ผลของการทาไพรเมอร์ต่อความแข็งแรงยึดติดเฉือนระหว่างแบร็คเกตจัดฟันกับวัสดุอุดอะมัลกัม

Primer-Coating Effects on Shear Bond Strength between Orthodontic Bracket and Amalgam

วิธวัช วงศ์สมุทร (Wittawat Wongsamut)* ดร.สิริโฉม สาตราวาหะ (Dr.Sirichom Satrawaha)**
ดร.กรชนก วยัคฆานนท์ (Dr.Kornchanok Wayakanon)***

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือน เมื่อใช้ไพรเมอร์ต่างชนิดกันในการยึดแบร็คเกตจัดฟันกับวัสดุอุดอะมัลกัม โดยนำชิ้นงานอะมัลกัมขนาด 6*7*2 ม.ม.^{3} จำนวน 150 ชิ้น มาเป่าด้วยผงอะลูมินัมออกไซด์ แบ่งเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ไม่ทาไพรเมอร์, กลุ่มที่ทาด้วยเมทัลไพรเมอร์, อัลลอยด์ไพรเมอร์, โมโนบอนด์ เอ็น และแอสชัวร์พลัส ยึดแบร็คเกตด้วยทรานสบอนด์เอ็กซ์ที วัดค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ หาค่าดัชนีการหลงเหลือของวัสดุยึดติดและตรวจสอบความล้มเหลวของการยึดติดผ่านกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและการทดสอบไคสแควร์ ผลการศึกษาพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือน ($p<0.05$) โดยกลุ่มแอสชัวร์พลัสให้ค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนสูงสุด และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดและความล้มเหลวของการยึดติด ($p>0.05$) จึงสรุปได้ว่าการทาไพรเมอร์ร่วมกับการเป่าทรายเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนในการยึดติดแบร็คเกตจัดฟันกับวัสดุอุดอะมัลกัม

ABSTRACT

The aim of this study was to compare the shear bond strength (SBS) of different primers to enhance the bonding between bracket and amalgam. One hundred and fifty amalgam specimens (6*7*2 mm^3) were sandblasted by Al_2O_3, randomly divided to 5 groups: no metal primer, Metal Primer®, Alloy Primer®, Monobond N® and Assure Plus®, bonded bracket with Transbond XT®. SBS test was performed by universal testing machine. Adhesive Remnant Index (ARI) and failure mode were determined under stereomicroscope. SBS, ARI and failure mode were analyzed by One-way ANOVA and Chi-square, respectively. There was statistically significant difference of SBS among different primers ($p<0.05$), in which an Assure Plus® group had the highest SBS, but no significant difference of ARI and failure mode ($p>0.05$). This study concluded using primer together with sandblasting technique was the effective method to enhance the bonding between bracket and amalgam.

คำสำคัญ: ไพรเมอร์ แบร็คเกต อะมัลกัม

Keywords: Primer, Bracket, Amalgam

** นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*

*** อาจารย์ สาขาวิชาทันตกรรมจัดฟัน ภาควิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*

**** อาจารย์ สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ ภาควิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*

บทนำ

ในปัจจุบันการติดเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟัน เช่น แบร็คเกต นิยมใช้วิธียึดติดโดยตรง (direct bonding) เนื่องจากมีขั้นตอนไม่ยุ่งยาก ทำได้ง่าย ไม่รบกวนอวัยวะปริทันต์ สะดวกในการตรวจหารอยผุด้านประชิด ให้ความสวยงาม และไม่เกิดช่องว่างระหว่างฟันเมื่อมีการถอดเครื่องมือภายหลังเสร็จสิ้นการรักษา (Mandall et al., 2002) การยึดติดโดยตรงอาศัยการใช้กรดกัดหรือใช้เลเซอร์ ทำให้เกิดรูขนาดเล็กบนผิวเคลือบฟันเพื่อให้สารเรซินยึดติด (adhesive resin) สามารถแทรกลงไปในรูพรุนบนผิวฟันนั้นได้ (Buonocore, 1955) สารเรซินยึดติดแบ่งได้ 3 ชนิด ตามวิธีการบ่มตัว ได้แก่ เรซินชนิดบ่มเอง (self-cured adhesives) เรซินชนิดบ่มด้วยแสง (light-cured adhesives) และเรซินที่บ่มตัวได้สองแบบ (dual-cured adhesives) โดยส่วนใหญ่มี Bis-GMA (bisphenol A-glycidyl dimethacrylate) เป็นส่วนประกอบ สารเรซินยึดติดที่ใช้ในการศึกษานี้คือ ทรานสบอนด์เอ็กซ์ที (Transbond XT®) เป็นเรซินชนิดบ่มด้วยแสง ทำให้มีเวลานานเพียงพอในการติดแบร็คเกต ช่วยให้ติดได้ตำแหน่งที่ถูกต้อง (Shukla et al., 2012) เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชั่นได้อย่างรวดเร็วเมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสง และให้ค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนสูง (Kuntaraporn et al., 2008; Öztürk et al., 2008; Suwanwitid et al., 2014)

อย่างไรก็ดี การยึดแบร็คเกตด้วยวิธีการยึดติดโดยตรงบนผิวฟันที่มีความผิดปกติหรือมีวัสดุบูรณะ พบว่ามีค่าความแข็งแรงยึดติดต่ำและมีอัตราความล้มเหลวของการยึดติดสูง (William, 2001) โดยเฉพาะวัสดุบูรณะอะมัลกัม เนื่องจากการใช้กรดกัดไม่สามารถทำให้เกิดรูขนาดเล็กบนผิวอะมัลกัมได้ การเปลี่ยนจากอะมัลกัมที่อุดไว้เดิมไปเป็นวัสดุบูรณะชนิดอื่น เช่น เรซินคอมโพสิต อาจทำให้เกิดการระเหยของสารปรอท และทำให้เกิดการสูญเสียเนื้อฟันมากขึ้น จากการกำจัดสีและการเตรียมโพรงฟันเพื่อบูรณะ (Eley, Cox, 1987) ทันตแพทย์จัดฟันจึงมักเลือกใช้แถบรัดฟันในการติดเครื่องมือจัดฟันบนฟันที่บูรณะด้วยอะมัลกัมขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตามการใช้แถบรัดฟันทำให้เกิดการสะสมของคราบจุลินทรีย์ ทำความสะอาดยาก เพิ่มความเสี่ยงในการเกิดฟันผุ เหงือกอักเสบ โรคปริทันต์ รวมทั้งเมื่อเสร็จสิ้นการรักษาการถอดแถบรัดฟันจะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างฟันหลงเหลืออยู่ (Boyd, Baumrind, 1992)

การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการปรับสภาพพื้นผิวอะมัลกัมก่อนยึดแบร็คเกตด้วยวิธียึดติดโดยตรง ช่วยเพิ่มค่าความแข็งแรงยึดติดให้สูงขึ้นได้ สามารถทำได้โดยการเตรียมพื้นผิวทางกล (mechanical surface treatment) เช่น การเป่าด้วยผงอะลูมินัม ออกไซด์ การใช้หัวกรอกากเพชร การใช้เลเซอร์ทางทันตกรรม เพื่อให้เกิดความขรุขระบนผิววัสดุขึ้น โดยมีการศึกษาพบว่าการเป่าทรายเป็นวิธีการสร้างความขรุขระให้กับพื้นผิว ที่ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดสูงสุด (Zachrisson et al., 1995; Nergiz et al., 2004) อีกวิธีการหนึ่งในการปรับสภาพพื้นผิวอะมัลกัมคือการเตรียมพื้นผิวทางเคมี (chemical surface treatment) ได้แก่ การใช้ไพรเมอร์ (primer) เพื่อให้เกิดการยึดติดทางเคมีกับพื้นผิววัสดุบูรณะและสารเรซินยึดติด (Zachrisson et al, 1993,1995; Jost-Brinkmann, et al., 1996; Gross et al., 1997; Sperber et al., 1999; Setcos et al., 1999; Gianni et al., 2002; Nergiz et al., 2004; Kuntharaporn et al., 2008; Germec et al., 2009; Fonseca et al, 2009; Oskoee et al., 2012; Yetkiner et al., 2014)

ไพรเมอร์คือมอนอเมอร์ (Monomer) ที่ละลายอยู่ในตัวทำละลาย ไพรเมอร์แต่ละชนิดจะมีมอนอเมอร์ที่แตกต่างกัน มอนอเมอร์มีองค์ประกอบแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เกิดพอลิเมอร์กับสารเรซินยึดติด (polymerizable group) และกลุ่มฟังก์ชัน (functional group) ซึ่งจะเกิดการยึดติดทางเคมีกับชั้นออกไซด์ของโลหะ เช่น กลุ่มฟอสเฟต, กลุ่มคาร์บอกซิล และ กลุ่มซัลฟอนิค เป็นต้น ด้วยองค์ประกอบของมอนอเมอร์นี้ ทำให้ไพรเมอร์สามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงยึดติดระหว่างสารเรซินยึดติดกับอะมัลกัมได้ (Van Landuyt et al., 2007) จนถึงปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ไพรเมอร์เพื่อช่วยในการยึดแบร็คเกตกับอะมัลกัมยังมีไม่มากนักและไม่ครอบคลุมไพรเมอร์ชนิดใหม่ๆ ที่มีออกมาในท้องตลาด

ไพรเมอร์บางชนิดที่บริษัทผู้ผลิตอ้างว่าเป็นสารที่สามารถช่วยในการยึดติดพื้นผิวได้หลายชนิด (universal primer) หรือบางชนิดที่ถูกพัฒนามาเพื่อช่วยยึดกับพื้นผิวโลหะเท่านั้น (metal primer) ซึ่งรวมถึงอะมัลกัม ยังไม่ได้มีการศึกษาเช่นกัน

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนจากการใช้ไพรเมอร์ที่แตกต่างกัน 4 ผลิตภัณฑ์ ในการช่วยยึดแบร็คเกตจัดฟันกับวัสดุอุดอะมัลกัม รวมทั้งเปรียบเทียบดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดและความล้มเหลวของการยึดติด โดยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ

วิธีการวิจัย

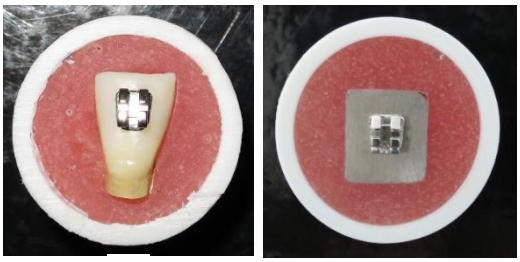
การเตรียมชิ้นงานฟันตัดมนุษย์ (กลุ่มควบคุมบวก)

เก็บฟันตัดที่ได้จากการถอนฟันจำนวน 30 ซี่ (ผู้ป่วยเป็นโรคปริทันต์อักเสบและไม่มีรอยผุทั้งในระยะเริ่มแรกและระยะลุกลาม) ในสารละลายไทมอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ทำการตัดฟันให้เหลือเฉพาะส่วนตัวฟัน และนำส่วนตัวฟันฝังลงในอะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวเอง (self-cure acrylic resin) ให้ด้านริมฝีปากของฟันโผล่เหนือระดับของอะคริลิกเรซิน เมื่ออะคริลิกเรซินแข็งตัว ทำความสะอาดผิวฟันโดยการขัดด้วยผงพัมมิซ (Pumice), ทากรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 (Unitek® etching gel) เป็นเวลา 30 วินาที, ล้างน้ำเป็นเวลา 20 วินาที เป่าให้แห้งจนมีลักษณะขาวขุ่น และทำการยึดแบร็คเกตโลหะฟันตัดล่าง พื้นที่ฐาน 8.91 ม.ม.^{3} (Unitek®; 3M Unitek, california, USA) ด้วยสารเรซินยึดติด ทรานสบอนด์เอ็กซ์ที (Transbond XT®; 3M Unitek, california, USA) ฉายแสงให้วัสดุแข็งตัวด้วยเครื่องฉายแสงมินิแอลอีดี ความยาวคลื่น 420-480 นาโนเมตร (Mini L.E.D.®; Acteon, Merignac, France) ทางด้านใกล้กลางและไกลกลางของแบร็คเกตด้านละ 20 วินาทีโดยมีระยะห่างจากแบร็คเกต 3 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปแช่ในน้ำกลั่น อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การเตรียมชิ้นงานอะมัลกัม

เตรียมช่องขนาด 6*7*2 ม.ม.^{3} ในอะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวเอง (self-cured acrylic resin) จำนวน 150 ชิ้น และทำการอุดอะมัลกัม (KerrAlloy®; Kerr, Illinois, USA) ลงในช่องที่เตรียมไว้ หลังจากอะมัลกัมแข็งตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชิ้นงานอะมัลกัมทั้งหมดจะถูกนำไปขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1200 และนำไปแช่น้ำกลั่น อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำชิ้นงานทั้งหมดไปเป่าด้วยผงอะลูมินัมออกไซด์ขนาด 50 ไมครอน เป็นเวลา 3 วินาที ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร ภายใต้ความดัน 7 ก.ก./ซ.ม.^{2} (เครื่องเป่าทราย; Parkell Inc, New York, USA) (Sperber et al., 1999)

ทำการสุ่มแบ่งชิ้นงานทั้งหมดออกเป็น 5 กลุ่มตามการใช้ไพรเมอร์ ได้แก่ กลุ่มที่ไม่ได้ทาไพรเมอร์ (กลุ่มควบคุมลบ), กลุ่มที่ทาด้วยเมทัลไพรเมอร์ (Metal Primer®; MP), กลุ่มที่ทาด้วยอัลลอยด์ไพรเมอร์ (Alloy Primer®; AP), กลุ่มที่ทาด้วยโมโนบอนด์เอ็น (Monobond N®; MN) และกลุ่มที่ทาด้วยแอสชัวร์พลัส (Assure Plus®; As) หลังจากทาด้วยไพรเมอร์ (ส่วนประกอบและบริษัทผู้ผลิตแสดงดังตารางที่ 1) ตามคำแนะนำของบริษัท จะทำการติดแบร็คเกตโลหะฟันตัดล่างด้วยวิธีการและวัสดุยึดติดชนิดเดียวกันกับการเตรียมชิ้นงานฟันตัดมนุษย์ หลังจากนั้นนำไปแช่ในน้ำกลั่น อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



ก ข

รูปที่ 1 ลักษณะของชิ้นงานที่ใช้ในการศึกษานี้ ก. ชิ้นงานฟันตัดมนุษย์, ข. ชิ้นงานอะมัลกัม

ตารางที่ 1 ไพรเมอร์ที่ใช้ในการศึกษานี้

ชื่อผลิตภัณฑ์	มอนอเมอร์	บริษัทผู้ผลิต
Monobond N® (MN)	Silane methacrylate, phosphoric methacrylate and sulfide methacrylate	Ivoclar Vivadent AG (Schaan, Liechtenstein)
Metal primer® (MP)	MMA, 4-META	Reliance orthodontic products (Illinois, USA)
Alloy primer® (AP)	10-MDP, VBATDT	Kuraray Medical (Tokyo, Japan)
Assure Plus® (As)	HEMA, MDP, TEGDMA, Bis-GMA	Reliance orthodontic products (Illinois, USA)
Transbond XT primer®	TEGDMA, Bis-GMA	3M Unitek (california, USA)

ชิ้นงานทั้งหมดจะถูกนำไปผ่านเครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ (Thermocycling machine; TC301 Medical & Environmental Equipment Research Laboratory, Bangkok, Thailand) ที่อุณหภูมิ 5-50 องศาเซลเซียส เวลา 15 วินาทีในแต่ละอ่าง ระยะเวลาในการเปลี่ยนอ่าง 10 วินาที (Sperber et al., 1999) จำนวน 2000 รอบ

การทดสอบและการเก็บข้อมูลค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือน, ดัชนีส่วนเหลือสารยึดติด และความล้มเหลวของการยึดติด

หลังจากผ่านเครื่องควบคุมอุณหภูมิแล้ว ทำการเขียนขอบเขตรอบแบร็คเกตด้วยปากกาหมึกถาวร และนำไปทดสอบความแข็งแรงยึดติดเฉือนด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Instron 8872; Instron corp, Bucks, UK) โดยติดตั้งชิ้นงานให้ขนานกับหัวสิ่วขนาด 50 กิโลกรัม ความเร็ว 1 มิลลิเมตร/วินาที เมื่อแบร็คเกตหลุดจะทำการบันทึกค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือน จากนั้นนำชิ้นงานอะมัลกัมและฐานแบร็คเกตมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Olympus SZH10; Hatagaya, Shibuya-ku, Tokyo, Japan) ที่กำลังขยาย 25 เท่า เพื่อศึกษาดัชนีส่วนเหลือสารยึดติด (adhesive remnant index; ARI score) และความล้มเหลวของการยึดติด โดยมีหลักการพิจารณาค่าดัชนีดังนี้ (Årtun, Bergland, 1984)

ระดับ 0 = ไม่มีสารเรซินยึดติดหลงเหลืออยู่บนชิ้นงานอะมัลกัม/ฟัน

ระดับ 1 = มีสารเรซินยึดติดน้อยกว่าร้อยละ 50 หลงเหลืออยู่บนชิ้นงานอะมัลกัม/ฟัน

ระดับ 2 = มีสารเรซินยึดติดมากกว่าร้อยละ 50 หลงเหลืออยู่บนชิ้นงานอะมัลกัม/ฟัน

ระดับ 3 = สารเรซินยึดติดทั้งหมดอยู่บนชิ้นงานอะมัลกัม/ฟัน

และมีหลักการพิจารณาความล้มเหลวของการยึดติดดังนี้

ความล้มเหลวของการยึดติด (adhesive failure) แบ่งเป็น

ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นระหว่างสารเรซินยึดติดกับพื้นผิวอะมัลกัม/ฟัน คือ พบสารเรซินยึดติดทั้งหมดที่ฐานแบร็คเกตโดยไม่พบสารเรซินยึดติดบนชิ้นงานอะมัลกัม/ฟัน

ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นระหว่างสารเรซินยึดติดกับฐานแบร็คเกต คือ พบสารเรซินยึดติดทั้งหมดบนพื้นผิวอะมัลกัม/ฟัน โดยไม่พบสารเรซินยึดติดบนฐานแบร็คเกต

ความล้มเหลวของสารเรซินยึดติด (cohesive failure) คือ พบสารเรซินยึดติดครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของฐานแบร็คเกตทั้งหมดและชิ้นงานอะมัลกัม/ฟัน

ความล้มเหลวแบบผสม (mixed-mode failure) คือ พบสารเรซินยึดติดที่ฐานแบร็คเกตและชิ้นงานอะมัลกัม/ฟัน ในลักษณะที่ไม่ครอบคลุมด้านใดด้านหนึ่งทั้งหมด

ทำการสุ่มฐานแบร็คเกตและชิ้นงานอะมัลกัม/ฟัน กลุ่มละ 3 ชิ้นงาน เพื่อนำมาพิจารณาดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดและความล้มเหลวของการยึดติดซ้ำ ภายหลังการพิจารณาครั้งแรกเป็นเวลาอย่างน้อย 1 อาทิตย์

การวิเคราะห์พื้นผิวอะมัลกัมด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (scanning electron microscope; SEM)

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวอะมัลกัม หลังจากการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายและทาไพรเมอร์ จะทำการสุ่มชิ้นงานอะมัลกัมในแต่ละกลุ่มจำนวน 2 ชิ้น เก็บชิ้นงานไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนชิ้นงานแห้งสนิท แล้วนำชิ้นงานทั้งหมดเคลือบด้วย ทอง/แพลเลเดียม และนำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Leo1455VP; Leo electron microscopy group, Oberkochen, Germany) ที่กำลังขยาย 1000 เท่า

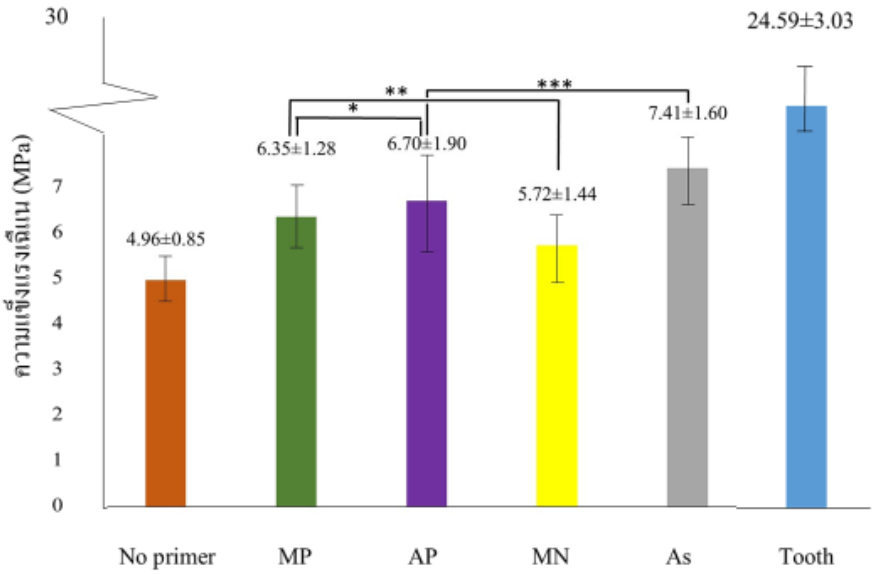
การทดสอบทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเอสพีเอสเอสเวอร์ชั่น 22 (SPSS Version 22) เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนระหว่างกลุ่มด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และทดสอบภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวเพื่อหาความแตกต่างของค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนแต่ละคู่ด้วยฟิชเชอร์แอลเอส ดี (Fisher's LSD), เปรียบเทียบดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดและความล้มเหลวของการยึดติดระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบไคสแควร์ (Chi-square test) และทดสอบความเที่ยงภายในผู้ประเมิน (Intra-rater reliability) ในการพิจารณาดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดและความล้มเหลวของการยึดติด ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass correlation coefficient) โดยทุกการวิเคราะห์พิจารณาที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัย

การทดสอบค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนของแบร็คเกตโลหะกับอะมัลกัม

ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือน แสดงไว้ในรูปที่ 2 จากการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวพบว่า ค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนระหว่างกลุ่มอะมัลกัมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกลุ่มอะมัลกัมที่ไม่ได้ทาไพรเมอร์ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนต่ำสุด และกลุ่มอะมัลกัมที่ทาด้วยแอสชัวร์พลัสให้ค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนสูงสุด อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มอะมัลกัมที่ทาด้วยแอสชัวร์พลัสและกลุ่มที่ทาด้วยอัลลอยด์ไพรเมอร์ ($p=0.06$), ระหว่างกลุ่มที่ทาด้วยอัลลอย์ไพรเมอร์และกลุ่มที่ทาด้วยเมทัลไพรเมอร์ ($p=0.35$) และระหว่างกลุ่มที่ทาด้วยเมทัลไพรเมอร์และกลุ่มที่ทาด้วยโมโนบอนด์เอ็น ($p=0.09$)



รูปที่ 2 ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือน (หน่วยเมกะปาสคาล);

*** มีค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนสูงกว่ากลุ่มอะมัลกัมที่ไม่ได้ทาไพรเมอร์ และกลุ่มโมโนบอนด์เอ็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม ($p=0.06$)

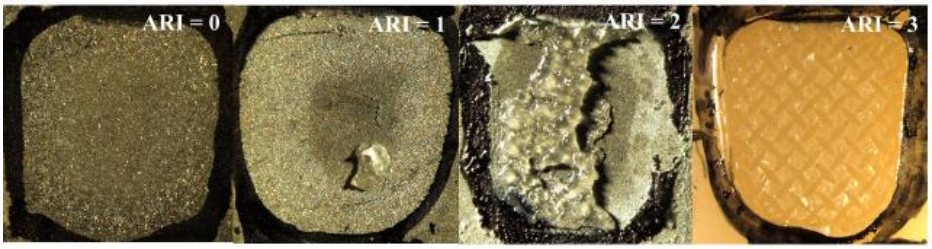
** มีค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนสูงกว่ากลุ่มอะมัลกัมที่ไม่ได้ทาไพรเมอร์ แต่น้อยกว่ากลุ่มอัลลอยไพรเมอร์และแอสชัวร์พลัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม ($p=0.09$)

* มีค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนสูงกว่ากลุ่มอะมัลกัมที่ไม่ได้ทาไพรเมอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม ($p=0.35$)

ดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดและความล้มเหลวของการยึดติด

ลักษณะของดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดและความล้มเหลวของการยึดติดจากกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอกำลังขยาย 25 เท่า แสดงไว้ในรูปที่ 3 และ 4 จากการศึกษาดัชนีส่วนเหลือสารยึดติด พบว่าในการศึกษานี้พบดัชนีที่ระดับ 0-3 โดยมีดัชนีส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับ 1 และพบดัชนีระดับ 3 เฉพาะในกลุ่มฟันตัดมนุษย์เท่านั้น ดังแสดงในตารางที่ 2 และพบความล้มเหลวของการยึดติดแบบผสมเป็นส่วนใหญ่ โดยพบความล้มเหลวยึดติดระหว่างสารเรซินยึดติดกับฐานแบร็คเกตเฉพาะกลุ่มฟันมนุษย์เท่านั้น ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยเมื่อเปรียบเทียบดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดและความล้มเหลวของการยึดติดระหว่างกลุ่มอะมัลกัม ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.36$ และ $p=0.52$ ตามลำดับ)

นอกจากนี้ จากการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นของดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดและความล้มเหลวของการยึดติด พบว่ามีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งแสดงว่ามีความเที่ยงภายในผู้ประเมินสูง

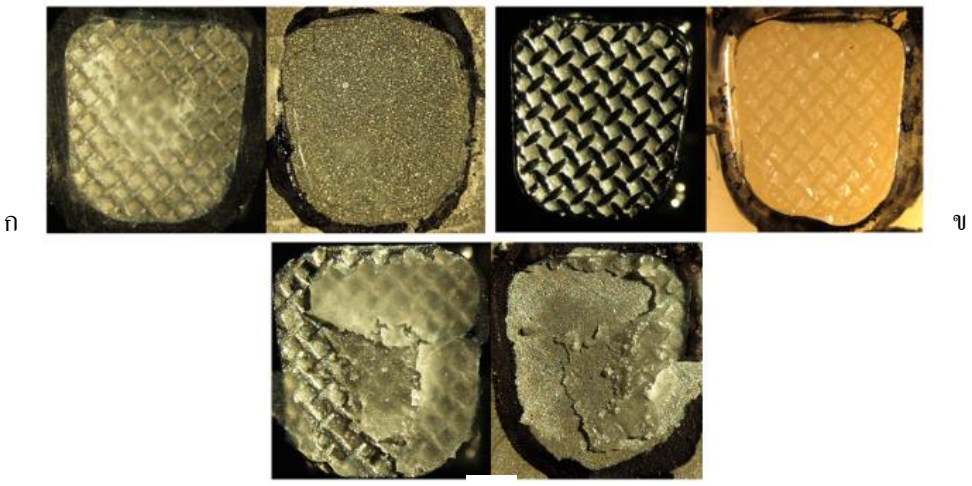


ก ข ค ง

รูปที่ 3 ลักษณะของดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดที่พบในการศึกษานี้; ก. ระดับ 0 (ไม่มีสารเรซินยึดติดหลงเหลืออยู่บนชิ้นงานอะมัลกัม/ฟัน), ข. ระดับ 1 (มีสารเรซินยึดติดน้อยกว่าร้อยละ 50 หลงเหลืออยู่บนชิ้นงานอะมัลกัม/ฟัน), ค.ระดับ 2 (มีสารเรซินยึดติดมากกว่าร้อยละ 50 หลงเหลืออยู่บนชิ้นงานอะมัลกัม/ฟัน), ง. ระดับ 3 (สารเรซินยึดติดทั้งหมดอยู่บนชิ้นงานฟันมนุษย์)

ตารางที่ 2 ความถี่ (ร้อยละ) ของดัชนีส่วนเหลือสารยึดติด

กลุ่ม	ดัชนีส่วนเหลือสารยึดติด			
	0	1	2	3
ฟันตัดมนุษย์	13	57	20	10
No primer	13	87	-	-
Monobond N® (MN)	3	93	3	-
Metal primer® (MP)	10	90	-	-
Alloy primer® (AP)	10	87	3	-
Assure Plus® (As)	3	93	3	-



ก ข

ค

รูปที่ 4 ลักษณะของความล้มเหลวของการยึดติดที่พบในการศึกษานี้ ก.ความล้มเหลวของการยึดติดระหว่างวัสดุยึดติดกับอะมัลกัม (ดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดระดับ 0), ข.ความล้มเหลวของการยึดติดระหว่างสารเรซินยึดติดกับฐานแบร็คเกต (ดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดระดับ 3), ค.ความล้มเหลวของการยึดติดแบบผสม (ดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดระดับ 1 และ 2)

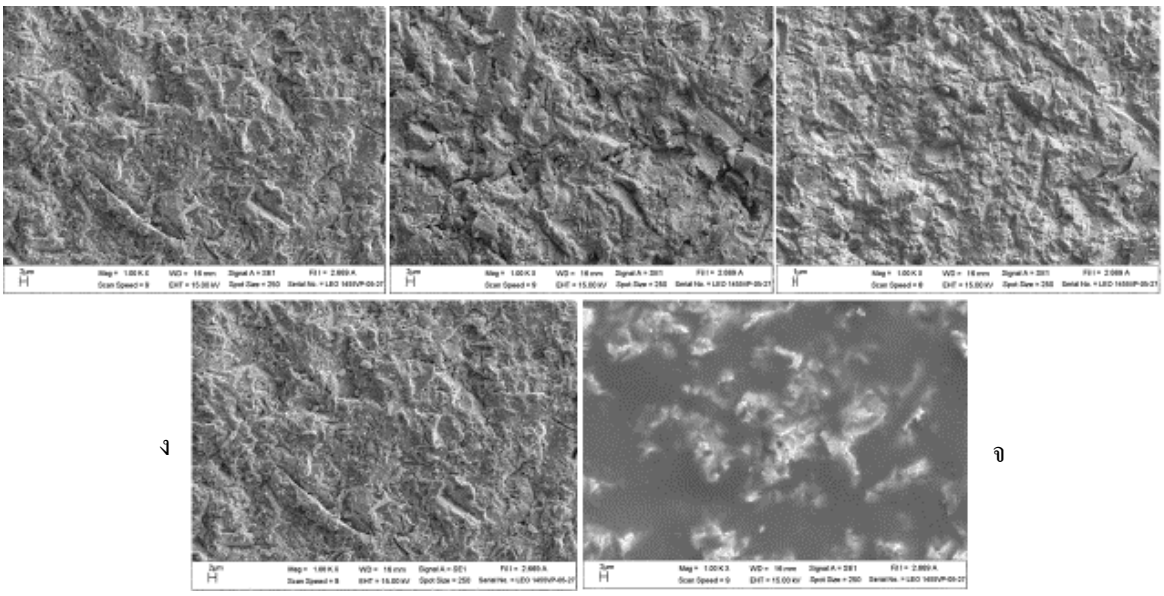
ตารางที่ 3 ความถี่ (ร้อยละ) ของความล้มเหลวของการยึดติด

กลุ่ม	ชนิดของความล้มเหลวของการยึดติด			
	ระหว่างสารเรซินยึดติดกับพื้นผิวอะมัลกัม	ระหว่างสารเรซินยึดติดกับฐานแบร็คเกต	ความล้มเหลวภายในสารยึดติด	ความล้มเหลวแบบผสม
ฟันตัดมนุษย์	10	13	-	77
No primer	13	-	-	87
Monobond N® (MN)	3	-	-	97
Metal primer® (MP)	10	-	-	90
Alloy primer® (AP)	10	-	-	90
Assure Plus® (As)	3	-	-	97

ลักษณะของพื้นผิวที่ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

พื้นผิวของอะมัลกัมที่ได้รับการเป่าทรายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบลักษณะของพื้นผิวที่ขรุขระทั้งในกลุ่มที่ไม่ได้ทาไพรเมอร์และทาไพรเมอร์ ยกเว้นกลุ่มที่ทาด้วยแอสชัวร์พลัส พบลักษณะของพื้นผิวที่เรียบปะปนอยู่กับพื้นผิวที่ขรุขระ คล้ายกับการมีสารเติมลงไปในหลุมที่เกิดขึ้นจากการเป่าทราย ดังแสดงในรูปที่ 4

ก ข ค



ง จ

รูปที่ 4 ลักษณะพื้นผิวอะมัลกัมจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 1000 เท่า; ก. กลุ่มที่ไม่ได้ทาไพรเมอร์, ข. กลุ่มที่ทาด้วยเมทัลไพรเมอร์, ค. กลุ่มที่ทาด้วยอัลลอยด์ไพรเมอร์, ง. กลุ่มที่ทาด้วยโมโนบอนด์เอ็น, จ.กลุ่มที่ทาด้วยแอสชัวร์พลัส

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่าค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนระหว่างแบร็คเกตกับอะมัลกัมมีค่าน้อยกว่าการยึดกับผิวฟันปกติซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา (Kuntharaporn et al., 2008; Oskoee et al., 2012; Yetkiner et al., 2014) การศึกษาของ Power และคณะ พบว่าความแข็งแรงยึดติดระหว่างแบร็คเกตกับอะมัลกัมมีค่า 3.0-5.0 MPa ในขณะที่การยึดติดกับผิวเคลือบฟันปกติมีค่า 6.0-18.0 MPa (Power et al., 1997) การศึกษาในห้องปฏิบัติการของ Reynold ในปี 1975 ได้รายงานค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนที่เหมาะสมสำหรับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ว่าควรมีค่าประมาณ 5.9-7.9 เมกะปาสคาล ซึ่งผลการศึกษานี้พบว่าอะมัลกัมที่ไม่ได้ทาไพรเมอร์มีค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนเฉลี่ย 4.96 เมกะปาสคาล ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้แนะนำไว้ ในขณะที่ค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนของอะมัลกัมที่ทาไพรเมอร์มีค่าประมาณ 5.72-7.41 เมกะปาสคาล โดยกลุ่มอะมัลกัมที่ทาด้วยแอสชัวร์พลัสให้ค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนสูงที่สุด

แอสชัวร์พลัส เป็นไพรเมอร์ที่ช่วยในการยึดติดพื้นผิวได้หลายชนิด มีมอนอเมอร์หลายตัวเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ MDP ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับไฮดรอกซีอะพาไทท์ และเกิดการยึดทางเคมีจากหมู่ฟอสเฟตของ MDP กับชั้นออกไซด์ของโลหะไม่มีค่า ซึ่งรวมถึงอะมัลกัมด้วย (Inoue et al, 2005; Fukegawa et al., 2006) และการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า MDP มีเสถียรภาพมากกว่า 4-META (Yoshida et al., 2004) และ MMA (Yoshida et al., 2012) ซึ่งเป็นมอนอเมอร์ในเมทัลไพรเมอร์และโมโนบอนด์เอ็น นอกจากนี้แอสชัวร์พลัสยังมี HEMA, TEGDMA และ Bis-GMA เป็นส่วนประกอบด้วย Bis-GMA เป็นมอนอเมอร์ที่มีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักโมเลกุล 512 กรัม/โมล จึงทำให้มีความหนืดมากกว่าไพรเมอร์ชนิดอื่น และทำให้เกิดลักษณะตื้นขึ้นของร่องหลุมที่เกิดจากการเป่าทรายได้ HEMA เป็นมอนอเมอร์ที่ชอบน้ำ (hydrophilic) สามารถช่วยลดแรงตึงผิวของพื้นผิววัสดุได้ (Asmussen, Peutzfeldt, 1998) มีการศึกษาประสิทธิภาพของปริมาณ HEMA ที่เหมาะสมของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ พบว่าค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อปริมาณของ HEMA เพิ่มขึ้น (Lim et al., 2009) อย่างไรก็ตาม ค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนของอะมัลกัมที่ทาด้วยแอสชัวร์พลัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับอะมัลกัมที่ทาด้วยอัลลอยไพรเมอร์ อาจเนื่องมาจากแอสชัวร์พลัสและอัลลอยไพรเมอร์มีมอนอเมอร์ชนิดเดียวกันเป็นองค์ประกอบคือ MDP และน่าจะเป็นเพราะเหตุนี้กลุ่มอะมัลกัมที่ทาด้วยอัลลอยไพรเมอร์และแอสชัวร์พลัสมีค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนมากกว่าอะมัลกัมที่ทาด้วยไพรเมอร์ชนิดอื่น

ลักษณะพื้นผิวอะมัลกัมจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่ามีลักษณะพื้นผิวที่ขรุขระจากการเป่าด้วยผงอะลูมินัม ออกไซด์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ (Sperber et al., 1999) โดยพบลักษณะดังกล่าวทั้งในกลุ่มอะมัลกัมที่ไม่ได้ทาไพรเมอร์และทาไพรเมอร์ ยกเว้นกลุ่มอะมัลกัมที่ทาด้วยแอสชัวร์พลัสที่พบลักษณะตื้นขึ้นของร่องหลุมที่เกิดจากการเป่าทราย อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ส่องดูพื้นผิวของวัสดุบูรณะที่ได้รับการทาด้วยแอสชัวร์พลัส ถึงแม้ว่าลักษณะดังกล่าวน่าจะทำให้พื้นผิวของอะมัลกัมกลุ่มนี้มีความขรุขระน้อยกว่ากลุ่มอื่น แต่ค่าความแข็งแรงยึดติดเฉือนกลับมีค่าสูงที่สุด จึงเป็นที่น่าสนใจทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงการเกิดพันธะเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างแอสชัวร์พลัสกับพื้นผิวอะมัลกัม รวมถึงการนำไพรเมอร์ไปใช้ช่วยยึดติดระหว่างแบร็คเก็ตกับครอบฟันที่ทำมาจากโลหะที่มีองค์ประกอบคล้ายคลึงกันในการศึกษาต่อไป

การศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าความล้มเหลวของการยึดติดระหว่างแบร็คเกตกับอะมัลกัม ส่วนใหญ่เกิดขึ้นระหว่างพื้นผิวอะมัลกัมและสารเรซินยึดติด และค่าดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดอยู่ในระดับ 0 (Gross et al., 1997; Sperber et al., 1999; Kuntharaporn et al., 2008; Germec et al., 2009; Oskoee et al., 2012; Yetkiner et al., 2014) ซึ่งการศึกษานี้พบว่าความล้มเหลวของการยึดติดส่วนใหญ่เป็นแบบผสม และค่าดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 1 ซึ่งอาจเป็น

เพราะผลของการเป่าด้วยผงอะลูมินัมออกไซด์ร่วมกับการใช้ไพรเมอร์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ สามารถช่วยให้มีการยึดติดของสารยึดติดที่ดีขึ้นบนวัสดุบูรณะอะมัลกัม

โดยสรุปแล้วการศึกษานี้พบว่า การเป่าทรายร่วมกับการใช้ไพรเมอร์เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการยึดแบร็คเกตโลหะกับพื้นผิวอะมัลกัม และมีความแข็งแรงยึดติดเฉือนที่เพียงพอสำหรับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวรที่ให้การสนับสนุนงบประมาณสำหรับงานวิจัย ขอขอบพระคุณ บริษัท 3 เอ็มยูนิเท็ก ที่ให้ความอนุเคราะห์ทรานสบอนด์เอ็กที และแบร็คเกต บริษัท ออโทดอนติกไลน์ บริษัท แอดทีออน และบริษัท ยูนิตี้เดนทัล ที่ให้ความอนุเคราะห์ไพรเมอร์ สำหรับการศึกษานี้ ตลอดจนห้องปฏิบัติการงานวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารอ้างอิง

Asmussen E, Peutzfeldt A. Surface energy characteristics of adhesive monomers. Dental Materials 1998; 14(1): 21-8.

Boyd RL, Baumrind S. Periodontal considerations in the use of bonds or bands on molars in adolescents and adults. The Angle orthodontist 1992; 62(2): 117-26.

Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. Journal of Dental Restoration 1955; 34(6): 849-53.

Eley BM, Cox SW. Mercury from dental amalgam fillings in patients. British Dental Journal 1987; 163(7): 221-6.

Fonseca RG, de Almeida JG, Haneda IG, Adabo GL. Effect of metal primer on bond strength of resin cements to base metal. Journal of Prosthetic Dentistry 2009; 101(4): 262-8.

Fukegawa D, Hayakawa S, Yoshida Y, Suzuki K, Osaka A, Van Meerbeek B. Chemical interaction of phosphoric acid ester with hydroxyapatite. Journal of Dental Research 2006; 85(10): 941-4.

Germec D, Cakan U, Ozdemir FI, Aun T, Cakan M. Shear bond strength of brackets bonded to amalgam with different intermediate resins and adhesive. European Journal of Orthodontics 2009; 31(2): 207-12.

Gianini M, Paulilo LA, Ambrosano GM. Effect of surface roughness on amalgam repair using adhesive systems. Brazilian Dental Journal 2002; 13(3): 179-83.

Gross MW, Foley TF, Mamandras AH. Direct bonding to Adlloy-treated amalgam. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 1997; 112(3): 252-8.

Hassan AH. Shear bond strength of precoated orthodontic brackets: an in vivo study. Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry 2010; 2: 41-5.

Inoue S, Koshiro K, Yoshida Y, De Munck J, Nagakane K, Suzuki K, *et al.* Hydrolytic stability of self-etch adhesives bonded to dentin. Journal of Dental Research 2005; 84(12): 1160-4.

International standards organization. Guidance of testing of adhesion on amalgam. ISO/TR 11405 Dental materials 2015; 1-14.

Jost-Brinkmann PG, Drost C, Cans S. In-vitro study of the adhesive strengths of brackets on metals, ceramic and composite. Part 1: Bonding to precious metals and amalgam. Journal of Orofacial and Orthopedics 1996; 57(2): 76-87.

Kuntharaporn P, Winarakwong L, Charoenying H. A comparison of shear bond strength between orthodontic brackets bonded to tooth surfaces and orthodontic brackets bonded to enamel surfaces with amalgam. Journal of Thai Association of Orthodontics 2008; 7: 15-23.

Lim HN, Kim SH, Yu B, Lee YK. Influence of HEMA content on the mechanical and bonding properties of experimental HEMA-added glass ionomer cements. Journal of Applied Oral Science 2009; 17(4): 340-9.

Mandall NA, Millett DT, Mattick CR, Hickman J, Worthington HV, Macfarlane TV. Orthodontic adhesives: a systematic review. Journal of Orthodontics 2002; 29: 205-10.

Nergiz I, Schmage P, Herrmann W, Ozcan M. Effect of alloy type and surface conditioning on roughness and bond strength of metal brackets. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 2004; 125(1): 42-50.

Oskoee PA, Kachoei M, Rikhtegaran S, Fathalizadeh F, Navimipour EJ. Effect of surface treatment with sandblasting and Er,Cr:YSGG laser on bonding of stainless steel orthodontic brackets to silver amalgam. Medicina Oral Patologia Oral y Cirugia Bucal 2012; 17(2): 292-6.

Owens Jr SE, Miller BH. A Comparison of Shear Bond Strengths of Three Visible Light-Cured Orthodontic Adhesives. The Angle Orthodontist 2000; 70(5): 352-6.

Öztürk B, Malkoç S, Koyutürk AE, ÇatalbaŞ B, Özer F. Influence of different tooth types on the bond strength of two orthodontic adhesive systems. European Journal of Orthodontics 2008; 30(4): 407-12.

Powers JM, Kim HB, Turnur DS. Orthodontic adhesives and bond strength testing. Seminar in Orthodontics 1997; 3(3): 147-56.

Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. British Journal of Orthodontics 1975; 2(3): 171-8.

Roeters JJ. A simple method to protect patient and environment when using sandblasting for intraoral repair. Journal of Adhesive Dentistry 1999; 2(3): 235-8.

Scougall-Vilchis RJ, Zárate-Díaz C, Kusakabe S, Yamamoto K. Bond strengths of different orthodontic adhesives after enamel conditioning with the same self-etching primer. Australian Orthodontics Journal 2010; 26(1): 84-9.

Setcos JC, Staninec M, Wilson NH. Restorative dentistry: the development of resin-bonding for amalgam restoration. British Dental Journal 1999; 186(7): 328-32.

Shukla C, Singh G, Jain U, Swamy K. Comparison of mean shear bond strength of light cure, self-cure composite resins, self-etching and moisture-insensitive primers: An in vitro study. Journal of Indian Orthodontics Society 2012; 48(4): 254-7.

Sperber RL, Watson PA, Rossouw PE, Sectakof PA. Adhesion of bonded orthodontic attachments to dental amalgam: In vitro study. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics 1999; 116(5): 506-13.

Stewardson DA, Shortell AC, Marquis PA. The effect of clinically relevant thermocycling on the flexural properties of endodontic post materials. Journal of dentistry 2010; 38(5): 437-42.

Suwanwitid P, Sirichumpun C. Comparison of the shear bond strength of metal brackets photo-activated by LED-curing devices with different light intensities. Chulalongkorn University Dental Journal 2014; 37: 259-66.

Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. Biomaterials 2007; 28(26): 3757-85.

William AB, Theodore E. Orthodontic materials scientific and clinical aspects. New York: Thieme; 2001.

Yetkiner E, Özcan, M. Adhesive strength of metal brackets on existing composite, amalgam and restoration-enamel complex following air-abrasion protocols. International Journal of Adhesion and Adhesives 2014; 54: 200-5.

Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T, *et al.* Self-assembled Nano-layering at the Adhesive interface. Journal of Dental Research 2012; 91(4): 376-81.

Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, *et al*. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. Journal of Dental Research 2004; 83(6): 454-8.

Zachrisson BU, Buyukyilmaz T, Zachrisson YO. Improving orthodontic bonding to silver amalgam. The Angle Orthodontist 1995; 65(1): 35-42.

Zachrisson BU, Buyukyilmaz T. Recent advances in bonding to gold, amalgam, and porcelain. Journal of Clinical Orthodontics 1993; 27(12): 661-75.