

ผลของความหนาของเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกต สีของซีเมนต์ และวัสดุทำหลักยึดรากเทียมต่อสีของชิ้นงานบูรณะ

ธนโชติ พยุงรัตน์* มะลิ พลาบุเวช*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาสีลิเทียมไดซิลิเกตชนิดโปร่งแสงปานกลางหลังบูรณะบนวัสดุทำหลักยึดรากเทียม ร่วมกับเรซินซีเมนต์

วัตถุประสงค์และวิธีการ: แบ่งกลุ่มเซรามิก (ความหนา 1.00, 1.50, 2.00 และ 2.50 มิลลิเมตร) วัสดุหลักยึดรากเทียม (ไทเทเนียม เซอร์โคเนีย โทเทียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 40, 50, 60 และ 70 โวลต์) และซีเมนต์เนกซ์สทรี (สีขาว สีขาวทึบ และสีเหลือง) กลุ่มละ 7 ชิ้น โดยวิธีสุ่มอย่างง่าย วางชิ้นเซรามิกบนวัสดุทำหลักยึดรากเทียม โดยมีซีเมนต์คั่นกลาง วัดสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ บันทึกค่าด้วยระบบซีไออี และคำนวณค่าความแตกต่างของสี การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนและทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธีทดสอบทุกิ ($\alpha = .05$)

ผลการทดลอง: ปัจจัยทดสอบทั้งหมดมีผลต่อค่าความแตกต่างของสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าความแตกต่างของสีที่น้อยที่สุดคือเซรามิกหนา 2.50 มิลลิเมตรบนเซอร์โคเนียร่วมกับซีเมนต์สีขาวทึบและสีเหลือง (1.41 ± 0.07 และ 1.36 ± 0.13 ตามลำดับ) และไทเทเนียมร่วมกับซีเมนต์สีขาว (2.03 ± 0.16)

สรุป: เซอร์โคเนียและไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 50 โวลต์สามารถปิดสีหลักยึดรากเทียมเมื่อบูรณะด้วยเซรามิกหนาตั้งแต่ 1.50 มิลลิเมตรร่วมกับซีเมนต์เนกซ์สทรีสีขาว สีขาวทึบและสีเหลืองให้ค่าความแตกต่างของสีในระดับน้อยกว่า 5.50

คำสำคัญ: ลิเทียมไดซิลิเกต สีของซีเมนต์ วัสดุทำหลักยึดรากเทียม ค่าความแตกต่างของสี

Received Date: Apr 18, 2022

Revised Date: Apr 21, 2022

Accepted Date: Jul 01, 2022

*ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร 114 ถนนสุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110

Effect of Thickness of Lithium Disilicate, Cement Color and Implant Abutment Materials to Final Restoration Color

Thanachot Phayoongrat* Mali Palanuwech*

Abstract

Objective: The purpose of this in vitro study is to investigate the final color of medium translucent lithium disilicate on implant materials with resin cement.

Material and Methods: Seven specimens of ceramic (1.00, 1.50, 2.00 and 2.50 mm in thickness), types of implant abutment materials (Ti, Zr, ATi40, ATi50, ATi60 and ATi70) and Nexus III resin cement (white, white opaque and yellow) were allocated by simple random sampling method. Ceramic specimens were placed over implant abutment specimens with resin cement specimen in between. The spectrophotometer used for measurements, data recorded as CIE L*a*b* color co-ordinates and calculated into ΔE value. The statistical analysis was performed with ANOVA and Tukey's HSD test ($\alpha = .05$).

Results: All examine parameters can statistically significant effect on the final color. The lowest ΔE was thickness of 2.50 mm on Zr with white opaque and yellow cement (1.41 ± 0.07 and 1.36 ± 0.13 , respectively) and on titanium with white cement (2.03 ± 0.16).

Conclusion: Zirconia and 50-voltage anodized titanium, which could mask the implant abutment at a clinical acceptable level ($\Delta E < 5.50$) when using the at least 1.50 mm ceramic with white, white opaque and yellow Nexus III resin cement.

Keyword: Lithium disilicate, Cement color, Implant abutment material, Total color difference

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

บทนำ (Introduction)

การรักษาด้วยรากเทียมเป็นการทดแทนการสูญเสียฟันวิธีหนึ่งที่ได้รับคามนิยมในปัจจุบันและมีอัตราความสำเร็จในการรักษาสูง โดยตำแหน่งที่ต้องการความสวยงามสูงอย่างฟันหน้าบนเป็นสิ่งที่ท้าทายในการบูรณะ เนื่องจากมีปัจจัยที่พึงคำนึงหลากหลาย อาทิ ตำแหน่งรากฟันเทียม ระดับของแนวยิ้ม (Smile line) วัสดุทำหลักยึดรากเทียม และวัสดุทำครอบฟัน เป็นต้น (1,2)

หลักยึดไทเทเนียม (Titanium abutment) เป็นหลักยึดมาตรฐานที่ให้ความสำเร็จในการรักษาสูง เนื่องจากมีคุณสมบัติเชิงกลและชีวภาพที่ดี มีขนาดให้เลือกหลากหลาย และค่าใช้จ่ายถูก (3,4) อย่างไรก็ตามพบปัญหาความสวยงามจากสีของหลักยึดไทเทเนียมที่สะท้อนผ่านขอบเหงือกโดยเฉพาะกรณีคนไข้ที่มีเหงือกชนิดไบโอไทป์บาง (Thin biotype) ส่งผลต่อความพึงพอใจในการรักษา (5,6) จึงมีการใช้หลักยึดที่มีสีขาวอย่างหลักยึดที่ทำจากเซอร์โคเนีย (Zirconia) มาทดแทน

การใช้หลักยึดเซอร์โคเนียให้ผลลัพธ์ในการบูรณะของเหงือกรอบรากเทียมใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ (6) แต่พบปัญหาการหักบริเวณส่วนเชื่อมต่อระหว่างรากเทียม (Implant connection) ในหลักยึดเซอร์โคเนียทั้งชั้น (Zirconia abutment) (7) และการใช้ฐานยึดไทเทเนียม (Titanium base) ร่วมกับส่วนคลุมที่ทำจากเซอร์โคเนีย (Zirconia coping) มีขั้นตอนทางห้องปฏิบัติการซับซ้อน มีรายงานการสูญเสียการยึดติดของครอบฟันบนส่วนคลุม (8) และมีข้อจำกัดในบริเวณช่องว่างขนาดเล็ก

หลักยึดไทเทเนียมจึงถูกพัฒนาให้เกิดความสวยงาม โดยการเปลี่ยนแปลงสีของไทเทเนียมด้วยวิธีการต่าง ๆ อย่างปฏิกิริยาทางความร้อน เคมี การชุบไทเทเนียมไนไตรต์ (Titanium nitrite coating) และปฏิกิริยาอะโนไดซ์ (Anodized oxidation) (9,10)

ปฏิกิริยาอะโนไดซ์เป็นปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีที่ทำให้เกิดสีบนโลหะไทเทเนียมตามกระแสไฟฟ้าที่กระตุ้นทำให้เกิดความหนาของชั้นออกไซด์บนโลหะไทเทเนียมเพิ่มขึ้น เกิดลักษณะพื้นผิวโลหะขรุขระ (11) จึงช่วยกระตุ้นให้เกิดการยึดเกาะของเนื้อเยื่อโพลีเมอร์ของ

เหงือก (Gingival fibroblast) และเกิดการผลึกของเหงือกที่ดี (Gingival bioseal) นอกจากนี้ยังสามารถทำได้ง่าย มีค่าใช้จ่ายถูก และมีความคงทนของสีบนไทเทเนียมมากกว่าวิธีอื่น ๆ (9,12)

เซรามิกชนิดแก้ว (Glass ceramic) ถูกนำมาใช้ในการบูรณะในตำแหน่งที่ต้องการความสวยงามสูง มีความเป็นธรรมชาติมากกว่าครอบฟันโลหะผสมเซรามิก (Porcelain fused to metal crown) เนื่องจากคุณสมบัติความโปร่งแสง การสะท้อน และหักเหของแสงใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ อีกทั้งมีความแข็งแรงที่เหมาะสมต่อการใช้งาน (4,13) โดยสีของเซรามิกหลังบูรณะขึ้นกับลักษณะพื้นผิวของชิ้นงาน (Surface texture) รูพรุนบนชิ้นงาน เวลาในการเผาขึ้นรูป การเคลือบเงา (Glazing) ความหนาของซีเมนต์ (14) สีของพื้นหลัง (Substrate color) (15,16) ความหนาของเซรามิก (17) ความโปร่งแสงของเซรามิก (18) สีของซีเมนต์ (19) และหลายปัจจัยร่วมกัน (14) นอกจากนี้เรซินซีเมนต์เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ยึดติดเซรามิกกับหลักยึด และเพิ่มความแข็งแรงของเซรามิก (4) โดยสีของซีเมนต์ในท้องตลาดมีหลากหลาย การศึกษาของ Cubas และคณะ ในปี 2011 พบว่าซีเมนต์สีทึบสามารถปิดสีของพื้นหลังได้ดีกว่าซีเมนต์สีใสในทุกความหนาและยี่ห้อของเซรามิก (20) อย่างไรก็ตามซีเมนต์สีทึบจะลดความโปร่งแสงของเซรามิก (21,22) เพื่อให้เกิดความสวยงามหลังบูรณะสูงสุดจำเป็นต้องคำนึงถึงชนิดของพื้นหลัง เซรามิก และสีของซีเมนต์

สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการเทียบวัดสีทางทันตกรรม โดยมีความแม่นยำสูงกว่าตาเปล่าถึงร้อยละ 33 (23-25) ซึ่งประมวลผลด้วยระบบซีไออี (Commission international de l'Eclairage, CIE) จากตัวแปรแอล เอ และบี (L* a* and b*) จากนั้นจะแสดงค่าความแตกต่างของสี (Delta E, ΔE) ของวัตถุทดสอบสองชนิด (26) โดยค่าความแตกต่างของสีที่ยอมรับได้ทางคลินิกมีค่าแตกต่างกันในแต่ละงานวิจัย การศึกษาของ Douglas และคณะ ในปี 2007 ได้กำหนดค่าความแตกต่างของสีในระดับที่ยอมรับได้โดยประสาทสัมผัส (Perceptibility threshold,

PT) ที่ระดับ 2.6 และค่าความแตกต่างของสีที่ยอมรับได้ทางคลินิก (Acceptability threshold, AT) ที่ระดับ 5.5 (27) โดยค่าความแตกต่างของสีดังกล่าวยังถูกนำมาใช้เป็นค่าอ้างอิงในการทดสอบเทียบวัสดุสีในงายวิจัยเกี่ยวกับสีของเซรามิก (15,28)

การวิจัยทางห้องปฏิบัติการนี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตชนิดโปร่งปานกลาง (Medium translucent lithium disilicate) ซึ่ง

ยังไม่มีการศึกษาความสามารถในการปิดสีของหลักยึดมาก่อน โดยใช้เซรามิกที่ความหนา 4 ระดับร่วมกับสีของซีเมนต์ 3 สี บนวัสดุทำหลักยึดรากเทียม 7 ชนิด โดยความสมมติฐานว่างคือวัสดุทำหลักยึดแต่ละชนิดให้ค่าความแตกต่างของสีบนเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตแต่ละความหนาร่วมกับสีของซีเมนต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (Material and Methods)

ตารางที่ 1 วัสดุที่ใช้

Table 1 Material used.

Material	Code	Shade	Type	Manufacturer
IPS e.max CAD		A1	Medium translucent lithium disilicate	Ivoclar Vivadent AG, Germany
Zirconia	Zr	A1	Translucent zirconia	Zirkonzahn, Italy
Titan V	Ti		High-quality pure titanium alloy abutment material; 99% Ti, 0.3% Fe	Baoji Seabird Metal Material, China
Filtek Z350XT		Dentine A2	Nanohybrid composite resin	3M ESPE, USA
Nexus III	W WO Y	White White opaque Yellow	Dual-polymerized resin cement	Kerr, USA
Liquid strip refill		Colorless	Refractive index solution (n=1.52)	Krungtepchemi.co.ltd., Thailand

การเตรียมชิ้นทดสอบเซรามิก (Fabrication of ceramic specimens)

ออกแบบและกลึงชิ้นเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกต (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent AG, Germany) ชนิดโปร่งแสงปานกลาง สีเอหนึ่ง (A1) จำนวน 28 ชิ้น แบ่งเป็นความหนา 1.00 (n = 7), 1.50

(n = 7), 2.00 (n = 7) และ 2.50 (n = 7) มิลลิเมตร ด้วยเครื่องมาสเตอร์มิล (MasterMill N4, VHF, Germany) ตามวิธีที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ จากนั้นขัดเรียบพื้นผิวชิ้นทดสอบภายใต้การหล่อเย็น โดยปราศจากการเคลือบผิว เพื่อควบคุมความหนาของชิ้นทดสอบ

การเตรียมชิ้นทดสอบวัสดุทำหลักยึดรากเทียม (Fabrication of implant abutment material)

สร้างชิ้นทดสอบวัสดุทำหลักยึดรากเทียม ประกอบด้วยชิ้นทดสอบคอมโพสิตเรซิน สีเนื้อฟัน เอสสอง (กลุ่มควบคุม), เซอร์โคเนีย (Zr), ไทเทเนียม (Ti),

ไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 40 (ATi40), 50 (ATi50), 60 (ATi60) และ 70 (ATi70) โวลต์ (รูปที่ 1) โดยกำหนดให้ชิ้นทดสอบให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.00 มิลลิเมตร ความหนา 2.00 มิลลิเมตร



รูปที่ 1 วัสดุทำหลักยึดรากเทียม (A) เซอร์โคเนีย (B) ไทเทเนียม (C-F) ไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ด้วยกระแสไฟฟ้าหลายระดับ (40-70 โวลต์)
Figure 1 Implant abutment materials (A) Zirconia (B) Titanium (C-F) Anodized titanium at various voltages (40-70 V).

ออกแบบและกลึงชิ้นทดสอบเซอร์โคเนียชนิดโปร่งแสง (Zirkonzahn, Italy) สีเอหนึ่งด้วยเครื่องเอ็มโพร์ เว็ต เฮฟวี มิลลิ่ง ยูนิท (M4 Wet Heavy Metal Milling unit, Zirkonzahn, Italy) จากนั้นเผาภายใต้เครื่องเผาทางทันตกรรม (Programat P300, Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein, Germany) ตามวิธีที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ จำนวน 21 ชิ้น

ตัดไทเทเนียมชนิดแท่ง (Titan V) ความยาว 30 เซนติเมตรด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำ (Isomet 1000 Precision Saw) จำนวน 105 ชิ้น จากนั้นขัดเรียบพื้นผิวชิ้นทดสอบภายใต้การหล่อเย็น ทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิก (Ultrasonic) และทิ้งไว้ให้แห้งภายใต้อุณหภูมิห้อง

นำชิ้นทดสอบไทเทเนียมที่ถูกขัดเรียบจำนวน 84 ชิ้นมาผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ โดยใช้สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต (Sodium bicarbonate) ความเข้มข้นร้อยละ 1.96 โดยมวลเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ทำการยึดไทเทเนียมเข้ากับขั้วบวกและยึดแผ่นโลหะแสดงแลสเข้ากับขั้วลบของวงจรไฟฟ้า ให้กระแสไฟฟ้า

40, 50, 60 และ 70 โวลต์ด้วยเครื่องอะโนไดซ์ (KPS1203D, Wantek, China) อย่างละ 21 ชิ้น เป็นเวลา 60 วินาที จากนั้นทำความสะอาดชิ้นทดสอบด้วยเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำมาเป่าแห้งด้วยลมเย็นเพื่อรอการทดสอบ

การเตรียมชิ้นทดสอบซีเมนต์

ฉีดซีเมนต์เนกซัส ทรี (Nexus III) ชนิดบ่มด้วยแสงและตัวเอง (Dual cure) จำนวน 3 สี ได้แก่ สีเหลือง (n = 49) สีขาว (n = 49) และสีขาวยืด (n = 49) ร่วมกับปลายฉีดของบริษัทลงในแม่แบบพลาสติกแข็งสีใส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.00 มิลลิเมตร และความหนา 0.20 มิลลิเมตรที่อยู่ระหว่างแผ่นแก้วใส ปิดทับด้วยลูกตุ้มน้ำหนัก 2 กิโลกรัม แล้วฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงที่ระดับ 750 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร มุมละ 20 วินาที แล้วนำไปบ่มภายใต้เครื่องบ่มเชื้อ (Incubator EN055, NUVE A.S., Izmir, Turkey) ที่อุณหภูมิ 37°C ± 1°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อให้เกิดพอลิเมอร์เซชันอย่างสมบูรณ์

การทดสอบวัดสี (Spectrometric analysis)

ทำการเทียบวัดสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่นวีต้า อีซี แอดวานซ์ ไฟว์ (Vita Easy shade Advance V, Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) โดยผู้ทดสอบหนึ่งท่าน ซึ่งกำหนดให้มีแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐานที่ ดี 65 (D65) และทำการสอบเทียบวัดสีที่แผ่นสีขาวก่อนการทำสอบทุกครั้ง

วางชิ้นทดสอบวัสดุทำหลักยึดรากเทียมโดยหันด้านที่ขัดเรียบขึ้นลงในแนวนอน แล้วปิดทับด้วยชิ้นทดสอบซีเมนต์และชิ้นทดสอบเซรามิกตามลำดับ หยดสารละลายกลีเซอริน (Krungtepchemi.co.ltd) เป็นสารคั่นกลาง และปิดทับด้วยกล่องดักแสงที่มีรูตรงกลาง

จากนั้นนำปลายทดสอบของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ใส่ในรูทดสอบในตำแหน่งกึ่งกลางของชิ้นทดสอบจำนวน 3 ครั้งต่อการทดสอบ แล้วบันทึกค่า จากนั้นทดสอบกลุ่มถัดไปด้วยวิธีการเดียวกัน โดยเปลี่ยนชิ้นทดสอบวัสดุทำหลักยึดรากเทียมตามวัสดุ ชิ้นทดสอบซีเมนต์ตามสี และชิ้นทดสอบเซรามิกตามความหนา ด้วยวิธีสุ่มอย่างง่าย

คำนวณค่าความแตกต่างของค่าแอล เอ และบี (*L, *a and *b) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับชิ้นทดสอบควบคุมแล้วคำนวณค่าความแตกต่างของสีด้วยสูตรซีไออี 76 (CIE76); โดยกำหนดค่า Perceptability threshold < 2.6 และ Acceptability threshold < 5.50

$$\Delta E = [(L^*_{\text{cement}} - L^*_{\text{air}})^2 + (a^*_{\text{cement}} - a^*_{\text{air}})^2 + (b^*_{\text{cement}} - b^*_{\text{air}})^2]^{1/2}$$

วิเคราะห์ข้อมูลการกระจายแบบปกติด้วยการทดสอบของชาปิโร-วิลด์ (Shapiro-Wilk test) จากนั้นทดสอบความแปรปรวนแบบ 3 ทาง (Three-way ANOVA) เพื่อทดสอบอิทธิพลของวัสดุทำหลักยึดรากเทียม สีของซีเมนต์ และความหนาของเซรามิก และทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีทดสอบของทูกี (Tukey's multiple comparison) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ซึ่งจะคำนวณค่าทางสถิติด้วยระบบคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมเอสพีเอสเอส SPSS รุ่น 17 (SPSS 17.0 V; SPSS Inc., Chicago, IL)

ผลการทดลอง (Results)

ค่าเฉลี่ยของค่าแตกต่างของสีและค่าความแปรปรวนดังแสดงในตารางที่ 2-4 ความหนาเซรามิกสีของซีเมนต์ และวัสดุทำหลักยึดรากเทียมนี้อิทธิพลต่อค่าความแตกต่างของสี โดยเมื่อเพิ่มความหนาของเซรามิกมากขึ้นจาก 1.00 ถึง 2.50 มิลลิเมตรพบว่าค่าความแตกต่างของสีลดลงในทุกสีของซีเมนต์และวัสดุทำหลักยึดรากเทียม ที่ความหนาของเซรามิก 2.00 และ 2.50 มิลลิเมตรมีค่าความแตกต่างของสีไม่แตกต่างกันมากในทุกสีของซีเมนต์และวัสดุทำหลักยึดรากเทียม วัสดุทำหลักยึดรากเทียมไทเทเนียมร่วมกับซีเมนต์สีขาวยังให้ค่าความแตกต่างของสีดีกว่าวัสดุทำหลักยึดรากเทียมชนิดอื่นในทุกความหนาของเซรามิก วัสดุทำหลักยึดรากเทียมเซอร์โคเนีย ไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 50 และ 60 โวลต์ร่วมกับซีเมนต์สีขาวยังและเหลืองมีค่าความแตกต่างของสีใกล้เคียงกับตัวควบคุมในทุกความหนา โดยเซอร์โคเนียมีค่าความแตกต่างของสีต่ำกว่าเล็กน้อย

ตารางที่ 2 แสดงค่าความแตกต่างของสีและความแปรปรวนโดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาเซรามิกวัสดุทำหลักยึดรากเทียมและเรซินซีเมนต์สีขาว

Table 2 Mean and standard deviation of total color difference, classified according to type of ceramic thickness, implant abutment materials and white resin cement.

Ceramic thickness implant abutment material	1.00 mm	1.50 mm	2.00 mm	2.50 mm
	ΔE			
Zr	8.00 ± 0.11	5.11 ± 0.14	3.44 ± 0.22	3.01 ± 0.19
Ti	6.35 ± 0.19	3.71 ± 0.33	2.31 ± 0.12	2.03 ± 0.16
ATi40	12.94 ± 0.20	7.45 ± 0.10	5.02 ± 0.19	3.45 ± 0.11
ATi50	5.73 ± 0.22	3.80 ± 0.13	3.07 ± 0.11	2.68 ± 0.12
ATi60	7.23 ± 0.22	4.73 ± 0.34	3.54 ± 0.29	3.55 ± 0.18
ATi70	12.73 ± 0.10	7.59 ± 0.11	4.90 ± 0.09	3.94 ± 0.10

ตารางที่ 3 แสดงค่าความแตกต่างของสีและความแปรปรวนโดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาเซรามิกวัสดุทำหลักยึดรากเทียมและเรซินซีเมนต์สีขาวทึบ

Table 3 Mean and standard deviation of total color difference, classified according to type of ceramic thickness, implant abutment materials and white opaque resin cement.

Ceramic thickness implant abutment material	1.00 mm	1.50 mm	2.00 mm	2.50 mm
	ΔE			
Zr	9.38 ± 0.07	3.06 ± 0.23	0.77 ± 0.07	1.41 ± 0.07
Ti	11.82 ± 0.25	3.91 ± 0.15	3.17 ± 0.24	1.43 ± 0.08
ATi40	14.36 ± 0.10	5.40 ± 0.10	4.70 ± 0.09	2.07 ± 0.06
ATi50	10.17 ± 0.11	4.06 ± 0.18	3.03 ± 0.04	1.50 ± 0.12
ATi60	10.37 ± 0.20	3.10 ± 0.15	3.16 ± 0.09	1.64 ± 0.14
ATi70	12.10 ± 0.20	4.37 ± 0.07	4.84 ± 0.17	2.42 ± 0.11

ตารางที่ 4 แสดงค่าความแตกต่างของสีและความแปรปรวนโดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาเซรามิกวัสดุทำหลักยึดรากเทียมและเรซินซีเมนต์สีเหลือง

Table 4 Mean and standard deviation of total color difference, classified according to type of ceramic thickness, implant abutment materials and yellow resin cement.

Ceramic thickness implant abutment material	1.00 mm	1.50 mm	2.00 mm	2.50 mm
	ΔE			
Zr	5.57 ± 0.37	4.63 ± 0.29	1.41 ± 0.12	1.36 ± 0.13
Ti	7.33 ± 0.26	6.57 ± 0.12	3.79 ± 0.17	1.84 ± 0.08
ATi40	10.99 ± 0.24	6.85 ± 0.55	3.39 ± 0.14	2.09 ± 0.16
ATi50	6.62 ± 0.34	5.22 ± 0.17	2.82 ± 0.06	1.88 ± 0.18
ATi60	6.96 ± 0.22	5.71 ± 0.20	3.25 ± 0.09	1.86 ± 0.09
ATi70	10.10 ± 0.23	7.29 ± 0.13	3.84 ± 0.20	2.01 ± 0.05

นอกจากนี้ความหนาเซรามิกที่ระดับ 2.50 มิลลิเมตร ร่วมกับซีเมนต์สีเหลืองและขาวทึบให้ค่าความแตกต่างของสีใกล้เคียงกับตัวควบคุม นอกจากนี้พบว่าปฏิสัมพันธ์ของความหนาเซรามิก สีของซีเมนต์ และวัสดุทำหลักยึดรากเทียมมีอิทธิพลต่อค่าความแตกต่างของสีดังตารางที่ 5 โดยทุกความหนาของเซรามิกและสีของซีเมนต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่วัสดุทำหลักยึดรากเทียมไม่พบความ

แตกต่างกันอย่างนัยสำคัญระหว่างเซอร์โคเนียและไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 50 โวลต์, ไทเทเนียมและไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 60 โวลต์ และไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 40 และ 70 โวลต์ ผลลัพธ์จากกลุ่มของค่าเฉลี่ยของค่าความแตกต่างของสีจากการร่วมกันของความหนาของเซรามิก สีของซีเมนต์ และวัสดุทำหลักยึดรากเทียมที่แตกต่างกันรายงานด้วยวิธีทดสอบของทูก็

ตารางที่ 5 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรความหนาของเซรามิก วัสดุทำหลักยึดรากเทียม และสีของซีเมนต์ของการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของสี

Table 5 showed interaction among ceramic thickness, implant abutment materials and cement color in analysis of total color difference.

Source	df	Mean Square	F	P
Ceramic thickness	3	1216.58	6741.54	0.00
Implant abutment material	5	107.03	593.10	0.00
Cement color	2	16.64	92.20	0.00
Ceramic thickness x implant abutment material	15	16.11	89.27	0.00
Ceramic thickness x cement color	6	71.78	397.74	0.00
Cement color x implant abutment material	10	13.96	77.33	0.00
Ceramic thickness x implant abutment material x cement color	30	2.98	16.48	0.00
Error	432	0.18		
Total	503			

ค่าความแตกต่างของสีน้อยกว่า 2.60 พบในความหนาเซรามิก 2.00 มิลลิเมตรร่วมกับไทเทเนียมและซีเมนต์สีขาว, เซอร์โคเนียและซีเมนต์สีขาวทึบและสีเหลือง และความหนาเซรามิก 2.50 มิลลิเมตรร่วมกับเซอร์โคเนียและซีเมนต์สีขาวทึบและสีเหลือง, ไทเทเนียมและซีเมนต์สีขาว สีขาวทึบและสีเหลือง, ไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 40 โวลต์และซีเมนต์สีขาวทึบและสีเหลือง, ไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 50 โวลต์และซีเมนต์สีขาวทึบและสีเหลือง, ไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 60 โวลต์และซีเมนต์สีขาวทึบและสีเหลือง, ไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 70 โวลต์และซีเมนต์สีขาวทึบและสีเหลือง

ค่าความแตกต่างของสีน้อยกว่า 5.50 พบในความหนาของเซรามิกมากกว่าหรือเท่ากับ 1.50 มิลลิเมตรร่วมกับซีเมนต์ทุกสี ยกเว้นความหนาเซรามิก 1.50 มิลลิเมตร

ร่วมกับไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 40 และ 70 โวลต์และซีเมนต์สีขาว, ไทเทเนียม ไทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 40 และ 70 โวลต์ร่วมกับซีเมนต์สีเหลือง

บทวิจารณ์ (Discussion)

ผลการทดลองพบว่า ความหนาของเซรามิก กลุ่มลิเทียมไดซิลิเกต สีของซีเมนต์ และวัสดุทำหลักยึดรากเทียมมีผลต่อค่าความแตกต่างของสี (ΔE) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงปฏิเสธสมมุติฐานว่าง โดยมีผลการศึกษาบางส่วนสอดคล้องกับหลายงานวิจัยก่อนหน้านี้ อย่างไรก็ตามยังไม่มีฉันทมติเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งผลที่แตกต่างกันนั้นเกิดจากวิธีการทดลอง วัสดุที่เลือกใช้ และเครื่องมือเทียบวัดสี (Spectrophotometer) (16, 18, 29)

การศึกษาในปี 2021 Paken G และคณะพบว่า สีของซีเมนต์ที่แท้จริงต่างจากสีจากสารลองเทียบสีฟัน (try in paste) โดยที่ไม่ได้ใช้สีของไพรเมอร์ (primer) ร่วมในการทดลอง ดังนั้นการทดลองนี้จึงพิจารณาใช้ แผ่นสีซีเมนต์ที่แท้จริงโดยพิจารณาไม่ได้ใช้สารยึดติด และ primer ร่วมด้วย (30) นอกจากนี้การศึกษาเทียบ วัดสีมักจะถูกออกแบบการทดลองให้คล้ายคลึงกันทำให้ สามารถเปรียบเทียบผลการศึกษาในงานวิจัยลักษณะ เดียวกันได้ การใช้สารคั่นกลางช่วยให้เกิดความเหมาะสม ซึ่งมีผลต่อการหักเหและสะท้อนแสง อีกทั้งช่วยกำจัด การกระเจิงของแสงได้ โดยเฉพาะสารคั่นกลางที่มี ค่าดัชนีการหักเหแสง (refractive index) ใกล้เคียงกับ ฟันธรรมชาติ (16,29) ในการทดลองนี้เลือกใช้สารละลาย กลีเซอรินชนิดใสเป็นสารคั่นกลางระหว่างชั้นทดสอบ ซึ่งสามารถทำความสะอาดได้ง่ายและไม่ทำให้ชั้นทดสอบ เสื่อมสภาพ เครื่องมือเทียบวัดสีที่นิยมใช้ทางทันตกรรม ที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยมี 2 ประเภท ได้แก่ สเปกโตร โฟโตมิเตอร์และแคลอริมิเตอร์ (4,15,16,18,29,31) โดยแคลอริมิเตอร์มีการสะท้อนของแสงไม่สมบูรณ์ จึงเกิดความคลาดเคลื่อนของการวัดค่าเทียบสี (edge loss error) มากกว่าสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (16,32)

ผลการศึกษาในงานวิจัยนี้พบว่าค่าความแตกต่าง ของสีในระดับที่ยอมรับได้โดยประสาทสัมผัส ($\Delta E < 2.60$) พบในค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกกลุ่มลิเทียม โดซิลิเกตชนิดโปร่งแสงปานกลางที่มีความหนามากกว่า หรือเท่ากับ 2.50 มิลลิเมตรร่วมกับเรซินซีเมนต์เนกซ์ส ทรี สีขาว ขาวทึบและเหลืองบนวัสดุทำหลักยึดรากเทียม ที่ทำจากเซอร์โคเนีย โทเทเนียม โทเทเนียมที่ผ่าน กระบวนการอะโนไดซ์ 40, 50, 60 และ 70 โวลต์

ในขณะที่ค่าความแตกต่างของสีที่ยอมรับได้ ทางคลินิก ($\Delta E < 5.50$) พบในค่าความแตกต่างของ สีของเซรามิกกลุ่มลิเทียมโดซิลิเกตชนิดโปร่งแสงปาน กลางที่มีความหนามากกว่าหรือเท่ากับ 1.50 มิลลิเมตร ร่วมกับเรซินซีเมนต์เนกซ์ส ทรี สีขาวบนวัสดุทำหลักยึด รากเทียมที่ทำจากเซอร์โคเนีย โทเทเนียม โทเทเนียม ที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 50 และ 60 โวลต์ ค่า ความแตกต่างของสีของเซรามิกกลุ่มลิเทียมโดซิลิเกต

ชนิดโปร่งแสงปานกลางที่มีความหนามากกว่าหรือ เท่ากับ 1.50 มิลลิเมตรร่วมกับเรซินซีเมนต์เนกซ์ส ทรี สีเหลืองบนวัสดุทำหลักยึดรากเทียมที่ทำจากเซอร์โคเนีย โทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 50 โวลต์และ ค่าความแตกต่างของสีของเซรามิกกลุ่มลิเทียมโดซิลิเกต ชนิดโปร่งแสงปานกลางที่มีความหนามากกว่าหรือ เท่ากับ 2.00 มิลลิเมตรร่วมกับเรซินซีเมนต์เนกซ์ส ทรี สีขาวที่บนวัสดุทำหลักยึดรากเทียมที่ทำจากเซอร์โคเนีย โทเทเนียม โทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 40, 50, 60 และ 70 โวลต์

จากผลการศึกษาในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ความหนาของเซรามิกเป็นปัจจัยที่มีผลต่อสีของชิ้นงาน หลังบูรณะ เมื่อเซรามิกมีความหนาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า ความแตกต่างของสีในทุกกลุ่มทดสอบมีค่าลดลง ซึ่ง สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้า(15-20,22,31,33-36) โดยการศึกษาของ Shorky และคณะ ในปี 2006 พบว่า ความหนาของเซรามิกที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าบี (b*) ในระบบ ซีไออีมีค่ามากขึ้น ทำให้เซรามิกมีความทึบแสงมากขึ้น แต่มีความโปร่งแสงน้อยลง (35) อย่างไรก็ตามความ หนาของเซรามิกที่เปลี่ยนแปลงไม่ได้มีความสัมพันธ์กับ ค่าแอล (L*) ในระบบซีไออี (22,33)

ค่าความแตกต่างของสีเกิดความเปลี่ยนแปลง ที่ชัดเจนในเซรามิกที่มีความหนาน้อยมากกว่าความ หนามาก (15-18) ดังผลการศึกษาในงานวิจัยที่พบว่า ค่าความแตกต่างของสีระหว่างเซรามิกกลุ่มที่มีความ หนา 1.00 และ 1.50 มิลลิเมตรและ 1.50 และ 2.00 มิลลิเมตรมีค่าลดลงอย่างมาก แต่เซรามิกที่มีความหนา 2.00 และ 2.50 มิลลิเมตรมีค่าความแตกต่างของสี ไม่แตกต่างกัน การศึกษาของ Czigola และคณะ ในปี 2019 พบว่าความหนาและระดับความโปร่งแสงของ เซรามิกมีผลต่อการปิดสีพื้นหลังอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ โดยความหนาเซรามิกชนิดโปร่งแสงน้อยสามารถ ปิดสีพื้นหลังที่เป็นโลหะได้ดีกว่าชนิดโปร่งแสงมากและ อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทางคลินิก (18) เมื่อเซรามิกมี ความหนาลดลงส่งผลให้มีความโปร่งแสงสูงขึ้น ทำให้ แสงสามารถตกกระทบพื้นหลังและเกิดการสะท้อน ของสีของพื้นหลังที่ชัดเจน (20,34,36) โดยระดับ

ความโปร่งแสงและสีของเซรามิกเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการปิดสีพื้นหลัง (15,29) ซึ่งความโปร่งแสงของเซรามิกสัมพันธ์กับขนาดและความแน่นของผลึกคริสตัลภายใน เพื่อลดการสะท้อนสีของพื้นหลังมักใช้เซรามิกชนิดทึบแสงหรือชนิดโปร่งแสงน้อย ซึ่งมีข้อจำกัดด้านความสวยงาม ในการทดลองนี้จึงเลือกใช้เซรามิกชนิดโปร่งแสงปานกลาง ซึ่งมีขนาดผลึกที่ใหญ่กว่าชนิดโปร่งแสงน้อย และความหนาแน่นมากกว่าชนิดโปร่งแสงมาก โดยมีผลการทดลองในทิศทางเดียวกับการศึกษาที่ใช้เซรามิกชนิดโปร่งแสงน้อย และใช้เซรามิกสีเฮอร์นึ่ง เพื่อหวังผลความสวยงามสูงสุด ซึ่งผลการศึกษาพบว่าความหนาของเซรามิก 1.50 มิลลิเมตรร่วมกับสีของซีเมนต์สีขาวบนหลักยึดรากเทียมที่ทำจากเซอร์โคเนีย โทเทเนียม โทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 50 และ 60 โวลต์ และสีของซีเมนต์สีเหลืองบนหลักยึดเซอร์โคเนียและโทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 50 โวลต์มีค่าความแตกต่างของสีอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทางคลินิก ($\Delta E < 5.5$, PT) การศึกษาศึกษาพบว่าความหนาของเซรามิกชนิดแก้วมากกว่าหรือเท่ากับ 1.50 มิลลิเมตรเพียงพอในการปิดสีพื้นหลังสีทองในระดับที่ยอมรับได้ทางคลินิก (6,8,16) โดยในการศึกษานี้พบว่าเซรามิกที่ความหนาตั้งแต่ 2.50 มิลลิเมตรสีของพื้นหลังไม่มีผลต่อค่าความแตกต่างกันของสี ($\Delta E < 2.60$, PT) แต่ความหนาเซรามิก 1.50 และ 2.00 มิลลิเมตร มีค่าความแตกต่างของสีบนหลักยึดรากเทียมในระดับที่ยอมรับได้ทางคลินิก ($\Delta E < 5.50$, AT) ทั้งนี้ค่าความแตกต่างของสียังขึ้นกับปัจจัยอื่นได้แก่ชนิดของพื้นหลังและสีของซีเมนต์ และการเพิ่มความหนาของเซรามิกทำได้อย่างจำกัดขึ้นกับระยะเวลาปลดปล่อยขนาดของของหลักยึดรากเทียม ความกว้างของฟันในแนวแก้ม-ลิ้น และการเรียงตัวของฟันเป็นต้น

หลักยึดเซอร์โคเนียเป็นวัสดุที่นิยมมาใช้บูรณะในตำแหน่งที่ต้องการความสวยงามอย่างพินหน้า การศึกษาของ Lops และคณะ ในปี 2017 พบว่าค่าความแตกต่างของสีบริเวณเหงือกโดยรอบหลักยึดรากเทียมเซอร์โคเนียมีค่าน้อยที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับหลักยึดที่มีสีทอง (6) ในอดีตมีการใช้โลหะสีทองในการสร้างแกน

และเดือยฟัน (Post and core) บูรณะร่วมกับครอบฟันเซรามิก เพื่อลดการสะท้อนของสีพื้นหลังโดยการศึกษาได้ระบุว่าแกนและเดือยฟันโลหะพัลลาเดียมสีทอง (Gold palladium alloy) ร่วมกับเซรามิกให้ผลลัพธ์หลังบูรณะดีกว่าสีโลหะอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากวัสดุสีโลหะมีการดูดกลืนแสงมากกว่าวัสดุโลหะสีทอง จึงปรากฏลักษณะสีที่เข้มกว่า (Dark appearance) (4,29,37-39) อย่างไรก็ตามวัสดุทำหลักยึดเซอร์โคเนียมีคุณสมบัติเป็นเซรามิก ยอมให้แสงผ่านได้ดีกว่าโลหะ จึงเกิดการสะท้อนของแสงได้ดีกว่า จึงปรากฏลักษณะสีขาว (White appearance) การศึกษาของ Dede และคณะ ในปี 2013 พบว่าเซรามิกไอพีเอส อีแมค เพลส (IPS E.max Press) ชนิดทึบปานกลาง (Medium opacity) ร่วมกับซีเมนต์สีขาวทึบ บนวัสดุทำหลักยึดเซอร์โคเนีย และโลหะพัลลาเดียมสีทอง มีค่าความแตกต่างของสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่แตกต่างจากหลักยึดโทเทเนียม (4) จากการศึกษาพบว่าวัสดุทำหลักยึดรากเทียมที่ทำจากเซอร์โคเนียมีค่าความแตกต่างของสีน้อยที่สุดในทุกกลุ่มความหนาของเซรามิกเมื่อใช้ซีเมนต์สีขาวทึบและเหลือง แต่วัสดุทำหลักยึดรากเทียมที่ทำจากเซอร์โคเนีย โทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 50 และ 60 โวลต์มีค่าความแตกต่างของสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีค่าความแตกต่างของสีอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทางคลินิก ($\Delta E < 5.5$, AT) เมื่อความหนาของเซรามิกมากกว่าหรือเท่ากับ 1.50 มิลลิเมตรร่วมกับซีเมนต์สีขาว ขาวทึบและเหลือง อีกทั้งการศึกษาของ Jirajirayavej และคณะ ในปี 2018 พบว่าวัสดุทำหลักยึดรากเทียมที่ทำจากเซอร์โคเนียสีเหลือง ร่วมกับเซรามิกมีค่าความแตกต่างของสีในระดับที่ต่ำกว่าเซอร์โคเนียสีขาว ($\Delta E < 3.00$) (16)

แม้วัสดุทำหลักยึดรากเทียมเซอร์โคเนียโทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 50 และ 60 โวลต์ร่วมกับชั้นทดสอบเซรามิกจะมีค่าความแตกต่างของสีน้อยกว่าวัสดุทำหลักยึดรากเทียมโทเทเนียม แต่เมื่อทดสอบร่วมกับซีเมนต์สีขาวพบว่าเซรามิกบนวัสดุทำหลักยึดโทเทเนียมมีค่าความแตกต่างของสีน้อยที่สุด และเมื่อความหนาของเซรามิกมากกว่าหรือเท่ากับ 1.50 มิลลิเมตรมีค่า

ความแตกต่างของสีในระดับที่ยอมรับได้ทางคลินิก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ใช้เซรามิกไอพีเอส เอ็มเพรส (IPS Empress) ที่พบว่าสีโลหะของพื้นหลังไม่มีผลเมื่อความหนาเซรามิกมากกว่าหรือเท่ากับ 1.50 มิลลิเมตร (33,39,40)

การบูรณะครอบฟันเซรามิกบนหลักยึดจำเป็นต้องใช้เรซินซีเมนต์เป็นสารยึดติด จากการศึกษาที่ผ่านมา (14,19,21,22,40-42) พบว่าสีของซีเมนต์เป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแตกต่างของสีการยึดเซรามิกร่วมกับวัสดุทำหลักยึดรากเทียมจำเป็นต้องใช้ซีเมนต์เป็นสารยึดติด โดยซีเมนต์จะส่งผลให้เกิดความเป็นสีเขียวในระบบ CIELab มากยิ่งขึ้นภายหลังการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ทำให้สีของชิ้นงานหลังบูรณะมีแนวโน้มเปลี่ยนไป ซึ่งความหนาของชั้นซีเมนต์ทำให้เซรามิกมีความทึบขึ้นส่งผลให้สามารถปิดสีของพื้นหลังได้ดียิ่งขึ้น การศึกษาของ Niu ในปี 2014 พบว่า ความหนาของซีเมนต์ 100 และ 300 ไมครอนร่วมกับเซรามิกสามารถปิดสีของพื้นหลังได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อความหนาของซีเมนต์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความแข็งแรงของซีเมนต์ลดลง (14) ในการศึกษาที่กำหนดความหนาของซีเมนต์ที่ 200 ไมครอนเป็นความหนาที่ขึ้นรูปได้ง่าย ชิ้นทดสอบซีเมนต์มีความแข็งแรงและเก็บในอุณหภูมิสัมพัทธ์ ร้อยละ 100 เพื่อป้องกันชิ้นทดสอบเกิดรอยร้าว จากการศึกษาพบว่าวัสดุทำหลักยึดรากเทียมเซอรโคเนีย โทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 50 และ 60 โวลต์ร่วมกับซีเมนต์เนกซัสทรีสีขาวทึบและสีเหลืองให้ค่าความแตกต่างของสีดีกว่าซีเมนต์สีขาว โดยซีเมนต์สีขาวทึบให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าสีเหลือง แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวัสดุทำหลักยึดรากเทียมโทเทเนียมร่วมกับเนกซัสทรีสีขาวและขาวทึบได้ดีกว่าซีเมนต์สีเหลือง มีการศึกษาของ Chaiyabutr และคณะ ในปี 2011 พบว่าซีเมนต์สีขาวทึบร่วมกับเซรามิกไอพีเอส อีแมค เฟลส ชนิดโปร่งแสงน้อยให้ค่าความแตกต่างของสีบนพื้นหลังที่มีสีเข้มได้ดีกว่าพื้นหลังที่มีสีอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (19) นอกจากนี้ซีเมนต์สีโทนเหลือง (Warm) สามารถปิดสีพื้นหลังที่มีสีเข้มได้ดีกว่าสีโทนสว่าง (Light) หรือขาวโปร่งแสง (Translucent) (18,21,41) และซีเมนต์

สีขาวทึบร่วมกับเซรามิกลดการสะท้อนของสีพื้นหลังสีโลหะ สีทองได้ (4,41) อีกทั้งเรซินซีเมนต์สีขาวสามารถปิดสีของพื้นหลังสีโลหะได้ดีกว่าซีเมนต์สีเหลือง (14) อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Bacchi และคณะ ในปี 2019 พบว่าความหนาของเซรามิก 1.80 มิลลิเมตรร่วมกับซีเมนต์สีทึบยังไม่เพียงพอในการลดการสะท้อนของสีพื้นหลังโลหะให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทางคลินิก (42) ดังนั้นสีของซีเมนต์เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความแตกต่างของสีน้อยเมื่อเทียบกับความหนาของเซรามิกและพื้นหลัง (18,19,40) และผลของค่าความแตกต่างของสีของซีเมนต์ในแต่ละงานวิจัยก่อนหน้าให้ผลที่ไม่สอดคล้องกันทั้งหมดแม้จะเป็นซีเมนต์สีเดียวกันเกิดจากยี่ห้อของซีเมนต์

การศึกษายังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับชนิดความโปร่งแสงของเซรามิก รูปร่างของชิ้นทดสอบ ความมันเงายี่ห้อซีเมนต์เป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแตกต่างของสี จึงเหมาะสำหรับการศึกษาต่อไปในอนาคต

บทสรุป (Conclusion)

1. วัสดุทำหลักยึดรากเทียมและสีของซีเมนต์ไม่มีผลต่อค่าความแตกต่างของสี ($\Delta E < 2.60$) เมื่อความหนาเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตชนิดโปร่งแสงปานกลางมากกว่าหรือเท่ากับ 2.50 มิลลิเมตร

2. เซอรโคเนียและโทเทเนียมที่ผ่านกระบวนการอะโนไดซ์ 50 โวลต์ร่วมกับเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตชนิดโปร่งแสงปานกลางหนาตั้งแต่ 1.50 มิลลิเมตร และเนกซัส ทรีเรซินซีเมนต์สีขาว ขาวทึบและเหลืองมีค่าความแตกต่างของสีอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทางคลินิก ($\Delta E < 5.50$)

3. โทเทเนียมร่วมกับเซรามิกกลุ่มลิเทียมไดซิลิเกตชนิดโปร่งแสงปานกลางที่มีความหนาตั้งแต่ 1.50 มิลลิเมตร และเนกซัส ทรีเรซินซีเมนต์สีขาวและสีขาวทึบมีค่าความแตกต่างของสีอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทางคลินิก ($\Delta E < 5.50$)

ข้อสรุปในงานวิจัยนี้น่าจะใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาทางเลือกในการบูรณะครอบฟันเซรามิกบนหลักยึดรากเทียมให้เกิดความสวยงาม

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Heo YY, Heo SJ, Chang MW, Park JM. The patients' satisfaction following implant treatment. *J Korean Acad Prosthodont.* 2008; 46(6):569-76.
2. Pjetursson BE, Tan K, Lang NP, Brägger U, Egger M, Zwahlen M. A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res.* 2004;15(6):625-42.
3. Sailer I, Pjetursson BE, Zwahlen M, Hämmerle CH. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: Fixed dental prostheses. *Clin Oral Implants Res.* 2007;18(Suppl 3):86-96.
4. Dede DÖ, Armaganci A, Ceylan G, Cankaya S, Celik E. Influence of abutment material and luting cements color on the final color of all ceramics. *Acta Odontol Scand.* 2013;71(6):1570-8.
5. Bressan E, Paniz G, Lops D, Corazza B, Romeo E, Favero G. Influence of abutment material on the gingival color of implant-supported all-ceramic restorations: a prospective multicenter study. *Clin Oral Implants Res.* 2011;22(6):631-7.
6. Lops D, Stellini E, Sbricoli L, Cea N, Romeo E, Bressan E. Influence of abutment material on peri-implant soft tissues in anterior areas with thin gingival biotype: a multicentric prospective study. *Clin Oral Implants Res.* 2017; 28(10):1263-8.
7. Agustín-Panadero R, Serra-Pastor B, Roig-Vanaclocha A, Fons-Font A, Solá-Ruiz MF. Fracture resistance and the mode of failure produced in metal-free crowns cemented onto zirconia abutments in dental implants. *PLoS One.* 2019;14(8):e0220551. doi: 10.1371/journal.pone.0220551.
8. Elsayed A, Wille S, Al-Akhali M, Kern M. Effect of fatigue loading on the fracture strength and failure mode of lithium disilicate and zirconia implant abutments. *Clin Oral Implants Res.* *Clin Oral Implants Res.* 2018;29(1):20-7.
9. 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.
10. 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.
11. Kim K, Lee BA, Piao XH, Chung HJ, Kim YJ. Surface characteristics and bioactivity of an anodized titanium surface. *J Periodontal Implant Sci.* 2013;43(4):198-205.
12. Roffel S, Wu G, Nedeljkovic I, Meyer M, Razafiarison T, Gibbs S. Evaluation of a novel oral mucosa in vitro implantation model for analysis of molecular interactions with dental abutment surfaces. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2019;21(Suppl Suppl 1):25-33.
13. McLaren EA, Figueira J. Updating classifications of ceramic dental materials: a guide to material selection. *Compend Contin Educ Dent.* 2015;36(6):400-5.
14. 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.

15. Pires LA, Novais PM, 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.
16. 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.
17. Ellakany P, Madi M, Aly NM, Al-Aql ZS, AlGhamdi M, AlJeraisy A, et al. Effect of CAD/CAM ceramic thickness on shade masking ability of discolored teeth: in vitro study. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(24):13359. doi: 10.3390/ijerph182413359.
18. Czizgola 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.
19. 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.
20. de Azevedo Cubas GB, Camacho GB, Demarco FF, Pereira-Cenci T. The effect of luting agents and ceramic thickness on the color variation of different ceramics against a chromatic background. *Eur J Dent.* 2011;5(3):245-52.
21. Yildirim B, Recen D, Tekeli Simsek A. Effect of cement color and tooth-shaded background on the final color of lithium disilicate and zirconia-reinforced lithium silicate ceramics: an in vitro study. *J Esthet Restor Dent.* 2021; 33(2):380-6.
22. Begum Z, Chheda P, Shruthi CS, Sonika R. Effect of ceramic thickness and luting agent shade on the color masking ability of laminate veneers. *J Indian Prosthodont Soc.* 2014;14(Suppl 1):46-50.
23. Llana C, Lozano E, Amengual J, Forner L. Reliability of two color selection devices in matching and measuring tooth color. *J Contemp Dent.* 2011;12(1):19-23.
24. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent.* 2010;38(Suppl 2):e2-16. doi: 10.1016/j.jdent.2010.07.001.
25. Lehmann KM, Devigus A, Igiel C, Wentaschek S, Azar MS, Scheller H. Repeatability of color-measuring devices. *Eur J Esthet Dent.* 2011;6(4):428-35.
26. Stevenson B, Ibbetson R. The effect of the substructure on the colour of samples/restorations veneered with ceramic: a literature review. *J Dent.* 2010;38(5):361-8.
27. Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *J Prosthet Dent.* 2007;97(4):200-8.
28. Tabatabaian F, Javadi Sharif M, Massoumi F, Namdari M. The color masking ability of a zirconia ceramic on the substrates with different values. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2017;11(1):7-13.
29. Dede DÖ, Armağancı 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.

30. Paken G, Yildirim B, Ünal M, Tekeli A, Karagoz O. Color agreement between try-in paste and resin cement: Effect of background on zirconia-reinforced lithium silicate. *Aust Dent J*. 2021;66(4):406-12.
31. Vohra F, Alnajashi S, Aljardi A, Deeb M, Deeb L, Ahdal K, et al. Color Masking Ability of Lithium Disilicate Ceramic for Titanium Alloy Implant Abutments. *J Biomater Tissue Eng*. 2020; 10(6):852-7.
32. Gevaux L, Simonot L, Clerc R, Gerardin M, Hébert M. Evaluating edge loss in the reflectance measurement of translucent materials. *Applied Optics*. 2020;59(28):8939-50.
33. Nakamura T, Saito O, Fuyikawa J, Ishigaki S. Influence of abutment substrate and ceramic thickness on the colour of heat-pressed ceramic crowns. *J Oral Rehabil*. 2002;29(9):805-9.
34. Volpato CA, Monteiro S Jr, Andrada MC, Fredel MC, Petter CO. Optical influence of the type of illuminant, substrates and thickness of ceramic materials. *Dent Mater*. 2009;25(1):87-93.
35. Shokry TE, Shen C, Elhosary MM, Elkhodary AM. Effect of core and veneer thicknesses on the color parameters of two all-ceramic systems. *J Prosthet Dent*. 2006;95(2):124-9.
36. Wang F, Takahashi H, Iwasaki N. Translucency of dental ceramic with different thicknesses. *J Prosthet Dent*. 2013;110(1):14-20.
37. Tabatabaian F, Masoomi F, Namdari M, Mahshid M. Effect of Three Different Core Materials on Masking Ability of a Zirconia Ceramic. *J Dent (Tehran)*. 2016;13(5):340-8.
38. Shimada K, Nakazawa M, Kakehashi Y, Matsumura H. Influence of abutment materials on the resultant color of heat-pressed lithium disilicate ceramics. *Dent Mater J*. 2006;25(1):20-5.
39. Ge J, Wang XZ, Feng HL. Influence of different post core materials on the color of Empress 2 full ceramic crowns. *Chin Med J (Engl)*. 2006;119(20):1715-20.
40. 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.
41. Liu X, Fehmer V, Sailer I, Mojon P, Liu F, Pjetursson BE. Influence of Different Cements on the Color Outcomes of Titanium-Based Lithium Disilicate All-Ceramic Crowns and Peri-implant Soft Tissue. *Int J Prosthodont*. 2020;33(1):63-73.
42. Bacchi A, Boccardi S, Alessandretti R, Pereira GKR. Substrate masking ability of bilayer and monolithic ceramics used for complete crowns and the effect of association with an opaque resin-based luting agent. *J Prosthodont Res*. 2019;63(3):321-6.

ติดต่อขอความ:

พศ.ดร.ทพญ.มะลิ พลานุเวช

ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เลขที่ 114 ถนนสุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร
10110

โทรศัพท์ 02-649-5000 ต่อ 15112

อีเมล: mpalanuwech@gmail.com

Corresponding author:

Asst. Prof.Dr. Mali Palanuwech

Department of Conservative Dentistry and

Prosthodontics, Faculty of Dentistry,

Srinakharinwirot University, 114 Sukhumvit 23

Road, Bangkok 10110, Thailand

Tel. (662) 649 5000 ext. 15112

E-mail: mali@g.swu.ac.th