

การศึกษาเปรียบเทียบการรั่วซึมตามขอบ ของวัสดุบูรณะนาโนคอมโพสิตเรซินที่ใช้สารยึดติด ชนิดมีวัสดุอัดแทรกและไม่มีวัสดุอัดแทรก Comparative Study of Microleakage of Nanocomposite Resin Restoration Using Filled and Unfilled Adhesives

ศิรินาถ ชีวะเกรียงไกร¹, สุธมนา จิตติเดชารักษ์¹, ยุทธนา ขวัญนาก¹
¹ภาควิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Sirinart Cheewakriengkrai¹, Sumana Jittidecharaks¹, Yuttana Khuwuttayakorn¹
¹Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

ชม.ทันตสาร 2552; 30(1) : 61-70
CM Dent J 2009; 30(1) : 61-70

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการรั่วซึมตามขอบสิ่งบูรณะเรซินคอมโพสิต ชนิดนาโนฟิลล์ ซึ่งยึดติดด้วยสารยึดติดระบบโทเทิลเอช ชนิด 2 ขั้นตอน โดยเตรียมโพรงชนิดคลาสไฟฟ์ ขนาดกว้าง 3 มม. ยาว 4 มม. ลึก 2 มม. จำนวน 60 โพรง บนด้านแก้มของฟันกรามถาวรของมนุษย์ที่ถูกถอน ให้ขอบของโพรงด้านเหงือกอยู่ต่ำกว่าแนวรอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน 1 มม. แบ่งฟันเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 20 ที่ นำมาบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์ แสต 350 ร่วมกับการใช้สารยึดติดที่มีวัสดุอัดแทรกเป็นส่วนประกอบได้แก่ ซิงเกิลบอนด์ทู และ ออปติบอนด์-ไฮโลพลัส และสารยึดติดที่ไม่มีวัสดุอัดแทรกเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ ซิงเกิลบอนด์ ตามวิธีที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ แล้วนำฟันไปเก็บไว้ในน้ำกลั่น 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปผ่านกระบวนการเทอร์โมไซคลิงจำนวน 500 รอบ ที่อุณหภูมิระหว่าง 5-55°ซ เป็นเวลารอบละ 20 วินาที

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the microleakage of nanofilled resin composite restorations when three adhesives that are filled adhesives : Adper[®] Single Bond 2 and OptiBond[®] Solo Plus and unfilled adhesive : Adper[®] Single Bond of Two-step Total-etch System were used. Sixty Class V cavities (3 mm. width, 4 mm. length and 2 mm. depth) were prepared on buccal surface of extracted human molars. Occlusal margins were located in enamel whereas gingival margins were located in dentin or cementum. Prepared cavities were divided into 3 groups of 20 cavities and restored with a nanofilled resin composite Filtek[®] Z 350 with one unfilled adhesive (Adper[®] Single Bond) and two filled adhesives (Adper[®] Single Bond 2

แล้วนำไปแช่ในสีย้อม 2% เมทิลีน บลู เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำฟันมาตัดตามแนวแกนตามยาวจากด้านแก้มไปยังด้านลิ้น ประเมินค่าการรั่วซึมตามขอบด้วยกล้อง สเตอริโอไมโครสโคป ที่กำลังขยาย 35 เท่าและบันทึกภาพ แล้วนำไปวัดระยะการรั่วซึมโดยใช้โปรแกรมอิมเมจเจ ศึกษาผลที่ได้ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติความแปรปรวนทางเดียว พบว่าการรั่วซึมตามขอบของโพรงด้านบดเคี้ยวระหว่างสารยึดติดทั้งสามชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับการรั่วซึมตามขอบของโพรงด้านเหงือก แต่เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มสารยึดติดเดียวกันพบว่า การรั่วซึมตามขอบของโพรงด้านบดเคี้ยวมีค่าน้อยกว่าการรั่วซึมตามขอบของโพรงด้านเหงือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทุกกลุ่มของสารยึดติด ($P < 0.05$)

คำไขหรัส: การรั่วซึมตามขอบ วัสดุยึดติดไม่มีวัสดุอัดแทรก วัสดุยึดติดที่มีวัสดุอัดแทรก

and OptiBond® Solo Plus). The adhesives were used according to the manufacturers' instructions. The teeth were stored in distilled water for 24 hours before subjected to thermocycling between 5-55°C for 500 cycles with dwell time of 20 seconds and then immersed in 2% methylene blue dye for 4 hours. Each tooth was longitudinally sectioned in bucco-lingual direction. The sectioned specimens were examined under Stereomicroscope at 35X magnification and recorded with Digital camera. The distance of dye penetration were measured using Image J program. The data were analyzed by One-way ANOVA test ($p < 0.05$). The results indicated that there was no significant difference in microleakage among three filled adhesives at occlusal margin as well as gingival margin. Microleakage was significantly less at occlusal margin than gingival margin ($p < 0.05$) for all groups.

Keywords: microleakage, unfilled adhesive, filled adhesive

บทนำ

วัสดุเรซินคอมโพสิตกับสารยึดติด (adhesives) มีการใช้อย่างกว้างขวางในวงการทันตกรรม โดยนำไปใช้ในการบูรณะทั้งในฟันหน้าและฟันหลัง เนื่องจากมีความสวยงามเป็นที่ต้องการของผู้ป่วย แต่อย่างไรก็ตาม ยังคงมีคุณสมบัติซึ่งไม่เป็นที่ต้องการ สิ่งหนึ่งคือการเกิดการหดตัวของเรซินคอมโพสิตเมื่อเกิดโพลิเมอไรเซชัน (Polymerization shrinkage)⁽¹⁾ ซึ่งมีผลให้เกิดแรงเค้นสะสมบนฟัน หากแรงเค้นจากการหดตัวของเรซินคอมโพสิตนี้สูงกว่าแรงยึดของสารยึดติดกับเนื้อฟัน อาจส่งผลให้เกิดการรั่วซึมตามขอบ^(2,3) ผลที่ตามมาคือ เกิดการแตกหักบริเวณขอบของวัสดุ เกิดการเปลี่ยนสีบริเวณขอบการผุ้ซ้ำ อาการเสียวฟัน และอาจนำไปสู่โรคของเนื้อเยื่อ

ในโพรงประสาทฟันในที่สุด⁽⁴⁾ จึงมีความพยายามที่จะพัฒนาสารยึดติดที่นอกจากจะทำหน้าที่ในการยึดติดแล้วยังสามารถใช้ความหนาของชั้นสารยึดติด ทำหน้าที่เป็นชั้นกันกลางที่มีความยืดหยุ่นระหว่างผนังโพรงกับวัสดุเรซินคอมโพสิตที่อยู่ติดกัน อาศัยหลักการเรื่องความยืดหยุ่นของผนังโพรง⁽⁵⁾ ซึ่งจะต้านทานต่อการเกิดการหดตัวของเรซินคอมโพสิตเมื่อเกิดโพลิเมอไรเซชัน และยังทำหน้าที่เป็นตัวช่วยดูดซับแรงที่เกิดจากการบดเคี้ยวและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในช่องปาก⁽⁶⁾ จากพื้นฐานความคิดนี้จึงมีการแนะนำให้ใช้สารยึดติดที่มีการเติมวัสดุอัดแทรกในการบูรณะฟันด้วยเรซินคอมโพสิต⁽⁷⁻⁸⁾ การพัฒนาคุณสมบัติของสารยึดติดโดยการเติมวัสดุอัดแทรกลงไปประกอบไปด้วยวัสดุอัดแทรกชนิดต่างๆ กัน เช่น แก้ว

ซิลิกา เป็นต้น⁽⁹⁾ ซึ่งการเติมวัสดุอุดแทรก มีรายงานพบข้อดีหลายอย่าง คือ ช่วยปรับปรุงให้เกิดการแนบสนิทของขอบวัสดุ ทำให้มีการลดลงของการรั่วซึมตามขอบของวัสดุ⁽¹⁰⁻¹¹⁾ มีลักษณะที่บร้งสีที่เพียงพอให้มองเห็นได้ชัดเจนจากภาพถ่ายรังสี ลดการหลุดตัวจากปฏิกิริยาการก่อตัวของเรซินคอมโพสิต⁽¹²⁻¹³⁾ เพิ่มความแข็งแรงในการยึดเกาะของอมัลกัม⁽¹⁴⁾ และช่วยลดอาการเสียวฟัน⁽¹⁵⁾ อย่างไรก็ตามผลเสียของการเติมวัสดุอุดแทรกก็มีเช่นเดียวกันคือ ขนาดของวัสดุอุดแทรกที่ใหญ่มากเกินไปจะไม่สามารถแทรกเข้าไปในช่องว่างระหว่างเส้นใยคอลลาเจน และไม่เกิดการแทรกเข้าไปในชั้นเนื้อฟัน ร่วมกับมีความขุ่นหนืดของสารยึดติดเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เกิดรอยดำในชั้นไฮบริด⁽⁹⁾

จากการศึกษาของ Miyazaki และคณะ ในปี ค.ศ. 1995⁽¹⁶⁾ พบว่าปริมาณของวัสดุอุดแทรกที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 10-20 โดยน้ำหนัก ให้ค่าแรงยึดต่อเนื้อฟันที่สูงสุด และได้แนะนำวิธีการใช้สารยึดติดที่มีวัสดุอุดแทรก ว่าควรให้เกิดการบ่มตัวของสารยึดติดอย่างสมบูรณ์ ปัจจุบันแต่ละบริษัทผู้ผลิตได้เติมวัสดุอุดแทรกลงในสารยึดติด ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งในด้านชนิดและปริมาณ อาจจะมีผลต่อการรั่วซึมตามขอบของโพรงโดยเฉพาะขอบด้านเคลือบรากฟันซึ่งเป็นส่วนเนื้อฟัน ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการรั่วซึมบริเวณขอบของสิ่งบูรณะ ชนิดนาโนฟิลล์เรซินคอมโพสิต (Filtek® Z350) ยึดติดด้วยสารยึดติดระบบโทเทิลเลขชนิด 2 ขั้นตอน 3 ชนิด คือ Adper® Single Bond 2, OptiBond® Solo Plus ซึ่งมีการเติมวัสดุอุดแทรกที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ใช้สารยึดติด คือ Adper® Single Bond ซึ่งไม่มีวัสดุอุดแทรก

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ฟันกรามถาวรบนหรือล่าง จำนวน 60 ซี่ ถูกถอนจากช่องปากมนุษย์ เนื่องจากเหตุผลของโรคปริทันต์ เป็นฟันที่ไม่มีรอยผุ รอยสึกบริเวณคอฟัน รอยแตกหัก หรือไม่มีวัสดุบูรณะใดๆ เก็บรักษาโดยแช่ไว้ในสารละลายไทมอล ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 และถูกนำมาใช้ในการทดลองระยะเวลาไม่เกิน 3 เดือน เตรียมฟันก่อนนำมาใช้โดยขจัดเศษเนื้อเยื่อและคราบหินน้ำลายด้วยคิวิเรท์

จากนั้นกรอแต่งโพรงชนิดคลาสไฟฟ์ทางด้านแก้ม ขนาดกว้างในแนวใกล้กลางไกลกลางเท่ากับ 4 มม. สูงในแนวด้านบดเคี้ยวคอฟัน เท่ากับ 3 มม. และลึกเท่ากับ 2 มม. โพรงที่กรอเตรียมมีลักษณะเป็นกล่องที่มีมุมภายในโพรงเรียบมน ให้ขอบเขตทางด้านเหงือกอยู่ต่ำกว่ารอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน 1 มม. โดยใช้ด้ามกรอฟันความเร็วสูงร่วมกับเข็มกรอจากเพชรทรงกระบอก (Cylindrical diamond aeroter bur, Intensiv®, Grancia, Switzerland) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มม. ร่วมกับการใช้น้ำ ไม่ต้องทำการเบเวลขอบ และต้องเปลี่ยนหัวกรอฟันใหม่ทุกๆ 10 โพรงฟัน

แบ่งฟันที่กรอเตรียมโพรงเรียบร้อยแล้วโดยการสุ่มออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 20 ซี่ เพื่อบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิต โดยใช้สารยึดติด ระบบโทเทิลเลข 2 ขั้นตอน 3 ชนิด (ดังตารางที่ 1) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ใช้สารยึดติด Adper® Single Bond 2 (3M ESPE Dental Product, St. Paul, MN, USA) กลุ่มที่ 2 ใช้สารยึดติด OptiBond® Solo Plus (Kerr Corporation, Orange, CA) และกลุ่มที่ 3 กลุ่มควบคุมที่ใช้สารยึดติด คือ Adper® Single Bond (3M ESPE Dental Product, St. Paul, MN, USA) โดยทำตามขั้นตอนและวิธีการที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำแต่ละชนิด (ดังตารางที่ 2) จากนั้นทำการบูรณะฟันทั้ง 3 กลุ่ม ด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์ (Filtek® Z350, 3M ESPE Dental Product, St. Paul, MN, USA) สี A 3.5 ใช้เทคนิคการอุดเป็นชั้นๆ แบบแนวเฉียง ในแต่ละชั้นหนาครึ่งหนึ่งของความลึกโพรงฟัน แล้วฉายแสงโดยใช้เครื่องฉายแสงฮาโลเจน (Spectrum 800®, Dentsply, Milford, DE, USA) โดยให้ปลายของเครื่องฉายแสงอยู่ใกล้โพรง 2 มม. ทำการฉายแสงเป็นชั้นๆ ในแต่ละชั้น ใช้เวลาชั้นละ 20 วินาที และชั้นสุดท้าย 40 วินาที (ตามคำแนะนำการอุดด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์ผลิตภัณฑ์ Filtek® Z350 ของบริษัทผู้ผลิต)

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบ บริษัทผู้ผลิตและหมายเลขการผลิต
ของสารยึดติด ทั้ง 3 ชนิด

Table 1 The components, manufacturers and lot numbers of the three adhesives

สารยึดติด	ส่วนประกอบ	บริษัทผู้ผลิต	หมายเลขการผลิต
Scotchbond Etchant Adper® Single Bond 2	Etch: 35% phosphoric acid Bond: Bis-GMA, HEMA, dimethacrylate, photoinitiator, methacrylate functional copolymer of polyacrylic acid Solvent: water Filler: 10% by weight with silica sized filler 5 nm.	3M ESPE Dental product Division, St. Paul, MN, USA.	4 CE 20060501
Etchant Gel OptiBond Solo® Plus	Etch: 37.5% phosphoric acid Bond: Alkyl dimethacrylate resin, polyitaconic acid, Bis-GMA, HEMA, GDM, GPDM, camphoroquinone Solvent: ethanol Filler: Fumed silica, barium glass, sodium hexafluorosilicate (15% by weight with glass 0.4 µm)	Kerr Corporation, Orange, CA, USA	442293 444760
Scotchbond Etchant Adper® Single Bond	Etch: 35% phosphoric acid Bond: Bis-GMA, HEMA, dimethacrylates, acrylates, amines, methacrylate-functional copolymer and polyitaconic acids Solvent: water	3M ESPE Dental product Division, St. Paul, MN, USA.	4 CE 20040515

ตารางที่ 2 ขั้นตอนการใช้งานของสารยึดติด 3 ชนิด ตาม
คำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

Table 2 The bonding steps of the three adhesives according to instructions of the manufacturers

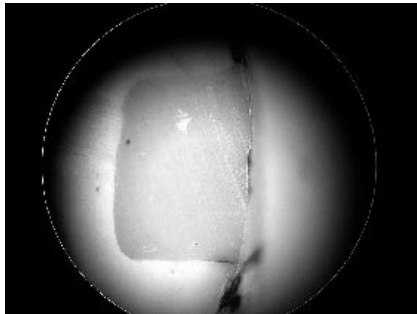
สารยึดติด	ขั้นตอนการใช้งาน
Adper® Single Bond 2	ทากรดทั้งผิวโพรงฟัน ทั้งใต้นาน 15 วินาที ล้างน้ำออกให้หมดประมาณ 10 วินาที ซับน้ำออกด้วยสำลีหรือฟองน้ำซับเล็กๆ ผิวฟัน ไม่ควรแห้งเกินไปและไม่ให้น้ำค้างอยู่ ทา bonding 2-3 ชั้น ต่อเนื่องกันทันทีที่ผิวโพรงฟัน เป็นเวลา 15 วินาที ใช้วิธีทาเบาๆ ไปมา เป่าลมเบาๆ 5 วินาที เพื่อให้ตัวทำละลายระเหยแล้วฉายแสง 10 วินาที
OptiBond Solo® Plus	ทากรดทั้งผิวโพรงฟัน ทั้งใต้นาน 15 วินาที ล้างน้ำออกให้หมด เป่าลมเบาๆ ให้แห้งหมาดๆ อย่าให้แห้งเกินไป ทา bonding ทั้งผิวโพรงฟัน เป็นเวลา 15 วินาที ใช้วิธีถูไปถูมา เบาๆ เป่าลมเบาๆ 3 วินาที แล้วฉายแสง 20 วินาที
Adper® Single Bond	ทากรดทั้งผิวโพรงฟัน ทั้งใต้นาน 15 วินาที ล้างน้ำออกให้หมดประมาณ 10 วินาที ซับน้ำออกด้วยสำลีหรือฟองน้ำซับเล็กๆ ผิวฟัน ไม่ควรแห้งเกินไปและไม่ให้น้ำค้างอยู่ ทา bonding 2-3 ชั้น ต่อเนื่องกันทันทีที่ผิวโพรงฟัน เป็นเวลา 15 วินาที ใช้วิธีทาเบาๆ ไปมา เป่าลมเบาๆ 5 วินาที เพื่อให้ตัวทำละลายระเหยแล้วฉายแสง 10 วินาที

หลังจากอุดแล้วตกแต่งวัสดุส่วนเกินบริเวณขอบและ
ตกแต่งรูปร่างด้วยหัวขัดละเอียดคอดแดง รูปทรงสอบ

ปลายแหลม (Composhape No.4062, Intensiv®, Grancia, Switzerland) ใช้ร่วมกับน้ำ แล้วทำการขัดเรียบและขัดมันด้วยแผ่นซอพเพล็กซ์ (Sof-Lex XT® disc, 3M ESPE Dental Product, St. Paul, MN, USA) โดยไม่ใช้น้ำตามคำแนะนำการใช้งานของบริษัท เรียงลำดับความละเอียดในการขัด จากหยาบ ปานกลาง ละเอียด และละเอียดมาก เปลี่ยนแผ่นซอพเพล็กซ์ใหม่ทุกๆ โพรงฟัน ลักษณะการขัดแบบเป็นจังหวะ (intermittent strokes) ในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง หลังจากที่ทำกราดขัดแต่งเรียบร้อยแล้ว นำฟันแช่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำฟันตัวอย่างทั้งหมดใส่ในถุงตาข่าย นำเข้าเครื่องเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบเป็นจังหวะ (thermocycling) เพื่อผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นจำนวน 500 รอบ โดยแต่ละรอบจะแช่ในน้ำเย็น ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที และสลับกับแช่ในน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 55±2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วินาที โดยมีระยะพัก 15 วินาที เพื่อเลียนแบบสภาวะจริงของสิ่งบูรณะเมื่ออยู่ในช่องปาก

จากนั้นนำฟันมาซับให้แห้ง แล้วเคลือบปิดบริเวณปลายราก ด้วยขี้ผึ้งชนิดเหนียว (sticky wax) และเคลือบปิดฟันอีกครั้งด้วยน้ำยาทาเล็บ 2 ชั้น (nail varnish, Revlon, NY, USA) ให้ทั่วทั้งซี่ฟัน โดยเว้นให้ห่างจากขอบโพรงฟันโดยรอบ ประมาณ 1 มม. แต่ละชั้นที่ทาให้ทาห่างกันนาน 15 นาที และทิ้งไว้อีก 1 ชั่วโมง เพื่อให้ น้ำยาทาเล็บแห้งสนิท นำฟันทั้งหมดแช่ในสารละลายเมทิลีน บลู ความเข้มข้นร้อยละ 2 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำฟันทั้งหมดมาล้างน้ำกลั่น แล้วซับให้แห้ง ยึดฟันบนบล็อกอะคริลิกในแนวนอนเพื่อช่วยคงตำแหน่งของฟันและช่วยให้สามารถตัดแบ่งฟันได้สะดวกยิ่งขึ้น ตัดผ่านกึ่งกลางโพรงในแนวแก้มลิ้น โดยใช้แผ่นตัดกากเพชร (Diamond disc, Intensiv®, Grancia, Switzerland) ร่วมกับการใช้น้ำ จะได้ฟันที่ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน นำฟันทั้งสองส่วนไปตรวจวัดค่าการรั่วซึมของสีโดยตรวจดูด้วยกล้องสเตอริโอไมโครสโคป (Stereomicroscope : Nikon SMZ800, Tokyo, Japan) กำลังขยาย 35 เท่าและบันทึกภาพด้วยกล้องระบบดิจิทัล (Nikon COOLPIX 4500, Tokyo, Japan)

(ดังรูปที่ 1) เปรียบเทียบกับภาพของสเกลมาตรฐานที่ได้จากการบันทึกภาพของแผ่นสไลด์ตรวจนับเซลล์ (hemocytometer slide) ซึ่งมีสเกลมาตรฐานที่รู้ขนาด คำนวณหาระยะการรั่วซึมที่ปรากฏ โดยใช้โปรแกรม อิมเมจเจ ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm.) และบันทึกค่าที่ได้ลงในตารางบันทึกผล



รูปที่ 1 แสดงภาพฟันที่บันทึกจากกล้อง

Figure 1 Recorded lateral view of tooth

นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ ด้วยสถิติความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เปรียบเทียบค่าการรั่วซึมตามขอบด้านบดเคี้ยวของสารยึดติดแต่ละกลุ่มและด้านเหงือกของสารยึดติดแต่ละกลุ่ม ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ และใช้สถิติ Independent Sample T-test เพื่อเปรียบเทียบค่าการรั่วซึมตามขอบระหว่างด้านบดเคี้ยวและด้านเหงือกในสารยึดติดแต่ละกลุ่ม

ผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถวัดระยะการรั่วซึมของทั้ง 3 กลุ่มทดลองแสดงผลดังตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 แสดงค่าการรั่วซึมตามขอบของโพรงด้านบดเคี้ยว (occlusal) ของสารยึดติดแต่ละชนิด

Table 3 Microleakage on occlusal margin of bondings

สารยึดติด	ค่าการรั่วซึม (Microleakage—mm.)		
	Mean±SD	Minimum	Maximum
Adper® Single Bond 2	0.07±0.12	0.00	0.36
OptiBond Solo® Plus	0.16±0.25	0.00	0.67
Adper® Single Bond	0.12±0.32	0.00	1.41

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองทุกกลุ่ม มีการรั่วซึมของสีระหว่างผนังโพรงกับวัสดุบูรณะ โดยพบว่าค่าเฉลี่ยการรั่วซึมตามขอบของโพรงด้านบดเคี้ยวแตกต่างกันตามชนิดของสารยึดติดที่ใช้ โดยกลุ่มสารยึดติด OptiBond® Solo Plus มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 0.16 ± 0.25 mm. และกลุ่มสารยึดติด Adper® Single Bond 2 มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ 0.07 ± 0.12 mm. แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติของค่าการรั่วซึมตามขอบของโพรงด้านบดเคี้ยวของสารยึดติดแต่ละชนิดพบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการรั่วซึมตามขอบของโพรงด้านบดเคี้ยวในแต่ละกลุ่มสารยึดติดอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.515$)

ตารางที่ 4 แสดงค่าความรั่วซึมตามขอบของโพรงด้านเหงือก (gingival) ของสารยึดติดแต่ละชนิด

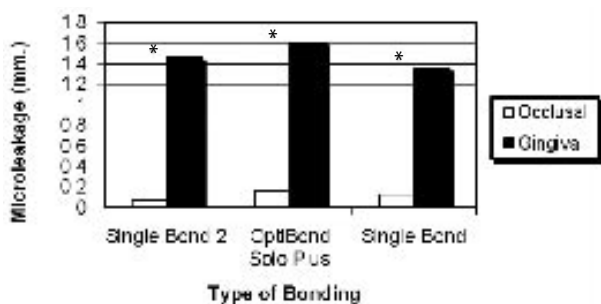
Table 4 Microleakage on gingival margin of bondings

สารยึดติด	ค่าการรั่วซึม (Microleakage—mm.)		
	Mean±SD	Minimum	Maximum
Adper® Single Bond 2	1.46±0.85	0.00	2.00
OptiBond Solo® Plus	1.60±0.74	0.00	2.00
Adper® Single Bond	1.35±0.83	0.00	2.00

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มทดลองทุกกลุ่ม มีการรั่วซึมของสีระหว่างผนังโพรงกับวัสดุบูรณะ โดยพบว่าค่าเฉลี่ยการรั่วซึมขอบโพรงด้านเหงือกแตกต่างกันตามสารยึดติดที่ใช้ โดยกลุ่มสารยึดติด OptiBond Solo® Plus มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 1.60 ± 0.74 mm. และกลุ่มสารยึดติด Adper® Single Bond มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 1.35 ± 0.83 mm. เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติของค่าการรั่วซึมตามขอบโพรงด้านเหงือกของสารยึดติดแต่ละชนิด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการรั่วซึมตามขอบโพรงด้านเหงือกในแต่ละกลุ่มสารยึดติดอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.603$)

จากการวิเคราะห์โดยใช้สถิติ independent Sample T-test เปรียบเทียบค่าการรั่วซึมตามขอบของโพรงระหว่างด้านบดเคี้ยวและด้านเหงือก ในสารยึดติดแต่ละกลุ่ม ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่ามีการรั่วซึมตามขอบของโพรงด้านบดเคี้ยวน้อยกว่าด้านเหงือกอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังรูปที่ 3



*Significant differences between occlusal and gingival margin ($p < 0.05$)

รูปที่ 3 กราฟแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าการรั่วซึมตามขอบโพรงฟันระหว่างด้านบดเคี้ยวและด้านเหงือกในสารยึดติดแต่ละกลุ่ม

Figure 3 Comparative of microleakage between occlusal and gingival margin of bonding

บทวิจารณ์

ภายใต้สภาวะการทดลองนี้ เมื่อเปรียบเทียบการเกิดการรั่วซึมตามขอบโพรงฟันระหว่างด้านบดเคี้ยวและด้านเหงือกของสารยึดติดแต่ละชนิด พบว่าค่าการรั่วซึมตามขอบโพรงฟันด้านบดเคี้ยวเกิดน้อยกว่าทางด้านเหงือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ดังรูปที่ 3) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองจากหลายการศึกษา⁽¹⁷⁻²⁰⁾ โดยพบว่าส่วนใหญ่มากกว่าครึ่งหนึ่งของแต่ละกลุ่มทดลองไม่มีการรั่วซึมตามขอบของโพรงด้านบดเคี้ยว และส่วนที่มีการรั่วซึมจะไม่เกินครึ่งหนึ่งของความลึกของผนังโพรงฟัน ในขณะที่ขอบของโพรงด้านเหงือกจะมีจำนวนโพรงฟันที่ไม่พบการรั่วซึมตามขอบเลยน้อยกว่า และสามารถพบการรั่วซึมในปริมาณสูงสุดคือ มีการรั่วซึมของสีผ่านเข้าไปยังผนังโพรงฟันอีกด้านหนึ่งในทุกกลุ่ม สาเหตุที่การยึดติดของขอบโพรงด้านบดเคี้ยวซึ่งเป็นส่วนเคลือบฟัน ดีกว่าทางด้านเหงือกซึ่งเป็นส่วนของเนื้อฟันหรือเคลือบรากฟัน เป็นเพราะมีโครงสร้างทางจุลวิทยาที่ต่างกัน โดยที่เนื้อฟันมีโครงสร้างที่ซับซ้อน⁽²¹⁾ และมีองค์ประกอบทางอินทรีย์มากกว่าผิวเคลือบฟันคือประกอบด้วยน้ำถึงร้อยละ 22 โครงสร้างมีลักษณะเป็นท่อ ซึ่งมีส่วนของแขนงไฮดรอนโตบลาสติก (odonto-

blastic process) ภายในท่อเนื้อฟัน (dentinal tubule) ทำให้เนื้อฟันยากแก่การยึดติด สาเหตุอีกประการหนึ่งคือ อาจเกิดจากการหดตัวขณะเกิดปฏิกิริยาการโพลีเมอร์ไรเซชันของวัสดุเรซินคอมโพสิต⁽²²⁾ ทำให้เกิดความเค้นขึ้นในเนื้อเรซินคอมโพสิต ซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังบริเวณขอบที่เป็นรอยต่อกับผนังโพรง ถ้าแรงดึงจากการหดตัวมีค่าสูงกว่าแรงยึด จะทำให้เกิดการแยกตัวของเรซินคอมโพสิตกับผนังโพรงฟัน ซึ่งค่าแรงยึดของสารช่วยยึดในแต่ละระบบจะแตกต่างกัน โดยทั่วไปแรงยึดกับเคลือบฟันจะสูงกว่าแรงยึดกับเนื้อฟัน⁽²³⁾ ดังนั้นจึงเกิดการหดตัวเข้าด้านบดเคี้ยว ทำให้เกิดช่องว่างด้านเหงือก

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารยึดติดแต่ละชนิด พบว่าการรั่วซึมตามขอบโพรงด้านบดเคี้ยวของสารยึดติดแต่ละชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดังตารางที่ 3) แสดงว่ามีความสามารถในการยึดติดขอบโพรงด้านบดเคี้ยวที่เป็นผิวเคลือบฟันได้ใกล้เคียงกัน และดีกว่าการยึดกับขอบโพรงด้านใกล้เคียงที่เป็นผิวเคลือบราก เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Pradelle-Plasse และคณะ⁽¹⁷⁾ ที่ใช้สารยึดติด OptiBond® Solo Schmitt และ Lee⁽¹⁸⁾ ที่ใช้สารยึดติด OptiBond® Solo Plus และ Adper® Single Bond ดนุชิษฐ์ และคณะ⁽¹⁹⁾ ที่ใช้สารยึดติด Adper® Single Bond Silvera และคณะ⁽²⁰⁾ ที่ใช้สารยึดติด Adper® Single Bond 2 แต่จะมีความขัดแย้งกับผลการศึกษาของ Manhart และคณะ⁽²⁴⁾ ที่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในค่าการรั่วซึมระหว่างขอบโพรงด้านบดเคี้ยวและด้านใกล้เคียง เมื่อใช้สารยึดติด OptiBond® Solo

ส่วนการรั่วซึมตามขอบโพรงด้านเหงือกของสารยึดติดแต่ละชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ดังตารางที่ 4) โดยพบว่าส่วนใหญ่ของแต่ละชนิดของสารยึดติดมีการรั่วซึมของสารยึดติดในระดับต่างๆ และสามารถพบการรั่วซึมสูงสุดเต็มขอบโพรงฟันด้านเหงือก ในการศึกษาพบว่ามีขั้นตอนอย่างทดลองในแต่ละกลุ่มสารยึดติดเพียงร้อยละ 10 เท่านั้นที่ไม่มีการรั่วซึมตามขอบโพรงฟันเลย แสดงให้เห็นว่า การใช้สารยึดติดที่มีวัสดุอุดแทรกเป็นส่วนประกอบนั้น ไม่สามารถป้องกันการเกิดการรั่วซึมตามขอบโพรงด้านเหงือกที่เป็นเนื้อฟันได้ สอดคล้องกับการศึกษาทดลองของหลายการ

ศึกษาคือ Pradelle-Plasse และคณะ⁽¹⁷⁾ ที่ใช้สารยึดติด OptiBond® Solo Schmitt และ Lee⁽¹⁸⁾ ที่ใช้สารยึดติด OptiBond® Solo Plus และ Adper® Single Bond ดนุชีชน และคณะ⁽¹⁹⁾ ที่ใช้สารยึดติด Adper® Single Bond Silvera และคณะ⁽²⁰⁾ ที่ใช้สารยึดติด Adper® Single Bond 2 อีกเช่นกัน แต่แตกต่างจากการศึกษาของ Manhart และคณะ⁽²⁴⁾ ซึ่งใช้สารยึดติด OptiBond® Solo และพบว่าส่วนใหญ่ขอบโพรงพื้นด้านเหงือกที่เป็นเนื้อฟันไม่มีการติดสีเลย และมีชั้นตัวอย่างทดลองเพียงเล็กน้อยที่ติดสีการรั่วซึมในระดับต่ำ

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การมีวัสดุอุดแทรกไม่ใช่ว่าปัจจัยเดียวที่มีผลต่อการรั่วซึมตามขอบโพรงฟัน เนื่องจากในสารยึดติดแต่ละชนิดมีปริมาณ ขนาด และชนิดของวัสดุอุดแทรกที่แตกต่างกัน ตามบริษัทผู้ผลิต เช่น วัสดุอุดแทรกซิลิกาที่มีขนาดเล็ก 5 nm. ใส่ในสารยึดติด Adper® Single Bond 2 และ วัสดุอุดแทรกแก้วที่มีขนาด 0.4 μm . ใส่ในสารยึดติด OptiBond® Solo Plus มีการศึกษาที่เชื่อกันว่า^(9,25) วัสดุอุดแทรกที่เหมาะสม ควรที่จะมีขนาดที่สามารถแทรกซึมเข้าไปในช่องว่างระหว่างโครงร่างเส้นใยคอลลาเจน ขนาด 20 nm. ที่ถูกกรดกัดเอาส่วนของแร่ธาตุออกไปแล้วได้ เพื่อสร้างชั้นไฮบริดที่แข็งแรงขึ้น ในการศึกษาขนาดของวัสดุอุดแทรกที่เติมเข้าไปใน OptiBond® Solo Plus อาจมีขนาดใหญ่เกินไป ไม่สามารถแทรกเข้าไปในช่องว่างดังกล่าวได้ ทำให้คุณสมบัติของชั้นไฮบริดที่จะต้านทานต่อแรงหดตัวของเรซินคอมโพสิตด้อยลงไป จึงอาจจะส่งผลกระทบต่อ การรั่วซึมตามขอบโพรงได้ สำหรับสารยึดติด Adper® Single Bond 2 ที่ใส่วัสดุอุดแทรกซิลิกา ทางบริษัทผู้ผลิตได้กล่าวอ้างว่ามีการพัฒนาให้วัสดุอุดแทรกสามารถกลมกลืนเข้ากับช่องว่างระหว่างโครงร่างเส้นใยคอลลาเจนได้ดีขึ้น โดยการไหลเลนบริเวณผิวของวัสดุอุดแทรก ซิลิกา ทำให้วัสดุอุดแทรกไม่เกาะกลุ่มกัน มีการกระจายตัวสม่ำเสมอในส่วนของเรซินและสามารถแทรกซึมเข้าไปในส่วนเนื้อฟันได้ดีขึ้น⁽²⁶⁾ แต่ผลการรั่วซึมตามขอบโพรงของสารยึดติด Adper® Single Bond 2 ที่ได้ในการศึกษานี้ไม่มีความแตกต่างกับสารยึดติดอื่นๆ แต่อย่างใด

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณของวัสดุอุดแทรกที่เติมเข้าไปในสารยึดติด 2 ชนิด คือ Adper® Single Bond 2 และ สารยึดติด OptiBond® Solo Plus ในปริมาณร้อยละ 10-15 (ดังตารางที่ 1) เป็นปริมาณที่เหมาะสมตามที่ Miyazaki และคณะ⁽¹⁶⁾ แนะนำ คือวัสดุอุดแทรกที่เติมในปริมาณที่เหมาะสมร้อยละ 10-20 จะทำให้ได้ค่ากำลังแรงยึดสูงที่สุด ส่งผลให้ได้คุณภาพการยึดติดกับผนังโพรงฟันได้ดี ในการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบกับสารยึดติดที่ไม่มีวัสดุอุดแทรกหรือเติมวัสดุอุดแทรกในปริมาณดังกล่าว ผลการวิจัยที่ได้ไม่มีความแตกต่างของการรั่วซึมตามขอบโพรงของสารยึดติดแต่ละชนิด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

ภายใต้เงื่อนไขการทดลองศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาปัจจัยด้านการรั่วซึมตามขอบโพรงฟันเพียงอย่างเดียว แต่ก็ยังมีอีกหลายการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพสารยึดติดที่มีวัสดุอุดแทรกและไม่มีวัสดุอุดแทรก ซึ่งให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน ดังเช่นการศึกษาของ Swift และคณะ⁽²⁷⁾ ที่ดูผลของการรั่วซึมตามขอบจากอัตราการยืดยึดของวัสดุ ที่ใช้สารยึดติดที่มีวัสดุอุดแทรกและไม่มีวัสดุอุดแทรก หรือการศึกษาของ Braga และคณะ⁽²⁸⁾ และ Lee และคณะ⁽²⁹⁾ ซึ่งได้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับค่าแรงยึดแบบดึง (tensile bond strength) และการหลุดออกของวัสดุที่ใช้สารยึดติดที่มีวัสดุอุดแทรกและไม่มีวัสดุอุดแทรก ก็ได้ผลที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน

จะเห็นว่าการรั่วซึมตามขอบโพรงทั้งด้านบดเคี้ยวและด้านเหงือกยังคงเป็นปัญหาที่สำคัญทางคลินิก ภายใต้สภาวะการทดลองนี้ พบว่าสารยึดติดที่มีวัสดุอุดแทรกยังไม่สามารถป้องกันการเกิดการรั่วซึมตามขอบโพรงได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นการเติมวัสดุอุดแทรกในสารยึดติดจึงอาจไม่ใช่ปัจจัยเดียวที่ช่วยลดการรั่วซึมตามขอบโพรงฟัน ยังอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น ขนาดโพรงฟัน อายุของฟัน แรงเค้นที่สะสมในเนื้อฟัน ประกอบกับปัจจุบันมีการพัฒนาโดยเติมวัสดุอุดแทรกที่ต่างชนิดกันทั้งด้านขนาดและปริมาณในส่วนประกอบ จึงมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมในปัจจุบันด้านอื่นๆ ของสารยึดติดที่มีวัสดุอุดแทรกต่อไป

บทสรุป

จากการศึกษาของการรั่วซึมตามขอบโพรงของการอุดฟันคลาสไฟฟ์ ด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์ ร่วมกับการใช้สารยึดยึดที่ไม่มีวัสดุอุดแทรก (กลุ่มควบคุม) และสารยึดยึด 2 ชนิดที่มีวัสดุอุดแทรกครั้งนี้ พบว่า

1. การรั่วซึมตามขอบโพรงด้านบดเคี้ยวของสารยึดยึดแต่ละชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.515$)

2. การรั่วซึมตามขอบโพรงด้านเหงือกของสารยึดยึดแต่ละชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.603$)

3. สารยึดยึดแต่ละชนิด มีค่าการรั่วซึมตามขอบโพรงด้านบดเคี้ยวน้อยกว่าทางด้านเหงือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.00$)

4. สารยึดยึดที่ไม่มีวัสดุอุดแทรก และชนิดที่มีวัสดุอุดแทรก ไม่สามารถป้องกันการเกิดการรั่วซึมตามขอบโพรงทั้งทางด้านบดเคี้ยวและทางด้านเหงือกได้อย่างสมบูรณ์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่สำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัย รศ.ทพ. มนตรี จันทรมังกร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินงานวิจัย ผศ.ทพญ. ทัดจันทร์ ครอบงามมี ที่ให้คำแนะนำในการแปลผลการทดลอง อ.ทพ. เทพรัตน์ เขมาลีลากุล และ ผศ.ทพ. ศิริพงษ์ ศิริมงคลวัฒน์ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำการใช้เครื่องมือไฮดรอลิก อ.ทพ. นฤมนัส คอวนิช ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำการใช้สถิติในการทดสอบข้อมูล บริษัท 3M ESPE ประเทศไทย จำกัด และ บริษัท Kerr ประเทศไทย จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการพิษวิทยา MD4 ภาค วิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำการใช้กล้องสเตอริโอไมโครสโคป

เอกสารอ้างอิง

1. เฉลิมพล ลีไวโรจน์ และมนตรี จันทรมังกร. การบูรณะฟันหลังด้วยวัสดุสีเหมือนฟัน. *ทันตการพิมพ์* กรุงเทพฯ 2549:168-184.
2. Kidd EAM. Microleakage: a review. *J Dent* 1976; 4:199-205.
3. Going RE. Microleakage around dental restorations: a summarizing review. *J Am Dent Assoc* 1972; 84:1349-1357.
4. Brännström M. Communication between The oral cavity and the dental pulp associated with restorative treatment. *Oper Dent* 1984; 9:57-68.
5. Kemp-Scholte CM, Davidson CL. Complete marginal seal of class V resin composite restorations effected by increased flexibility. *J Dent Res* 1990;69:1240-1243.
6. Van Meerbeek B, Willems G, Celis JP, Roos JR, Bream M, Lambrechts P, et al. Assessment by nano-indentation of the hardness and elasticity of the resin-dentin bonding area. *J Dent Res* 1993;72:1434-1442.
7. Swift Jr EJ, Triolo Jr P, Barkmeier WW, Bird JL, Bounds SJ. Effect of low viscosity resin on the performance of dental adhesives. *Am J Dent* 1996;9:100-104.
8. Labella R, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Vanherle G. Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composite and filled adhesives. *Dent Mater* 1999;15:128-137.
9. Tay FR, Moulding KM, Pashley DH. Distribution of nanofillers from a simplified-step adhesive in acid-conditioned dentine. *J Adhes Dent* 1999;1:103-117.
10. Choi KK, Condon JR, Ferracane JL. The effects of adhesive thickness on polymerization contraction stress of composite. *J Dent Res* 2000;79:812-817.

11. Deliperi S, Bardwell DN, Papathanasiou A, Perry R. Microleakage of resin based liner materials and condensable composites using filled and unfilled adhesives. *Am J Dent* 2003;16:351-355.
12. Montes MAJR, Goes MF, Cunha MRB, Soares AB. A morphological and tensile bond strength evaluation of an unfilled adhesive with low-viscosity composites and a filled adhesive in one and two coats. *J Dent* 2001; 29:435-441.
13. Unterbrink GL, Liebenberg WH. Flowable resin composites as filled adhesives literature review and clinical recommendations. *Quintessence Int* 1999;30:249-257.
14. Bagley AL, Wakefield CW, Robbins JW. In vitro comparison of filled and unfilled universal bonding agents of amalgam to dentin. *Oper Dent* 1994;19:97-101.
15. Boghosian A. Clinical evaluation of a filled adhesive system in class 5 restorations. *Compendium* 1996;17:750-757.
16. Miyazaki M, Ando S, Hinoura K, Onose H, Moore BK. Influence of filler to bonding agents on shear bond strength to bovine dentin. *Dent Mater* 1995;11:234-238.
17. Pradelle-Plasse N, Nedchad S, Tavernier B, Colo P. Effect of dentin adhesives on the enamel-dentin/composite interfacial microleakage. *Am J Dent* 2001;14:344-348
18. Schmitt DC, Lee J. Microleakage of adhesive resin systems in the primary and permanent dentition. *Pediatr Dent* 2002;24:587-593.
19. ดนุชชีษณ์ พนมยงค์, นาฏยา วงษ์ปาน, ชลธิชา ห่านวิรัตน์, พิศลย์ เสนาวงษ์. การรั่วซึมตามขอบโพรงฟันเคลือบไฟฟ้าที่บูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตโดยใช้วัสดุที่แตกต่างกัน. *ว.ทันต* 2548;55:45-51.
20. Silvera de AC, Incerti da ST, Ogliari FA. Meirelee SS, Piva E, Demarco FF. Microleakage of seven adhesive systems in enamel and dentin. *J Comtemp Dent Pract* 2006; 7:26-33.
21. Marshall Jr. GW, Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent* 1997; 25:441-458.
22. ปัทมา ชัยเลิศวณิชกุล, สุวิทย์ วิมลจิตต์, ชาญคริต สาร. การเปรียบเทียบการรั่วซึมตามขอบของโพรงฟันเคลือบเมื่อบูรณะด้วยคอมโพสิตเรซินชนิดกักแน่นได้และชนิดไฮบริด. *ว.ทันตขอนแก่น* 2545;5:98-103.
23. Swift Jr EJ, Perdigao J, Heymann HO. Bonding to enamel and dentin : a brief history and state of the art. *Quintessence Int* 1995; 26:95-110.
24. Manhart J, Chen HY, Mehl A, Weber K, Hickel R. Marginal quality and microleakage of adhesive class V restoration. *J Dent* 2001; 29:123-130.
25. Tay FR, Pashley DH, Yiu C, Cheong C, Hashimoto M, Itou K, Yoshiyama M, King NM. Nanoleakage types and potential implications: Evidence from unfilled and filled adhesives with the same resin composition. *Am J Dent* 2004;17:182-190.
26. Adper™ SingleBondPlus adhesive [homepage on the Internet]. 3MESPE. Available from: <http://www.3MESPE.com/>.
27. Swift Jr EJ, Perdigao J, Heymann HO, Wilder Jr AD, Bayne SC, May Jr KN, Sturdevant JR, Roberson™. Eighteen-month clinical evaluation of a filled and unfilled dentin adhesive. *J Dent* 2001;29:1-6.
28. Braga RR, Cesar PF, Gonzaga CC. Tensile bond strength of filled and unfilled adhesives to dentin. *Am J Dent* 2000;13:93-97.

29. Lee YK, Pinzon LM, O'Keefe KL, Powers JM. Effect of filler addition on the bonding parameters of dentin bonding adhesives bonded to human dentin. *Am J Dent* 2006;19: 93-97.

ขอสำเนาบทความ:

ผศ.ดร.สุมนา จิตติเดชารักษ์ ภาควิชาทันตกรรมบูรณะ คณะ
ทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง เชียงใหม่
50202

Reprint Request:

Assist.Prof.Dr. Sumana Jittidecharaks Department
of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry,
Chiang Mai University, Chiang Mai 50202