังทำให้ประสิทธิภาพการยึดติดในเนื้อฟันไวต่อขั้นตอนการทำงาน ด้วยเหตุนี้ทำให้การทำงานเพื่อให้เกิดการยึดติดในเนื้อฟันมีความยุ่งยากและซับซ้อนกว่าในเคลือบฟัน^{2,12,13,35,38,}

จากความซับซ้อนและยุ่งยากของเนื้อฟันดังกล่าว ทำให้มีปัญหาบางประการเมื่อใช้สารยึดติดระบบโททอล เอทซ์ เช่น การที่ต้องรักษาความชื้นที่พอเหมาะในเนื้อฟันหลังการล้างเพื่อให้เกิดการแทรกซึมที่ดี ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก และปริมาณความชื้นที่ไม่พอเหมาะนี้ก็จะมีผลให้ค่าแรงยึดติดลดลง^{7,39,40} โดยพบว่ายังมีการละลายแร่ธาตุมากขึ้นเท่าไรความไวต่อปริมาณความชื้นที่ไม่พอ

เหมาะนี้ก็จะมีมากขึ้น⁸ เนื่องจากเกิดการยุบตัวของเส้นใยคอลลาเจนหลังการกัดด้วยกรด¹⁰ นอกจากนั้นสารยึดติตรระบบโททอล เอทซ์ ยังแยกชั้นตอนการละลายแร่ธาตุด้วยกรดออกจากการแทรกซึมของเรซิน ทำให้มีโอกาสที่การแทรกซึมจะเกิดอย่างไม่สมบูรณ์ เช่น การเกิดรอยร้าวระดับนาโน⁴¹ สารยึดติตรระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ เป็นระบบที่มีชั้นตอนการใช้งานที่ง่าย ทำให้โอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดในระหว่างการทำงานน้อย โดยมีการศึกษาเปรียบเทียบการบูรณะฟันในช่องปากกับในห้องทดลองพบว่าเมื่อใช้สารยึดติตรระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ จะให้ค่าแรงยึดติดที่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่สารยึดติตรระบบโททอล เอทซ์ จะให้ค่าแรงยึดติดที่ต่างกัน⁴¹

นอกจากนั้นการที่สารยึดติตรระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์มีการละลายแร่ธาตุเกิดขึ้นไปพร้อมกับการแทรกซึมของเรซินโดยไม่ต้องล้างน้ำ ทำให้การแทรกซึมมีความสมบูรณ์ โดยพบว่าเกิดรอยร้าวระดับนาโนน้อยกว่าในสารยึดติตรระบบโททอล เอทซ์⁴² และจากการที่สารยึดติตรระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ ละลายแร่ธาตุได้น้อยกว่าสารยึดติตรระบบโททอล เอทซ์^{8,43} ทำให้มีเส้นใยคอลลาเจนที่ไม่มีแร่ธาตุล้อมรอบ ซึ่งจะมีความคงตัวลดลง มีจำนวนน้อยกว่าระบบโททอล เอทซ์ ความไวต่อปริมาณความชื้นจึงน้อยกว่า⁸ แต่จากการที่สารยึดติดในระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์มีการละลายแร่ธาตุน้อยจึงมักพบว่าในระบบนี้จะมีชั้นไฮบริดที่บางกว่าในสารยึดติตรระบบโททอล เอทซ์^{16,44,45} และการแทรกซึมของเรซินก็จะมีชั้นสเมียร์เหลือตกค้างทำให้แทรกซึมลงไปในส่วนเนื้อฟันได้น้อยกว่าระบบโททอล เอทซ์⁴⁵

อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาจำนวนมากที่พบว่า ความหนาของชั้นไฮบริดไม่มีความสัมพันธ์กับค่าแรงยึดติด^{46,47} โดยคุณภาพของชั้นไฮบริดจะเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากกว่า ดังนั้นทั้ง ๆ ที่มีชั้นไฮบริดบางกว่ามาก สารยึดติตรระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ ให้ค่าแรงยึดติดที่สูงใกล้เคียงกับระบบโททอล เอทซ์^{48,49,50,51,52} โดยพบว่าค่าสูงพอที่จะทนต่อการหดตัวของสารเกิดโพลีเมอร์เซชันของวัสดุเรซินคอมโพสิตได้ คือให้ค่าสูงถึง 19.4-29 เมกะปาสกาล^{6,14,53} อย่างไรก็ตาม สารยึดติตรระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ ไม่ได้มีการกำจัดชั้นสเมียร์ ซึ่งตามปกติจะหา

ประมาณ 0.5-5 ไมครอน¹³ หรือเฉลี่ยประมาณ 1 ไมครอน⁵⁴ โดยสารยึดติตรระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ จะแทรกซึมลงไปได้ลึกประมาณ 0.5-2.5 ไมครอน^{39,55,56} ซึ่งชั้นไฮบริดที่เกิดขึ้นจากระบบนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนชั้นไฮบริดที่เกิดกับชั้นสเมียร์ กับชั้นไฮบริดที่เกิดกับฟัน โดยชั้นไฮบริดที่เกิดกับชั้นสเมียร์อาจจะช่วยทำให้ชั้นสเมียร์มีความแข็งแรงขึ้น แต่มีผลต่อการยึดติดน้อย เนื่องจากชั้นสเมียร์จะยึดกับฟันเพียงหลวม ๆ ซึ่งจะต่างจากชั้นไฮบริดที่เกิดจากการที่เรซินแทรกลงไปเนื้อฟัน ซึ่งจะเป็นส่วนที่มีความสำคัญ ทำให้เกิดการยึดติดมากกว่า^{55,57} จากการศึกษาพบว่าชั้นไฮบริดที่เกิดกับฟันจะมีความหนาค่อนข้างคงที่คือเฉลี่ยประมาณ 0.4-0.5 ไมครอน ซึ่งถ้าความหนาของชั้นสเมียร์เปลี่ยนไป ความหนาโดยรวมของชั้นไฮบริดจะเพิ่มขึ้น แต่จะมีผลต่อชั้นไฮบริดของชั้นสเมียร์เท่านั้น โดยไม่มีผลต่อชั้นไฮบริดที่เกิดกับฟัน ซึ่งต่างจากระบบโททอล เอทซ์ ที่ชั้นไฮบริดที่เกิดขึ้นจะเป็นชั้นไฮบริดที่เกิดกับฟันทั้งหมด⁵⁵

จากการศึกษาพบว่า การยึดติดกับเนื้อฟันในส่วนที่อยู่ระหว่างท่อเนื้อฟัน และเรซิน แท็ก ที่ยื่นเข้าไปในท่อเนื้อฟันส่วนต้นจะให้ความแข็งแรงมากกว่าส่วนของเรซินแท็กที่ยื่นลงไปลึก ๆ เนื่องจากมีการยึดต่อเนื่องมาจากชั้นไฮบริดที่เกิดกับเนื้อฟันที่อยู่ระหว่างท่อเนื้อฟัน โดยจะมีความแนบสนิทและเกิดการยึดที่ดีกว่า³⁹ และพบว่า การแทรกซึมในแนวกว้างในลักษณะที่เกิดการยึดแบบมีกิ่งก้านสาขาของเรซินแทรกเข้าไปเกิดเป็นลักษณะของร่างแห จะให้ผลดีกว่าการแทรกซึมในแนวลึก⁵⁷ อย่างไรก็ตาม ตำแหน่งของเนื้อฟันที่ใกล้โพรงประสาทฟันมากขึ้นพบว่า การใช้ระบบสารยึดติตรระบบโททอล เอทซ์ จะให้ค่าแรงยึดติดที่ดีกว่าระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ ซึ่งอาจเนื่องมาจากตำแหน่งที่ลึกลงไปมีท่อเนื้อฟันมากขึ้นทำให้ระบบโททอล เอทซ์ ซึ่งมีการละลายแร่ธาตุมากกว่ามีการแทรกซึมของเรซินไปยึดติดเป็นแขนงมากกว่า การแทรกซึมของเรซินในระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ ที่การแทรกซึมของเรซินลงไปเนื้อฟันไม่ลึกพอที่จะเกิดกิ่งก้านสาขาแทรกลงไปตามด้านข้างของท่อเนื้อฟัน³⁶

อย่างไรก็ตาม การที่สารยึดติตรระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ นี้ มีการแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามความ

รุนแรงของกรดที่เป็นองค์ประกอบ ซึ่งจะส่งผลต่อลักษณะของชั้นไฮบริด และให้ค่าแรงยึดติดต่างกัน⁵² โดยพบว่ากลุ่มที่มีความเป็นกรดรุนแรงจะมีชั้นไฮบริดที่หนากว่า 16 ในขณะที่กลุ่มที่มีความรุนแรงของกรดน้อยมีแนวโน้มที่จะเกิดการยึดติดที่น้อยกว่า⁴¹ โดยมีการศึกษาที่พบว่า สารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ที่มีความรุนแรงของกรดสูง ให้ค่าแรงยึดติดไม่ต่างจากสารยึดติดระบบโททอล เอทซ์⁵³ อย่างไรก็ตาม ถ้าเพิ่มความรุนแรงของกรดสูงมากขึ้นคือมีค่าพีเอชเท่ากับหรือน้อยกว่า 1 กลับพบว่าให้ค่าแรงยึดติดต่ำลงเนื่องจากการแตกตัวของกรดต้องอาศัยน้ำ จึงต้องใส่น้ำลงไปในห้องประกอบของสารยึดติด และน้ำเหล่านี้จะกำจัดออกยาก ทำให้ตกค้างอยู่ และส่งผลต่อการยึดติด รวมทั้งความคงทนของการยึดติดในระยะยาวด้วย⁵⁴ นอกจากนี้ความรุนแรงของกรดแล้ว ยังพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเรซินโมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดจะทำให้ค่าแรงการยึดติดเพิ่มขึ้น^{33,54} แต่เมื่อเพิ่มให้สูงถึงระดับหนึ่งจะไม่มี的增加ค่าแรงการยึดติด ในขณะที่มีการศึกษาที่พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของเรซิน-โมโนเมอร์ไม่มีผลต่อค่าแรงการยึดติดแต่จะทำให้เกิดช่องว่างลดลง⁴⁹ สำหรับกลุ่มที่มีความรุนแรงของกรดน้อยหรือปานกลางยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน จากการศึกษาพบว่า มีทั้งที่ได้ผลว่าการใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ ให้ค่าแรงการยึดติดที่น้อยกว่า^{60,61} หรือไม่แตกต่าง⁴⁸ เมื่อเปรียบเทียบกับสารยึดติดระบบโททอล เอทซ์ อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาที่พบว่า ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ จะเป็นความล้มเหลวภายในชั้นของสารยึดติด แต่ระบบโททอล เอทซ์ จะเกิดจากความล้มเหลวระหว่างชั้นที่ยึดติด ซึ่งแสดงว่าความแข็งแรงของสารยึดติดในระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ มีค่าน้อย จึงเกิดการแตกออกที่จุดนี้ก่อน⁵⁸ ถึงแม้ว่าโดยส่วนใหญ่แล้วจะพบว่าการใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ จะให้ผลที่ยอมรับได้กับเนื้อฟันก็มีความพยายามที่จะปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น ซึ่งผลการศึกษาที่ได้ถึงแม้จะยังมีไม่มาก และให้ผลยังไม่เป็นที่แน่นอน แต่ก็อาจนำมาใช้เป็นแนวทางการศึกษาต่อไปได้ ดังนี้

1. เติมน้ำฟิลเลอร์ลงในสารยึดติดพบว่าให้ผลดีถ้าเติมในปริมาณที่พอเหมาะ^{47,58} โดยฟิลเลอร์จะช่วยให้เกิด

ความแข็งแรงของชั้นยึดติด และมีความหนาพอที่จะช่วยดูดซับและกระจายแรง ซึ่งปรากฏว่าให้ผลที่ดี⁵⁸ อย่างไรก็ตาม การใส่ฟิลเลอร์ลงไปมาก ๆ จะทำให้การไหลแผ่ของวัสดุลดลง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่จำเป็นต่อการทำให้เกิดการแทรกซึมที่ดี ดังนั้นการใส่ฟิลเลอร์ลงไปมาก ๆ พบว่าทำให้ค่าแรงยึดติดลดลง แม้ว่าชั้นไฮบริดที่ได้จะมีความหนามากขึ้น⁴⁷

2. ทาสารยึดติดหลาย ๆ ชั้น พบว่าให้การยึดติดที่ดีขึ้น เนื่องจากทำให้เกิดความหนาของชั้นยึดติดซึ่งช่วยดูดซับและกระจายแรง นอกจากนี้ยังทำให้การแทรกซึมของเรซินเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เนื่องจากมีความอึดตัวของเรซินในบริเวณที่ทา^{31,62,63} ในขณะที่วิธีนี้จะให้ผลที่ไม่ดีในระบบโททอล เอทซ์ เนื่องจากระบบนี้ต้องมีสารที่ช่วยในการขับไล่ น้ำที่หลงเหลือ การทาหลายชั้นจะทำให้สารดังกล่าวมีจำนวนมากและระเหยออกไปไม่หมดทำให้ขัดขวางต่อการยึดติด⁶¹

3. การใช้กรดฟอสฟอริกกำจัดชั้นสเมียร์ก่อนการใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ ผลที่ได้ส่วนใหญ่พบว่าไม่ช่วยเพิ่มค่าแรงในการยึดติด^{30,64} เนื่องจากการใช้กรดฟอสฟอริกจะทำให้สูญเสียข้อดีของระบบเซลฟ์เอทซ์ ไพร์เมอร์ และทำให้เกิดข้อเสียเช่นเดียวกับในระบบโททอล เอทซ์ อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาที่พบว่า การใช้กรดฟอสฟอริกจะช่วยเพิ่มค่าแรงยึดติดในระบบเซลฟ์เอทซ์ ไพร์เมอร์ ซึ่งการที่เป็นเช่นนั้นน่าจะมาจากเซลฟ์เอทซ์ ไพร์เมอร์ ที่นำมาใช้นั้นมีความเป็นกรดน้อยจนไม่สามารถแทรกผ่านชั้นสเมียร์ลงไปยึดติดกับเนื้อฟันได้ ดังนั้นการใช้กรดฟอสฟอริกจะเป็นการช่วยกำจัดชั้นสเมียร์ออกไป⁶⁵

4. เพิ่มระยะเวลาในการทาเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์พบว่า จะให้ค่าแรงยึดติดเพิ่มขึ้น⁶⁶ ในขณะที่มีการศึกษาที่ขัดแย้งโดยพบว่าเมื่อเพิ่มเวลาในการทาจะทำให้ค่าแรงยึดติดลดลง³³ หรือไม่ผลเปลี่ยนแปลง⁴⁹

5. ใช้ไซเตียมไฮโปคลอไรด์ ก่อนสารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ พบว่าให้ค่าแรงยึดติดเพิ่มขึ้น⁶⁷ ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องและมีทิศทางเดียวกับการศึกษาในสารยึดติดระบบโททอล เอทซ์^{68,69,70} โดยพบว่า การใช้ไซเตียมไฮโปคลอไรด์ที่ความเข้มข้นพอเหมาะทาที่ผิวเนื้อ

พื้ในระยะเวลาที่เหมะสม จะช่วยทำให้พื้มีควม ขรุขระเพิ่มขึ้น ท่อเนื้อพื้เปิดกว้างขึ้น และการที่โซเดียม ไฮโปคลอไรด์ละลายเอเองค์ประกอบที่เป็นสารประกอบ อินทรีย์ออกไป ทำให้เหลือส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์ หรือแร่ธาตุทำปฏิกิริยาเคมีกับสารยึดติดได้ดีขึ้น ซึ่งนอกจาก จะทำให้ค่าแรงในการยึดติดเพิ่มขึ้นแล้วยังทำให้การ สลายตัวของสารยึดติดหลังการทำเทอร์โมโซคลิงเกิดขึ้น น้อยลง⁶⁹ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ทิ้ง ไว้นานเกินไป จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ลักษณะของเนื้อพื้ และมีผลทำให้การยึดติดลดลง⁷¹

6. การกรอที่ผิวพบว่าการกรอด้วยหัวกรอที่มีความ หยาบมากจะทำให้เกิดชั้นสเมียร์ที่หนาขึ้น และส่งผลให้ ค่าแรงยึดติดลดลง^{72,73}

7. ใช้สารอีทีทีเอก้าจัดชั้นสเมียร์ก่อนใช้ เซลฟ์ เอทซ์ ไซร์เมอร์ พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารอีทีทีเอ จะทำให้ค่าแรงยึดติดเพิ่มขึ้นโดยสูงสุดที่ความเข้มข้น ร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก⁷⁴ ซึ่งสอดคล้องกับการใช้สารอีทีที- เอร่วมกับระบบโททอล เอทซ์ เนื่องจากทำให้เส้นใยคอล- ลลาเจนมีความคงตัว แต่พบว่าไม่มีผลเมื่อใช้ร่วมกับ ระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไซร์เมอร์ ชนิด ที่มีฟิลเลอร์เป็นองค์ ประกอบซึ่งจะทำให้ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของ เส้นใยคอลลาเจนลดลง^{46,75}

บทวิจารณ์

สารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไซร์เมอร์ เป็นระบบที่ เคยถูกนำมาใช้ในอดีต แต่ไม่ได้รับผลสำเร็จเนื่องจากใน ตอนนั้นยังไม่เข้าใจถึงกลไกการยึดติดที่มีประสิทธิภาพ และมีการนำระบบอื่นๆ ที่พบว่าประสบผลสำเร็จดีกว่า มาใช้ จึงทำให้ระบบนี้ถูกลดความสนใจจนกระทั่ง ปัจจุบันการพัฒนาที่มีมาอย่างต่อเนื่องของสารยึดติด ทำให้เกิดความเข้าใจในกลไกของการยึดติดมากขึ้น ร่วมกับการที่สารยึดติดระบบอื่นๆ ก็ประสบปัญหาบางอย่าง ในการใช้งานทำให้ระบบนี้กลับมาได้รับความสนใจใหม่ ในปัจจุบันและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

สารยึดติดระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไซร์เมอร์เป็นระบบที่ ทำงานโดยการละลายแร่ธาตุผ่านชั้นสเมียร์โดยไม่มีการ ล้างกำจัดออก โดยในขณะที่มีการละลายแร่ธาตุออกจาก

พื้ก็จะมีการแทรกซึมของเรซินเข้าไปพร้อมๆ กัน จึง ทำให้ระบบนี้มีขั้นตอนการทำงานที่ง่าย และไวต่อข้อ ผิดพลาดในระหว่างการใช้งานน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ ระบบโททอล เอทซ์ เนื่องจากระบบโททอล เอทซ์มี ขั้นตอนการทำงานที่มากกว่า และกรดที่ใช้มักจะมีควม รุนแรงกว่า ซึ่งจะทำให้มีโอกาสที่จะเกิดการผิดพลาดได้ มากขึ้น ดังที่มีการศึกษาพบว่าถ้าความรุนแรงของกรด มากขึ้น และมีการละลายของแร่ธาตุมากขึ้น เส้นใยคอล- ลลาเจน ซึ่งมีมากในเนื้อพื้จะมีความไวต่อเทคนิคการ ทำงานที่มากขึ้น⁷⁶ โดยเฉพาะระดับความชื้นที่หลงเหลือ อยู่⁹ ซึ่งการกำหนดให้พอเหมาะเป็นสิ่งที่ยาก⁷ ใน ขณะที่ระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไซร์เมอร์ จะมีปัญหาต่างๆ ดัง กล่าว น้อยมาก อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาตามกลไก การยึดติด โดยไม่คำนึงถึงผลเสียที่เกิดจากข้อผิดพลาดใน การทำ ซึ่งระบบโททอล เอทซ์ มีโอกาสเกิดมากกว่าระบบ เซลฟ์ เอทซ์ ไซร์เมอร์ การที่ระบบโททอล เอทซ์มีการ แยกขั้นตอนต่างๆ ออกจากกันน่าจะช่วยให้สามารถใช้ วัสดุที่มีคุณสมบัติ และกำหนดวิธีการใช้ที่เหมาะสมกับ การทำงาน ในแต่ละขั้นตอนได้ดี ซึ่งถ้าถูกใช้งานอย่าง ถูกวิธี หรือใช้งานโดยผู้มีความชำนาญ และสามารถใ้ งานได้ถูกต้องโดยมีข้อผิดพลาดในขั้นตอนต่างๆ ของ การทำงานน้อย สารยึดติดระบบโททอล เอทซ์น่าจะ ให้การยึดติดมีคุณภาพที่ดี และมีการเกิดไฮบริดไทเซชัน ได้ดีกว่าในระบบ เซลฟ์ เอทซ์ ไซร์เมอร์ โดยเฉพาะใน บริเวณที่มีแร่ธาตุสะสมมากกว่า และมีส่วนที่เป็น อินทรีย์สารน้อยกว่า เช่น ในเคลือบพื้ และเนื้อพื้ สเคลอโรติก เนื่องจากระบบโททอล เอทซ์ จะกำจัดชั้น สเมียร์ และละลายแร่ธาตุได้มากกว่าระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไซร์เมอร์ ทำให้การแทรกซึมของเรซินลงไปยึดในส่วน ของพื้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาจำนวนมาก ทั้งระยะสั้นและระยะยาวว่าเป็นระบบที่ให้การยึดติดที่ดี⁹ ทำให้ระบบโททอล เอทซ์เป็นระบบสารยึดติดที่ได้รับ การยอมรับมาเป็นระยะเวลา นาน และยังคงถูกนำมาใช้ อย่างกว้างขวางจนถึงปัจจุบัน

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะพบว่าชั้นไฮบริดส่วนใหญ่ ของระบบเซลฟ์ เอทซ์ ไซร์เมอร์ จะมีปริมาณน้อยแต่ก็ มักพบว่ามีคุณภาพที่ดีซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากลักษณะ

การทำงานของระบบนี้ตามที่กล่าวมาแล้วและน่าจะช่วยให้เกิดความแนบสนิของการยึดติดที่ดีด้วย แต่การที่สารยึดติดระบบเซลล์ เอทซ์ ไพร์เมอร์นี้ ถูกนำมาใช้ไม่นานนัก⁷⁷ จึงยังคงมีการศึกษาไม่มากนัก ซึ่งทำให้ยังไม่สามารถได้ข้อสรุปที่แน่นอน จึงยังมีความจำเป็นที่ต้องศึกษา และพัฒนาต่อไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ระบบนี้

จากการเปรียบเทียบการยึดติดของสารยึดติดระบบต่างๆ พบว่าระบบ เซลล์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ จะให้ค่าแรงยึดติดที่ต่ำกว่าระบบ โททอล เอทซ์ แต่สูงกว่าระบบ เรซิน มอดิฟายน์ กลาสไอโอโนเมอร์ ซึ่งเมื่อดูผลบริเวณรอยต่อที่เกิดการล้มเหลวของการยึดติด (interface failure) ระบบโททอล เอทซ์ มักเกิดการแยกระหว่างชั้นของฟันกับสารยึดติด (adhesive failure) ในขณะที่ระบบเซลล์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ จะเกิดอยู่ในชั้นของสารยึดติด (cohesive failure)⁷⁸ เช่นเดียวกับระบบเรซิน มอดิฟายน์ กลาสไอโอโนเมอร์ ที่เกิดในชั้นของสารยึดติด เช่นกัน¹¹ ทำให้การวัดค่าแรงในการยึดติดที่ได้จากการศึกษาต่างๆ โดยเฉพาะกลุ่มที่เกิดความล้มเหลวภายในสารยึดติดนั้นไม่ใช่เป็นการวัดค่าแรงในการยึดติดที่แท้จริงแต่เป็นการวัดความแข็งแรงของสารยึดติด⁷⁹ นอกจากนี้ปัจจัยดังกล่าวแล้วยังอาจมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการยึดติดทั้งสิ้น เช่น อายุความมีชีวิตของฟัน วิธีการเก็บรักษาฟัน อุณหภูมิ ซึ่ฟันที่นำมาใช้วิธีการวัด วิธีการทดสอบ⁸⁰ ความเร็วของเครื่องมือทดสอบ⁸⁰ รวมทั้งวิธีการของการศึกษาวิจัยนั้นๆ ต่างก็มีบทบาทที่ส่งผลกระทบต่อผลที่ออกมาทั้งสิ้น ดังนั้นการรวบรวมบทความและงานวิจัยต่างๆ ที่มีมาก่อน จึงอาจให้ผลที่แตกต่างกัน

ปัจจุบันการศึกษาสารยึดติดระบบเซลล์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ เกี่ยวกับผลการใช้งานทางคลินิก ซึ่งอาจต้องเกี่ยวข้องกับฟันที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากฟันปกติ รวมทั้งผลการใช้งานในระยะยาว ยังมีไม่มากนัก ซึ่งนับเป็นข้อด้อยอีกประการหนึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระบบโททอล เอทซ์ ดังนั้นการรวบรวมผลงานวิจัยต่างๆ จึงยังไม่มีข้อสรุปที่แน่นอน การพิจารณาเพื่อนำมาใช้ อาจ

สามารถนำความรู้เหล่านี้มาเป็นข้อมูล และแนวทาง แต่ควรต้องมีการศึกษาให้ละเอียดถึงวิธีการที่ทำให้ได้มาซึ่งข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ร่วมกันอย่างมีเหตุผล และการศึกษาผลในระยะยาวน่าจะเป็นสิ่งที่จำเป็นและก่อให้เกิดประโยชน์ได้ดีที่สุด

บทสรุป

สารยึดติดระบบเซลล์ เอทซ์ ไพร์เมอร์ คือ ระบบที่มีการละลายแร่ธาตุกับการแทรกซึมของเรซินในสารไพร์เมอร์เกิดพร้อมกันในขั้นตอนเดียว ทำให้ระบบนี้มีข้อดีคือ การทำงานมีขั้นตอนน้อย ใช้งานง่าย ไม่ไวต่อข้อผิดพลาดในการทำงาน โดยชั้นไฮบริดที่เกิดขึ้นในระบบนี้จะมีคุณภาพที่ดี เนื่องจากมีการแทรกซึมของเรซินอย่างสมบูรณ์ลงไปในส่วนที่มีการละลายแร่ธาตุออกมา แต่ระบบนี้มีข้อเสียคือ กำจัดชั้นสเมียร์ได้น้อย และชั้นสเมียร์นี้จะขัดขวางการแทรกซึมของสารลงไปยึดกับฟัน ซึ่งเป็นปัญหาต่อประสิทธิภาพการยึดติดโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่มีแร่ธาตุมาก ดังนั้นสารยึดติดระบบเซลล์ เอทซ์ นี้จึงน่าจะเหมาะสมกับการทำงานในเนื้อฟันสำหรับผู้ที่ไม่มีความชำนาญเนื่องจากเนื้อฟันมีความไวต่อขั้นตอนการทำงานมากกว่าเคลือบฟัน แต่ไม่น่าจะเหมาะสมกับการทำงานในส่วนเคลือบฟันซึ่งมีแร่ธาตุสะสมมากกว่าเนื้อฟัน ซึ่งถึงแม้จะมีการศึกษาถึงวิธีการต่างๆ เพื่อหาแนวทางปรับปรุงคุณภาพของการยึดติด แต่ก็ยังไม่สามารถมีบทสรุปที่แน่ชัด เนื่องจากบางแนวทางยังคงมีการศึกษาไม่มากนัก และยังให้ผลการศึกษาที่ขัดแย้งกัน อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสารยึดติดระบบเซลล์ เอทซ์ ไพร์เมอร์นี้ยังคงมีทั้งข้อดีและข้อด้อย แต่ก็สามารถนำมาเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการใช้งานทางทันตกรรม ซึ่งถึงแม้ปัจจุบันจะยังไม่สามารถมีบทสรุปที่แน่นอน โดยยังคงจำเป็นต้องมีการศึกษาอย่างต่อเนื่องทั้งเพื่อการพัฒนาปรับปรุงและการศึกษาเพื่อหาข้อพิสูจน์โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลการศึกษาในระยะยาว และการใช้งานทางคลินิก เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่แน่นอนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 1955;34:849-53.
2. Pashley DH, Ciucchi B, Sano H and Horner JA. Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int* 1993;24:618-31.
3. Nakabayashi N and Pashley DH. *Hybridization of dental hard tissues*. Tokyo: Quintessence; 1998. p.1-20.
4. Eick JD, Cobb CM, Chappell RP, Spencer P and Robinson SJ. The dentinal surface: its influence on dentinal adhesion. Part I. *Quintessence Int* 1991;22: 967-77.
5. Van Meerbeek B, Vargas M, Inoue S, Yoshida Y, Peumans M, Lambrechts P and Vanherle G. Adhesives and cements to promote preservation dentistry. *Oper Dent Suppl.6* 2001;119-44.
6. Hannig M, Reinhardt KJ and Bott B. Self-etching primer vs. phosphoric acid: an alternative concept for composite to enamel bonding. *Oper Dent* 1999;24:172-80.
7. De Goes MF, Pachane GC, Garcia-Goody F. Resin bond strength with different methods to remove excess water from the dentin. *Am J Dent* 1997;101: 298-301.
8. Perdigao J, Swift EJ Jr, Denehy GE, Wefel JS and Donly KJ. In vitro bond strengths and SEM evaluation of dentin bonding systems to different dentin substrate. *J Dent Res* 1994;73:44-55
9. Bouillaguet S, Ciucchi B. Protection of the pulp dentin complex with adhesive resins. In: Roulet JF, Wilson N HF, Fuzzi M, editors. *Advances in operative dentistry :contemporary clinical practice*. vol.1 Chicago: Quintessence Publishing; 2001.p.27-34.
10. Dorfer CE, Staethle HJ, Wurst MW, Duschner H and Pioch T. The nanoleakage phenomenon : influence of different dentin bonding agents, thermocycling and etching time. *Eur J Oral Sci* 2000;108:346-51.
11. Yip HK, Tay FR, Ngo HC, Smales RJ and Pashley DH. Bonding of contemporary glass ionomer cements to dentin. *Dent Mater* 2001;17:456-70.
12. Perdigao J and Lopes M. Dentin bonding-questions for the new millennium. *J Adhes Dent* 1999;11:191-209.
13. Swift EJ Jr, Perdiago J and Heymann HO. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art,1995. *Quintessence Int* 1995;26:95-110.
14. Barkmeier WW, Los SA and Triolo PT Jr. Bond strengths and SEM evaluation of Clearfil Liner Bond 2. *Am J Dent* 1995;8:289-93.
15. Veerapravati W, Sattabanasuk V, Poolthong S, Tagami J. Microtensile bond strength of self-etch primer system to acid etch enamel. In: Tagami J, editor. *Proceeding of the first international congress on adhesive dentistry*; 2002 Apr 19-21; Tokyo, Japan. Tokyo: Plando Japan Inc; 2002, p. 404.
16. Pashley DH and Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater* 2001;17: 430-44.
17. Tay FR and Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching system. I: depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater* 2001;17: 296-306.
18. Breschi L, Perdigao J, Mazzotti G, Nunes MF and Gobbi P. Ultramorphology and shear bond strengths of self-etching adhesives on enamel. *J Dent Res* 1999;78:475. (Abstract)
19. Bishara SE, Gordon V, VonWald L and Jakobsen JR. Shear bond strength of composite, glass ionomer and acidic primer adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;115:24-8.
20. Glasspoole EA, Erickson RL and Davidson CL. Effect of enamel pretreatments on bond strength of compomer. *Dent Mater* 2001;17:402-8.
21. Perdigao (J, Lopes L, Lambrechts P, Leitao J, Van Meerbeek B and Vanherle G. Effects of a self-etching primer on enamel shear bond strengths and SEM morphology. *Am J Dent* 1997;10:141-6.
22. Krejci I, Hausler T, Sagesser and Lutz F. New adhesives in Class V restorations under combined load simulated dentinal fluid. *Dent Mater* 1994; 10: 331-5.
23. Nunes MF, Perdigao J and Rosa BT. The effect of an experimental one application self-conditioning adhesive on microleakage. *J Dent Res* 1999;78:306. (Abstract)
24. Solis R, Saravia MA and de Goes MF. "In vitro" study of microleakage of a new self-etching adhesive system. *J Dent Res* 1999;78:306. (Abstract)
25. Munoz CA, Dunn JR, Jessop N and Carambot K. Shear bond Strength and microleakage of self etching dental adhesives. *J Dent Res* 2000;79:374. (Abstract)
26. Miyazaki M, Sato M and Onose H. Durability of enamel bond strength of simplified bonding systems. *Oper Dent* 2000;25:75-80.
27. Senawongse P, Sattabanasuk V, Shimada Y, Otsuki M and Tagami J. Bond strength of current adhesive systems on intact and ground enamel. *J Esthet Reitor Dents* 2004;16:107-16.
28. AttinT, Buchalla W and Hellwig E. Influence of enamel conditioning on bond strength of resin-modified glass ionomer restorative materials and polyacid-modified composites. *J Prosthet Dent* 1996;76:29-33.
29. Kubo S, Konishi Y, Yokota H, Watanabe T and Ohsawa M. Effect of enamel etching with phosphoric acid on marginal sealing of current adhesive systems. *J Dent Res* 1996;75:394. (Abstract)
30. Rosa BT and Perdigao J. Bond strengths of nonrinsing adhesives. *Quintessence Int* 2000;31:353-58.
31. Medina V 3rd, Shinkai S, Shirono M, Tanaka N and Kotoh Y. Effect of bonding variables on the shear bond strength and interfacial morphology of a one- bottle adhesive. *Oper Dent* 2001;26:277-86
32. Latta MA, Stanislav CM and Barkmeier WW. Bond strength of composite to enamel using three adhesive conditioners. *J Dent Res* 2000; 79 : 249. (Abstract)
33. Hayakawa T, Kikutake K and Nemoto K. Influence of self-etching primer treatment on the adhesion of resin composite to polished dentin and enamel. *Dent Mater* 1998;14:99-105.
34. Gwinnett AJ. Quantitative contribution for resin infiltration/hybridization to dentin bonding. *Am J Dent* 1993;6:7-9.
35. Marshall GW Jr. Dentin: microstructure and characterization. *Quintessence Int* 1993;24:606-17.

36. Yoshiyama M, Carvalho R, Sano H, Horner J, Brewer PD and Pashley DH. Interfacial morphology and strength of bonds made to superficial versus deep dentin. *Am J Dent* 1995;8:297-302.
37. Lundeen TF, Sturdevant JR and Sluder TB Jr. Clinical significance of dental anatomy, histology, physiology and occlusion. In: Sturdevant CM, editor. *The Art and Science of Operative Dentistry*. 3rd ed. St. Louis: Mosby; 1995. p.10-128.
38. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M and Carvalho RM. Adhesive testing of dentin bonding agents: a review. *Dent Mater* 1995; 11:117-25.
39. Pashley DH and Carvalho RM. Dentin permeability and dentine adhesion. *J Dent* 1997;25:355-72.
40. Nakajima M, Sano H, Zheng L, Tagami J and Pashley DH. Effect of moist vs. dry bonding to normal vs. caries-affected dentin with Scotchbond Multi-Purpose Plus. *J Dent Res* 1999;78:1298-1303.
41. Hannig M and Friedrichs C. Comparative in vivo and in vitro investigation of interfacial bond variability. *Oper Dent* 2001;26:3-11.
42. Li HP, Burrow MF and Tyas MJ. The effect of long-term storage on nanoleakage. *Oper Dent* 2001;26:609-16.
43. Perdigao J, Gomes G, Rosa BT, Lopes M, Cardoso PEC and Santos PEF. Effect of conditioner on the micro-tensile bond strength of Clearfil SE Bond. *J Dent Res* 2000;79:194. (Abstract)
44. Yoshiyama M, Carvalho RM, Sano H, Horner JA, Brewer PD and Pashley DH. Regional bond strengths of resins to human root dentine. *J Dent* 1996;24:435-42.
45. Perdigao J, Lopes M and Gomes G. Ultramorphology of the hybrid layer—a TEM study of non-decalcified interfaces. *J Dent Res* 2000;79:336. (Abstract)
46. วีระพร วีระประวัตติ. ความแข็งแรงยึดติดแบบดึงในระดับจุลภาคของระบบสารยึดติดต่อเนื่องฟันเคลือบเรซิน: อิทธิพลของการเตรียมผิวแบบต่างๆ [วิทยานิพนธ์]. กรุงเทพมหานคร:จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2545.
47. Gallo JR, Comeaux R, Haines B, Xu X and Burgess JO. Shear bond strength of four filled dentin bonding systems. *Oper Dent* 2001;26:44-7.
48. Fortin D, Swift EJ Jr, Denehy GE and Reinhardt JW. Bond strength and microleakage of current dentin adhesives. *Dent Mater* 1994;10:253-58.
49. Chigira H, Yokitani W, Hasegawa T and Manabe A. Self-etching dentin primers containing phenyl-P. *J Dent Res* 1994;73:1088-95.
50. Yoshiyama M, Sano H, Ebisu S, Tagami J, Ciucchi B, Carvalho RM, et al. Regional strengths of bonding agents to cervical sclerotic root dentin. *J Dent Res* 1996;75:1404-13.
51. Prati C, Chersoni S, Mongiorgi R and Pashley DH. Resin-infiltrated dentin layer formation of new bonding systems. *Oper Dent* 1998;23:185-94.
52. Nunes MF, Perdigao J, De Castro PS and Cardoso PEC. Shear bond strength vs. micro-tensile bond strength of three adhesive systems. *J Dent Res* 2000;79:361. (Abstract)
53. Davidson CL, de Gee AJ and Feilzer A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J Dent Res* 1984;63:1396-99.
54. Watanabe I, Nakabayashi N and Pashley DH. Bonding to ground dentin by a phenyl-P self-etching primer. *J Dent Res* 1994;73:1212-20.
55. Tay FR, Kwong SM, Sano H, Carvalho R, Pashley EL and Pashley DH. Status of research on new fillers and new resin for dental composite. In: Tagami J, Toledano M and Prati C, editors. *Proceeding of 3rd International Kuraray Symposium '99 Advance Adhesive Dentistry*; 1999 Dec 3-4; Granada, Spain. Cirimido: Grafiche Erredue; 2000. p.105-29.
56. Inoue S, Van Meerbeek B, Vargas M, Yoshida Y, Lambrechts P, and Vanherle G. Adhesion mechanism of self-etching adhesive. In: Tagami, J, Toledano M and Prati C editors. *Proceeding of 3rd International Kuraray Symposium '99 Advance Adhesive Dentistry*; 1999 Dec 3-4; Granada, Spain. Cirimido: Grafiche Erredue; 2000. p. 131-48.
57. Chappell RP, Cobb CM, Spencer P and Eick JD. Dentinal tubule anatomosis: a potential factor in adhesive bonding. *J Prosthet Dent* 1994;72:183-8.
58. Frankenberger R, Perdigao J, Rosa BT and Lopes M. "No bottle" vs "multi-bottle" dentin adhesives— a microtensile bond strength and morphological study. *Dent Mater* 2001;17:373-80.
59. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P and Vanherle G. Buonocore Memorial Lecture. Adhesion to Enamel and Dentin: Current Status and Future Challenges. *Oper Dent* 2003;28(3):215-35
60. Cardoso PE, Braga RR and Carrilho MR. Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems. *Dent Mater* 1998;14:394-98.
61. Yoshiyama M, Urayama A, Kimochi T, Matsuo T and Pashley DH. Comparison of conventional vs self-etching adhesive bonds to caries affected dentin. *Oper Dent* 2000; 25:163-9.
62. Ogata M, Nakajima M, Sano H and Tagami J. Effect of dentin primer application on regional bond strength to cervical wedge-shaped cavity walls. *Oper Dent* 1999;24:81-8.
63. Zheng L, Periera PN, Nakajima M, Sano H and Tagami J Relationship between adhesive thickness and microtensile bond strength. *Oper Dent* 2001;26:97-104.
64. Perdigao J, May KN Jr, Wilder AD Jr and Lopes M. The effect of depth of dentin demineralization on bond strengths and morphology of the hybrid layer. *Oper Dent* 2000;25:186-194.
65. Gordon VV, Vargas MA, Cobb DS and Denehy GE. Evaluation of adhesive systems using acidic primers. *Am J Dent* 1997;10:219-23.
66. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A and 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.
67. Saboia VP, Rodrigues AL and Pimenta LA. Effect of collagen removal on shear bond strength of two single bottle adhesive systems. *Oper Dent* 2000;25:395-400.
68. Wakabayashi Y, Kondou Y, Suzuki K, Yatani H and Yamashita A. Effect of dissolution of collagen on adhesion to dentin. *Int J Prosthodont* 1994;7:302-6.
69. Vargas MA, Cobb DS and Armstrong SR. Resin-dentin shear bond strength and interfacial ultrastructure with and without a hybrid layer. *Oper Dent* 1997;22:159-66.

70. Phrukkanon S, Burrow MF, Hartley PG and Tyas MJ. The influence of the modification of etched bovine dentin on bond strengths. *Dent Mater* 2000;16: 255-65.
71. Perdigao J, Lopes M, Geraldeli S, Lopes GC and Garcia-Gardoy F. Effect of a sodium hypochlorite gel on dentin bonding. *Dent Mater* 2000;16: 311-23.
72. Ogata M, Harada N, Yamaguchi S, Nakajima M, Pereira PN and Tagami J. Effects of different burs on dentin bond strengths of self-etching primer bonding systems. *Oper Dent* 2001; 26:375-82.
73. Koibuchi K, Yasuda N and Nakabayashi N. Bonding to dentin with a self-etching primer: the effect of smear layers. *Dent Mater* 2001;17:122-6.
74. Miyasaka K and Nakabayashi N. Effect of Phenyl-P/HEMA acetone primer on wet bonding to EDTA-conditioned dentin. *Dent Mater* 2001;17:499-503.
75. Blomlof J, Cederlund A, Jonsson B and Ohlson NG. Acid conditioning combined with single-component and two-component dentin bonding agents. *Quintessence Int* 2001;32:711-5
76. Kanca J 3rd. Resin bonding to wet substrate 1. Bonding to dentin. *Quintessence Int* 1992;23:39-41.
77. Christensen GJ. Self-etch primers are here. *J Am Dent Assoc* 2001;132:1041-3.
78. Tanumiharja M, Burrow MF, Tyas MJ. Microtensile bond strengths of seven dentin adhesive systems. *Dent Mater*.2000;16:180-7.
79. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength--evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater* 1994;10:236-40.
80. Hara AT, Pimenta LA and Rodingues AL Jr. Influence of cross-head speed on resin-dentin shear bond strength. *Dent Mater* 2001;17:165-9.