อิทธิพลของสารทึบแสงต่อการปิดสีของเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงที่ความหนาต่างๆกัน

สันติภาพ เก่งธัญกิจ* พชรพงศ์ ภูมิพานิชย์ พิมพ์พิชชา สุวรรณรักษา** วรินทร เมฆานวกุล** รัชชานนท์ จงวิลาศ** ชัยมงคล เปี่ยมพริ้ง*****

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาอิทธิพลของความหนาที่แตกต่างกันของเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสง และการใช้สารทึบแสงที่มีต่อการปิดสีของโลหะพื้นหลัง

วิธีการทดลอง: เตรียมแผ่นโลหะไร้สนิมจำนวน 42 ชิ้น (ความหนา 1 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร) แบ่งแผ่นโลหะไร้สนิมเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มที่ทาสารทึบแสง และไม่ทาสารทึบแสง หลังจากนั้นนำแผ่นเซอร์โคเนียโปร่งแสงชนิด ไฟว์วาย-ทีซีพี ที่มีความหนาเซอร์โคเนีย 1.0, 1.5, 2.0 มิลลิเมตร มายึดกับแผ่นโละไร้สนิมด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดโปร่งแสง ทำให้ได้กลุ่มการทดลองเป็น 6 กลุ่ม (n = 7) โดยมีแผ่นเซอร์โคเนียความหนา 2 มิลลิเมตร ยึดเรซินซีเมนต์เข้ากับพื้นหลังแผ่นอะคริลิกสี A2 เป็นกลุ่มควบคุม แล้วนำไปประเมินความสามารถในการปิดสีโลหะพื้นหลัง โดยประเมินค่าความแตกต่างสีด้วยเครื่องวัดสี ทำการบันทึกค่าสีในแต่ละกลุ่ม แล้วนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ทางและการทดสอบของทูกี้ เอชเอสดี (ค่านัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05)

ผลการทดลอง: เมื่อเปรียบเทียบค่าความต่างสีในกลุ่มที่ไม่ทาสารทึบแสงพบว่าทุกกลุ่มความหนาของเซอร์โคเนียมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มที่ทาสารทึบแสง พบว่าที่ความหนา1มิลลิเมตรมีค่าความต่างสีแตกต่างกับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในกลุ่มความหนา1มิลลิเมตรพบว่ากลุ่มที่ทาสารทึบแสงและไม่ทาสารทึบแสงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ค่าความแตกต่างของสีจากทุกกลุ่มการทดลองมีค่ามากกว่าระดับความแตกต่างของสีที่ยอมรับได้ทางคลินิก

สรุปผลการทดลอง: เซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงที่ความหนา 1 มิลลิเมตร ที่ใช้ร่วมกับสารทึบแสงมีความสามารถในการปิดสีโลหะพื้นหลังแตกต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามเซอร์โคเนียในทุกความหนาในการทดลองนี้ไม่สามารถปิดสีของพื้นหลังได้ ถึงแม้ว่าจะมีการทาหรือไม่ทาสารทึบแสง

คำสำคัญ: ความสามารถในการปิดสี เซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสง สารทึบแสง

Received Date: Mar 10, 2022
Revised Date: Sep 19, 2022
Accepted Date: Jan 10 2023

สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

***คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110*

****สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 15 ถ.กาญจนวณิชย์ ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110*

Effect of Opaquer on Masking Ability of Translucent Zirconia with Different Thickness

Santiphab Kengtanyakich* Pacharapong Poompanich Pimpitcha Suwanruksa** Warinthorn Mekhanavakul** Ratchanon Chongwilas** Chaimongkon Peampring*****

Abstract

Objective: To evaluate the effect of translucent zirconia thickness and application of opaquer on the ability to mask metal substructure

Materials and methods: 42 stainless steel plates (15 mm diameter, 1 mm thickness) were prepared and half of them were painted with opaquer and remaining were left with no opaquer. Zirconia disks (5Y-TZP) with different thickness (1.0, 1.5 and 2.0 mm) were cemented to stainless steel plates using translucent resin cement. Thus, specimens were divided into 6 groups (n = 7). A 2-mm-thick zirconia disk was cemented on the A2 shade acrylic substrate to serve as a control. Masking ability was performed by evaluating color difference using spectrophotometer. Statistical significant difference was detected by Two-way ANOVA and Tukey HSD (significance level of 0.05).

Results: In group of no opaquer applied, there was no color difference among zirconia with different thickness. In group with opaquer applied, the 1.0-mm-zirconia group thickness showed a significant difference in color differences compared to group of 1.5 mm ($p = 0.02$) and 2 mm ($p = 0.033$). All experimental groups showed higher values of color different compared to a clinical acceptable value.

Conclusion: The zirconia thickness of 1 mm with application of opaquer showed a significant difference in color differences compared to others. However, every thickness of zirconia used in this study exhibited poor masking ability regardless of application of opaquer.

Keywords: Masking ability, Translucent zirconia, Opaquer

*Prosthodontics Section, Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Naresuan University, Phitsanulok, 65000, Thailand.

** Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla, 90110, Thailand.

***Department of Prosthetic Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla, 90110, Thailand.

บทนำ (Introduction)

เซรามิกได้ถูกใช้อย่างกว้างขวางในทางทันตกรรม ทำให้เกิดงานวิจัยค้นคว้าเพื่อพัฒนาให้เซรามิกมีความสวยงามมากยิ่งขึ้นเพื่อนำมาใช้บูรณะฟัน โดยเริ่มต้นจากการใช้อลูมินัสพอร์ชเลน (aluminous porcelain) ในปี 1965 (1) นับจากนั้นเป็นต้นมา ได้มีการพัฒนาเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของทั้งผู้ป่วยและทันตแพทย์เพื่อให้ได้วัสดุบูรณะที่มีความสวยงามสูงและมีลักษณะภายนอกที่ดูเป็นธรรมชาติ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เซรามิกชนิดใหม่ ๆ ได้ถูกผลิตออกมาอย่างรวดเร็ว ทำให้จำเป็นต้องมีการจัดหมวดหมู่ของเซรามิกที่ใช้ในงานทันตกรรม เพื่อจุดประสงค์ในการสร้างความเข้าใจในการสื่อสารและการให้ความรู้ โดยสามารถแบ่งเซรามิกออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามคุณลักษณะเฉพาะในสูตรผสมของเซรามิกแต่ละชนิด คือ กลาสเมทริกซ์เซรามิก (glass-matrix ceramics) ซึ่งเป็นเซรามิกที่มีองค์ประกอบของแก้วอนินทรีย์, โพลีคริสตัลไลน์เซรามิก (polycrystalline ceramics) ซึ่งเป็นเซรามิกที่มีองค์ประกอบเป็นผลึกอย่างเดียว ไม่มีองค์ประกอบของแก้วอนินทรีย์, และเรซินเมทริกซ์เซรามิก (resin-matrix ceramics) ซึ่งมีโพลีเมอร์เมทริกซ์เป็นองค์ประกอบหลักที่ผสานไปกับวัสดุอัดแทรกซึ่งเป็นเซรามิก (2,3) อย่างไรก็ตามสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพของเซรามิก เช่น ความโปร่งแสง ความเปราะ การขยายตัวของรอยแตก ความต้านทานการแตกหัก ความสมบูรณ์บริเวณขอบวัสดุ และความยากในการซ่อมแซม ยังเป็นข้อจำกัดในการใช้งานทางคลินิก (3-7) ปัจจุบันจึงได้มีการพัฒนาเซรามิกชนิดเซอร์โคเนียซึ่งเป็นเซรามิกในกลุ่มโพลีคริสตัลไลน์ขึ้นมาซึ่งมีความโดดเด่นเนื่องจากมีความต้านทานการแตกหักและความต้านทานการโค้งงอที่สูง (8) โดยได้ถูกใช้ในงานทันตกรรมตั้งแต่ปี 1990 เป็นต้นมา

เซอร์โคเนียที่ใช้ในทางทันตกรรมได้ถูกทำให้เกิดความมีเสถียรภาพของโครงสร้างผลึกแบบเททราโกนอล (tetragonal) ที่อุณหภูมิห้องโดยการใส่สารอิตเทรียมออกไซด์ (yttrium oxide) ในปริมาณที่เหมาะสมคือร้อยละ 3 โมลทำให้เกิดความมีเสถียรภาพของโครงสร้างผลึก ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดการแตกหักในเนื้อวัสดุอันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป (9) เซอร์โคเนียที่มีส่วนผสมของอิตเทรียมออกไซด์ร้อยละ 3 โมล หรือที่เรียกว่า ทรีวาย-ทีซีพี (3Y-TZP) ถูกนำมาใช้เป็นวัสดุแกนกลางเนื่องจากมีความโปรงแสงน้อยกว่าวัสดุเซรามิกชนิดอื่น (10-12) และจากการที่ทรีวาย-ทีซีพีมีความทึบแสงมากทำให้ไม่สวยงามเพียงพอจึงเป็นข้อควรระวังสำหรับการบูรณะในบริเวณที่ให้ความสวยงาม ปัจจุบันจึงได้มีการพัฒนาความใสให้กับเซอร์โคเนียโดยวิธีการเพิ่มปริมาณโครงสร้างผลึกในระยะคิวบิก (cubic phase) เนื่องจากโครงสร้างคิวบิกนี้มีความโปร่งแสงและความสวยงามโดยจากเดิมที่มีการใส่สารอิตเทรียมออกไซด์ปริมาณร้อยละ 3 โมล จึงมีการเพิ่มเป็นปริมาณร้อยละ 5 โมล เรียกเซอร์โคเนียชนิดนี้ว่า ไฟว์วาย-ทีซีพี (5Y-TZP) หรือเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสง โดยนิยมใช้ในการบูรณะในงานครอบฟันหน้าซี่เดี่ยวและฟันเทียมติดแน่นในบริเวณที่ต้องการความสวยงาม (13-18)

ความหนาเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสวยงามของเซรามิก ความสามารถในการปกปิดสีของโครงสร้างภายใต้ครอบฟันเซอร์โคเนียจะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาเพิ่มขึ้น โดยความหนาของทรีวาย-ทีซีพีที่ทำให้สามารถปกปิดสีของฟันหรือเดือยฟันโลหะที่อยู่ใต้ครอบฟันและยอมรับได้ทางคลินิกควรมีความหนาอย่างน้อย 1 มิลลิเมตร และความหนาที่ให้การปกปิดสีได้ดีตามอุดมคติควรหนาอย่างน้อย 1.6 มิลลิเมตร (19) บ่อยครั้งที่การบูรณะฟันหน้าด้วยเดือยฟันโลหะส่งผลต่อความสวยงามของครอบฟันเนื่องจากวัสดุเซรามิกที่ให้ความสวยงามมักปิดสีของโลหะได้ไม่ดีเพียงพอ เซอร์โคเนียที่มีความใสก็อาจส่งผลต่อความสามารถในการปิดสีของเดือยฟันโลหะได้เช่นกัน ปัจจุมันมีการพัฒนาสารทึบแสง (opaquer) เพื่อนำมาใช้ปิดสีของฟันหรือเดือยฟันโลหะที่อยู่ใต้ครอบฟัน โดยสารทึบแสงที่นิยมใช้ในทางทันตกรรมคือสารประกอบเรซินที่มีองค์ประกอบของเม็ดสีจำนวนมากซึ่งประกอบด้วยออกไซด์ของโลหะที่ส่งผลต่อความสามารถในการปกปิด (20) บางการทดลองพบว่าสารทึบแสงสามารถใช้ในการปกปิดได้ดีในทางคลินิกในขณะที่มีการซ่อมแซมครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ชเลนมีการแตกหักของชั้นพอร์ชเลน

ด้วยการใช้วัสดุเรซินคอมโพสิท (21) อย่างไรก็ตามการทาสารทึบแสงควรทาให้บางที่สุดคือประมาณ 0.1 - 0.5 มิลลิเมตร เพื่อไม่ทำให้สีของครอบฟันผิดเพี้ยนไป (22) แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงผลของความหนาของเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงและการใช้สารทึบแสงร่วมด้วยในการปิดสีโลหะพื้นหลัง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ เพื่อศึกษาความหนาของเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงและอิทธิพลของสารทึบแสงที่มีต่อการปิดสีของโลหะพื้นหลังที่ใช้ในการบูรณะ ซึ่งประเมินค่าความแตกต่างของสีเมื่อเทียบกับกลุ่มเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงที่มีพื้นหลังเป็นอะคริลิกเรซิน สมมติฐานหลักงานวิจัย คือ ความหนาของเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงที่ต่างกันและการทาหรือไม่ทาสารทึบแสงมีค่าความแตกต่างของสีไม่แตกต่างกัน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

วัสดุเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสง, เรซินซีเมนต์และสารทึบแสงที่ใช้ในการทดลองแสดงดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง

Table 1. Materials used in the present study.

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้	ส่วนประกอบหลัก	บริษัทผู้ผลิต
Beautifil opaquer (LO)	Bis-GMA, TEGDMA, filler based on fluoroboroaluminosilicate glass	SHOFU INC, Kyoto, Japan Lot. 032029
Lava Esthetic (5Y-TZP)	ZrO_2 99% by weight, Y_2O_3 5% mol, Al_2O_3 < 0.1% by weight, fluorescence shading element	3M ESPE, St Paul, Minnesota, USA Lot. 3538968
Vitique resin cement (Translucent)	Barium glass in a Bis-GMA based matrix from dental resins, additives, catalysts. Filler content: 66.6% by weight	DMG Chemisch-Pharmazeutische Fabrik GmbH Elbgaustrasse, Hamburg, Germany Lot. 207446

ทำการเตรียมวัสดุพื้นหลัง (substrate) ทำจากแผ่นโลหะไร้สนิมจำนวน 42 ชิ้น โดย 21 ชิ้นจะใช้ในการทดสอบความสามารถในการปิดสีของเซอร์โคเนียเมื่อมีการทาสารทึบแสง และอีก 21 ชิ้นจะไม่มีการทาสารทึบแสง โดยแผ่นโลหะไร้สนิมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ความหนา 1 มิลลิเมตร ทำความสะอาดด้วยกระดาษทรายยี่ห้อ TOA (waterproof abrasive paper) เบอร์ 400 และนำไปเป่าทรายด้วยผงอลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมโครเมตร ที่ความดัน 2 บาร์ เป็นระยะทาง 10 มิลลิเมตร นาน 10 วินาที ในทิศทางตั้งฉากกับแผ่นโลหะไร้สนิมจากนั้นทำการเตรียมชิ้นงานเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงโดยทำการกลึงขึ้นรูปเป็นแผ่นทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับขนาดของแผ่นโลหะพื้นหลังและมีความหนาแตกต่างกันไปตามกลุ่มทดลอง วิธีการเตรียมแผ่นเซอร์โคเนียเริ่มด้วยการออกแบบโดยระบบคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการออกแบบและการผลิต (CAD/CAM) และทำการกลึงขึ้นรูปด้วยเครื่องกลึง (IMES-ICORE Coritec 250i, Eiterfeld, Germany) โดยเซอร์โคเนียจะถูกกลึงให้อยู่ในรูปทรงกระบอก หลังจากนั้นทำการตัดเซอร์โคเนียทรงกระบอกให้มีรูปร่างเป็นแผ่นโดยใช้เครื่องตัดความแม่นยำสูง (Buehler, ISOMET 4000, Buehler Ltd., Lake Bluff,

IL, USA) จากนั้นวัสดุตัวอย่างจะถูกเผาเพื่อให้ได้ขนาดสุดท้ายตามที่ต้องการ โดยเซอร์โคเนียตัวอย่างทั้งหมดจะถูกทำให้ตกผลึกอย่างสมบูรณ์โดยใช้เตาเผาอุณหภูมิสูง (VITA Zyrcomat® 6000 MS, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) ขนาดสุดท้ายของตัวอย่างทดสอบจะถูกยืนยันด้วยเครื่องวัดขนาดดิจิทัล (Mitutoyo, MitutoyoManufacturing Company Ltd., Kawasaki, Japan) ชิ้นตัวอย่างจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร และความหนาต่าง ๆ กันคือ 1 มิลลิเมตร, 1.5 มิลลิเมตร และ 2 มิลลิเมตร และในแต่ละความหนาจะมีการเตรียมชิ้นตัวอย่างจำนวน 14 ชิ้นโดยชิ้นตัวอย่าง 7 ชิ้นจะใช้ในการทดสอบความสามารถในการปิดสีของเซอร์โคเนียเมื่อมีการทาสารทึบแสง และอีก 7 ชิ้นจะไม่มีการทาสารทึบแสง สำหรับกลุ่มควบคุมจะทำการเตรียมเซอร์โคเนียความหนา 2 มิลลิเมตร (จำนวน 1 ชิ้น) โดยชิ้นควบคุมถูกยึดซีเมนต์ชนิดโปร่งแสง (vitique cement) ให้ติดกับแผ่นอะคริลิกพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดกลึง (Polymethyl methacrylat: PMMA block) สี A2 เพื่อจำลองลักษณะพื้นหลังที่เป็นเนื้อฟันชั้นเดนทีน จากนั้นตัวอย่างทั้งหมดจะถูกทำความสะอาดด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิคในน้ำกลั่นเป็นเวลา 10 นาทีก่อนการทดสอบแล้วเป่าแห้งเป็นเวลา 20 วินาที

หลังจากนั้นนำแผ่นโลหะไร้สนิมจำนวน 21 ชิ้นมาทำการปิดสีพื้นหลังด้วยวัสดุทึบแสงโดยนำเทปใสหนา 0.5 มิลลิเมตรมาปิดบริเวณขอบข้างของโลหะไร้สนิม 2 ข้าง จากนั้นทาสารทึบแสงลงบนโลหะไร้สนิมในบริเวณที่ไม่ได้ปิดทับด้วยเทปใส แล้วใช้แผ่นกระจก (glass slab) กดทับลงบนโลหะไร้สนิมเพื่อควบคุมความหนาของสารทึบแสง จากนั้นนำไปฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดี (3M Espe Elipar™, 3M ESPE, St Paul, Minnesota, USA) ให้วัสดุก่อตัวสมบูรณ์เป็นเวลา 20 วินาที นำเซอร์โคเนียที่ความหนา 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิเมตรทาผิวด้านที่ต้องประกบกับโลหะพื้นหลังด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดโปร่งแสงแล้วมาประกบกับโลหะไร้สนิม โดยแต่ละกลุ่มความหนาจะมีจำนวน 7 ชิ้นประกบกับโลหะที่ทาสารทึบแสงและอีก 7 ชิ้นประกบกับโลหะที่ไม่ทาสารทึบแสง จากนั้นกดทับด้วยเครื่องให้แรงชนิดเข็มไวแคด (vicat apparatus) ด้วยแรง 20 นิวตัน แล้วทำการฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดี ให้วัสดุก่อตัวสมบูรณ์เป็นเวลา 40 วินาที

การทดสอบความสามารถในการปิดสีพื้นหลังของเซอร์โคเนียจะถูกประเมินโดยการวัดค่าความแตกต่างสีในระบบซีไออีแอลเอบี (CIELAB) ของคณะกรรมการกำหนดมาตรฐานแสงสว่าง (International Commission on Illumination) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมดังกล่าวข้างต้นจะถูกจัดเตรียมไว้สำหรับใช้วัดสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Spectrophotometer; HunterLab, ColorQuest XE, Hunter Associates Laboratory Inc, USA) กับแผ่นรองพื้นหลังสีขาว และขนาดของช่องรูกลมจะใช้ขนาด 0.375 นิ้ว เพื่อทำการบันทึกค่า CIELAB (L*, a* และ b*) ของชิ้นตัวอย่าง หลังจากนั้นทำการคำนวณค่าความต่างสีเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมตามสูตรคำนวณคือ (23)

ค่าความแตกต่างของสี CIELAB (ΔE_{ab}) =

$$\sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

โดยที่ L_1^* คือ ค่าความสว่างของตัวควบคุม
L_2^* คือ ค่าความสว่างของตัวอย่าง
a_1^* คือ ค่าสัมประสิทธิ์สีแดงหรือสีเขียวของตัวควบคุม
a_2^* คือ ค่าสัมประสิทธิ์สีแดงหรือสีเขียวของตัวอย่าง
b_1^* คือ ค่าสัมประสิทธิ์สีน้ำเงินหรือสีเหลืองของตัวควบคุม
b_2^* คือ ค่าสัมประสิทธิ์สีน้ำเงินหรือสีเหลืองของตัวอย่าง

ค่าความแตกต่างของสีจะถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเอสพีเอสเอสเวอร์ชั่น 24 (IBM Corporation, Armonk, NY, USA) ทดสอบการกระจายของข้อมูลโดยการใช้การทดสอบของโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากข้อมูลมีการกระจายตัวปกติและการวิเคราะห์ผลของความหนาของเซอร์โคเนียและผลของการใช้สารทึบแสงต่อค่าความแตกต่างของสีจัดว่าเป็นตัวแปรต้น 2 ตัวแปร จึงพิจารณาใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ2ทาง(Two-wayANOVA) และการทดสอบของทูกี้ เอชเอสดี (Tukey HSD)

ผลการทดลอง (Results)

จากการทดสอบของโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ทางพบว่าผลของความหนา ($p = 0.018$) และการทาสารทึบแสง ($p = 0.004$) ส่งผลต่อค่าความต่างสีอย่างมีนัยสำคัญ จากการทดสอบของทูกี้ เอชเอสดีพบว่าในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีการทาสารทึบแสงไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแตกต่างของสี (ΔE_{ab}) อย่างมีนัยสำคัญในทุกกลุ่มความหนา แต่ในกลุ่มตัวอย่างที่มีการทาสารทึบแสงพบว่ากลุ่มความหนาของเซอร์โคเนีย 1 มิลลิเมตรมีค่าความแตกต่างของสีที่แตกต่างจากกลุ่มความหนา 1.5 และ 2.0 มิลลิเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบในกลุ่มความหนาเดียวกัน พบว่ากลุ่มเซอร์โคเนียที่ความหนา 1 มิลลิเมตรมีความแตกต่างของค่าความแตกต่างของสีอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.01$) ระหว่างกลุ่มที่ทาสารทึบแสงและไม่ทาสารทึบแสง แต่ในกลุ่มที่เซอร์โคเนียมีความหนา 1.5 และ 2 มิลลิเมตร พบว่ากลุ่มที่ทาสารทึบแสงและไม่ทาสารทึบแสงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 2) ผลการทดลองเมื่อพิจารณาค่าสีแยกตามแกนสี L* a* b* พบความแตกต่างของค่าสีในกลุ่มเซอร์โคเนียที่ความหนา 1 มิลลิเมตร ซึ่งพบความแตกต่างในแกน a* และ b* ดังแสดงในตารางที่ 3

อภิปรายผลการทดลอง (Discussion)

จากผลการทดลองพบว่าในกลุ่มเซอร์โคเนียที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร กลุ่มที่ทาสารทึบแสงและไม่ทาสารทึบแสงมีค่าความแตกต่างของสีที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสิถิติ ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานหลักของงานวิจัยที่ว่าความหนาของเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงที่ต่างกันและการทาหรือไม่ทาสารทึบแสงจะมีค่าความแตกต่างของสีที่ไม่แตกต่างกัน การทดลองครั้งนี้มีการเตรียมชิ้นงานเซอร์โคเนียที่ความหนา 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิเมตรซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำในเรื่องการกรอเตรียมฟันและความหนาที่เหมาะสมในทางคลินิกของครอบฟันเซอร์โคเนียชนิดโมโนลิธิค (monolithic zirconia) สำหรับรูปแบบการเทียบความแตกต่างของสีในแต่ละกลุ่มจะใช้ค่าสีมาตรฐานระบบซีไออีแอลเอบีของคณะกรรมการกำหนดมาตรฐานแสงสว่าง (International Commission on Illumination) ซึ่งค่าสีระบบนี้ประกอบด้วยค่า L* แทนด้วยความสว่างของสี โดย L* มีค่า 100 แทนสีขาวหรือมีความสว่างมากและ L* มีค่า 0 แทนสีดำหรือไม่มีความสว่างของสี, a* ระบุความต่างสีในแกนของสีเขียวและแดง โดย a* ที่เป็นบวกหมายถึงค่าสีไปทางแกนสีแดง และค่า a* ที่เป็นลบหมายถึงค่าสีมีค่าไปทางแกนสีเขียว, b* ระบุความต่างสีในแกนของสีเหลืองและน้ำเงินโดย ค่า b* ที่เป็นบวกหมายถึงค่าสีไปทางแกนเหลือง และค่า b* ที่เป็นลบหมายถึงค่าสีมีค่าไปทางแกนน้ำเงิน (24)

เมื่อพิจารณาในแง่ของเกณฑ์ในการระบุความแตกต่างสีในทางคลินิกสามารถใช้มาตรฐานการระบุความแตกต่างสีได้เป็นสองระดับคือ ระดับความแตกต่างของสีที่สามารถเริ่มสังเกตได้ (PT, Perceptibility treshold) และระดับความแตกต่างของสีที่ยอมรับได้ (AT, Acceptable threshold) และหากพิจารณาในแต่ละปัจเจกบุคคลจะพบว่ามีความแตกต่างในการประเมินสีจึงทำให้การพิจาณาค่า PT และ AT จะใช้หลักเกณฑ์ของร้อยละ 50 : 50 (50 : 50% PT, 50 : 50% AT) กล่าวคือค่า 50 : 50% PT หมายถึงระดับความแตกต่างของสีที่สามารถเริ่มสังเกตโดยผู้สังเกตจำนวนร้อยละ 50 ของผู้สังเกตสีทั้งหมดและค่า 50 : 50% AT หมายถึงค่าความแตกต่างของสีที่ยอมรับ

ได้โดยผู้สังเกตจำนวนร้อยละ 50 ของผู้สังเกตทั้งหมด (25) จากการศึกษาเรื่องเกณฑ์ในการแยกความแตกต่างของสีฟันตามระบบซีไออีแอลเอบีโดยทำการศึกษาในกลุ่มผู้สังเกตสีจากพหุสถาบันพบว่าค่า 50 : 50% PT มีค่า ΔE_{ab} เท่ากับ 1.2 และค่า 50 : 50% AT มีค่า ΔE_{ab} เท่ากับ 2.7 ซึ่งมีความหมายคือค่าความแตกต่างสีที่มีค่า ΔE_{ab} ต่ำกว่า 1.2 จะไม่สามารถสังเกตความแตกต่างได้ในทางคลินิก และค่า ΔE_{ab} ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 1.2-2.7 จะเป็นค่าความแตกต่างของสีที่ยอมรับได้ทางคลินิก และในกรณีที่ค่า ΔE_{ab} มีค่ามากกว่า 2.7 จะหมายถึงความแตกต่างของสีนั้นไม่สามารถยอมรับได้ในทางคลินิก (26) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางรายงานผลค่า ΔE_{ab} ที่ยอมรับได้ทางคลินิกมีค่าไม่เกิน 3.7 (27) แต่เป็นการประเมินที่ไม่ได้ใช้หลักการของ 50 : 50% PT และ 50 : 50% AT อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าวัสดุในกลุ่มเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสง ไฟว์วาย-ทีซีพี ยี่ห้อลาวาเอสเทติคมีค่า ΔE_{ab} ต่ำสุด คือกลุ่มเซอร์โคเนียความหนา 2 มิลลิเมตรและไม่มีการทาสารทึบแสงโดยมีค่าเท่ากับ 3.93 ซึ่งยังสูงกว่าค่าขั้นต่ำที่ยอมรับได้ทางคลินิกนั่นหมายถึงเซอร์โคเนียที่มีความหนา1.0,1.5และ 2.0 มิลลิเมตร ไม่ว่าจะมีการทาหรือไม่ทาสารทึบแสงไม่สามารถปิดสีพื้นหลัง (สีโลหะหรือสีของสารทึบแสง) ได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้สีที่ได้สุดท้ายมีค่าสีที่ต่างออกไป

เซอร์โคเนียแบบดั้งเดิมหรือ ทรีวาย-ทีซีพีเป็นเซรามิกในกลุ่ม โพลีคริสตัลไลน์เซรามิก จึงมีสีที่ขาวขุ่นไม่เหมาะแก่การใช้งานในลักษณะที่เป็นครอบฟันโมโนลิธิคจึงทำให้นำไปสู่การพัฒนาของเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงชนิด ไฟว์วาย-ทีซีพี ซึ่งมีการเพิ่มอนุภาคคิวบิกทำให้เกิดความใสเพิ่มขึ้นทั้งนี้เพื่อเพิ่มความสวยงามของเซอร์โคเนีย โดยการเติมอิตเทียมออกไซด์ในปริมาณร้อยละ 5 โมล จะเป็นการสร้างผลึกชนิดคิวบิกในเนื้อวัสดุ ซึ่งอนุภาคคิวบิกที่มีขนาดใหญ่กว่าอนุภาคเททราโกนอล จะทำให้การกระจายของแสงภายในลดลง ดังนั้นการเติมระยะคิวบิกจะทำให้วัสดุมีความใสมากขึ้น (4) มีความโปร่งแสงสูงแต่การกระจายแสงต่ำ ซึ่งอาจส่งผลให้ในทุกกลุ่มความหนาที่ทำการทดลองในครั้งนี้ไม่สามารถปกปิดสีของวัสดุพื้นหลังได้เท่าที่ควรสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าที่พบว่าเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงมีความสามารถในการปิดสีได้ต่ำกว่าวัสดุกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกต (lithium disilicate) ทั้งนี้ เนื่องจากการเรียงตัวของอนุภาคเซอร์โคเนียมีความเป็นระเบียบมากกว่าและขนาดอนุภาคคิวบิกมีขนาดใหญ่กว่าอนุภาคผลึกของลิเทียมได้ซิลิเกตจึงทำให้มีการส่องผ่านของแสงได้ดีกว่าลิเทียมได้ซิลิเกต (28) การศึกษาในครั้งนี้ใช้เซอร์โคเนียยี่ห้อลาวาเอสเทติคซึ่งเป็นไฟว์วาย-ทีซีพีจึงมีความใสกว่าเซอร์โคเนียกลุ่มทรีวาย-ทีซีพี นอกจากนี้ยังมีการผสมสารสีที่ให้คุณสมบัติฟลูออเรสเซนต์เข้าไปในเนื้อวัสดุ ซึ่งอาจมีผลหรือไม่มีผลต่อความสามารถในการปิดสีพื้นหลังซึ่งยังไม่มีข้อสรุปที่แน่ชัดและจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นดังกล่าว

ปัจจุบันมีการนำสารทึบแสงมาใช้ในการปิดสีพื้นหลังของฟันธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนสีก่อนทำการยึดครอบฟัน เพื่อช่วยให้สีออกมามีความเป็นธรรมชาติ องค์ประกอบหลักในสารทึบแสงชนิดเรซินที่บ่มตัวด้วยแสงในการทดลองครั้งนี้คือแก้วฟลูออโรโบโรอลูมิโนซิลิเกตและสารสี (pigment) ที่ทำให้มีสีตามสีฟันต่าง ๆ และสารที่ให้ความทึบในกลุ่มที่เป็นออกไซด์ของโลหะไททาเนียมออกไซด์หรือซิลิเนียมออกไซด์ ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อค่าความแตกต่างของสีได้ ซึ่งจากการศึกษาพบว่ากลุ่มเซอร์โคเนียที่ความหนา 1.0 มิลลิเมตร เมื่อทาสารทึบสีจะมีค่าสีในแกน b* ที่สูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญนั่นหมายถึงมีสีไปทางสีเหลืองมากกว่ากลุ่มอื่น อาจเป็นเนื่องจากสีของสารทึบแสงที่มีสีเหลืองโดดเด่นและเซอร์โคเนียหนา 1 มิลลิเมตรมีความหนาไม่เพียงพอที่จะปิดสีของสารทึบแสงได้ (21)

งานวิจัยนี้ทำการวัดสีโดยใช้ผู้ทดลองเพียงคนเดียวเนื่องจากอาจมีความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์เช่น ความล้าของสายตาผู้วัด ความสามารถในการประเมินสีของแต่ละบุคคล แม้กระทั่งเพศของผู้วัด งานวิจัยในครั้งนี้มีข้อจำกัดที่สำคัญคือเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการซึ่งไม่ได้จำลองสภาพภายในช่องปากจริงอาจส่งผลให้ค่าที่ได้มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าเมื่อประเมินในช่องปาก ข้อจำกัดอีกประการคือสารทึบแสงที่ใช้มีเพียง

ยี่ห้อเดียวและมีเฉดสีเดียวทำให้ไม่ได้เป็นตัวแทนของสารทึบแสงชนิดอื่น ๆ ดังนั้นจึงควรเลือกสีของสารทึบแสงให้เหมาะสมเพื่อให้ได้สีสุดท้ายของวัสดุบูรณะตามที่ต้องการ นอกจากนี้วัสดุพื้นหลังโลหะที่ใช้ไม่เหมือนกับโลหะที่ใช้จริงในช่องปาก ทำให้องค์ประกอบของโลหะที่ใช้ส่งผลต่อสีที่แสดงออกมาหลังการยึดชิ้นงานได้อีกด้วย

ตารางที่ 2 แสดงผลของค่าความต่างสี (ΔE)

Table 2. Mean ± SD of color different values (ΔE).

	ΔE		
	1 มิลิเมตร	1.5 มิลลิเมตร	2 มิลลิเมตร
ไม่ทาสารทึบแสง	4.23 ± 0.68^{Aa}	4.95 ± 1.31^{Aa}	3.93 ± 2.09^{Aa}
ทาสารทึบแสง	8.40 ± 2.02^{Bb}	4.10 ± 2.47^{Aa}	5.53 ± 1.09^{Aa}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงถึงมีค่าความแตกต่างสีที่ไม่แตกต่างกันทั้งในแถวเดียวกัน (ตัวแปรความหนา) และในคอลัมน์เดียวกัน (ตัวแปรการทาสารทึบแสง) อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 3 แสดงค่าสี L* a* b*

Table 3. Mean ± SD results of the color coordinates (L*, a* and b*).

ค่าสีแยกตามแกน Lab	ไม่ทาสารทึบแสง			ทาสารทึบแสง		
	1 มิลลิเมตร	1.5 มิลลิเมตร	2 มิลลิเมตร	1 มิลลิเมตร	1.5 มิลลิเมตร	2 มิลลิเมตร
L*	74.24 ± 1.43^{a}	78.01 ± 3.16^{a}	75.95 ± 1.76^{a}	75.76 ± 2.06^{a}	76.94 ± 1.40^{a}	77.12 ± 1.59^{a}
a*	0.5 ± 0.38^{A}	1.76 ± 0.41^{B}	1.57 ± 0.26^{B}	1.52 ± 0.4^{B}	2.19 ± 0.57^{B}	2.08 ± 0.54^{B}
b*	$13.06 \pm 1.49^{\alpha}$	$13.33 \pm 3.56^{\alpha}$	$14.70 \pm 2.4^{\alpha}$	$18.88 \pm 1.74^{\beta}$	$15.19 \pm 2.57^{\alpha}$	$16.66 \pm 1.05^{\alpha}$

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแถวเดียวกันของแต่ละกลุ่มความหนา แสดงถึงค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สรุปผลการทดลอง (Conclusion)

จากข้อจำกัดของการทดลองในครั้งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. เซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงไฟว์วาย-ทีซีพีที่ความหนา 1 มิลลิเมตรมีความสามารถในการปิดสีโลหะพื้นหลังแตกต่างจากความหนา 1.5 และ 2 มิลลิเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มที่ทาสารทึบแสง

2. เซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสงไฟว์วาย-ทีซีพีในทุกความหนาที่ 1, 1.5 และ 2 มิลลิเมตรไม่สามารถปิดสีของพื้นหลังได้ ถึงแม้ว่าจะมีการทาหรือไม่ทาสารทึบแสง

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากทุนกองทุนวิจัยคณะทันตแพทยศาสตร์ และกองทุนหน่วยวิจัยเทคโนโลยีและวัสดุที่เกี่ยวข้องกับงานดิจิตอลทางทันตกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง (References)

1. McLean JW, Hughes TH. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. Br Dent J. 1965;119(6):251-67.

2. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NR, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. Int J Prosthodont. 2015;28(3):227-34.

3. Bovera M. All-ceramic material selection: how to choose in everyday practice. Int J Esthet Dent. 2016;11(2):265-9.

4. Carrabba M, Keeling AJ, Aziz A, Vichi A, Fonzar RF, Wood D, et al. Translucent zirconia in the ceramic scenario for monolithic restorations: a flexural strength and translucency comparison test. J Dent. 2017;60:70-6.

5. Wagner WC, Chu TM. Biaxial flexural strength and indentation fracture toughness of three new dental core ceramics. J Prosthet Dent. 1996;76(2):140-4.

6. Donovan TE. Factors essential for successful all-ceramic restorations. J Am Dent Assoc. 2008;139:14S-8S.

7. Quinn JB, Sundar V, Lloyd IK. Influence of microstructure and chemistry on the fracture toughness of dental ceramics. J Am Dent Assoc. 2008;139:14S-8S.

8. Christel P, Meunier A, Dorlot JM, Crolet JM, Witvoet J, Sedel L, et al. Biomechanical compatibility and design of ceramic implants for orthopedic surgery. Ann N Y Acad Sci. 1988;523:234-56.

9. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. Biomaterials. 1999;20(1):1-25.

10. 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;88:4-9.

11. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. part I: core and veneer materials. J Prosthet Dent. 2002;88:10-5.

12. Chen YM, Smales RJ, Yip KH, Sung WJ. Translucency and biaxial flexural strength of four ceramic core materials. Dent Mater. 2008;24(11):1506-11.

13. Larsson C, Wennerberg A. The clinical success of zirconia-based crowns: a systematic review. Int J Prosthodont. 2014;27(1):33-43.

14. Ioannidis A, Bindl A. Clinical prospective evaluation of zirconia-based three-unit posterior fixed dental prostheses: up-to ten-year results. J Dent. 2016;47:80-5.

15. Zhang Y. Making yttria-stabilized tetragonal zirconia translucent. Dent Mater. 2014; 30(10):1195-203.

16. Sulaiman TA, Abdulmajeed AA, Donovan TE, Ritter AV, Vallittu PK, Narhi TO, et al. Optical properties and light irradiance of monolithic zirconia at variable thicknesses. Dent Mater. 2015;31(10):1180-7.

17. Baldissara P, Parisi C, Evangelisti E, Wandscher V, Lodi D. Fatigue resistance of cubic/ tetragonal translucent zirconia crowns. Dent Mater. 2016;32S:e73.

18. Zhang Y, Lawn BR. Novel zirconia materials in dentistry. J Dent Res. 2018;97(2):140-7.

19. Farhad T, Sara D, Mahshid N. Effect of thickness of zirconia ceramic on its masking ability: an in vitro study. J Prosthodont. 2019:666-71.

20. Flipped LA, Baratieri LN. Direct resin composite veneers: masking the dark prepared enamel surface. Quintessence Int. 2000;31(8):557-62.

21. Abeer AK. Evaluating the relative optical translucency of opaquers composite resins. J Res Med Sci. 2006;13(2):62-6.

22. An JS, Son HH, Qadeer S, Ju SW, Ahn JS. The influence of a continuous increase in thickness of opaque-shade composite resin on masking ability and translucency. Acta Odontol Scand. 2013;71(1):120-9.

23. Estay J, Angel P, Bersezio C, Tonetto M, Jorquera G, Pena M, et al. The change of teeth color, whiteness variations and its psychosocial and self-perception effects when using low vs. high concentration bleaching gels: a one-year follow-up. BMC Oral Health. 2020;20(1):255. doi: 10.1186/s12903-020-01244-x.

24. Khashayar G, Bain PA, Salari S, Dozic A, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry. J Dent. 2014;42(6):637-44.

25. María PM, Oscar PE, Razvan G, Rosa P, Della Bona A. Recent Advances in Color and Whiteness Evaluations in Dentistry. Current Dentistry. 2019;1(1):23-29.

26. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, et al. Color difference thresholds in dentistry. J Esthet Restor Dent. 2015;27:S1-9.

27. Ruyter IE, Nilner K, Møller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. Dent Mater. 1987;3: 246-51.

28. Sethakamnerd P, Leeviloj C Masking ability of two ceramics with different thicknesses on various substrates. M Dent J. 2017;37(2):233-42.

ติดต่อบทความ:
รศ.ดร.ทพ. ชัยมงคล เปี่ยมพริ้ง
สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110
โทรศัพท์ 081 691 2241
อีเมล: mongkon.5c@gmail.com

Corresponding author:
Assoc.Prof.Dr. Chaimongkon Peampring
Department of Prosthetic Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110, Thailand.
Tel: (668) 1691 2241
E-mail: mongkon.5c@gmail.com