

ผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของเรซินซีเมนต์ 3 ชนิดกับเนื้อฟัน Effect of Storage Temperatures on the Shear Bond Strength of Three Resin Cements to Dentin

ตุลย์ ศรีอัมพร¹, กาญจนา ศันสนีย์วรรณ², อวิรุทธ์ คล้ายศิริ³, นิยม อารังค์อนันต์สกุล⁴

Tool Sriamporn¹, Kanjana Sansaneeyawat², Awiruth Klaisiri³, Niyom Thamrongananskul⁴

¹ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี

¹Department of Prosthodontics, College of Dental Medicine, Rangsit University, Pathum Thani

²11/27 หมู่บ้านเนอวานา ถนนกัลปพฤกษ์ เขตจอมทอง กรุงเทพฯ

²11/27 mooban Nirvana, Kanlapaphruek Road, Chom Thong, Bangkok

³สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จ.ปทุมธานี

³Division of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Thammasat University, Pathum Thani

⁴ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

⁴Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของเรซินซีเมนต์ 3 ชนิดกับผิวเนื้อฟัน โดยนำฟันกรามแท้ของมนุษย์จำนวน 90 ซี่ มาตัดด้านบดเคี้ยวให้เนื้อฟันเผย แบ่งฟันแบบสุ่มเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 30 ซี่ ตามอุณหภูมิการเก็บรักษาเรซินซีเมนต์ ณ อุณหภูมิ 4, 25 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน จากนั้นแบ่งเป็นกลุ่มย่อยกลุ่มละ 10 ซี่ เพื่อนำมายึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตด้วยเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด ได้แก่ วาไรโอลิงค์เอ็น พานาเวียเอฟทู และรีไลเอ็กซ์ยูสองร้อย นำขึ้นทดสอบแช่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องทดสอบสากล ที่ความเร็วหัวกด 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติความแปรปรวนแบบสองทางและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยสถิติของทูก็ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จากนั้นศึกษารูปแบบความล้มเหลวด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคปที่กำลังขยาย 40 เท่า ผลการศึกษพบว่า ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มที่ใช้วาไรโอลิงค์เอ็นและพานาเวียเอฟทูเมื่อเก็บเรซินซีเมนต์ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ 25 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มดังกล่าวมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กลุ่มของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มที่เรซินซีเมนต์ถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส กลุ่มที่ยึดด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลเอ็กซ์ยูสองร้อยที่ถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวต่ำกว่าทุก ๆ กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ลักษณะการแตกหักของผิวเนื้อฟันกลุ่มที่ยึดด้วยวาไรโอลิงค์เอ็นหรือพานาเวียเอฟทูในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษาเกิดความล้มเหลวแบบผสม ส่วนกลุ่มที่ยึดด้วยรีไลเอ็กซ์ยูสองร้อยในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษาเกิดความล้มเหลวแบบยึดไม่อยู่ จึงสรุปได้ว่า เรซินซีเมนต์ที่ถูกเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน ให้ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวกับผิวเนื้อฟันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: ความเสื่อม, เรซินซีเมนต์, ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยว, อุณหภูมิการเก็บรักษา

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of storage temperature on the shear bond strengths of three resin cements to dentin. Ninety extracted human permanent molars were cut to flat expose dentin surface. The specimens were randomly divided into three groups (n=30) based on the storage temperature of the selected resin cement (4, 25, and 40 °C). Each group was then subdivided into three subgroups based on the type of resin cement used (Variolink N, Panavia F 2.0 and RelyX U200). Resin composite blocks were bonded onto each specimen using the specified cement from its group. Subsequently, all samples were immersed in 37°C distilled water for 24 hours. Shear bond strength testing was performed using a universal testing machine at a cross head speed of 0.5 mm/minute. Data was statistically analyzed by Two-way ANOVA and Turkey's multiple comparison tests at a 95 % confidence level. Furthermore, the modes of failure were examined under a stereomicroscope at 40x magnification. Results showed that there were no statistically significant differences in shear bond strength between Variolink N and Panavia F 2.0 stored at 4 or 25 °C. The shear bond strengths of these groups were significantly higher than other experimental groups. Resin cements stored at 40°C produced significantly lower shear bond strengths than those stored at 4 and 25 °C ($p>0.05$). RelyX U200 stored at 40°C demonstrated the lowest shear bond strength, with values significantly lower than all other groups. All Variolink N and Panavia F 2.0 specimens exhibited mixed failures, whereas all RelyX U200 specimens demonstrated adhesive failure. In conclusion, storing resin cement at 40°C for three months may significantly lower shear bond strength when bonded to the dentin compared to those that were stored at the temperature of 4 and 25 °C.

Keyword: Degradation, Resin cement, Shear bond strength, Storage temperature

Received Date: Jul 3, 2018

Revised Date: Aug 2, 2018

Accepted Date: Aug 23, 2018

Doi: 10.14456/jdat.2019.10

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

ตุลย์ ศรีอัมพร ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต 52/347 หมู่บ้านเมืองเอก ถ.พหลโยธิน ต.หลักหก อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000 ประเทศไทย โทรศัพท์ 0-2997-2200-30 ต่อ 4312 อีเมล tunster14@hotmail.com

Correspondence to:

Tool Sriamporn. Department of Prosthodontics, College of Dental Medicine, Rangsit University, 52/347 Muang-Ake, Phaholyothin Rd., Muang, Pathum Thani 12000 Tel: 0-2997-2200-30 Ext. 4312 E-mail: tunster14@hotmail.com

บทนำ

เด็นทัลเรซินซีเมนต์ (dental resin cement) เป็นกาที่ใช้ยึดชิ้นงานทางทันตกรรมซึ่งมีการบ่มตัวโดยการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization) ขณะที่ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม (conventional cement) เช่น ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เกิดการก่อตัวด้วยปฏิกิริยากรด-ด่าง ปัจจุบันเรซินซีเมนต์เป็นวัสดุที่นิยมใช้เพื่อยึดชิ้นงานที่ผลิตจากห้องปฏิบัติการต่าง ๆ อาทิเช่น ครอบฟัน (crown) สะพานฟัน (bridge) เตี้ยฟัน (post) ชิ้นอุดฝัง (inlay) ชิ้นอุดครอบ (onlay) และแผ่นปิดหน้าฟัน (veneer)¹⁻⁴ เนื่องจากด้วย

สมบัติที่โดดเด่นของเรซินซีเมนต์คือ มีความหนาของชั้นฟิล์มยึดติดที่บาง มีสมบัติละลายน้ำต่ำจึงช่วยลดการรั่วซึม ให้ความสวยงามสูง อีกทั้งเรซินซีเมนต์บางชนิดยังสามารถเกิดได้ทั้งการยึดทางเคมีและทางกลกับผิวฟันซึ่งช่วยเพิ่มค่ากำลังแรงยึดให้สูงขึ้น⁵⁻⁸

การแบ่งชนิดของเรซินซีเมนต์สามารถแบ่งได้หลายรูปแบบ เช่น ตามวิธีการเตรียมผิวฟัน สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระบบใหญ่ ๆ คือ 1. เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับระบบการยึดติดที่ต้องเตรียมผิวฟันโดยใช้กรดทาแล้วล้างน้ำออก (resin cement with etch

and rinse adhesive system) 2. เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับระบบการยึดติดแบบเซลฟ์เอทช์ (resin cement with self-etch adhesive system) และ 3. เรซินซีเมนต์ที่มีการยึดติดแบบเซลฟ์แอดฮีซีฟ (resin cement with self-adhesive system) หรือหากแบ่งชนิดของเรซินซีเมนต์ตามปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระบบใหญ่ ๆ⁹ ได้แก่ 1. เรซินซีเมนต์ชนิดที่บ่มตัวด้วยตัวเอง (self-curing resin cement) 2. เรซินซีเมนต์ชนิดที่บ่มตัวด้วยแสง (light-curing resin cement) และ 3. เรซินซีเมนต์ชนิดที่บ่มตัวทั้งสองรูปแบบ (dual-curing resin cement)

องค์ประกอบหลักของเรซินซีเมนต์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยมอนอเมอร์ สารตัวเริ่ม (initiator) สารกระตุ้น (activator) และสารยับยั้ง (inhibitor) โดยสารเหล่านี้มีความไวต่อแสงและความร้อน¹⁰ ดังนั้นการเก็บรักษาระหว่างรอการใช้งานจึงเป็นสิ่งที่จะต้องพึงระวัง โดยความเสื่อม (degradation) ของวัสดุกลุ่มพอลิเมอร์ทางทันตกรรมที่ใช้ในช่องปากสามารถเกิดได้หลายสาเหตุ¹¹ การเก็บรักษาวัสดุเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พอลิเมอร์เกิดความเสื่อม โดยมีคำแนะนำว่าควรเก็บรักษาเรซินซีเมนต์ไว้ในสภาวะอุณหภูมิต่ำประมาณ 4 ถึง 18 องศาเซลเซียส เพื่อให้วัสดุสามารถใช้งานในช่องปากผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด¹² รวมถึงมีหลายการศึกษาแนะนำว่าการลดความเสื่อมของสารเคมีและการยึดอายุการเก็บรักษา (shelf life) ของระบบสารยึดติดชนิดเรซิน (adhesive resin system) สามารถทำได้โดยการเก็บวัสดุนั้นไว้ในที่อุณหภูมิต่ำหรือในตู้เย็น เพื่อให้สารเคมีภายในวัสดุยังคงมีเสถียรภาพ (chemically stable ingredients)¹³⁻¹⁵

ในปัจจุบันอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้นทุก ๆ ปี โดยเฉพาะในประเทศไทยซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงเกือบทั้งปี และจากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาพบว่าอุณหภูมิของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2559 มีอุณหภูมิสูงสุดถึง 44.6 องศาเซลเซียส¹⁶

เนื่องด้วยข้อจำกัดบางประการในการเก็บรักษาเรซินซีเมนต์ การใช้งานจริงทางคลินิกอาจไม่ได้เก็บรักษาเรซินซีเมนต์ไว้ในตู้เย็นหรือเก็บในที่อุณหภูมิต่ำตลอดเวลา ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจว่า ถ้าเรซินซีเมนต์ถูกเก็บในสภาวะอุณหภูมิสูงอย่างต่อเนื่อง จะส่งผลกระทบต่อสมบัติการยึดติดของเรซินซีเมนต์กับผิวเนื้อฟันหรือไม่ จึงเป็นที่มาของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ ศึกษาผลของค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของผิวเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด ได้แก่ วาริโอลิงค์เอ็น (Variolink® N, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) พานาเวียเอฟทู (Panavia® F 2.0, Kuraray, Osaka, Japan) และ รีไลเอ็กซ์ยูสองร้อย (Rely XTM U200, 3M ESPE, Seefeld, Germany) ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิที่แตกต่างกันคือ 4 องศาเซลเซียส 25 องศาเซลเซียส และ 40

องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยมีสมมติฐานว่าค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิดที่เก็บในอุณหภูมิต่าง ๆ ทุกกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เรซินซีเมนต์จาก 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ วาริโอลิงค์เอ็น พานาเวียเอฟทู และรีไลเอ็กซ์ยูสองร้อย ผลิตภัณฑ์ละ 3 ชุด มีเลขที่สินค้า และวันหมดอายุของเรซินซีเมนต์ในแต่ละผลิตภัณฑ์เหมือนกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ละ 3 ชุด แต่ละชุดถูกแยกเก็บในอุณหภูมิที่แตกต่างกันคือ 4 องศาเซลเซียส 25 องศาเซลเซียส และ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน ก่อนการทดสอบแรงยึดกับเนื้อฟัน¹⁶

การศึกษานี้ใช้ฟันกรามแท้ของมนุษย์จำนวน 90 ซี่ อายุการเก็บไม่เกิน 6 เดือน สภาพสมบูรณ์ไม่ผ่านการบูรณะ ปราศจากรอยผุและความผิดปกติใด ๆ ขั้นตอนการเก็บฟันคือ ทำความสะอาดซีฟันและแช่ฟันไว้ในสารละลายคลอรามินทีไตรไฮเดรต (Chloramines-T trihydrate solution) ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นระยะเวลาไม่เกิน 1 สัปดาห์ แล้วนำไปแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตามหลักมาตรฐานไอเอสโอ (ISO) 11405¹⁷ โดยเปลี่ยนน้ำกลั่นที่แช่ฟันทุกสัปดาห์

การเตรียมเนื้อฟัน

การศึกษานี้ได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลขที่ 040/2010 นำฟันทั้ง 90 ซี่ ฝังในท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้วและสูง 1.5 นิ้ว ใช้ยิปซัมชนิดที่ 4 เป็นวัสดุยึด โดยให้แนวแกนฟันตั้งฉากกับพื้นระนาบ และรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเคลือบรากฟันอยู่ต่ำกว่าขอบของท่อ 1 มิลลิเมตร ตัดผิวด้านบดเคี้ยวในแนวตั้งฉากกับแนวแกนฟันออกประมาณ 2 มิลลิเมตรให้ถึงชั้นเนื้อฟันด้วยเครื่องตัดฟันความเร็วต่ำ (slow speed cutting machine, Isomet, Buehler, USA) ตรวจสอบบริเวณที่ตัดว่าเป็นส่วนของเนื้อฟัน โดยส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอไมโครสโคป (Stereomicroscope; ML 9300, Meiji Techno Co. Ltd., Saitama, Japan) ที่กำลังขยาย 40 เท่า จากนั้นนำชิ้นทดสอบในส่วนเนื้อฟันที่ถูกตัดไปขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ที่ระดับความหยาบ 600 กริท (3M Wetordry abrasive sheet, 3M, Minnesota, USA) ภายใต้น้ำหล่อเลี้ยง โดยเครื่องขัดชิ้นทดสอบอัตโนมัติ (Nano 2000 grinder-polisher with a FEMTO 1000 polishing head, Pace Technologies, Arizona, USA) ด้วยน้ำหนักกด 2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์จะหมุนด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาทีในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

ขณะที่ชิ้นงานจะหมุนตามเข็มนาฬิกา ใช้เวลาขัด 2 นาทีและ กระจายซิลิกอนคาร์ไบด์จะถูกเปลี่ยนเป็นแผ่นใหม่ทุกครั้งที่เราเริ่มต้นกระบวนการขัดใหม่ จากนั้นทำความสะอาดเนื้อฟันด้วยการฉีดน้ำและลมพร้อมกันโดยใช้ทริปปเปลไซริงจจากเครื่องกรอฟันเคลื่อนที่ (Mobile dental unit, Thai Dental Products, Bangkok, Thailand) แรงดัน 40-50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร สเปร์ยานาน 10 วินาที แล้วเก็บซี่ฟันที่ตัดไว้ในภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิด และมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100

การเตรียมชิ้นเรซินคอมโพสิต

เตรียมชิ้นเรซินคอมโพสิตจำนวน 90 ชิ้น โดยสร้างท่อซิลิโคนใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 10 มิลลิเมตร จากนั้นบรรจุเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มด้วยแสง (Filtek Z350XT, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) สีเอสสาม แล้วฉายแสงที่ปลายท่อทั้ง 2 ด้านและด้านข้าง ด้านละ 40 วินาที รวมทั้งสิ้น 6 ด้านด้วยเครื่องฉายแสง (Elipar freelight 2 LED curing light, 3M ESPE, MN, USA) ความเข้มแสง 1,000 มิลลิวัตต์/ตารางเซนติเมตร ผิวของเรซินคอมโพสิตด้านที่จะนำมายึดติดจะถูกพ่นด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ ขนาด 50 ไมโครเมตร นาน 5 วินาที ภายใต้อุปกรณ์ขัดสีกแบบพ่นอนุภาคในอากาศ (Airborn-particle abrasive unit; Basic Classic, Renfert GmbH, Hilzingen, Germany) ที่ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร ความดัน 35 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จากนั้นทำความสะอาดในน้ำกลั่นเป็นเวลา 10 นาที ด้วยเครื่องล้างความถี่สูง (Ultrasonic cleaner; Quantrex 90WT; L&R Manufacturing Co., Kearny, NJ, USA)

การเตรียมเนื้อฟันก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์กับชิ้นเรซินคอมโพสิต

เมื่อเก็บเรซินซีเมนต์แต่ละผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 25 องศาเซลเซียส และ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือนตามกำหนด นำเรซินซีเมนต์แต่ละชนิดมาวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) นาน 30 นาที ก่อนเริ่มใช้เรซินซีเมนต์เพื่อยึดแท่งคอมโพสิตกับเนื้อฟัน แบ่งกลุ่มซี่ฟันที่ถูกตัดแบบสุ่มอย่างง่ายออกเป็น 3 กลุ่ม ตามชนิดของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการทดสอบ กลุ่มละ 30 ซี่ จากนั้นแต่ละกลุ่มจะถูกแบ่งย่อยออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น ตามอุณหภูมิที่เก็บเรซินซีเมนต์ การเตรียมเนื้อฟันก่อนการยึดแท่งเรซินคอมโพสิตตามชนิดของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

กลุ่มวาริโอลิงค์เอ็น ใช้กรดพอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 ทาที่เนื้อฟันเป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นล้างน้ำออก แล้วเป่าด้วยลมสะอาดปราศจากละอองน้ำและน้ำมัน คงสภาพเนื้อฟันให้มีความชื้น (moist dentin) ทาสารซินแทกไพโรเมอร์ (Syntac

primer) เป็นเวลา 15 วินาที เป่าลมให้แห้ง ใช้สารซินแทกแอดฮีซีฟ (Syntac adhesive) ทาเป็นเวลา 10 วินาทีแล้วเป่าลมให้แห้ง นำเทปกาวหน้าเดียวที่มีความหนา 80 ไมโครเมตร (Scotch tape; 3M, St. Paul, USA) เจาะรูตรงกลางเป็นรูวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร นำมาติดที่เนื้อฟันแล้วทาสารเฮลิโอบอนด์ (Heliobond) เป่าลมให้เกิดเป็นชั้นฟิล์มบาง ๆ บีบเรซินซีเมนต์ส่วนเบสและแคททาไลสที่บนกระดาษผสมในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 แล้วผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 10 วินาที

กลุ่มพานาเวียเอฟทู หดยดีอีไพโรเมอร์เอและบี (ED Primers II liquid A and B) ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ลงในหลุมพลาสติกแล้วผสมให้เข้ากันด้วยฟู่กันเป็นเวลา 5 วินาที แล้วทาลงบนเนื้อฟันลักษณะกวนวนไปมา (agitation) 15 วินาที แล้วทิ้งไว้ 15 วินาที ใช้ลมที่ปราศจากละอองน้ำและน้ำมัน เป่าลมเพื่อกำจัดสารผสมส่วนเกินออก ลักษณะที่เกิดขึ้นจะไม่เห็นการเคลื่อนไหวของสารผสมบนเนื้อฟัน ใช้เทปกาวหน้าเดียวเช่นเดียวกับกลุ่มข้างต้นที่เจาะรูแล้วติดที่เนื้อฟัน ผสมเนื้อซีเมนต์หลอดเอและบีในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ให้เข้ากันเป็นเวลา 20 วินาที

กลุ่มรีไลเอ็กซ์สองร้อย ฉีดน้ำล้างทำความสะอาดเนื้อฟันด้วยทริปปเปลไซริง แล้วเป่าด้วยลมที่ปราศจากละอองน้ำและน้ำมันเป็นเวลา 10 วินาที ใช้ข้อเปิดเปิดหยดน้ำกลั่นปริมาตร 1 ไมโครลิตรลงที่เนื้อฟันเพื่อทำการปรับสภาพผิวเนื้อฟันให้มีความชื้น ซับที่ผิวหน้าฟันนาน 5 วินาที ด้วยกระดาษที่ไม่ทำให้เกิดขุย และใช้เทปกาวหน้าเดียวเจาะรูเช่นเดียวกับสองกลุ่มที่ผ่านมาติดที่เนื้อฟัน บีบซีเมนต์จากหลอดที่เป็นระบบคลิกเกอร์ (clicker) แล้วผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันเป็นเวลา 20 วินาที

เมื่อผสมเรซินซีเมนต์แต่ละผลิตภัณฑ์ตามวิธีการที่กล่าวมาข้างต้น ป้ายซีเมนต์ที่ผสมแล้วลงบนเนื้อฟันภายในรูของแผ่นเทปที่เตรียมไว้ วางแท่งเรซินคอมโพสิตลงบนเรซินซีเมนต์ แล้วกดด้วยน้ำหนัก 1,000 กรัม¹⁷ ทิ้งไว้ 3 นาที จากนั้นบ่มด้วยเครื่องฉายแสงที่ชั้นซีเมนต์บริเวณรอยต่อด้านข้างทั้ง 4 ด้าน ด้านละ 40 วินาที ที่ซึ่งงานที่ยึดติดแล้วไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที และนำไปแช่ในน้ำกลั่นที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator; Contherm 160M, Contherm Scientific Ltd., Korokoro, Lower Hutt, New Zealand) ที่ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง การทดสอบกำลังแรงยึดเฉือน

นำชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นยึดเข้ากับอุปกรณ์เพื่อทดสอบกำลังแรงยึดเฉือน โดยให้แนวระนาบของปลายมีดที่จะใช้ทดสอบแรงเฉือน (shearing blade) ขนานกับรอยต่อระหว่างเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟัน โดยห่างประมาณ 1 มิลลิเมตร แล้วทำการทดสอบวัดกำลังแรงยึดเฉือนด้วยเครื่องทดสอบสากลระบบไฮโดรลิก (Universal

testing machine, EZ-S 500N, Shimadzu corporation, Japan) ที่ความเร็วของหัวกด (crosshead speed) เท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร ต่อนาที คำนวณกำลังแรงยึดเหนี่ยวโดยมีหน่วยเป็นเมกะปาสกาล (MPa) การศึกษารูปแบบการแตกหักของชั้นทดสอบ โดยนำชั้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิด สเตอริโอไมโครสโคป ที่กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อดูรูปแบบความล้มเหลว (mode of failure) ที่กำลังขยาย 40 เท่า ศึกษาลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้น ซึ่งแบ่งเป็น 3 รูปแบบคือ 1. การยึดไม่อยู่ (adhesive failure) เมื่อดูบนด้านเนื้อฟันของชั้นทดสอบ จะไม่พบเรซินซีเมนต์หลงเหลืออยู่เลย ซึ่งหมายถึงเกิดความล้มเหลวระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ 2. การเชื่อมแน่นล้มเหลว (cohesive

failure) เมื่อดูบนด้านเนื้อฟันของชั้นทดสอบ จะพบว่า มีเรซินซีเมนต์ปกคลุมบนเนื้อฟันทั้งหมด ซึ่งหมายถึงเกิดความล้มเหลวในเนื้อของวัสดุเรซินซีเมนต์ และ 3. การล้มเหลวแบบผสม (mixed failure) ซึ่งหมายถึง การเกิดความล้มเหลวทั้งแบบการยึดไม่อยู่ และการเชื่อมแน่นล้มเหลว โดยจะพบเรซินซีเมนต์ปกคลุมเนื้อฟันอยู่เป็นหย่อม ๆ เมื่อดูบนด้านเนื้อฟันของชั้นทดสอบ

วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกลุ่มด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทุกคู่ (Tukey's multiple comparisons) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

ตารางที่ 1 เรซินซีเมนต์และสารที่เป็นองค์ประกอบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

Table 1 Resin cements and their compositions used in this study.

Resin cements	Compositions
Variolink® N (Lot W90011) (Exp 2019-09-01)	Syntac Primer: acetone, triethyleneglycol dimethacrylate, polyethylene glycol dimethacrylate and maleic acid Syntac Adhesive: polyethylene glycol dimethacrylate, glutaraldehyde Heliobond: Bis-GMA, triethyleneglycol dimethacrylate Variolink N (Base): Bis-GMA, urethane dimethacrylate, triethyleneglycol dimethacrylate Variolink N (Catalyst): Bis-GMA, urethane dimethacrylate, triethyleneglycol dimethacrylate
Panavia™ F 2.0 (Lot 000041) (Exp 2019-08-31)	ED Primer II Liquid A: 2-hydroxyethyl methacrylate, 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate, N-Methacryloyl-5-aminosalicylic acid, water and accelerators ED Primer II Liquid B: N-Methacryloyl-5-aminosalicylic acid, water, catalysts and accelerators Paste A: 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate, hydrophobic aromatic dimethacrylate, hydrophobic aliphatic methacrylate, hydrophilic aliphatic dimethacrylate, silanated silica filler, silanated colloidal silica, dl-camphorquinone, catalysts, initiators and others Paste B: sodium fluoride, hydrophobic aromatic dimethacrylate, hydrophobic aliphatic methacrylate, hydrophilic aliphatic dimethacrylate, silanated barium glass, filler, catalysts, accelerators, pigments, others
Rely X™ U200 (Lot 3530196) (Exp 2019-04-30)	silane treated glass powder, substituted dimethacrylate, 1-benzyl-5-phenyl-barbic-acid, calcium salt, silane treated silica, sodium p-toluenesulfonate, 1,12-dodecane dimethacrylate, calcium hydroxide, methacrylated aliphatic amine and titanium dioxide

ผลการศึกษา

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด เมื่อถูกเก็บไว้ในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ 4 องศาเซลเซียส 25 องศาเซลเซียส และ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ความแปรปรวนสองทางและใช้สถิติทุกคู่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แยกความแตกต่างระหว่างกลุ่ม พบว่ากลุ่มที่ใช้ซีเมนต์วาริโอลิงค์เอ็นและพานาเวียเอพทูมีค่ากำลังแรงยึด

เหนี่ยว ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเก็บเรซินซีเมนต์ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มดังกล่าวมีค่าสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการศึกษาพบว่าเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน มีค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มที่เรซินซีเมนต์ถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

และ 25 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มที่ใช้ซีเมนต์วาริโอลิงค์เอ็นและพานาเวียเอฟทู ที่ผ่านการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวของสองกลุ่มดังกล่าวให้ค่าเฉลี่ยที่สูงกว่ากลุ่มรีไลเอ็กซ์ยูสองร้อยที่ผ่านการเก็บไว้ทุกช่วงอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า กลุ่มซีเมนต์ซินดีรีไลเอ็กซ์ยูสองร้อยที่ถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวต่ำกว่าทุก ๆ กลุ่มการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อศึกษาลักษณะความล้มเหลวของชิ้นทดสอบ พบว่ากลุ่มที่ยึดด้วยวาริโอลิงค์เอ็นหรือพานาเวียเอฟทู ในทุกช่วงอุณหภูมิการเก็บรักษา เกิดความล้มเหลวแบบผสม คือ เกิดระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์และในเนื้อวัสดุ คิดเป็นร้อยละ 100 ส่วนกลุ่มที่ยึดด้วยรีไลเอ็กซ์ยูสองร้อยในทุกช่วงอุณหภูมิการเก็บรักษา เกิดความล้มเหลวแบบยึดไม่อยู่ คิดเป็นร้อยละ 100

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยว (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และลักษณะความล้มเหลว

Table 2 shows the means of shear bond strength (standard deviation) and the mode of failure.

Resin cements	Storage temperature	Shear bond strength in MPa (SD)	Mode of failure (%)		
			Adhesive	Cohesive	Mixed
Variolink® N	4 °C	12.84 (1.43) ^A	-	-	100
	25 °C	12.50 (2.05) ^A	-	-	100
	40 °C	8.50 (0.76) ^B	-	-	100
Panavia™F2.0	4 °C	11.99 (1.79) ^A	-	-	100
	25 °C	11.75 (1.70) ^A	-	-	100
	40 °C	7.95 (0.88) ^B	-	-	100
RelyX™ U200	4 °C	5.45 (1.13) ^C	100	-	-
	25 °C	5.36 (0.62) ^C	100	-	-
	40 °C	3.26 (1.27) ^D	100	-	-

The same superscript letter means not significantly different ($p>0.05$).

บทวิจารณ์

ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิดที่ผ่านการเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ คือ 4 องศาเซลเซียส 25 องศาเซลเซียส และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน มีมากกว่าหนึ่งกลุ่มที่มีค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวแตกต่างกัน ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้

การศึกษานี้เลือกใช้การทดสอบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวเพื่อหาค่าแรงยึดติดระหว่างชิ้นเรซินคอมโพสิตและผิวของเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ชนิดต่าง ๆ ที่เก็บในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เนื่องจากการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวเป็นการทดสอบที่ง่าย สามารถสร้างพื้นที่การยึดติดของชิ้นทดสอบให้ใกล้เคียงกัน รวมถึงแรงยึดเหนี่ยวเป็นแรงหลักที่ทำให้ชิ้นงานหลุดในช่องปากหรือเกิดการแตกหักมากกว่าแรงดึง อีกทั้งขั้นตอนการเตรียมชิ้นทดสอบแรงยึดเหนี่ยวไม่ต้องตัดชิ้นทดสอบหลังจากการยึด จึงไม่ก่อให้เกิดรอยร้าวระดับจุลภาค (microcracking) ภายในชิ้นทดสอบ ซึ่งอาจส่งผลต่อค่าแรงยึดที่เพิ่มขึ้น^{13,18-20} การศึกษานี้เลือกใช้อุณหภูมิของการทดสอบคือ 4

องศาเซลเซียส 25 องศาเซลเซียส และ 40 องศาเซลเซียส โดยเป็นตัวแทนของการเก็บรักษาเรซินซีเมนต์ไว้ในตู้เย็น ในอุณหภูมิห้องปกติ และในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในประเทศเขตร้อน ตามลำดับ

ผลการศึกษารั้งนี้ พบว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มวาริโอลิงค์เอ็นและพานาเวียเอฟทูมีค่าไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 4 และ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งให้ผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยที่เคยศึกษามา²¹ โดยวาริโอลิงค์เอ็นเป็นเรซินซีเมนต์ระบบที่ใช้กรดฟอสฟอริกทาลงบนผิวฟัน จากนั้นล้างน้ำออก โดยมีวัตถุประสงค์หลักของการปรับสภาพผิวฟันคือเพื่อกำจัดชั้นสเมียร์และละลายสารอินทรีย์บนเนื้อฟันออกไป จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดติดของเรซินซีเมนต์ให้ดียิ่งขึ้น ในขณะที่กลุ่มพานาเวียเอฟทูซึ่งเป็นเรซินซีเมนต์ระบบเซลฟ์เอทช์มีสารไพรเมอร์เป็นกรดอ่อน ใช้ทาบนผิวฟันโดยไม่ต้องล้างน้ำออก สารไพรเมอร์ดังกล่าวจะช่วยให้เกิดการละลาย (dissolved) และ

การกระจาย (dispersed) ของชั้นสเมียร์ ส่งผลให้เพิ่มอัตราการซึมผ่านของเรซินมอนอเมอร์ ภายในชั้นสเมียร์ จึงส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพการยึดติดกับผิวเนื้อฟันได้²² ผลการศึกษาพบว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มรีไลเอ็กซ์ยูสองร้อยมีค่าน้อยกว่าวาริโอลิงค์เอ็นและพานาเวียเอฟทูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทุก ๆ ช่วงอุณหภูมิ การเก็บรักษา ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการที่รีไลเอ็กซ์ยูสองร้อยเป็นเรซินซีเมนต์กลุ่มเซลฟ์แอ็คทีฟ มีปริมาณวัสดุอุดแทรก (filler) มากกว่าร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก ทำให้มีความหนืดสูง จึงน่าจะส่งผลให้การแทรกซึมลงไปผิวเนื้อฟันเกิดได้ยาก²³ เมื่อเทียบกับเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับระบบสารยึดติด โดยค่าแรงยึดที่เกิดขึ้นนี้ สอดคล้องกับหลายงานวิจัยที่ผ่านมา^{23,24}

ผลการศึกษาลักษณะความล้มเหลวของชั้นทดสอบ พบรูปแบบความล้มเหลวแบบผสมเกิดกับชั้นทดสอบที่ยึดด้วยเรซินซีเมนต์กลุ่มวาริโอลิงค์เอ็นและพานาเวียเอฟทูที่มีค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวที่สูง ในขณะที่กลุ่มเซลฟ์แอ็คทีฟที่ได้ค่าแรงยึดเหนี่ยวต่ำจะพบลักษณะความล้มเหลวแบบการยึดไม่อยู่ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา²⁵⁻²⁷

แรงยึดเหนี่ยวของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิดกับผิวเนื้อฟัน ที่เก็บในสถานะอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าแรงยึดเหนี่ยวที่ลดลง อาจเกิดจากความเสื่อมของสารเคมีภายในเรซินซีเมนต์จากการเก็บรักษาในที่อุณหภูมิสูง

Van Landuyt และคณะ¹⁰ ในปี ค.ศ. 2007 แนะนำว่าการเก็บเรซินทางทันตกรรมในสถานะที่มีอุณหภูมิสูง สารตัวเริ่มซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเริ่มต้นของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์สามารถเกิดการแตกตัว (decompose) ออกเป็นอนุมูลอิสระได้ (free radical) ลักษณะนี้เรียกว่า การเกิดปฏิกิริยาเองได้ (spontaneous reaction) ส่งผลให้ประสิทธิภาพการยึดติดของเรซินลดลง และทำให้อายุการเก็บรักษาของเรซินลดลงอีกด้วย

การเก็บรักษาเรซินซีเมนต์แต่ละชนิดของการศึกษานี้ เลือกใช้เวลา 3 เดือน เนื่องจากเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทย อีกทั้งผลการศึกษาที่เกิดขึ้นยังสอดคล้องกับการศึกษาของกาญจน²⁸ ซึ่งพบว่าเมื่อเก็บเรซินซีเมนต์ชนิดเซลฟ์แอ็คทีฟจำนวน 4 ชนิด ในสถานะอุณหภูมิสูง 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน ค่าแรงยึดติดของเรซินซีเมนต์กับผิวฟันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งผลการศึกษาพบว่าเรซินซีเมนต์บางชนิดเมื่อระยะเวลาการเก็บผ่านไปมากกว่า 3 เดือน ไม่สามารถทดสอบค่าแรงยึดติดได้เนื่องจากเกิดการบวมตัวของวัสดุชั้นภายในหลอดที่บรรจุก่อนเริ่มการทดสอบอีกด้วย

Cantoro และคณะ²⁹ ในปี ค.ศ. 2008 ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อค่ากำลังแรงยึดติดระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลเอ็กซ์ยูนิเซม ผลการศึกษาพบว่าเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสกับรีไลเอ็กซ์ยูนิเซม ไม่สามารถดันเรซินซีเมนต์ออกจากแคปซูล (capsule) เพื่อทำการทดสอบได้ ผู้ศึกษาคาดการณ์ว่าอาจเกิดจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งผลให้เกิดการกระตุ้นปฏิกิริยาเคมีของสารเคมีภายในซีเมนต์ ทำให้เกิดพอลิเมอร์ขึ้นเองได้

Pegoraro และคณะ³⁰ ในปี ค.ศ. 2007 รายงานว่าสารตัวเริ่มและสารยับยั้งบางชนิดที่อยู่ในเรซินซีเมนต์ ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอินทรีย์ (organic compounds) ที่ไวต่อการเสื่อมสลายจากการเก็บรักษา ดังนั้นจึงไม่ควรเก็บในสถานะอุณหภูมิสูงเกินกว่าที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ การเก็บในอุณหภูมิสูงอาจส่งผลให้เรซินซีเมนต์บางชนิดมีเวลาการทำงาน (working time) และเวลาการก่อตัว (setting time) เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพการยึดติด

ระยะเวลาการทำงานและการก่อตัวที่สั้นลง อาจส่งผลให้ความหนืดของซีเมนต์มีค่ามากขึ้น ทำให้ความสามารถในการแทรกซึมของสารเรซินมอนอเมอร์เกิดได้ลดลง^{31,32} ซึ่งส่งผลทำให้ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของเรซินซีเมนต์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่าลดลงกว่ากลุ่มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ 25 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังผลที่ปรากฏในการศึกษานี้

ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับการศึกษาของ Ma¹⁴ ในปี ค.ศ. 2009 รายงานว่าเมื่อเก็บสารยึดชนิดเซลฟ์เอทซ์ ที่มีส่วนประกอบหลักเป็นสารเทิน-เมทาคริลอยล์ออกซีดีซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟต หรือสารเอ็มดีพี (10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate, MDP) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 สัปดาห์ หรือประมาณ 3.5 เดือน ให้ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวกับผิวฟันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มที่เก็บสารยึดไวในอุณหภูมิ 8 และ 20 องศาเซลเซียส และผู้ศึกษาใช้เครื่องมือเอ็นเอ็มอาร์ (NMR, nuclear magnetic resonance) ยังพบการเกิดไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ที่ส่วนเอสเทอร์ (ester portion) ภายในโครงสร้างโมเลกุลของสารไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต หรือสารฮีมา (hydroxyethyl methacrylate, HEMA) และสารเอ็มดีพี เมื่อเก็บสารยึดไวในอุณหภูมิสูง รวมถึงผู้วิจัยยังให้คำแนะนำว่าการเก็บสารยึดติดควรเก็บในอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส เพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานและเพิ่มอายุการเก็บรักษา

การศึกษาของ Sadr และคณะ³³ ในปี ค.ศ. 2007 พบว่าการเก็บรักษาสารยึดชนิดเซลฟ์เอทซ์ในสถานะอุณหภูมิสูงคือ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 สัปดาห์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ของสารยึดจะลดลง ซึ่งแสดงถึงค่าความเป็นกรดที่เพิ่มมากขึ้น ความเสื่อมที่เกิดขึ้นและการเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำภายใน สารยึด ส่งผลให้ประสิทธิภาพการยึดติดกับผิวเนื้อฟันลดลงตามมารวมถึงผลการศึกษารื่องความแข็งแรงผิวระดับนาโนของสารยึดในกลุ่มที่เก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิสูงยังลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 23 องศาเซลเซียสอีกด้วย

Ozer และคณะ¹³ ในปี ค.ศ. 2015 ศึกษาค่าแรงยึดของผิวเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ในกลุ่มเซลท์แอนด์อีซีพีจำนวน 3 ชนิด ที่ผ่านการเก็บเป็นเวลา 3 เดือน ณ อุณหภูมิ 2 สภาวะคือ 1. ภายในตู้เย็นที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 6±2 องศาเซลเซียส และ 2. ภายในห้องปฏิบัติการที่ติดเครื่องปรับอากาศแล้วปรับอุณหภูมิที่ 19±2 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่าเรซินซีเมนต์ที่เก็บในอุณหภูมิสูงให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวต่ำกว่ากลุ่มที่เก็บในตู้เย็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้ผลการศึกษาของ Ozer และคณะ จะให้ค่าแรงยึดที่ต่างกับการศึกษาครั้งนี้ แต่ผลการศึกษาจะให้ผลไปในแนวทางปฏิบัติเดียวกันคือการเก็บเรซินซีเมนต์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำทำให้ซีเมนต์มีประสิทธิภาพการยึดติดที่ดีกว่าเก็บในอุณหภูมิสูง โดย Ozer และคณะแนะนำเพิ่มเติมว่าความเสื่อมของเรซินซีเมนต์ในกลุ่มเซลท์แอนด์อีซีพีเกิดขึ้นจากหลายปัจจัย เช่น เกิดจากความเป็นกรดภายในซีเมนต์เอง โดยความความเป็นกรดอาจทำให้เกิดการแยกตัวของพันธะเมทาคริเลทเอสเทอร์ (methacrylate ester) ภายในโมเลกุลของมอนอเมอร์หลายชนิด เช่น สารเอ็มดีพี สารโพร์เมทาคริลอิลออกซิเอทิลไตรเมลลิตเตแอนไฮไดรด์หรือโพร์เมทา (4-methacryloyloxyethyl trimellitate anhydride, 4-META) สารไตรเอทิลีนไกลคอลไดเมทาคริเลทหรือเทกดีมา (triethylene glycol dimethacrylate, TEGDMA) และสารอีมาที่อยู่ภายในเรซินซีเมนต์ จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการยึดติดลดลง

การใช้งานเรซินซีเมนต์ทันตแพทย์ควรปฏิบัติตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด รวมถึงควรมีการตรวจสอบวันผลิตและวันหมดอายุก่อนการใช้งาน การเก็บรักษาเรซินซีเมนต์ให้ถูกต้อง ล้วนเป็นปัจจัยที่ทั้งบริษัทผู้ผลิต ผู้ขนส่ง และทันตแพทย์ผู้ใช้งาน ควรให้ความสำคัญ โดยควรเก็บรักษาในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำเพื่อยืดอายุในการใช้งานของเรซินซีเมนต์ ในประเทศเขตร้อน การเก็บเรซินซีเมนต์ภายในตู้เย็นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถเก็บรักษาเรซินซีเมนต์ให้สามารถใช้งานทางคลินิกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลต่อความสำเร็จของการรักษาทางทันตกรรมในระยะยาว

บทสรุป

เรซินซีเมนต์ชนิดวาริโอลิงค์เอ็น พานาเวียเอฟทู และรีไลเอ็กซ์ยูสองร้อยที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 เดือน ให้ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวกับเนื้อฟันต่ำกว่ากลุ่มที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทพ.เศรษฐภัฏ โสมทยกุลวิลาศ ทพ.พลอยพิมพ์ ไกรสินธุ์ นพ.ฉันทพร ตริยสรศัย และ นพ.อภิชาดา ชยเมะ วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ที่ช่วยเตรียมขั้นตอนทดสอบเพื่อการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Angeletaki F, Gkogkos A, Papazoglou E, Kloukos D. Direct versus indirect inlay/onlay composite restorations in posterior teeth. A systematic review and meta-analysis. *J Dent* 2016;53:12-21.
2. Almeida JR, Schmitt GU, Kaizer MR, Boscato N, Moraes RR. Resin-based luting agents and color stability of bonded ceramic veneers. *J Prosthet Dent* 2015;114(2):272-7.
3. Daleprane B, Pereira CN, Bueno AC, Ferreira RC, Moreira AN, Magalhães CS. Bond strength of fiber posts to the root canal: Effects of anatomic root levels and resin cements. *J Prosthet Dent* 2016;116(3):416-24.
4. Mitchell CA, Abbariki M, Orr JF. The influence of luting cement on the probabilities of survival and modes of failure of cast full-coverage crowns. *Dent Mater* 2000;16(3):198-206.
5. Yoshida Y, Inoue S. Chemical analyses in dental adhesive technology. *Jpn Dent Sci Rev* 2012;48:141-52.
6. Blair KF, Koeppen RG, Schwartz RS, Davis RD. Microleakage associated with resin composite-cemented, cast glass ceramic restoration. *Int J Prosthodont* 1993;6(6):579-84.
7. Sorensen JA, Kang SK, Avera SP. Porcelain-composite interface microleakage with various porcelain surface treatments. *Dent Mater* 1991;7(2):118-23.
8. Yuksel E, Zaimoglu A. Influence of marginal fit and cement types on microleakage of all-ceramic crown systems. *Braz Oral Res* 2011;25(3):261-6.
9. Stamatacos C, Simon JF. Cementation of indirect restorations: an overview of resin cements. *Compend Contin Educ Dent* 2013;34(1):42-4, 6.
10. 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.

11. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater* 2006;22(3):211-22.
12. Manso AP, Carvalho RM. Dental Cements for Luting and Bonding Restorations: Self-Adhesive Resin Cements. *Dent Clin North Am* 2017;61(4):821-34.
13. Ozer F, Ovecoglu HS, Daneshmehr L, Sinmazisik G, Kashyap K, Iriboz E, et al. Effect of Storage Temperature on the Shelf Life of Self-adhesive Resin Cements. *J Adhes Dent* 2015;17(6):545-50.
14. Ma S. Development of a self-etching primer with higher shelf life and greater dentin bond stability. *Dent Mater J* 2010;29(1):59-67
15. Yoshida H, Nishiyama N. Development of self-etching primer comprised of methacrylamide, N-methacryloyl glycine. *Biomaterials* 2003;24(28):5203-7.
16. Steffen W, Alexander D, Rice M. 2016: Global heat record broken again. Sydney: Climate Council of Australia Limited; 2017. p. 27 Available from: <http://www.climatecouncil.org.au/uploads/7ce0d94105bf486d5b598d1c928b51ee.pdf>
17. International Organization for Standardization. ISO/TR 11405 Dental materials-Guidance on testing of adhesion to tooth structure. Geneva: ISO; 1994.
18. Braga RR, Meira JBC, Boaro LCC, Xavier TA. Adhesion to tooth structure: A critical review of “macro” test methods. *Dent Mater* 2010;26(2):e38-49.
19. Della Bona A, van Noort R. Shear vs. tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. *J Dent Res* 1995;74(9):1591-6.
20. Placido E, Meira JB, Lima RG, Muench A, de Souza RM, Ballester RY. Shear versus micro-shear bond strength test: a finite element stress analysis. *Dent Mater* 2007;23(9):1086-92.
21. Harnirattisai C, Kuphasuk W, Senawongse P, Tagami J. Bond strengths of resin cements to astringent-contaminated dentin. *Oper Dent* 2009;34(4):415-22.
22. do Amaral RC, Stanislawczuk R, Zander-Grande C, Gagler D, Reis A, Loguercio AD. Bond strength and quality of the hybrid layer of one-step self-etch adhesives applied with agitation on dentin. *Oper Dent* 2010;35(2):211-9.
23. Yang B, Ludwig K, Adelung R, Kern M. Micro-tensile bond strength of three luting resins to human regional dentin. *Dent Mater* 2006;22(1):45-56.
24. Piwowarczyk A, Bender R, Ottl P, Lauer HC. Long-term bond between dual-polymerizing cementing agents and human hard dental tissue. *Dent Mater* 2007;23(2):211-7.
25. Viotti RG, Kasaz A, Pena CE, Alexandre RS, Arrais CA, Reis AF. Microtensile bond strength of new self-adhesive luting agents and conventional multistep systems. *J Prosthet Dent* 2009;102(5):306-12.
26. Suyama Y, de Munck J, Cardoso MV, Yamada T, Van Meerbeek B. Bond durability of self-adhesive composite cements to dentine. *J Dent* 2013;41(10):908-17.
27. Rodrigues RF, Ramos CM, Francisconi PAS, Borges AFS. The shear bond strength of self-adhesive resin cements to dentin and enamel: An *in vitro* study. *J Prosthet Dent* 2015;113(3):220-7.
28. Sansaneeyawat K. Effect of temperature on the degree of conversion and tensile bond strength of resin cements [dissertation]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2012.
29. Cantoro A, Goracci C, Papacchini F, Mazzitelli C, Fadda GM, Ferrari M. Effect of pre-cure temperature on the bonding potential of self-etch and self-adhesive resin cements. *Dent Mater* 2008;24(5):577-83.
30. Pegoraro TA, da Silva NR, Carvalho RM. Cements for use in esthetic dentistry. *Dent Clin North Am* 2007;51(2):453-71,x.
31. Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T. Evaluation of physical properties and surface degradation of self-adhesive resin cements. *Dent Mater J* 2007;26(6):906-14.
32. Goracci C, Cury AH, Cantoro A, Papacchini F, Tay FR, Ferrari M. Microtensile bond strength and interfacial properties of self-etching and self-adhesive resin cements used to lute composite onlays under different seating forces. *J Adhes Dent* 2006;8(5):327-35.
33. Sadr A, Ghasemi A, Shimada Y, Tagami J. Effects of storage time and temperature on the properties of two self-etching systems. *J Dent* 2007;35(3):218-25.