

ความสามารถในการปิดสีของเซรามิกชนิดลิเทียมโคซิลิเกตแคด/แคมบนพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟันที่ต่างกัน

วิฑิตา อัครเอกจิตต์* วิบูลย์ ไพศาลกอบฤกษ์* นทีธร พุทธิชัยวรกุล* ณัฐพล กิตติคุณเดชา*

บทคัดย่อ

จุดประสงค์: เพื่อศึกษาความสามารถในการปิดสีของเซรามิกชนิดลิเทียมโคซิลิเกตแคด/แคม ความโปร่งแสงปานกลาง ที่ความหนาต่าง ๆ บนพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟันที่ต่างกัน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: ชิ้นงานถูกเตรียมโดยใช้บล็อกโอพีเอสอีแมกซ์แคด ความโปร่งแสงปานกลาง สี A2 แบ่งเป็น 4 กลุ่มตามความหนาแผ่นเซรามิกได้แก่ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิเมตร กลุ่มละ 20 ชิ้น และแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มย่อยตามสีพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟันได้แก่ ND3, ND5, ND7 และ ND9 (n = 5) นำแผ่นเซรามิกไปเคลือบผิวและเผา จากนั้นยึดเข้ากับแผ่นเรซินสีเหมือนฟันด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวสองรูปแบบวาริโอลิงค์ เอสเทติก สีใส วัดค่าสีชิ้นงานด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ หาค่าการเปลี่ยนแปลงของสีที่มองเห็นโดยเปรียบเทียบกับบล็อกอ้างอิง ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและการจับคู่แบบทูกีย์ โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 (p = 0.05) ร่วมกับการใช้เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีที่สามารถรับรู้ได้และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีที่สามารถยอมรับได้

ผลการทดลอง: เซรามิกมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีที่มองเห็นลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีความหนาเพิ่มขึ้น โดยมีค่าน้อยที่สุดในกลุ่มความหนา 0.5 มิลลิเมตร และมากที่สุดในกลุ่มความหนา 2.0 มิลลิเมตร พื้นหลังเรซินสีเหมือนฟันสี ND9 ส่งผลให้เซรามิกมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีที่มองเห็นมากที่สุด รองลงมาคือสี ND5, ND3 และ ND7 ตามลำดับ โดยไม่มีกลุ่มความหนาใดเลยที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีที่มองเห็นน้อยกว่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีที่สามารถยอมรับได้บนสี ND9

สรุปผล: ความหนาของเซรามิกและสีพื้นหลังส่งผลให้เซรามิกชนิดลิเทียมโคซิลิเกตแคด/แคม ความโปร่งแสงปานกลาง มีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีที่มองเห็นแตกต่างกัน โดยกลุ่มการทดลองส่วนใหญ่มีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีที่มองเห็นมากกว่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีที่สามารถยอมรับได้

คำสำคัญ: แคด/แคม ลิเทียมโคซิลิเกต ความสามารถในการปิดสี

Received Date: Jan 11, 2022

Revised Date: Mar 03, 2022

Accepted Date: May 10, 2022

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

Masking Ability of CAD/CAM Lithium Disilicate Ceramic on Various Tooth-Colored Resin Substrates

Withita Acaraekjit* Vibul Paisankobrit* Nateetorn Plukwatchalakul*
Nuttaphon Kittikundecha*

Abstract

Objective: The purpose of this study is to evaluate the masking ability of medium translucent CAD/CAM lithium disilicate ceramic with difference thicknesses on various tooth-colored resin substrates.

Materials and methods: Ceramic slides were prepared from the A2 shade IPS e.max CAD MT blocks in 4 different thicknesses (0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 mm), which further divided into four subgroups according to the shades of tooth-colored resin substrate (ND3, ND5, ND7 and ND9) (n = 5). After glazing and firing, the cementation process was done using dual-cured Variolink Esthetic cement in a neutral shade. The color of each specimen was measured with a spectrophotometer. The color differences (ΔE_{ab}) between specimens and the reference block were calculated. The data were analyzed with one-way ANOVA and the Tukey HSD test ($p = 0.05$). The perceptibility threshold and acceptability threshold were also used.

Results: There was a significant decrease in ΔE_{ab} value as the ceramic thickness increased. The group of 0.5 mm thickness demonstrated the highest ΔE_{ab} value while the lowest value was obtained from 2.0 mm thickness. The ND9 shade had the greatest influence on ΔE_{ab} value, followed by ND3, ND5 and ND7 respectively. None of the groups on the ND9 substrate had ΔE_{ab} below the acceptability threshold.

Conclusion: The ceramic thicknesses and substrate shades significantly influenced the resulting optical color of the medium translucent CAD/CAM lithium disilicate ceramic. Most experimental groups have ΔE_{ab} values beyond the acceptability threshold.

Keywords: CAD/CAM, Lithium disilicate, Masking ability

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

บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันการรักษาแบบอนุรักษ์ (conservative treatment) เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางเพื่อคงสภาพโครงสร้างฟันที่แข็งแรง และจากการพัฒนาของวัสดุเซรามิกและระบบสารยึดติดทำให้ทันตแพทย์สามารถเลือกที่จะใช้วีเนียร์ ซึ่งเป็นวิธีการรักษาเชิงอนุรักษ์ที่มีการกรอฟันน้อยและมีความสวยงามสูงเป็นทางเลือกการรักษานอกเหนือไปจากการทำครอบฟัน โดยการปิดผิวหน้าฟันด้วยวัสดุที่บางและมีลักษณะใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ เซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต (lithium disilicate ceramic) เป็นหนึ่งในวัสดุที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในการทำวีเนียร์ โดยเป็นกลาสเซรามิก (glass ceramic) ที่มีการใส่ฟลูออโรไฮดรอกซีอะปาทิตเข้าไปเพื่อเพิ่มความแข็งแรงทำให้มีคุณสมบัติเชิงกล (mechanical property) ที่ดี มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) และให้ความสวยงามใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ

การบูรณะด้วยเซรามิกให้ได้ผลลัพธ์ดีตามต้องการเป็นเรื่องท้าทายเนื่องจากเซรามิกเป็นวัสดุที่มีความใสทำให้แสงสามารถส่องผ่านและได้รับอิทธิพลจากสีเนื้อฟันด้านใต้ (1) ทำให้ผลลัพธ์มีความซับซ้อนจากอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ความใสและความหนาของเซรามิกสีเนื้อฟัน รวมไปถึงเรซินซีเมนต์ที่ใช้โดยการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเมื่อเซรามิกมีความหนาเพิ่มขึ้นจะมีความสามารถในการปิดสีดีขึ้น (1-5) ในขณะที่สีและความหนาของเรซินซีเมนต์มีอิทธิพลเพียงเล็กน้อยในเซรามิกที่มีความหนาน้อย (6) อย่างไรก็ตามการบูรณะด้วยวีเนียร์ส่วนใหญ่เซรามิกจะบางทำให้สีของเนื้อฟันด้านใต้มีอิทธิพลมากและยากที่จะปกปิดเนื้อฟันที่มีสีเข้มได้ ซึ่งความหนาของเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตที่เหมาะสมในการปิดสีเนื้อฟันยังคงไม่ชัดเจน

เซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตมีความโปร่งแสงหลายระดับได้แก่ ความโปร่งแสงมาก (high translucency, HT), ความโปร่งแสงปานกลาง (medium translucency, MT) และความโปร่งแสงน้อย (low translucency, LT) โดยบล็อก HT มีความใสมากที่สุดใกล้เคียงกับเคลือบฟัน

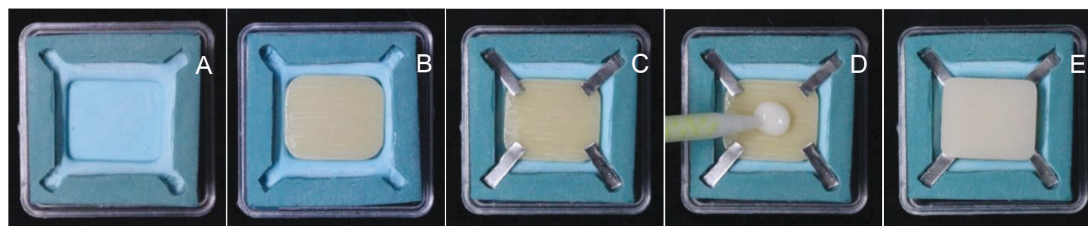
และมีคุณสมบัติในการสะท้อนสีกลมกลืนไปกับฟันข้างเคียง (chameleon effect) (7) ทำให้เป็นชนิดที่ให้ความสวยงามใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติมากที่สุด แต่การที่มีความใสมากทำให้ปัจจัยต่าง ๆ มีอิทธิพลต่อสีของเซรามิกมากเช่นกันส่งผลให้การควบคุมผลลัพธ์ของสีเป็นเรื่องยาก โดยเฉพาะในฟันที่มีเนื้อฟันสีเข้มซึ่งจะทำให้วีเนียร์สะท้อนสีคล้ำออกมา ในขณะที่บล็อก LT นั้นมีความใสน้อยที่สุดทำให้ระดับความเข้มของสีเนื้อฟันที่ปิดได้นั้นมากกว่า แต่ก็มีความสวยงามลดลงและอาจจำเป็นต้องใช้วิธีคัทแบ็ก (cut-back technique) เพื่อเพิ่มชั้นเซรามิกที่มีความใสด้านริมฝีปากเพื่อเพิ่มความสวยงาม (7) ดังนั้นบล็อก MT จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจโดยสามารถปิดสีเนื้อฟันได้ดีกว่าบล็อก HT ในขณะที่เดียวกันก็มีความสวยงามมากกว่าบล็อก LT ซึ่งการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการปิดสีของเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตที่ผ่านมาจะเป็นการศึกษาบล็อก HT และ LT เป็นหลักในขณะที่บล็อก MT นั้นมีข้อมูลน้อยและควรที่จะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม

งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการปิดสีของเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตแคด/แคม ความโปร่งแสงปานกลาง โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสีที่มองเห็นของเซรามิกที่ความหนาต่าง ๆ บนพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟันที่มีความเข้มสีแตกต่างกัน และมีสมมติฐานว่างสามข้อคือการเปลี่ยนแปลงของสีที่มองเห็นของเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตไม่แตกต่างกันในแต่ละความหนาของเซรามิกภายใต้สีพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟันเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงของสีที่มองเห็นของเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตไม่แตกต่างกันในสีพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟันที่แตกต่างกันภายใต้ความหนาเซรามิกเดียวกัน และเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตในแต่ละกลุ่มมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีที่มองเห็นไม่แตกต่างกับเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีที่สามารถยอมรับได้

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

เตรียมชิ้นงานด้วยบล็อกไอพีเอสอีแมกซ์แคด ความโปร่งแสงปานกลาง สี A2 (IPS e.max CAD MT shade A2, Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein) โดยมีหนึ่งบล็อกที่ตัดเฉพาะส่วนค้ำจับ (mendrel) ออกสำหรับใช้เป็นบล็อกอ้างอิงมีความหนา 13 มิลลิเมตร และเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบโดยตัดบล็อกออกเป็นแผ่นเซรามิกขนาด 14 x 12 ตารางมิลลิเมตร ความหนา 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิเมตรด้วยเครื่องตัดใบเลื่อยเพชร (IsoMet 1000 precision saw, Buehler, U.S.A.) ชัดผิวด้านที่จะวัดค่าสีด้วยเครื่องขัดผิววัสดุ (Nano 1000T grinder polisher, Pace Technologies, USA) ด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600, 800, 1000 และ 1200 ตามลำดับ (3,8) ความเร็ว 100 รอบต่อนาที โดยมีน้ำไหลผ่านตลอดเวลา ในแต่ละเบอร์ จะขัดจนกระทั่งมองไม่เห็นรอยของกระดาษทรายเบอร์ ก่อนหน้าด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (Olympus, Olympus Optical SZ61, Japan) ที่กำลังขยายภาพ 45 เท่า สำหรับแผ่นเซรามิกจะขัดอีกด้านหนึ่งด้วยกระดาษทรายเบอร์ 220 เพื่อปรับจนได้ความหนาที่ต้องการ ± 0.01 มิลลิเมตร โดยตรวจสอบด้วยเครื่องดิจิตอลไมโครมิเตอร์ (digital micrometer IP-65, Mitutoyo) ทำความสะอาดบล็อกอ้างอิงและแผ่นเซรามิกด้วยเครื่องล้างความถี่สูง (Sonorex Digitec DT31H, Bandelin, Germany) เป็นเวลา 5 นาทีแล้วซับให้แห้ง หลังจากนั้นผสมผงและน้ำสำหรับเคลือบผิวเซรามิก (IPS Ivocolor glaze powder & IPS Ivocolor mixing liquid allround, Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein) ทาด้านที่จะวัดค่าสีแล้วนำไปเผาในเตาเผาเซรามิก (Programat P310 furnace, Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein) เพื่อให้เกิดการตกผลึกอย่างสมบูรณ์ตามวิธีที่ผู้ผลิตแนะนำแล้ววางทิ้งไว้ให้เซรามิกเย็นตัวลง

เตรียมแผ่นเรซินสีเหมือนฟันชนิดบ่มตัวด้วยแสง (light-curing IPS natural die material, Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein) สี ND3 ND5 ND7 และ ND9 ซึ่งเป็นตัวแทนของสีอ่อน (light) สีอ่อนปานกลาง (medium-light) สีเข้มปานกลาง (medium-dark) และ สีเข้ม (dark) ตามลำดับ โดยนำแม่พิมพ์ที่ทำจากโลหะไร้สนิมซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมมีช่องตรงกลางขนาด 12 x 14 x 2 ลูกบาศก์มิลลิเมตรวางลงบนแผ่นแก้วหนา (glass slab) ตักวัสดุเรซินสีเหมือนฟันใส่ลงในแม่พิมพ์จนเต็มแล้ววางแผ่นแก้วไลด์ (glass slide) ทับไว้ด้านบนเพื่อให้ผิววัสดุเรียบเสมอกัน ฉายแสงผ่านแผ่นแก้วไลด์ด้วยเครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดี (Bluephase, Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein) ความเข้มแสงไม่ต่ำกว่า 1,000 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตรเป็นเวลา 40 วินาที โดยวางปลายท่อ นำแสงแนบชิดกับแผ่นกระจกไลด์ซึ่งมีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร นำแผ่นเรซินสีเหมือนฟันออกจากแม่พิมพ์แล้วฉายแสงด้านอื่น ๆ โดยรอบอีกด้านละ 20 วินาที ตรวจสอบเครื่องฉายแสงด้วยเครื่องวัดความเข้มแสง (Bluephase Meter II, Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein) ทุกครั้งที่เปลี่ยนชิ้นงาน ชัดผิวแผ่นเรซินสีเหมือนฟันด้านที่จะยึดกับแผ่นเซรามิกด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600, 800 และ 1000 ตามลำดับ (8) ความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาทีโดยมีน้ำไหลผ่านตลอดเวลา และขัดอีกด้านหนึ่งด้วยกระดาษทรายเบอร์ 220 เพื่อปรับความหนาให้เท่ากับ 2 ± 0.01 มิลลิเมตรโดยตรวจสอบด้วยเครื่องดิจิตอลไมโครมิเตอร์



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์

(A: บล็อกซิลิโคน B: วางแผ่นเรซินสีเหมือนฟันลงในบล็อก C: วางตัวคั่นลงไปที่ 4 มุม
D: ฉีดเรซินซีเมนต์ E: ปิดทับด้วยแผ่นเซรามิก)

Fig. 1 Demonstrated the cementation method.

(A: Silicone block, B: Put the tooth-colored resin plate into the block,
C: Put spacers at 4 corners, D: Cover with ceramic plate)

เตรียมบล็อกสำหรับขั้นตอนยึดเรซินซีเมนต์ โดยผสมวัสดุพิมพ์ซิลิโคนชนิดพัตตี (Provil Novo Putty Soft, Heraeus Kulzer, Switzerland) ใส่ลงในถาด กดแผ่นเรซินสีเหมือนฟันลงไปให้จมสุดความหนาของวัสดุแข็งตัวแล้วจึงนำออก จากนั้นใช้วัสดุพิมพ์ซิลิโคนชนิดหนีน้อย (Provil Novo Light, Heraeus Kulzer, Switzerland) ฉีดโดยรอบหลุมที่เกิดขึ้น รอจนวัสดุแข็งตัวแล้วตัดแต่งทั้ง 4 มุมให้เป็นช่องสำหรับกำหนดตำแหน่งตัวคั่น (spacer) ซึ่งเป็นแผ่นพอลิโพลีเอทิลีนขนาด $2 \times 8 \times 0.1$ ลูกบาศก์มิลลิเมตร โดยตรวจสอบความหนาด้วยเครื่องดิจิทัลไมโครมิเตอร์ให้มีความหนาเท่ากับ 0.1 ± 0.01 มิลลิเมตร

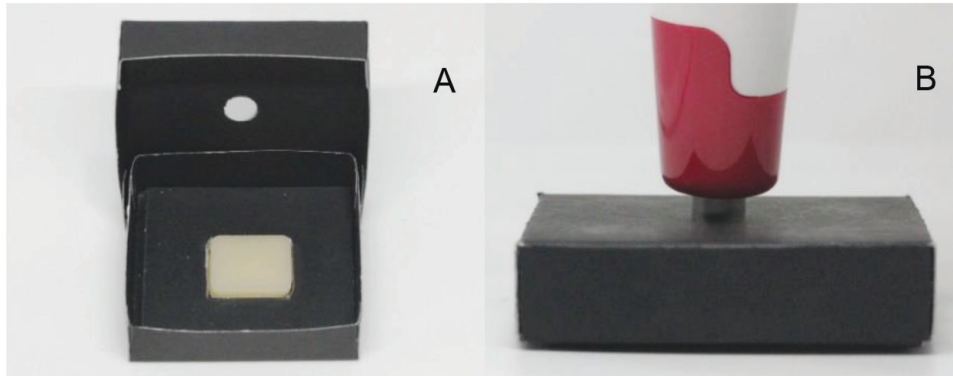
ทำความสะอาดแผ่นเซรามิกและแผ่นเรซินสีเหมือนฟันด้วยเครื่องล้างความถี่สูงเป็นเวลา 5 นาที แล้วซับให้แห้ง เตรียมพื้นผิวแผ่นเรซินสีเหมือนฟันโดยทากรดฟอสฟอริกความเข้มข้น 37% (N-Etch, Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein) ทิ้งไว้เป็นเวลา 30 วินาที ล้างด้วยสเปรย์น้ำเป็นเวลา 10 วินาทีแล้วเป่าให้แห้ง หลังจากนั้นทาสารยึดติด (Tetric N-bond Universal, Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein) ทิ้งไว้เป็นเวลา 20 วินาที เป่าลมเบา ๆ แล้วฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดี โดยฉายแสงบริเวณกึ่งกลางแผ่นและมุมทั้งสี่ตำแหน่งละ 20 วินาทีเพื่อให้ครอบคลุมทั่ว

ทั้งแผ่น และตรวจสอบเครื่องฉายแสงด้วยเครื่องวัดความเข้มแสงทุกครั้งที่เปลี่ยนชิ้นงาน เตรียมพื้นผิวแผ่นเซรามิกโดยทากรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้น 5% (IPS ceramic etching gel, Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein) ทิ้งไว้เป็นเวลา 20 วินาที ล้างน้ำเป็นเวลา 10 วินาทีแล้วเป่าให้แห้งโดยไม่ใช้ผงทำให้กรดเป็นกลาง (neutralizing powder) เนื่องจากจะทำให้เกิดตะกอนบนผิวเซรามิกและขัดขวางการแทรกซึมของเรซินซีเมนต์ได้ (9) หลังจากนั้นทาสารไซเลน (Monobond N, Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein) ทิ้งไว้เป็นเวลา 60 วินาทีแล้วเป่าลมเป็นเวลา 10 วินาที

วางแผ่นเรซินสีเหมือนฟันลงในบล็อกซิลิโคน แล้ววางตัวคั่นลงไปที่สี่มุม ฉีดเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวสองรูปแบบ (dual cure) สีใส (Variolink Esthetic DC Neutral shade, Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein) ที่ผสมผ่านหัวผสม (mixing tip) ลงบนแผ่นเรซินสีเหมือนฟันแล้วปิดทับด้วยแผ่นเซรามิก ออกแรงกดจนกระทั่งแผ่นเซรามิกแนบสนิทกับตัวคั่นทั้งสี่มุม (รูปที่ 1) ทำความสะอาดเรซินซีเมนต์ส่วนเกินด้วยไมโครบรัช (microbrush) แล้วฉายแสงผ่านแผ่นเซรามิกด้วยด้วยเครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดีเป็นเวลา 40 วินาทีโดยวางปลายท่อนำแสงบริเวณกึ่งกลางและแนบชิดกับแผ่นเซรามิก นำชิ้นงานออกจากบล็อกแล้วฉายแสงโดยรอบ

อีกด้านละ 20 วินาที ตรวจสอบเครื่องฉายแสงด้วย เครื่องวัดความเข้มแสงทุกครั้งที่เปลี่ยนชิ้นงาน หลังจากนั้นตั้งตัวคั่นออกจากชิ้นงานทิ้งสี่มุม โดยวัด

ความหนา ก่อนและหลังยึดชิ้นงานด้วยเครื่องดิจิทัล ไมโครมิเตอร์เพื่อตรวจสอบความหนาของเรซินซีเมนต์ ให้มีความหนา 0.1 ± 0.01 มิลลิเมตร



รูปที่ 2 แสดงวิธีการวัดค่าสีชิ้นงาน

(A: วางชิ้นงานลงในกล่องดำ B: สอดหัววัดเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์เข้าไปทางรูบนฝากล่อง)

Fig. 2 Demonstrated the color measurement method.

(A: Put specimen into the black box, B: Insert spectrophotometer tip into the hole on the box lid)

เก็บรักษาชิ้นงานไว้ในกล่องแห้งปิดทึบที่อุณหภูมิห้อง 25°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อให้เรซินซีเมนต์เกิดการบ่มตัวอย่างสมบูรณ์ (10) แล้ววัดค่าสีภายในกล่องดำเพื่อตัดแสงจากภายนอกโดยใช้กล่องสูง 20 มิลลิเมตร สำหรับบล็อกอ้างอิงและสูง 10 มิลลิเมตร สำหรับชิ้นงาน ภายในกล่องมีฐานที่เจาะเป็นช่องขนาด $12 \times 14 \times 2$ ลูกบาศก์มิลลิเมตร เพื่อกำหนดตำแหน่งชิ้นงาน และมีรูที่ฝากล่องขนาดเท่าปลายหัววัดของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (VITA Easys shade V, Vita Zahnfabrik, Germany) เพื่อกำหนดตำแหน่งปลายหัว

วัดให้อยู่กึ่งกลางชิ้นงาน (รูปที่ 2) วางหัววัดให้แนบสนิทกับชิ้นงาน วัดชิ้นงานละ 3 ครั้งที่ตำแหน่งเดียวกัน และปรับเทียบหัววัด (calibration) ทุกครั้งก่อนการใช้งาน แล้วคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE_{ab}) จาก การเปรียบเทียบความแตกต่างของสีระหว่างบล็อกอ้างอิงและชิ้นงานตามสมการ (11) โดย L^* เป็นค่าความสว่างของวัตถุ a^* คือพิกัดสีที่อยู่ระหว่างสีแดงและสีเขียว และ b^* คือพิกัดสีที่อยู่ระหว่างสีเหลืองและสีน้ำเงิน

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

ตารางที่ 1 แสดงวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

Table 1. The materials used in the study.

Commercial name	Batch number	Composition
IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent)	Z00D3S	SiO ₂ 57-80%, Li ₂ O 11-19%, K ₂ O 0-13%, P ₂ O ₅ 0-11%, ZrO ₂ 0-8%, ZnO 0-8%, Al ₂ O ₃ 0-5%, MgO 0-5%, coloring oxides 0-8% by weight
IPS Natural Die Material (Ivoclar Vivadent)	ND3: Y48142 ND5: X50488 ND7: Y07854 ND9: W90046	Polyesterurethanedimethacrylate, silicon dioxide, paraffin oil, copolymer, initiators, stabilizers and pigments
Variolink Esthetic DC (Ivoclar Vivadent)	Z01MKB	Monomer matrix: urethane dimethacrylate, methacrylate monomers Inorganic fillers: ytterbium trifluoride, spheroid mixed oxide Additional contents: Initiators, stabilizers, pigments
N-Etch (Ivoclar Vivadent)	Z012CT	37% Phosphoric acid
IPS ceramic etching gel (Ivoclar Vivadent)	Z00XFP	5% Hydrofluoric acid
Monobond N (Ivoclar Vivadent)	Z01B66	Alcohol solution of silane methacrylate, phosphoric acid methacrylate, sulfide methacrylate
Tetric N-bond Universal (Ivoclar Vivadent)	Z01FLF	HEMA, 10-MDP, Bis-GMA, MCAP, D3MA, ethanol, water, highly dispersed silicon dioxide, initiators, stabilizers

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยการจับคู่กลุ่ม (multiple comparison) แบบทูกีย์ (Tukey honest significant difference test) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มกับเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสี่ด้วยสถิติการทดสอบที (One sample T-test) กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

($\alpha = 0.05$) ทั้งนี้การคำนวณสถิติจะใช้โปรแกรมเอสพีเอสเอสเวอร์ชัน 20 (SPSS statistics 20, IBM) โดยกำหนดให้ค่า ΔE_{ab} ที่ 1.2 เป็นค่าการเปลี่ยนแปลงของสีที่สามารถรับรู้ได้ด้วยตามนุษย์ (Perceptibility threshold, PT) และค่า ΔE_{ab} ที่ 2.7 เป็นค่าการเปลี่ยนแปลงของสีที่สามารถยอมรับได้ (Acceptability threshold, AT) ตามการศึกษาของ Paravina และคณะ ในปี 2015 (11)

ผลการศึกษา (Results)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวในแต่ละกลุ่มสีพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟันพบว่าค่า ΔE_{ab} ในแต่ละความหนาของเซรามิกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 2) และจากการวิเคราะห์

ความแปรปรวนทางเดียวในแต่ละกลุ่มความหนาของเซรามิกพบว่าค่า ΔE_{ab} ในแต่ละสีพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 3) ทำให้ปฏิเสธสมมติฐานว่าง งานวิจัยข้อที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวในแต่ละกลุ่มสีพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟัน

Table 2. One-way ANOVA of averaged ΔE_{ab} in each tooth-colored resin substrate shade.

Tooth-colored resin substrate shade	F	Sig.	Partial Eta Squared
ND3	1024.368	0.000	0.995
ND5	1880.847	0.000	0.997
ND7	258.788	0.000	0.980
ND9	3396.240	0.000	0.998

One-way ANOVA, $p = 0.05$, $n = 5$

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวในแต่ละกลุ่มความหนาของเซรามิก

Table 3. One-way ANOVA of averaged ΔE_{ab} in each ceramic thickness.

Ceramic thickness (mm)	F	Sig.	Partial Eta Squared
0.5	3649.650	0.000	0.999
1.0	1734.861	0.000	0.997
1.5	1595.879	0.000	0.997
2.0	887.747	0.000	0.997

One-way ANOVA, $p = 0.05$, $n = 5$

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ L* a* b* ในแต่ละกลุ่มการทดลอง

Table 4. Mean and standard deviation of L*, a*, b* in each experimental group.

Ceramic thickness	ND shade	L*	a*	b*
0.5	3	77.93 ± 0.10	-0.04 ± 0.05	22.26 ± 0.26
	5	77.31 ± 0.23	-0.06 ± 0.05	25.60 ± 0.36
	7	76.81 ± 0.23	0.18 ± 0.04	17.83 ± 0.31
	9	60.31 ± 0.17	-0.72 ± 0.16	12.03 ± 0.53
1.0	3	79.05 ± 0.24	-0.28 ± 0.08	17.73 ± 0.27
	5	78.22 ± 0.21	0.44 ± 0.09	17.87 ± 0.20
	7	78.46 ± 0.09	-0.31 ± 0.09	15.64 ± 0.24
	9	68.89 ± 0.40	-1.82 ± 0.05	10.21 ± 0.07
1.5	3	78.91 ± 0.12	-0.58 ± 0.04	15.75 ± 0.10
	5	78.56 ± 0.10	-0.32 ± 0.08	15.67 ± 0.12
	7	78.60 ± 0.30	-0.92 ± 0.05	14.23 ± 0.10
	9	73.08 ± 0.16	-2.12 ± 0.04	10.59 ± 0.07
2.0	3	78.85 ± 0.11	-0.84 ± 0.05	14.77 ± 0.13
	5	78.85 ± 0.16	-0.66 ± 0.05	14.61 ± 0.14
	7	78.83 ± 0.19	-1.00 ± 0.07	14.23 ± 0.15
	9	75.87 ± 0.26	-2.10 ± 0.00	11.47 ± 0.08

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ΔE_{ab}

Table 5. Mean and standard deviation of ΔE_{ab} .

Ceramic thickness (mm)				Tooth-colored resin substrate shade			
0.5	1.0	1.5	2.0	ND3	ND5	ND7	ND9
10.86	5.27	3.43	2.56	3.42	4.51	2.48	11.69
± 5.99	± 4.26	± 3.02	± 1.91	± 2.61	± 3.97	± 1.25	± 5.56

ค่าเฉลี่ย ΔE_{ab} มีค่าลดลงเมื่อความหนาของเซรามิกเพิ่มขึ้น โดยที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตรมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 10.86 รองลงมาคือความหนา 1.0 และ 1.5 มิลลิเมตรเท่ากับ 5.27 และ 3.43 ตามลำดับ และความหนา 2.0 มิลลิเมตรมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2.56 โดยสีพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟันสี ND9 มีค่าเฉลี่ย ΔE_{ab} สูงที่สุดเท่ากับ 11.69 แตกต่างจากสีอื่นอย่าง

ชัดเจน ในขณะที่สีอื่นมีค่าเฉลี่ยเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยได้ ดังนี้ ND5 เท่ากับ 4.51 ND3 เท่ากับ 3.42 และ ND7 เท่ากับ 2.48 (ตารางที่ 5)

จากการวิเคราะห์การจับคู่กลุ่มแบบพหุก็พบ ว่ากลุ่มความหนา 0.5 และ 1.0 มิลลิเมตรมีค่าเฉลี่ย ΔE_{ab} บนพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟันทั้ง 4 สีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่กลุ่มความหนา 1.5 และ 2.0

มิลลิเมตรมีเพียงบนสี ND9 เท่านั้นที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างจากสีอื่น ๆ และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟันพบว่ากลุ่ม ND9 มีค่าเฉลี่ย ΔE_{ab} แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทุกกลุ่มความหนาเซรามิก ในขณะที่กลุ่ม ND3 และ ND5 มีค่าเฉลี่ยในกลุ่มความหนา 0.5 และ 1.0 มิลลิเมตรแตกต่างกันและแตกต่างจากอีก 2 กลุ่มความหนาที่เหลือ และในกลุ่ม ND7 จะมีเพียงที่ความหนาเซรามิก 0.5 มิลลิเมตรเท่านั้นที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างจากกลุ่มความหนาอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 6)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ΔE_{ab} ของแต่ละกลุ่มกับเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีด้วยสถิติการทดสอบที่พบว่าทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยแตกต่างจากเกณฑ์ PT และ AT อย่างมีนัยสำคัญ ทำให้ปฏิเสธสมมติฐานว่างข้อที่ 3 โดยพบว่าทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ PT และมีเพียงบางกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าเกณฑ์ AT ได้แก่ กลุ่มความหนาเซรามิก 1.0 มิลลิเมตรบนพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟันสี ND7 และกลุ่มความหนา 1.5 และ 2.0 มิลลิเมตรบนพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟันสี ND3, ND5 และ ND7 (ตารางที่ 6)

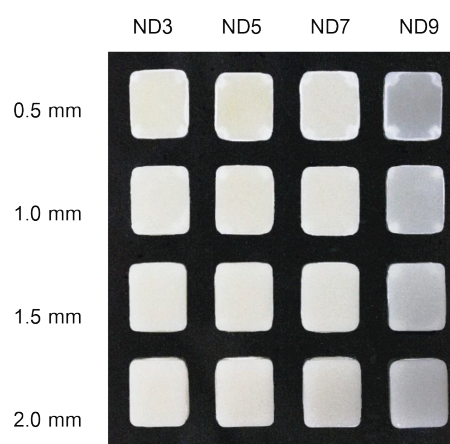
ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ΔE_{ab} ในแต่ละกลุ่มการทดลอง

Table 6. Mean and standard deviation of ΔE_{ab} in each experimental group.

Ceramic thickness (mm)	Tooth-colored resin substrate shade			
	ND3	ND5	ND7	ND9
0.5	7.68 ± 0.27 Aa*	11.05 ± 0.33 Ba*	4.56 ± 0.17 Ca*	20.15 ± 0.21 Da*
1.0	3.05 ± 0.25 Ab*	3.71 ± 0.27 Bb*	1.95 ± 0.13 Cb	12.36 ± 0.33 Db*
1.5	1.54 ± 0.15 Ac	1.86 ± 0.12 Ac	1.80 ± 0.30 Ab	8.51 ± 0.12 Bc*
2.0	1.41 ± 0.11 Ac	1.44 ± 0.13 Ac	1.62 ± 0.11 Ab	5.76 ± 0.24 Bd*

Tukey honest significant difference test, p = 0.05, n = 5

Different uppercase superscript letters represent statistically significant differences between tooth-colored resin substrate shades, and different lowercase superscript letters represent significant differences between ceramic thicknesses. * represents the group which has ΔE_{ab} exceed AT.



รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างชิ้นงานในแต่ละกลุ่มการทดลอง

Fig. 3 Demonstrated the example from each experimental group.

เมื่อนำแผ่นเรซินสีเหมือนฟันมาวัดค่าสีแล้ว วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวในแต่ละกลุ่ม L^* a^* b^* และ ΔE_{ab} พบว่าค่าเฉลี่ยที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการจับคู่กลุ่มแบบทูกียพบว่า

ค่า L^* และ a^* ในกลุ่ม ND5 และ ND7 ไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากอีก 2 กลุ่มที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ค่า b^* และ ΔE_{ab} มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกกลุ่ม (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ L^* a^* b^* และ ΔE_{ab} ของบล็อกอ้างอิงและแผ่นเรซินสีเหมือนฟัน

Table 7. Mean and standard deviation of L^* , a^* , b^* and ΔE_{ab} of reference block and tooth-colored resin plates.

Sample	L^*	a^*	b^*	ΔE_{ab}
Reference block	80.23	-0.70	14.97	-
ND3	71.80 ± 0.17 _a	-1.20 ± 0.06 _a	37.80 ± 0.10 _a	24.35 ± 0.05 _a
ND5	71.13 ± 0.32 _b	0.50 ± 0.10 _b	45.37 ± 0.06 _b	31.76 ± 0.08 _b
ND7	70.73 ± 0.17 _b	0.63 ± 0.06 _b	35.53 ± 0.15 _c	22.69 ± 0.21 _c
ND9	43.20 ± 0.25 _c	5.80 ± 0.10 _c	18.13 ± 0.15 _d	39.84 ± 0.17 _d

Tukey honest significant difference test, $p = 0.05$, $n = 20$

Different lowercase superscript letters represent statistically significant differences between tooth-colored resin substrate shades.

บทวิจารณ์ (Discussion)

ความโปร่งแสงของเซรามิกสัมพันธ์กับความสามารในการปิดสีของเซรามิก โดยมีการศึกษา (1, 2, 12) ที่แสดงให้เห็นว่าเซรามิกที่มีความโปร่งแสงน้อยจะสามารถปิดสีพื้นหลังได้ดีกว่าเซรามิกที่มีความโปร่งแสงมาก นอกจากนี้ความโปร่งแสงของเซรามิกยังขึ้นอยู่กับความหนาของเซรามิกด้วยเช่นกัน ดังเห็นได้จากผลการวิจัยในครั้งนี้นี้ที่พบว่าเซรามิกมีค่า ΔE_{ab} แตกต่างกันในแต่ละความหนา โดยที่ความหนา 0.5 มิลลิเมตรจะได้รับการผลกระทบจากสีของพื้นหลังมากที่สุดและมีค่า ΔE_{ab} มากที่สุดในทุกสีพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟัน และค่า ΔE_{ab} จะลดลงเมื่อเซรามิกมีความหนา 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิเมตรตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเซรามิกสามารถปิดสีพื้นหลังได้ดีขึ้นเมื่อมีความหนาเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยอื่น ๆ ก่อนหน้า (1-5) ผลลัพธ์ดังกล่าวเกิดจากการที่เซรามิกมีดัชนีความโปร่งแสง (translucency parameter) ลดลงเมื่อมีความหนาเพิ่มขึ้น (2) ดังที่

Peixoto และคณะ ในปี 2007 (13) พบว่าเมื่อเซรามิกมีความหนาเพิ่มขึ้นปริมาณแสงที่ทะลุผ่านจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการเพิ่มความหนาเป็นการเพิ่มระยะทางที่แสงต้องทะลุผ่าน (4) อีกทั้งเป็นการเพิ่มจำนวนอนุภาคต่อปริมาตรทำให้เพิ่มการกระเจิงของแสงภายในเนื้อเซรามิก ส่งผลให้มีความทึบแสงมากขึ้น และสามารถปิดสีพื้นหลังได้ดีขึ้น (14) นี่จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้สีของเซรามิกมีความแตกต่างกันลดลงเมื่อความหนาเพิ่มมากขึ้น ดังที่เห็นในกลุ่มสี ND3 และ ND5 ที่ความหนาเซรามิก 1.5 มิลลิเมตรขึ้นไปและกลุ่ม ND7 ที่ความหนาเซรามิก 1.0 มิลลิเมตรขึ้นไปพบว่าค่า ΔE_{ab} ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

แม้ว่าการเพิ่มความหนาเซรามิกจะเป็นประโยชน์ต่อการปิดสีเนื้อฟันแต่ก็มีข้อจำกัดซึ่งจำเป็นจะต้องพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย เนื่องจากการเพิ่มความหนาจะทำให้ต้องมีการกรอฟันเพิ่มขึ้นซึ่งจำเป็นต้องคำนึงถึงการส่งผลกระทบต่อโครงประสาทฟันและโครงสร้าง

เนื้อฟันที่เหลืออยู่ซึ่งจะกระทบต่อความสำเร็จในการบูรณะฟันได้ โดยเฉพาะการทำวีเนียร์ที่การยึดอยู่และความแข็งแรงจะลดลงหากมีการกร่อนจนถึงชั้นเนื้อฟัน (15) นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการบ่มตัวของเรซินซีเมนต์ ซึ่งจากการวิเคราะห์ห่อภิมาณ (meta-analysis) ของ Martin และคณะ ในปี 2019 (16) พบว่าค่าปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ (degree of conversion) ของเรซินซีเมนต์ทั้งชนิดบ่มด้วยแสง (light-cure) และชนิดบ่มด้วยสองรูปแบบ มีค่าลดลงอย่างมากเมื่อเซรามิกมีความหนามากกว่า 1.0 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงควรใช้ความหนาเซรามิกที่น้อยที่สุดที่เพียงพอต่อการปิดสีเนื้อฟัน ซึ่งหากไม่สามารถทำได้ควรพิจารณาไปใช้เซรามิกชนิดอื่นที่มีความโปร่งแสงน้อยลง หรือการบูรณะโดยใช้เซรามิกสองชั้นโดยใช้เซรามิกที่มีความทึบแสงเป็นพื้นรอง

มีหลายการศึกษา (3,5,12,17) แสดงให้เห็นว่าสีของพื้นหลังมีผลต่อสีที่มองเห็นของเซรามิก เช่นเดียวกับกับผลการวิจัยในครั้งนี้ที่พบว่าค่า ΔE_{ab} มีความแตกต่างกันในแต่ละสีพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟัน โดยค่า ΔE_{ab} มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อพื้นหลังมีสีเข้มขึ้น ดังเห็นได้จากการที่เซรามิกบนสี ND5 มีค่า ΔE_{ab} มากกว่าสี ND3 และสำหรับสี ND9 ซึ่งมีสีเข้มที่สุดพบว่า มีค่า ΔE_{ab} มากที่สุดในทุกกลุ่มความหนาเซรามิก สอดคล้องกับผลการวิจัยอื่น ๆ (5,12,18) ที่มีการศึกษาโดยใช้เซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตแคด/แคม บล็อก HT และ LT บนพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟันเช่นเดียวกัน ซึ่งพบว่าพื้นหลังที่มีสีเข้มกว่าจะส่งผลให้เซรามิกมีการเปลี่ยนแปลงของสีที่มองเห็นมากกว่าพื้นหลังที่มีสีอ่อน

ประเด็นหนึ่งที่น่าสนใจคือผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่ากลุ่มสี ND7 กลับมีค่า ΔE_{ab} น้อยกว่ากลุ่ม ND3 และ ND5 ที่ความหนาเซรามิก 0.5 และ 1.0 มิลลิเมตร การทดลองครั้งนี้ใช้การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของสีที่ได้จากกลุ่มทดลองกับบล็อกอ้างอิงที่มีความหนา 13 มิลลิเมตร และใช้เป็นตัวแทนสีจริงของเซรามิก โดยอนุมานว่าความหนาของบล็อกอ้างอิงมากพอที่จะไม่ได้รับอิทธิพลจากสีพื้นหลังเช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Niu และคณะในปี 2013 (3) ซึ่งยังไม่มีการศึกษาใดที่สามารถบอก

ได้ว่าเซรามิกจะต้องมีความหนาเท่าใดถึงจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงของสีจากอิทธิพลของสีพื้นหลัง ทั้งนี้เพื่อศึกษาว่าผลลัพธ์ของสีจากกลุ่มทดลองผิดเพี้ยนไปจากสีจริงของเซรามิกมากเพียงใด เมื่อวัดค่าสีของแผ่นเรซินสีเหมือนฟันทั้ง 4 สีและบล็อกอ้างอิงมาเปรียบเทียบกัน พบว่าสี ND7 มีค่า L^* และ a^* ไม่แตกต่างกับสี ND5 แต่มีค่า b^* แตกต่างจากสีอื่น โดยเมื่อนำมาคำนวณหาความแตกต่างของสีกับบล็อกอ้างอิงจะพบว่า ND7 มีค่า ΔE_{ab} น้อยที่สุดและน้อยกว่าสีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่ามีสีใกล้เคียงกับบล็อกอ้างอิงมากที่สุด รองลงมาคือสี ND3, ND5 และ ND9 ตามลำดับ จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลการทดลองในครั้งนี้พบว่าค่า ΔE_{ab} ของเซรามิกบนสี ND7 มีค่าน้อยที่สุดในกลุ่มเซรามิกที่มีความหนาน้อยซึ่งได้รับอิทธิพลจากสีของพื้นหลังมาก ซึ่งงานวิจัยต่าง ๆ มีการใช้ค่าอ้างอิงที่แตกต่างกันเช่นการศึกษาของ Chaiyabutr และคณะ ในปี 2011 (5) ที่ใช้สี ND1 เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ อย่างไรก็ตามในงานวิจัยของ Czigola และคณะ ในปี 2019 (1) ที่ศึกษาเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตแคด/แคม บล็อก HT และ LT โดยใช้สี ND2 เป็นกลุ่มควบคุมก็พบว่าเซรามิกบนสี ND1 กลับมีค่า ΔE_{ab} มากกว่าสี ND3 ถึง ND7 ทั้ง ๆ ที่มีค่าความสว่างมากกว่าแต่มีความเป็นสีเหลืองน้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างระหว่างสีของเซรามิกและสีของเนื้อฟันก็สามารถส่งผลต่อการปิดสีของเซรามิกได้เช่นกันโดยยังมีสีมีความแตกต่างกันมากก็จะยิ่งส่งผลให้การปิดสีทำได้ยากขึ้น

งานวิจัยนี้เลือกใช้เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีของ Paravina และคณะ ในปี 2015 (11) เช่นเดียวกับหลายงานวิจัยในระยะหลัง (1,2,18,19) โดยพบว่าไม่มีกลุ่มทดลองใดเลยที่มีค่า ΔE_{ab} อยู่ภายในเกณฑ์ PT แสดงให้เห็นว่าทุกความหนาของเซรามิกมีการเปลี่ยนแปลงของสีที่มองเห็นได้ด้วยตามนุษย์ในทุกสีพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟัน และสำหรับเกณฑ์ AT พบว่าเซรามิกที่มีความหนาดั้งแต่ 1.0 มิลลิเมตรขึ้นไปสามารถปิดสี ND7 ได้ และที่ความหนา 1.5 มิลลิเมตรขึ้นไปสามารถปิดสี ND3 และ ND5 ได้ ในขณะที่สี ND9 นั้นไม่สามารถถูกปิดได้แม้ว่าจะใช้ความหนา 2.0

มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ใช้เกณฑ์เดียวกันพบว่าบล็อก HT ในการศึกษาของ Czigola และคณะ ในปี 2019 (1) ที่ความหนา 1.5 มิลลิเมตร ไม่สามารถปิดสี ND1 ถึง ND9 ได้เลย แสดงให้เห็นว่าบล็อก MT สามารถปิดสีได้ดีกว่าบล็อก HT และสำหรับบล็อก LT ในการศึกษาของ Czigola และคณะ ในปี 2019 (1) และ Basegio และคณะ ในปี 2019 (18) พบว่าที่ความหนา 1.5 มิลลิเมตร ไม่สามารถปิดสี ND9 ได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามบล็อก LT ที่ความหนา 2.0 มิลลิเมตรยังคงไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนโดยอาจมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถปิดสีได้ดีกว่าบล็อก MT แต่ควรที่จะต้องมีการศึกษาเปรียบเทียบเพิ่มเติม

เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์จะยิงลำแสงซึ่งถูกกระจายออกเป็นความยาวคลื่นแสงช่วงต่าง ๆ แล้ววัดปริมาณแสงที่สะท้อนกลับจากวัตถุในแต่ละช่วงความยาวคลื่นแสง (20) โดยมีงานวิจัยที่พบว่าความขรุขระของพื้นผิวสามารถส่งผลกระทบต่อสีของเซรามิกเมื่อวัดด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ได้ (21) ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้การเคลือบผิวเซรามิกในทุกกลุ่มเพื่อให้เหมือนกับการใช้งานจริงในทางคลินิก สำหรับความขรุขระของพื้นผิวด้านใน (internal surface) นั้นยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบในจุดนี้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามทุกกลุ่มการทดลองมีการใช้ขั้นตอนการขัดที่เหมือนกัน ดังนั้นปัจจัยนี้จึงไม่มีผลกระทบให้เกิดความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

งานวิจัยนี้เลือกใช้เรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวสองรูปแบบเนื่องจากการศึกษาของ Kilinc และคณะ ในปี 2011 (22) พบว่าประสิทธิภาพการบ่มตัว (polymerization) ของเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยแสงจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญในเซรามิกที่มีความหนาเนื่องจากแสงส่องผ่านได้น้อยลง และแนะนำให้ใช้เรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวสองรูปแบบในกรณีที่เซรามิกมีความหนามากกว่า 1.5 มิลลิเมตร โดยทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงเพื่อให้ปฏิกิริยาการบ่มตัวที่สำคัญสิ้นสุดลงตามการศึกษาของ Yan และคณะ ในปี 2010 (10) มีหลายการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสีของเรซินซีเมนต์ส่งผลกระทบต่อสีที่มองเห็นของเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตได้โดยเฉพาะสีที่ (5,8,23)

อย่างไรก็ตามสีของเรซินซีเมนต์นั้นส่งผลกระทบต่อเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (1) ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกใช้เรซินซีเมนต์สีใสเพื่อลดผลกระทบที่อาจส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์สีของเซรามิก (17) นอกจากนี้เรซินซีเมนต์ที่ใช้มีโอโวเซอริน (Ivocerin) เป็นสารตั้งต้นการเกิดปฏิกิริยาด้วยแสง (photo initiator) ทำให้มีเสถียรภาพของสีที่ดีกว่าเรซินซีเมนต์แบบดั้งเดิมที่มีเอมีนตติยภูมิ (tertiary amines) เป็นส่วนประกอบซึ่งจะส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงของสีเมื่อเวลาผ่านไป (24) Vichi และคณะ ในปี 2000 (6) พบว่าเรซินซีเมนต์ที่มีความหนา 100 และ 200 ไมโครเมตรไม่ส่งผลกระทบต่ออย่างมีนัยสำคัญต่อสีที่มองเห็นของเซรามิกชนิดลูซิโตเบส (Lucite-based ceramic) และการศึกษาของ Niu และคณะ ในปี 2014 (23) พบว่าการเพิ่มความหนาของเรซินซีเมนต์สีที่บดจาก 100 ไป 300 ไมโครเมตรไม่ส่งผลกระทบต่อสีของเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นในการวิจัยนี้ซึ่งมีการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีความหนาเพียง 100 ไมโครเมตรจึงไม่ส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์สีของเซรามิกในการทดลอง

สุดท้ายนี้การทดลองในครั้งนี้มีการเก็บชิ้นงานไว้ในกล่องปิดทึบที่แห้งแตกต่างจากสภาพแวดล้อมจริงในช่องปากที่ชิ้นงานจะแช่อยู่ในน้ำลาย โดยปกติแล้วเซรามิกจะไม่มีการดูดซึมน้ำเข้าไปในพื้นผิว (25) แต่น้ำสามารถเกิดการแทรกซึมเข้าไปตามรอยแตกระดับจุลภาค (micro crack) บนผิวของเซรามิกได้โดยเฉพาะเซรามิกที่มีพื้นผิวไม่เรียบและไม่มีการเคลือบผิว โดยไปทำลายโครงสร้างแหะซิลิกาและลดความเป็นผลึก (crystallinity) ของเซรามิกทำให้เกิดการดูดซับสารสีจากสภาพแวดล้อมได้มากขึ้น (26) อย่างไรก็ตาม Gawriolek และคณะ ในปี 2012 (27) พบว่าค่า ΔE_{ab} ของเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อแช่ในน้ำกลั่น เช่นเดียวกันกับ Palla และคณะ ในปี 2018 (26) ซึ่งทดสอบเสถียรภาพของสีของเซรามิกด้วยการบ่มเทียม (artificial aging) ในน้ำด้วยเครื่องเทอร์โมไซคลิง (thermocycling) พบว่าสีของเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตมีการเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อยหลังการจำลองการใช้งานในช่องปากเป็นเวลา 3 ปี โดยไอพีเอสอีแมกซ์แคดมีค่า ΔE_{ab} น้อยกว่า 1 ซึ่ง

ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างออกด้วยตามนุษย์ แสดงให้เห็นว่าเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตมีเสถียรภาพของสีที่ตีมากและมีการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อแช่ในน้ำกลั่นที่ไม่มีสี ดังนั้นปัจจัยนี้จึงไม่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาทดลอง

งานวิจัยนี้เลือกใช้เซรามิกสี A2 เพียงสีเดียวซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยสีฟันตัดบนตามการศึกษาของ Karaman และคณะ ในปี 2019 (28) แม้ว่าเซรามิกจะเป็นชนิดเดียวกันและมีความหนาเท่ากันแต่หากมีสีที่ต่างกันจะส่งผลกระทบต่อทะลุผ่านของแสงและทำให้มีสมรรถนะทางแสงที่ต่างกันได้ (23) อีกทั้งงานวิจัยนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการทำให้มีข้อจำกัดบางปัจจัยเช่นการไม่มีน้ำลายมาเกี่ยวข้อง การใช้วัสดุเรซินสีเหมือนฟันซึ่งมีลักษณะแตกต่างกับเนื้อฟันธรรมชาติ การใช้แผ่นเซรามิกซึ่งมีความหนาสม่ำเสมอแตกต่างจากวีเนียร์ที่มีความหนาไม่เท่ากันตลอดทั้งชิ้นงาน นอกจากนี้ผลการวิจัยที่ได้จำกัดอยู่เพียงตามชนิดและสีของวัสดุที่ใช้ทดลองเท่านั้นไม่ครอบคลุมถึงเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตระบบอื่นหรือสีอื่น รวมถึงการใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์ชนิดอื่นและสีอื่นได้ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อผลลัพธ์สีของเซรามิกและอาจทำให้ได้ผลการทดลองที่ต่างออกไปเมื่อเปลี่ยนแปลงปัจจัยดังกล่าว ดังนั้นจึงควรที่จะมีการศึกษาในเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตและเรซินซีเมนต์สีอื่น รวมถึงการเปรียบเทียบกับเซรามิกชนิดความโปร่งแสงมากและการวิจัยในทางคลินิกเพิ่มเติมเพื่อผลลัพธ์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

บทสรุป (Conclusion)

ความหนาของเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต แครด/แคม ความโปร่งแสงปานกลาง และสีพื้นหลังเรซินสีเหมือนฟันส่งผลให้เซรามิกมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีที่มองเห็นแตกต่างกัน โดยกลุ่มการทดลองส่วนใหญ่มีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีที่มองเห็นมากกว่าเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสีที่สามารถยอมรับได้

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณเลียบทันตกรรมเคอิชิกาคีและคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ใน การให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่ทดลองจน ได้รับการอำนวยความสะดวกจากเจ้าหน้าที่จนสามารถบรรลุป่าประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้ได้ และได้รับทุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทเงินรายได้หน่วยงาน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีงบประมาณ 2564

การขัดกันแห่งผลประโยชน์ส่วนบุคคลและผลประโยชน์ส่วนรวม

ในงานวิจัยฉบับนี้ทางผู้วิจัยมิได้มีผลประโยชน์ทับซ้อนหรือได้รับการสนับสนุนจากภาคเอกชน ตัวแทนจำหน่าย หรือห้างร้านอื่น ๆ แต่อย่างใด

เอกสารอ้างอิง

1. Czigola A, Abram E, Kovacs Z, Márton K, Hermann P, Borbely J. Effects of substrate, ceramic thickness, translucency, and cement shade on the color of CAD/CAM lithium-disilicate crowns. *J Esthet Restor Dent.* 2019;31(5):457-64.
2. Basso G, Kodama A, Pimentel A, R. Kaizer M, Della Bona A, Moraes R, et al. Masking colored substrates using monolithic and bilayer CAD-CAM ceramic structures. *Oper Dent.* 2017; 42(4):387-95.
3. Niu E, Agustin M, Douglas R. Color match of machinable lithium disilicate ceramics: effects of foundation restoration. *J Prosthet Dent.* 2013;110(6):501-9.
4. Sethakamnerd P, Leeviloj C. Masking ability of two ceramics with different thicknesses on various substrates. *M Dent J* 2017;37(2):233-42.

5. Chaiyabutr Y, Kois JC, LeBeau D, Nunokawa G. Effect of abutment tooth color, cement color, and ceramic thickness on the resulting optical color of a CAD/CAM glass-ceramic lithium disilicate-reinforced crown. *J Prosthet Dent.* 2011;105(2):83-90.
6. Vichi A, Ferrari M, Davidson C. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *J Prosthet Dent.* 2000;83(4):412-7.
7. Ivoclar Vivadent AG. Scientific Documentation IPS e.max® CAD on [Internet]. Liechtenstein: Ivoclar; 2011 [cited 2022 January]. Available from: https://ivodent.hu/_docs/769_0b0bfa527ac0e5b766299f6c1a4ab53b.pdf.
8. Dede D, Sahin O, Ozdemir O, Yilmaz B, Celik E, Koroglu A. Influence of the color of composite resin foundation and luting cement on the final color of lithium disilicate ceramic systems. *J Prosthet Dent.* 2017;117(1):138-43.
9. Saavedra G, Ariki E, Federico C, Galhano G, Zamboni S, Baldissara P, et al. Effect of acid neutralization and mechanical cycling on the microtensile bond strength of glass-ceramic inlays. *Oper Dent.* 2009;34(2):211-6.
10. Yan Y, Kim Y, Kim KH, Kwon TY. Changes in Degree of Conversion and Microhardness of Dental Resin Cements. *Oper Dent.* 2010;35(2):203-10.
11. Paravina R, Ghinea RI, Herrera L, Della Bona A, Igiel C, Linninger M, et al. Color Difference Thresholds in Dentistry. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27(Suppl 1):S1-9. doi: 10.1111/jerd.12149. Epub 2015 Apr 17.
12. Al Ben Ali A, Kang K, Finkelman MD, Zandparsa R, Hirayama H. The effect of variations in translucency and background on color differences in CAD/CAM lithium disilicate glass ceramics. *J Prosthodont.* 2014;23(3):213-20.
13. Peixoto RT, Paulinelli VM, Sander HH, Lanza MD, Cury LA, Poletto LT. Light transmission through porcelain. *Dent Mater.* 2007;23(11):1363-8.
14. Kosonittikul R, Chatrchaiwattana S, Junteevee N. Spectrophotometric analysis of optical translucency, opalescence, and contrast of leucite ceramic for CAD-CAM restoration as a role of ceramic thickness. *KKU Res J.* 2008;8(1):81-97.
15. Ge C, Green CC, Sederstrom D, McLaren E, Chalfant J, White S. Effect of tooth substrate and porcelain thickness on porcelain veneer failure loads in vitro. *J Prosthet Dent.* 2018;120(1):85-91.
16. Martins F, Vasques W, Fonseca E. How the variations of the thickness in ceramic restorations of lithium disilicate and the use of different photopolymerizers influence the degree of conversion of the resin cements: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont.* 2019;28(1):e395-e403. doi: 10.1111/jopr.12920.
17. Azer S, Rosenstiel S, Seghi R, Johnston W. Effect of substrate shades on the color of ceramic laminate veneers. *J Prosthet Dent.* 2011;106(3):179-83.
18. Basegio M, Pecho O, Ghinea RI, Perez M, Della Bona A. Masking ability of indirect restorative systems on tooth-colored resin substrates. *Dent Mater.* 2019;35(6):e122-e130. doi: 10.1016/j.dental.2019.03.001.

19. Soim A, Strimbu M, Alexandru B, Culic B, Ducea D, Gasparik C. Translucency and masking properties of two ceramic materials for heat-press technology. *J Esthet Restor Dent.* 2018;30(2):E18-E23. doi: 10.1111/jerd.12358.

20. Alghazali N, Burnside G, Smith R, Preston AJ, Jarad F. Performance assessment of Vita Easy Shade spectrophotometer on colour measurement of aesthetic dental materials. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2011;19(4):168-74.

21. Maciel L, Silva C, Jesus R, Concílio L, Kano S, Xible A. Influence of polishing systems on roughness and color change of two dental ceramics. *J Adv Prosthodont.* 2019;11(4):215-22.

22. Kilinc E, Antonson S, Hardigan P, Kesercioglu A. The effect of ceramic restoration shade and thickness on the polymerization of light- and dual-cure resin cements. *Oper Dent.* 2011;36(6):661-9.

23. Niu E, Agustin M, Douglas R. Color match of machinable lithium disilicate ceramics: effects of cement color and thickness. *J Prosthet Dent.* 2014;111(1):42-50.

24. Alkhudhairy F, Vohra F, Naseem M, Owais MM, Amer AHB, Almutairi KB. Color stability and degree of conversion of a novel dibenzoyl germanium derivative containing photopolymerized resin luting cement. *J Appl Biomater Funct Mater.* 2020;18:2280800020917326. doi: 10.1177/2280800020917326.

25. Liebermann A, Vehling D, Eichberger M, Stawarczyk B. Impact of storage media and temperature on color stability of tooth-colored CAD/CAM materials for final restorations. *J Appl Biomater Funct Mater.* 2019;17(4):2280800019836832. doi: 10.1177/2280800019836832.

26. Palla ES, Kontonasaki E, Kantiranis N, Papadopoulou L, Zorba T, Paraskevopoulos KM, et al. Color stability of lithium disilicate ceramics after aging and immersion in common beverages. *J Prosthet Dent.* 2018;119(4):632-42.

27. Gawriolek M, Sikorska E, Ferreira LF, Costa AI, Khmelinskii I, Krawczyk, et al. Color and luminescence stability of selected dental materials in vitro. *J Prosthodont.* 2012 ;21(2):112-22.

28. Karaman T, Altintas E, Eser B, Talo Yildirim T, Oztekin F, Bozoglan A. Spectrophotometric evaluation of anterior maxillary tooth color distribution according to age and gender. *J Prosthodont.* 2019;28(1):e96-e102. doi: 10.1111/jopr.12783.

ติดต่อบทความ

อ.ทพ.นทีธร พฤกษ์วัชรกุล

ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เลขที่ 114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110

โทรศัพท์: 02 649 5000 ต่อ 15112

อีเมล: nateetorn@swu.ac.th

Corresponding author

Dr. Nateetorn Plukwatchalakul

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

Tel: (662) 649 5000 ext 15112

E-mail: nateetorn@swu.ac.th