

ผลของการปรับปรุงผิวโทเทเนียมด้วยกระบวนการอโนไดซ์และ ความหนาของเซรามิกต่อความสามารถในการปิดสีหลักยึดรากเทียม ของเซรามิกแอควานซ์ลิเทียมไดซิลิเกต

วิบูลย์ ไพบูลย์กอบกุล* ณัฐพล กิตติคุณเดชา* บุษยาบุษ บุษยนาม* ปวีชญา อินทจักร*
อภิรัตน์ ฤทธิวีฑู* กตัญญู หลิมไชยกุล* ชาญศิกดิ์ สุขะจินตนาภาญจน์*

บทคัดย่อ

จุดประสงค์: เพื่อศึกษาความสามารถในการปิดสีหลักยึดรากเทียมประเภทต่างๆ ของเซรามิกชนิดแอควานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตที่มีความหนาต่างๆเปรียบเทียบกับเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต

วัสดุและอุปกรณ์: ชิ้นงานเซรามิกถูกเตรียมจากบล็อกเซเรคเทสเซอร์และไอพีเอสอีแมกแคดความโปร่งแสงปานกลาง สี A2 แบ่งเป็น 4 กลุ่มความหนา คือ 1.0 1.5 2.0 และ 2.5 มิลลิเมตร กลุ่มละ 8 ชิ้น วัดค่าสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เพื่อใช้ในการหาค่าความโปร่งแสงและค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกบนพื้นหลังโทเทเนียมและโทเทเนียมที่ผ่านการทำอโนไดซ์สีเหลืองกับบล็อกอ้างอิง สำหรับค่าความโปร่งแสงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางและการจับคู่แบบทูกีย์ สำหรับค่าความแตกต่างของสีใช้การทดสอบครัสคาล-วัลลิสและการเปรียบเทียบเพอร์ไวส์ ($\alpha = 0.05$) ร่วมกับเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของสี

ผลการทดลอง: ชนิดและความหนาของเซรามิกมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าความโปร่งแสง ความหนาและชนิดของโทเทเนียมมีผลต่อค่าความแตกต่างของสีซึ่งแตกต่างกันออกไปตามชนิดของเซรามิก

สรุปผล: เซรามิกชนิดแอควานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตมีค่าความโปร่งแสงต่ำกว่า และสามารถปิดสีหลักยึดรากเทียมได้ทั้งโทเทเนียมและโทเทเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์เป็นสีเหลือง ในขณะที่เซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตต้องใช้การอโนไดซ์หลักยึดรากเทียมโทเทเนียมเป็นสีเหลืองเพื่อช่วยในการสร้าง ความกลมกลืนของสีกับชิ้นงานบูรณะ

คำสำคัญ: หลักยึดรากเทียม แคด/แคม ความสามารถในการปิดสี

วันที่รับ: 3 พฤษภาคม 2567
วันที่แก้ไข: 30 กรกฎาคม 2567
วันที่ตอบรับ: 13 กันยายน 2567

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

Effect of Titanium Anodizing and Thickness of Ceramic on Masking Ability of Advanced Lithium Disilicate for Titanium Implant Abutments

Vibul Paisankobrit* Nuttaphon Kittikundecha* Boonyanood Boonnamma*
Papichaya Intajak* Apirat Ritthiti* Katanyoo Limchaikul* Charnsak Sukajintanakarn*

Abstract

Objective: The purpose of this vitro study was to determine masking ability for different implant abutment substrates of Advanced lithium disilicate comparing Lithium disilicate

Materials and methods: 2 types of CAD/CAM glass-ceramic blocks: IPS e.max CAD (ECAD), and CEREC tessera (TESS) with medium translucency (MT) in shade A2 were sectioned into 4 groups of thickness (1.0 mm, 1.5 mm, 2.0 mm, and 2.5 mm), containing 8 pieces per group. Implant abutment backgrounds were fabricated from titanium (Ti) and yellow anodized titanium (TiY). The translucency parameters (TP_{00}), and the color differences (ΔE_{00}) of ceramic were measured by dental spectrophotometer. Statistical analysis was made by Two - way ANOVA and Tukey post hoc tests for TP_{00} values ($\alpha = 0.05$). The ΔE_{00} values were analyzed by Kruskal-Wallis and Pairwise comparison ($\alpha=0.05$). Additionally, the data were analyzed considering the acceptability (AT) and perceptibility thresholds (PT).

Results: Type of ceramic and thicknesses significantly influenced TP_{00} . Thicknesses of ceramic and type of titanium background significantly influenced ΔE_{00} .

Conclusion: Translucency parameter of Advanced lithium disilicate was lower than Lithium disilicate. Advanced lithium disilicate was able to mask color of both titanium and yellow anodized titanium. Lithium disilicate together with yellow anodized titanium were able to mask metallic color of titanium.

Keywords: Implant abutment, CAD/CAM, Masking ability

Received Date: May 3, 2024

Revised Date: Jul 30, 2024

Accepted Date: Sep 13, 2024

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

บทนำ (Introduction)

การให้การรักษาทางทันตกรรมในปัจจุบันนั้น ทันตกรรมดิจิทัล (digital dentistry) เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมและถูกนำเข้ามาใช้มีบทบาทในการรักษาเพื่ออำนวยความสะดวกในหลาย ๆ ด้าน (1) เช่น การสร้างชิ้นงานบูรณะ ทันตกรรมรากเทียม เป็นต้น ระบบแคดแคม (CAD/CAM system) เป็นทันตกรรมดิจิทัลประเภทหนึ่งที่มีการนำเอาระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสร้างชิ้นงานบูรณะต่างๆ (2) ซึ่งส่งผลให้ลดข้อผิดพลาดของขั้นตอนการผลิตชิ้นงาน และช่วยลดระยะเวลาในการผลิตชิ้นงาน (1) ปัจจุบันได้มีกลุ่มวัสดุทางทันตกรรมที่สามารถใช้กับระบบแคดแคมถูกผลิตขึ้นมาหลากหลายชนิด (3-4) รวมถึงเซรามิกกลุ่มกลาสเซรามิกลิเทียมไดซิลิเกตซึ่งเป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมในการนำมาสร้างชิ้นงานบูรณะและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (4)

เซรามิกกลุ่มแอตวานซิลิเทียมไดซิลิเกต (advanced lithium disilicate) เป็นเซรามิกกลุ่มกลาสเซรามิกลิเทียมไดซิลิเกตกลุ่มใหม่ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาในปี 2021 โดยบริษัทเดนทิสพลาย ชิโรนา (Dentsply Sirona) สามารถใช้งานกับระบบแคดแคมได้ (5-6) มีชื่อทางการค้าว่าเซเรคเทสเซรา (CEREC Tessera) เป็นเซรามิกที่ได้รับการพัฒนาปรับปรุงองค์ประกอบโดยมีส่วนของผลึกเป็นผลึกลิเทียมไดซิลิเกต (lithium disilicate : $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) ร่วมกับผลึกเวอร์จิลไลท์ (virgillite: $\text{Li}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{Si}_{2.5}\text{O}_6$) หรือผลึกลิเทียมอะลูมิเนียมซิลิเกต และมีเซอร์โคเนียเป็นองค์ประกอบอยู่ในวัฏภาคแก้ว (glassmatrix) (5-6) ทำให้เซรามิกชนิดนี้มีความแข็งแรงถึง 700 เมกะปาสคาล นอกจากนี้ยังสามารถขึ้นรูปด้วยเวลาที่รวดเร็วโดยการเผาตามเตาที่ผู้ผลิตแนะนำภายในเวลา 4 นาที 30 วินาที (5) ช่วยลดเวลาการทำงานของทันตแพทย์และช่างทันตกรรม และยังมีสีและความโปร่งแสงหลากหลายให้ทันตแพทย์เลือกใช้ในการสร้างชิ้นงานบูรณะให้เหมาะสมกับผู้ป่วย

การบูรณะฟันธรรมชาติชิ้นงานบูรณะกลุ่มเซรามิกล้วน (all ceramic restorations) มีความใส (translucency) ทำให้แสงสามารถส่องผ่านได้ดีร่วมกับสีของเนื้อฟันภายใต้ชิ้นงานบูรณะทำให้ชิ้นงานบูรณะที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถลอกเลียนลักษณะได้ใกล้เคียง

กับฟันธรรมชาติ (7-8) แต่นอกจากความสามารถที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นในบางกรณีที่เนื้อฟันเดิมมีสีที่ไม่พึงประสงค์ เช่น สีเข้มกว่าฟันข้างเคียง หรือมีสีของโลหะ การนำเอาชิ้นงานบูรณะกลุ่มเซรามิกล้วนมาใช้ในการปิดสีเนื้อฟันเหล่านี้ เรียกว่าเป็นความสามารถในการปิดสี (masking ability) ของวัสดุกลุ่มเซรามิกล้วน (9) การมีความสามารถในการปิดสีของเซรามิกที่เหมาะสมส่งผลให้ชิ้นงานบูรณะมีสีสุดท้าย (final color) เหมือนฟันข้างเคียง นอกจากความนิยมในการนำวัสดุกลุ่มเซรามิกล้วนมาบูรณะฟันธรรมชาติแล้วนั้นการนำวัสดุกลุ่มเซรามิกล้วนมาใช้ในการบูรณะครอบฟันบนรากเทียม (dental implant) ก็เป็นสิ่งที่ได้รับความนิยมเช่นกัน (10-11)

การบูรณะด้วยรากเทียมเป็นหนึ่งในทางเลือกการรักษาสำหรับการใส่ฟันทดแทนบริเวณสันเหงือกกว้าง เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมและมีอัตราการความสำเร็จของการรักษาสูง (12) หลักยึดรากเทียม (implant abutment) เป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งของรากเทียมทำหน้าที่เป็นส่วนที่รองรับชิ้นงานบูรณะ (13) วัสดุกลุ่มโลหะไทเทเนียม (titanium) เป็นกลุ่มที่นิยมนำมาใช้ในการทำหลักยึดรากเทียม (10) เนื่องจากการสมบัติเชิงกล (mechanical property) ที่ดีและคุณสมบัติความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) แต่สีเทาของโลหะไทเทเนียมเป็นข้อพิงระวังอย่างหนึ่งในการสร้างชิ้นงานบูรณะ เนื่องจากหากเลือกวัสดุบูรณะที่มีความใสมากเกินไปหรือมีความหนาไม่เพียงพอ สีของโลหะอาจจะสะท้อนออกมาและส่งผลกระทบต่อความสวยงาม (10-12) จึงเกิดการคิดค้นวิธีการในการพัฒนาทั้งวัสดุผลิตชิ้นงานบูรณะให้มีความสามารถในการปิดสีพื้นหลังที่มีลักษณะทึบหรือมีสีเข้มผิดปกติ (10-12,14) หรือการปรับปรุงหลักยึดรากเทียมดังเช่นการปรับผิวของโลหะไทเทเนียมด้วยกระบวนการอโนไดซ์ (anodization) ซึ่งเป็นกระบวนการทางไฟฟ้าทำให้สีของโลหะไทเทเนียมเปลี่ยนจากสีเทาเป็นสีต่างๆ ช่วยลดการปรากฏของสีเทาจากโลหะ (15) และยังพบว่าหลักยึดรากเทียมไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์ให้เป็นสีเหลืองนั้นส่งผลในเรื่องความสวยงามของชิ้นงานบูรณะรวมถึงความสวยงามของเนื้อเยื่อออรอบๆ รากเทียมได้ดีกว่าหลักยึดรากเทียมไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์ให้

เป็นสีอื่นๆ (16-18) โดยที่ยังคงมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี และความเข้ากันได้ทางชีวภาพของไทเทเนียมอยู่ (16)

การสร้างชิ้นงานบูรณะครอบฟันบนรากเทียม เป็นสิ่งที่ท้าทายสำหรับทันตแพทย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในบริเวณฟันหน้าซึ่งเป็นบริเวณที่ต้องการความสวยงาม ทั้งการเลือกใช้หลักยึดรากเทียมหรือการเลือกใช้วัสดุ ในการทำครอบฟัน ล้วนแต่ส่งผลต่อความสวยงามของ ชิ้นงานบูรณะ (11-12,14) การใช้สีของครอบฟันจาก วัสดุกลุ่มเซรามิกล้วนมาช่วยในการปกปิดสี (color masking) ของหลักยึดรากเทียมก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ที่สามารถช่วยในเรื่องของความสวยงาม วัสดุกลุ่มเซรามิก ล้วนหลากหลายประเภทถูกนำไปใช้ในการศึกษา ความสามารถในการปิดสีเนื้อฟันในการบูรณะเนื้อฟัน ธรรมชาติ จากการศึกษาหลาย ๆ การศึกษา (19-23) พบว่ามีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการปิด สีเนื้อฟันธรรมชาติของวัสดุกลุ่มเซรามิกล้วน และพบว่า แต่ละปัจจัยจะส่งผลต่อความสามารถในการปิดสีเนื้อฟัน ธรรมชาติของเซรามิกล้วนที่แตกต่างกันออกไปตาม ชนิดของวัสดุกลุ่มเซรามิกล้วน แต่ในขณะเดียวกันการ ศึกษาถึงความสามารถในการปิดสีหลักยึดรากเทียมของ วัสดุเซรามิกล้วนยังมีการศึกษาที่ไม่หลากหลายและยัง ไม่มีความชัดเจน

วัสดุกลุ่มกลาสเซรามิกลิเทียมไดซิลิเกตเป็น วัสดุอีกกลุ่มที่มีความน่าสนใจในการนำมาทำครอบฟัน สำหรับรากเทียมด้วยคุณสมบัติด้านความสวยงาม สามารถลอกเลียนฟันธรรมชาติได้ดีและมีความแข็งแรงสามารถรองรับแรงบดเคี้ยวได้ อีกทั้งวัสดุกลุ่มนี้ มีรูปแบบที่สามารถขึ้นรูปได้ด้วยกระบวนการทางแคดแคม ทำให้ลดขั้นตอนการทำงานของทันตแพทย์และ ลดข้อผิดพลาดของชิ้นงาน เหมาะสำหรับการนำมาทำ ชิ้นงานบูรณะในฟันธรรมชาติและครอบฟันสำหรับ รากเทียม รวมไปถึงวัสดุกลุ่มนี้ยังมีการพัฒนาคุณสมบัติ ต่างๆ อย่างต่อเนื่องดังเช่น เซรามิกกลุ่มแอตวานซ์ ลิเทียมไดซิลิเกตซึ่งเป็นหนึ่งในกลุ่มกลาสเซรามิกลิเทียม ไดซิลิเกตที่ได้รับการพัฒนาในด้านความแข็งแรง ความสวยงาม และการขึ้นรูปชิ้นงานที่รวดเร็วด้วยกระบวนการ แคดแคม ประกอบกับยังไม่มีการศึกษาที่หลากหลาย และชัดเจนเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุประเภทนี้

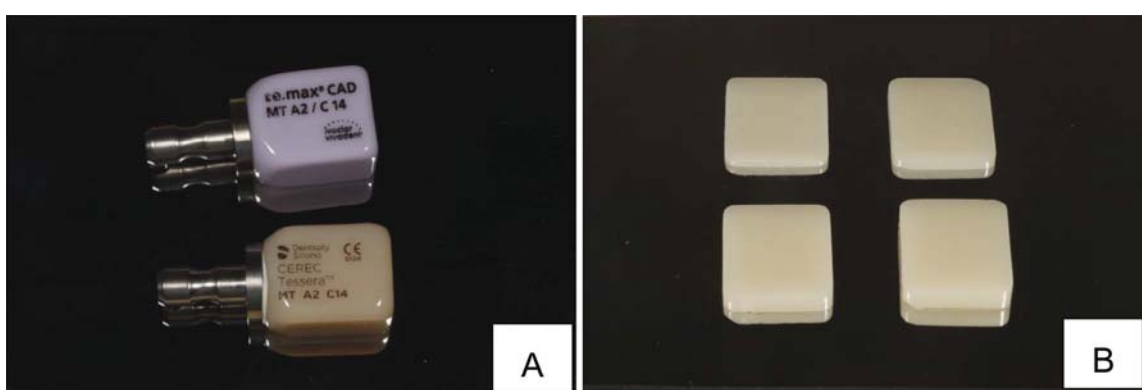
การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาความสามารถในการปิดสีวัสดุสำหรับหลักยึด รากเทียมโดยใช้เซรามิกกลุ่มแอตวานซ์ลิเทียมไดซิลิเกต ที่มีความหนาแตกต่างกันเปรียบเทียบกับเซรามิกกลุ่ม ลิเทียมไดซิลิเกตที่เป็นเซรามิกกลุ่มกลาสเซรามิกแบบ ตั้งเดิมที่มีการศึกษาวิจัยอย่างแพร่หลายในแง่ของ ความสามารถในการปิดสีและคุณสมบัติทางแสงด้วย การวัดค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกบนพื้นหลังที่ จำลองมาจากวัสดุในการทำหลักยึดรากเทียมไทเทเนียม และหลักยึดรากเทียมไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการ โอนโดซ์ให้เป็นสีเหลือง รวมทั้งวัดค่าความโปร่งแสง ของเซรามิกที่ความหนาที่ต่างกัน โดยมีสมมติฐานว่า สองข้อ ข้อแรกคือ ค่าความโปร่งแสงเซรามิกกลุ่ม แอตวานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตและเซรามิกกลุ่มลิเทียม ไดซิลิเกตมีค่าไม่แตกต่างกันที่ความหนาต่างๆ และ ข้อสองคือ ค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกกลุ่ม แอตวานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตและเซรามิกกลุ่มลิเทียม ไดซิลิเกตที่ความหนาต่างๆไม่แตกต่างกันบนพื้นหลัง ชนิดต่างๆ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (materials and methods)

เตรียมชิ้นงานแผ่นเซรามิกด้วยบล็อกเซเรทเทสเซอร์ (CEREC Tessera, Dentsply Sirona, USA; TESS) เป็นตัวแทนของเซรามิกชนิดแอตวานซ์ลิเทียมไดซิลิเกต และบล็อกไอพีเอสอีแมกแคด (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein; ECAD) เป็นตัวแทน ของเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต โดยทั้งสองชนิดเลือก ความโปร่งแสงปานกลาง (medium translucency: MT) สี A2 ตัดบล็อกออกเป็นแผ่นเซรามิกขนาด 14 x 12 ตารางมิลลิเมตร แบ่งเป็น 4 ความหนา คือ 1.0 1.5 2.0 และ 2.5 มิลลิเมตร ความหนาละ 8 ชิ้น และนำบล็อก เซรามิกทั้งสองชนิดมาตัดส่วนของด้ามจับออกเป็นรูปทรง สีเหลี่ยมขนาด 14 x 12 x 15 ลูกบาศก์มิลลิเมตรเพื่อ เป็นบล็อกเซรามิกอ้างอิงในการวัดค่าความแตกต่าง ของสีด้วยเครื่องตัดใบเลื่อยเพชร (IsoMet 1000 precision saw, Buehler, USA) จากนั้นนำเซรามิก ด้านที่วัดค่าสีไปขัดผิวด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 (6) บนเครื่องขัดผิววัสดุ (Nano 1000T grinder polisher,

USA) และมีน้ำไหลผ่านตลอดเวลา ด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที ชัดอีกด้านด้วยกระดาษทรายเบอร์ 100 เพื่อปรับให้ได้ความหนาที่ต้องการ ± 0.02 มิลลิเมตร ตรวจสอบด้วยเครื่องดิจิตอลไมโครมิเตอร์ (Digital micrometer IP-65, Mitutoyo, Japan) จากนั้นนำแผ่นเซรามิกและบล็อกเซรามิกอ้างอิงไปทำความสะอาดเป็นเวลา 5 นาทีด้วยน้ำกลั่นในเครื่องล้างความถี่สูง (Sonorex Digitec DT31H, Bandelin, Germany) แล้วซับให้แห้ง จากนั้นทำการผสมผงและน้ำของสาร

เคลือบเงาผิวเซรามิกตามชนิดของเซรามิกตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ ทาสารเคลือบเงาบนแผ่นเซรามิกด้านที่จะทำการวัดค่าสี จากนั้นนำเซรามิกแต่ละชนิดไปเผาตามเตาและวิธีที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ โดยการเผาเซรามิกโอพีเอสอีแมกแคดเป็นการเผาเพื่อให้เกิดการตกผลึกอย่างสมบูรณ์และเพื่อการเคลือบเงา เซรามิกเซเรคเทสเซราเป็นการเผาเพื่อการเคลือบเงา หลังจากการเผาทั้งไว้ให้เซรามิกทั้งหมดเย็นตัวลง



รูปที่ 1 A: (บน) บล็อกเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต (ล่าง) บล็อกเซรามิกชนิดแอดวานซ์ลิเทียมไดซิลิเกต
B: แผ่นชิ้นงานเซรามิก 4 ความหนา

Fig. 1 A: Two types of ceramic (Top) Lithium disilicate CAD-CAM block
(Bottom) Advanced lithium disilicate CAD-CAM block
B: Ceramic specimens in 4 thicknesses.

เตรียมแผ่นพื้นหลังจำลองหลักยึดรากเทียม ในการวัดค่าความแตกต่างของสีนั้นทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Tinkercad สร้างรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด 14 x 12 x 2 ลูกบาศก์มิลลิเมตรเป็นไฟล์ .stl จากนั้นส่งขึ้นรูปทำชิ้นงานที่แลปทันตกรรม

เป็นแผ่นพื้นหลังจำลองหลักยึดรากเทียม 2 ประเภทคือ แผ่นพื้นหลังไทเทเนียมที่ไม่ผ่านกระบวนการออกซิไดซ์ (Ti) และแผ่นพื้นหลังไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการออกซิไดซ์เป็นสีเหลือง (TiY)



รูปที่ 2 แผ่นพื้นหลังไทเทเนียมที่ไม่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์และไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์เป็นสีเหลือง

Fig. 2 Titanium and yellow anodized titanium backgrounds.

การวัดค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกบนแผ่นพื้นหลังและค่าความโปร่งแสงของเซรามิกทั้งสองชนิด จะทำการวัดค่าสีโดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (VITA Easyshade V, Vita Zahnfabrik, Germany)

โดยให้ตำแหน่งปลายหัววัดอยู่ที่กึ่งกลางของแผ่นเซรามิกด้านที่ทำการเคลือบเงา ทำการวัดภายใต้กล่องสีดำเพื่อตัดแสงรบกวนจากภายนอก เปรียบเทียบค่าสีทุกครั้งก่อนการวัดค่าสีครั้งใหม่



รูปที่ 3 เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

Fig. 3 spectrophotometer VITA Easyshade V.

การวัดค่าความโปร่งแสงจะทำการวัดค่าสีของ
เซรามิกบนพื้นหลังสีดำและสีขาว จากนั้นนำไปคำนวณ

ตั้งสมการค่าความโปร่งแสง (TP₀₀) อ้างอิงจากระบบ
ค่าสีซีไออีดีอี2000 (CIEDE2000) ดังต่อไปนี้

$$TP_{00} = \sqrt{\left(\frac{L'_B - L'_W}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{C'_B - C'_W}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{H'_B - H'_W}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{C'_B - C'_W}{K_C S_C}\right) \left(\frac{H'_B - H'_W}{K_H S_H}\right)^2}$$

โดย TP ₀₀	หมายถึงค่าความโปร่งแสงในระบบซีดีอี 2000
ΔL'	หมายถึงค่าความแตกต่างของความส่องสว่าง (luminosity)
ΔC'	หมายถึงค่าความแตกต่างของโครมา (chroma)
ΔH'	หมายถึงค่าความแตกต่างของฮิว (hue)
S _L	หมายถึงค่าน้ำหนักของความส่องสว่าง
S _C	หมายถึงค่าน้ำหนักของโครมา
S _H	หมายถึงค่าน้ำหนักของฮิว
K _L	หมายถึงค่าปัจจัยพารามิเตอร์ของความส่องสว่าง
K _C	หมายถึงค่าปัจจัยพารามิเตอร์ของโครมา
K _H	หมายถึงค่าปัจจัยพารามิเตอร์ของฮิว
R _T	หมายถึงค่าความสัมพันธ์ของโครมาและฮิวในสีฟ้า

ซึ่งแต่ละตัวแปร คือค่าของสีที่ทำการวัดเมื่อนำวัตถุไปวางยังพื้นหลังสีขาว (W) และพื้นหลังสีดำ (B)

การวัดค่าความแตกต่างของสีจะทำการยึดแผ่น
เซรามิกชนิดต่างๆเข้ากับแผ่นพื้นหลังโดยใช้ซีเมนต์ลอง
ลีฟินเนตลีไอ (Nexus3 Try in gel-clear, Kerr, USA)
โดยใช้แรงกด 2.5 นิวตัน (11) จากนั้นทำการวัดค่าสี
ภายในกล่องดำ หลังจากวัดค่าสีแล้วเช็ดทำความสะอาด
แผ่นเซรามิกและแผ่นพื้นหลังด้วยแอลกอฮอล์และนำ

ไปล้างด้วยน้ำกลั่นในเครื่องล้างความถี่สูงเป็นเวลา 5 นาที
แล้วซับให้แห้งก่อนการนำไปยึดเพื่อวัดค่าสีทุกครั้ง
ทำการวัดค่าสีบล็อกเซรามิกอ้างอิง และนำค่าสีทั้งหมด
ไปคำนวณเพื่อหาค่าความแตกต่างของสีตั้งสมการค่า
ความแตกต่างของสี (ΔE₀₀) อ้างอิงจากระบบค่าสีซีไอ
อีดีอี2000 (CIEDE2000) ดังต่อไปนี้

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)^2}$$

โดย ΔE ₀₀	หมายถึงค่าความแตกต่างของสีในระบบซีดีอี 2000
ΔL'	หมายถึงค่าความแตกต่างของความส่องสว่าง (luminosity)
ΔC'	หมายถึงค่าความแตกต่างของโครมา (chroma)
ΔH'	หมายถึงค่าความแตกต่างของฮิว (hue)
S _L	หมายถึงค่าน้ำหนักของความส่องสว่าง
S _C	หมายถึงค่าน้ำหนักของโครมา
S _H	หมายถึงค่าน้ำหนักของฮิว
K _L	หมายถึงค่าปัจจัยพารามิเตอร์ของความส่องสว่าง
K _C	หมายถึงค่าปัจจัยพารามิเตอร์ของโครมา
K _H	หมายถึงค่าปัจจัยพารามิเตอร์ของฮิว

จากนั้นนำค่าความแตกต่างของสี (ΔE_{00}) มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดย กำหนดให้

ค่า ΔE_{00} น้อยกว่า 0.8 เป็นค่าที่ไม่เห็นความแตกต่างของสี

ค่า ΔE_{00} ตั้งแต่ 0.8 ถึง 1.8 เป็นค่าที่สามารถรับรู้ถึงความแตกต่างของสี แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (perceptibility threshold; PT)

ค่า ΔE_{00} ที่มากกว่า 1.8 ขึ้นไป เป็นค่าความแตกต่างของสีที่ไม่สามารถยอมรับได้ เห็นความแตกต่างของสีได้ชัดเจน (acceptability threshold; AT)

ตามเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของสีอ้างอิงจากการศึกษาของ Paravina และคณะในปี 2015 (24)

ตารางที่ 1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

Table 1 The materials in the study.

ผลิตภัณฑ์	บริษัท	ส่วนประกอบ	เลขชุดการผลิต
IPS. e.max CAD	Ivoclar Vivadent	57-80% SiO ₂ ; 11-19% Li ₂ O; 0-13% K ₂ O; 0-11%P ₂ O ₅ ;0-8% ZnO; 0-12% others + coloring oxides	Z03G45
CEREC Tessera	Dentsply Sirona	Li ₂ Si ₂ O ₅ , 90% Li ₃ PO ₄ , 5% Li _{0.5} Al _{0.5} Si _{2.5} O ₆ (virgillite)	16013448

ในการวิเคราะห์ทางสถิติจะใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปเอสพีเอสเอส เวอร์ชัน 25 (SPSS statistics for Window Version 25.0, IBM® Corp., Armonk, New York USA) กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($\alpha=0.05$) โดยการทดสอบการแจกแจงของข้อมูล (Normality test) ทำการทดสอบด้วยสถิติชาปีโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างน้อยกว่า 50 ชิ้น จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความโปร่งแสงด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) จากนั้นทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มแบบทูกีย์ (Tukey honest significant difference test) สำหรับค่าความแตกต่าง

ของสีของเซรามิกจะทำการทดสอบครัสคาล-วัลลิส (Kruskal-Wallis test) จากนั้นทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโดยใช้การเปรียบเทียบเพอร์ไวส์ (Pairwise comparison)

ผลการศึกษา (Results)

จากการวิเคราะห์ค่าความโปร่งแสงด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง พบว่าปฏิสัมพันธ์ของความหนาและชนิดของเซรามิกมีอิทธิพลต่อค่าความโปร่งแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังตารางแสดงที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรความหนาและชนิดของเซรามิกของการวิเคราะห์ค่าความโปร่งแสง

Table 2 Two-way ANOVA showed interaction among ceramic thickness and type of ceramic in analysis of translucency parameter (TP₀₀).

source	df	Mean square	F	sig
Thickness	3	178.718	460.243	.000
Type	1	38.813	99.953	.000
Thickness*type	3	2.017	5.193	.003
Error	56	.388		
Total	64			

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของค่าความโปร่งแสงในตารางที่ 3 พบว่าเมื่อความหนาเพิ่มขึ้น ค่าความโปร่งแสงมีแนวโน้มจะลดลง โดยที่เซรามิกชนิดแอควานซ์ลิเทียมโดซิลิเกตจะมีค่าเฉลี่ยค่าความโปร่งแสงต่ำกว่าเซรามิกชนิดลิเทียมโดซิลิเกต

ทุกความหนา โดยพบว่าเซรามิกที่มีความโปร่งแสงสูงที่สุดคือเซรามิกชนิดลิเทียมโดซิลิเกตที่ความหนา 1.0 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 11.45 และเซรามิกที่มีค่าความโปร่งแสงต่ำที่สุดคือเซรามิกชนิดแอควานซ์ลิเทียมโดซิลิเกตที่ความหนา 2.5 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 2.49

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความโปร่งแสงของเซรามิกแต่ละกลุ่มการทดลอง

Table 3 Mean and standard deviation of TP₀₀ in each experimental group.

ชนิดของเซรามิก	ความหนา (มิลลิเมตร)/TP ₀₀			
	1.0	1.5	2.0	2.5
TESS	9.27 ± 0.69 ^{Aa}	6.73 ± 0.69 ^{Ab}	3.96 ± 0.39 ^{Ac}	2.49 ± 0.48 ^{Ad}
ECAD	11.45 ± 0.59 ^{Ba}	8.82 ± 0.94 ^{Bb}	5.25 ± 0.52 ^{Bc}	3.17 ± 0.53 ^{Bd}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยค่าความโปร่งแสงของเซรามิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดย

ตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าความโปร่งแสงของเซรามิกต่างชนิดที่ความหนาเดียวกัน

ตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าความโปร่งแสงของเซรามิกชนิดเดียวกันในความหนาที่ต่างกัน

ทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มแบบทุกก็พบว่าเมื่อความหนาเพิ่มขึ้น ค่าความโปร่งแสงมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และพบว่าค่าความโปร่งแสงของเซรามิกกลุ่มแอควานซ์ลิเทียมโดซิลิเกตมีค่าน้อยกว่าเซรามิกกลุ่มลิเทียมโดซิลิเกตทุกความหนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกชนิดแควานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตแต่ละกลุ่มการทดลอง

Table 4 Mean and standard deviation of ΔE_{00} in each experimental group of Advanced lithium disilicate.

ชนิดเซรามิก	พื้นหลัง	ความหนา (มิลลิเมตร)/ ΔE_{00}			
		1.0	1.5	2.0	2.5
TESS	Ti	6.50 ± 1.40 ^{Aa}	3.42 ± 1.44 ^{Aab}	*1.53 ± 0.15 ^{Ab}	*1.52 ± 0.48 ^{Ab}
	TiY	2.21 ± 0.75 ^{Ba}	*1.59 ± 0.40 ^{Ba}	*1.50 ± 0.47 ^{Aa}	*1.48 ± 0.25 ^{Aa}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดย

ตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกต่างชนิดที่ความหนาเดียวกัน

ตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกชนิดเดียวกันในความหนาที่ต่างกัน

เครื่องหมาย * แสดงถึงค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ค่า PT

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตแต่ละกลุ่มการทดลอง

Table 5 Mean and standard deviation of ΔE_{00} in each experimental group of Lithium disilicate.

ชนิดเซรามิก	พื้นหลัง	ความหนา (มิลลิเมตร)/ ΔE_{00}			
		1.0	1.5	2.0	2.5
ECAD	Ti	6.62 ± 0.93 ^{Aa}	4.52 ± 0.64 ^{Aab}	3.15 ± 0.37 ^{Abc}	2.26 ± 0.43 ^{Ac}
	TiY	2.94 ± 0.40 ^{Ba}	1.99 ± 0.54 ^{Bab}	*1.08 ± 0.42 ^{Bb}	*0.97 ± 0.68 ^{Bb}

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดย

ตัวพิมพ์ใหญ่แสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกต่างชนิดที่ความหนาเดียวกัน

ตัวพิมพ์เล็กแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกชนิดเดียวกันในความหนาที่ต่างกัน

เครื่องหมาย * แสดงถึงค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ค่า PT

เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของสี จากตารางที่ 4-5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกบนพื้นหลังประเภทต่างๆ พบว่าเซรามิกทั้งสองชนิดเมื่อความหนาเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความแตกต่างของสีมีแนวโน้มลดลง และเมื่อเปรียบเทียบชนิดของแผ่นพื้นหลังพบว่าเซรามิกบนพื้นหลังไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์เป็นสีเหลืองให้ค่าความแตกต่างของสีน้อยกว่าบนพื้นหลังไทเทเนียมที่ไม่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์ และเมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของสีร่วมกับเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของสีพบว่าเซรามิกที่ใช้ในการศึกษาวิจัยทุกกลุ่มให้ค่าความแตกต่างของสีมากกว่าเกณฑ์ค่า PT และมีบางกลุ่มให้ค่าความแตกต่างของสีน้อยกว่าค่า AT ได้แก่กลุ่มเซรามิกชนิดแอดวานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตที่ความหนา 2.0 และ 2.5 มิลลิเมตรบนพื้นหลังไทเทเนียมที่ไม่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์ และที่ความหนา 1.5 2.0 และ 2.5 มิลลิเมตรบนพื้นหลังไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์เป็นสีเหลือง กลุ่มเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตที่ความหนา 2.0 และ 2.5 มิลลิเมตรบนพื้นหลังไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์เป็นสีเหลือง

จากการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยการเปรียบเทียบแพร์ไวส์พบว่าเซรามิกทั้งสองชนิดบนพื้นหลังไทเทเนียมที่ไม่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์ที่ความหนา 1.0 มิลลิเมตรให้ค่าความแตกต่างของสีแตกต่างจากที่ความหนา 2.5 มิลลิเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 4-5) ในขณะที่เซรามิกชนิดแอดวานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตบนพื้นหลังไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์เป็นสีเหลืองให้ค่าความแตกต่างของสีไม่แตกต่างกันในทุกความหนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 4) เมื่อพิจารณาที่ชนิดของแผ่นพื้นหลังพบว่าเซรามิกทั้งสองชนิดที่ทุกความหนานบนพื้นหลังไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์เป็นสีเหลืองให้ค่าความแตกต่างของสีน้อยกว่าบนแผ่นพื้นหลังไทเทเนียมที่ไม่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นเซรามิกชนิดแอดวานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตที่ความหนา 2.0 และ 2.5 มิลลิเมตรบนพื้นหลังไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการ

อโนไดซ์เป็นสีเหลืองให้ค่าความแตกต่างของสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 4)

บทวิจารณ์ (discussion)

ความโปร่งแสงของวัตถุเป็นคำอธิบายลักษณะที่อยู่กึ่งกลางระหว่างความโปร่งใสและความทึบแสง (20,22,25) เป็นคุณสมบัติทางแสงของวัตถุที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่ผ่านเข้ามายังวัตถุและเกิดปฏิกิริยาทางแสง ไม่ว่าจะเป็นการส่องผ่านของแสง การสะท้อนแสง การกระเจิงแสง การหักเหของแสง หรือการดูดกลืนแสงของวัตถุ (6) ปริมาณของแสงที่ผ่านวัตถุได้มากเป็นการบ่งบอกว่าวัตถุนั้นมีลักษณะโปร่งแสงมาก และขณะเดียวกันหากแสงผ่านวัตถุได้น้อยก็แปลว่าวัตถุนั้นมีลักษณะทึบแสง ค่าความโปร่งแสงเป็นหนึ่งในวิธีการที่นิยมใช้วัดความโปร่งแสงของวัตถุในทางทันตกรรมโดยเป็นการหาค่าความแตกต่างของสีของวัตถุบนพื้นหลังสีขาวและพื้นหลังสีดำ โดยหากค่าความโปร่งแสงมีค่ามากก็จะเป็นการบอกว่าวัตถุนั้นมีความโปร่งแสงมาก (6,22,25-27)

จากการผลการทดลองพบว่าชนิดของเซรามิกและความหนาของเซรามิกส่งผลต่อค่าความโปร่งแสง (TP₀₀) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานว่างข้อที่ 1 โดยมีผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้า (22-23,25,28) โดยพบว่าชนิดและความหนาของเซรามิกทั้งสองปัจจัยนี้ล้วนส่งผลต่อค่าความโปร่งแสงของเซรามิก การศึกษาของ Arif และคณะในปีค.ศ. 2019 ได้ทำการสรุปว่าค่าความโปร่งแสงของเซรามิกจะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาของเซรามิกลดลง โดยที่การเปลี่ยนแปลงของค่าความโปร่งแสงนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของเซรามิก (28) ร่วมกับการศึกษาของ Popciutrita และคณะ ในปี ค.ศ.2021 ได้พบว่าชนิดและความหนาของเซรามิกส่งผลโดยตรงกับความโปร่งแสงของวัสดุบูรณะเซรามิกล้วน (23) เมื่อพิจารณาถึงชนิดของเซรามิกที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้พบว่าเซรามิกชนิดแอดวานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตมีความโปร่งแสงต่ำกว่าเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตที่ความหนา

เดียวกันในทุกความหนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้เนื่องจากเซรามิกชนิดแอควานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตมีเซอร์โคเนียเป็นส่วนประกอบของวัสดุภาคแก้ว จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเซอร์โคเนียมีลักษณะทึบแสง (6,10) ดังนั้นอาจเป็นสาเหตุให้เซรามิกชนิดแอควานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตมีความโปร่งแสงต่ำกว่าเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต อย่างไรก็ตาม การศึกษาถึงองค์ประกอบและคุณสมบัติทางแสงของเซรามิกชนิดแอควานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตมีการศึกษาที่น้อย และยังต้องการข้อมูลเพิ่มเติม ดังนั้นในอนาคตจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงองค์ประกอบและคุณสมบัติทางแสงของเซรามิกชนิดนี้ เมื่อพิจารณาถึงความหนาของเซรามิกพบว่าความหนาของเซรามิกมีอิทธิพลต่อปริมาณแสงที่ส่องผ่านเซรามิกกล่าวคือเซรามิกที่มีความหนามากจะส่งผลให้แสงผ่านเซรามิกชนิดนั้นได้น้อยทำให้เซรามิกชนิดนั้นมีความทึบแสงหรือความโปร่งแสงต่ำ ซึ่งเมื่อนำเซรามิกมาทำเป็นชิ้นงานนั้นชิ้นงานบุรณะเซรามิกล้วนที่มีความหนามาก มีลักษณะทึบแสงจะมีความสามารถในการปกปิดสีดั้งเดิมของเนื้อฟันที่ทันตแพทย์ไม่พึงประสงค์ได้ (27) ในทิศทางเดียวกันเซรามิกที่มีความบางหรือมีความหนาจะส่งผลให้แสงสามารถส่องผ่านได้มากทำให้วัสดุมีความโปร่งแสงมาก เมื่อชิ้นงานบุรณะมีความบาง มีความโปร่งแสงสูง ส่งผลทำให้สีดั้งเดิมของเนื้อฟันภายใต้ชิ้นงานบุรณะปรากฏขึ้นมาส่งผลต่อสีสุดท้ายของชิ้นงานและมีผลในด้านความสวยงาม (25) จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สามารถกล่าวได้ว่าหากนำเซรามิกชนิดแอควานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตมาสร้างเป็นชิ้นงานบุรณะจะได้ชิ้นงานบุรณะที่มีความทึบแสงมากกว่าเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต ประกอบกับหากชิ้นงานบุรณะนั้นมีความหนาที่มากเพียงพอก็จะสามารถปกปิดสีดั้งเดิมของเนื้อฟันที่ทันตแพทย์ไม่พึงประสงค์ได้

ค่าความโปร่งแสงของเซรามิกนั้นมีความเกี่ยวข้องกับความสามารถในการปิดสีของเซรามิก (22,25,27) โดยจากการศึกษาที่ผ่านมา (22) พบว่าเซรามิกที่มีความทึบแสงหรือมีความโปร่งแสงต่ำสามารถปิดสีวัตถุพื้นหลังได้ดีกว่าเซรามิกที่มีความโปร่งแสงสูงกว่า

แต่นอกจากค่าความโปร่งแสงแล้วยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อความสามารถในการปิดสีของเซรามิก ดังเห็นได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เมื่อพิจารณาความสามารถในการปิดสีหลักยึดรากเทียมประเภทต่างๆ ของเซรามิกทั้งสองชนิดจากการวัดค่าความแตกต่างของสี (ΔE_{00}) ของเซรามิกบนแผ่นพื้นหลังที่จำลองหลักยึดรากเทียมประเภทต่างๆ จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ปฏิเสธสมมติฐานว่างข้อที่ 2 โดยพบว่าเมื่อความหนาของเซรามิกมีการเพิ่มขึ้นจาก 1.0 มิลลิเมตร เป็น 2.5 มิลลิเมตรพบว่าค่าความแตกต่างของสีเซรามิกมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในเซรามิกทุกชนิดสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้า (10,11,14) ที่พบว่าเมื่อความหนาของเซรามิกมีผลต่อค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกทั้งค่าความแตกต่างของสีจากระบบค่าสีซีไออีแอลบี (ΔE_{ab}) และจากระบบค่าสีซีไออีดีอี 2000 (ΔE_{00}) บนหลักยึดรากเทียมประเภทที่แตกต่างกัน โดยเป็นไปในทำนองเดียวกันคือเมื่อความหนาเพิ่มขึ้นค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้พบข้อยกเว้นในเซรามิกชนิดแอควานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตบนพื้นหลังพื้นหลังโทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์เป็นสีเหลืองโดยพบว่าค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกที่แต่ละความหนาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าความหนาของเซรามิกมีผลน้อยต่อเซรามิกชนิดแอควานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตบนพื้นหลังโทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์เป็นสีเหลือง จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้นนั้นทำให้เห็นว่านอกจากความหนาของเซรามิกแล้ว ประเภทชนิดของแผ่นพื้นหลังหลักยึดรากเทียมก็ส่งผลต่อค่าความแตกต่างของสีของเซรามิก เมื่อพิจารณาที่ประเภทของแผ่นพื้นหลังที่จำลองหลักยึดรากเทียม การนำหลักยึดรากเทียมโทเทเนียมไปผ่านกระบวนการอโนไดซ์เป็นสีเหลืองให้ค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกลดลงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลในเรื่องความสามารถในการปิดสีของวัสดุบุรณะครอบฟันบนรากเทียม สอดคล้องกับการศึกษาวิจัยก่อนหน้า (16,17) พบว่าการหลักยึดรากเทียมโทเทเนียมไปผ่านกระบวนการอโนไดซ์เป็นสีเหลือง

ส่งผลให้ค่าความแตกต่างของสีทั้งค่าความแตกต่างของสีจากระบบค่าสีซีไออีแล็บ (ΔE_{ab}) และจากระบบค่าสีซีไออีดีอี 2000 (ΔE_{00}) ของเซรามิกมีค่าลดลง และส่งผลต่อความสวยงามของชิ้นงานบูรณะครอบฟันบนรากเทียม และยังมีการศึกษาพบว่า การนำหลักยึดรากเทียมไทเทเนียมมาผ่านกระบวนการอโนไดซ์เป็นสีเหลืองส่งผลให้เกิดความสวยงามของเหงือกโดยเฉพาะในบริเวณฟันหน้าบนซึ่งเป็นบริเวณที่ต้องการความสวยงามสูงสุด (16,18)

เมื่อพิจารณาความสามารถในการปิดสีแผ่นฟันหลังประเภทต่างๆ ของเซรามิก ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้พบว่า เซรามิกชนิดแอตวานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตที่มีความหนา 2.0 และ 2.5 มิลลิเมตรบนพื้นหลังไทเทเนียมที่ไม่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์ ที่ความหนา 1.5 2.0 และ 2.5 มิลลิเมตร บนพื้นหลังไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์เป็นสีเหลือง และเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตที่มีความหนา 2.0 และ 2.5 มิลลิเมตร บนพื้นหลังไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์เป็นสีเหลืองมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ค่า PT ($\Delta E_{00} < 1.8$) ซึ่งบ่งบอกได้ว่าเซรามิกที่มีความหนาต่างๆ เหล่านี้สามารถปิดสีฟันหลังได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้กล่าวไว้ว่าวัสดุบูรณะที่มีความหนาตั้งแต่ 2 มิลลิเมตรขึ้นไปสามารถปิดสีเนื้อฟันภายใต้วัสดุบูรณะรวมไปถึงสามารถปิดสีของโลหะได้อย่างมีประสิทธิภาพ (19, 26) โดยที่อาจกล่าวได้ว่าจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า เซรามิกชนิดแอตวานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตสามารถปิดสีของหลักยึดรากเทียมได้หลายกลุ่มกว่าเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต และยังสามารถปิดสีโลหะของหลักยึดรากเทียมไทเทเนียมได้อีกด้วย ในขณะที่เซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตหากต้องการปิดสีหลักยึดรากเทียมไทเทเนียมต้องใช้ความหนาตั้งแต่ 2 มิลลิเมตรขึ้นไปและต้องใช้เวลาอโนไดซ์เข้ามาช่วยในการปรับสีของโลหะไทเทเนียมก่อนการขึ้นรูปชิ้นงานบูรณะ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่เซรามิกชนิดแอตวานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตมีค่าความโปร่งแสงต่ำกว่าเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต เมื่อพิจารณาผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สามารถกล่าวได้ว่าการนำเซรามิกชนิดแอตวานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตมาใช้

สำหรับบูรณะครอบฟันบนรากเทียมรวมทั้งการใช้หลักยึดรากเทียมไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอโนไดซ์เป็นสีเหลืองมีแนวโน้มส่งผลดีต่อความสามารถในการปิดสี การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับทันตแพทย์ในการเลือกใช้หลักยึดรากเทียมและเซรามิกเพื่อสร้างชิ้นงานบูรณะครอบฟันบนรากเทียมให้ชิ้นงานบูรณะเกิดผลลัพธ์ในด้านความสวยงาม อย่างไรก็ตาม ยังมีความสนใจศึกษาทางแสงอีกหลายประเภทที่อาจส่งผลต่อความสามารถในการปิดสีของวัสดุบูรณะที่ทันตแพทย์ควรประเมินในการเลือกใช้วัสดุบูรณะแต่ละประเภท

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาถึงความโปร่งแสงของเซรามิกและความสามารถในการปิดสีหลักยึดรากเทียมของเซรามิก โดยผ่านการวัดค่าความโปร่งแสง (TP_{00}) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE_{00}) ซึ่งทั้งสองค่าที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นค่าที่ได้มาจากการคำนวณในระบบค่าสีซีไออีดีอี 2000 (CIEDE 2000) เมื่อทำการศึกษาถึงการศึกษารายละเอียดที่ผ่านพบว่า ทั้งระบบค่าสีซีไออีแล็บ (CIELab) และระบบค่าสีซีไออีดีอี 2000 (CIEDE 2000) เป็นระบบค่าสีที่มีการนำมาใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าสีอย่างแพร่หลาย โดยระบบค่าสีซีไออีดีอี 2000 เกิดมาจากการที่คณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยเรื่องความส่องสว่าง (The Commission Internationale de l'Eclairage; CIE) ต้องการที่จะมีการปรับปรุงการวัดค่าสีให้มีความใกล้เคียงกับการรับสีของตามนุษย์ จึงได้พัฒนาระบบค่าสีซีไออีดีอี 2000 ขึ้นมาจากระบบค่าสีซีไออีแล็บ (29) จากการศึกษาเปรียบเทียบค่าสีทั้งสองระบบพบว่าค่าสีจากระบบค่าสีซีไออีดีอี 2000 ให้ค่าสีที่ใกล้เคียงกับค่าสีที่มองเห็นจากตามนุษย์มากกว่าระบบค่าสีซีไออีแล็บ (30) ทางผู้วิจัยจึงเลือกวัดค่าความโปร่งแสงและค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกจากการอ้างอิงระบบค่าสีซีไออีดีอี 2000

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ บล็อกเซรามิกทั้งสองชนิดที่มีความโปร่งแสงปานกลาง (MT) ถูกนำมาใช้ในการศึกษาทดลอง เนื่องจากการศึกษาของ Czigola และคณะในปี ค.ศ. 2019 ซึ่งจำลองการปิดสีเนื้อฟันธรรมชาติของเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตพบว่าเซรามิก

ชนิดลิเทียมไดซิลิเกตที่ความโปร่งแสงสูง (high translucency; HT) ไม่สามารถปิดสีเรซินที่จำลองสีของเนื้อฟันที่มีสีเข้มผิดปกติได้ (20) การศึกษาครั้งนี้จึงต้องการเลือกบล็อกที่มีความทึบมากกว่า ประกอบกับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้องค์การศึกษาเลือกเซรามิกที่มีความโปร่งแสงที่สามารถเป็นวัสดุบูรณะได้ทั้งครอบฟันสำหรับฟันหน้าและฟันหลัง ร่วมเซรามิกชนิดแอควานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตที่มีความโปร่งแสงปานกลางเป็นความโปร่งแสงที่ทึบที่สุด บล็อก MT จึงถูกเลือกใช้ศึกษาวิจัยในครั้งนี้อย่างไรก็ตามการศึกษานอนาคตควรมีการศึกษาความสามารถในการปิดสีของเซรามิกชนิดแอควานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตของบล็อก HT และ MT เปรียบเทียบกันเพื่อเป็นแนวทางให้ทันตแพทย์ได้เลือกใช้วัสดุในการบูรณะฟัน

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้นั้น เฉดสี A2 ถูกเลือกใช้เพียงสีเดียวในการทดลองเนื่องจากจากการศึกษาฉดสีฟันธรรมชาติในมนุษย์หลายๆ การศึกษาพบว่าฉดสี A2 เป็นฉดสีที่มักพบในฟันตัดบนและล่างของมนุษย์ (30) และยังพบว่าฟันของประชากรมากกว่า 50% ในหลายๆ ประเทศพบฉดสี A2 เป็นส่วนใหญ่ ประกอบกับการศึกษาทดลองในครั้งนี้องค์การศึกษาควบคุมปฏิบัติการของแสงเนื่องด้วยถึงแม้ว่าเซรามิกจะมีความหนาที่เท่ากันและชนิดเดียวกัน แต่ฉดสีที่แตกต่างกันสามารถส่งผลต่อปฏิบัติการทางแสงที่กระทำต่อตัวเซรามิกได้และทำให้คุณสมบัติทางแสงของเซรามิกต่างกัน (31)

การศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดในด้านชนิดของความโปร่งแสงของเซรามิก ชนิดของหลักยึดรากเทียม รูปร่างของแผ่นขึ้นงานเซรามิกและฟันหลังจำลองหลักยึดรากเทียม ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความโปร่งแสงและค่าความแตกต่างของสี ดังนั้นการศึกษานอนาคตจึงควรทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ เหล่านี้เพิ่มเติม นอกจากนี้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้องค์การศึกษาพบว่าชนิดของเซรามิกก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการปิดสีของหลักยึดรากเทียม การศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตจึงควรมีการศึกษาถึงความสามารถในการปิดของหลักยึดรากเทียมโดยใช้เซรามิกหลากหลายประเภทยิ่งขึ้นมาทำการเปรียบเทียบกัน

ข้อสรุป (Conclusions)

1. ในกลุ่มของบล็อก MT เซรามิกชนิดแอควานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตมีค่าความโปร่งแสงต่ำกว่าเซรามิกลิเทียมไดซิลิเกต
2. เซรามิกชนิดแอควานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตบล็อก MT สามารถปิดสีของโลหะไทเทเนียมได้ที่มีความหนาตั้งแต่ 2 มิลลิเมตรขึ้นไป และเมื่อนำโลหะไทเทเนียมไปผ่านกระบวนการอโนไดซ์ให้มีสีเหลืองพบว่าสามารถปิดสีของโลหะได้ตั้งแต่ความหนา 1.5 มิลลิเมตรขึ้นไป ในขณะที่เซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตบล็อก MT หากต้องการปิดสีของโลหะไทเทเนียมจะต้องใช้กระบวนการอโนไดซ์มาช่วยในการปรับสีของโลหะไทเทเนียมก่อนการขึ้นรูปชิ้นงานบูรณะ
3. กระบวนการทำอโนไดซ์เพื่อปรับปรุงสีของโลหะไทเทเนียมเป็นสีเหลืองส่งผลต่อค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกบล็อก MT ชนิดแอควานซ์ลิเทียมไดซิลิเกตและชนิดลิเทียมไดซิลิเกต โดยมีผลทำให้ค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกมีค่าลดลง เกิดความกลมกลืนระหว่างชิ้นงานบูรณะและหลักยึดรากเทียม

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่จากบริษัทเดนทิสพลายซิโรน่า(ประเทศไทย)ในการให้ข้อมูลคำแนะนำเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ในการนำมาศึกษาวิจัย และขอขอบคุณคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในการให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำการทดลอง ตลอดจนได้รับการอำนวยความสะดวกจากเจ้าหน้าที่จนสามารถดำเนินการศึกษาวิจัยจนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย งานวิจัยในครั้งนี้อย่างได้รับทุนสนับสนุนจากทุนอุดหนุนประเภทเงินรายได้หน่วยงานสังกัดคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การขัดกันแห่งผลประโยชน์ส่วนบุคคลและผลประโยชน์ส่วนรวม (Conflicts of Interest)

ในงานวิจัยฉบับนี้ทางคณะผู้วิจัยมิได้มีผลประโยชน์ทับซ้อนหรือได้รับการสนับสนุนจากภาคเอกชน ตัวแทนจำหน่าย หรือห้างร้านอื่น ๆ แต่อย่างใด

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Watanabe H, Fellows C, An H. Digital Technologies for Restorative Dentistry. *Dent Clin North Am.* 2022;66(4):567-90.
2. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: An overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J.* 2008;204(9):505-11.
3. Lambert H, Durand JC, Jacquot B, Fages M. Dental biomaterials for chairside CAD/ CAM: State of the art. *J Adv Prosthodont.* 2017;9(6):486-95.
4. Marchesi G, Camurri Piloni A, Nicolini V, Turco G, Di Lenarda R. Chairside CAD/CAM Materials: Current Trends of Clinical Uses. *Biology (Basel).* 2021;10(11):1170. doi: 10.3390/biology10111170.
5. CEREC Tessera™. Advance Lithium Disilicate [Internet]. USA: dentsplysirona; 2022 [cite 2022 June]. Available from: <http://www.dentsplysirona.com/en-ca/categories/restorative/cerectessera.html>.
6. Reid DA, Matis JI, Lien W, Raimondi CJ, Arnason SC, DuVall NB, et al. Optical and Mechanical Properties of New Ceramic CAD/ CAM Materials. *Oper Dent.* 2023;48(4):425-34.
7. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: Core materials. *J Prosthet Dent.* 2002; 88(1):4-9.

8. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton D, Stanford C, Vargas M. Relative Translucency of Six All-Ceramic Systems. Part II: Core and Veneer Materials. *J Prosthet Dent.* 2002;88(1):10-5.
9. Spazzin A, Federizzi L, Barbon F, Boscato N, Radaelli M. Masking ability of different ceramic systems over a darkened substrate. *Stomatol.* 2016;22(42):23-31. ISSN 1519-4442.
10. Jirajariyavej B, Wanapirom P, Anunmana C. Influence of implant abutment material and ceramic thickness on optical properties. *J Prosthet Dent.* 2018;119(5):819-25.
11. Soares PM, Cadore-Rodrigues AC, Packaesser MG, Bacchi A, Valandro LF, Pereira GKR, et al. Masking ability of implant abutment substrates by using different ceramic restorative systems. *J Prosthet Dent.* 2022;128(3):496.e1-496.e8. doi: 0.1016/j.prosdent.2022.05.010.
12. Dede DO, Armaganci A, Ceylan G, Celik E, Cankaya S, Yilmaz B. Influence of implant abutment material on the color of different ceramic crown systems. *J Prosthet Dent.* 2016; 116(5):764-9.
13. Misch CE, Misch CM. Generic terminology for endosseous implant prosthodontics. *J Prosthet Dent.* 1992;68(5):809-12.
14. Chongkavinit P, Anunmana C. Optical effect of resin cement, abutment material, and ceramic thickness on the final shade of CAD-CAM ceramic restorations. *J Prosthet Dent.* 2021; 125(3):517.e1-517.e8. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.09.029.
15. Wadhvani CP, O'Brien R, Kattadiyil MT, Chung KH. Laboratory technique for coloring titanium abutments to improve esthetics. *J Prosthet Dent.* 2016;115(4):409-11.

16. Wang T, Wang L, Lu Q, Fan Z. Changes in the esthetic, physical, and biological properties of a titanium alloy abutment treated by anodic oxidation. *J Prosthet Dent.* 2019;121(1):156-65.
17. Farrag KM, Bakry SI, Aly YM. Effect of yellow anodization of titanium on the shade of lithium disilicate ceramic with different thicknesses. *J Prosthet Dent.* 2022;128(4):793.e1-793.e6. doi: 10.1016/j.prosdent.2022.08.016.
18. Wang T, Wang L, Lu Q, Fan Z. Influence of anodized titanium abutments on the esthetics of the peri-implant soft tissue: A clinical study. *J Prosthet Dent.* 2021;125(3):445-52.
19. Basegio MM, Pecho OE, Ghinea R, Perez MM, 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.
20. Czigola A, Abram E, Kovacs ZI, Marton 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.
21. Pires LA, Novais PMR, Araújo VD, Pegoraro LF. Effects of the type and thickness of ceramic, substrate, and cement on the optical color of a lithium disilicate ceramic. *J Prosthet Dent.* 2017;117(1):144-9.
22. Skyllouriotis AL, Yamamoto HL, Nathanson D. Masking properties of ceramics for veneer restorations. *J Prosthet Dent.* 2017;118(4):517-23.
23. Pop-Ciutrila I, Ghinea RI, Dudea D, Ruiz-López J, Pérez Gómez MdM, Colosi H. The effects of thickness and shade on translucency parameters of contemporary, esthetic dental ceramics. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* 2021;33. doi:10.1111/jerd.12733.
24. 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.
25. Della Bona A, Nogueira AD, Pecho OE. Optical properties of CAD–CAM ceramic systems. *J Dent.* 2014;42(9):1202-9.
26. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *J Prosthet Dent.* 2000;83(4):412-7.
27. Dos Santos RB, Collares K, Brandeburski SBN, Pecho OE, Della Bona A. Experimental methodologies to evaluate the masking ability of dental materials: A systematic review. *J Esthet Restor Dent.* 2021;33(8):1118-31.
28. Arif R, Yilmaz B, Johnston W. In vitro color stainability and relative translucency of CAD-CAM restorative materials used for laminate veneers and complete crowns. *J Prosthet Dent.* 2019;122(2):160-6.
29. Gómez-Polo C, Muñoz MP, Lorenzo Luengo MC, Vicente P, Galindo P, Martín Casado AM. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. *J Prosthet Dent.* 2016; 115(1):65-70.
30. 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.
31. Niu E, Agustin M, Douglas RD. Color match of machinable lithium disilicate ceramics: Effects of cement color and thickness. *J Prosthet Dent.* 2014;111(1):42-50.

ติดต่อบทความ :

อ.ดร.ทพ.ณัฐพล กิตติคุณเดชา
ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เลขที่ 114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ
เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110
โทรศัพท์ : 092 253 8653
อีเมลล์ : nuttaphon@g.swu.ac.th

Corresponding author:

Dr. Nuttaphon Kittikundecha
Department of Conservative Dentistry and
Prosthodontics, Faculty of Dentistry,
Srinakharinwirot University, 114 Sukhumvit 23
road, Bangkok 10110, Thailand.
Tel: (669) 2253 8653
E-mail: nuttaphon@g.swu.ac.th