

ผลของวิธีการบ่มตัวต่อค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวร่วมสองชนิด

กวงวุฒิ เหลืองเรืองรอง* ธิษณุ เลิศกวีลจรัส** ศิริจันทร์ เจียรพวุฒิ**

บทคัดย่อ

จุดประสงค์: เพื่อทราบถึงผลของวิธีการบ่มตัวและชนิดของเรซินซีเมนต์ระหว่างเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดชนิดเซลฟ์เอตซ์และเรซินซีเมนต์ชนิดเซลฟ์เอตซ์ซีฟต่อค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: ทดลองโดยใช้กลุ่มตัวอย่างเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวร่วมสองชนิด 60 ชิ้น แบ่งเป็นซีเมนต์ฟานาเวียวีไฟร์และซีเมนต์รีไลย์เอกซ์ยูสองร้อยชนิดละ 30 ชิ้นและแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่มย่อยตามวิธีการบ่มตัวของเรซินซีเมนต์ทั้งสองชนิดได้แก่ กลุ่มที่ใช้วิธีการบ่มตัวด้วยตัวเองเป็นเวลา 10 นาที กลุ่มที่ใช้วิธีการบ่มตัวด้วยตัวเองเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและกลุ่มที่ใช้วิธีการบ่มตัวด้วยแสง (n = 10) ผลมเรซินซีเมนต์แต่ละกลุ่มตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตและนำมาหาค่าร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มมามานสเปกโตรสโคป นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางและใช้วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณแบบแอลเอสดีโดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ร้อยละ 95 (p = 0.05)

ผลการทดลอง: กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์น้อยที่สุดคือรีไลย์เอกซ์ยูสองร้อยในกลุ่มที่ใช้วิธีการบ่มตัวด้วยตัวเองเป็นเวลา 10 นาทีคือร้อยละ 32.82 และน้อยกว่าค่าเฉลี่ยร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ที่ได้ในวิธีการบ่มตัวเดียวกันของซีเมนต์ฟานาเวียวีไฟร์คือร้อยละ 57.76 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p < 0.05) และในกลุ่มที่ใช้วิธีการบ่มตัวด้วยตัวเองเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มซีเมนต์รีไลย์เอกซ์ยูสองร้อยคือร้อยละ 58.38 น้อยกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มซีเมนต์ฟานาเวียวีไฟร์ที่ได้อ้อยละ 76.47 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p < 0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างเรซินซีเมนต์สองชนิดภายในกลุ่มที่ใช้วิธีการบ่มตัวด้วยแสงที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p > 0.05) แนวโน้มของค่าเฉลี่ยร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของซีเมนต์ฟานาเวียวีไฟร์มีมากกว่าซีเมนต์รีไลย์เอกซ์ยูสองร้อยเมื่อใช้วิธีการบ่มตัวด้วยตัวเองแต่ไม่มีความแตกต่างกันกรณีที่ใช้วิธีบ่มตัวด้วยแสง

สรุปผล: วิธีการบ่มตัวและชนิดของเรซินซีเมนต์มีผลต่อค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวร่วมสองชนิด

คำสำคัญ: เรซินซีเมนต์ บ่มตัวร่วม วิธีการบ่มตัว ชนิดของเรซินซีเมนต์ ค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์

*คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เลขที่ 114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

**ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เลขที่ 114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

Influence of Curing Modes on Degree of Conversion of Two Dual-cure Resin Cements

Kongvuth Luangruangrong* Chisanu Lertthawinchira** Sirichan Chiaraputt**

Abstract

Objective: The purpose of this study was to evaluate how curing modes and resin cement type: self-etch adhesive resin cement and self-adhesive resin cement, affected the degree of conversion of two dual-cure resin cements.

Materials and methods: Sixty specimens were divided into two major groups according to their different types of dual-cure resin cement (Panavia™V5 and RelyX™U200). Each major group had thirty specimens and was divided into three different curing modes (n = 10): ten minutes after self-curing, twenty-four hours after self-curing and light-curing. Resin cements were mixed according to their manufacturer's recommendations. The degree of conversion was measured by Fourier-Transform Raman spectroscopy. Data were statistically analyzed by two-way ANOVA and post hoc LSD test (p = 0.05).

Results: The degree of conversion of the ten minutes after self-curing group of RelyX™U200 was found to have the lowest value (32.82%), which was significantly different (p < 0.05) from Panavia™V5 (57.76%) in the same curing mode. The degree of conversion of RelyX™U200 (58.38%) was significantly lower than Panavia™V5 (76.47%) on the twenty-four hours after self-curing group (p < 0.05). However, there was no significant difference between two cements in the light-curing group (p > 0.05). Thus, the degree of conversion of Panavia™V5 tended to be higher than RelyX™U200 on self-curing mode, but there was no difference on light-curing mode.

Conclusion: The curing mode and cement type affected the degree of conversion of two dual-cure resin cements.

Keywords: Resin cements, Dual-cured, Curing modes, Resin cements type, Degree of conversion

*Faculty of Dentistry, Srinakarinwirot University, 114 Sukhumvit 23 Rd Wattana ,Bangkok, 10110, Thailand.

**Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakarinwirot University, 114 Sukhumvit 23 Rd Wattana, Bangkok, 10110, Thailand.

บทนำ (Introduction)

การรักษาทางทันตกรรมบูรณะทำให้ผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการบดเคี้ยวกลับมาใช้งานได้ตามปกติ ซึ่งงานบูรณะต้องมีความสวยงามเพื่อใช้ทดแทนฟันธรรมชาติที่เกิดพยาธิสภาพ การบูรณะด้วยชิ้นงานขึ้นรูปในห้องปฏิบัติการ (Indirect restoration) มีบทบาทในการทำงานมากขึ้นเช่นเดียวกับเรซินซีเมนต์ (Resin cement) ที่ทำหน้าที่ยึดติดวัสดุบูรณะเข้ากับฟันและจำเป็นต้องมีการเกิดพอลิเมอร์ (Polymerization) ที่สมบูรณ์ เรซินซีเมนต์สามารถจำแนกประเภทได้หลายรูปแบบ เช่น การจำแนกด้วยวิธีการบ่มตัว (Mode of curing) ของวัสดุโดยมีทั้งการบ่มตัวด้วยแสง (Light-cure) บ่มตัวด้วยตัวเอง (Self-cure) และบ่มตัวร่วม (Dual-cure) การจำแนกตามวิธีการบ่มตัวนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวเริ่มปฏิกิริยา (Initiators) ที่แตกต่างกัน (1-4) บางกรณีที่มีความเข้มของแสงถูกลดทอนลงจึงมีการคิดค้นเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวร่วม (Dual-cure resin cements) สามารถใช้งานได้ทั้งสถานการณ์ที่มีแสงและแสงถูกลดทอนลง มีรายงานการศึกษาว่าเรซินซีเมนต์ชนิดนี้จำเป็นต้องได้รับแสงในการบ่มตัวจึงได้ค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ (Degree of conversion) ที่เพิ่มสูงขึ้นและเพียงพอต่อการใช้งานทางคลินิก (2,3,5-8) การจำแนกประเภทของเรซินซีเมนต์ยังสามารถจำแนกออกได้ตามรูปแบบของการใช้สารยึดติด (Adhesive characteristics) คือ เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดสามารถแยกย่อยออกตามชนิดสารยึดติดที่ใช้ปรับสภาพผิวฟัน ประกอบด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเอตซ์แอนดรีนส์ (Resin cement with etch-and-rinse adhesive system) เรซินซีเมนต์ชนิดที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตซ์ (Resin cement with self-etch adhesive system) และเรซินซีเมนต์ที่ไม่ต้องใช้ระบบสารยึดติดออกเพื่อลดขั้นตอนการทำงาน คือ เรซินซีเมนต์ชนิดเซลฟ์แอดฮีซีฟ (Self-adhesive resin cement)

ปัญหาที่พบจากการใช้งานทั้งเรซินซีเมนต์ชนิดที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตซ์และเรซินซีเมนต์ชนิดเซลฟ์แอดฮีซีฟ คือ ตัวเริ่มปฏิกิริยาของการบ่มตัวด้วยตัวเองหรือบ่มตัวร่วมบางชนิด

จะถูกยับยั้งการทำงานโดยมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดที่ยังหลงเหลืออยู่ (Residual acidic monomer) เกิดเป็นปัญหาความเข้ากันไม่ได้ (Incompatibility) เป็นผลให้ค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ลดลง แม้ว่าปัจจุบันมีการเติมเกลือของกรดอะโรมาติกซัลฟินิก (Salts of aromatic sulfonic acid) (9-11) เพิ่มเข้าไปเพื่อแข่งทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดและทำให้ปฏิกิริยาการบ่มตัวด้วยตัวเองของเรซินซีเมนต์สามารถดำเนินต่อไปได้ แต่การศึกษาที่ผ่านมา พบว่าค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของเรซินซีเมนต์ชนิดเซลฟ์แอดฮีซีฟ เมื่อใช้วิธีการบ่มตัวด้วยตัวเองหรือกรณีที่ไม่ถูกแสงจากเครื่องฉายแสงนั้นยังเป็นที่ยกเถียงกันอยู่ ในขณะที่ผลของเรซินซีเมนต์ชนิดที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตซ์ให้ค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ที่มีแนวโน้มสูงกว่าเมื่อใช้วิธีการบ่มตัวแบบเดียวกัน (5,12-14)

ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มรามานสเปกโตรสโกปี (Fourier-transform Raman spectroscopy) เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถหาค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ได้อย่างแม่นยำ (15,16) เรซินซีเมนต์เมื่อเปลี่ยนจากมอนอเมอร์สู่พอลิเมอร์ (Polymer) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของพันธะภายในโมเลกุล ค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ได้จากการเปรียบเทียบสัดส่วนของพันธะคาร์บอนที่ปรากฏเมื่อเสร็จสิ้นการเกิดพอลิเมอร์แล้ว โดยเปรียบเทียบส่วนต่างนี้กับตำแหน่งอ้างอิงมาตรฐานภายใน (Internal standards) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ไม่ถูกรบกวนจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ที่เปลี่ยนแปลงไป จากนั้นผลลัพธ์จะรายงานออกมาในรูปแบบร้อยละ (3,7,13,16-19) โดยทั่วไปในวัสดุกลุ่มเรซินคอมโพสิต (Resin composite) มีค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ที่เพียงพอต่อการใช้งานทางคลินิกโดยไม่เสียคุณสมบัติเชิงกลจะอยู่ในช่วงร้อยละ 50-70 (2,3,20,21)

งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์คือ เพื่อศึกษาผลของวิธีการบ่มตัวต่อค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวร่วมสองชนิด โดยกำหนดให้สมมติฐานของงานวิจัยคือไม่มีความแตกต่างกันระหว่างค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ในแต่ละวิธีการบ่มและชนิดของเรซินซีเมนต์ที่แตกต่างกัน

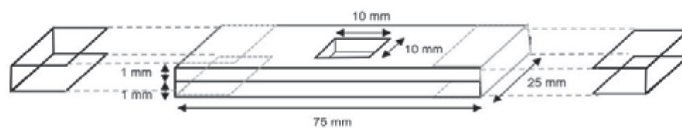
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

เตรียมชั้นทดสอบแต่ละชั้นด้วยแผ่นแก้วไลต์ขนาดมาตรฐาน (25 x 75 x 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร) จำนวน 2 แผ่นประกบกัน แผ่นแรกนำมาเจาะเป็นช่องว่างขนาด 10 x 10 x 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร บริเวณกึ่งกลาง จากนั้นนำแผ่นแก้วไลต์ขนาดเท่ากันชั้นที่สองมาประกบติดด้านล่าง ยึดติดแผ่นแก้วไลต์ทั้งสองชั้นด้วยเทปกาว (Adhesive tape) ทั้งด้านซ้ายและขวาเพื่อไม่ให้ชั้นงานขยับ (รูปที่ 1) สถานที่ใช้ในการทดสอบจัดทำขึ้นภายในสถานีวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ (องค์การมหาชน) โดยขั้นตอนผสมและเก็บรักษาชั้นทดสอบกระทำ ณ สถานที่ทดสอบโดยผู้ทดสอบเพียงคนเดียวทุกขั้นตอน

เลือกตัวแทนในกลุ่มเรซินซีเมนต์ชนิดใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซลล์ไฟเอตซ์คือซีเมนต์พานาเวียไฟว์ (Panavia™ V5, Kuraray Medical Inc, OKAYAMA, JAPAN) สีเอสสองยูนิเวอร์แซล (A2 Universal) ลีต 00049 และมีวันหมดอายุ คือวันที่ 2021-06-30 ทาสารยึดติดทูธไพเมอร์ (Tooth primer, Kuraray Medical Inc, OKAYAMA, JAPAN) เป็นชั้นฟิล์มบางโดยแตะสารยึดติดเพียงหนึ่งครั้งด้วยแปรงไมโครบรัช (Microbrush) ทาไปในทิศทางจากขอบซ้ายไปสู่อุ้งขอบขวาของช่องว่างทั้งหมดจำนวน 4 แถว นับจากบนลงล่าง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ช่องช่องว่าง พร้อมกับเป่าลมเบา ๆ เป็นเวลา 20 วินาที ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตผสมซีเมนต์ Panavia™V5 ระหว่างเบส (Base) กับแคตตาลิสต์ (Catalyst) จากนั้นใส่ซีเมนต์ลงในช่องว่าง

ที่เตรียมไว้ในแผ่นแก้วไลต์ให้เต็มส่วน ตัวแทนของกลุ่มเรซินซีเมนต์ชนิดเซลล์ไฟเอตซ์คือซีเมนต์รีไลย์เอกซ์ยูสองร้อย (RelyX™U200, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) ลีต 4957491 และมีวันหมดอายุคือวันที่ 2020-08-31 โดยกดคลิกเกอร์ (Clicker) จำนวน 2 ครั้ง ผสมเบสกับแคตตาลิสต์ด้วยพายผสมซีเมนต์ (Cement spatula) ให้เข้ากันเป็นเวลา 10 วินาที แล้วบรรจุใส่เซ็นทริกไซริงจ์ (Centrix Syringe) เพื่อลดฟองอากาศในเนื้อซีเมนต์แล้วฉีดลงในแผ่นแก้วไลต์ให้เต็มช่องว่าง รอยละเอียดส่วนประกอบเรซินซีเมนต์และวิธีการใช้งานตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตจะมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

หลังจากที่บรรจุเรซินซีเมนต์ทั้งสองชนิดลงในช่องว่างที่เตรียมไว้จนเต็มแล้ว จึงปิดวัสดุด้วยแผ่นกระจกปิดสไลด์ (Cover slip) กดด้วยแรงกดนิ้ว (Finger pressure) จากผู้ทดสอบเพียงคนเดียวให้แนบสนิทแล้วรีดเรซินซีเมนต์ส่วนเกินออกเพื่อคงความหนาของเรซินซีเมนต์ให้มีความหนา 1 มิลลิเมตร เช็ดวัสดุส่วนที่เกินด้วยก้อนสำลีสะอาด แบ่งกลุ่มเรซินซีเมนต์แต่ละชนิดแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามวิธีการบ่มตัว ได้แก่ กลุ่มที่ใช้วิธีการบ่มตัวด้วยตัวเองเป็นเวลา 10 นาที เรียกแทนว่า “SC 10 minutes” กลุ่มที่ใช้วิธีการบ่มตัวด้วยตัวเองเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เรียกแทนว่า “SC 24 hours” และกลุ่มที่ใช้วิธีการบ่มตัวด้วยแสง เรียกแทนว่า “LC” โดยใช้ตัวอย่างในการทดลองทั้งหมด 60 ชิ้น และแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามชนิดของเรซินซีเมนต์และวิธีการบ่มตัวได้เป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น (n = 10)



รูปที่ 1 แสดงแผ่นแก้วไลต์สองแผ่นประกบกันและมีการยึดกันด้วยเทปกาว

Fig. 1 Demonstrated two glass slides attached together with adhesive tapes.

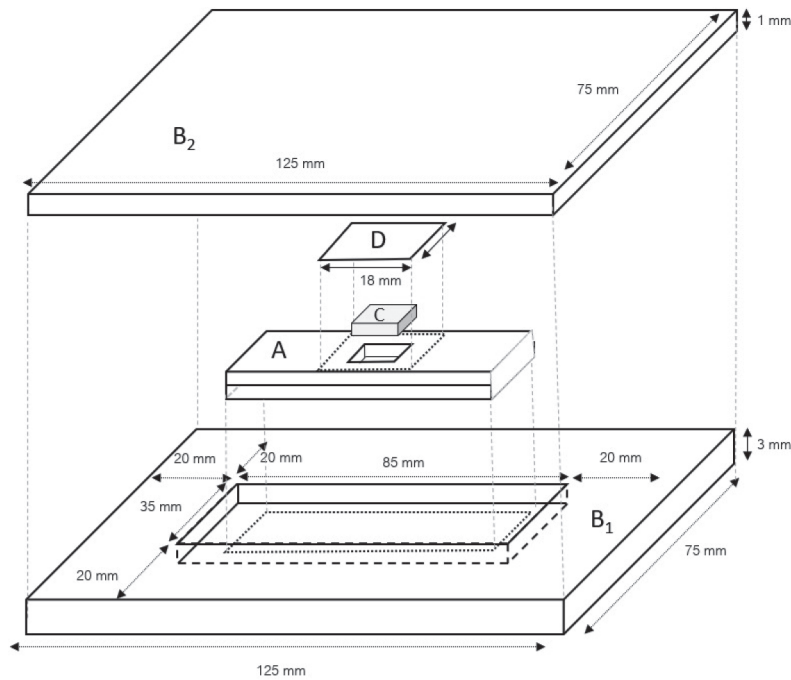
เพื่อจำลองวิธีการบ่มตัวด้วยตัวเองเพื่อทดสอบในกลุ่ม SC 10 minutes และ SC 24 hours ใช้แผ่นโลหะไร้สนิมที่มีขนาด 75 x 125 x 3 ลูกบาศก์มิลลิเมตรนำไปเจาะพื้นที่ตรงกลางให้เป็นช่องว่างขนาด 35 x 85 x 3 ลูกบาศก์มิลลิเมตร นำขึ้นทดสอบที่ผ่านการบรรจุเรซินซีเมนต์แล้ววางลงในช่องว่างของแผ่นโลหะไร้สนิมที่เตรียมไว้ ประกบทับด้วยแผ่นโลหะไร้สนิมแผ่นที่สองที่มีขนาด 75 x 125 x 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตรเพื่อจำกัดการเข้าออกของแสง (รูปที่ 2) จากนั้นจึงรอเวลาเพื่อเตรียมพร้อมเข้าสู่การทดสอบหาค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ ขึ้นตัวอย่างที่ผ่านการบ่มตัวแล้วแต่ยังไม่ถึงเวลาที่ต้องการศึกษาจะเก็บวัสดุไว้ในภาชนะแห้งและทึบแสงที่อุณหภูมิห้องในสถานที่ทดสอบ

ก่อนนำเข้าเครื่องทดสอบหาค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์เมื่อถึงเวลาที่กำหนด กลุ่ม SC 10 minutes เก็บไว้ 10 นาที ก่อนนำมาทดสอบและกลุ่ม SC 24 hours เก็บไว้ 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบ ในกลุ่ม LC ใช้แผ่นแก้วสไลด์ใสที่มีขนาด 25 x 75 x 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร วางทับลงบนชิ้นทดสอบที่ผ่านการบรรจุซีเมนต์มาแล้ว จากนั้นฉายแสงด้วยเครื่องอีลิปาร์ (Elipar™ 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) ที่มีการวัดค่าความเข้มแสงไม่ต่ำกว่า 1,100 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ด้านบนของแผ่นแก้วสไลด์ตรงกับบริเวณเรซินซีเมนต์ (รูปที่ 3) เป็นเวลา 20 วินาที แล้วนำเข้าเครื่องทดสอบหาค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ทันที

ตารางที่ 1 แสดงรายการวัสดุ ส่วนประกอบและวิธีการใช้งานของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการศึกษา

Table 1. The components and manufacturer's recommendation of resin cements.

Dual-cure resin cements	Composition	Instructions for use
1. RelyX™ U200 (3M ESPE) (fillers 43% by volume; grain size ~12.5 µm)	Base: Mono-, di-, and tri-glycerol esters of phosphoric acid dimethacrylate, TEGDMA, glass, silica, sodium persulfate, tert-butylperoxy-3,5,5-trimethylhexanoate Catalyst: substituted dimethacrylate, 1,12-dodecanedimethacrylate, glass, silica, calcium hydroxide, calcium salt of 1-benzyl-5-phenyl-barbic-acid, sodium p-toluenesulfinate	1. Mixed base paste and catalyst paste into a homogenous paste within 20 seconds using a spatula. 2. Apply the mixed cement evenly and light curing 20 seconds with standard polymerization device.
2. Panavia™ V5 (Kuraray Noritake) A2 Universal (fillers 38% by volume; grain size 0.1-6 µm) Panavia™ V5 Tooth Primer (Kuraray Noritake)	Base: Bis-GMA, TEGDMA, hydrophobic aromatic dimethacrylate, silanated barium glass filler, hydrophilic aliphatic dimethacrylate, fluoroaluminosilicate glass filler, colloidal silica, accelerator, initiator Catalyst: Bis-GMA, hydrophobic aromatic dimethacrylate, hydrophilic aliphatic dimethacrylate, silanated barium glass, silanated aluminium oxide filler, colloidal silica, CQ, accelerator, pigments, others Tooth Primer: 10-MDP, original multifunctional monomer, new polymerization accelerator, HEMA, water, stabilizer	1. Apply Tooth Primer to the entire substrate, with an applicator brush and leave in place for 20 seconds and thoroughly dry the entire adherent surface sufficiently by blowing mild, oil-free air. 2. Apply the mixed paste over the entire adherent surface of the restoration 3. Remove any excess cement and light curing for 10 seconds with LED (800-1,400 mW/cm ²).



รูปที่ 2 แสดงชั้นตัวอย่างในกลุ่มที่ใช้วิธีการบ่มตัวด้วยตัวเองเป็นเวลา 10 นาทีและ 24 ชั่วโมง โดยเมื่อผสมเรซินซีเมนต์ลงในช่องว่างที่เตรียมไว้แล้วของแผ่นแก้วไลต์และนำไปวางลงตรงช่องว่างที่เตรียมไว้จากแผ่นโลหะไร้สนิมเพื่อป้องกันแสงจากภายนอกก่อนฉายแสง

(A: แผ่นแก้วไลต์สองแผ่นประกอประกอและมีการยึดกันด้วยเทปกาว, B₁: แผ่นโลหะไร้สนิม ขนาด 75 x 125 x 3 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ที่เจาะตรงกลางไว้ขนาด 35 x 85 ตารางมิลลิเมตร, B₂: แผ่นโลหะไร้สนิมขนาด 75 x 125 x 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร, C: เรซินซีเมนต์ที่ผ่านการผสมแล้ว, D: แผ่นกระจกปิดสไลด์)

Fig. 2 Demonstrated the glass slides using in SC 10 minutes /SC 24 hours groups, which containing resin cements and were covered with two stainless-steel plates.

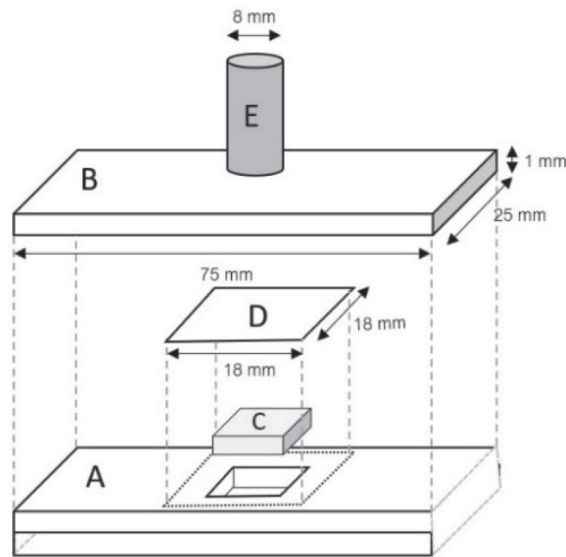
(A: Two glass slides attached together with adhesive tapes,

B₁: 75 x 125 x 3-mm³ Stainless steel plate which was spaced centrally by 35 x 85-mm² area,

B₂: 75 x 125 x 1-mm³ stainless steel plate, C: Mixed resin cements, D: Cover slip).

การหาค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์โดยใช้ เครื่องทดสอบเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มมามาน สเปคโตรสโคปี (InVia Raman Microscope, RENISHAW) และใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์เรนิชอว์ไวร์สองจุดศูนย์ (Renishaw WIRE 2.0) ในการประมวลผล ตั้งค่าโปรแกรมโดยเลือกใช้เลเซอร์เอ็นดีแยก (Nd:YAG)

ที่มีความยาวคลื่นกระตุ้น (Excitation wavelength) 532 นาโนเมตร เลือกความละเอียด (Resolution) 2 ต่อเซนติเมตร (cm⁻¹) ตั้งค่าเวลาฉาย (Exposure time) 10 วินาที ตั้งค่าแสดงผลให้อยู่ในช่วงความยาวคลื่น สเปกตรัม (Spectrum range) 1,600-1,800 ต่อเซนติเมตร



รูปที่ 3 แสดงชั้นตัวอย่างในกลุ่มที่ใช้วิธีการบ่มตัวด้วยแสง โดยเมื่อผสมเรซินซีเมนต์ลงในช่องว่างที่เตรียมไว้แล้วของแผ่นแก้วไลต์แล้วจะนำแผ่นแก้วไลต์อีกชั้นมาปิดทับและจึงฉายแสงจากเครื่องฉายแสง (A: แผ่นแก้วไลต์สองแผ่นประกบกันและมีการยึดกันด้วยเทปกาว, B: แผ่นแก้วไลต์ชั้นที่สาม, C: เรซินซีเมนต์ที่ผ่านการผสมแล้ว, D: แผ่นกระจกปิดไลต์, E: ปลายเครื่องฉายแสง)

Fig. 3 Demonstrated the glass slides using in LC groups, which containing resin cements and were covered with a glass slides.

(A: Two glass slides attached together with adhesive tapes, B: The third glass slide, C: Mixed resin cement, D: Cover slip, E: Light-cure unit.

หลักการการทำงานของเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม รามานสเปกโตรสโคปีเป็นการฉายแสงลงไปยังชิ้นงาน ที่ทำการทดสอบและอาศัยการประมวลผลจากแสงที่ กระเจิงออกมาในรูปแบบพิเศษเรียกว่าการกระเจิงแบบ รามาน (Raman scattering) คุณสมบัติของแต่ละ โมเลกุล มีการกระเจิงที่จำเพาะและมีค่าความยาวคลื่น ที่จำเพาะค่าหนึ่ง แสงที่กระเจิงแบบรามานดังกล่าวจะ ถูกประมวลผลโดยตัวรับของเครื่อง แปลผลออกมา เป็นกราฟค่าการดูดกลืนในแต่ละช่วงความยาวคลื่น สเปกตรัมเรียกว่ารามานชิฟท์ (Raman shift) ดังนั้น การหาค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์จะหาได้จากการ เปรียบเทียบส่วนต่างของพันธะภายในโมเลกุลที่เปลี่ยนแปลงไปจากมอนอเมอร์สู่พอลิเมอร์โดยเปรียบเทียบกับ

ตำแหน่งอ้างอิงมาตรฐานภายในซึ่งเป็นตำแหน่งที่ไม่ ถูกรบกวนจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ที่เปลี่ยนแปลงไป

ในตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงจากการเกิด พอลิเมอร์ เลือกตำแหน่งพันธะคู่ของคาร์บอนสายตรง (Carbon-to-carbon aliphatic double bond; C=C) มีค่าการดูดกลืนอยู่ในช่วงความยาวคลื่นสเปกตรัมที่ 1,635-1,640 ต่อเซนติเมตร โดยพันธะคู่ของคาร์บอน สายตรงจะเกิดขึ้นแปรผันตามปริมาณพอลิเมอร์ที่เพิ่มขึ้น ส่วนตำแหน่งอ้างอิงมาตรฐานภายในจะเลือกใช้ตำแหน่ง ที่แตกต่างกันในเรซินซีเมนต์สองชนิด เนื่องจากองค์ประกอบ ของพันธะภายในโมเลกุลที่แตกต่างกัน กลุ่มทดสอบ ซีเมนต์พานาเวียวีไฟว์ใช้ตำแหน่งของพันธะคู่คาร์บอน วงแหวน (Benzene ring) ที่มีค่าการดูดกลืนอยู่ในช่วง

ความยาวคลื่นสเปกตรัมที่ 1,608-1,610 ต่อเซนติเมตร เนื่องจากเป็นส่วนประกอบหลักของโครงสร้างบิสจีเอ็มเอ (Bis-GMA) ส่วนซีเมนต์รีโพลีเอทิลีนสองร้อยจะใช้เป็นตำแหน่งของหมู่คาร์บอนิล (Carbonyl group) ที่มีค่าการดูดกลืนอยู่ในช่วงความยาวคลื่นสเปกตรัมที่

1,715-1,730 cm^{-1} เนื่องจากส่วนประกอบหลักของโครงสร้างไม่มีหมู่คาร์บอนวงแหวนเป็นส่วนประกอบ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกค่าการดูดกลืนไปเข้าสู่ทรานส์ฟอร์มการเกิดพอลิเมอร์ดังสมการต่อไปนี้ (5,7,13,16-19)

$$\%DC = \left\{ 1 - \frac{[\text{C}=\text{C}/ \text{Internal standard}]_{\text{polymer}}}{[\text{C}=\text{C}/ \text{Internal standard}]_{\text{monomer}}} \right\} \times 100$$

กำหนดให้

$[\text{C}=\text{C}]_{\text{Polymer}}$: แทนค่าการดูดกลืนช่วงความยาวคลื่นสเปกตรัมที่ 1,635-1,640 ต่อเซนติเมตร ของซีเมนต์ทั้งสองชนิดหลังผสมและได้รับการบ่มตัวตามวิธีการที่กำหนดแล้ว

$[\text{Internal standard}]_{\text{Polymer}}$: แทนค่าการดูดกลืนช่วงความยาวคลื่นสเปกตรัมที่ 1,608-1,610 ต่อเซนติเมตร ในกรณีของซีเมนต์ฟานาเวียวีไฟว์ และช่วงความยาวคลื่นสเปกตรัมที่ 1,715-1,730 ต่อเซนติเมตร ในกรณีของซีเมนต์รีโพลีเอทิลีนสองร้อยหลังผสมและได้รับการบ่มตัวตามวิธีการที่กำหนดแล้ว

$[\text{C}=\text{C}]_{\text{Monomer}}$: แทนค่าการดูดกลืนช่วงความยาวคลื่นสเปกตรัมที่ 1,635-1,640 ต่อเซนติเมตร ของซีเมนต์ทั้งสองชนิดหลังผสมทันทีโดยที่ยังไม่มีการบ่มตัว

$[\text{Internal standard}]_{\text{Monomer}}$: แทนค่าการดูดกลืนตำแหน่งช่วงความยาวคลื่นสเปกตรัมที่ 1,608-1,610 ต่อเซนติเมตร ในกรณีของซีเมนต์ฟานาเวียวีไฟว์และช่วงความยาวคลื่นสเปกตรัมที่ 1,715-1,730 ต่อเซนติเมตร ในกรณีของซีเมนต์รีโพลีเอทิลีนสองร้อยหลังผสมทันทีโดยที่ยังไม่มีการบ่มตัว

$\%DC$: แทนค่าร้อยละค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ที่ต้องการทราบ

คำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อใช้เป็นค่าสถิติเชิงพรรณนา และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) แล้วนำมาหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มด้วยวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณแบบ แอลเอสดี (Post hoc LSD test) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นไว้ที่ร้อยละ 95 ($p = 0.05$) ทั้งนี้การคำนวณค่าสถิติจะใช้ โปรแกรมเอสพีเอสเอสเวอร์ชัน 19 (SPSS statistics 19, IBM)

ผลการทดลอง (Results)

ค่าเฉลี่ยร้อยละค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ในกลุ่ม SC 10 minutes กลุ่ม SC 24 hours และ กลุ่ม LC ของซีเมนต์รีโพลีเอทิลีนสองร้อย คือ 32.82, 58.38 และ 61.67 ตามลำดับ และของซีเมนต์ฟานาเวียวีไฟว์ คือ 57.76, 76.47 และ 65.35 ตามลำดับและเปรียบเทียบแผนภูมิ (ตารางที่ 2 และรูปที่ 4)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางเพื่อทดสอบสมมติฐานของงานวิจัยพบว่าปัจจัยชนิดของเรซินซีเมนต์และวิธีการบ่มตัวมีปฏิสัมพันธ์กัน (Interaction) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ทำให้ปฏิเสธสมมติฐานของงานวิจัยครั้งนี้

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างวิธีการบ่มตัว พบว่าค่าเฉลี่ยของร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของซีเมนต์รีไลย์เอกซ์ยูสองร้อย กลุ่ม SC 10 minutes มีความแตกต่างจากกลุ่ม SC 24 hours และกลุ่ม LC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในกรณีเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มที่ SC 24 hours กับกลุ่ม LC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) ในกรณีของซีเมนต์พานาเวียไฟว์ไฟว์กลุ่ม SC 10 minutes มีค่าเฉลี่ยของร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์น้อยกว่ากลุ่ม SC 24 hours อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) และไม่มี ความแตกต่างกันกับกลุ่ม LC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) (ตารางที่ 2)

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างชนิดของเรซินซีเมนต์ พบว่ากลุ่ม SC 10 minutes และกลุ่ม SC 24 hours ของซีเมนต์พานาเวียไฟว์ไฟว์มีค่าเฉลี่ยร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์มากกว่าซีเมนต์รีไลย์เอกซ์ยูสองร้อย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) แต่ในกลุ่ม LC นั้นไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 ($p > 0.05$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงผลของค่าเฉลี่ยร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวรวมทั้ง 2 ชนิด (กำหนดให้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ภาษาอังกฤษหมายถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ระหว่างวิธีการบ่มตัว และอักษรตัวพิมพ์เล็กภาษาอังกฤษหมายถึงความแตกต่างระหว่างชนิดของเรซินซีเมนต์)

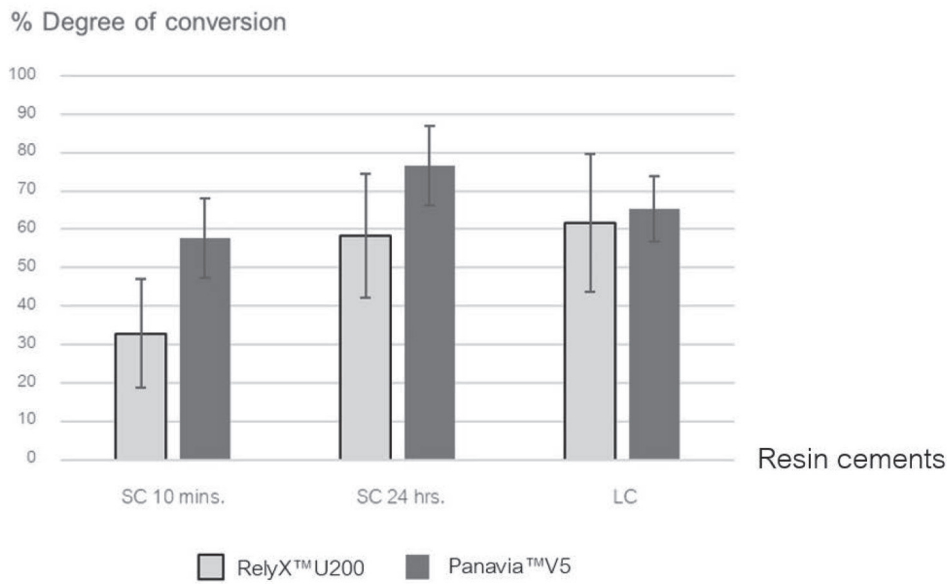
Table 2. Comparison of means and standard deviations of the percentage of degree of conversion between two dual-cured resin cements and different curing modes. Superscript letters indicate statistically differences between groups, $p < 0.05$

(vertical comparison: uppercase letters; horizontal comparison: lowercase letters).

Curing modes	Resin cement type	
	Mean %DC (SD)	
	RelyX™U200	Panavia™V5
SC 10 minutes	32.82 (14.10) ^{Aa}	57.76 (10.41) ^{Ab}
SC 24 hours	58.38 (16.19) ^{Ba}	76.47 (10.34) ^{Bb}
LC	61.67 (17.84) ^{Ba}	65.35 (8.45) ^{Aa}

บทวิจารณ์ (Discussion)

จากการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ได้ปฏิเสธสมมติฐานของงานวิจัย คือวิธีการบ่มตัวและชนิดของเรซินซีเมนต์ มีผลต่อค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวร่วมสองชนิด และงานวิจัยครั้งนี้เป็นการงานวิจัยเชิงทดลองทางห้องปฏิบัติการ กล่าวคือเป็นการจำลองสภาพแวดล้อมในการใช้งานจริงทางคลินิก ทำให้ข้อจำกัดของงานวิจัยอยู่ในบางปัจจัย เช่น การใช้แผ่นโลหะปิดทับเรซินซีเมนต์เพื่อจำลองการบ่มตัวด้วยตนเองในกรณีบูรณะฟันด้วยวัสดุที่บดแสง แต่ในการทำงานทางคลินิกนั้นเวลาใช้วัสดุบูรณะที่บดแสง ทันตแพทย์มักฉายแสงเพิ่มเติมตามขอบวัสดุที่แนบกับฟัน ดังนั้นวิธีการบ่มตัวจึงมีแสงเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย และมีได้เป็นการบ่มตัวด้วยตัวเองเพียงอย่างเดียว อีกทั้งในงานวิจัยครั้งนี้มีปัจจัยด้านอุณหภูมิที่ไม่สามารถควบคุมได้ให้เทียบเท่ากับอุณหภูมิร่างกายที่ 37 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นข้อจำกัดของพื้นที่ทำการทดสอบทางรามาณ ซึ่งจำกัดให้เครื่องมือทำงานอยู่ในอุณหภูมิห้องที่ 25 องศาเซลเซียส การศึกษาของ Franca และคณะ ในปี 2011 (22) พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์



รูปที่ 4 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ตามวิธีการบ่มตัวที่แตกต่างกัน และจำแนกตามชนิดของเรซินซีเมนต์

Fig. 4 Demonstrated graph comparing the percentage of degree of conversion between two dual-cured resin cements and different curing methods.

ในเรซินคอมโพสิตได้เนื่องจากการเร่งให้ มีการเคลื่อนที่ของมอนอเมอร์และเร่งปฏิกิริยาเคมีให้ เกิดเร็วขึ้น ดังนั้นผลการทดลองอาจมีการเปลี่ยนแปลง หากควบคุมอุณหภูมิให้ได้ 37 องศาเซลเซียส ความหนา ของวัสดุในการศึกษาก็อาจเป็นอีกสาเหตุเนื่องจากมี บางการศึกษาที่ผ่านมาสามารถทำให้ขึ้นตัวอย่างบางได้ถึง 100 ไมครอน (Micron) (6,10) ซึ่งเป็นความหนาที่ ใกล้เคียงกับชั้นเรซินซีเมนต์ใต้วัสดุบูรณะจากการ ใช้งานจริงทางคลินิก แต่ในการศึกษาครั้งนี้จะมีความหนา ของชั้นงานคือ 1 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ มากหากสามารถควบคุมอุณหภูมิขณะทำการรอเวลา และควบคุมความหนาของชั้นงานที่ใช้ในการทดสอบได้ ผลการศึกษาอาจมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย

จุดกำเนิดของเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวรวมนั้น มาจากแนวคิดการรวมตัวเริ่มปฏิกิริยาให้วัสดุสามารถ มีวิธีการบ่มตัวทั้งสภาวะที่มีแสงและสภาวะที่ปราศจาก แสงได้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบ่มตัวมากขึ้น จาก การศึกษาที่ผ่านมาก็ให้เห็นว่าเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัว

ร่วมจำเป็นต้องได้รับการฉายแสงเพื่อเป็นการกระตุ้นให้ เกิดการแตกตัวของอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเปรียบเทียบกับ กรณีที่ไม่ได้รับแสงเลย (2,3,5-8) เช่นกรณีปักเดือยฟัน สำเร็จรูปหรือการยัดวัสดุบูรณะที่ทึบแสงหรือมีความ หนามาก โดยเฉพาะกลุ่มเรซินซีเมนต์ชนิดเซลฟ์แอดฮีซีฟ ที่ยังมีผลการศึกษาหลากหลาย และจากผลการศึกษา ครั้งนี้พบว่า ประสิทธิภาพในการบ่มตัวด้วยตัวเองของ เรซินซีเมนต์ชนิดดังกล่าวยังไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ในระยะเวลา 10 นาที

จากการศึกษานี้การใช้เวลา 10 นาทีเพื่อให้ เรซินซีเมนต์เกิดพอลิเมอร์โดยรอหลังจากผสมซีเมนต์ และเริ่มยัดวัสดุบูรณะเข้ากับฟันก่อนทำการกรอขัดแต่ง ด้านบดเคี้ยวในช่องปาก เพื่อให้ได้คุณสมบัติสูงสุดของ เรซินซีเมนต์ทันตแพทย์จำเป็นต้องควบคุมความชื้น ไม่ให้เกิดการบวมเปื้อนขณะทำการยัดติดซีเมนต์เข้ากับ วัสดุบูรณะและยังไม่ควรกรอขัดแต่งวัสดุบูรณะในช่วง เวลานี้ จากผลการทดลองพบว่าซีเมนต์รีไลย์เอกซ์ยูสออร์ย่อย ซึ่งเป็นเรซินซีเมนต์ชนิดเซลฟ์แอดฮีซีฟ ได้ผลในกลุ่ม

SC 10 minutes มีค่าร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์เฉลี่ยคือ 32.82 ซึ่งน้อยกว่าค่าที่ยอมรับได้ทางคลินิกที่ได้ผลจากการศึกษาที่ผ่านมาคือร้อยละ 50-70 (2,3,20,21) การศึกษาของ Jang และคณะในปี 2017 (13) ได้ทดลองหาค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ด้วยวิธีฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรสโคปีจากซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูสองร้อย ผ่านบล็อคนครามิกที่มีขนาดและวิธีการบ่มตัวที่แตกต่างกัน พบว่าการบ่มตัวด้วยตัวเองหรือไม่ได้รับการฉายแสงเมื่อเวลาผ่านไป 10 นาทีหลังผสมมีค่าร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ 30.63 และจากการศึกษาของ Moraes ในปี 2011 (12) ได้หาค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูนิซิม (RelyX Unicem, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีเหมือนกับซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูสองร้อย ในช่วงเวลาและวิธีการบ่มตัวที่แตกต่างกัน พบว่าซีเมนต์ดังกล่าวมีค่าร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ที่ 10 นาที เมื่อใช้วิธีการบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีอย่างเดียวคือ 28.4 มีข้อสังเกตว่าค่าร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ของซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูสองร้อยเมื่อเวลาผ่านไป 10 นาทีไม่เพียงพอต่อการใช้งานทางคลินิก ทันตแพทย์ยังไม่ควรทำการกรอขัดแต่งวัสดุด้านบดเคี้ยวหลังการยึดติดซึ่งอาจส่งผ่านแรงกระทำลงไปยังชั้นของเรซินซีเมนต์และจำเป็นต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดการปนเปื้อนในช่วงเวลานี้เพราะหากซีเมนต์ยังไม่มีการบ่มตัวน้อยกว่าร้อยละ 50 ส่งผลให้คุณสมบัติในด้านอื่นของซีเมนต์ด้อยลงตามไปด้วย ดังนั้นควรรอเวลาให้เกิดพอลิเมอร์นานเกินกว่า 10 นาที

จากผลการศึกษาที่ผู้วิจัยได้กระทำครั้งนี้ ซีเมนต์พานาเวียวีไฟร์ซึ่งเป็นเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับระบบสารยึดติดชนิดเซลฟ์เอตซ์ให้ผลที่น่าพอใจมากกว่า โดยเฉพาะในกลุ่ม SC 10 minutes คือร้อยละ 57.76 สาเหตุที่ทำให้เกิดความแตกต่างนั้นเชื่อว่าในระบบสารยึดติดที่ใช้ร่วมกับซีเมนต์มีการบรรจุตัวเร่งปฏิกิริยา (Activators) ซึ่งอาจมีส่วนเพิ่มประสิทธิภาพของการเกิดพอลิเมอร์กรณีที่แสงไม่สามารถส่องถึงได้ ภายใต้วัสดุบูรณะ คุณสมบัตินี้เรียกว่า “ทัช-เคียวร์”(Touch-cure) กล่าวคือเมื่อซีเมนต์สัมผัสกับสารยึดติดแล้วจะเหนี่ยวนำให้มีการเกิดพอลิเมอร์ชนิดบ่มตัวด้วยตัวเองเสริมจาก

การเกิดพอลิเมอร์โดยรวมของวัสดุเพิ่มขึ้นไปอีก (23-25) และเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมงพบว่าในกลุ่มซีเมนต์พานาเวียวีไฟร์มีค่าเฉลี่ยร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์จะเพิ่มสูงขึ้น เป็นร้อยละ 76.47 ซึ่งมากกว่ากลุ่ม SC 24 hours ของซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูสองร้อยที่ร้อยละ 58.38 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) แต่ทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์มากกว่าร้อยละ 50-70 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ทางคลินิก (2,3,20,21) ซึ่งคุณสมบัติของตัวเร่งชนิดใหม่นี้อาจมีผลช่วยเพิ่มอัตราการเกิดพอลิเมอร์ในระบบการบ่มตัวด้วยตัวเองอีกปัจจัยคือซีเมนต์พานาเวียวีไฟร์ไม่มีมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดผสมอยู่ในเบสและแคตตาลิสต์ แต่จะเพิ่มอยู่ในสารยึดติดซึ่งแตกต่างจากซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูสองร้อยที่วัสดุมีความเป็นกรดสูงในช่วงแรกหลังผสมเพื่อหวังผลการปรับสภาพผิวฟันเพื่อการยึดติด ความเป็นกรดจะลดลงเมื่อซีเมนต์ละลายผิวฟันที่สัมผัสออกบางส่วนหรือสัมผัสกับผิววัสดุอัดแทรกที่เป็นเบส (Alkaline fillers) ดังนั้นในช่วงแรกหลังผสม ซีเมนต์อาจเกิดปัญหาด้านความเข้ากันไม่ได้ของวัสดุ (Incompatibility) อย่างมาก มอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดจะไปยับยั้งอนุมูลอิสระและลดการเกิดพอลิเมอร์ลง (9-11) แม้ว่าซีเมนต์รีไลเอกซ์ยูสองร้อยทางบริษัทผู้ผลิตมีการเติมอนุพันธ์ของกรดบาบิทริก (Barbituric acid derivatives) เป็นตัวเริ่มปฏิกิริยามีคุณสมบัติทนต่อสภาวะความเป็นกรดได้ (Acid-resistance initiator) (26) แทนเอมีนตติยภูมิ (Tertiary amine) และมีการเติมโซเดียมพีโทลูอินซัลไฟเนต (Sodium p-toluensulfinate) เพื่อแก้ไขปัญหาความเข้ากันไม่ได้แล้วแต่จากผลการทดลองของผู้วิจัยพบว่าช่วงเวลา 10 นาที มีค่าเฉลี่ยร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์น้อยกว่าค่าที่ยอมรับได้ทางคลินิก จึงอนุมานว่าความเป็นกรดสูงในช่วงแรกของซีเมนต์จะมีผลรบกวนปฏิกิริยาพอลิเมอร์ของวัสดุ แต่เมื่อซีเมนต์เริ่มเข้าสู่สภาวะความเป็นกลางมากขึ้นผลการรบกวนดังกล่าวนี้จะลดลงตามไปด้วย

ซีเมนต์พานาเวียวีไฟร์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ออกมาสู่ท้องตลาดเมื่อปี 2015 ซึ่งกระทั่งปัจจุบันใน เรซินซีเมนต์ชนิดนี้ยังมีการศึกษาไม่มากและบางส่วนประกอบ

ของวัสดุยังไม่ได้รับการเปิดเผยจากบริษัทผู้ผลิต แม้ว่าในขณะนี้ยังไม่มีการศึกษาค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์โดยตรง แต่พบว่ามีการศึกษาคุณสมบัติอื่นที่สามารถเชื่อมโยงไปยังปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ได้ เช่น การศึกษาของ Tsujimoto ในปี 2018 (27) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ของวิธีการบ่มตัวที่มีต่อคุณสมบัติด้านการสึก (Wear resistance) ของเรซินซีเมนต์แต่ละชนิด ผลการศึกษาพบว่าวิธีการบ่มตัวของซีเมนต์รีไลย์เอกซ์ยูสสองร้อยไม่มีผลทำให้คุณสมบัติด้านการสึกของวัสดุแตกต่างกัน ดังนั้นจากผลการทดลองดังกล่าวจึงอนุมานได้ว่าซีเมนต์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการบ่มตัวด้วยวิธีบ่มตัวด้วยตัวเองและวิธีบ่มตัวร่วมไม่แตกต่างกัน และในการศึกษาของ Tagami และคณะในปี 2017 (9) พบว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของพันธะกับผิวเนื้อฟัน (Dentin bond strength) ระหว่างซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ (Panavia™ F2.0, Kuraray Medical Inc, OKAYAMA, JAPAN) และซีเมนต์พานาเวียวีไฟว์ ผลการทดลองพบว่าพานาเวียวีไฟว์ใหม่นี้มีค่าความแข็งแรงของพันธะกับผิวเนื้อฟันมากกว่าซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ทั้งวิธีการบ่มตัวร่วมและวิธีการบ่มตัวด้วยตัวเอง

ในความแตกต่างของกลุ่ม SC 10 minutes มีการศึกษาเรื่องความหนืดของวัสดุหลังการบ่มตัวมีผลต่อการเกิดพอลิเมอร์ พบว่าเรซินซีเมนต์เริ่มมีการเกิดพอลิเมอร์แล้วหลังจากการแตกตัวให้อนุมูลอิสระของตัวเริ่ม เมื่อมีการเกิดพอลิเมอร์ที่เพียงพอจะมีการแข็งตัวของวัสดุ (Vitrification point) วัสดุจะมีความหนืดมากพอที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่หรือจำกัดการเคลื่อนที่ของมอนอเมอร์และอนุมูลอิสระลงอย่างมาก (6,13,28) อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับเกิดการเกิดพอลิเมอร์ที่เกิดในวิธีการบ่มตัวด้วยตัวเองที่มีค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นจนกระทั่งเกิดขึ้นสูงสุดเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง จากปัจจัยดังกล่าวนี้มีส่วนเหตุจากปริมาณวัสดุอัดแทรกที่เติมในวัสดุ จากส่วนประกอบของผู้ผลิตซีเมนต์รีไลย์เอกซ์ยูสสองร้อยมีปริมาณวัสดุอัดแทรกโดยปริมาตรมากกว่าและขนาดอนุภาคใหญ่กว่าซีเมนต์พานาเวียวีไฟว์

นอกเหนือจากใช้เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มรามานสเปกโทรสโคปีในการศึกษาหาค่าร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์แล้ว ยังมีวิธีการอื่นซึ่งอีกหนึ่งวิธีที่ได้รับความนิยมคือใช้การเปรียบเทียบค่าความแข็งพื้นผิวระดับไมโคร (Microhardness) ระหว่างเรซินซีเมนต์ก่อนผสมจนกระทั่งเรซินซีเมนต์เกิดพอลิเมอร์อย่างสมบูรณ์ แต่เนื่องจากวิธีทดสอบดังกล่าวจำเป็นต้องนำคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุเข้ามาพิจารณาด้วย ดังนั้นปริมาณวัสดุอัดแทรกในวัสดุจึงเป็นปัจจัยที่ต้องควบคุมการเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์จึงกระทำได้ยาก การใช้เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มรามานสเปกโทรสโคปีซึ่งเป็นการเปรียบเทียบโครงสร้างองค์ประกอบเชิงเคมีจึงลดปัจจัยรบกวนนี้ได้

จากข้อสังเกตทั้งหมดของผลการศึกษาคั้งนี้ อาจสรุปเป็นข้อเสนอแนะว่าเมื่อต้องใช้เรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวร่วมในกรณีแสงจากเครื่องฉายแสงอุลตราไวโอเล็ตและจำเป็นต้องเลือกวิธีการบ่มตัวด้วยตัวเองเพียงอย่างเดียว การเลือกซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดมีแนวโน้มให้ผลลัพธ์ค่าร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์มากกว่าการใช้เรซินซีเมนต์ชนิดเซลฟ์แอดฮีซีฟ อีกทั้งในการทำงานจริงทางคลินิกจำเป็นต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติด้านอื่นที่เกี่ยวข้องนอกเหนือจากค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ด้วยเช่น คุณภาพการยึดติดผิวฟันกับวัสดุบูรณะ ความสมบูรณ์ของชั้นไฮบริด (Hybrid layer) ยังคงจำเป็นและมีผลต่อการยึดติดวัสดุกับผิวเนื้อฟัน ความหนืดของวัสดุจำเป็นต้องพิจารณาหากต้องการให้วัสดุมีการไหลแผ่ (Wettability) ได้ดี คุณสมบัติการดูดซับและละลายตัวในน้ำเพื่อการใช้งานในระยะยาวของวัสดุในสภาวะแวดล้อมในช่องปาก หรือคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ เป็นต้น อย่างไรก็ตามค่าร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์เป็นเพียงตัวชี้วัดเบื้องต้นของการทำงานทางคลินิกเท่านั้น หากเรซินซีเมนต์ไม่สามารถเกิดพอลิเมอร์ได้ถึงจุดที่ยอมรับได้ทางคลินิก คุณสมบัติของเรซินซีเมนต์จะต่ำการศึกษาของLopesในปี2015 (3) พบว่าเรซินซีเมนต์ได้รับการบ่มตัวและมีการเกิดพอลิเมอร์ถึงจุดที่ยอมรับได้ทางคลินิกแล้ว ไม่มีความสัมพันธ์ เชื่อมโยง ถึง คุณสมบัติเชิงกลอื่นของ

เรซินซีเมนต์อีก โดยคุณสมบัติขึ้นกับกับปริมาณวัสดุอัดแทรกและส่วนประกอบอื่นที่ผสมอยู่ในเรซินซีเมนต์ ดังนั้นค่าร้อยละปริมาณการเกิดพอลิเมอร์เป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นที่จะสามารถบ่งบอกได้ว่าเรซินซีเมนต์สามารถแสดงประสิทธิภาพสูงสุดได้หรือไม่

บทสรุป (Conclusion)

เมื่อใช้วิธีการบ่มตัวด้วยตัวเอง ซีเมนต์พานาเวียวีไฟว์มีแนวโน้มค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์สูงกว่าซีเมนต์รีไลย์เอกซ์ชูลงร้อยละ 10 นาที และ 24 ชั่วโมง แต่เมื่อใช้วิธีการบ่มตัวด้วยแสงซีเมนต์ทั้งสองชนิดจะไม่มี ความแตกต่างกันของค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ (องค์การมหาชน) ในการให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่ตลอดจนได้รับการอำนวยความสะดวกจากเจ้าหน้าที่จนสามารถบรรลุเป้าประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้ได้ และได้รับทุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทเงินรายได้หน่วยงาน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประจำปีงบประมาณ 2562

การขัดกันแห่งผลประโยชน์ส่วนบุคคลและผลประโยชน์ส่วนรวม (conflict of interest)

ในงานวิจัยฉบับนี้ ทางผู้วิจัยมิได้มีผลประโยชน์ทับซ้อนหรือได้รับการสนับสนุนจากภาคเอกชน ตัวแทนจำหน่าย หรือห้างร้านอื่นๆแต่อย่างใด

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Jafari Z, Alaghehmand H, Samani Y, Mahdian M, Khafri S. Light transmittance of CAD/CAM ceramics with different shades and thicknesses and microhardness of the underlying light-cured resin cement. *Restor Dent Endod.* 2018;43(3):e27. doi: 10.5395/rde.2018.43.e27.

2. De Souza G, Braga RR, Cesar PF, Lopes GC. Correlation between clinical performance and degree of conversion of resin cements: a literature review. *J Appl Oral Sci.* 2015;23(4):358-68.

3. Lopes Cde C, Rodrigues RB, Silva AL, Simamoto Junior PC, Soares CJ, Novais VR. Degree of conversion and mechanical properties of resin cements cured through different all-ceramic systems. *Braz Dent J.* 2015;26(5):484-9.

4. Puppim-Rontani RM, Dinelli RG, de Paula AB, Fucio SB, Ambrosano GM, Pascon FM. In-depth polymerization of a self-adhesive dual-cured resin cement. *Oper Dent.* 2012;37(2):188-94.

5. Shim JS, Kang JK, Jha N, Ryu JJ. Polymerization mode of self-adhesive, dual-cured dental resin cements light cured through various restorative materials. *J Esthet Restor Dent.* 2017; 29(3):209-14.

6. Arrais CA, Giannini M, Rueggeberg FA. Kinetic analysis of monomer conversion in auto and dual-polymerizing modes of commercial resin luting cements. *J Prosthet Dent.* 2009; 101(2):128-36.

7. Moraes RR, Faria-e-Silva AL, Ogliari FA, Correr-Sobrinho L, Demarco FF, Piva E. Impact of immediate and delayed light activation on self-polymerization of dual-cured dental resin luting agents. *Acta Biomater.* 2009;5(6):2095-100.

8. Kim HJ, Bagheri R, Kim YK, Son JS, Kwon TY. Influence of curing mode on the surface energy and sorption/solubility of dental self-adhesive resin cements. *Materials (Basel, Switzerland).* 2017;10(2):129.

9. Tagami A, Takahashi R, Nikaido T, Tagami J. The effect of curing conditions on the dentin bond strength of two dual-cure resin cements. *J Prosthodont Res.* 2017;61(4):412-8.
10. Arrais CA, Giannini M, Rueggeberg FA. Effect of sodium sulfinate salts on the polymerization characteristics of dual-cured resin cement systems exposed to attenuated light-activation. *J Dent.* 2009;37(3):219-27.
11. Gutierrez MF, Sutil E, Malaquias P, de Paris Matos T, de Souza LM, Reis A, et al. Effect of self-curing activators and curing protocols on adhesive properties of universal adhesives bonded to dual-cured composites. *Dent Mater.* 2017;33(7):775-87.
12. Moraes RR, Boscato N, Jardim PS, Schneider LF. Dual and self-curing potential of self-adhesive resin cements as thin films. *Oper Dent.* 2011;36(6):635-42.
13. Jang Y, Ferracane JL, Pfeifer CS, Park JW, Shin Y, Roh BD. Effect of insufficient light exposure on polymerization kinetics of conventional and self-adhesive dual-cure resin cements. *Oper Dent.* 2017;42(1):E1-E9.
14. Aguiar TR, Di Francescantonio M, Arrais CA, Ambrosano GM, Davanzo C, Giannini M. Influence of curing mode and time on degree of conversion of one conventional and two self-adhesive resin cements. *Oper Dent.* 2010;35(3): 295-9.
15. Pianelli C, Devaux J, Bebelman S, Leloup G. The micro-Raman spectroscopy, a useful tool to determine the degree of conversion of light-activated composite resins. *J Biomed Mater Res.* 1999;48(5):675-81.
16. Shin WS, Li XF, Schwartz B, Wunder SL, Baran GR. Determination of the degree of cure of dental resins using Raman and FT-Raman spectroscopy. *Dent Mater.* 1993;9(5):317-24.
17. Ferracane JL, Greener EH. Fourier transform infrared analysis of degree of polymerization in unfilled resins--methods comparison. *J Dent Res.* 1984;63(8):1093-5.
18. Mainardi Mdo C, Giorgi MC, Lima DA, Marchi GM, Ambrosano GM, Paulillo LA, et al. Effect of energy density and delay time on the degree of conversion and Knoop microhardness of a dual resin cement. *J Investig Clin Dent.* 2015;6(1):53-8.
19. Moraes LG, Rocha RS, Menegazzo LM, de Araujo EB, Yukimito K, Moraes JC. Infrared spectroscopy: a tool for determination of the degree of conversion in dental composites. *J Appl Oral Sci.* 2008;16(2):145-9.
20. Da Silva EM, Almeida GS, Poskus LT, Guimaraes JG. Relationship between the degree of conversion, solubility and salivary sorption of a hybrid and a nanofilled resin composite. *J Appl Oral Sci.* 2008;16(2):161-6.
21. Ferracane JL, Greener EH. The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. *J Biomed Mater Res.* 1986;20(1):121-31.
22. Franca FA, Oliveira M, Rodrigues JA, Arrais CA. Pre-heated dual-cured resin cements: analysis of the degree of conversion and ultimate tensile strength. *Braz Oral Res.* 2011;25(2):174-9.
23. Carrilho E, Cardoso M, Marques Ferreira M, Marto CM, Paula A, Coelho AS. 10-MDP based dental adhesives: adhesive interface characterization and adhesive stability-a systematic review. *Materials (Basel, Switzerland).* 2019;12(5): 790.

24. Aung SSMP, Takagaki T, Ko Ko A, Halabi S, Sato T, Ikeda M, et al. Adhesion durability of dual-cure resin cements and acid-base resistant zone formation on human dentin. *Dent Mater.* 2019;35(7):945-52.

25. Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T, et al. Self-assembled nano-layering at the adhesive interface. *J Dent Res.* 2012;91(4):376-81.

26. Ferracane JL, Stansbury JW, Burke FJ. Self-adhesive resin cements—chemistry, properties and clinical considerations. *J Oral Rehabil.* 2011;38(4):295-314.

27. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Watanabe H, Johnson WW, Latta MA, et al. Simulated localized wear of resin luting cements for universal adhesive systems with different curing mode. *J Oral Sci.* 2018;60(1):29-36.

28. Di Francescantonio M, Aguiar TR, Arrais CA, Cavalcanti AN, Davanzo CU, Giannini M. Influence of viscosity and curing mode on degree of conversion of dual-cured resin cements. *Eur J Dent.* 2013;7(1):81-5.

ติดต่อบทความ:

ทันตแพทย์ คงวุฒิ เหลืองเรืองรอง

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา

กรุงเทพมหานคร

โทรศัพท์ 08-4724-0817

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ kongvuth.luang@gmail.com

Corresponding author:

Dr. Kongvuth Luangruangrong

Faculty of Dentistry, Srinakarinwirot University,
114 Sukhumvit 23 Rd Wattana, Bangkok, 10110,
Thailand

Tel: +668-4724-0817

E-mail: kongvuth.luang@gmail.com

Received Date: Jan 28, 2020

Revised Date: Feb 25, 2020

Accepted Date: May 08, 2020