

ผลของระยะเวลาในการใช้กรดกัดต่อค่ากำลังยึดติดบนเนื้อฟันที่เกิดการเปลี่ยนสีจากวัสดุอะมัลกัม

ณัฐพจิ นรเศรษฐ์ตระกูล* วาริณี ศรีมหาโชค** สรณันท์ จันทรางศุ*** ทวีศักดิ์ ประสานสุทธิพร**** อรณิชา ธนัฏวารการณ*****

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของระยะเวลาในการใช้กรดกัดต่อประสิทธิภาพการยึดติดของสารยึดติดทางทันตกรรมบนเนื้อฟันที่เกิดการเปลี่ยนสีจากวัสดุอะมัลกัม โดยเตรียมกลุ่มตัวอย่างจากฟันกรามมนุษย์ที่ไม่มีการบูรณะ (กลุ่มเนื้อฟันปกติ) และฟันกรามที่มีการบูรณะด้วยอะมัลกัม (กลุ่มเนื้อฟันเปลี่ยนสี) ที่ผ่านการถอนจากเหตุจำเป็นกลุ่มละ 20 ซี่ หลังจากนำวัสดุอะมัลกัมออกจากฟันที่ใช้ทดลองแล้ว นำฟันทั้งสองกลุ่มมาเตรียมให้ได้เนื้อฟันด้านบดเคี้ยวผิวเรียบ โดยในฟันแต่ละซี่จะแบ่งเป็นสองส่วนเพื่อใช้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการยึดติดของสารยึดติด 37.5 เป็นเวลา 15 วินาที และ 60 วินาที ตามด้วยการใช้สารยึดติดระบบเอกซ์แอนดรีนส์ชนิด 3 ขั้นตอน และบูรณะด้านบนด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต เพื่อทดสอบค่ากำลังยึดติดระดับจุลภาคและตรวจสอบรูปแบบความล้มเหลวด้วยกล้องจุลทรรศน์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณชนิดทูเคย์ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้กรดกัดเนื้อฟันเป็นเวลา 15 วินาที เนื้อฟันเปลี่ยนสีจะมีกำลังแรงยึดติดระดับจุลภาคต่ำกว่าเนื้อฟันปกติอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเพิ่มเวลาการใช้กรดกัดเนื้อฟันเปลี่ยนสีเป็น 60 วินาที จะทำให้มีกำลังยึดติดระดับจุลภาคสูงกว่าเนื้อฟันเปลี่ยนสีที่ใช้กรดกัดเป็นเวลา 15 วินาทีอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การเพิ่มเวลาการใช้กรดกัดเป็น 60 วินาที สามารถเพิ่มค่ากำลังยึดติดระดับจุลภาคของสารยึดติดทางทันตกรรมระบบเอกซ์แอนดรีนส์บนเนื้อฟันที่เกิดการเปลี่ยนสีจากอะมัลกัมได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำใบ้รหัส: เวลาการใช้กรดกัด/ เนื้อฟันที่มีการเปลี่ยนสีจากอะมัลกัม/ กำลังยึดติดระดับจุลภาค/ สารยึดติดทางทันตกรรม

Received: Nov 01, 2021

Revised: Aug 03, 2022

Accepted: Oct 04, 2022

บทนำ

วัสดุอะมัลกัมเป็นวัสดุทางทันตกรรมที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายและยาวนานกว่า 150 ปี¹ เนื่องจากวัสดุอะมัลกัมเป็นวัสดุประเภทโลหะผสมที่มีความแข็งแรง ทนทาน ใช้งานสะดวก มีอายุการใช้งานยาวนานและมีราคาไม่สูงเมื่อเทียบกับวัสดุบูรณะชนิดอื่น อย่างไรก็ตามจากการศึกษาความสำเร็จของการบูรณะฟันด้วยวัสดุอะมัลกัม พบว่าอุบัติการณ์ของความล้มเหลวจากการบูรณะส่วนใหญ่เกิดจากการรั่วซึมบริเวณรอยต่อของอะมัลกัมกับโพรงฟันก่อให้เกิดการผุกลับซ้ำ (Secondary caries) การแตกหักของวัสดุอะมัลกัมภายหลังการใช้งาน การเกิดฟันร้าว รวมไปถึงความไม่สวยงามของตัววัสดุเองซึ่งเป็นสีโลหะแตกต่างไปจากสีฟันธรรมชาติ² ด้วยเหตุเหล่านี้ จึงทำให้ต้องมีการเปลี่ยนวัสดุบูรณะขึ้นใหม่เข้าไปทดแทน ในปัจจุบันวัสดุประเภทเรซินคอมโพสิตถูกนิยมนำมาทดแทนวัสดุอะมัลกัม เนื่องจากมีการยึดติดที่ดีกับฟัน

ธรรมชาติ มีสีที่หลากหลาย สามารถสร้างความสวยงามได้ใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติภายหลังการบูรณะ³

เมื่อวัสดุอะมัลกัมสัมผัสกับเนื้อฟันเป็นระยะเวลาหนึ่ง ในช่องปากสามารถทำให้เนื้อฟันเกิดการเปลี่ยนสีได้ หากทำการรื้อวัสดุอะมัลกัมออกจากโพรงฟัน จะสังเกตได้ว่าการเปลี่ยนสีของเนื้อฟันได้วัสดุ หรือบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุกับเนื้อฟันที่มีการสัมผัสกัน⁴⁻⁵ เนื้อฟันที่สัมผัสวัสดุอะมัลกัมดังกล่าว จึงมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพอย่างชัดเจน ซึ่งส่งผลต่อการยึดติดของวัสดุบูรณะที่มีเรซินเป็นองค์ประกอบจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าประสิทธิภาพการยึดติดของสารยึดติดทางทันตกรรมระบบเอกซ์แอนดรีนส์และระบบเซลล์เพปไทด์บนเนื้อฟันที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากวัสดุอะมัลกัมไม่มีความแตกต่างกัน แต่ค่ากำลังการยึดติดที่ได้จะต่ำกว่าเนื้อฟันปกติอย่างมีนัยสำคัญ⁶

* สถาบันทันตกรรม กรมการแพทย์ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี

**ภาควิชาทันตกรรมทันตการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

***ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

****ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

***** ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร กรุงเทพฯ

อย่างไรก็ตาม การศึกษาถึงวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการยึดติดกับเนื้อฟันที่เกิดการเปลี่ยนสีจากวัสดุอะมัลกัมให้ดีขึ้นยังมีจำนวนไม่มาก การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของระยะเวลาในการใช้กรดกัดต่อกำลังการยึดติดในระดับจุลภาคของสารยึดติดทางทันตกรรมระบบเอทซ์แอนด์รินส์กับเนื้อฟันที่เกิดการเปลี่ยนสีจากวัสดุอะมัลกัม โดยมีสมมติฐานการวิจัยคือ ระยะเวลาในการใช้กรดกัดไม่มีผลต่อกำลังยึดติดของสารยึดติดทางทันตกรรมบนเนื้อฟันปกติและเนื้อฟันที่เกิดการเปลี่ยนสีจากวัสดุอะมัลกัม

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมชิ้นงาน

การศึกษานี้ใช้ฟันกรามมนุษย์ ซึ่งได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (HREC-DCU 2017-058) โดยใช้ฟันกรามมนุษย์ที่ผ่านการถอน ซึ่งไม่มีรอยโรคฟันผุ รอยร้าว รอยแตกบิ่น จำนวน 25 ซี่ (กลุ่มเนื้อฟันปกติ) และฟันกรามของมนุษย์ที่ผ่านการถอน และมีการบูรณะด้วยวัสดุอะมัลกัมชนิดคลาสสิกที่ด้านบดเคี้ยว (C.I. occlusal) มีความลึกอย่างน้อย 2 มิลลิเมตรแต่ไม่เกิน 3 มิลลิเมตร จำนวน 25 ซี่ (กลุ่มเนื้อฟันเปลี่ยนสี) ฟันทุกซี่ถูกเก็บในสารละลายไทมอลแซมซัน ร้อยละ 0.1 และนำมาใช้ทดสอบภายในระยะเวลาไม่เกิน 6 เดือน โดยก่อนเริ่มการทดลอง ฟันตัวอย่างถูกนำออกมาเก็บไว้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 1 วัน

ในส่วนของกลุ่มเนื้อฟันเปลี่ยนสี วัสดุอะมัลกัมถูกกำจัดออกด้วยเข็มกรอกากเพชรรูปทรงกระบอก โดยกรอรอบขอบของสิ่งบูรณะอะมัลกัมร่วมกับการใช้เครื่องมือสเก็ดวัสดุออกจากโพรงฟัน สำหรับในกรณีที่พบว่าวัสดุรองพื้นโพรงฟันเนื้อฟันไม่มีการติดสีจากวัสดุอะมัลกัม ฟันที่มีโพรงฟันลึกมากกว่า 3 มิลลิเมตร หรือฟันมีรอยผุซึ่งทดสอบจากการใช้สีย้อมฟันผุ (Sable™ Seek®; Ultradent, UT, USA) ฟันเหล่านี้จะถูกคัดออกจากการทดลอง หลังจากนั้นทำการตัดเคลือบฟันและเนื้อฟันส่วนที่อยู่เหนือระดับบริเวณฟันโพรงฟันที่มีการติดสีออกทั้งหมด ด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำ (IsoMet™; Buehler, USA) ส่วนการเตรียมฟันในกลุ่มเนื้อฟันปกติ จะทำการกรอหน้าเพื่อกำหนดความลึกของเนื้อฟันไว้ที่ 2 มิลลิเมตร ด้วยหัวกรอกากเพชรทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร หลังจากนั้นจึงทำการตัดฟันด้านบดเคี้ยวออกให้เผยเนื้อฟันบริเวณด้านบดเคี้ยวจนถึงความลึกที่กรอหน้าไว้ด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำ (IsoMet™; Buehler, USA) จากนั้นนำเนื้อฟันทั้งสองกลุ่มไปขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 เป็นเวลา 30 วินาที จนเนื้อฟันมีลักษณะแบนเรียบ

การวิเคราะห์แร่ธาตุของเนื้อฟันที่มีการเปลี่ยนสีจากอะมัลกัม

สุ่มเลือกชิ้นงานจากกลุ่มเนื้อฟันปกติและเนื้อฟันเปลี่ยนสีกลุ่มละ 5 ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุที่พบบนผิวฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดสุญญากาศต่ำพร้อมชุดวิเคราะห์ธาตุ (EDS-SEM JSM-6610LV; JEOL, Tokyo, Japan)

การใช้สารยึดติดทางทันตกรรม

ชิ้นงานจากกลุ่มเนื้อฟันปกติและเนื้อฟันเปลี่ยนสีที่เหลือน้อยกว่า 20 ตัวอย่าง ถูกนำไปเตรียมกลุ่มย่อยสำหรับการใช้กรดกัด 15 และ 60 วินาที โดยนำฟันแต่ละซี่มาตัดในแนวด้านแก้มและลิ้นด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำเพื่อแบ่งฟันเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนใกล้กลางและส่วนไกลกลาง ใช้กรดฟอสฟอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 37.5 (Gel Etchant; Kerr Corp., CA, USA) ทาลงบนเนื้อฟันส่วนใกล้กลางและส่วนไกลกลางเป็นเวลา 15 วินาที และ 60 วินาทีตามลำดับ หลังจากนั้นล้างกรดออกด้วยน้ำเป็นเวลา 20 วินาที และเป่าลมเบา ๆ ให้เนื้อฟันยังมีความชื้นอยู่

ขั้นตอนต่อไปทั้งหมดจะถูกนำมาทาด้วยสารยึดติดทางทันตกรรมระบบเอทซ์แอนด์รินส์ชนิด 3 ขั้นตอน (OptiBond™ FL, Kerr Corp., CA, USA) ตามคู่มือกำกับการใช้งานจากบริษัทผู้ผลิต (ตารางที่ 1) ทำให้สามารถแบ่งกลุ่มการทดลองได้ (รูปที่ 1)

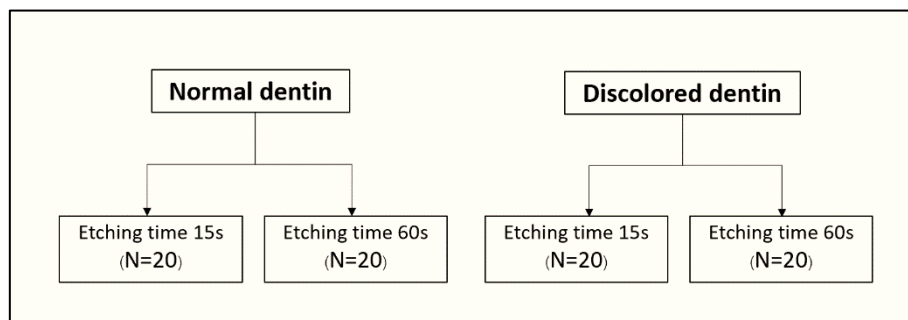
จากนั้นทำการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตสี เอ 1 (Filtek™ Z350 XT; 3M ESPE, USA) โดยอุดเป็นชั้นหนา 1.5 มิลลิเมตร ทั้งหมดสามชั้น แต่ละชั้นทำการฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง (Demi™ Plus; Kerr Corp., CA, USA) เป็นเวลา 20 วินาทีที่ความเข้มแสง 1,100 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร หลังจากนั้นนำชิ้นงานเก็บในน้ำที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การทดสอบค่ากำลังยึดติดระดับจุลภาค หลังจากการเก็บชิ้นตัวอย่างในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำชิ้นตัวอย่างมาตัดเป็นรูปแท่งให้พื้นที่หน้าตัดบริเวณรอยต่อของเนื้อฟันและวัสดุเรซินคอมโพสิตมีขนาด 1x1 ตารางมิลลิเมตร หลังจากนั้นนำชิ้นงานไปทดสอบค่ากำลังยึดติดด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (EZ-S, SHIMADZU, Kyoto, Japan) ที่ความเร็วในการดึง 1 มิลลิเมตร/นาที ด้วยน้ำหนักแรงขนาด 500 นิวตัน วิเคราะห์ข้อมูลค่ากำลังยึดติดระดับจุลภาคโดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณชนิดทุกคู่ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 27.0 (IBM, Chicago, IL, USA)

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบและการทำงานของสารยึดติดในการทดลอง

Table 1 Tested materials, their compositions and application

วัสดุ	บริษัท	องค์ประกอบ	วิธีใช้งาน
Gel Etchant (Lot No.6235573)	Kerr Corp., CA, USA	37.5% Phosphoric acid, Cobalt alumina blue spinel, water	1. ทากรดทิ้งไว้บนผิวฟันเป็นเวลา 15 หรือ 60 วินาที 2. ล้างน้ำเป็นเวลา 20 วินาทีและเป่าลม เบา ๆ ให้เนื้อฟันยังคงมีความชื้น
OptiBond™ FL (Lot No.6114198)	Kerr Corp., CA, USA	สารไพรเมอร์ 2-hydroxyethyl methacrylate, glycerophosphate-dimethacrylate, phthalic acid monomethacrylate, ethanol, water, camphorquinone สารแอตชีฟ bisphenol A alycidyl dimethacrylate, 2-hydroxyethyl methacrylate, glycerophosphate-dimethacrylate, camphorquinone, glycerol dimethacrylate resins, barium aluminoborosilicate glass, silicon dioxide, sodium hexafluorosilicate (filled 48% by wt)	1. ทาสารไพรเมอร์บนผิวฟันโดยการถูวนไป มาเบา ๆ เป็นเวลา 15 วินาที เป่าด้วย ลมสะอาดให้แห้ง 2. ทาสารแอตชีฟบนผิวฟันให้ทั่ว ใช้ฟู่กัน ขับสารส่วนเกินออก และฉายแสงเป็น เวลา 20 วินาที



รูปที่ 1 แสดงการแบ่งกลุ่มการทดลองตามชนิดของเนื้อฟันและระยะเวลาในการใช้กรดกัดเนื้อฟัน

Figure 1 The diagram showed experimental group of normal and discolored dentin with the duration of etching time.

การประเมินความล้มเหลวของการยึดติด นำชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบค่ากำลังยึดติดระดับจุลภาคมาตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ ที่กำลังขยาย 40 เท่าเพื่อวิเคราะห์ความล้มเหลวของการยึดติด โดยแบ่งความล้มเหลวออกเป็น 4 ลักษณะ คือ การยึดติดล้มเหลว (Adhesive failure) หมายถึงมีการแตกหักบริเวณรอยต่อของเนื้อฟันกับชั้นเรซินมากกว่าร้อยละ 80 ของหน้าตัดชิ้นงาน การเชื่อมแน่นล้มเหลวในชั้นเนื้อฟัน (Cohesive failure in dentin) หมายถึงมีการแตกหักในเนื้อฟันมากกว่าร้อยละ 80 ของหน้าตัดชิ้นงาน การเชื่อมแน่นล้มเหลวในชั้นเรซิน (Cohesive failure in resin) หมายถึงมีการแตกหักในชั้นเรซินมากกว่าร้อยละ 80 ของหน้าตัดชิ้นงาน และความล้มเหลวแบบผสม (Mixed failure) หมายถึงมีการแตกหักหลายแบบผสมกัน โดยที่ไม่มีแบบใดแบบ

หนึ่งมากกว่าร้อยละ 80 ของหน้าตัดชิ้นงาน วิเคราะห์ลักษณะความล้มเหลวหลังการทดสอบค่ากำลังยึดติดระดับจุลภาคด้วยสถิติ Chi-square ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 27.0 (IBM, Chicago, IL, USA).

ผล

การวิเคราะห์แร่ธาตุของเนื้อฟันที่มีการเปลี่ยนสีจากอะมัลกัม

จากการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดสุญญากาศต่ำพร้อมชุดวิเคราะห์ธาตุ สามารถตรวจพบธาตุโลหะดีบุกและสังกะสีในชั้นตัวอย่างทุกชิ้นในกลุ่มเนื้อฟันเปลี่ยนสี โดยไม่พบธาตุดังกล่าวในเนื้อฟันปกติ (ตารางที่ 2)

ผลการทดสอบค่ากำลังยึดติดระดับจุลภาค

ค่าเฉลี่ยของกำลังยึดติดระดับจุลภาคแต่ละกลุ่ม (ตารางที่ 3) พบว่า ค่าเฉลี่ยของกำลังยึดติดระดับจุลภาคของกลุ่มเนื้อฟันปกติที่ใช้กรดกัดเป็นเวลา 15 วินาทีมีค่าสูงสุด และกลุ่มเนื้อฟันปกติที่ใช้กรดกัดเป็นเวลา 60 วินาทีมีค่าต่ำสุด เมื่อใช้กรดกัดเนื้อฟันเป็นเวลา 15 วินาที กลุ่มเนื้อฟันเปลี่ยนสีจะมีกำลังแรงยึดติดระดับจุลภาคต่ำกว่ากลุ่มเนื้อฟันปกติอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเพิ่มเวลาการใช้กรดกัดบนเนื้อฟันเปลี่ยนสีเป็น 60 วินาที จะทำให้มีกำลังยึดติดระดับจุลภาคสูงกว่าการใช้

กรดกัดเป็นเวลา 15 วินาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และสูงขึ้นเทียบเคียงกับกลุ่มเนื้อฟันปกติที่ใช้กรดกัดเป็นเวลา 15 วินาที

การประเมินความล้มเหลวของการยึดติดระดับจุลภาค

ผลการทดสอบความล้มเหลว (รูปที่ 2) ซึ่งพบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีความล้มเหลวแบบผสมมากกว่าความล้มเหลวในแบบอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ของความล้มเหลวในแต่ละกลุ่มการทดลอง

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์จากเนื้อฟันปกติและเนื้อฟันเปลี่ยนสี

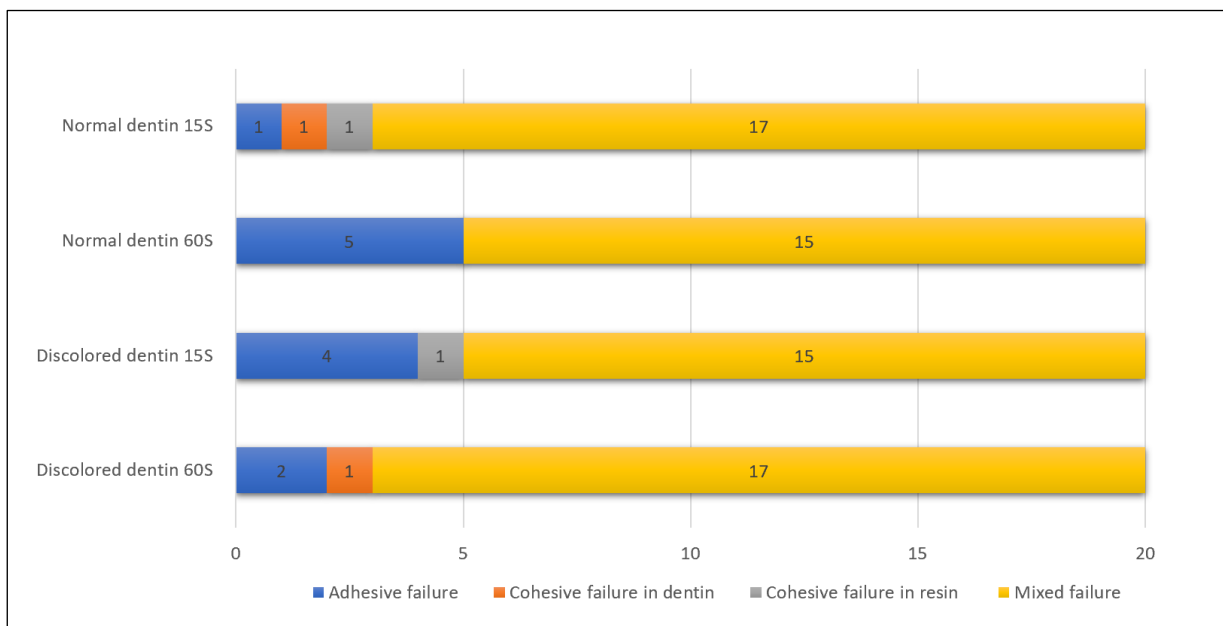
Table 2 EDS Micro-analysis of normal and discolored dentin (N=5)

น้ำหนักโลหะธาตุ (ร้อยละ)	ชิ้นตัวอย่างเนื้อฟันเปลี่ยนสี					ชิ้นตัวอย่างเนื้อฟันปกติ				
	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 4	ชั้นที่ 5	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 4	ชั้นที่ 5
คาร์บอน	18.79	37.71	20.70	20.41	14.92	18.50	16.70	22.69	19.62	18.92
ออกซิเจน	40.77	38.12	36.51	41.79	31.95	41.98	41.70	41.56	42.65	40.50
โซเดียม	0.71	0.25	0.11	0.68	0.39	0.68	0.63	0.75	0.65	0.46
แมกนีเซียม	0.45	0.30	0.34	0.33	0.95	0.54	0.32	0.33	0.50	0.42
ฟอสฟอรัส	13.54	7.91	2.06	12.09	2.20	13.79	14.52	12.28	13.35	14.34
แคลเซียม	22.34	12.87	3.30	20.48	6.80	24.51	26.13	22.39	23.23	25.36
ดีบุก	1.56	2.45	36.29	3.24	41.82	-	-	-	-	-
สังกะสี	1.84	0.39	0.69	0.98	0.97	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดติดระดับจุลภาค

Table 3 Mean of microtensile bond strengths for each experimental group (MPa $\pm$ SD) (N=20)

ระยะเวลาในการใช้กรดกัด (วินาที)	ค่าเฉลี่ยของกำลังแรงยึดติดระดับจุลภาค (MPa $\pm$ SD)	
	เนื้อฟันปกติ	เนื้อฟันเปลี่ยนสี
15	42.89 $\pm$ 13.12 ^a	30.14 $\pm$ 11.20 ^b
60	29.17 $\pm$ 10.20 ^b	41.48 $\pm$ 8.89 ^a



ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของความล้มเหลวในแต่ละกลุ่มการทดลอง ($p > 0.05$) โดยใช้สถิติ Chi-square

รูปที่ 2 แสดงความล้มเหลวยึดติดระดับจุลภาค

Figure 2 Numbers of specimen for each mode of failure in each experimental group (N=20)

บทวิจารณ์

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้กรดฟอสฟอริกกัดบนเนื้อฟันเป็นเวลา 15 วินาที กลุ่มเนื้อฟันที่เปลี่ยนสีจากวัสดุอะมัลกัม จะมีค่ากำลังยึดติดระดับจุลภาคน้อยกว่ากลุ่มเนื้อฟันปกติอย่างมีนัยสำคัญ แต่หากเพิ่มเวลาการใช้กรดกัดเป็น 60 วินาที ค่ากำลังยึดติดระดับจุลภาคของกลุ่มเนื้อฟันที่เปลี่ยนสีจากวัสดุอะมัลกัมจะมีค่าเพิ่มขึ้น และเทียบเคียงได้กับกลุ่มเนื้อฟันปกติที่มีการใช้กรดกัดเป็นเวลา 15 วินาที จึงเป็นการปฏิเสธสมมติฐานของการวิจัยนี้

ภายหลังการกำจัดวัสดุอะมัลกัมเกาออกจากโพรงฟันสามารถพบการเปลี่ยนสีของเนื้อฟันได้ 2 ลักษณะ ซึ่งเกิดจากสาเหตุที่ต่างกัน โดยลักษณะแรกเป็นเนื้อฟันที่เกิดการเปลี่ยนสีจากวัสดุอะมัลกัมจะมีลักษณะเด่นเป็นสีเขียวถึงเทาดำ ส่วนลักษณะที่สองคือเนื้อฟันเกิดการเปลี่ยนสีจากฟันผุ ซึ่งจะมีลักษณะเด่นเป็นสีน้ำตาล⁴ อย่างไรก็ตามการแยกสีดังกล่าวด้วยตาเปล่าจะทำได้ยากและมีความคลาดเคลื่อนสูง การทดลองนี้จึงใช้สารย้อมสีฟันผุ ซึ่งสามารถย้อมติดสีเนื้อฟันที่มีการสูญเสียแร่ธาตุ คอลลาเจนถูกทำลาย และมีช่องว่างภายในได้⁷⁻⁹ ในขณะที่เนื้อฟันที่มีการเปลี่ยนสีจากอะมัลกัมจะไม่มีการสูญเสียแร่ธาตุหรือเกิดรูพรุนภายใน จึงไม่ติดสีของสารย้อมสีฟันผุดังกล่าว

อย่างไรก็ตาม เนื้อฟันที่มีการเปลี่ยนสีจากอะมัลกัมจะสามารถตรวจพบโลหะธาตุที่มาจากวัสดุอะมัลกัม เช่น โลหะดีบุกและสังกะสี แต่จะไม่มีพบโลหะดังกล่าวในบริเวณเนื้อฟันที่ไม่มีการเปลี่ยนสีหรือเนื้อฟันปกติ^{4-5,10-15} ดังนั้น การตรวจพบธาตุโลหะดีบุกและสังกะสีในชิ้นตัวอย่างทุกชิ้นในกลุ่มเนื้อฟันเปลี่ยนสีในการศึกษานี้ จึงสามารถยืนยันถึงความถูกต้องของระเบียบวิธีการเตรียมชิ้นงานสำหรับกลุ่มเนื้อฟันเปลี่ยนสีได้อีกด้วย

นอกจากนี้บางการศึกษาพบโลหะปรอท เงิน และทองแดง⁴ ในขณะที่บางการศึกษาไม่พบโลหะปรอทและเงิน^{10,16} การตรวจพบชนิดและปริมาณของโลหะที่แตกต่างกันในแต่ละการศึกษาสามารถอธิบายได้จากองค์ประกอบของอะมัลกัมที่แตกต่างกันตามประเภทและบริษัทผู้ผลิต¹⁶⁻¹⁷ โดยการเปลี่ยนสีของเนื้อฟันอันเกิดจากวัสดุอะมัลกัมนั้น สามารถอธิบายได้จากกระบวนการกัลวานิก (Galvanic action) ที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนของวัสดุอะมัลกัมซึ่งสัมผัสกับของเหลวในช่องปาก¹¹ ไม่ว่าจะเป็นน้ำลายหรือของเหลวจากท่อเนื้อฟัน (Dentinal fluid) แรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากกระบวนการนี้ จะทำให้อิออนโลหะจากวัสดุอะมัลกัมเคลื่อนตัวไปสะสมที่บริเวณเนื้อฟันใกล้เคียง โดยอยู่ในรูปของโลหะเกลือซัลไฟด์⁴ ส่งผลให้ลักษณะทางกายภาพของเนื้อฟันบริเวณนั้นเปลี่ยนไป

ในการศึกษานี้ พบว่าค่ากำลังแรงยึดติดระดับจุลภาคของการใช้กรดกัดที่ระยะเวลา 15 วินาที ในกลุ่มเนื้อฟันเปลี่ยนสี มีประสิทธิภาพการยึดติดที่ต่ำกว่ากลุ่มเนื้อฟันปกติอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้⁶ ที่พบว่าการยึดติดของสารยึดติดทางทันตกรรมระบบเอกซ์แอนดรีนส์ที่มีการใช้กรดกัดเป็นระยะเวลา 15 วินาที กับเนื้อฟันที่เปลี่ยนสีจากวัสดุอะมัลกัมมีประสิทธิภาพต่ำกว่าเนื้อฟันปกติอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องมาจากการมีโลหะจากกระบวนการกัดกร่อนของวัสดุอะมัลกัมในเนื้อฟันบริเวณนั้นเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดการขัดขวางการละลายออกของแร่ธาตุในเนื้อฟันเมื่อใช้กรดฟอสฟอริกในการกัดได้ รวมทั้งผลิตภัณฑ์จากการกัดกร่อนของวัสดุอะมัลกัมที่ตกตะกอนสะสมอยู่ในท่อเนื้อฟัน ยังไปลดความสามารถในการแทรกซึมของเรซินมอนอเมอร์ที่จะกลายเป็นแท่งเรซิน (Resin tag) อันเป็นองค์ประกอบสำคัญของชั้นยึดติด นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์จากการกัดกร่อนของวัสดุอะมัลกัมจะไปเกาะติดบริเวณพื้นผิวของเส้นใยคอลลาเจน¹⁸ ซึ่งโลหะไอออนเหล่านี้จะรบกวนปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของสารเรซิน ส่งผลให้มีประสิทธิภาพการยึดติดที่ต่ำลง⁶

แนวทางในการเพิ่มกำลังยึดติดของสารยึดติดทางทันตกรรมบนผิวฟันที่ผิวดัด ปะกอกด้วยหลากหลายวิธี ซึ่งการเพิ่มเวลาการใช้กรดฟอสฟอริกกัดผิวฟัน¹⁹⁻²⁵ เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถทำได้ทันทีโดยไม่ต้องมีวัสดุหรืออุปกรณ์เพิ่มเติม อย่างไรก็ตามการเพิ่มเวลาการใช้กรดกัดในกลุ่มเนื้อฟันปกตินั้นไม่เป็นที่แนะนำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในการทดลองนี้ที่พบว่าการเพิ่มระยะเวลาในการใช้กรดกัดจาก 15 วินาทีเป็น 60 วินาที ในกลุ่มเนื้อฟันปกติทำให้ค่ากำลังยึดติดระดับจุลภาคลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการเพิ่มระยะเวลาการใช้กรดกัดที่มากยิ่งขึ้นบนเนื้อฟันปกติ จะทำให้เกิดการละลายของแร่ธาตุบริเวณเนื้อฟันระหว่างหลอดฝอยเนื้อฟัน (Intertubular dentin) และบริเวณเนื้อฟันรอบหลอดฝอยเนื้อฟัน (Peritubular dentin) มากขึ้นและลึกขึ้น จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่าการใช้กรดกัดที่ระยะเวลา 15 วินาที จะเกิดการละลายออกของแร่ธาตุที่บริเวณเนื้อฟันระหว่างหลอดฝอยเนื้อฟันประมาณ 1.6–2.2 ไมครอน และยังสามารถพบเนื้อฟันรอบหลอดฝอยเนื้อฟันได้อยู่ แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาการใช้กรดกัดเป็น 60 วินาที สามารถเกิดการละลายออกของแร่ธาตุที่บริเวณเนื้อฟันระหว่างหลอดฝอยเนื้อฟันได้ถึง 3.9–4.5 ไมครอน และไม่พบลักษณะของเนื้อฟันรอบหลอดฝอยเนื้อฟันอีก²⁶⁻²⁷ การละลายออกของแร่ธาตุในเนื้อฟันปกติที่ลึกเกินไปนี้ ส่งผลให้เรซินมอนอเมอร์ไม่

สามารถแทรกซึมลงไปได้อย่างสมบูรณ์²⁷⁻²⁸ จึงเกิดขึ้นไฮบริดที่มีคุณภาพต่ำ มีช่องว่างเกิดขึ้นภายใต้ชั้นไฮบริด ซึ่งบริเวณนี้จัดเป็นบริเวณที่มีความอ่อนแอที่สุด (Weakest zone) ของชั้นยึดติด ส่งผลให้กำลังยึดติดบนเนื้อฟันปกติที่ใช้กรดกัดเป็นเวลา 60 วินาทีมีค่าลดลง²⁹ โดยมีข้อสังเกตจากผลการศึกษานี้คือพบแนวโน้มความล้มเหลวแบบการยึดติดล้มเหลวบริเวณรอยต่อของเนื้อฟันกับชั้นเรซินมากกว่ากลุ่มที่ใช้กรดกัดเป็นเวลา 15 วินาที

ในทางกลับกันการเพิ่มระยะเวลาในการใช้กรดกัดเป็น 60 วินาที ในกลุ่มเนื้อฟันเปลี่ยนสี กลับส่งผลดีต่อค่ากำลังยึดติดระดับจุลภาคในระยะสั้น (Immediate bond strength) อย่างมีนัยสำคัญ อาจสันนิษฐานได้ว่าการใช้กรดกัดเนื้อฟันที่มีการปนเปื้อนจากการกัดกร่อนของวัสดุอะมัลกัมที่นานขึ้น สามารถทำให้เกิดรูพรุนในเนื้อฟันระหว่างหลอดฝอยเนื้อฟันและรูเปิดของหลอดฝอยเนื้อฟันที่กว้างขึ้น จึงสามารถกำจัดโลหะที่ปนเปื้อนบริเวณเนื้อฟันรวมถึงโลหะที่อุดตันภายในหลอดฝอยเนื้อฟันให้ออกไปได้ส่งผลให้การแทรกซึมของเรซินมอนอเมอร์ลงไปในเนื้อฟันที่ถูกกรดกัดเกิดได้ดีขึ้น และให้ค่ากำลังยึดติดที่สูงขึ้นได้

จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าชนิดและองค์ประกอบของวัสดุอะมัลกัมที่มาจากต่างแหล่งผลิต ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์การกัดกร่อนที่แตกต่างกัน โดยวัสดุอะมัลกัมที่มีปริมาณทองแดงต่ำ สามารถเกิดกระบวนการกัดกร่อนได้มากกว่าวัสดุอะมัลกัมที่มีปริมาณทองแดงสูง¹⁶ ดังนั้นประสิทธิภาพการยึดติดของสารยึดติดทางทันตกรรมประเภทเรซินบนเนื้อฟันเปลี่ยนสีที่ถูกบุรณะด้วยวัสดุอะมัลกัมที่มีปริมาณทองแดงต่ำ อาจลดลงได้มากกว่า เมื่อเทียบกับเนื้อฟันเปลี่ยนสีที่ถูกบุรณะด้วยวัสดุอะมัลกัมที่มีปริมาณทองแดงสูง สำหรับการศึกษานี้เป็นการทดลองโดยไม่ทราบชนิดของวัสดุอะมัลกัมที่ใช้ ซึ่งเป็นการจำลองสถานการณ์ทางคลินิกที่ทันตแพทย์ไม่อาจทราบชนิดของวัสดุอะมัลกัมที่ใช้มาก่อนได้ ดังนั้นในอนาคตอาจทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยเปรียบเทียบวัสดุอะมัลกัมแต่ละชนิดเพื่อเป็นการขยายต่อความรู้จากการศึกษานี้ รวมทั้งศึกษาถึงประสิทธิภาพการยึดติดในระยะยาว เนื่องจากการใช้กรดกัดเนื้อฟันเป็นระยะเวลานาน อาจส่งผลต่อการแทรกซึมของเรซินมอนอเมอร์³⁰ และเป็นการกระตุ้นเอนไซม์เมทริกเมทัลโลโปรติเอส (Matrix metalloproteinases; MMPs) ที่อาจนำไปสู่การเสื่อมสลายของเส้นใยคอลลาเจนและชั้นสารยึดติดในระยะยาว³¹

หากอ้างอิงจากผลการศึกษานี้สามารถสรุปโดยให้ข้อแนะนำทางคลินิกคือให้ใช้กรดที่ค่อนข้างมีความคงตัว ไม่มีลักษณะที่เหลวไหลแผ่ไปบริเวณอื่นได้ง่าย และพยายามทำการทาเฉพาะบริเวณที่เนื้อฟันติดสีทิ้งไว้ 45 วินาที หลังจากนั้นจึงทำการลบบริเวณเนื้อฟันปกติเพิ่มเติมอีก 15 วินาที จึงล้างน้ำออกพร้อมกันในทีเดียว ซึ่งการทำเช่นนี้ จะคล้ายคลึงกับเทคนิค selective etching ที่เลือกทาเฉพาะบริเวณเคลือบฟันเท่านั้น

บทสรุป

ในกรณีที่ทำการบูรณะฟันด้วยสารยึดติดทางทันตกรรมระบบเอกซ์แอนดรีนส์บนเนื้อฟันที่เปลี่ยนสีจากวัสดุอะมัลกัม ควรเพิ่มเวลาการใช้กรดกัดเฉพาะเนื้อฟันบริเวณที่มีการเปลี่ยนสีเป็นเวลา 60 วินาที จะสามารถเพิ่มค่ากำลังยึดติดระดับจุลภาคในระยะสั้นได้อย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารอ้างอิง

- Ritter AV. Sturdevant's Art & Science of Operative Dentistry. 7th ed. St. Louis: Elsevier, 2017:306-10.
- Moraschini V, Fai CK, Alto RM, Dos Santos GO. Amalgam and resin composite longevity of posterior restorations: A systematic review and meta-analysis. J Dent 2015;43(9):1043-50.
- Mjor I, Gordan V. Failure, repair, refurbishing and longevity of restorations. Oper Dent 2002;27(5): 528-34.
- Massler M, Barber TK. Action of amalgam on dentin. J Am Dent Assoc 1953;47(4):415-22.
- Kurosaki N, Fusayama T. Penetration of elements from amalgam into dentin. J Dent Res 1973;52(2): 309-17.
- Harnirattisai C, Senawongse P, Tagami J. Microtensile bond strengths of two adhesive resins to discolored dentin after amalgam removal. J Dent Res 2007; 86(3):232-6.
- Sato Y, Fusayama T. Removal of dentin by fuchsin staining. J Dent Res 1976;55(4):678-83.
- Kuboki Y, Liu CF, Fusayama T. Mechanism of differential staining in carious dentin. J Dent Res 1983;62(6):713-4.
- Fusayama T, Terashima S. Differentiation of the two layers of carious dentin by staining. J Dent Res 1972;51(3):866.
- Wei SH, Ingram M. Analyses of the amalgam-tooth interface using the electron microprobe. J Dent Res 1969;48(2):317-20.
- Mateer RS, Reitz CD. Galvanic degradation of amalgam restorations. J Dent Res 1972;51(6): 1546-51.
- Holland GA, Asgar K. Some effects on the phases of amalgam induced by corrosion. J Dent Res 1974;53(5):1245-54.
- Halse A. Metals in dentinal tubules beneath amalgam fillings in human teeth. Arch Oral Biol 1975;20(1):87-8.
- Sarkar N, Fuys R, Schoenfeld C, Armstrong L, Stanford J. The tooth-amalgam interaction. J Oral Rehabil 1981;8(5):401-11.
- Grossman E, Witcomb M, Jodaikin A. Elements in marginal seals at amalgam-tooth interfaces. J Dent Res 1986;65(7):998-1000.
- Scholtanus JD, Özcan M, Huysmans M-CD. Penetration of amalgam constituents into dentine. J Dent 2009;37(5):366-73.
- Scholtanus JD, van der Hoorn W, Ozcan M, Huysmans M, Roeters J, Kleverlaan CJ, et al. Staining of dentin from amalgam corrosion is induced by demineralization. Am J Dent 2013; 26(4):185-90.
- Ellender G, Ham KN, Harcourt JK. The ultrastructural localization of the corrosion products of dental amalgam. Aust Dent J 1979; 24(3):174-7.
- Arrais CA, Giannini M, Nakajima M, Tagami J. Effects of additional and extended acid etching on bonding to caries-affected dentine. Eur J Oral Sci 2004;112(5):458-64.
- Lopes GC, Vieira LC, Monteiro S, Jr., Caldeira de Andrada MA, Baratieri CM. Dentin bonding: effect of degree of mineralization and acid etching time. Oper Dent 2003;28(4):429-39.

21. Karan K, Yao X, Xu C, Wang Y. Chemical characterization of etched dentin in non-carious cervical lesions. J Adhes Dent 2012;14(4):315-22.
22. Lopes GC, Baratieri CM, Baratieri LN, Monteiro S, Jr., Cardoso Vieira LC. Bonding to cervical sclerotic dentin: effect of acid etching time. J Adhes Dent 2004;6(1):19-23.
23. Al-Sugair MH, Akpata ES. Effect of fluorosis on etching of human enamel. J Oral Rehabil 1999; 26(6):521-8.
24. Ateyah N, Akpata E. Factors affecting shear bond strength of composite resin to fluorosed human enamel. Oper Dent 2000;25(3):216-22.
25. Torres-Gallegos I, Zavala-Alonso V, Patino-Marin N, Martinez-Castanon GA, Anusavice K, Loyola-Rodriguez JP. Enamel roughness and depth profile after phosphoric acid etching of healthy and fluorotic enamel. Aust Dent J 2012;57(2):151-6.
26. Perdigão JL, Manuela. The effect of etching time on dentin demineralization. Quintessence Int 2001;32(1):19-26.
27. Wang Y, Spencer P. Effect of acid etching time and technique on interfacial characteristics of the adhesive-dentin bond using differential staining. Eur J Oral Sci 2004;112(3):293-9.
28. Marshall GW, Jr., Inai N, Wu-Magidi IC, Balooch M, Kinney JH, Tagami J. Dentin demineralization: effects of dentin depth, pH and different acids. Dent Mater 1997;13(6):338-43.
29. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Sano H, Tay FR, Oguchi H, et al. Over-etching effects on micro-tensile bond strength and failure patterns for two dentin bonding systems. J Dent 2002;30(2-3):99-105.
30. Pashley DH, Tay FR, Yiu C, Hashimoto M, Breschi L, Carvalho RM, et al. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. J Dent Res 2004;83(3):216-21.
31. Tjaderhane L, Buzalaf MA, Carrilho M, Chaussain C. Matrix metalloproteinases and other matrix proteinases in relation to cariology: the era of 'dentin degradomics'. Caries Res 2015;49(3):193-208.

ผู้รับผิดชอบบทความ

อรณิชา ธนัฏวารากรณ์

ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

เขตทวีวัฒนา กรุงเทพฯ

โทรศัพท์: 02 800 6800-5

โทรสาร: 02 800 6806

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: ornicha.tha@bkkthon.ac.th

Effect of Etching Time on Microtensile Bond Strength to Amalgam-Discolored Dentin

Norasettrakoon N* Srimahachota V** Chantarangsu S*** Prasansuttiporn T**** Thanatvarakorn O*****

Abstract

The aim of this study was to examine the effect of etching time on microtensile bond strength (μ TBS) to amalgam-discolored dentin. Twenty extracted restoration-free human molars (normal dentin group) and twenty extracted amalgam-filled human molars (discolored dentin group) were prepared. After removal of amalgam in discolored dentin group, the teeth in both groups were cut horizontally to expose flat mid-dentin surfaces. Each specimen was sectioned into 2 subgroups according to 37% phosphoric acid etching time of 15 and 60 s. Subsequently, the specimens were bonded with 3-step etch and rinse adhesive (OptiBond™ FL, Kerr, CA, USA) and restored with resin composite. The bonded specimens were subjected to microtensile bond strength (μ TBS) test. Data were statistically analyzed by two-way ANOVA and Tukey's test at significance level of 95%. The fractured surfaces of all specimens were examined using stereomicroscope. The results exhibited that μ TBS of 15-s etching time on amalgam-discolored dentin group was significantly lower than normal dentin group. Increasing etching time to 60 s on amalgam-discolored dentin could significantly increase μ TBS ($p < 0.05$). From the result of this study, prolonged etching time to 60 s could improve μ TBS of amalgam-discolored dentin with etch-and-rinse dental adhesive system.

Keywords: Etching time/ Amalgam-discolored dentin/ Microtensile bond strength/ Dental adhesive

Corresponding Author

Ornnicha Thanatvarakorn
Department of Operative Dentistry,
Faculty of Dentistry, Bangkok Thonburi University,
Taweewatana, Bangkok.
Tel.: +66 2 800 6800-5
Fax.: +66 2 800 6806
Email: ornnicha.tha@bkkthon.ac.th

* Institute of Dentistry, Department of Medical Services, Amphur Muang, Nonthaburi.

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

*** Department of Oral Pathology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok.

**** Department of Restorative Dentistry and Periodontology, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Chiang Mai.

***** Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Bangkok Thonburi University, Bangkok.