

# ผลของการขัดเซรามิกด้วยวิธีขัดต่าง ๆ ต่อความหยาบพื้นผิวของเซรามิกชนิดแคดแคมบล็อก

## Effect of Various Polishing Techniques on Surface Roughness of CAD/CAM Ceramic Blocks

ปาลิน สัปปีนันท์<sup>1</sup> และ ศิริวิมล ศรีสวัสดิ์<sup>1</sup>

Palin Sappinan<sup>1</sup> and Sirivimol Srisawasdi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

<sup>1</sup>Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok

### บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเปรียบเทียบความเรียบผิวของแคดแคมเซรามิกบล็อก 3 ชนิด ได้แก่ วิต้ามาร์กทูบล็อก ไอพีเอส เอ็มเพรสแคดบล็อกและไอพีเอส อีแมกซ์แคดบล็อกชนิดละ 70 ชิ้น ที่ผ่านการขัดด้วยวิธีขัดต่าง ๆ เทียบกับการเคลือบทับโดยนำเซรามิกทั้ง 3 ชนิดมาทำการกรอเลียนแบบผิวชิ้นงานให้ใกล้เคียงกับเซรามิกที่ผ่านการกลึงจากเครื่องซีเรกด้วยหัวกรออากาศเพชรขนาด 50 ไมโครเมตร แล้วนำมาวัดค่าความหยาบพื้นผิวเป็นค่าความหยาบพื้นผิวก่อนการขัด โดยใช้เครื่องโปรไฟล์มิเตอร์ หลังจากนั้นแบ่งกลุ่มเซรามิก 70 ชิ้นตัวอย่างเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้นตัวอย่าง กลุ่มที่ 1 และ 2 ขัดด้วยชุดขัดแอสโตรโพล กลุ่มที่ 3 และ 4 ขัดด้วยชุดขัดซอพเลกซ์ กลุ่มที่ 5 และ 6 ขัดด้วยชุดขัดออปทราไฟน์โดยใช้จำนวนครั้งในการขัด 20 และ 40 ครั้งตามลำดับ และกลุ่มที่ 7 ทำการเคลือบทับ จากนั้นนำชิ้นงานมาวัดค่าความหยาบพื้นผิว นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสามทาง การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางและทางเดียว เปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยการทดสอบเชฟเฟที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าในกลุ่มวิต้ามาร์กทูบล็อกที่ผ่านการเคลือบทับมีค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวต่ำที่สุดในขณะที่กลุ่มที่ผ่านการขัดด้วยชุดขัดออปทราไฟน์ 20 และ 40 ครั้ง ชุดขัดแอสโตรโพล 40 ครั้ง และกลุ่มที่ขัดด้วยชุดขัดซอพเลกซ์ 40 ครั้งมีความหยาบพื้นผิวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งมีความหยาบรองจากกลุ่มเคลือบทับ เซรามิกไอพีเอส เอ็มเพรสแคดพบว่าการขัดด้วยชุดขัดออปทราไฟน์ 20 และ 40 ครั้งมีความหยาบพื้นผิวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งมีความหยาบรองจากกลุ่มเคลือบทับ เซรามิกไอพีเอส อีแมกซ์แคดพบว่าการขัดด้วยชุดขัดซอพเลกซ์ 40 ครั้งและกลุ่มที่ขัดด้วยชุดขัดออปทราไฟน์ 40 ครั้งมีค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งมีความหยาบรองจากกลุ่มเคลือบทับ สรุปผลการวิจัย เซรามิกทั้ง 3 กลุ่มมีความหยาบพื้นผิวต่ำสุดเมื่อผ่านการเคลือบทับ วิธีการขัดและจำนวนครั้งในการขัดที่เหมาะสมกับเซรามิกแต่ละชนิดคือ กลุ่มวิต้ามาร์กทู การขัดด้วยชุดขัดออปทราไฟน์ ชุดขัดซอพเลกซ์ ชุดขัดแอสโตรโพล 40 ครั้ง และชุดขัดออปทราไฟน์ 20 ครั้ง กลุ่มไอพีเอส เอ็มเพรสแคดวิธีที่เหมาะสมในการขัดคือการขัดด้วยชุดขัดออปทราไฟน์และชุดขัดซอพเลกซ์ทั้ง 20 และ 40 ครั้ง ส่วนกลุ่มไอพีเอส อีแมกซ์แคดวิธีที่เหมาะสมคือการขัดด้วยชุดขัดซอพเลกซ์และชุดขัดออปทราไฟน์ 40 ครั้ง

**คำสำคัญ:** แคดแคม, เซรามิกทางทันตกรรม, ความหยาบพื้นผิว

## Abstract

The aim of this study was to compare the effect of various polishing techniques and overglazing on the surface roughness of Vita Mark™II blocks (70 specimens) IPS Empress CAD™ blocks (70 specimens) and IPS e.max CAD™ blocks (70 specimens). First, all specimens were ground with 50-micron diamond burs to simulate surface derived from Cerec milling system. The surface roughness was measured with a profilometer. Seventy blocks of each type of ceramic were divided into 7 groups (10 blocks each). Groups 1 and 2 were polished with Astropol™, groups 3 and 4 with SofLex™ disc, groups 5 and 6 with OptraFine™ system for 20 and 40 strokes respectively. Group 7 was overglazed. The mean values of average surface roughness (Ra) were compared using 3-way, 2-way and 1-way ANOVA, and Post Hoc Scheffe test ( $\alpha=0.05$ ). In Vita Mark™II groups, the lowest Ra was overglazed group. No significant difference in the mean surface roughness values was found between ceramic polished with OptraFine™ system 20, 40 strokes, Astropol™ 40 strokes and SofLex™ disc 40 strokes, which Ra were inferior to overglazed group. In IPS Empress CAD™ groups, the lowest Ra was overglazed group. No significant difference in the mean surface roughness values was found between ceramic polished with OptraFine™ system 20, 40 strokes, SofLex™ disc 20, 40 strokes, which Ra were inferior to overglazed group. In IPS e.max CAD™ group, the lowest Ra was overglazed group, no significant difference in the mean surface roughness values was found between ceramic polished with SofLex™ disc 40 strokes and OptraFine™ system 40 strokes, which Ra were inferior to overglazed group. From this study the smoothest surface for all ceramic was found in the overglazed group. The proper polishing method for Vita Mark™II was to polish with OptraFine™ 20, 40 strokes, SofLex™ disc 40 strokes, Astropol™ 40 strokes, IPS Empress CAD™ with OptraFine™ 20, 40 strokes, SofLex™ disc 20, 40 strokes, and IPS e.max CAD™ with SofLex™ disc 40 strokes and OptraFine™ system 40 strokes.

**Keywords:** CAD-CAM (Computer Aided Design-Computer Aided Manufacturing), Dental ceramic, Surface Roughness

Received Date: Sep 27, 2016

Accepted Date: Dec 19, 2016

doi: 10.14456/jdat.2017.8

### ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

ปาลิน สัปปีนันท์ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 34 ถนนอังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330 ประเทศไทย  
โทรศัพท์: 02-2188795, 086-925-6387 อีเมล: paopalin05@gmail.com

### Correspondence to:

Palin Sappinan. Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Henri Dunant Rd, Bangkok 10330 Thailand Tel: 02-2188795, 086-925-6387 E-mail: paopalin05@gmail.com

เซรามิก (ceramic) ถูกนำมาใช้ทางทันตกรรมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีสีและความสวยงามคล้ายฟันธรรมชาติ<sup>1</sup> มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility)<sup>2</sup> ต้านทานต่อการสึกและมีความแข็งแรง สามารถใช้เป็นวัสดุบูรณะฟันชนิดต่าง ๆ เช่น ออนเลย์ (onlay) อินเลย์ (inlay) วีเนียร์ (veneer) ครอบฟันโลหะเซรามิก (metal-ceramic crown) ครอบฟันเซรามิกทั้งซี่ (all-ceramic crown) สะพานฟัน (bridge) ซึ่งเซรามิกถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งวิธีในการผลิตและองค์ประกอบของเซรามิก ทำให้เซรามิกมีความแข็งแรง สวยงาม สามารถรองรับแรงบดเคี้ยวได้สูงขึ้นและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน โดยธรรมชาติเซรามิกมีความแข็งแรงต่อแรงกด (compression force) แต่เป็นวัสดุที่เปราะและแตกหักง่ายเมื่อได้รับแรงดึง (tensile force) และแรงเฉือน (shear force)

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ระบบแคดแคม (CAD-CAM , Computer Aided Design-Computer Aided Manufacturing) เข้ามาพัฒนาออกแบบและสร้างชิ้นงานบูรณะทางทันตกรรม ทำให้ชิ้นงานมีความถูกต้อง มีมาตรฐาน มีคุณลักษณะตามที่ทันตแพทย์ต้องการ และสามารถนำชิ้นงานไปบูรณะในช่องปากได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นทันตแพทย์จึงสามารถทำการรักษาให้กับผู้ป่วยโดยใช้เวลาในการนัดเพียงครั้งเดียว<sup>3</sup>

เมื่อได้ชิ้นงานเซรามิก ทันตแพทย์ต้องนำชิ้นงานไปลองในช่องปาก ซึ่งต้องมีการกรอแก้ไขชิ้นงาน เช่น การกรอแก้ไขด้านบดเคี้ยว (occlusal surface) หรืออาจต้องมีการกรอที่จุดสัมผัส (contact point) เพื่อให้ชิ้นงานมีลักษณะที่เหมาะสมสามารถใส่ลงตำแหน่งที่ถูกต้อง และในบางครั้งอาจต้องมีการกรอแต่งให้ได้ลักษณะทางกายวิภาคที่สวยงาม ในงานวีเนียร์และครอบฟันฟันหน้า เมื่อได้ชิ้นงานมาแล้วจะต้องมีการแต่งสี (stain) เพื่อสร้างชิ้นงานให้มีความสวยงาม ใกล้เคียงฟันธรรมชาติและนำไปเคลือบผิว (glaze) ก่อนทำการยัดชิ้นงานถาวรในช่องปาก ในกรณีที่มีการกรอแก้ไขชิ้นงานเพิ่มเติมภายหลังการยัดในช่องปากแล้ว ส่งผลให้พื้นผิวเซรามิกมีความขรุขระเกิดขึ้น ทำให้มีเศษอาหารและคราบจุลินทรีย์มาเกาะติด<sup>4,5</sup> เหนือกเกิดการอักเสบ เนื่องจากมีแผ่นคราบจุลินทรีย์มาเกาะในปริมาณมากกว่าพื้นผิวที่เรียบ และพื้นผิวเซรามิกที่ไม่เรียบสามารถติดสีได้มากกว่าเซรามิกที่มีพื้นผิวเรียบ<sup>6,7</sup> ซึ่งการติดสีส่งผลต่อความสวยงามของชิ้นงานเซรามิก นอกจากนี้ยังพบว่าพื้นผิวที่ไม่เรียบมีผลทำให้ฟันคู่สบสึก เนื่องจากเซรามิกมีความแข็งที่สูงกว่าเคลือบฟัน (enamel) และเนื้อฟัน (dentin) มากจะส่งผลให้เกิดการสึกของฟันธรรมชาติได้<sup>8-10</sup> ดังนั้นเมื่อทำการยัดชิ้นงานใน

ช่องปากแล้วและมีการกรอแก้ไขชิ้นงานเพิ่มเติม จำเป็นต้องทำให้พื้นผิวชิ้นงานมีความเรียบมากที่สุด ซึ่งในกรณีที่ไม่สามารถนำชิ้นงานไปเคลือบผิวซ้ำได้ จึงต้องใช้หัวขัดต่าง ๆ มาขัดชิ้นงานเพื่อให้ได้ผิวที่เรียบใกล้เคียงกับผิวที่ถูกเคลือบ หรือให้ได้ผิวที่เรียบกว่าผิวที่ถูกเคลือบ ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาหาวิธีในการขัดแต่งเซรามิกที่เหมาะสม แต่ยังไม่ได้คำตอบที่แน่นอน เนื่องจากในแต่ละการวิจัยนั้นมีการศึกษาที่แตกต่างกันไป บางการศึกษาพบว่าพื้นผิวเซรามิกเรียบที่สุดเมื่อใช้หัวขัดที่เคลือบด้วยกากเพชร (diamond abrasive particles) หรือ คริมขัดกากเพชร (diamond polishing pastes)<sup>11,12</sup> มีการศึกษาอื่นพบว่าเซรามิกที่ผ่านการเคลือบผิวมีความเรียบมากกว่าเซรามิกที่ผ่านการขัดแต่งด้วยหัวขัดต่าง ๆ<sup>13-15</sup> แต่มีบางการศึกษาพบว่าเซรามิกที่ผ่านการขัดแต่งมีความเรียบเทียบเท่ากับเซรามิกที่ถูกเคลือบผิว<sup>16-18</sup>

ในปัจจุบันเซรามิกที่ผลิตด้วยวิธีแคดแคมได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากทำงานได้สะดวกรวดเร็ว ลดขั้นตอนดั้งเดิมไปได้หลายขั้นตอน เช่น การพิมพ์ปาก การใส่ครอบชั่วคราว เป็นต้น อย่างไรก็ตามก็ต้องมีการกรอแก้ไขภายในช่องปากหลังการยัดชิ้นงานไปแล้ว ทำให้ทันตแพทย์ผู้ปฏิบัติงานควรให้ความสำคัญในการเลือกวัสดุและวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการขัดแต่งเซรามิก เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ วัตถุประสงค์การวิจัยครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบความเรียบของผิวเซรามิกชนิดวีต้ามาร์กทูบล็อก (Vita Mark™II; Vita Zahnfabrik , Bad Sackingen, Germany) ไอพีเอส เอ็มเพรสแคดบล็อก (IPS Empress CAD™; Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) และไอพีเอส อีแมกซ์แคดบล็อก (IPS e.max CAD™, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) สำหรับระบบซีเรก หลังการขัดด้วยวิธีการขัดชนิดต่าง ๆ 3 วิธี และจำนวนครั้งในการขัดต่าง ๆ กัน โดยใช้หัวขัดที่มีจำหน่ายในประเทศไทย 3 ระบบ ได้แก่ ชุดขัดแอสโตรโพล (Astropol™; Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) ชุดขัดซอฟเพล็กซ์ (SofLex™ polishing disc; 3M ESPE, St Paul, MN, USA) ชุดขัดออปตราไฟน์ (OptraFine™ ceramic polishing system; Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) โดยมีผิวเซรามิกที่ถูกเคลือบทับเป็นกลุ่มควบคุม

เตรียมชิ้นงานโดยนำวีต้ามาร์กทูบล็อก ขนาด 18 ไอพีเอส เอ็มเพรสแคดบล็อก ขนาด 18 ไอพีเอส อีแมกซ์แคดบล็อก ขนาด C14 รายละเอียดของเซรามิกดังตารางที่ 1 นำมาตัดด้วยเครื่องตัด

(IsoMet 1000™, Buehler, USA) ให้ได้ขนาดชิ้นละ 4×4×2 ลูกบาศก์มิลลิเมตร จำนวนชนิดละ 70 ชิ้น

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเซรามิกที่ใช้ในการวิจัย

Table 1 Ceramics used in the study (Manufacturer Information).

Material	Brand Name (Manufacturer)	Lot No.	Shade	Average Particle Size, $\mu\text{m}$
Feldspathic ceramic material	VITABLOCS Mark II for CEREC (Vita Zahnfabrik , Bad Sackingen, Germany)	7377	3M1C	4 $\mu\text{m}$
Leucite-reinforced ceramic material	IPS Empress CAD for CEREC (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein)	T45584	HT A3	1-5 $\mu\text{m}$
Lithium disilicate ceramic material	IPS e.max CAD for CEREC (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein)	U23900	HT A3	0.2-1 $\mu\text{m}$

นำชิ้นตัวอย่างมากรอเลียนแบบผิวชิ้นงานให้ใกล้เคียงกับเซรามิกที่ผ่านการกลึงจากเครื่องซีเรก ด้วยหัวกรอกากเพชร ขนาด 50 ไมโครเมตร ด้วยหัวกรอความเร็วสูง (High Speed Hand Piece, NSK, Nakanishi, Japan) โดยใช้เครื่องขึ้นรูปชิ้นงานควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (Former A-11, IMT, Thailand) กรอทิศทางเดียวกันเป็นจำนวน 5 ครั้งต่อหนึ่งชิ้นงาน และเปลี่ยนหัวกรอที่เครื่องขึ้นรูปชิ้นงานควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ทุก ๆ 10 ชิ้นงาน เพื่อรักษาความคมของหัวกรอ แล้วจึงนำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิกส์ (Ultrasonic cleaner; Branson, Germany) เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างไปวัดความหยาบพื้นผิวเชิงเส้น (Ra) และบันทึกค่าที่ได้

#### การวัดความหยาบพื้นผิวของชิ้นงานตัวอย่าง

การวัดความหยาบพื้นผิวของชิ้นงานตัวอย่างใช้เครื่องโปรไฟล์มิเตอร์ โดยกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของการวิเคราะห์ ลักษณะพื้นผิวในแนวแกน X และ Y โดยเลื่อนเข็มลากไปยังตำแหน่งที่จะวัดให้เครื่องอ่านค่าตำแหน่งเป็นพิกัด (x,y) แล้วบันทึกค่าไว้เพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งการวัดครั้งต่อไป จากนั้นก็กดปุ่มข้อมูลลงในเครื่องวัดความหยาบพื้นผิวโดยเลือกกำหนดพื้นที่ของการวัดเป็น 3×2 ตารางมิลลิเมตร โดยกำหนดให้ปลายเข็มลากเคลื่อนที่ไปบนพื้นผิวเซรามิกด้วยความเร็วคงที่ 500 ไมโครเมตรต่อวินาที กำหนดความยาวตามแกน x เป็น 3 มิลลิเมตร ความยาวตามแกน y เป็น 2 มิลลิเมตร กำหนดค่าระยะห่างในแนวแกน x เป็น 5 ไมโครเมตรและแนวแกน y เป็น

500 ไมโครเมตร ทำการสแกนพื้นผิวจะได้ตำแหน่งเส้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยเชิงเส้นของชิ้นงานจำนวน 5 เส้น คำนวณค่าเฉลี่ยของเส้นความหยาบพื้นผิวเชิงเส้นทั้ง 5 เส้น ที่วัดได้ซึ่งค่าเฉลี่ยนี้จะเป็นตัวแทนความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยเชิงเส้น (mean) ของชิ้นงานนั้น ๆ โดยใช้ค่าตัด (standard cut off) ที่ 0.8 มิลลิเมตร

แบ่งกลุ่มชิ้นงานเซรามิกทั้ง 3 ชนิดเป็นอย่างละ 7 กลุ่ม โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) โดยทุกกลุ่มมีชิ้นงานกลุ่มละ 10 ชิ้น

### การเตรียมชิ้นงานกลุ่มไอพีเอส อีแมกซ์แคด

หลังจากนำชิ้นงานตัวอย่างมากรอเลียนแบบผิวชิ้นงานให้ใกล้เคียงกับเซรามิกที่ผ่านการกลึงจากเครื่องซีเรกและวัดค่าความหยาบพื้นผิวเชิงเส้นแล้วจึงนำชิ้นงานไปผ่านกระบวนการเผาโดยทำตามของบริษัทผู้ผลิตแนะนำ จากนั้นจึงนำชิ้นงานไปทำการขัดด้วยการขัดวิธีต่าง ๆ

### การเตรียมชิ้นงานกลุ่มเคลือบ

กลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 7 ของเซรามิกทั้ง 3 ชนิดจะนำมาเคลือบโดยนำเซรามิกชนิดละ 10 ชิ้นที่ผ่านการกรอผิวที่เป็นการจำลองพื้นผิวชิ้นงานให้ใกล้เคียงกับเซรามิกที่ผ่านการกลึงจากเครื่องซีเรก นำมาทาสารเคลือบ โดยวิธีตำมาร์กทูบลิ็อกจะใช้สารเคลือบ VITA Akzent™ Plus (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) เซรามิกไอพีเอส เอ็มเพรสแคดจะใช้สารเคลือบ Empress Universal Glazing Paste/ Glaze and Stain Liquid (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) ส่วนเซรามิกไอพีเอส อีแมกซ์แคดจะใช้สารเคลือบ IPS e.max CAD™ Crystall./Glaze Paste and Liquid (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) โดยทำตามของบริษัทผู้ผลิตแนะนำ จากนั้นนำชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบมาทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิกส์ เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าความหยาบพื้นผิวและบันทึกค่าที่ได้

### การขัดชิ้นงาน

เซรามิกกลุ่มที่ 1 และ 2 ของเซรามิกทั้ง 3 ชนิดมาขัดด้วยชุดขัดแอสโตรโพลที่มีความหยาบ 3 ระดับประกอบด้วย Astropol F, Astropol P, Astropol HP ทำโดยผู้วิจัยเพียงคนเดียว โดยยึดหัวกรอเข้าเข้ากับแท่นจับหัวกรอและวางชิ้นงานเซรามิกลงบนแท่นยึดชิ้นงาน ขัดชิ้นงานในทิศทางไปกลับในสภาวะ

แห้งและใช้ความเร็วตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตด้วยหัวกรอความเร็วช้าที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที โดยกลุ่มที่ 1 ใช้จำนวนครั้งในการขัด 20 รอบของชุดขัดต่อหนึ่งชิ้นงาน (stroke) กลุ่มที่ 2 ใช้จำนวนครั้งในการขัด 40 รอบของชุดขัดต่อหนึ่งชิ้นงาน

กลุ่มที่ 3 และ 4 ของเซรามิกทั้ง 3 ชนิดมาขัดด้วยชุดขัดซอฟต์แวร์ ซึ่งทำมาจากแผ่นพลาสติกเคลือบอะลูมิเนียมออกไซด์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 มิลลิเมตร ที่มีความหยาบ 4 ระดับ ประกอบด้วย Coarse, Medium, Fine, Superfine โดยสำหรับหัวขัดหยาบและหัวขัดหยาบระดับกลางกรอด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที ส่วนหัวขัดละเอียดอีก 2 หัวสุดท้ายกรอด้วยความเร็ว 30,000 รอบต่อนาที ตามคำแนะนำของบริษัท ในสภาวะแห้ง โดยในกลุ่มที่ 3 ใช้จำนวนครั้งในการขัด 20 รอบของชุดขัดต่อหนึ่งชิ้นงาน กลุ่มที่ 4 ใช้จำนวนครั้งในการขัด 40 รอบของชุดขัดต่อหนึ่งชิ้นงาน

กลุ่มที่ 5 และ 6 ของเซรามิกทั้ง 3 ชนิด ขัดด้วยชุดขัดออปทราไฟน์ ที่มีความหยาบ 3 ระดับและครีมนัดกากเพชร ประกอบด้วย OptraFine F (coarse), OptraFine P (fine), OptraFine HP diamond paste โดยขัดด้วยความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที ภายใต้สภาวะแห้ง โดยในกลุ่มที่ 5 ใช้จำนวนครั้งในการขัด 20 รอบของชุดขัดต่อหนึ่งชิ้นงาน กลุ่มที่ 6 ใช้จำนวนครั้งในการขัด 40 รอบของชุดขัดต่อหนึ่งชิ้นงาน

ในการขัดชิ้นงานทำโดยทันตแพทย์เพียงคนเดียวที่ผ่านการฝึกฝนจนมีความชำนาญในการขัด และใช้ด้ามหัวกรอซ้ำขึ้นเดียวกันในทุก ๆ ชิ้นงานตัวอย่าง โดยในขั้นตอนการขัดได้ทำการควบคุมจำนวนครั้งของการกรอลากหัวขัดโดยมีระยะทางในการขัดไปกลับที่เท่ากันในแต่ละครั้งและใช้แรงในการขัดใกล้เคียงกัน โดยแต่ละขั้นตอนการขัดด้วยชุดขัดซอฟต์แวร์จะเปลี่ยนหัวขัด 1 หัวต่อ 1 ชิ้นงาน ส่วนชุดขัดแอสโตรโพลและชุดขัดออปทราไฟน์จะเปลี่ยนหัวขัด 1 หัวต่อ 5 ชิ้นงาน

หลังจากทำการขัดแต่งทุกขั้นตอน นำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิกส์เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำทุกชิ้นตัวอย่างจากทุกกลุ่มมาวัดค่าความหยาบพื้นผิวด้วยเครื่องวัดความหยาบพื้นผิว โดยยึดชิ้นงานกับอะคริลิครีนใสสำหรับทำฐานยึดชิ้นงาน (clear acrylic resin, Germany) โดยยึดชิ้นงานให้ได้ตำแหน่งเดียวกับตำแหน่งที่ใช้วัดก่อนการขัดด้วยวิธีต่าง ๆ เพื่อทำการวัดความหยาบพื้นผิวของชิ้นงานหลังขัด บันทึกค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวที่ได้เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ผลทางสถิติต่อไป



## การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวหลังขัด ตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้สถิติโคโมโกรอฟ-สมิธ (Kolmogorov-Smirnov test) เปรียบเทียบและศึกษาอิทธิพลร่วมของทุกปัจจัย (ชนิดเซรามิก วิธีในการขัด จำนวนครั้งในการขัด) ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 3 ทาง (3-way ANOVA) ถ้าการแจกแจงปกติ เปรียบเทียบผิวของเซรามิกที่ผ่านการขัดด้วยวิธีต่าง ๆ กันและใช้จำนวนครั้งในการขัดต่าง ๆ กันโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 2 ทาง (2-way ANOVA) จากนั้นวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) และทดสอบระหว่างคู่ด้วยเชฟเฟ (scheffe) เมื่อมีค่าความแปรปรวนในแต่ละกลุ่มย่อยไม่แตกต่างกัน

## ผล

จากการวัดค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยเชิงเส้นของชิ้นงานตัวอย่างโดยใช้ค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวหลังขัดของแต่ละชิ้นตัวอย่างมาใช้ศึกษาเปรียบเทียบทางสถิติ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลร่วมของทุกปัจจัย ได้แก่ ชนิดเซรามิก วิธีในการขัด จำนวนครั้งในการขัดว่าทั้งสามปัจจัยมีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวเซรามิกหรือไม่และทั้งสามปัจจัยมีอิทธิพลต่อกันหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ 3 ทาง จากการทดสอบพบว่าชนิดของเซรามิก วิธีในการขัดและจำนวนครั้งในการขัดมีผลต่อความเรียบของผิวเซรามิกแต่ทั้งสามปัจจัยไม่มีอิทธิพลต่อกัน ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** แสดงการทดสอบอิทธิพลของชนิดเซรามิก วิธีในการขัดและจำนวนครั้งในการขัดต่อความเรียบของผิวเซรามิกทั้ง 3 ชนิด  
**Table 2** Influence of ceramic, polishing method and polishing stroke on surface roughness of 3 ceramic.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	P-value
Type	.259	2	.129	186.607	.000*
System	.152	2	.076	109.376	.000*
Stroke	.067	1	.067	96.345	.000*
Type * System	.088	4	.022	31.854	.000*
Type * Stroke	.024	2	.012	17.194	.000*
System * Stroke	.001	2	.001	.864	.424
Type * System * Stroke	.004	4	.001	1.588	.180

a. R Squared = .841 (Adjusted R Squared = .825)

Type = ชนิดของเซรามิก

System = วิธีในการขัด

\* = Significantly different at P-value < 0.05

Stroke = จำนวนครั้งในการขัด

สำหรับการเปรียบเทียบความเรียบของผิวเซรามิกแคดแคมทั้งสามชนิดได้แก่ วิตามินาร์กทู ไอพีเอส เอ็มเพรสแคด และไอพีเอส อีแมกซ์แคดหลังขัดด้วยวิธีต่าง ๆ 3 วิธีและจำนวนครั้งในการขัดต่าง ๆ มีความเรียบต่างกันหรือไม่และแตกต่างกับกลุ่มที่ผ่านการเคลือบทับหรือไม่ รวมทั้งการศึกษาเพื่อหาวิธีในการขัดและจำนวนครั้งในการขัดที่เหมาะสมกับเซรามิกแต่ละชนิดทำโดยเริ่มจากการศึกษาว่าวิธีในการขัดและจำนวนครั้ง

ในการขัดมีอิทธิพลต่อความเรียบผิวของเซรามิกหรือไม่และทั้งสองปัจจัยมีอิทธิพลต่อกันหรือไม่โดยมีกลุ่มเคลือบทับเป็นกลุ่มควบคุม ทำการเปรียบเทียบแยกตามชนิดของเซรามิก โดยนำค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1-6 ที่ผ่านการขัดด้วยวิธีต่าง ๆ และกลุ่มที่ผ่านการเคลือบทับของเซรามิกทั้งสามชนิดมาทดสอบการแจกแจงข้อมูลด้วยโคโมโกรอฟ สมิธพบว่าข้อมูลกระจายตัวเป็นปกติ จึงใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางในการ

ทดสอบ จากการทดสอบพบว่าวิธีขัดและจำนวนครั้งในการขัดมีอิทธิพลต่อความหยาบพื้นผิวของเซรามิกในกลุ่มวีต้ามาร์กทู และทั้งสองปัจจัยไม่มีอิทธิพลต่อกัน ในกลุ่มไอพีเอส เอ็มเพรส แคตพบว่าวิธีในการขัดมีอิทธิพลต่อความหยาบพื้นผิวของเซรามิกแต่จำนวนครั้งในการขัดไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบพื้นผิวและทั้งสองปัจจัยไม่มีอิทธิพลต่อกัน และในกลุ่มไอพีเอส อีแมกซ์พบว่าวิธีการขัดและจำนวนครั้งในการขัดมีอิทธิพลต่อความหยาบพื้นผิวของเซรามิกและทั้งสองปัจจัยมีอิทธิพลต่อกัน โดยค่า  $p$ -value น้อยกว่า 0.05 ดังนั้นการทดสอบเพื่อหาวิธีขัดและจำนวนครั้งในการขัดที่เหมาะสมกับเซรามิกแต่ละชนิดจะทดสอบแยกตามชนิดของเซรามิก ในกลุ่มวีต้ามาร์ก

ทูบล็อคทำโดยเปรียบเทียบเซรามิกทุกกลุ่มกับกลุ่มที่ผ่านการเคลือบทับ เนื่องจากผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางพบว่าทั้งระบบและเวลาที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวเซรามิก หลังจากทำการแจกแจงข้อมูลกลุ่มย่อยด้วยโคโมโกรอฟ สเมอร์นอฟพบว่าการแจกแจงแบบปกติ จากการทดสอบค่าความแปรปรวนของพื้นผิวเซรามิกแต่ละกลุ่มย่อยพบว่าค่าความแปรปรวนเท่ากันทุกกลุ่ม จึงใช้สถิติความแปรปรวนแบบทางเดียวในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มย่อย พบว่ามีอย่างน้อย 2 กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน จากนั้นทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยเชฟเฟพบว่ามี ความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** ค่าเฉลี่ยและการเปรียบเทียบความเรียบพื้นผิวของเซรามิกกลุ่มที่ขัดด้วยวิธีต่าง ๆ กับกลุ่มเคลือบทับในเซรามิกกลุ่มวีต้ามาร์กทู

**Table 3** Mean and comparison of surface roughness of different polishing methods and glazed ceramic in Vita Mark II group.

GROUP	GLAZE	OPT40	SOF40	AST40	OPT20	AST20	SOF20
GLAZE (0.2073±0.0078)		*	*	*	*	*	*
OPT40 (0.2311±0.0063)	*		NS	NS	NS	*	*
SOF40 (0.2408±0.0063)	*	NS		NS	NS	*	*
AST40 (0.2418±0.0157)	*	NS	NS		NS	*	*
OPT20 (0.2500±0.0158)	*	NS	NS	NS		*	*
AST20 (0.2711±0.0184)	*	*	*	*	*		NS
SOF20 (0.2730±0.0105)	*	*	*	*	*	NS	

NS = non significantly

\* = Significantly different at  $P$ -value < 0.05

OPT40 = กลุ่มชุดขัดออปทราไฟน์ 40 ครั้ง

OPT20 = กลุ่มชุดขัดออปทราไฟน์ 20 ครั้ง

SOF40 = กลุ่มชุดขัดซอฟเลกซ์ 40 ครั้ง

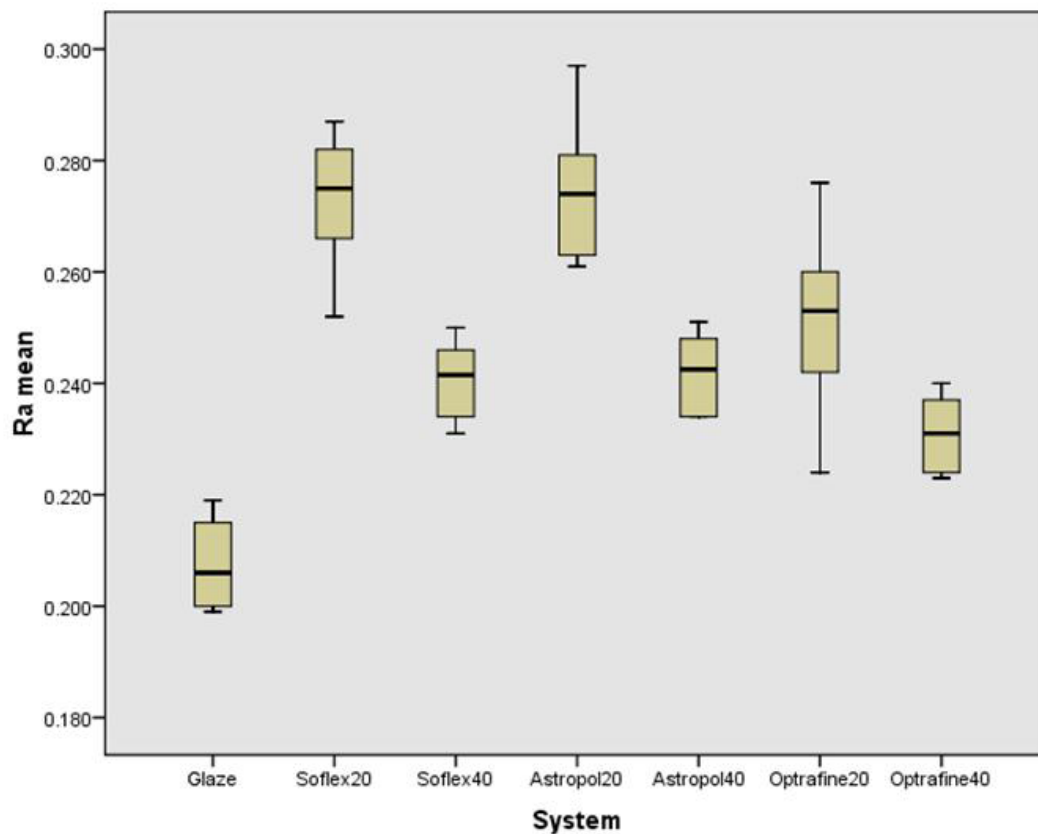
SOF20 = กลุ่มชุดขัดซอฟเลกซ์ 20 ครั้ง

AST40 = กลุ่มชุดขัดแอสโตรโพล 40 ครั้ง

AST20 = กลุ่มชุดขัดแอสโตรโพล 20 ครั้ง

เซรามิกวีต้ามาร์กทูที่ผ่านการเคลือบทับมีค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวแตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มที่ผ่านการเคลือบทับมีค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวต่ำที่สุด ในขณะที่กลุ่มที่ผ่านการขัดด้วยชุดขัดออปทราไฟน์ 20 และ 40 ครั้ง ชุดขัดแอสโตรโพล 40 ครั้ง และกลุ่มที่ขัดด้วยชุดขัดซอฟเลกซ์ 40 ครั้ง มีความหยาบพื้นผิวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างจากกลุ่มที่ผ่านการขัดด้วย

ชุดขัดซอฟเลกซ์ 20 ครั้งและกลุ่มที่ขัดด้วยห้วยางแอสโตรโพล 20 ครั้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสองกลุ่มนี้มีความหยาบพื้นผิวไม่แตกต่างกัน โดยที่กลุ่มที่ผ่านการขัดด้วยชุดขัดออปทราไฟน์ 20 และ 40 ครั้ง ชุดขัดแอสโตรโพล 40 ครั้ง และกลุ่มที่ขัดด้วยชุดขัดซอฟเลกซ์ 40 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวที่ต่ำกว่า ดังรูปที่ 1



**รูปที่ 1** ค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวของเซรามิกที่ผ่านการเคลือบหยาบและผ่านการขัดด้วยวิธีต่าง ๆ จำนวนครั้งในการขัดต่าง ๆ ในกลุ่มวีต้ามาร์กทู

**Figure 1** Mean surface roughness of overglazed and polished ceramic in Vita Mark™II group.

ในการทดสอบเพื่อหาวิธีขัดและจำนวนครั้งในการขัดที่เหมาะสมกับเซรามิกกลุ่มไอพีเอส เอ็มเพรสแคด ทำโดยเปรียบเทียบเซรามิกทุกกลุ่มกับกลุ่มที่ผ่านการเคลือบหยาบ เนื่องจากวิธีขัดมีผลต่อความเรียบพื้นผิวของเซรามิกแต่จำนวนครั้งในการขัดไม่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวเซรามิก หลังจากทำการแจกแจงข้อมูลกลุ่มย่อยด้วยโคโมโกรอฟ สเมอรนอฟพบว่ามีการแจกแจงแบบปกติ จากการทดสอบค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มย่อยพบว่ามีความแปรปรวนเท่ากันทุกกลุ่มจึงใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวในการทดสอบความ

แตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม พบว่ามีอย่างน้อย 2 กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยต่างกัน จากนั้นเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยเซฟเฟพบว่ามีความแตกต่างกันดังตารางที่ 4



ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและการเปรียบเทียบความเรียบพื้นผิวของวิธีการขัดต่าง ๆ กับกลุ่มเคลือบทับในเซรามิกกลุ่มไอพีเอส เอ็มเพรสแคด

**Table 4** Mean and comparison of surface roughness of different polishing methods and glazed ceramic in IPS Empress CAD group.

	GROUP	Glaze	Optrafine	Soflex	Astropol
Glaze	(0.1860±0.0263)		*	*	*
Optrafine	(0.2859±0.0383)	*		NS	*
Soflex	(0.2904±0.0444)	*	NS		*
Astropol	(0.4087±0.0291)	*	*	*	

NS = non significantly

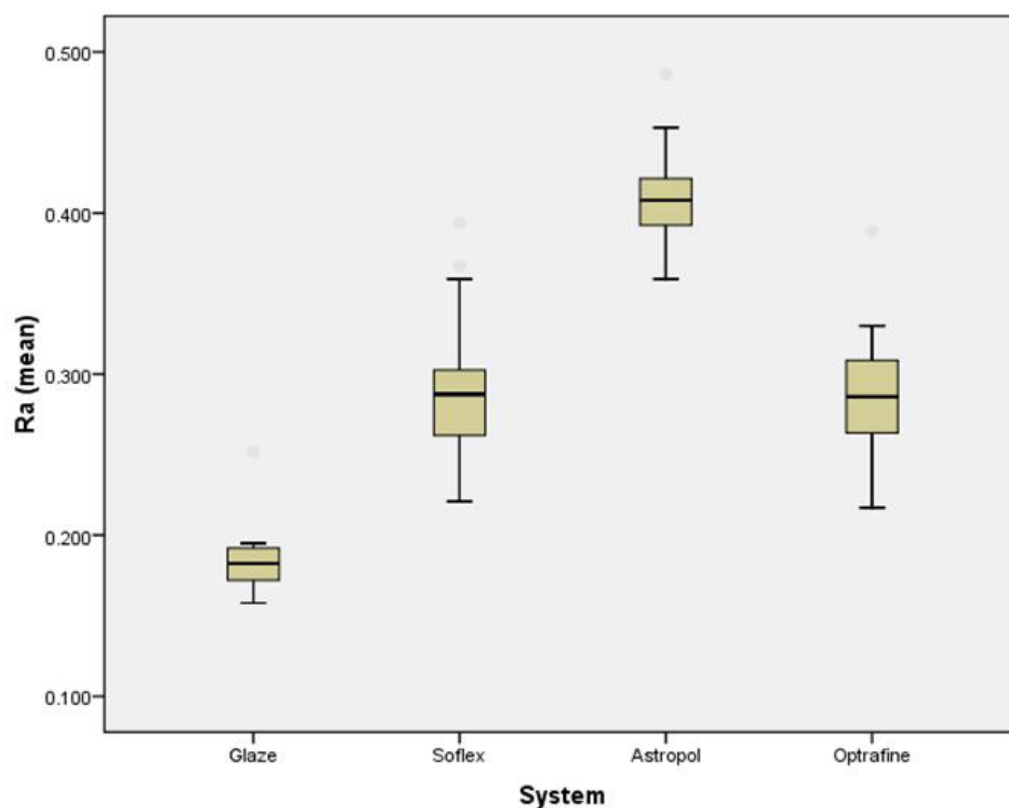
\* = Significantly different at P-value < 0.05

Optrafine = กลุ่มหัวขัดออปตราไฟน์

Astropol = กลุ่มหัวขัดยางแอลโทรโพล

Soflex = กลุ่มหัวขัดชนิดแผ่นพลาสติกเคลือบลูมินัมออกไซด์

กลุ่มที่ผ่านการเคลือบทับมีพื้นผิวที่เรียบที่สุด รองลงมา สำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มที่ขัดด้วยชุดขัดแอลโทรโพลให้พื้นผิว คือกลุ่มที่ผ่านการขัดด้วยชุดขัดออปตราไฟน์และกลุ่มที่ขัดด้วย ที่มีความหยาบมากที่สุด ดังรูปที่ 2 ชุดขัดซอฟเฟล็กซ์ซึ่งมีความเรียบพื้นผิวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัย



รูปที่ 2 ค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวของเซรามิกที่ผ่านการเคลือบทับและผ่านการขัดด้วยวิธีต่าง ๆ จำนวนครั้งในการขัดต่าง ๆ ในกลุ่มไอพีเอส เอ็มเพรสแคด

**Figure 2** Mean surface roughness of overglazed and polished ceramic in IPS Empress CAD™ group.

สำหรับกลุ่มไอพีเอส อีแมกซ์แคดทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเรียบพื้นผิวของเซรามิกที่ผ่านการขัดด้วยวิธีต่าง ๆ ทุกกลุ่มกับกลุ่มที่ผ่านการเคลือบทับ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางพบว่าทั้งวิธีการขัดและจำนวนครั้งในการขัดมีอิทธิพลต่อความเรียบของพื้นผิวเซรามิก เมื่อทำการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลกลุ่มย่อยด้วยโคโมโกรอฟ สเมอร์นอฟพบว่ามีการแจกแจงแบบปกติ ได้มีการตรวจสอบค่าความแปรปรวน

ของแต่ละกลุ่มย่อยพบว่ามีความแปรปรวนเท่ากันทุกกลุ่ม จึงใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม พบว่ามีอย่างน้อย 2 กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน จากนั้นทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยเชฟเฟพบว่ามีความแตกต่างกันดังตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** แสดงค่าเฉลี่ยและการเปรียบเทียบความเรียบพื้นผิวของเซรามิกกลุ่มที่ขัดด้วยวิธีต่าง ๆ กับกลุ่มเคลือบทับในเซรามิกกลุ่มไอพีเอส อีแมกซ์แคด

**Table 5** Mean and comparison of surface roughness of different polishing methods and glazed ceramic in IPS e.max CAD group.

GROUP	Glaze	SOF40	OPT40	AST40	OPT20	SOF20	AST20
Glaze (0.1822±0.0117)		*	*	*	*	*	*
SOF40 (0.2671±0.0199)	*		NS	*	*	*	*
OPT40 (0.2839±0.0067)	*	NS		*	*	*	*
AST40 (0.3472±0.0329)	*	*	*		NS	NS	*
OPT20 (0.3562±0.0217)	*	*	*	NS		NS	*
SOF20 (0.3569±0.0187)	*	*	*	NS	NS		*
AST20 (0.3972±0.0273)	*	*	*	*	*	*	

NS = non significantly

\* = Significantly different at P-value < 0.05

SOF40 = กลุ่มชุดขัดซอโฟล็กซ์ 40 ครั้ง

OPT20 = กลุ่มชุดขัดออปทราไฟน์ 20 ครั้ง

OPT40 = กลุ่มชุดขัดออปทราไฟน์ 40 ครั้ง

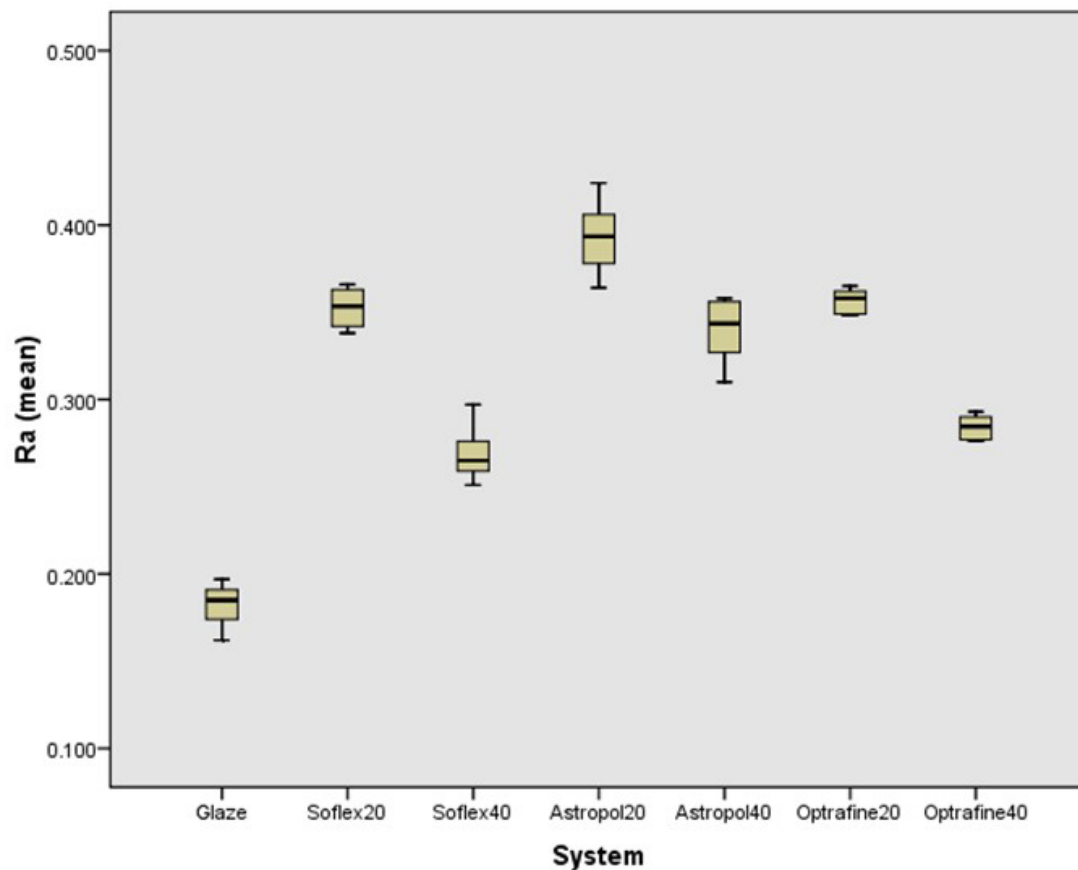
SOF20 = กลุ่มชุดขัดซอโฟล็กซ์ 20 ครั้ง

AST40 = กลุ่มชุดขัดแอสโตรโพล 40 ครั้ง

AST20 = กลุ่มชุดขัดแอสโตรโพล 20 ครั้ง

ค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวของเซรามิกกลุ่มไอพีเอส อีแมกซ์แคดที่ผ่านการขัดด้วยวิธีต่าง ๆ และจำนวนครั้งในการขัดต่าง ๆ กันและกลุ่มเคลือบทับดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่าเซรามิกไอพีเอส อีแมกซ์แคดที่ผ่านการเคลือบทับมีค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวแตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มที่ผ่านการเคลือบทับมีค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวต่ำที่สุดในขณะที่กลุ่มที่ผ่านการขัดด้วยวิธีขัดต่าง ๆ แบ่งความแตกต่างได้เป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกคือกลุ่มที่ใช้ชุดขัดซอโฟล็กซ์ 40 ครั้ง และชุดขัดออปทราไฟน์ 40 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวไม่แตกต่างกัน แต่ต่ำกว่ากลุ่มที่ขัดด้วยวิธีขัดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ กลุ่มถัดมาคือ กลุ่มที่ขัดด้วยชุดขัดแอสโตรโพล 40 ครั้ง กลุ่มที่ขัดด้วยชุดขัดออปทราไฟน์และชุดขัดซอโฟล็กซ์ 20 ครั้ง มีความหยาบพื้นผิวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวสูงกว่ากลุ่มแรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและกลุ่มสุดท้ายคือกลุ่มที่ขัดด้วยชุดขัดแอสโตรโพล 20 ครั้ง ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความหยาบพื้นผิวสูงที่สุด



**รูปที่ 3** ค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวของเซรามิกที่ผ่านการเคลือบทับและผ่านการขัดด้วยวิธีต่าง ๆ จำนวนครั้งในการขัดต่าง ๆ ในกลุ่มไอพีเอส อีแมกซ์แคด

**Figure 3** Mean surface roughness of overglazed and polished ceramic in IPS e.max CAD™ group.

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเปรียบเทียบความเรียบของผิวเซรามิกทั้งสามชนิดพบว่าวิธีการเคลือบทับทำให้ผิวเซรามิกมีความเรียบมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการขัดต่าง ๆ กลุ่มวิต้ามาร์กทูในทุกชุดหัวขัดที่ขัดด้วยจำนวนครั้งในการขัด 40 ครั้ง และชุดขัดออปตราไฟน์ 20 ครั้ง ให้ความเรียบรองจากกลุ่มเคลือบทับ ในกลุ่มไอพีเอส อีแมกซ์แคดการ

ขัดด้วยชุดขัดซอพล็กซ์และชุดขัดออปตราไฟน์ 40 ครั้ง ทำให้ผิวเซรามิกมีความเรียบรองจากกลุ่มที่ผ่านการเคลือบทับ ส่วนกลุ่มไอพีเอส อีแมกซ์แคดพบว่าการขัดด้วยชุดขัดซอพล็กซ์และหัวขัดออปตราไฟน์ทั้ง 20 และ 40 ครั้ง ให้ความเรียบไม่แตกต่างกันรองจากกลุ่มเคลือบทับ

### บทวิจารณ์

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้พบว่าชนิดของเซรามิก วิธีการขัดและจำนวนครั้งในการขัดที่แตกต่างกัน มีผลต่อความหยาบพื้นผิวของเซรามิก การนำเซรามิกแคดแคมมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้มีการพ่นผิวให้คล้ายคลึงจากการกลึงจากเครื่องซีเรกด้วยหัวกรอความเร็วสูงโดยใช้เครื่องขึ้นรูปชิ้นงานที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ทำให้ชิ้นงานเริ่มต้นมีความหยาบพื้นผิวใกล้เคียงกัน ส่วนในขั้นตอนการขัดแต่งได้ทำการควบคุมจำนวนครั้งของการกรอลากหัวขัดโดยมีระยะทางในการขัดไปกลับที่เท่ากันในแต่ละครั้งและทำโดยบุคคลเพียงคนเดียวที่ได้ทำการฝึกฝนจนชำนาญและใช้แรงใน

การขัดให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด รวมถึงได้นำชิ้นงานมาใช้ในการทดสอบจำนวนกลุ่มละ 10 ชิ้นและเมื่อวัดค่าการกระจายตัวของข้อมูลพบที่มีความแปรปรวนต่ำ ทำให้การควบคุมทั้งหมดน่าเชื่อถือและยอมรับได้

ประสิทธิภาพในการขัดวัสดุเกิดได้จากหลายปัจจัย เช่น ความแข็งผิว (hardness) ที่แตกต่างกันระหว่างวัสดุที่นำมาขัดกับวัสดุที่ถูกขัด ขนาดและรูปร่างของผงขัดที่นำมาใช้ ความเร็วและแรงกดที่เกิดขึ้นจากตัวผงขัดต่อเซรามิก ในการวิจัยนี้ใช้เซรามิกทั้งหมด 3 ชนิดที่มีองค์ประกอบที่แตกต่างกันและมีขนาดของเกรน (grain) ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้มีความแข็งผิวที่แตกต่างกัน โดยพบว่ากลุ่มไอพีเอส อีแมกซ์แคดซึ่งเป็นเซรามิกที่มีองค์

ประกอบของลิเทียมไดซิลิเกตมีขนาดของเกรนอยู่ที่ 0.2-1 ไมโครเมตรมีความแข็งผิวสูงสุดรองลงมาได้แก่กลุ่มไอพีเอส เอ็มเพรสแคตซึ่งเป็นเซรามิกที่มีการเสริมความแข็งแรงด้วยลูโซที่มีขนาดเกรนอยู่ที่ 1-5 ไมโครเมตรและกลุ่มวีต้ามาร์กทูมีความแข็งผิวต่ำสุดมีองค์ประกอบของเฟลด์สปาทิกที่มีขนาดเกรนอยู่ที่ 4 ไมโครเมตร (ความแข็งผิวไอพีเอส อีแมกซ์แคต =  $5.83 \pm 0.07$  ไอพีเอส เอ็มเพรสแคต =  $4.60 \pm 0.12$  และวีต้ามาร์กทู =  $3.46 \pm 0.15$ )<sup>19</sup> โดยในกลุ่มวีต้ามาร์กทูพบว่ามีค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวต่ำเมื่อผ่านการขัดด้วยหัวขัดทั้ง 3 ชนิด โดยมีขนาดของเกรนที่ค่อนข้างละเอียดและมีความแข็งผิวต่ำจึงสามารถขัดให้เรียบได้มากกว่าเซรามิกชนิดอื่นและเมื่อขัดด้วยจำนวนครั้งที่มากขึ้นทำให้มีความเรียบเพิ่มมากขึ้น มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของเซรามิกนั้นมีผลต่อความเรียบพื้นผิว จากการศึกษาของ Sasahara และคณะ<sup>20</sup> พบว่าความเรียบของเซรามิกขึ้นกับปริมาณลูโซท์ที่เป็นองค์ประกอบในเซรามิกโดยเซรามิกที่มีปริมาณลูโซท์ต่ำเมื่อทำการขัดด้วยครีมหัดกากเพชรจะทำให้พื้นผิวเรียบมากกว่าเซรามิกที่มีปริมาณลูโซท์สูง

ชนิดของผงขัดที่เป็นองค์ประกอบหลักในหัวขัดแต่ละชนิดเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อความเรียบของพื้นผิวเซรามิกเนื่องจากผงขัดที่แตกต่างกันมีความสามารถในการขัดที่ต่างกัน โดยในชุดขัดออปทราไฟน์มีผงขัดที่ทำมาจากผงกากเพชรเป็นส่วนประกอบหลักซึ่งเพชรมีความแข็งผิวอยู่ที่ 10 โมส์ (Mohs) ซึ่งมีความแข็งผิวสูงสุดเมื่อนำไปขัดผิวเซรามิกซึ่งมีความแข็งผิวต่ำกว่าจึงทำให้เกิดการขัดผิวด้านนอกของเซรามิก ออกไปและในขั้นตอนสุดท้ายในการขัดด้วยชุดขัดออปทราไฟน์มีการใช้ครีมหัดกากเพชรร่วมด้วยซึ่งพบว่าทำให้พื้นผิวเซรามิกมีความเรียบรองลงมาจากกลุ่มที่ผ่านการเคลือบหัดและสอดคล้องกับหลายการศึกษา<sup>15,21-23</sup> ที่พบว่าการขัดขั้นตอนสุดท้ายด้วยครีมหัดกากเพชรทำให้พื้นผิวเรียบมากกว่าการขัดด้วยวิธีอื่นซึ่งน่าจะเกิดจากผงกากเพชรมีความแข็งผิวสูงทำให้มีความสามารถในการขัดที่สูงกว่าผงขัดชนิดอื่น ๆ จึงสามารถลดความแหลมคมของเกรนที่อยู่ในพื้นผิว ทำให้พื้นผิวเรียบขึ้นได้ ในการขัดด้วยชุดขัดซอพล็กซ์พบว่าให้พื้นผิวที่เรียบไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ขัดด้วยชุดขัดออปทราไฟน์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาอื่น<sup>11,24</sup> ที่พบว่าการขัดด้วยชุดขัดซอพล็กซ์ให้พื้นผิวที่เรียบที่สุด ซึ่งในหัวขัดนี้ประกอบด้วยผงขัดชนิดอะลูมิเนียมออกไซด์ที่มีความแข็งผิวอยู่ที่ 7-9 โมส์ และเมื่อนำมาใช้จะเรียงลำดับความหยาบจากมากไปหาน้อย โดยในงานวิจัยนี้ใช้แผ่นซอพล็กซ์ขนาดใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 มิลลิเมตร ทำให้สามารถขัดได้ครอบคลุมพื้นผิวเซรามิกทั้งหมด โดยจากการวิจัยครั้งนี้พบว่าในกลุ่มวีต้ามาร์กทูและไอพีเอส อีแมกซ์แคตเมื่อ

ขัดด้วยจำนวนครั้งที่มากขึ้นทำให้พื้นผิวเรียบมากขึ้น แต่เนื่องจากหัวขัดชนิดนี้มีชั้นผงขัดที่ไม่หนามากนัก ถ้าทำการขัดด้วยจำนวนครั้งที่มากกว่านี้อาจไม่ทำให้พื้นผิวเซรามิกเรียบมากขึ้น เนื่องจากผิวของผงขัดอาจจะหลุดออกจากแผ่นพลาสติกจนหมดไป แต่ในกลุ่มไอพีเอส อีแมกซ์แคตพบว่าไม่ว่าจะขัดด้วยจำนวนครั้ง 20 หรือ 40 ครั้ง ก็ให้พื้นผิวเซรามิกที่เรียบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นในกลุ่มไอพีเอส อีแมกซ์แคต การขัดด้วยหัวขัดแผ่นพลาสติกเคลือบอะลูมิเนียมออกไซด์ด้วยจำนวนครั้งเพียง 20 ครั้งก็เพียงพอต่อการทำให้เกิดพื้นผิวที่เรียบได้แล้ว เป็นการประหยัดเวลาในการทำงาน โดยปกติชุดขัดซอพล็กซ์ถูกนำมาใช้ในการขัดแต่งวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน เช่น เรซินคอมโพสิต กลาสส์ ไอโอโนเมอร์ แต่ในการวิจัยนี้ได้ทำการเลือกหัวขัดที่ใช้สำหรับขัดเซรามิกและขัดวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันที่มีจำหน่ายในประเทศไทยและเป็นที่นิยมมาใช้ทดสอบชุดบล็อกเซรามิกชนิดแคตแคมซึ่งให้ผลที่ดี โดยในกลุ่มเซรามิกไอพีเอส อีแมกซ์แคตพบว่าชุดขัดซอพล็กซ์สามารถทำให้พื้นผิวเซรามิกมีความเรียบไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ขัดด้วยชุดขัดออปทราไฟน์ซึ่งผลิตออกมาเพื่อใช้ในการขัดแต่งเซรามิกโดยเฉพาะไม่ว่าจะขัดด้วยจำนวน 20 หรือ 40 ครั้ง ส่วนเซรามิกในกลุ่มวีต้ามาร์กทูและไอพีเอส อีแมกซ์แคตที่ขัดด้วยชุดขัดซอพล็กซ์ 40 ครั้ง พบว่าทำให้เกิดผิวเซรามิกที่เรียบไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ขัดด้วยหัวขัดออปทราไฟน์ 40 ครั้ง แต่การที่หัวขัดทำให้ได้ความเรียบใกล้เคียงกันอาจต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในการใช้งาน เนื่องจากการใช้ชุดขัดซอพล็กซ์เหมาะสมกับการขัดแต่งในบริเวณที่มีลักษณะเรียบ หรือบริเวณสันริมฟัน (marginal ridge) ซึ่งให้ความมั่นใจที่ดีแต่ไม่เหมาะกับบริเวณร่องด้านบดเคี้ยว (occlusal groove) หรือบริเวณแอ่งด้านเพดานและแอ่งด้านลิ้นของฟันหน้า (palatal fossa) ซึ่งเหมาะกับหัวขัดที่มีรูปร่างกลมหรือหัวขัดรูปกรวย ในส่วนของราคาก็มีผลต่อการเลือกใช้ ในกรณีที่ขัดชิ้นงานได้ความเรียบใกล้เคียงกันการเลือกหัวขัดที่มีราคาถูกกว่าก็เป็นตัวเลือกที่ดีในการนำมาใช้งาน เช่นเดียวกับชุดขัดออปทราไฟน์และชุดขัดแอสโตรโพล ในกลุ่มเซรามิกวีต้ามาร์กทูและไอพีเอส อีแมกซ์แคตพบว่าเมื่อขัดด้วยชุดขัดแอสโตรโพลด้วยจำนวนครั้ง 20 ครั้ง ให้พื้นผิวที่มีความหยาบมากที่สุด อาจเกิดจากหัวขัดนี้มีส่วนประกอบหลักที่ทำมาจากยางซิลิโคนและมีผงซิลิกอนคาร์ไบด์ฝังอยู่ข้างในซึ่งซิลิกอนคาร์ไบด์มีความแข็งผิวอยู่ที่ 9 โมส์ ซึ่งมีความแข็งน้อยกว่าเพชร โดยการใช้งานต้องเรียงลำดับการขัดตามความหยาบของหัวขัดได้ 3 ระดับ เมื่อขัดโดยใช้ระยะเวลาไม่นานผงขัดที่ฝังในยางจึงมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร แต่เมื่อขัดต่อไปเรื่อย ๆ พบว่าสามารถทำให้ชิ้นงานเรียบขึ้นได้ แต่ถ้าเทียบกับวิธีการขัดอื่น ๆ พบว่าไม่สามารถทำให้เรียบได้เท่าวิธีขัดอื่น ๆ

ในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้ทำการขัดผิวเซรามิกในสภาวะแห้งซึ่งสามารถทำให้เกิดความร้อนเกิดขึ้นกับชิ้นงานได้และทำให้เกิดการขัดถูที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันการไม่มีตัวหล่อลื่นอาจส่งผลให้เศษของหัวขัดหลุดออกมาจากหัวขัดกลายเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดการขัดถูที่มากขึ้น<sup>25</sup> การใช้น้ำร่วมด้วยในกระบวนการขัดนอกจากจะช่วยลดการกระจายของผงขัดยังช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้นจากการขัด ซึ่งถ้าความร้อนที่มีมากเกินไปสามารถทำให้เกิดรอยแตกบริเวณผิวชิ้นงานซึ่งนำไปสู่การลดลงของค่าความแข็งแรงของชิ้นงาน<sup>26</sup> แต่มีบางการศึกษาพบว่าเมื่อนำพอร์ซเลนชนิดที่มีอุณหภูมิเผาต่ำมาขัดทำให้มีความทนความเค้นเพิ่มมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าการขัดผิวเซรามิกนอกจากจะทำให้มีความเรียบผิวมากขึ้นยังเป็นการเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีให้กับชิ้นงาน<sup>27</sup>

จากการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการนำค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวมาใช้ในการเปรียบเทียบความเรียบของชิ้นงาน<sup>6,18,22,28</sup> แต่ยังไม่สามารถนำผลที่ได้ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกันระหว่างการศึกษาได้ เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการขัดแตกต่างกัน วิธีการขัดที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ค่าจุดตัดที่นำมาใช้วัดค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยเชิงเส้นที่แตกต่างกันก็ส่งผลให้ค่าที่วัดได้แตกต่างกัน โดยในการศึกษารุ่นนี้ใช้ค่าตัดที่ 0.8 มิลลิเมตร และใช้ความเร็วในการเคลื่อนเข็มลากไปบนพื้นผิวที่คงที่ 500 ไมโครเมตรต่อวินาที ตามค่ามาตรฐานไอเอสโอหมายเลข 4288<sup>29</sup> เนื่องจากมาตรฐานนี้ได้กำหนดเฉพาะค่าตัดที่เหมาะสมสำหรับค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยเชิงเส้นในช่วงต่าง ๆ ดังนั้นผู้วิจัยได้ใช้ค่าเฉลี่ยพื้นผิวเชิงเส้นเป็นตัวแทนในการรายงานผลซึ่งผ่านการกรองข้อมูลตามมาตรฐานดังกล่าวแล้ว

การเลือกใช้เครื่องโปรไฟล์มิเตอร์ในการนำมาวัดความหยาบพื้นผิวเป็นเครื่องวัดความหยาบพื้นผิวที่เหมาะสมกับวัสดุบูรณะที่มีการสะท้อนแสงได้ และปลายเข็มลากที่ทำจากเพชรไม่ทำลายลักษณะพื้นผิวชิ้นงานและการวางตำแหน่งชิ้นงานสามารถวางให้ได้ตำแหน่งเดิมที่ถูกต้องเนื่องจากมีการทำตัววัดชิ้นงานที่จำเพาะกับชิ้นงานเซรามิกที่ต้องการวัด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาถึงเครื่องมือที่ใช้ในการวัดพื้นผิวเซรามิกโดย Whitehead และคณะ<sup>30</sup> ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้เครื่องโปรไฟล์มิเตอร์กับการสะท้อนกลับของแสงเลเซอร์ (laser reflectivity) ในการวัดความหยาบพื้นผิวเซรามิกในกลุ่มไดคอรที่ผ่านการขัดด้วยวิธีต่าง ๆ กันพบว่า การวัดด้วยการสะท้อนกลับของแสงเลเซอร์เป็นวิธีที่ควรหลีกเลี่ยงในการนำมาวัดเซรามิกที่ผ่านการขัดแต่ง วิธีที่เหมาะสมคือการใช้เครื่องโปรไฟล์มิเตอร์

ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าในทุกวิธีการขัดไม่สามารถ

ทำให้เกิดผิวเซรามิกเรียบเท่ากับกลุ่มที่ผ่านการเคลือบหยาบ โดยกลุ่มที่ผ่านการเคลือบหยาบของเซรามิกทั้งสามชนิดมีค่าเฉลี่ยความหยาบพื้นผิวที่ใกล้เคียงกัน (วิต้ามาร์กทู = 0.2073 ไมโครเมตร, ไอพีเอส เอ็มเพรสแคด = 0.1860 ไมโครเมตร, ไอพีเอส อีแมกซ์แคด = 0.1822 ไมโครเมตร) ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความหยาบพื้นผิวที่ทำให้เชื้อแบคทีเรียมายึดเกาะได้ โดยถ้าค่าความหยาบพื้นผิวเฉลี่ยของวัสดุมากกว่า 0.2 ไมโครเมตร จะทำให้เกิดการยึดติดของเชื้อแบคทีเรียเพิ่มขึ้นได้<sup>31,32</sup> ดังนั้นจึงควรหาวิธีในการขัดแต่งชิ้นงานเซรามิกให้มีความเรียบมากที่สุดให้ใกล้เคียงกับกลุ่มที่ผ่านการเคลือบหยาบ นอกจากนั้นการกรอแก้ไขชิ้นงานในช่องปากเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นต้องทำในกรณีที่มีการยึดชิ้นงานในช่องปากไปแล้วและต้องทำการแก้ไขจุดสบหรือแก้ไขรูปร่างลักษณะทางกายวิภาคของชิ้นงานให้ถูกต้องเหมาะสม จากการศึกษาพบว่าเซรามิกที่ผ่านการเคลือบหยาบทำให้พื้นผิวเซรามิกมีความเรียบมากที่สุดซึ่งแตกต่างจากการขัดด้วยวิธีต่าง ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งสอดคล้องกับหลายการศึกษาก่อนหน้านี้<sup>11,13-15</sup> แต่ในทางตรงกันข้ามมีหลายการศึกษาที่พบว่าการขัดเซรามิกด้วยวิธีขัดต่าง ๆ สามารถทำให้ผิวเซรามิกมีความเรียบมากกว่าการเคลือบหยาบ<sup>33-35</sup> ในกรณีที่เซรามิกไม่ได้รับการขัดแต่งที่ดีเพียงพอหรือไม่สามารถนำมาเคลือบหยาบได้นอกจากทำให้เกิดคราบจุลินทรีย์มาเกาะส่งผลให้เกิดการอักเสบของเหงือกแล้วยังทำให้เกิดการสึกของฟันคู่สบได้เช่นกัน<sup>8-10</sup> รวมถึงสามารถทำให้เกิดการติดสีมากขึ้นกว่าพื้นผิวที่เรียบ<sup>6,7,36</sup> Flury และคณะ<sup>37</sup> ได้ทำการศึกษาผลของความหยาบพื้นผิวที่มีต่อลักษณะทางกลของเซรามิกแคดแคม 2 ชนิดคือวิต้ามาร์กทูและไอพีเอส เอ็มเพรสแคดพบว่าเมื่อความหยาบพื้นผิวลดลงจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของชิ้นงานเซรามิกได้ในเซรามิกทั้ง 2 ชนิด แสดงให้เห็นว่าพื้นผิวของเซรามิกที่มีความเรียบไม่เพียงแต่จะช่วยให้ฟันคู่สบสึกน้อยลง ลดการเกาะตัวของคราบจุลินทรีย์ ยังเพิ่มลักษณะทางกลที่ดีขึ้นอีกด้วย ในบริเวณฟันหน้าที่ต้องการความสวยงาม การขัดแต่งที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นเพราะเซรามิกที่มีความเรียบสามารถสะท้อนแสงได้มากกว่าพื้นผิวที่ขรุขระซึ่งทำให้การมองเห็นสีของวัสดุเปลี่ยนไปได้ ดังนั้นทันตแพทย์ควรให้ความสำคัญกับขั้นตอนในการขัดแต่งวัสดุบูรณะ โดยควรเลือกหัวขัดให้เหมาะสมกับลักษณะพื้นผิวที่ต้องการขัด ไม่ควรออกแรงกดในการขัดชิ้นงานเพราะจะทำให้เกิดความร้อนซึ่งส่งผลเสียต่อโพรงประสาทฟัน และควรเรียงลำดับการขัดตามความหยาบจากมากไปน้อยเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีความเรียบมากที่สุดซึ่งส่งผลดีสูงสุดแก่คนไข้



## สรุป

จากการวิจัยนี้การเคลือบทับทำให้เซรามิกมีความเรียบมากที่สุดในทุกกลุ่มเซรามิก วิธีการขัดและจำนวนครั้งในการขัดที่เหมาะสมกับเซรามิกแต่ละชนิดคือ กลุ่มวีต้ามาร์กทุการขัดด้วยชุดขัดออปทราไฟน์ ชุดขัดซอพเพล็กซ์ ชุดขัดแอสโตรโพล 40 ครั้ง และชุดขัดออปทราไฟน์ 20 ครั้ง ให้ผิวเซรามิกแคตแคมที่มีความเรียบมากที่สุดรองลงมาจากกลุ่มเคลือบทับ กลุ่มโอพีเอส เอ็มเพรสแคต นั้นจำนวนครั้งในการขัดไม่มีผลต่อความเรียบของเซรามิก ดังนั้นวิธีที่เหมาะสมในการขัดคือการขัดด้วยชุดขัดออปทราไฟน์ และชุดขัดซอพเพล็กซ์ ส่วนกลุ่มโอพีเอส อีแมกซ์แคตวิธีการขัดที่เหมาะสมคือการใช้ชุดขัดซอพเพล็กซ์และชุดขัดออปทราไฟน์ที่ 40 ครั้ง สามารถทำให้เกิดผิวเซรามิกที่เรียบที่สุดรองลงมาจากการเคลือบทับ

จากการวิจัยนี้พบว่าวิธีที่ทำให้เกิดผิวเซรามิกที่เรียบที่สุดคือการเคลือบทับ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วขั้นตอนในการสร้างชิ้นงานที่ทำจากเซรามิกชนิดแคตแคมเมื่อทำการออกแบบชิ้นงานและทำการกลึงชิ้นงานออกมาแล้ว ในกรณีฟันหน้าที่ต้องการความสวยงาม อาจต้องนำชิ้นงานมาแต่งสีเพิ่มเติมซึ่งจะทำหลังจากกลึงเรียบร้อยแล้ว หลังจากแต่งสีได้ตามความต้องการจะนำไปทำการเคลือบทับและยัดชิ้นงานในช่องปากโดยไม่ควรกรอแต่งผิวหน้าชิ้นงานเพื่อให้ได้ความสวยงามสูงสุดในฟันหลังเมื่อทำการออกแบบชิ้นงานและกลึงชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ควรทำการเคลือบทับและยัดชิ้นงานในช่องปากทันที แต่ในบางครั้งต้องมีการกรอแก้ไขด้านบดเคี้ยวทำให้ต้องนำชิ้นงานไปเคลือบทับอีกครั้งหนึ่งแต่ในกรณีที่ไม่มีเตาเผาเซรามิกในคลินิก ทำให้ต้องใช้วิธีการขัดชิ้นงานในช่องปากแทนเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีความเรียบมากที่สุด

เนื่องจากในการวิจัยนี้ไม่สามารถควบคุมแรงที่ใช้ในการขัดได้อย่างแน่นอน แต่ควบคุมระยะทางในการขัดแต่ละครั้งให้คงที่และมีความใกล้เคียงกันในทุกชิ้นงาน ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ทำโดยบุคคลเพียงคนเดียว และการวิจัยในครั้งนี้การทำในห้องปฏิบัติการซึ่งไม่สามารถจำลองสภาวะจริงในช่องปากได้ ดังนั้นผลที่ได้จึงสามารถนำมาบอกถึงแนวโน้มของผลที่อาจเกิดขึ้นจริงในช่องปาก

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก “ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต” บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์ทันตวัสดุศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยสำหรับการอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือในงานวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

1. Adair PJ, Grossman DG. The castable ceramic crown. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1984;4:32-46.
2. Bergman M. Side-effects of amalgam and its alternatives: local, systemic and environmental. *Int Dent J* 1990;40:4-10.
3. Fasbinder DJ. Computerized technology for restorative dentistry. *Am J Dent* 2013;26:115-20.
4. Clayton JA, Green E. Roughness of pontic materials and dental plaque. *J Prosthet Dent* 1970;23:407-11.
5. Kawai K, Urano M, Ebisu S. Effect of surface roughness of porcelain on adhesion of bacteria and their synthesizing glucans. *J Prosthet Dent* 2000;83:664-7.
6. Yilmaz C, Korkmaz T, Demirkopru H, Ergun G, Ozkan Y. Color stability of glazed and polished dental porcelains. *J Prosthodont* 2008;17:20-4.
7. Atay A, Karayazgan B, Ozkan Y, Akyil MS. Effect of colored beverages on the color stability of feldspathic porcelain subjected to various surface treatments. *Quintessence Int* 2009;40:e41-8.
8. Metzler KT, Woody RD, Miller AW 3rd, Miller BH. In vitro investigation of the wear of human enamel by dental porcelain. *J Prosthet Dent* 1999;81:356-64.
9. Jagger DC, Harrison A. An in vitro investigation into the wear effects of unglazed, glazed, and polished porcelain on human enamel. *J Prosthet Dent* 1994;72:320-3.
10. Mitov G, Heintze SD, Walz S, Woll K, Muecklich F, Pospiech P. Wear behavior of dental Y-TZP ceramic against natural enamel after different finishing procedures. *Dent Mater J* 2012;28:909-18.
11. Jung M. Finishing and polishing of a hybrid composite and a heat-pressed glass ceramic. *Oper Dent* 2002;27:175-83.

12. Bottino MC, Valandro LF, Kantorski KZ, Bressiani JC, Bottino MA. Polishing methods of an alumina-reinforced feldspar ceramic. *Braz Dent J* 2006;17:285-9.
13. Patterson CJ, McLundie AC, Stirrups DR, Taylor WG. Refinishing of porcelain by using a refinishing kit. *J Prosthet Dent* 1991;65:383-8.
14. Patterson CJ, McLundie AC, Stirrups DR, Taylor WG. Efficacy of a porcelain refinishing system in restoring surface finish after grinding with fine and extra-fine diamond burs. *J Prosthet Dent* 1992;68:402-6.
15. Fuzzi M, Zaccheroni Z, Vallania G. Scanning electron microscopy and profilometer evaluation of glazed and polished dental porcelain. *Int J Prosthodont* 1996;9:452-8.
16. Klausner LH, Cartwright CB, Charbeneau GT. Polished versus autoglated porcelain surfaces. *J Prosthet Dent* 1982;47:157-62.
17. Tholt de Vasconcellos B, Miranda-Junior WG, Prioli R, Thompson J, Oda M. Surface roughness in ceramics with different finishing techniques using atomic force microscope and profilometer. *Oper Dent* 2006;31:442-9.
18. Karan S, Toroglu MS. Porcelain refinishing with two different polishing systems after orthodontic debonding. *Angle Orthod* 2008;78:947-53.
19. Coldea A, Swain MV, Thiel N. Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dent Mater* 2013;29:419-26.
20. Sasahara RM, Ribeiro Fda C, Cesar PF, Yoshimura HN. Influence of the finishing technique on surface roughness of dental porcelains with different microstructures. *Oper Dent* 2006;31:577-83.
21. Haywood VB, Heymann HO, Kusy RP, Whitley JQ, Andreus SB. Polishing porcelain veneers: an SEM and specular reflectance analysis. *Dent Mater* 1988;4:116-21.
22. Sarikaya I, Guler AU. Effects of different polishing techniques on the surface roughness of dental porcelains. *J Appl Oral Sci* 2010;18:10-6.
23. Martinez-Gomis J, Bizar J, Anglada JM, Samso J, Peiraire M. Comparative evaluation of four finishing systems on one ceramic surface. *Int J Prosthodont* 2003;16:74-7.
24. Hulterstrom AK, Bergman M. Polishing systems for dental ceramics. *Acta Biomater Odontol Scand* 1993;51:229-34.
25. Al-Wahadni AM, Martin DM. An in vitro investigation into the wear effects of glazed, unglazed and refinished dental porcelain on an opposing material. *J Oral Rehabil* 1999;26:538-46.
26. Camacho GB, Vinha D, Panzeri H, Nonaka T, Gonçalves M. Surface roughness of a dental ceramic after polishing with different vehicles and diamond pastes. *Braz Dent J* 2006;17:191-4.
27. Rosenstiel SF, Baiker MA, Johnston WM. Comparison of glazed and polished dental porcelain. *Int J Prosthodont* 1989;2:524-9.
28. Sasahara RM, Ribeiro Fda C, Cesar PF, Yoshimura HN. Influence of the finishing technique on surface roughness of dental porcelains with different microstructures. *Oper Dent* 2006;31:577-83.
29. Standardization. IOF. ISO 4288:1996 Geometrical Product Specifications (GPS) Surface texture: Profile method Rules and procedures for the assessment of surface texture Geneva, Switzerland. 1996.
30. Whitehead SA, Shearer AC, Watts DC, Wilson NH. Comparison of methods for measuring surface roughness of ceramic. *J Oral Rehabil* 1995;22:421-7.
31. Yip HK, To WM, Smales RJ. Effects of artificial saliva and APF gel on the surface roughness of newer glass ionomer cements. *Oper Dent* 2004;29:661-8.
32. Heintze SD, Forjanic M, Rousson V. Surface roughness and gloss of dental materials as a function of force and polishing time in vitro. *Dent Mater* 2006;22:146-65.
33. Scurria MS, Powers JM. Surface roughness of two polished ceramic materials. *J Prosthet Dent* 1994;71:174-7.
34. Wright MD, Masri R, Driscoll CF, Romberg E, Thompson GA, Runyan DA. Comparison of three systems for the polishing of an ultra-low fusing dental porcelain. *J Prosthet Dent* 2004;92:486-90.
35. Ward MT, Tate WH, Powers JM. Surface roughness of opalescent porcelains after polishing. *Oper Dent* 1995;20:106-10.

36. Ertan AA, Sahin E. Colour stability of low fusing porcelains: an in vitro study. *J Oral Rehabil* 2005;32:358-61.
37. Flury S, Peutzfeldt A, Lussi A. Influence of surface roughness on mechanical properties of two computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) ceramic materials. *Oper Dent* 2012;37:617-24.