



## ความแข็งผิวจุลภาคของเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยแสงและชนิดบ่มตัวสองรูปแบบหลังการฉายแสงผ่านมอนอลิธิคเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงสามชนิด

### Microhardness of Light-Cure and Dual-Cure Resin Cements after Light Transmission through Three Types of Translucent Monolithic Zirconia

สวรรณยา เพชรที่วัง\* และ ปรารมภ์ ซาลิมี่

Sawanya Pechteewang\* and Prarom Salimee

ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย  
Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

\*Corresponding author, E-mail: nay.nafel@gmail.com

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแข็งผิวจุลภาคของเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยแสงและชนิดบ่มตัวสองรูปแบบ หลังจากการฉายแสงผ่านมอนอลิธิคเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงสามชนิด โดยการเตรียมชิ้นงานมอนอลิธิคเซอร์โคเนียชนิดทรานส์ลูเซนต์ ซุปเปอร์ทรานส์ลูเซนต์ และเอกซ์ตราทรานส์ลูเซนต์ เป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด  $10 \times 10 \times 1$  มิลลิเมตร ชนิดละ 1 ชิ้น โดยใช้เรซินซีเมนต์ 2 ชนิด ได้แก่ Variolink® N LC และ RelyX™ U200 ซึ่งผสมและใส่ลงในช่องว่างของแบบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร หน้า 2 มิลลิเมตร ทำการกระตุ้นการบ่มตัวของเรซินซีเมนต์ด้วยการฉายแสงผ่านมอนอลิธิคเซอร์โคเนีย เป็นเวลา 20 วินาที โดยใช้กลุ่มที่ฉายแสงผ่านสไลด์แก้วเป็นกลุ่มควบคุม ( $n=5$ ) นำชิ้นทดสอบทั้งหมด 40 ชิ้น เก็บไว้ในสภาวะมืด ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปวัดค่าความแข็งผิวจุลภาคที่ด้านบนของเรซินซีเมนต์ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งผิวจุลภาคแบบวิกเกอร์ (Vicker hardness tester) นำผลการทดสอบในแต่ละกลุ่มมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและทำการวิเคราะห์สถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ (Post-hoc) ด้วยการทดสอบเชิงซ้อนชนิดทูคี (Tukey's test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการศึกษาพบว่าความแข็งผิวจุลภาคของเรซินซีเมนต์ภายใต้เซอร์โคเนียชนิดเอกซ์ตราทรานส์ลูเซนต์ของทั้ง Variolink® N LC และ RelyX™ U200 มีค่ามากกว่าชนิดทรานส์ลูเซนต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) สรุปผลการศึกษาได้ว่ามอนอลิธิคเซอร์โคเนียที่โปร่งแสงมากขึ้นมีผลให้เรซินซีเมนต์ทั้งสองชนิดที่อยู่ภายใต้มีความแข็งผิวจุลภาคเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ความแข็งผิวจุลภาค มอนอลิธิคเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสง เรซินซีเมนต์



## Abstract

The objective of this vitro study was to investigate the microhardness of light-cure and dual-cure resin cements after light transmission through three levels of translucency of monolithic zirconia: translucent (T), super translucent (ST), and extra translucent (XT). Each zirconia was prepared in a 10×10×1 mm square disc. The light-cured resin cement (Variolink<sup>®</sup> N LC, VN) and dual-cured resin cements (RelyX<sup>™</sup> U200, RU) were mixed and loaded into a customized mold (2 mm in height and 5 mm in diameter). The cement was light-cured through a translucent monolithic zirconia using a light-curing unit for 20 seconds (n=5 per group). The control groups were prepared by direct light curing through a glass slide. Subsequently, all forty specimens were stored in a dry dark room at 37°C for 24 h. The microhardness test was performed on the top of cement layer with a Vicker's hardness tester. The results of mean and standard deviation were recorded and statistically analyzed with one-way ANOVA and post hoc test with Tukey's test to determine the effects of different translucencies of zirconia on the microhardness value of the resin cements. ( $\alpha=0.05$ ). The results showed that the microhardness values of VN and RU under XT zirconia were significantly higher than those of T zirconia ( $P<0.05$ ). A higher translucency of monolithic zirconia could result in a higher microhardness value of both resin cements obtained.

**Keywords:** Microhardness, Translucent monolithic zirconia, Resin cement

## 1. บทนำ

เซอร์โคเนีย (zirconia) เป็นเซรามิกที่ได้รับความนิยมที่มากขึ้นในงานบูรณะชนิดเซรามิกล้วน (all ceramic restoration) เนื่องจากคุณสมบัติของความทนแรงดัดสูง (high flexural strength) ความเข้ากันได้ทางชีวภาพที่ดี (good biocompatibility) (Akagawa, Hosokawa, Sato, & Kamayama, 1998; Ichikawa, Akagawa, Nikai, & Tsuru, 1992) เซอร์โคเนียสามารถเกิดผลึกได้ 3 รูปแบบตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น คือ มอนอคลินิก (monoclinic) เทตระโกนอล (tetragonal) และรูปลูกบาศก์ (cubic) (Miyazaki, Nakamura, Matsumura, Ban, & Kobayashi, 2013) เซอร์โคเนียรุ่นดั้งเดิมซึ่งมีอิทธิพลของออกไซด์ ( $Y_2O_3$ ) ที่ใช้คงสภาพเทตระโกนอลเซอร์โคเนียที่อุณหภูมิห้อง มีความทึบแสงจึงต้องใช้ร่วมกับวีเนียร์พอร์ซเลน แต่ในคลินิกมักพบการแตกบิ่นของวีเนียร์พอร์ซเลนที่ใช้ร่วมกันร้อยละ 15 (Koenig, Vanheusden, Le Goff, & Mainjot, 2013) จึงมีการใช้มอนอคลิกเซอร์โคเนีย (monolithic zirconia) ที่มุ่งเน้นผลลัพธ์ในด้านความแข็งแรง และมักถูกจำกัดให้ใช้เฉพาะในงานบูรณะพื้นหลัง (McLaren, Lawson, Choi, Kang, & Trujillo, 2017) ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเป็นมอนอคลิกเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสง (translucent monolithic zirconia) ซึ่งส่วนมากทำโดยการเพิ่มปริมาณของอิทธิพลออกไซด์ ทำให้เซอร์โคเนียบางส่วนสามารถคงสภาพผลึกรูปลูกบาศก์ที่ให้ความโปร่งแสงมากขึ้นและสามารถใช้งานบูรณะพื้นหน้าได้ แม้เซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงจะมีคุณสมบัติเชิงกลจะด้อยลง แต่ก็มีควมต้านทานต่อกระบวนการเกิดการเสื่อมสลายที่อุณหภูมิต่ำ (Low temperature degradation, LTD) ที่ดีขึ้น (F. Zhang et al, 2016)



เรซินซีเมนต์เป็นที่นิยมใช้ในการยึดชิ้นงานบูรณะเซอร์โคเนียเนื่องจากมีความแข็งแรงพันธะที่สูง และเกิดการรั่วซึมน้อย ถึงแม้ไม่สามารถยึดกับเซอร์โคเนียได้ทางเคมีก็ตาม ในการยึดเซอร์โคเนียรุ่นดั้งเดิมซึ่งมีความทึบแสง เรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวสองรูปแบบ (dual-cured resin cement) เป็นที่นิยมใช้เนื่องจากสามารถถูกกระตุ้นจากทั้งทางเคมีและแสงเพื่อให้มีระดับการเปลี่ยนพันธะ (degree of conversion) ในการเกิดปฏิกิริยาที่เพียงพอ (Simon & Darnell, 2012) แต่เมื่อเซอร์โคเนียมีความโปร่งแสงมากขึ้นจนใกล้เคียงกับลิเทียมไดซิลิเกต (lithium disilicate) (Church, Jessup, Guillory, & Vandewalle, 2017) จึงสามารถยึดด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยแสง (light-cured resin cement) ซึ่งมีข้อดีในแง่เสถียรภาพของสี การกำจัดซีเมนต์ส่วนเกินได้รวดเร็ว และให้เวลาในการทำงานที่มากกว่า (Novais et al, 2017)

การตรวจสอบการเกิดพอลิเมอร์ของเรซินซีเมนต์ ค่าความแข็งผิว (hardness) สามารถใช้ค่าแข็งผิวมาประเมินระดับของการบ่มตัวได้ จากการศึกษารายงานของ Lopes Cde และคณะ (2015) พบว่าความแข็งผิวมีความสัมพันธ์กับระดับการเปลี่ยนพันธะในการเกิดปฏิกิริยา (Lopes Cde et al, 2015) โดยอาจใช้การทดสอบด้วยความแข็งผิวแบบวิกเกอร์ หรือความแข็งผิวแบบนูบ (Knoop hardness test) ซึ่งทั้งสองวิธีสามารถทำได้ง่าย รวดเร็ว และใช้ต้นทุนที่ต่ำกว่าการวัดระดับการเปลี่ยนพันธะโดยตรงด้วยเทคนิคฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์ม อินฟราเรด สเปกโตรมิเตอร์ (Fourier Transform Infrared Spectrometer, FTIR) โดยทั่วไปการทดสอบด้วยความแข็งผิวแบบนูบนิยมใช้ในการประเมินวัสดุโพลีเมอร์ (polymeric material) เนื่องจากการทดสอบความแข็งผิวแบบนูบช่วยลดผลของการคืนตัว (elastic recovery) จากวัสดุ อย่างไรก็ตามการทดสอบความแข็งผิวแบบวิกเกอร์ถูกนำมาใช้ในการศึกษารายงานนี้ เนื่องจากรอยกดมีขนาดใหญ่กว่าและใช้เป็นตัวแทนของพื้นผิววัสดุได้ดีกว่า (Chang, Dennison, & Yaman, 2013)

การศึกษานี้เกี่ยวกับการบ่มตัวของเรซินซีเมนต์ภายใต้เซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงก่อนหน้านี้ส่วนใหญ่ใช้เรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวสองรูปแบบ (Sulaiman et al, 2015; Turkoglu & Sen, 2019) และการศึกษาในเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยแสงนั้นมีจำกัด การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแข็งผิวจุลภาค (microhardness) ของเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยแสงและชนิดบ่มตัวสองรูปแบบ หลังจากการฉายแสงผ่านมอนอลิธิคเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงสามชนิด โดยมีสมมติฐานงานวิจัยคือ ค่าความแข็งผิวจุลภาคของเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยแสงและชนิดบ่มตัวสองรูปแบบ ภายหลังการฉายแสงผ่านมอนอลิธิคเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงสามชนิด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพื่อเป็นปัจจัยในการเลือกใช้เรซินซีเมนต์ที่เหมาะสมสำหรับเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสง

## 2. วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินความแข็งผิวจุลภาคของเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยแสงและชนิดบ่มตัวสองรูปแบบ ภายหลังการฉายแสงผ่านมอนอลิธิคเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงสามชนิด

## 3. อุปกรณ์และวิธีการ / วิธีดำเนินการวิจัย

### 3.1 วัสดุในการวิจัย



3.1.1 มอนอลิธิคเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงของบริษัท VITA (Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co) สีเอสาม (Shade A3) รายละเอียดของวัสดุและคุณสมบัติทางกายภาพแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มอนอลิธิคเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงที่ใช้ในการวิจัย

Material	Type	Composition (wt%);	Flexural strength	Fracture toughness	Translucency
			(MPa)	(MPa m <sup>-0.5</sup> )	[%]
T	Translucent	ZrO <sub>2</sub> 90.4 - 94.5, Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4 - 6, ZrO <sub>2</sub> IfO <sub>2</sub> 1.5 - 2.5, Other oxides ≤1	1,200	4.5	32
ST	Super translucent	ZrO <sub>2</sub> 88.4 - 92.5, Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 6 - 8, ZrO <sub>2</sub> fO <sub>2</sub> 1.5-2.5, Other oxides ≤1	>850	3.5	46
XT	Extra translucent	ZrO <sub>2</sub> 86.4 - 90.5, Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8 - 10, ZrO <sub>2</sub> fO <sub>2</sub> 1.5-2.5, Other oxides ≤1	>600	2.5	50

3.1.2 เรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยแสงและชนิดบ่มตัวสองรูปแบบ ได้แก่ Variolink® N LC และ RelyX™ U200 Self-Adhesive Resin cement ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 เรซินซีเมนต์ที่ใช้ในงานวิจัย

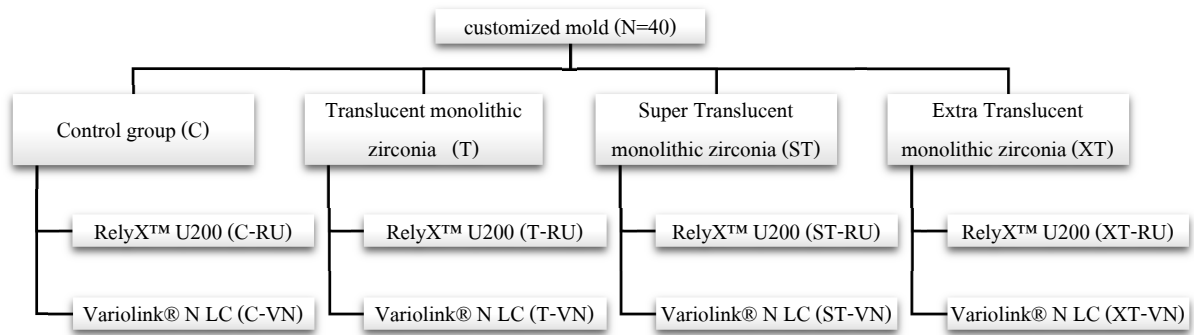
Material	Manufacturer	Batch No.	Type	Shade	Composition
Variolink® LC	N Ivoclar Schaan, Liechtenstein	Vivadent, YZ1259	Light-cured Resin cement	Transparent	Barium glass filler and mixed oxide, dimethacrylates, ytterbiumtrifluoride, initiators and stabilizers, pigments
RelyX™ U200	3M-ESPE Paul, MN, USA	St. 4946182	Dual-cured Resin cement	Translucent	Base: methacrylate monomers containing phosphoric acid groups, methacrylate monomers, silanated fillers, initiator components, stabilizers, rheological additives Catalyst: methacrylate monomers, alkaline (basic) fillers, silanated fillers, initiator components, stabilizers, rheological additives, pigments

### 3.2 การแบ่งกลุ่มการวิจัยและการคำนวณกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มวิจัยออกเป็น 8 กลุ่ม (รูปที่ 1) ตามความโปร่งแสงของมอนอลิธิคเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสง 3 ชนิด คือ ชนิดทรานส์ลูเซนต์ (T) ชนิดซูเปอร์ทรานส์ลูเซนต์ (ST) และชนิดเอกซ์ตราทรานส์ลูเซนต์ (XT) และเรซินซีเมนต์ 2 ชนิด คือ Variolink® N LC (VL) และ RelyX™ U200 (RU) โดยมีกลุ่มควบคุม 2 กลุ่ม กลุ่มตัวอย่างคำนวณโดยอ้างอิงจากงานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินการเกิดพอลิเมอร์ของเรซินซีเมนต์ภายใต้มอนอลิธิคเซอร์โคเนียที่มีชนิดและความ



หนาต่างกันของ Turkoglu และ Sen (2019) จากสูตรที่ 1 เมื่อแทนค่า  $\mu_1 = 65.26$ ,  $\mu_2 = 71.22$ ,  $\sigma_1 = 2.55$ ,  $\sigma_2 = 3.28$ ,  $\alpha = 0.05$ , และ  $\beta = 0.20$  จะได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 4 จากนั้นจึงปรับขนาดเป็น 5 ในแต่ละกลุ่ม



รูปที่ 1 แสดงการแบ่งกลุ่มในการวิจัย

$$n_1 = \frac{\left(z_{1-\frac{\alpha}{2}} + z_{1-\beta}\right)^2 \left[\sigma_1^2 + \frac{\sigma_2^2}{r}\right]}{\Delta^2}$$

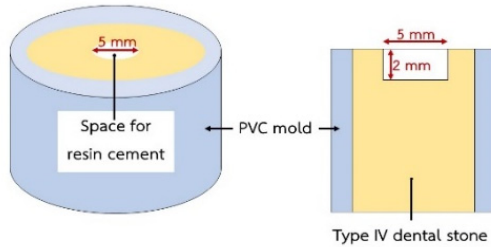
$$r = \frac{n_2}{n_1}, \Delta = \mu_1 - \mu_2$$

สูตรที่ 1 สูตรการคำนวณหาจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

### 3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 เตรียมชิ้นทดสอบเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงทั้ง 3 ชนิด ชนิดละ 1 ชิ้น รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 10×10 มิลลิเมตร หนา 1 (±0.05) มิลลิเมตรในห้องปฏิบัติการ (Wang, Takahashi, & Iwasaki, 2013) โดยการขึ้นรูปผ่านเทคโนโลยีการออกแบบและผลิตด้วยระบบคอมพิวเตอร์หรือแคดแคม (computer-aided design and computer-aided manufacturing, CAD/CAM) ทำการเผา (sintering) และขัดชิ้นงานตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ โดยควบคุมขนาดด้วยเครื่องมือวัดเวอร์เนียดิจิทัล (Digital vernier caliper, Mitutoyo series 500, Japan) ตรวจสอบความโปร่งแสงของเซอร์โคเนียแต่ละชิ้นให้เป็นไปตามระดับของความโปร่งแสงด้วยเครื่องวัดและเทียบสี (Spectrophotometry, Ultrascan PRO 74-SD-03-10; HunterLab, USA) ทำความสะอาดชิ้นงานด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิค (ultrasonic bath, VGT-1990, QTD, China) ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 10 นาที และทิ้งไว้ให้แห้ง (Wang et al, 2013)

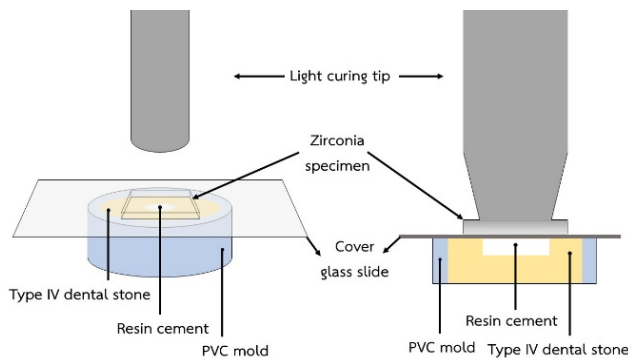
3.3.2 เตรียมแบบสำหรับการทดสอบการบ่มตัวของเรซินซีเมนต์ที่ทำขึ้นเอง (รูปที่ 3) ด้วยท่อพีวีซี (PVC) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร สูง 2.5 เซนติเมตร ที่บรรจุปูนทันตกรรมชนิดที่สี่ (stone type IV) โดยมีช่องว่างด้านบนสำหรับใส่เรซินซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร (Cekic-Nagas, Egilmez, & Ergun, 2013)



รูปที่ 3 แสดงแบบขึ้นทดสอบที่ขึ้นรูปจากท่อพีวีซีและปูนทันตกรรมชนิดที่สี่

3.3.3 ผสมเรซินซีเมนต์แต่ละชนิดตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ใส่ลงในช่องว่างภายในแบบ นำแผ่นกระจกปิดสไลด์ (cover glass slide) หนา 0.15 มิลลิเมตร ปิดบนเรซินซีเมนต์เพื่อป้องกันชั้นของการยับยั้งการเกิดพอลิเมอร์จากออกซิเจน (oxygen inhibited layer) (Bueno, Arrais, Jorge, Reis, & Amaral, 2011) และกดไล่ซีเมนต์ส่วนเกินจากนั้นนำชิ้นงานมอนอลิธิคเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงที่เตรียมไว้วางบนกระจกปิดสไลด์ ทำการฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง (EliparTrilight™ S10, 3M-ESPE St. Paul, MN, USA) ที่มีความยาวคลื่นแสง 430-480 นาโนเมตร ความเข้มแสง 800 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 20 วินาทีในแต่ละแบบขึ้นทดสอบ โดยวางส่วนปลายหน้าตัดของแท่งฉายแสงบนกระจกปิดสไลด์ดังแสดงในรูปที่ 4

ในกลุ่มควบคุมใช้การฉายแสงผ่านแผ่นกระจกปิดสไลด์และสไลด์แก้ว (glass slide) ที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร จากนั้นนำแบบขึ้นทดสอบทุกกลุ่มเก็บไว้ในสภาวะมืด ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง การทดลองทั้งหมดดำเนินการภายในตู้ฉายแสง (Labolight: LB-III, USA) โดยที่เครื่องฉายแสงได้รับการสอบเทียบก่อนการทดลอง

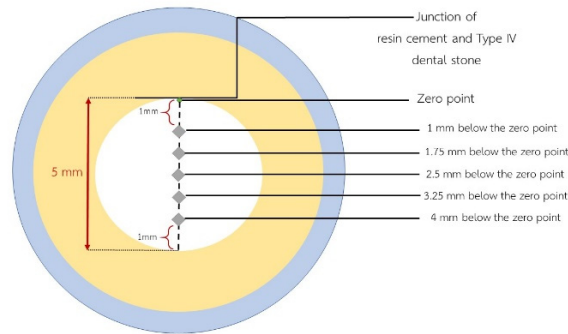


รูปที่ 4 ขึ้นทดสอบเรซินซีเมนต์ขณะดำเนินการวิจัย

3.3.4 แบบขึ้นงานทดสอบถูกนำมาวัดค่าความแข็งผิวจุลภาคที่ด้านบนของเรซินซีเมนต์ภายใต้เครื่องทดสอบความแข็งผิวจุลภาค (Future-Tech: FM-810, Japan) โดยทำการกด 5 ตำแหน่ง ด้วยแรง 300 กรัม เป็นเวลา 15 วินาที (ISO/TS 19278:2019 และ ISO 4516) ในแต่ละการกด โดยรอยกดจะต้องห่างจากรอยต่อของเรซินซีเมนต์กับปูน 1



มิลลิเมตร และระยะห่างในแต่ละจุดเท่ากับ 0.75 มิลลิเมตร (รูปที่ 5) โดยใช้การตั้งค่าซอฟต์แวร์ของเครื่องทดสอบ จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยความแข็งผิวจุลภาคของแต่ละชั้นงาน



รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งรอยกดที่ใช้ในการวัดค่าความแข็งผิวจุลภาคบนเรซินซีเมนต์ในแบบขึ้นทดสอบ

### 3.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำผลการทดสอบในแต่ละกลุ่มมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำมาวิเคราะห์ วิเคราะห์ ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมเอสพีเอสเอส เวอร์ชัน 22 (SPSS version 22) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ร้อยละ 0.05 โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ (Post-hoc) ด้วยการทดสอบเชิงซ้อนชนิดทูคี (Tukey's test)

## 4. ผลการวิจัย

ผลการทดสอบความแข็งผิวจุลภาคของซีเมนต์ทั้งสองชนิด เมื่อฉายแสงภายใต้มอโนลิทิกเซอร์โคเนียไปรังแสง 3 ชนิด เมื่อผ่านไป 24 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 3 โดยพบว่า

4.1 ความแข็งผิวจุลภาคของเรซินซีเมนต์ RU ทุกกลุ่ม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกกลุ่มของเรซินซีเมนต์ VN ( $P < 0.05$ )

4.2 ในกลุ่มเรซินซีเมนต์ RU พบว่าความแข็งผิวจุลภาคมีค่าจากมากไปน้อยในกลุ่ม XT-RU, ST-RU, และ T-RU ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม XT-RU กับ T-RU และ ST-RU กับ T-RU ( $P < 0.05$ )

4.3 ในกลุ่มเรซินซีเมนต์ VN พบว่า ความแข็งผิวจุลภาคมีค่าจากมากไปน้อยในกลุ่ม XT-VN, ST-VN, และ T-VN ตามลำดับ เช่นเดียวกับกลุ่มเรซินซีเมนต์ RU โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม XT-VN และ T-VN ( $P < 0.05$ )

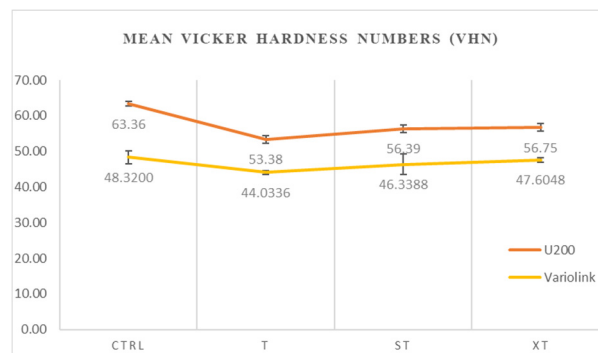
4.4 ในกลุ่มเรซินซีเมนต์ RU พบว่าความแข็งผิวจุลภาคของกลุ่ม ST-RU และ XT-RU มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มควบคุม C-RU ( $P < 0.05$ ) ในขณะที่กลุ่มเรซินซีเมนต์ VN พบว่าความแข็งผิวจุลภาคของกลุ่ม ST-VN และ XT-VN ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มควบคุม C-VN ( $P > 0.05$ )



ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยความแข็งผิวจุลภาคของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง (VHN)

Group	Mean $\pm$ SD
C-RU	63.36 $\pm$ 0.686 <sup>a</sup>
C-VN	48.32 $\pm$ 1.87 <sup>b</sup>
T-RU	53.38 $\pm$ 1.12 <sup>c</sup>
T-VN	44.03 $\pm$ 0.59 <sup>d</sup>
ST-RU	56.39 $\pm$ 1.10 <sup>c</sup>
ST-VN	46.34 $\pm$ 2.92 <sup>b,d</sup>
XT-RU	56.75 $\pm$ 1.13 <sup>c</sup>
XT-VN	47.60 $\pm$ 0.64 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษเล็กแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 0.05



รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งผิวจุลภาคของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง (VHN)

## 5. การอภิปรายผล

การศึกษานี้ใช้เรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยแสงและชนิดบ่มตัวสองรูปแบบภายใต้การฉายแสงผ่านมอนอลิธิคเซอร์โคเนียที่มีความโปร่งแสงต่างกัน ได้แก่ ทรานส์ลูเซนท์ ซุปเปอร์ทรานส์ลูเซนท์ และเอกซ์ตราทรานส์ลูเซนท์ พบว่าความแข็งผิวจุลภาคของ RelyX™ U200 มีค่าแตกต่างกับทุกกลุ่มของ Variolink® N LC จึงปฏิเสธสมมติฐานงานวิจัย นอกจากนี้พบว่ามอนอลิธิคเซอร์โคเนียที่โปร่งแสงขึ้นมีแนวโน้มที่จะส่งผลให้ทั้ง Variolink® N LC และ RelyX™ U200 ที่อยู่ภายใต้มีความแข็งผิวจุลภาคเพิ่มขึ้น

ความโปร่งแสงของเซอร์โคเนียที่มากขึ้นให้ประโยชน์ในด้านความสวยงามแบบธรรมชาติ วัสดุบูรณะที่มีความโปร่งแสงมากจะทำให้แสงสามารถส่องผ่านเข้าถึงด้านในที่ลึกสุดของวัสดุได้ดีขึ้น (Baldissara, Llukacej, Ciocca, Valandro, & Scotti, 2010) ทำให้ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization) สมบูรณ์ขึ้น ปริมาณของอิทธิพลออกไซด์ที่มากขึ้น จะทำให้มีผลึกเซอร์โคเนียรูปลูกบาศก์ (cubic) สูงขึ้นซึ่งส่งผลต่อความโปร่งแสงที่มากขึ้น (Y. Zhang, 2014) ซึ่งการศึกษานี้ใช้มอนอลิธิคเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงที่มีองค์ประกอบของอิทธิพลออกไซด์ในปริมาณแตกต่างกัน ในปริมาณร้อยละ 4-6 ร้อยละ 6-8 และร้อยละ 8-10 โดยน้ำหนัก ผลการทดลองในการศึกษานี้





สอดคล้องกับการศึกษาของ Turkoglu และ Sen (2019) ซึ่งรายงานว่าค่าความแข็งผิวจุลภาคของเรซินซีเมนต์ (Panavia F2) ที่ผ่านการฉายแสงภายใต้เซอร์โคเนียชนิดที่มีความโปร่งแสงมาก ซึ่งประกอบด้วยอิทธิพลของไฮดรอกไซด์ร้อยละ 8-12 โดยน้ำหนัก มีค่าสูงกว่าชนิดที่มีความโปร่งแสงน้อยที่ประกอบด้วยอิทธิพลของไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4-6 โดยน้ำหนัก (Turkoglu & Sen, 2019)

ในการศึกษานี้พบว่าเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยแสง Variolink® N LC มีความแข็งผิวจุลภาคน้อยกว่าเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวสองรูปแบบ RelyX™ U200 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความแตกต่างนี้น่าจะมาจากองค์ประกอบของซีเมนต์ในส่วนวัสดุอัดแทรก (filler) โดย Variolink® N LC มีปริมาณวัสดุอัดแทรกร้อยละ 73.4 โดยน้ำหนัก (ร้อยละ 46.7 โดยปริมาตร) ส่วน RelyX™ U200 มีปริมาณวัสดุอัดแทรกร้อยละ 72 โดยน้ำหนัก (ร้อยละ 43 โดยปริมาตร) ซึ่งจะเห็นว่าแม้ปริมาณของวัสดุอัดแทรกจะไม่ค่อยต่างกันมากนัก แต่ RelyX™ U200 มีขนาดของวัสดุอัดแทรก (12.5 ไมโครเมตร) ที่ใหญ่กว่า Variolink® N LC (0.04-3 ไมโครเมตร) ซึ่งเป็นเรซินซีเมนต์ชนิดไมโครฟิลล์ นอกจากนี้ RelyX™ U200 ยังมีวัสดุอัดแทรกที่มีขนาดและรูปร่างหลายแบบ ขนาดของวัสดุอัดแทรกที่ใหญ่กว่านอกจากจะให้ความแข็งแรงที่มากกว่าแล้วยังมีผลสำคัญต่อการกระจายแสงของวัสดุ เมื่อแสงมาตกกระทบจะทำให้เกิดการกระเจิงของแสงมากกว่า (D'Alpino et al, 2016) ซึ่งน่าจะเป็นผลให้เกิดพอลิเมอร์มากกว่าเมื่อได้รับการฉายแสงที่ความเข้มแสงเดียวกันและในเวลาเท่ากัน นอกจากนี้ยังมีรายงานถึงชนิดของสารตั้งต้น (initiator) ที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของซีเมนต์ โดยทั่วไป benzoyl peroxide และ tertiary amine มักใช้เป็นสารตั้งต้นในการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันของเรซินซีเมนต์ หลังการฉายแสงอาจมีส่วนของสารทั้งสองชนิดที่ไม่เกิดปฏิกิริยา ซึ่งก่อให้เกิดผลเสียต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น การเปลี่ยนสี การดูดน้ำ เป็นต้น (Alkurt & Duymus, 2018; Kim, Bagheri, Kim, Son, & Kwon, 2017) ดังนั้นบางบริษัทผู้ผลิตจึงได้ใช้สารตั้งต้นชนิดอื่นเพื่อปรับปรุงข้อเสียเหล่านี้ ใน RelyX™ U200 ไม่มีองค์ประกอบของ benzoyl peroxide จึงให้คุณสมบัติทางกายภาพที่ดีกว่า Variolink® N LC ที่มีสารตั้งต้นเป็น tertiary amine ปัจจัยดังกล่าวอาจทำให้ความแข็งผิวจุลภาคของ RelyX™ U200 มีค่ามากกว่าค่าความแข็งผิวจุลภาคของ Variolink® N LC ซึ่งเป็นไปในแนวเดียวกันกับการศึกษาก่อนหน้านี้ (Alkhudhairy, AlKheraif, Naseem, Khan, & Vohra, 2018; Kilinc, Antonson, Hardigan, & Kesercioglu, 2011; Lopes Cde et al, 2015)

การวัดความแข็งผิวของวัสดุเป็นวิธีหนึ่งในการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุทางทันตกรรมได้ (Alovisi et al, 2018; Reges et al, 2008) โดยเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงจากมอนอเมอร์เป็นพอลิเมอร์จะเกิดร่างแหพอลิเมอร์ และส่งผลให้วัสดุมีความแข็งผิวสูงขึ้น (Reges et al, 2008) ความแข็งผิวยังมีความสัมพันธ์อย่างมากกับระดับการเปลี่ยนพันธะในการเกิดปฏิกิริยา (Lopes Cde et al, 2015) ค่าความแข็งผิวสามารถใช้ประเมินลักษณะของเรซินซีเมนต์ที่บ่มตัวแล้วได้ ทั้งนี้มีงานวิจัยแนะนำให้ใช้ประเมินเรซินซีเมนต์ที่บ่มตัวแล้วภายหลังจากการฉายแสงหรือภายหลังจากการผสมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Yan, Kim, Kim, & Kwon, 2010) นอกจากนี้ Ferracane (1985) กล่าวว่าความแข็งผิวจะใช้ในการทำนาระดับการเปลี่ยนพันธะในการเกิดปฏิกิริยาเมื่อเกิดปฏิกิริยาไปมากแล้ว เช่น มากกว่าร้อยละ 85 เป็นต้น (Ferracane, 1985)



## 6. บทสรุป

ความแข็งแรงของซีเมนต์ทั้งชนิดบ่มด้วยแสงและชนิดบ่มด้วยสองรูปแบบจะได้รับผลกระทบจากระดับความโปร่งแสงของมอนอลิธิคเซอร็อกโคเนีย ซึ่งมอนอลิธิคเซอร็อกโคเนียที่โปร่งแสงมากขึ้นมีแนวโน้มที่จะส่งผลให้เรซินซีเมนต์ที่อยู่ภายใต้วัสดุบ่มตัวได้ดีขึ้น

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บริษัทพีซีเดนทอลแลป ที่ให้ความอนุเคราะห์การเผาวัสดุมอนอลิธิคเซอร็อกโคเนียในศึกษานี้ รวมถึงศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการด้านเครื่องมือในการวัดผล การใช้สถานที่และการวิเคราะห์ผล

## 8. เอกสารอ้างอิง

- Akagawa, Y., Hosokawa, R., Sato, Y., & Kamayama, K. (1998). Comparison between freestanding and tooth-connected partially stabilized zirconia implants after two years' function in monkeys: a clinical and histologic study. *J Prosthet Dent*, 80(5), 551-558. doi:10.1016/s0022-3913(98)70031-9.
- Alkudhairy, F., AlKheraif, A., Naseem, M., Khan, R., & Vohra, F. (2018). Degree of conversion and depth of cure of Ivocerin containing photo-polymerized resin luting cement in comparison to conventional luting agents. *Pak J Med Sci*, 34(2), 253-259. doi:10.12669/pjms.342.14491.
- Alkurt, M., & Duymus, Z. Y. (2018). Comparison to Color Stability Between Amine with Benzoyl Peroxide Includes Resin Cement and Amine-reduced, Amine-free, Lacking of Benzoyl Peroxide Resin Cements After Thermocycle. *Journal of Advanced Oral Research*, 9(1-2), 24-30. doi:10.1177/2320206818799802.
- Alovisi, M., Scotti, N., Comba, A., Manzon, E., Farina, E., Pasqualini, D., Cadenaro, M. (2018). Influence of polymerization time on properties of dual-curing cements in combination with high translucency monolithic zirconia. *Journal of Prosthodontic Research*, 62(4), 468-472. doi:10.1016/j.jpor.2018.06.003.
- Baldissara, P., Llukacej, A., Ciocca, L., Valandro, F. L., & Scotti, R. (2010). Translucency of zirconia copings made with different CAD/CAM systems. *J Prosthet Dent*, 104(1), 6-12. doi:10.1016/s0022-3913(10)60086-8.
- Bueno, A. L., Arrais, C. A., Jorge, A. C., Reis, A. F., & Amaral, C. M. (2011). Light-activation through indirect ceramic restorations: does the overexposure compensate for the attenuation in light intensity during resin cement polymerization? *J Appl Oral Sci*, 19(1), 22-27. doi:10.1590/s1678-77572011000100006.



- Cekic-Nagas, I., Egilmez, F., & Ergun, G. (2013). Light transmittance of zirconia as a function of thickness and microhardness of resin cements under different thicknesses of zirconia. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal*, 18. doi:10.4317/medoral.18181.
- Chang, M., Dennison, J., & Yaman, P. (2013). Physical property evaluation of four composite materials. *Oper Dent*, 38(5), E144-153. doi:10.2341/12-203-1.
- Church, T. D., Jessup, J. P., Guillory, V. L., & Vandewalle, K. S. (2017). Translucency and strength of high-translucency monolithic zirconium oxide materials. *Gen Dent*, 65(1), 48-52. .
- D'Alpino, P. H. P., Araújo, R. P., González, A. H. M., di Hipólito, V., Valduga, C. J., dos Santos, D. I., & Graeff, C. F. (2016). Inorganic characterizations and filler particles morphology of self-adhesive cements. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 68, 62-69. doi:10.1016/j.ijadhadh.2016.02.003.
- Ferracane, J. L. (1985). Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater*, 1(1), 11-14. doi:10.1016/s0109-5641(85)80058-0.
- Ichikawa, Y., Akagawa, Y., Nikai, H., & Tsuru, H. (1992). Tissue compatibility and stability of a new zirconia ceramic in vivo. *J Prosthet Dent*, 68(2), 322-326. doi:10.1016/0022-3913(92)90338-b.
- Kilinc, E., Antonson, S., Hardigan, P., & Kesercioglu, A. (2011). The Effect of Ceramic Restoration Shade and Thickness on the Polymerization of Light- and Dual-cure Resin Cements. 36(6), 661-669. doi:10.2341/10-206-1.
- Kim, H.-J., Bagheri, R., Kim, K. Y., Son, S. J., & Kwon, T.-Y. (2017). Influence of Curing Mode on the Surface Energy and Sorption/Solubility of Dental Self-Adhesive Resin Cements. *Materials*, 10(2). doi:10.3390/ma10020129.
- Koenig, V., Vanheusden, A. J., Le Goff, S. O., & Mainjot, A. K. (2013). Clinical risk factors related to failures with zirconia-based restorations: An up to 9-year retrospective study. *Journal of Dentistry*, 41(12), 1164-1174. doi:10.1016/j.jdent.2013.10.009.
- Lopes Cde, C., Rodrigues, R. B., Silva, A. L., Simamoto Junior, P. C., Soares, C. J., & Novais, V. R. (2015). Degree of Conversion and Mechanical Properties of Resin Cements Cured Through Different All-Ceramic Systems. *Braz Dent J*, 26(5), 484-489. doi:10.1590/0103-6440201300180.
- McLaren, E. A., Lawson, N., Choi, J., Kang, J., & Trujillo, C. (2017). New High-Translucent Cubic-Phase-Containing Zirconia: Clinical and Laboratory Considerations and the Effect of Air Abrasion on Strength. *Compend Contin Educ Dent*, 38(6), e13-e16.
- Miyazaki, T., Nakamura, T., Matsumura, H., Ban, S., & Kobayashi, T. (2013). Current status of zirconia restoration. *Journal of Prosthodontic Research*, 57(4), 236-261. doi:10.1016/j.jprior.2013.09.001.



- Novais, V. R., Raposo, L. H. A., Miranda, R. R. d., Lopes, C. d. C. A., Simamoto, P. C. J., & Soares, C. J. (2017). Degree of conversion and bond strength of resin-cements to feldspathic ceramic using different curing modes. *J Appl Oral Sci*, 25(1), 61-68. doi:10.1590/1678-77572016-0221.
- Reges, R. V., Moraes, R. R., Correr, A. B., Sinhoreti, M. A., Correr-Sobrinho, L., Piva, E., & Nouer, P. R. (2008). In-depth polymerization of dual-cured resin cement assessed by hardness. *J Biomater Appl*, 23(1), 85-96. doi:10.1177/0885328207086316.
- Simon, J. F., & Darnell, L. A. (2012). Considerations for proper selection of dental cements. *Compend Contin Educ Dent*, 33(1), 28-30, 32, 34-25; quiz 36, 38.
- Sulaiman, T. A., Abdulmajeed, A. A., Donovan, T. E., Ritter, A. V., Lassila, L. V., Vallittu, P. K., & Narhi, T. O. (2015). Degree of conversion of dual-polymerizing cements light polymerized through monolithic zirconia of different thicknesses and types. *J Prosthet Dent*, 114(1), 103-108. doi:10.1016/j.prosdent.2015.02.007.
- Turkoglu, P., & Sen, D. (2019). Evaluation of Dual-Cure Resin Cement Polymerization under Different Types and Thicknesses of Monolithic Zirconia %J BioMed Research International. 2019, 9. doi:10.1155/2019/4567854.
- Wang, F., Takahashi, H., & Iwasaki, N. (2013). Translucency of dental ceramics with different thicknesses. *J Prosthet Dent*, 110(1), 14-20. doi:10.1016/s0022-3913(13)60333-9.
- Yan, Y. L., Kim, Y. K., Kim, K. H., & Kwon, T. Y. (2010). Changes in degree of conversion and microhardness of dental resin cements. *Oper Dent*, 35(2), 203-210. doi:10.2341/09-174-1.
- Zhang, F., Inokoshi, M., Batuk, M., Hadermann, J., Naert, I., Van Meerbeek, B., & Vleugels, J. (2016). Strength, toughness and aging stability of highly-translucent Y-TZP ceramics for dental restorations. *Dent Mater*, 32(12), e327-e337. doi:10.1016/j.dental.2016.09.025.
- Zhang, Y. (2014). Making yttria-stabilized tetragonal zirconia translucent. *Dent Mater*, 30(10), 1195-1203. doi:10.1016/j.dental.2014.08.375.