

ผลของระยะเวลาของการปรับสภาพผิวเคลือบฟัน ด้วยกรดฟอสฟอริกต่อค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาค ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันบนพื้นผิวเคลือบฟันที่แตกต่างกัน

The Effect of Different Phosphoric Acid-etching Times on Microtensile Bond Strength of Sealant on Different Enamel Substrates

พงษ์สิริ ใจคำปัน¹, กิรติ เกียรติตั้ง¹, ตะวัน แสงสี¹, ดวงรัชต์ เลิศบุษยานุกูล¹, วุฒพล สาแดง¹, พนมกร ใจกว้าง¹,
กฤตภาส พุแสง¹, อิศรพงษ์ ไทยนิมิต¹, มยุรัชฎ์ พิพัฒภัสกร²
¹คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

²ภาควิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Pongsiri Jaikumpun¹, Keerati Kiattang¹, Tawan Sangsue¹, Tuangrat Lerdbutsayanukool¹, Wuttapon Sagang¹,
Panomkorn Jaikwang¹, Krittaphat Fusang¹, Issarapong Thainimit¹, Mayurach Pipatphatsakorn²

¹Faculty of Dentistry, Naresuan University

²Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Naresuan University

ชม. ทันตสาร 2560; 38(1) : 101-112

CM Dent J 2017; 38(1) : 101-112

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาของการใช้กรดฟอสฟอริกปรับสภาพผิวเคลือบฟันต่อค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันบนผิวเคลือบฟันที่แตกต่างกัน

วัสดุและวิธีการ: นำฟันกรามแท้มาเตรียมชั้นเคลือบฟันให้เรียบ แล้วสุ่มแบ่งเป็น 7 กลุ่ม โดยจำแนกเป็นกลุ่มผิวฟันปกติ (CS) กลุ่มรอยผุจำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟัน (CD) และกลุ่มรอยผุจำลองในระยะเริ่มแรกที่มีการคืนกลับแร่ธาตุบนผิวเคลือบฟันด้วยการทาฟลูออไรด์วานิชความเข้มข้นร้อยละ 5 (CR) จากนั้นเตรียมผิวเคลือบฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37.5

Abstract

Objective: The purpose of this study was to determine the effect of different phosphoric acid-etching times on microtensile bond strength (μ TBS) of sealant on different enamel substrates.

Materials and Methods: Extracted human molars were ground to create a flat surface of enamel. All the samples were randomly divided into 7 groups according to enamel substrates (CS: sound enamel, CD: artificial initial caries-like enamel, and CR: remineralized artificial initial caries-like enamel with 5% fluoride varnish) and etching

Corresponding Author:

มยุรัชฎ์ พิพัฒภัสกร

อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร., ภาควิชาทันตกรรมบูรณะ
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Mayurach Pipatphatsakorn

Lecturer, Dr., Department of Restorative Dentistry,
Faculty of Dentistry, Naresuan University
E-mail: Mayurach_dt17@hotmail.com

ที่เวลา 10 วินาที (10) 15 วินาที (15) และ 25 วินาที (25) เคลือบผิวเคลือบฟันด้วยวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันคอนโซล แล้วนำมาตัดและกรอแต่งขึ้นตัวอย่างให้เป็นรูปร่างพิกาทราย จากนั้นนำไปวัดค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดิงระดับจุลภาค และทำการตรวจสอบการแตกหักด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

ผลการศึกษา: กลุ่ม CD25 มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดแบบดิงระดับจุลภาคที่ต่ำกว่ากลุ่ม CD10 และ CD15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนกลุ่ม CR10 CR15 และ CR25 นั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดแบบดิงระดับจุลภาค เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดแบบดิงระดับจุลภาคทุกกลุ่มกับกลุ่มควบคุม (CS15) พบว่ามีเพียงกลุ่ม CD25 ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) พบความล้มเหลวของการยึดติดทั้ง 4 ประเภทได้ในกลุ่ม CS15 CD15 และ CD25 ส่วนกลุ่ม CD10 CR10 CR15 และ CR25 นั้นไม่พบความล้มเหลวเชื่อมแน่นภายในผิวเคลือบฟัน นอกจากนี้ยังพบว่าโครงสร้างของผิวเคลือบฟันถูกทำลายและมีรูพรุนขนาดใหญ่มากขึ้นในกลุ่ม CD25 และ CR25

สรุปผลการศึกษา: การเคลือบหลุมร่องฟันลงบนผิวเคลือบฟันที่มีรอยผุระยะเริ่มแรกและรอยผุระยะเริ่มแรกที่มีการคืนกลับแร่ธาตุสามารถทำได้ โดยเพื่อประสิทธิภาพที่ดีของการยึดติด ผิวเคลือบฟันที่มีรอยผุระยะเริ่มแรกไม่ควรปรับสภาพพื้นผิวด้วยกรดนานเกินกว่าที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดหรือประมาณ 15 วินาที ในขณะที่การเคลือบหลุมร่องฟันลงบนผิวเคลือบฟันที่มีการคืนกลับแร่ธาตุแล้วสามารถทำการปรับสภาพได้ตามปกติ โดยระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นไม่เกิน 25 วินาที กลับไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการยึดติด ซึ่งอาจสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิก

คำสำคัญ: ความแข็งแรงยึดติดแบบดิงระดับจุลภาค วัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน ระยะเวลาการกัดด้วยกรด ผิวเคลือบฟัน

times (10: Etching time 10 sec, 15: Etching time 15 sec, 25: Etching time 25 sec). Enamel blocks were bonded with Concise™ and trimmed to be an hourglass shape. The μ TBS test was performed and the failure modes were assessed by SEM.

Results: The μ TBS value of CD25 was statistically significantly lower ($p < 0.05$) when compared to the CD10 and CD15. There were no significant differences among CR10, CR15, and CR25. The μ TBS value obtained from CD25 had a significantly lower bond strength compared to the control (CS15). The samples of CS15, CD15, and CD25 presented 4 types of failures. The cohesive failures within enamel were not found in CD10, CR10, CR15, and CR25. The conditioned artificial caries with or without fluoride varnish application for 25 sec exhibits a large porosity.

Conclusion: The use of sealant can be performed on both initial enamel caries and remineralized enamel. In order to create better bond strength, the initial enamel caries should be etched for no more than 15 sec. In contrast, the increasing of etching time up to 25 sec is not influenced to the bond strength of sealant on the remineralized enamel. These results may be applied on the sealant application in clinical procedure.

Keywords: microtensile bond strength, sealant, etching time, enamel

บทนำ

การเกิดฟันผุในฟันกรามแท้ นั้น สามารถเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ฟันเริ่มขึ้นในช่องปาก โดยร้อยละ 80 ของการผุ เป็นรอยผุบนด้านบดเคี้ยว⁽¹⁾ เนื่องจากด้านบดเคี้ยวของฟันมีลักษณะทางกายวิภาคที่เป็นร่องลึกยากต่อการทำความสะอาด ทำให้เกิดฟันผุได้ง่ายกว่าบริเวณอื่น⁽²⁾ ปัจจุบันการรักษาในทางทันตกรรมได้มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงจากการบูรณะฟันที่ผุแล้วเป็นการป้องกันก่อนการเกิดฟันผุ หรือค้นหาและให้การบูรณะตั้งแต่ระยะเริ่มต้นของโรค จึงมีการพัฒนาและผลิตวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน (sealant) มาเพื่อวัตถุประสงค์นี้ รอยโรคฟันผุระยะเริ่มแรกมีลักษณะสีขาวขุ่น มีรูพรุนใต้พื้นผิวมากขึ้น แต่ผิวฟันยังไม่ถูกทำลาย⁽³⁾ มีเพียงการ สูญเสียแร่ธาตุออกไปจากผิวเคลือบฟันเพียงบางส่วน ด้วยเหตุนี้จึงยังไม่มีคามจำเป็นที่จะต้องทำการกรอรอยโรคนี้ออกแล้วบูรณะ ดังนั้นรอยโรคในระยะนี้สามารถรักษาโดยการเคลือบหลุมร่องฟันเพื่อป้องกันการเกิดการพัฒนารอยโรคต่อไป⁽¹⁾

การเคลือบหลุมร่องฟันเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันและหยุดยั้งการเกิดฟันผุบนด้านบดเคี้ยว^(4,5) ประสิทธิภาพของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันขึ้นอยู่กับอายุของวัสดุ ความแนบสนิทกับผิวฟัน และความคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน⁽⁶⁾ วิธีการเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินมีความจำเป็นต้องเตรียมผิวฟันโดยใช้กรดกัดบนผิวเคลือบฟันเพื่อกำจัดสารอินทรีย์บางส่วนบนผิวเคลือบฟันออก ทำให้เกิดความขรุขระและรูพรุนขนาดเล็กในระดับจุลภาค อีกทั้งส่งผลให้ผิวเคลือบฟันมีพลังงานพื้นผิวสูงขึ้น (high surface energy) ทำให้เรซินสามารถแทรกซึมได้ดี⁽⁷⁾ การเตรียมผิวเคลือบฟันโดยใช้กรดฟอสฟอริก 15 วินาทีนั้นสามารถทำให้วัสดุมีการยึดติดได้ดี⁽⁸⁾ มีงานวิจัยยืนยันว่า ระยะเวลาในการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟันไม่ส่งผลกระทบต่อค่าความแข็งแรงยึดติดบนผิวเคลือบฟันปกติ เมื่อใช้กรดปรับสภาพเคลือบฟันในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นไม่เกิน 60 วินาที จะไม่มีความแตกต่างของลักษณะพื้นผิวเคลือบฟันในระดับจุลภาคและค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กรดกัดเป็นเวลา 15 วินาที⁽⁷⁻¹¹⁾ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Hashimoto และคณะพบว่า การใช้กรดกัดนานเกินไปส่งผลให้เกิดการแตกหักภายในชั้นของเคลือบฟันและเกิดการสูญเสียแร่ธาตุในระดับลึก ทำให้เรซินไม่สามารถแทรกผ่านลงไปถึงได้ ส่งผลทำให้เคลือบฟันบริเวณนั้นมีความแข็งแรงน้อย

ลง และค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงจึงลดน้อยลงไปด้วย⁽¹²⁾

การศึกษาของ Kantovitz และคณะพบว่า ผิวเคลือบฟันที่มีความแตกต่างกันนั้น มีผลต่อความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาค (microtensile bond strength) ยิ่งไปกว่านั้นค่าแรงยึดนี้ ยังขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้และวัฏจักรความเป็นกรดต่าง (pH cycling)⁽¹³⁾ การยึดอยู่ของวัสดุกับผิวเคลือบฟันนั้นมีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผล ความแตกต่างทางลักษณะผิวเคลือบฟันก็เป็นสิ่งหนึ่งที่มีหลักฐานชี้ให้เห็นว่าเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าแรงยึดอยู่ของวัสดุ⁽¹³⁾ ในปัจจุบันการรักษาด้วยการเคลือบหลุมร่องฟันในทางคลินิก มีแนวทางในการรักษาโดยการเคลือบสารบนผิวเคลือบฟันที่ยังไม่มีรอยผุลักษณะเป็นโพรง ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่า ผิวเคลือบฟันนั้นอาจมีรอยผุในระยะเริ่มแรก หรือเป็นรอยผุที่มีการคืนกลับแร่ธาตุแล้วบางส่วน จากการสัมผัสกับสารปกป้องฟันผุอื่น ๆ เช่น ฟลูออไรด์จากยาสีฟัน หรือฟลูออไรด์จากการรักษาของทันตแพทย์ ซึ่งลักษณะทางจุลภาคของผิวเคลือบฟันดังกล่าวนี้ อาจมีลักษณะที่แตกต่างไปจากผิวเคลือบฟันปกติ อันอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการยึดกับวัสดุ นอกจากนี้ยังไม่มีการวิจัยสรุปอย่างแน่ชัดถึงระยะเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมผิวฟันด้วยกรดบนผิวเคลือบฟันที่มีความแตกต่างกันของลักษณะพื้นผิว ต่อการยึดอยู่ที่ดีของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน จึงนำมาสู่วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการใช้กรดฟอสฟอริกปรับสภาพผิวเคลือบฟันต่อค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันบนผิวเคลือบฟันที่แตกต่างกัน ได้แก่ รอยผุจำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟัน และรอยผุจำลองในระยะเริ่มแรกที่มีการคืนกลับแร่ธาตุโดยมีผิวเคลือบฟันปกติเป็นตัวควบคุมเปรียบเทียบ

สมมติฐานงานวิจัย

ไม่มีความแตกต่างของค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคของรอยผุจำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟัน และรอยผุจำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟันที่มีการคืนกลับแร่ธาตุโดยการทาฟลูออไรด์วานิช กับของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน เมื่อปรับสภาพผิวเคลือบฟันด้วยกรดฟอสฟอริกที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

วัสดุและวิธีการ

ฟันกรามแท้ของมนุษย์ที่ถูกถอน ไม่มีรอยโรคฟันผุและวัสดุบูรณะ จำนวน 168 ซี่ ได้รับการอนุมัติโดยคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมงานวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร นำฟันทั้งหมดมาขัดแต่งเคลือบฟันทางด้านใกล้แก้มบางส่วนออกให้ได้ระนาบเรียบขนาดประมาณ 5x5 มิลลิเมตร โดยใช้กระดาษทราย (Al₂O₃ abrasive paper) ที่มีระดับความละเอียดเท่ากับ 400 600 และ 1200 และขัดเงาด้วยผงขัดเพชรขนาด 1.0 ไมครอน โดยไม่ให้เผยส่วนของชั้นเนื้อฟันออกมา จากนั้นยึดส่วนรากฟันทางด้านใกล้กับเรซินอะคริลิคด้วยกาวไซยาโนอะครีเลต (Cyanoacrylate glue, Model Repair II Blue, Dentsply-Sankin, Tochigi, Japan) จากนั้นทำการกรอดัดฟันด้านบดเคี้ยวและด้านประชิดออกด้วยเครื่องตัด (Isomet 4000, Buehler Ltd., Lake Bluff, Illinois, USA) จนได้ระนาบเท่ากับขอบเขตทางด้านใกล้แก้ม ขนาด 5x5 มิลลิเมตร

ทำการสุ่มขึ้นตัวอย่างแบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มละ 24 ซี่ตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เคลือบวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันคอนไซส์ (Concise™, 3M ESPE, St.Paul, MN, USA) บนผิวเคลือบฟันปกติที่ปรับสภาพเคลือบฟันด้วยกรดเป็นระยะเวลา 15 วินาที (CS15) เป็นกลุ่มควบคุม; กลุ่มที่ 2 เคลือบวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันคอนไซส์บนรอยฟุ่จำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟัน โดยปรับสภาพเคลือบฟันด้วยกรดเป็นระยะเวลา 10 วินาที (CD10); กลุ่มที่ 3 เคลือบวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันคอนไซส์บนรอยฟุ่จำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟัน โดยปรับสภาพเคลือบฟันด้วยกรดเป็นระยะเวลา 15 วินาที (CD15); กลุ่มที่ 4 เคลือบวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันคอนไซส์บนรอยฟุ่จำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟัน โดยปรับสภาพเคลือบฟันด้วยกรดเป็นระยะเวลา 25 วินาที (CD25); กลุ่มที่ 5 เคลือบวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันคอนไซส์บนรอยฟุ่จำลองในระยะเริ่มแรกที่มีการคืนกลับแร่ธาตุ โดยปรับสภาพเคลือบฟันด้วยกรดเป็นระยะเวลา 10 วินาที (CR10); กลุ่มที่ 6 เคลือบวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันคอนไซส์บนรอยฟุ่จำลองในระยะเริ่มแรกที่มีการคืนกลับแร่ธาตุ โดยปรับสภาพเคลือบฟันด้วยกรดเป็นระยะเวลา 15 วินาที (CR15); กลุ่มที่ 7 เคลือบวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันคอนไซส์บนรอยฟุ่จำลองในระยะเริ่มแรกที่มีการคืนกลับแร่ธาตุ โดยปรับสภาพเคลือบฟันด้วยกรดเป็นระยะเวลา 25 วินาที (CR25)

การเตรียมรอยฟุ่จำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟัน

นำขึ้นตัวอย่างมาเคลือบด้วยน้ำยาทาเคลือบแบบใสที่ทนทานกรด 2 ชั้น โดยเว้นบริเวณผิวเคลือบฟันทางด้านใกล้แก้มขนาด 5x5 มม. ที่ขัดแต่งเตรียมไว้ จากนั้นนำตัวอย่างไปแช่ในสารละลายบัฟเฟอร์ของกรดแอซิดิกที่มีระดับค่าพีเอชเท่ากับ 5 ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ที่อุณหภูมิห้องของผงเคลือบฟันบด (ขนาด 74 to 105 μm) เป็นเวลา 16 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสัดส่วน 2.0 มิลลิลิตร ต่อตารางมิลลิเมตรของพื้นผิวเคลือบฟัน โดยประยุกต์วิธีการนี้มาจากการศึกษาของ Kantovitz ในปี 2011⁽¹³⁾

การเตรียมรอยฟุ่จำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟันที่มีการคืนกลับแร่ธาตุ

นำขึ้นตัวอย่างที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมรอยฟุ่จำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟันมาทาด้วยฟลูออไรด์วานิช (5% NaF white varnish, 3M ESPE, St.Paul, MN, USA) จากนั้นนำมาแช่ในน้ำลายเทียมสังเคราะห์ (1.5 mM calcium, 0.9 mM phosphate, 150 mM KCl in 0.1 M Tris buffer, 0.05 μg F/mL, pH 7.0) เป็นเวลานาน 1 สัปดาห์ โดยใช้อัตราส่วนสารละลาย 1.25 มิลลิลิตร ต่อพื้นที่ผิวเคลือบฟันที่เผยผึ่ง 1 ตารางมิลลิเมตร เช็ดตัวอย่างด้วยผ้าก๊อช แล้วล้างขึ้นตัวอย่างด้วยน้ำปราศจากไอออน (Deionized water) pH 6.0 แล้วเป่าให้แห้ง โดยประยุกต์วิธีการนี้มาจากการศึกษาของ Kantovitz ในปี 2011⁽¹³⁾

นำขึ้นตัวอย่างที่ได้จากทั้ง 7 กลุ่มมาปรับสภาพเคลือบฟันด้วยกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 37.5 (Kerr, Orange, CA, USA) นาน 10, 15 และ 25 วินาที ตามระยะเวลาที่กำหนดของแต่ละกลุ่มทดลอง จากนั้นล้างน้ำ 15 วินาที แล้วเป่าลมจนเคลือบฟันมีลักษณะเป็นสีขาวขุ่น แล้วทาวีสดุเคลือบหลุมร่องฟันคอนไซส์ (Concise® white sealant; 3M ESPE, St.Paul, MN, USA) ลงบนผิวเคลือบฟันที่เตรียมไว้ด้วยฟู่กันสำหรับทาสารยึดติด แล้วนำไปฉายแสงนาน 20 วินาที ด้วยเครื่องฉายแสงชนิดหลอด LED (Demi; Kerr, Danbury, CT, USA) ทาซ้ำจนกระทั่งได้ความหนาของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันคอนไซส์ 5 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบแล้วไว้ในสภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 100 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

เมื่อครบกำหนดนำตัวอย่างแต่ละชิ้นมาตัดตามยาวเป็นแผ่นที่มีความหนาแผ่นละ 1 มิลลิเมตร ด้วย เครื่องตัด (Isomet 4000, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) โดยใช้ น้ำร่วมด้วย จะได้แผ่นตัวอย่าง 4 แผ่นต่อตัวอย่างฟัน 1 ซี่ จากนั้น นำแผ่นตัวอย่างที่ได้แต่ละแผ่นมากรอตัดเป็นรูปทรงนาฬิกาทราย โดยใช้หัวกรอเร็วเพชรทรงกระบอก (FG 3097, KG Sorensen, Cotia, Brazil) กรอตัดให้ส่วนคอดของรูปทรงนาฬิกาทรายอยู่บริเวณส่วนเชื่อมยึดระหว่างเคลือบฟันกับวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน โดยให้มีระยะส่วนคอด 1 มิลลิเมตร แผ่นตัวอย่างที่แตกหักระหว่างการเตรียมจะถูกคัดออกจาก การทดลอง สุ่มขึ้นตัวอย่าง 1 ชิ้นจาก 4 ชิ้นที่มาจากฟันซี่เดียวกัน นำขึ้นตัวอย่างยึดเข้ากับเครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกลเอนกประสงค์ยี่ห้ออินสตรอน (Instron Universal Tester; model 8872; Instron Inc., Canton, MA, USA) ด้วยกาวไซยาโนอะครีเลต และทำการทดสอบแรงต้านทานแรงดึงด้วยความเร็ว 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที เมื่อขึ้นตัวอย่างขาดออกจากกัน บันทึกค่าแรงในหน่วยนิวตัน (N) และคำนวณหา ค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาค

ตรวจสอบการแตกหักของชิ้นตัวอย่างโดยนำขึ้นตัวอย่างทิ้งไว้ให้แห้งอย่างน้อย 24 ชั่วโมง จากนั้นนำขึ้นตัวอย่างมา ฉาบผิวด้วยทอง (Gold-Sputter coated) แล้วนำไปตรวจสอบดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM: scanning electron microscope) เพื่อวิเคราะห์ความล้มเหลวของการแตกหัก โดยการศึกษาแบ่งความล้มเหลวของการแตกหักเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่ ความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างวัสดุกับเคลือบฟัน ความล้มเหลวเชื่อมแน่นภายในวัสดุ ความล้มเหลวเชื่อมแน่นภายในผิวเคลือบฟัน และความล้มเหลวแบบผสม

เตรียมชิ้นตัวอย่างรอยจุลกล้องในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟัน และรอยจุลกล้องในระยะเริ่มแรกที่มีการคืนกลับแร่ธาตุเพิ่มเติม แล้วนำมาปรับสภาพเคลือบฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37.5 นาน 10 15 และ 25 วินาที จากนั้นล้างน้ำ 15 วินาที แล้วเป่าลมจนเคลือบฟันมีลักษณะเป็นสีขาวขุ่น จากนั้นนำไปตรวจสอบดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเพื่อศึกษาเพิ่มเติมถึงการเกิดรูปแบบลักษณะเคลือบฟันที่ถูกกรดกัด

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 15.0 เพื่อตรวจสอบว่าการกระจายข้อมูลว่ามีการ

แจกแจงแบบปกติหรือไม่ ด้วยการทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมอรโนฟ (Kolmogorov-Smirnov test) เมื่อพบว่าข้อมูลแจกแจงปกติจึงทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และ Bonferroni post hoc test โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

ผลการศึกษา

ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาค และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันบนผิวเคลือบฟันที่แตกต่างกันสามชนิดทั้งหมด 7 กลุ่มแสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยพบว่ากลุ่ม CR25 มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคสูงสุด มีค่าเท่ากับ 18.79 ± 3.00 MPa ส่วนกลุ่ม CD25 นั้นมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 13.17 ± 3.60 MPa

เมื่อพิจารณาเฉพาะแรงยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันบนกลุ่มรอยจุลกล้องในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟัน (CD) นั้น พบว่ากลุ่ม CD25 นั้นมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคต่ำที่สุด (13.17 ± 3.60 MPa) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) รองลงมาคือกลุ่ม CD15 (16.17 ± 2.54 MPa) ส่วนกลุ่ม CD10 มีค่าสูงที่สุด (16.86 ± 3.33 MPa)

ส่วนกลุ่มรอยจุลกล้องในระยะเริ่มแรกที่มีการคืนกลับแร่ธาตุนั้นพบว่า ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคของกลุ่ม CR10 CR15 และ CR25 เท่ากับ 16.23 ± 3.12 17.27 ± 3.74 และ 18.79 ± 3.00 MPa ตามลำดับ และทั้งสามกลุ่มนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคของกลุ่มตัวอย่างที่มีการปรับสภาพผิวเคลือบฟันด้วยกรดเป็นระยะเวลา 15 วินาที บนผิวเคลือบฟันที่แตกต่างกันทั้งสามชนิด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุม (CS15) กับกลุ่มทดลองทั้งหมด พบว่ามีเพียงกลุ่ม CD25 เท่านั้นที่มีความแตกต่างกับกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลจากการตรวจสอบการแตกหักของชิ้นตัวอย่างในแต่ละกลุ่มดังแสดงในตารางที่ 2 พบความล้มเหลวของการยึดติดทั้ง 4 รูปแบบ ในกลุ่ม CS15 CD15 และ CD25 ส่วนกลุ่ม CD10 CR10 CR15 และ CR25 พบความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันกับผิวเคลือบฟัน ความล้มเหลวการเชื่อมแน่นภายในวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน และความล้มเหลวแบบผสม แต่ไม่พบความล้มเหลวเชื่อมแน่นในชั้นเคลือบฟัน ร้อยละของความล้มเหลวแบบผสมพบมากที่สุดในทุกกลุ่มตัวอย่าง โดยพบว่ามีความมากกว่าร้อยละ 50 และรูปแบบการแตกหักที่เกิดขึ้นมีความคล้ายคลึงกันทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตัวอย่างความล้มเหลวที่พบในกลุ่มควบคุมที่พบความล้มเหลวทั้ง 4 แบบ ได้แก่ ความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างวัสดุกับเคลือบฟัน (1a) ความล้มเหลวเชื่อมแน่นภายในวัสดุ (1b) ความล้มเหลวเชื่อมแน่นภายในผิวเคลือบฟัน (1c) และความล้มเหลวแบบผสม (1d)

เมื่อพิจารณาลักษณะของเคลือบฟันที่ถูกกรัดกัดในแต่ละกลุ่มในระยะเวลาที่แตกต่างกันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดจากชิ้นตัวอย่างที่ไม่มีการทาว์สเตรคเคลือบหลุมร่องฟันพบว่า มีรูปแบบลักษณะเคลือบฟันที่ถูกกรัดกัดตามการแบ่งของ Silverstone⁽¹⁴⁾ ทั้งสามรูปแบบ โดยรูปแบบที่ 1 ที่มีการสูญเสียส่วนแกนกลางของผลึกเคลือบฟัน (prism core) โดยเหลือส่วนรอบนอก (prism periphery) ไว้ พบได้ในกลุ่ม CS15 CR10 และ CR15 (2a 2e และ 2f ตามลำดับ) ส่วนรูปแบบลักษณะเคลือบฟันที่ถูกกรัดกัดชนิดที่ 2 พบได้ในกลุ่ม CD10 (2b) แสดงให้เห็นถึงการถูกกรัดกัดบริเวณรอบๆ แกนกลางของผลึกเคลือบฟันโดยคงเหลือส่วนแกนกลางไว้ และในรูปแบบลักษณะเคลือบฟันที่ถูกกรัดกัดชนิดที่ 3 ซึ่งมีลักษณะรวมกันของรูปแบบที่ 1 และ 2 พบในกลุ่ม CD15 CD25 และ CR25 ดังรูป 2c 2d และ 2g ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงค่าต่ำสุด-สูงสุดและค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันคอนไซส์บนผิวเคลือบฟันปกติ (CS) รอยผุจำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟัน (CD) และรอยผุจำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟันที่มีการคืนกลับแร่ธาตุ (CR) โดยมีระยะเวลาการปรับสภาพผิวเคลือบฟันด้วยกรดฟอสฟอริกที่แตกต่างกัน (10 15 และ 25 วินาที)

Table 1 Minimums, maximums, and means of the microtensile bond strength values with standard deviations of sealants on three enamel substrates; sound enamel (CS), artificial demineralized enamel (CD), and artificial remineralized enamel (CR) at different times (10, 15, and 25 sec)

Group	Microtensile bond strength values		
	Minimun (MPa)	Maximun (MPa)	Mean ± standard deviations (MPa)
CS15	13.98	25.62	17.24±3.79 A
CD10	14.87	17.14	16.86±3.33 A
CD15	11.73	19.28	16.17±2.54 A
CD25	10.23	15.89	13.17±3.60 B
CR10	10.58	22.60	16.23±3.12 A
CR15	11.73	25.62	17.27±3.74 A
CR25	14.36	22.71	18.79±3.00 A

*กลุ่มที่แสดงตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ (A และ B) ที่แตกต่างกันแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

*The groups that were labeled the same capital letter mean there are no significant difference of the microtensile bond strength values. Only one group, CD25, its microtensile bond strength value is significantly different (p<0.05) from the others.

ตารางที่ 2 แสดงร้อยละของรูปแบบการแตกหักของชิ้นตัวอย่างภายหลังจากผ่านการดึงทดสอบค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันคอนโซลส์ บนผิวเคลือบฟันที่แตกต่างกันทั้งสามชนิด ได้แก่ ผิวเคลือบฟันปกติ (CS) รอยฟุจำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟัน (CD) และรอยฟุจำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟันที่มีการคืนกลับแร่ธาตุ (CR)

Table 2 Percentage of failure pattern after microtensile bond strength test of sealants on three enamel substrates; sound enamel (CS), artificial demineralized enamel (CD), and artificial remineralized enamel (CR) at different times (10, 15, and 25 sec), N = number of samples

กลุ่ม	N	Adhesive failure	Cohesive failure in sealant	Cohesive failure in enamel	Mixed failure
CS15	24	20.83	25.00	4.17	50.00
CD10	24	29.17	16.67	0	54.16
CD15	24	8.33	16.67	8.33	66.67
CD25	24	20.83	10.83	16.67	41.67
CR10	24	29.17	16.67	0	54.16
CR15	24	20.83	20.83	0	58.34
CR25	24	12.50	33.33	0	54.17

N หมายถึง จำนวนชิ้นตัวอย่าง

Adhesive failure หมายถึง ความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างวัสดุกับเคลือบฟัน

Cohesive failure in sealant หมายถึง ความล้มเหลวเชื่อมแน่นภายในวัสดุ

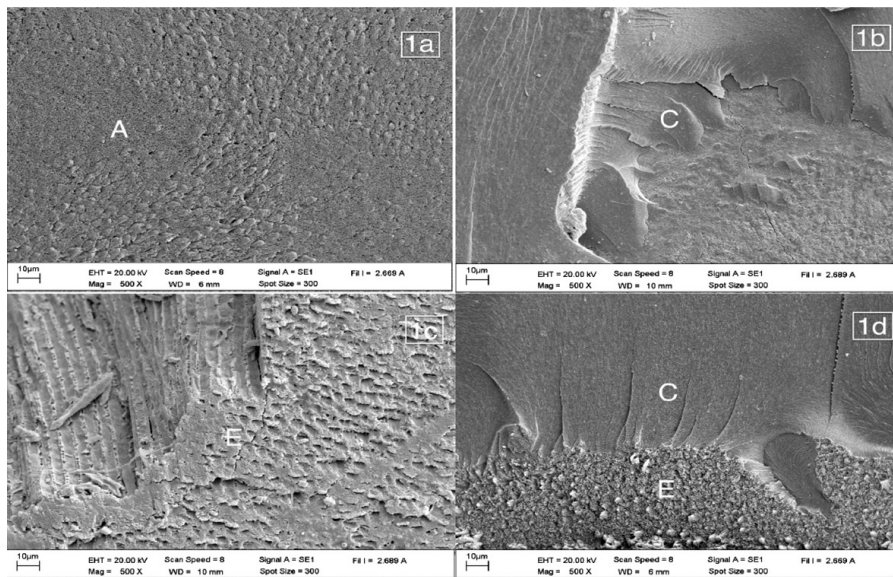
Cohesive failure in enamel หมายถึง ความล้มเหลวเชื่อมแน่นภายในเคลือบฟัน

Mixed failure หมายถึง ความล้มเหลวแบบผสม

ลักษณะผิวเคลือบฟันที่ผ่านการปรับสภาพและตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดในกลุ่ม CS15 CD10 และ CD15 (รูป 2a 2b และ 2c ตามลำดับ) ไม่พบความแตกต่างของรูปแบบการใช้กรดกัด ในทางตรงกันข้ามกลุ่ม CD25 (2d) นั้น พบว่าลักษณะผิวเคลือบฟันที่เกิดขึ้นมีการสูญเสียโครงสร้างของทั้งในส่วนแกนกลางผลึกเคลือบฟันและโดยรอบไปมาก เกิดรูพรุนที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งเห็นได้เช่นเดียวกับ CR25 (2g) ส่วนในกลุ่ม CR10 (2e) และ CR15 (2f) ซึ่งเป็นกลุ่มของรอยฟุจำลองในระยะเริ่มแรกที่มีการคืนกลับแร่ธาตุด้วยฟลูออไรด์วานิชพบก้อนผลึกขนาดเล็กจำนวนมากเกาะเคลือบบนผิวทั้งในส่วนของส่วนแกนกลางผลึกเคลือบฟันและโดยรอบ และเมื่อเพิ่มระยะเวลาของการใช้กรดกัดในกลุ่มนี้ จาก 10 วินาที เป็น 15 วินาที พบว่าผลึกเหล่านั้นค่อยๆ หายไปบางส่วนและก้อนผลึกเหล่านั้นหายไปทั้งหมดและโครงสร้างส่วนแกนกลางผลึกเคลือบฟันหายไปมาก มีรูพรุนขนาดใหญ่เมื่อเพิ่มเวลาการใช้กรดกัดเพิ่มเป็น 25 วินาที

บทวิจารณ์

จากผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มเวลาปรับสภาพเคลือบฟันด้วยกรดฟอสฟอริกบนรอยฟุจำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟันเป็นเวลา 25 วินาทีนั้น ให้ค่าความแข็งแรงยึดระดับจุลภาคต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากเคลือบฟันที่มีความพรุนเพิ่มมากกว่าเคลือบฟันปกติ^(15,16) จากการละลายตัวของสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มระยะเวลาในการใช้กรดกัด ด้วยเหตุนี้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันจึงไม่สามารถแทรกซึมลงไปได้ถึงชั้นที่เกิดการละลายแร่ธาตุออกไป ทำให้ไม่โครงสร้างผลึกเคลือบฟันบางส่วนไม่ถูกโอบล้อมด้วยเรซิน อีกทั้งโครงสร้างผิวเคลือบฟันที่เหลืออยู่นี้ ผ่านการถูกกรดกัดเป็นระยะเวลาที่นาน (25 วินาที) ทำให้มีความแข็งแรงน้อยอาจส่งผลทำให้ส่วนระนาบการยึดติดระหว่างวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันและผิวเคลือบฟันไม่มีความแข็งแรง⁽¹³⁾ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคของผลการทดลองนี้ นอกจากนี้ยังพบว่าสอดคล้องกับร้อยละความล้มเหลวด้วย โดยพบความ



รูปที่ 1 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงความล้มเหลวชนิดต่างๆ กลุ่มตัวอย่างที่เป็นเคลือบฟันปกติ ปรับสภาพด้วยกรดฟอสฟอริกเป็นเวลา 15 วินาที

รูป 1a ความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างวัสดุกับเคลือบฟัน (A: interface between enamel and sealant, x500 เท่า)

รูป 1b ความล้มเหลวเชื่อมแน่นภายในวัสดุ (C: วัสดุคอนไซส์, x500 เท่า)

รูป 1c ความล้มเหลวเชื่อมแน่นภายในผิวเคลือบฟัน (E: ชั้นเคลือบฟัน, x500 เท่า)

รูป 1d ความล้มเหลวแบบผสม (C: วัสดุคอนไซส์, E: ชั้นเคลือบฟัน, x500 เท่า)

Figure 1 SEM photograph illustrating failure pattern after microtensile bond strength test of sealant on sound enamel (CS15)

Fig.1a Adhesive failure (A: interface between enamel and sealant, 500x)

Fig.1b Cohesive failure in sealant (C: Concise™, 500x)

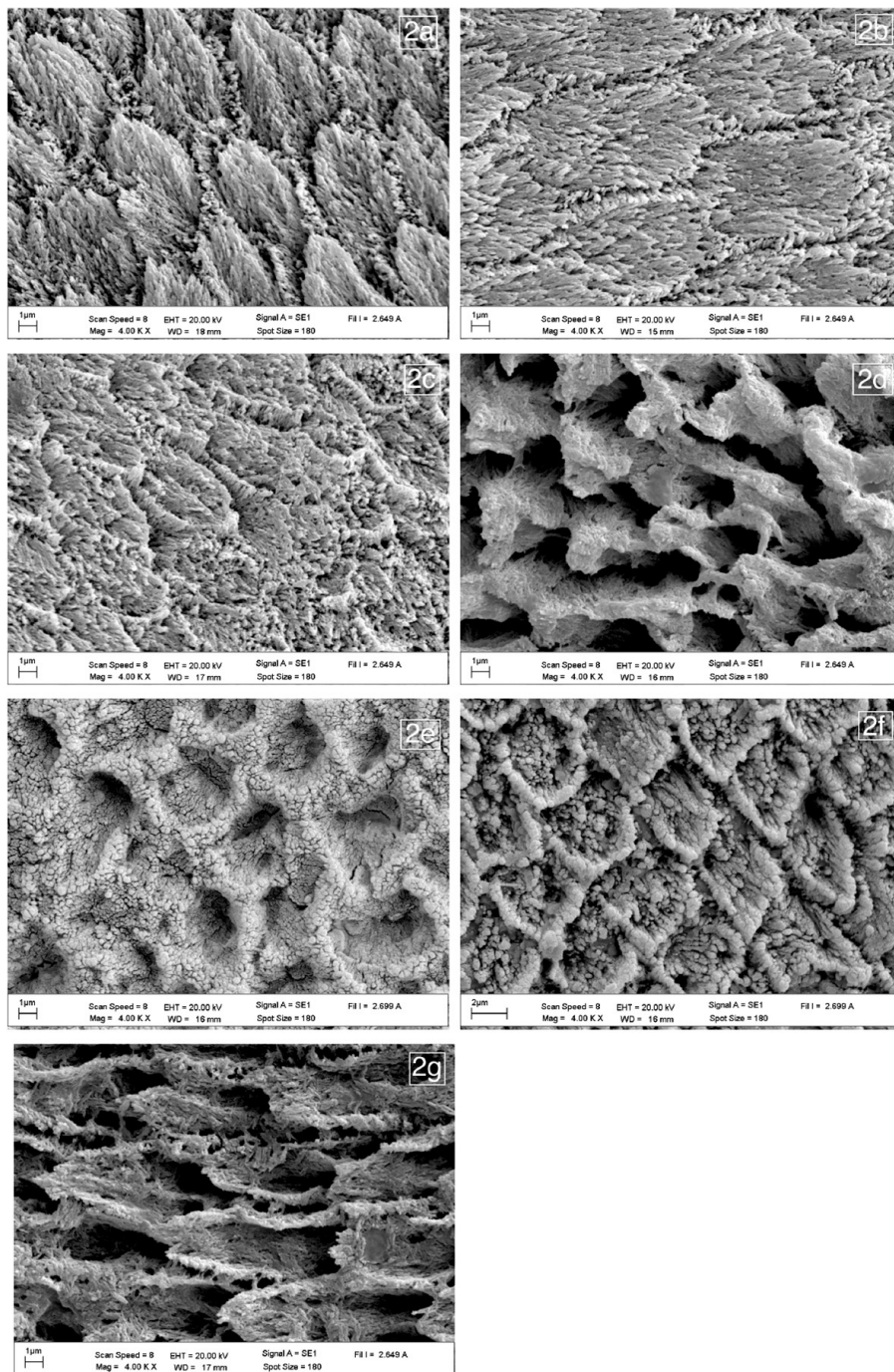
Fig.1c Cohesive failure in enamel (E: enamel, 500x)

Fig.1d Mixed failure (C: Concise™, E: enamel, 500x)

ล้มเหลวแบบเชื่อมแน่นในชั้นเคลือบฟันในกลุ่มรอยฟันจำลอง ในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟันที่มีการปรับสภาพด้วยกรด 25 วินาทีมากกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองกลุ่มอื่นๆ

ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานการวิจัยที่ว่า ไม่มีความแตกต่างของค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคของรอยฟันจำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟัน และรอยฟันจำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟันที่มีการคืนกลับแร่ธาตุโดยการทาฟลูออไรด์วานิช กับของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน เมื่อปรับสภาพผิวเคลือบฟันด้วยกรดฟอสฟอริกที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

ระยะเวลาในการปรับสภาพผิวเคลือบฟันด้วยกรดไม่ส่งผลต่อค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคของกลุ่มรอยฟันจำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟันที่มีการคืนกลับของแร่ธาตุด้วยการทาฟลูออไรด์วานิช การทาฟลูออไรด์วานิชบนรอยฟันจำลองระยะเริ่มแรกสำหรับการทดลองนี้ เป็นการสร้างรอยฟันที่มีการคืนกลับแร่ธาตุ เพื่อเทียบเคียงกับรอยฟันในช่องปากที่รอยฟันอาจสัมผัสกับสารป้องกันฟันผุ เช่น ยาสีฟันที่มีฟลูออไรด์ หรือฟลูออไรด์จากการรักษาของทันตแพทย์ เช่น ฟลูออไรด์วานิช หรือฟลูออไรด์เจล เป็นต้น แล้วรอยฟันเหล่านั้นถูกเคลือบด้วยวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน จากการทดลองนี้ รอย



รูปที่ 2 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (x4000 เท่า) แสดงรูปแบบลักษณะเคลือบฟันที่ถูกกัดในระยะเวลาที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม 2a:CS15, 2b:CD10, 2c:CD15, 2d:CD25, 2e:CR10, 2f:CR15 และ 2g:CR25

Figure 2 SEM photograph (4,000x) illustrating etching pattern on enamel substrates achieved with different phosphoric acid-etching times. (2a:CS15, 2b:CD10, 2c:CD15, 2d:CD25, 2e:CR10, 2f:CR15 and 2g:CR25)

ผู้ที่มีการคืนกลับแร่ธาตุด้วยการทาฟลูออไรด์วานิช เมื่อถูกปรับสภาพด้วยการใช้กรดกัดในระยะเวลาต่าง ๆ กัน กลับไม่ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคนั้นลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเคลือบฟันปกติและกลุ่มรอยฟุจจำลอง ในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟัน อย่างไรก็ตามเมื่อตรวจสอบกลุ่มรอยฟุจจำลองระยะเริ่มแรกที่มีการคืนกลับแร่ธาตุที่ถูกปรับสภาพด้วยกรดเป็นเวลา 25 วินาทีภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กลับพบว่าลักษณะสภาพโครงสร้างของผิวเคลือบฟันมีการถูกทำลาย มีรูพรุนมีขนาดใหญ่ขึ้นเช่นเดียวกับกลุ่มรอยฟุจจำลองในระยะเริ่มแรกบนผิวเคลือบฟัน แต่กลับมีค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคแตกต่างกันไป จากกลุ่มควบคุมเพียงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Housseiny พบว่าการทาฟลูออไรด์บนผิวเคลือบฟันปกติก่อนปรับสภาพผิวเคลือบฟันด้วยกรดในการยึดวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันไม่ส่งผลต่อค่าแรงยึดเหนี่ยว⁽¹⁶⁾ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอื่น ๆ ที่ยืนยันว่าฟลูออไรด์เฉพาะที่ที่ทาก่อนการเคลือบหลุมร่องฟันไม่มีผลต่อความแข็งแรงยึดติดแบบดึงของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน⁽¹⁷⁻¹⁹⁾ การใช้ฟลูออไรด์ทาก่อนการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตก็ไม่ส่งผลต่อค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึง (tensile bond strength)⁽²⁰⁾ ค่าแรงยึดเหนี่ยว (shear bond strength)⁽²¹⁾ ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาค⁽²²⁾ ยิ่งไปกว่านั้นมีการศึกษาที่มีการใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ชนิดต่าง ๆ ทาบนผิวเคลือบฟันก่อนการใช้สารยึดติด (adhesive) ในทางทันตกรรมจัดฟันพบว่าไม่ทำให้ค่าความแข็งแรงยึดระหว่างแบร็คเก็ต (bracket) กับฟันลดลง^(23,24) ในทางตรงข้ามการศึกษาของ Low และคณะพบว่า การทาฟลูออไรด์ก่อนหรือหลังปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดมีผลทำให้ค่าความแข็งแรงยึดของวัสดุเคลือบ หลุมร่องฟันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁽²⁵⁾

Tandon และคณะพบว่า รอยฟุจจำลองบนผิวเคลือบ ฟันระยะเริ่มแรกที่ได้รับการทาแอซิดูเรตฟอสเฟตฟลูออไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.4 (0.4% Acidulated Phosphate Fluoride; APF) แสดงรูปแบบการถูกกรดกัดคล้ายคลึงกับผิวเคลือบฟันปกติ แต่มีขนาดของรูพรุนที่ใหญ่กว่าและมีพื้นผิวที่ปกคลุมไปด้วยก้อนผลึกของแคลเซียมฟลูออไรด์^(26,27) ซึ่งลักษณะที่คล้ายคลึงกับการศึกษานี้เช่นเดียวกันแม้ว่าจะใช้ฟลูออไรด์ต่างชนิดและความเข้มข้นกัน อย่างไรก็ตามก้อนผลึกที่ปกคลุมบนผิวเคลือบฟันที่พบยังไม่มีการฟิสชันอย่าง

ชัดเจนว่าผลึกเหล่านั้นเป็นแคลเซียมฟลูออไรด์จริง กรณีศึกษาของ Gerould ในปี 1945 จากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงให้เห็นว่าแคลเซียมฟลูออไรด์เป็นผลผลิตหลักที่เกิดขึ้นเมื่อผิวเคลือบฟันมีการสัมผัสกับฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นสูง ซึ่งพบเป็นลักษณะก้อนผลึกขนาดเล็กกระจายปกคลุมบนพื้นผิว และผลึกแคลเซียมฟลูออไรด์นี้ไม่ละลายในน้ำลายที่มี pH neutral มีความต้านทานต่อกรดสูง และเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเป็นกรดสามารถก่อให้เกิดการคืนกลับของแร่ธาตุบนผิวเคลือบฟันได้⁽²⁸⁾

ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ อาจอธิบายได้ว่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคของกลุ่มรอยฟุจจำลองระยะเริ่มแรกที่มีการคืนกลับแร่ธาตุที่มีค่าไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม เป็นผลมาจากผลึกแคลเซียมฟลูออไรด์ที่มีแข็งแรงและมีความต้านทานต่อกรดมากกว่าเคลือบ ฟันปกติ ดังนั้นการเพิ่มระยะเวลาในการใช้กรดกัดเป็น 25 วินาที อาจไม่ส่งผลหรือมีผลเพียงเล็กน้อยต่อค่าความแข็งแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคระหว่างวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันกับผิวเคลือบฟันที่มีการคืนกลับแร่ธาตุ

บทสรุป

ภายใต้ขอบเขตการศึกษานี้สรุปได้ว่าการเคลือบหลุมร่องฟันลงบนผิวเคลือบฟันที่มีรอยฟุจระยะเริ่มแรกและรอยฟุจระยะเริ่มแรกที่มีการคืนกลับแร่ธาตุสามารถทำได้ โดยเพื่อประสิทธิภาพที่ดีของการยึดติด ผิวเคลือบฟันที่มีรอยฟุจระยะเริ่มแรกไม่ควรปรับสภาพพื้นผิวด้วยกรดนานเกินกว่าที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดหรือประมาณ 15 วินาที ในขณะที่การเคลือบหลุมร่องฟันลงบนผิวเคลือบฟันที่มีการคืนกลับแร่ธาตุแล้วสามารถทำการปรับสภาพได้ตามปกติ โดยระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นไม่เกิน 25 วินาที กลับไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการยึดติด ซึ่งอาจสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิก

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวรผู้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย นักวิจัยหน่วยวิจัยชีววัสดุและนาโนเทคโนโลยี คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความช่วยเหลือและแนะนำในการเตรียมชิ้นตัวอย่าง และอาจารย์ ทันตแพทย์หญิงพรสุดา หน่อไชย ที่ให้คำปรึกษาด้านสถิติสำหรับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Feigal RJ. The use of pit and fissure sealants. *Pediatr Dent* 2002; 24: 415-422.
2. Wang J-D, Chen X, Frencken J, Du M-Q, Chen Z. Dental caries and first permanent molar pit and fissure morphology in 7- to 8-year-old children in Wuhan, China. *Int J Oral Sci* 2012; 4(3): 157-160.
3. Ole Fejerskov, Edwina A M Kidd. *Dental caries: the disease and its clinical management* 2nd ed. Oxford; 2008.
4. Feigal RJ. Sealants and preventive restorations: review of effectiveness and clinical changes for improvement. *Pediatr Dent* 1998; 20(2): 85-92.
5. Weintraub JA. The effectiveness of pit and fissure sealants. *J Public Health Dent* 1989; 49(5 Spec No): 317-330.
6. Welbury R., Raadal M, Lygidakis N. A. EAPD guidelines for the use of pit and fissure sealants. *Eur J Paediatr Dent* 2004; 5(3): 179-184.
7. Silverstone LM, Saxton CA, Dogon IL, Fejerskov O. (1975). Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. *Caries Res* 1975; 9(5): 373-387.
8. Barkmeier WW, Shaffer SE, Gwinnett AJ. Effects of 15 vs 60 second enamel acid conditioning on adhesion and morphology. *Oper Dent* 1986; 11: 111-116.
9. Hobson RS, McCabe JF. Relationship between enamel etch characteristics and resin-enamel bond strength. *Br Dent J* 2002; 27; 192(8): 463-468.
10. Triolo PT, Swift Jr EJ, Mudgil A, et al. Effects of etching time on enamel bond strengths. *Am J Dent* 1993; 6: 302-304.
11. Guba CJ, Cochran MA, Swartz ML: The effects of varied etching time and etching solution viscosity on bond strength and enamel morphology. *Oper Dent* 1994; 19: 146-153.
12. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Sano H, Tay FR, Oguchi H, Kubota M. Over-etching effects on micro-tensile bond strength and failure patterns for two dentin bonding systems. *J Dent* 2002; 30(2-3): 99-105.
13. Kantovitz KR, Pascon FM, Alves MC., Nociti FH, Tabchoury CP, Puppini-Rontani RM. Influence of different enamel substrates on microtensile bond strength of sealants after cariogenic challenge. *J Adhes Dent* 2011; 13(2): 131-137.
14. Silverstone LM, Saxton CA, Dogon IL, Fejerskov O. Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. *Caries Res* 1975; 9(5): 373-387.
15. Celiberti P, Lussi A. Penetration ability and microleakage of a fissure sealant applied on artificial and natural enamel fissure caries. *J Dent* 2007; 35(1): 59-67.
16. El-Housseiny AA, Sharaf AA. Evaluation of fissure sealant applied to topical fluoride treated teeth. *J Clin Pediatr Dent* 2005; 29(3): 215-219.
17. Brannstrom M, Nordenvall KJ, Malmgran O. The effect of various pretreatment methods on the enamel in bonding procedures. *Am J Orthod* 1955; 74: 522-530.
18. Koh SH CJ, You C. Effects of topical fluoride treatment on tensile bond strength of pit and fissure sealants. *Gen Dent* 1998; 46(3): 278-280.
19. Warren DP, Infante NB, Rice HC, Turner SD, Chan JT. Effect of topical fluoride on retention of pit and fissure sealants. *J Dent Hygiene* 2001; 75: 21-24.

20. Thornton JB, Retief DH, Bradley EL Jr, Denys FR. The effect of fluoride in phosphoric acid on enamel fluoride uptake and the tensile bond strength of an orthodontic bonding resin. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986; 90(2): 91-101.
21. Garcia-Godoy F. Shear bond strength of a resin composite to enamel treated with an APF gel. *Pediatr Dent* 1993; 15: 272-274.
22. Pipatphatsakorn M. Microtensile bond strength of new self-adhesive flowable resin composite on different enamel substrates. *CU Dent J* 2015; 38(Suppl): 83-96.
23. Bryant S, Retief DH, Bradley EL Jr, Denys FR. The effect of topical fluoride treatment on enamel fluoride uptake and the tensile bond strength of an orthodontic bonding resin. *Am J Orthod* 1985; 87(4): 294-302.
24. Kimura T, Dunn WJ, Taloumis LJ. Effect of fluoride varnish on the in vitro bond strength of orthodontic brackets using a self-etching primer system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 125(3): 351-356.
25. Low T, Von Fraunhofer JA, Winter GB. The bonding of a polymeric fissure sealant to topical fluoride-treated teeth. *J Oral Rehabil* 1975; 2(3): 303-307.
26. Tandon S, Kumari R, Udupa S. The effect of etch-time on the bond strength of a sealant and on the etch-pattern in primary and permanent enamel: an evaluation. *ASDC J Dent Child* 1989; 56(3): 186-190.
27. Tandon S, Mathew TA. Effect of acid-etching on fluoride-treated caries-like lesions of enamel: a SEM study. *ASDC J Dent Child* 1997; 64(5): 344-348.