

ผลของชนิดหัวขัด แรงกด และระยะเวลาในการขัด ต่อความหยาบพื้นผิวของโมนอลิธิคเซอร์โคเนีย

Effect of Polishing Systems, Forces and Durations on Surface Roughness of Monolithic Zirconia

ทรงศักดิ์ มั่นคงสุจิต (Songsak Munkongsujarit)* ปารมภ์ ซาลิมี่ (Prarom Salimee)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความหยาบพื้นผิว (Ra) ของโมนอลิธิคเซอร์โคเนียจากการขัดด้วยชนิดของหัวขัด แรงกด และระยะเวลาต่างกัน มีวิธีการโดยนำเซอร์โคเนียมาขึ้นรูปได้ชิ้นงานขนาด 7 x 5 x 4 มม.³ จำนวน 48 ชิ้น แบ่งเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 8 ชิ้น ตามชนิดหัวขัดและแรงที่ใช้ในการทดสอบ นำชิ้นงานมากรอผิวหน้าด้วยหัวกรอากเพชรละเอียดเป็นเวลา 15 วินาที ทำการวัดค่าเฉลี่ยความหยาบของพื้นผิว เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิง แต่ละกลุ่มทำการขัดด้วยหัวขัดสำหรับขัดฟอร์ซเลน (เซรามาสเตอร์) หรือหัวขัดสำหรับเซอร์โคเนีย (ไดอะเซอร์คอน) ด้วยแรง 1, 2 หรือ 3 นิวตันตามลำดับ ทำการขัดด้วยหัวขัดหยาบ 30 วินาที และหัวขัดละเอียด 30 วินาที ทำการวัดค่า Ra ทุก 15 วินาที ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ ในการวิเคราะห์ปัจจัยระยะเวลาในการขัด และใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางในการวิเคราะห์แรงขัดและชนิดหัวขัด กำหนดนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ผลการศึกษาพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า Ra ทั้งในปัจจัยเรื่องระยะเวลา ชนิดของหัวขัด และขนาดแรงขัด โดยเวลาที่ขัดเพิ่มขึ้นมีผลให้พื้นผิวเซอร์โคเนียมีความเรียบเพิ่มขึ้น แรงที่มากขึ้นมีผลทำให้ชิ้นงานเรียบขึ้น และหัวขัดเซอร์โคเนียมีผลทำให้ผิวเซอร์โคเนียเรียบกว่าเมื่อเทียบกับหัวขัดฟอร์ซเลนในขั้นตอนการขัดละเอียด

ABSTRACT

The objective of this study is to determine the effect of polishing system force and duration on the surface roughness (Ra) of zirconia. 48 pieces of zirconia size 7 x 5 x 4 mm. were fabricated with CAD/CAM, then divided into 6 groups depending on the polishing systems and forces (n=8). All specimens were ground with fine diamond bur for 15 seconds as the control then the arithmetic average roughness (Ra) was measured. The specimens were polished with either zirconia polishing kit (Diazircon) or porcelain polishing kit (Ceramaster), with forces at 1, 2, and 3 newtons. The duration for coarse grit polisher was 15 seconds and repeat more at 15 seconds, and then the fine grit polisher was used for 15 seconds, repeated for 15 seconds. The Ra of each specimen was measured after each step. Repeated measured ANOVA was used to assess the effect of polishing steps on Ra in each group. Two-way ANOVA were used to assess the effect of polishing systems, forces and the interaction between polishing systems and forces on Ra. The result showed that polishing system, force, and duration were significant by ($p < 0.05$) for Ra. The result revealed that each polishing step reduced Ra, the higher force reduced Ra and zirconia polishing system created smoother surface of zirconia than the porcelain polishing system when using fine grit polisher.

คำสำคัญ: เซอร์โคเนีย ความหยาบผิว การขัด

Keywords: Zirconia, Surface roughness, Polishing

* นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

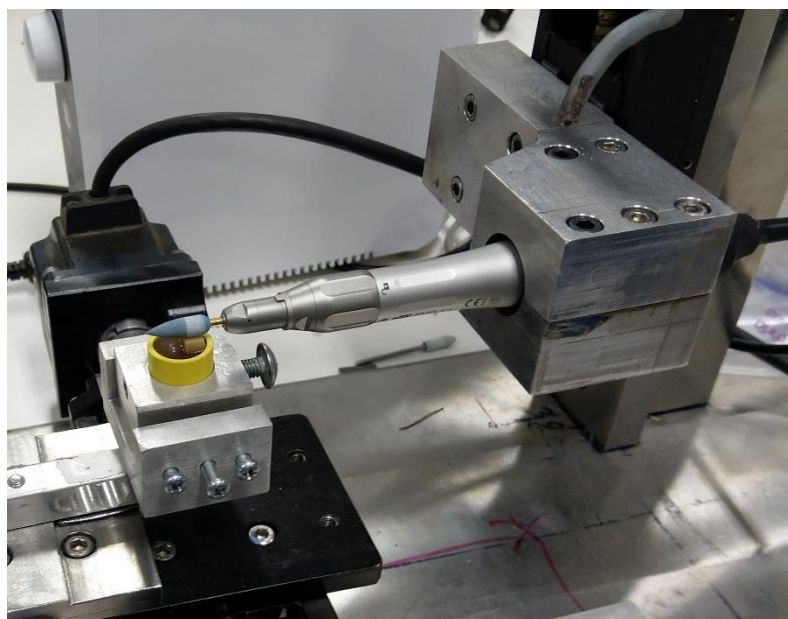
ปัจจุบันนิยมใช้เซอร์โคเนียในรูปแบบโมโนลิธิกเซอร์โคเนียเพิ่มขึ้น ชิ้นงานเซอร์โคเนียเมื่อผลิตเสร็จออกมา ก่อนที่จะนำมาใช้ต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงรูปร่างปรับแต่งด้านบดเคี้ยวทำให้ผิวของชิ้นงานเซอร์โคเนียขรุขระ ซึ่งจะนำไปสู่ปัญหาทางคลินิกต่างๆ เช่น ฟันหรือวัสดุบูรณะคู่สบสึก (Bai et al., 2016) เป็นที่กักเก็บของคราบจุลินทรีย์ (Bollen et al., 1997) ปัญหาด้านความสวยงาม (Miyazaki et al., 2013) ดังนั้นชิ้นงานที่ผิวขรุขระจึงควรได้รับการขัดให้เรียบก่อนนำไปใช้ ในช่องปาก เซอร์โคเนียมีความแข็งผิวสูงในการขัดจึงทำให้เรียบได้ยาก การนำหัวขัดสำหรับขัดพอร์ซเลนทั่วไปมาใช้ขัดจึงยังเป็นที่ถกเถียงกัน บริษัทผู้ผลิตจึงได้ผลิตหัวขัดสำหรับเซอร์โคเนีย อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยต่างๆ ที่ต้องนำมาคำนึงถึงในกระบวนการขัดวัสดุ ได้แก่ ความเร็วในการขัด แรงที่ใช้ในการขัด ระยะเวลาในการขัด (Jefferies, 2007) ปัจจุบันมีงานวิจัยหลากหลายเกี่ยวกับการขัดเซอร์โคเนีย Chavali et al. (2017) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการขัดเซอร์โคเนีย โดยใช้หัวขัด 2 ชนิดคือหัวขัดสำหรับเซอร์โคเนีย (dialite ZR) และ หัวขัดสำหรับพอร์ซเลน (Ceramaster) ทำการขัดเซอร์โคเนีย โดยใช้ความเร็วรอบต่างๆ กันคือ 5,000, 15,000, 40,000 RPM พบว่า หัวขัด Dialite ZR ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า และการขัดที่ความเร็วรอบ 15000 RPM ได้ความเรียบดีที่สุด แต่การศึกษานี้ไม่ได้กล่าวถึงปัจจัยเรื่องแรงกดหรือระยะเวลาต่อการขัดเซอร์โคเนีย ซึ่งน่าจะส่งผลต่อความเรียบในการขัดด้วย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดหัวขัด แรงกด และระยะเวลาในการขัดต่อความหยาบพื้นผิวของโมโนลิธิกเซอร์โคเนีย

วิธีการวิจัย

ชิ้นงานเซอร์โคเนีย Zirlux16+ (Henry Schein Inc, NY, USA) ยาว 7 มม. กว้าง 5 มม.หนา 4 มม. จำนวน 48 ชิ้น ถูกกำหนดขนาดรูปทรงด้วยระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design; CAD) และกลึงชิ้นงานด้วยเครื่องกลึง (VHF S2, VHF, Germany) โดยมีการชดเชยการหดตัวประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และเผาด้วยอุณหภูมิและเวลาตามคู่มือของบริษัท นำชิ้นงานขัดด้วยเรซินในท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มม. ยาว 20 มม. จากนั้นนำชิ้นงานไปกรอบที่ผิวหน้าด้วยเครื่องขึ้นรูปด้วยคอมพิวเตอร์ (CNC Specimen Former) ซึ่งขั้นตอนนี้เป็น การจำลองสภาพขั้นตอนกรอบปรับแก้ด้านบดเคี้ยวของชิ้นงานจริง โดยใช้หัวกรอกกากเพชรระดับละเอียด (Komet, Gebr Brasser GmbH & Co KG, Germany) กำหนดให้เครื่องทำการกรอบชิ้นงานลงมาจากผิวหน้า 120 ไมโครเมตร ด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาทีในทิศทางไปกลับด้วยความเร็วรอบ 120000 รอบต่อนาทีโดยมีน้ำหล่อเย็นระหว่างที่ทำการกรอบ จากนั้นนำชิ้นงานทำความสะอาดด้วยเครื่อง ultrasonic 5 นาที นำชิ้นงานไปวัดความหยาบพื้นผิว Ra ได้เป็นค่าอ้างอิง (control)

ทำการแบ่งกลุ่มทั้งหมดเป็น 6 กลุ่ม จำแนกตามชนิดของหัวขัด 2 ระบบและแรงในการขัด 3 ระดับ จากนั้นนำชิ้นงานไปขัดด้วยเครื่องควบคุมการขัดด้วยคันบังคับซึ่งสามารถควบคุมแรงในการขัด ตามรูปที่ 1 ทำการขัดด้วยหัวขัดสำหรับขัดพอร์ซเลน Ceramaster (Shofu, Kyoto, Japan) หรือหัวขัดสำหรับขัดเซอร์โคเนีย Diazircon (diaswiss, Switzerland) ขัดด้วยแรง 1, 2 หรือ 3 นิวตัน ความเร็วรอบตามคำแนะนำในคู่มือของบริษัท ทำการขัดลักษณะไปกลับ วัดค่า Ra แล้วทำการขัดซ้ำ (ตารางที่ 1) โดยการวัดค่า Ra หลังจากทำการขัดด้วยหัวขัดหยาบนาน 15 วินาที 2 ครั้ง ตามด้วยหัวขัดละเอียด 15 วินาที 2 ครั้ง



รูปที่ 1 แสดงเครื่องควบคุมการขัดขณะทำการขัดชิ้นงาน

ตารางที่ 1 แสดงชนิดของหัวขัด แรงในการขัดและความเร็วรอบที่ใช้ในแต่ละกลุ่มทดลอง

Group	Polishing system	Instrument brand	Force (N)	Polishing speed (RPM)*	
				Coarse Polisher	Fine Polisher
Z1	Zirconia	Diazircon	1	10000	8000
Z2	Zirconia	Diazircon	2	10000	8000
Z3	Zirconia	Diazircon	3	10000	8000
P1	Porcelain	Ceramaster	1	15000	15000
P2	Porcelain	Ceramaster	2	15000	15000
P3	Porcelain	Ceramaster	3	15000	15000

หมายเหตุ : * = ใช้ความเร็วรอบตามคำแนะนำของบริษัท

ทำการวัดความหยาบของพื้นผิว วัดด้วยเครื่องวัดความหยาบพื้นผิวแบบไม่สัมผัส non-contact profirometer (Alicona infinitefocusSL, Graz, Austria) โดยสแกนด้วยขนาดกำลังขยาย 50 เท่า ใช้เส้นความยาว (profile length) 4 มม. ในการวิเคราะห์โดยลากในทิศทางตั้งฉากกับแนวในการขัด ทำการสแกนที่พื้นผิว 0.5 x 0.5 มม. ที่จุดกึ่งกลางของชิ้นงาน และจุดที่ห่างจากจุดกึ่งกลาง 1 มม. รวมทั้งหมด 5 ตำแหน่ง บันทึกเป็นค่าเฉลี่ยของความหยาบของพื้นผิว (arithmetic average roughness; Ra) หน่วยเป็นไมโครเมตร (μm)

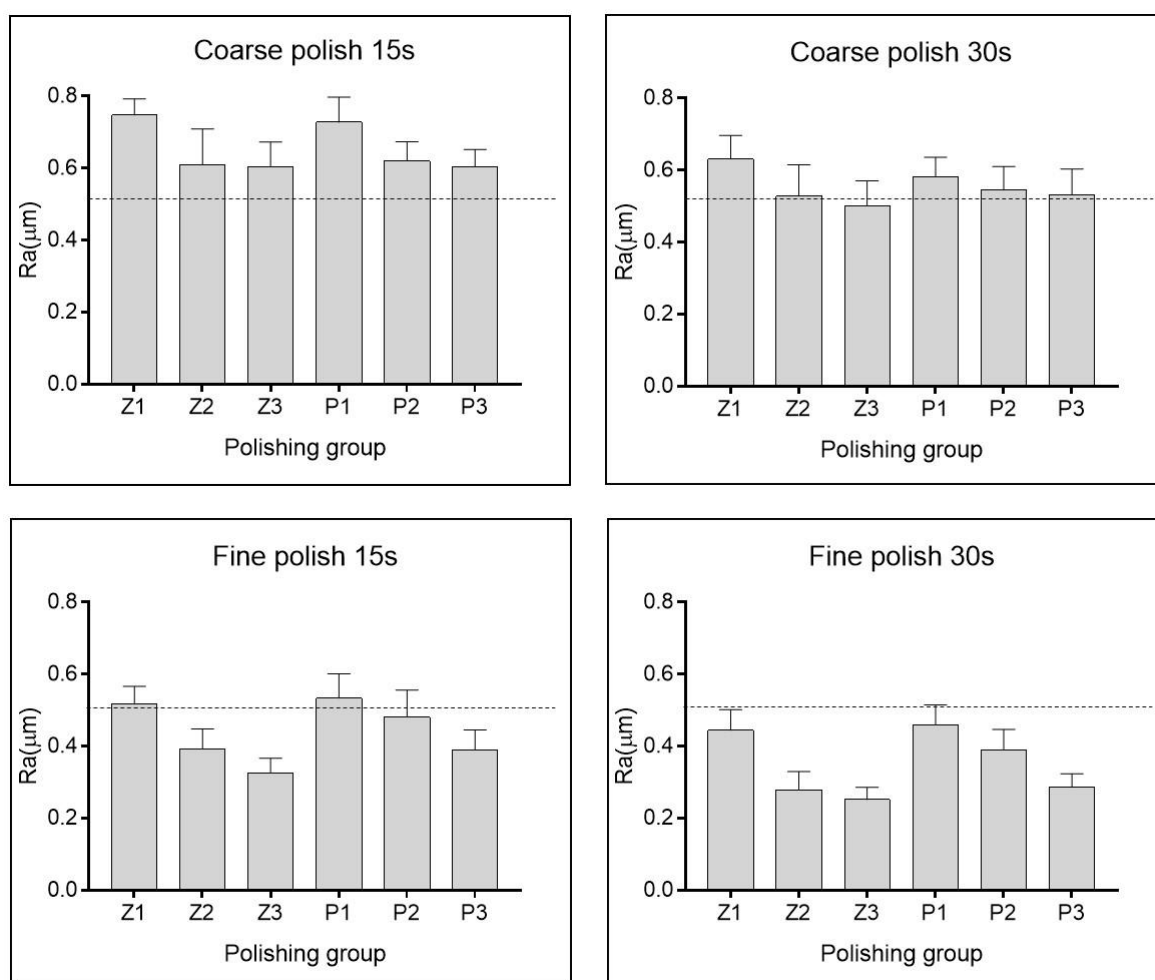
ถ่ายภาพพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (scanning electron microscope; SEM) โดยทำการบันทึกภาพชิ้นงานเริ่มต้น ชิ้นงานที่ได้รับการจำลองการกรอ และชิ้นงานที่ผ่านการขัด และภาพหัวขัด ด้วยเครื่อง SEM (JEOL JSM-6400) ที่กำลังขยาย 200 เท่า

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated measure Analysis of Variance; ANOVA) ในการวิเคราะห์ปัจจัยระยะเวลาในการขัด ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-Way ANOVA) ในการวิเคราะห์ปัจจัยแรงขัดและชนิดของหัวขัดและวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ (interaction) จากนั้นทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม (Post-hoc analysis) ด้วยวิธีการทดสอบ Tukey's HSD กำหนดนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ใช้โปรแกรม SPSS Statistics for Windows, Version 22.0 (IBM, Armonk, NY)

ผลการวิจัย

ค่า Ra ที่ระยะเวลาต่างๆ ในกลุ่มทดลองแสดงในรูปที่ 2 และ ตารางที่ 2,3



รูปที่ 2 ค่า Ra (μm) ในแต่ละระยะเวลา แรงขัดและชนิดหัวขัด เส้นประแสดงค่า Ra ของเคลือบฟันมนุษย์

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated measure ANOVA) วิเคราะห์แยกในขั้นตอนการขัด หยาบและขัดละเอียด

ในการจัดหยาบพบว่า ระยะเวลาในการขัดมีผลต่อความหยาบพื้นผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกลุ่มตัวอย่าง Post-hoc analysis พบว่าทั้งการขัดที่ 15 วินาที และ 30 วินาที ค่า Ra ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกลุ่ม (ตารางที่ 2)

ในการขัดละเอียดพบว่า ระยะเวลาในการขัดมีผลต่อความหยาบพื้นผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกลุ่มตัวอย่าง Post-hoc analysis พบว่าทั้งการขัดที่ 15 วินาที และ 30 วินาที ให้ค่า Ra ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกลุ่มตัวอย่าง ยกเว้นกลุ่ม P1 ขั้นตอนขัดที่ 15 วินาที ไม่พบความต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเทียบกับขั้นตอนเริ่มขัด (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 แสดงค่า Ra (μm) ที่การขัดหยาบ (Coarse polish) และผลการวิเคราะห์สถิติ Repeated measure ANOVA

Group	Time (sec)			P-value
	0	15	30	
Z1	1.33 $\pm$ 0.09	0.74 $\pm$ 0.04	0.63 $\pm$ 0.07	<0.001
Z2	1.33 $\pm$ 0.09	0.63 $\pm$ 0.08	0.53 $\pm$ 0.09	<0.001
Z3	1.35 $\pm$ 0.09	0.61 $\pm$ 0.07	0.50 $\pm$ 0.07	<0.001
P1	1.34 $\pm$ 0.10	0.73 $\pm$ 0.08	0.58 $\pm$ 0.05	<0.001
P2	1.31 $\pm$ 0.10	0.63 $\pm$ 0.05	0.55 $\pm$ 0.07	<0.001
P3	1.34 $\pm$ 0.06	0.60 $\pm$ 0.05	0.53 $\pm$ 0.07	<0.001

ตารางที่ 3 แสดงค่า Ra (μm) ที่การขัดละเอียด (Fine polish) และผลการวิเคราะห์สถิติ repeated measure ANOVA

Group	Time (sec)			P-value
	0	15	30	
Z1	0.63 $\pm$ 0.07	0.52 $\pm$ 0.05	0.44 $\pm$ 0.06	<0.001
Z2	0.53 $\pm$ 0.09	0.39 $\pm$ 0.06	0.27 $\pm$ 0.05	<0.001
Z3	0.50 $\pm$ 0.07	0.33 $\pm$ 0.04	0.25 $\pm$ 0.04	<0.001
P1	0.58 $\pm$ 0.05*	0.53 $\pm$ 0.07*	0.46 $\pm$ 0.05	<0.001
P2	0.55 $\pm$ 0.07	0.48 $\pm$ 0.07	0.39 $\pm$ 0.06	<0.001
P3	0.53 $\pm$ 0.07	0.39 $\pm$ 0.06	0.29 $\pm$ 0.04	<0.001

หมายเหตุ : * = Post-hoc analysis non-significant ($P = 0.262$) กลุ่ม P1 ขัดที่เวลา 15 วินาที เปรียบเทียบกับเริ่มขัด

จากการใช้สถิติ Two-Way ANOVA ในการวิเคราะห์ปัจจัยระหว่างแรงขัดและชนิดของหัวขัด โดยวิเคราะห์แยกทุกช่วงเวลาในการขัด (ตารางที่ 4) พบว่าขั้นตอนการขัดระดับละเอียดที่ 30 วินาที ชนิดของหัวขัดและแรงมี interaction ต่อกัน ($P = 0.024$) โดยที่ชนิดหัวขัดมีผลต่อ Ra อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.001$) และขนาดแรงที่ใช้ขัดมีผลต่อความเรียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) Post-hoc analysis แสดงให้เห็นว่าขนาดของแรงกดให้ค่า Ra ที่แตกต่างกันในทุกแรงที่ใช้ขัด

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบทางสถิติ Two-Way ANOVA ทดสอบปัจจัยเรื่องแรงขัดและชนิดหัวขัด

Polishing step	Polishing system x force	Polishing system	Force	
			P-value	Post-hoc analysis**
Coarse polish 15s	0.881	0.699	<0.001*	1≠2 ^S , 1≠3 ^S , 2=3 ^{NS}
Coarse polish 30s	0.300	0.703	<0.001*	1≠2 ^S , 1≠3 ^S , 2=3 ^{NS}
Fine polish 15s	0.213	0.002*	<0.001*	1≠2 ^S , 1≠3 ^S , 2≠3 ^S
Fine polish 30s	0.024*	0.001*	<0.001*	1≠2 ^S , 1≠3 ^S , 2≠3 ^S

หมายเหตุ : * = significant (P < 0.05)

** ตัวเลข 1, 2, 3 แทนแรง 1, 2, 3 นิวตัน ตามลำดับ

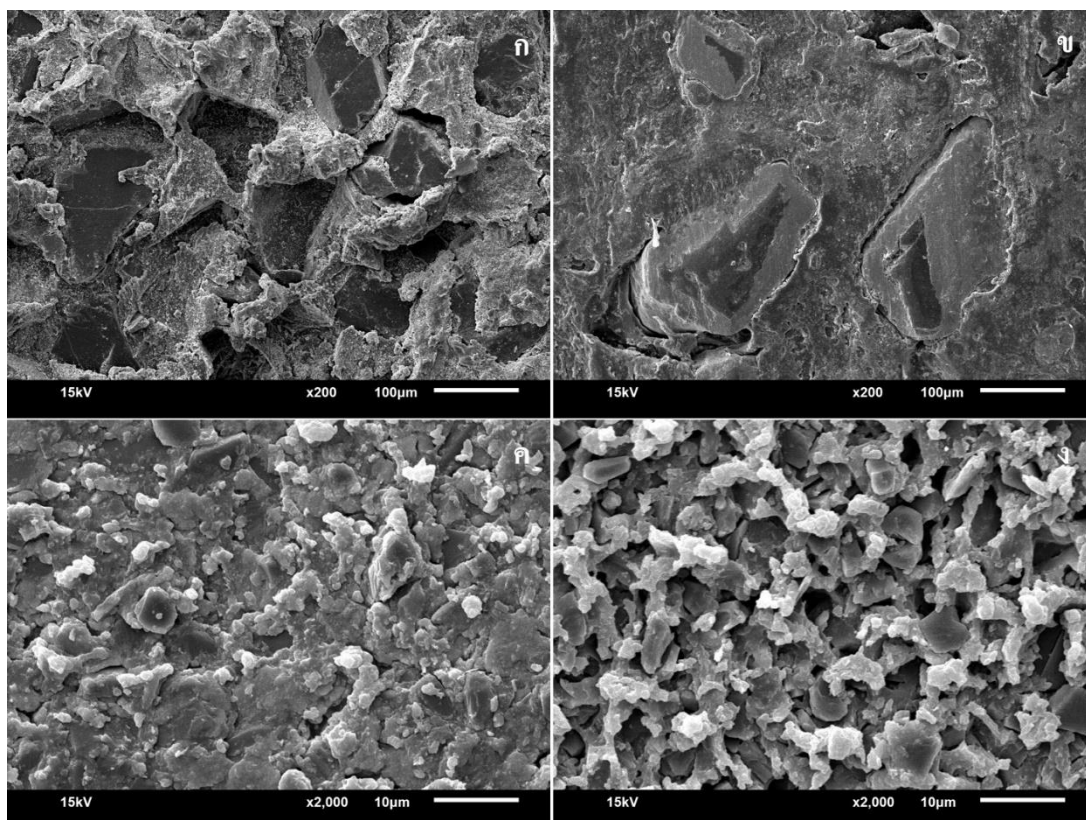
S = Post-hoc analysis significant (P < 0.05)

NS = Post-hoc analysis non-significant (P > 0.05)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

เมื่อคำนึงถึงชนิดหัวขัด จากการทดลองพบว่าในการขัด 30 วินาทีแรกเมื่อใช้หัวขัดหยาบ จะไม่แตกต่างกันในหัวขัดทั้ง 2 ระบบ ในขณะที่เมื่อใช้หัวขัดละเอียดพบว่าหัวขัดพอร์ซเลนจะมีประสิทธิภาพน้อยกว่าหัวขัดเซอร์โคเนีย ดังแสดงในตารางที่ 4 สาเหตุเนื่องมาจากทั้งหัวขัด Ceramaster และ Diazircon ใช้กากเพชรเป็น abrasive particle โดยเมื่อนำมาตรวจสอบด้วย SEM พบว่า Ceramaster coarse มีปริมาณกากเพชรที่ค่อนข้างหนาแน่นอย่างเห็นได้ชัดใกล้เคียงกับ Diazircon coarse ในขณะที่หัวขัดละเอียด Ceramaster fine จะมีปริมาณเพชรที่กระจายค่อนข้างเบาบางเมื่อเทียบกับหัวขัด Diazircon fine (รูปที่ 3) ซึ่งปริมาณของ abrasive particle มีผลต่อประสิทธิภาพการขัด (Jefferies, 2007) งานวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Chavali et al. (2017) ซึ่งพบว่าหัวขัดเซอร์โคเนียให้ประสิทธิภาพในการขัดเซอร์โคเนียที่ดีกว่าหัวขัดพอร์ซเลน

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าแรงที่มากขึ้นจะทำให้พื้นผิวชิ้นงานเรียบขึ้น สาเหตุเนื่องมาจากแรงที่กดมากขึ้นจะยิ่งทำให้ชิ้นงานสัมผัสกับหัวขัดได้ทั่วถึงมากขึ้น Heintze et al. (2006) ได้ทำการศึกษาการขัดวัสดุทันตกรรม 3 ชนิด คือ hybrid composites, microfilled composite และ amalgam ทำการขัดด้วยชุดขัด Astropol ที่แรง 2 และ 4 นิวตัน ซึ่งพบว่า hybrid composite ให้ค่า Ra ที่มากกว่าเมื่อขัดด้วยแรงที่มากกว่าคือหยาบขึ้น แต่ในขณะที่ เมื่อให้แรงขัด amalgam ที่มากกว่า Ra น้อยลงคือเรียบขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวได้ว่าปริมาณแรงขัดจะมีผลต่อวัสดุต่างชนิดแตกต่างกัน เนื่องจากวัสดุต่างชนิดกันก็มีคุณสมบัติพื้นผิวที่ต่างกัน



รูปที่ 3 แสดงภาพถ่าย SEM ของหัวขัด ก.Ceramaster Coarse ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า ข.Diazircon Coarse ขนาดกำลังขยาย 200 เท่า ค.Ceramaster Fine ขนาดกำลังขยาย 2000 เท่า ง.Diazircon Fine ขนาดกำลังขยาย 2000 เท่า

การประยุกต์นำมาใช้งานทางคลินิก แรง 1 นิวตัน หรือ 102 กรัม เทียบได้กับแรงที่กดบนเล็บนิ้วมือแล้วเริ่มขีด มักจะเป็นแรงที่ใช้ในการขัดเบาๆ ขณะที่แรงประมาณ 2 นิวตัน เป็นแรงทั่วไปที่ใช้ในการขัดวัสดุ (Heintze et al., 2006) ซึ่งในคู่มือของ Ceramaster แนะนำให้ใช้แรง 1.5 นิวตัน และคู่มือของหัวขัด Diazircon แนะนำให้ใช้แรง 2 นิวตัน ในการขัด เมื่อขัดถึงระดับหนึ่งที่ 2 นิวตัน และ 3 นิวตัน ก็สามารถให้ความเรียบที่ยอมรับได้ในหัวขัดทั้ง 2 ชนิด โดยเมื่อให้แรงมากขึ้นอาจจะสามารถลดเวลาในการขัด ดังผลการทดลองในรูปที่ 2 และตารางที่ 3 อย่างไรก็ตามเมื่อใช้แรงในการขัดที่มากขึ้นควรจะระวังเรื่องความร้อนที่เกิดขึ้น

ใช้ค่า Ra ของเคลือบฟันมนุษย์ (human enamel) เป็นตัวเทียบ (benchmark) แสดงถึงความเรียบที่เหมาะสมในการใช้งานทางคลินิก Taha et al. (2018) วัดค่า Ra ของ enamel ของฟันกรามน้อยที่ไม่มีรอยโรค โดยใช้เครื่องวัดความหยาบพื้นผิวแบบไม่สัมผัสมีค่า $0.52 \mu\text{m}$ ส่วนการศึกษาของ Park et al. (2014) แสดงให้เห็นว่าชิ้นงานเซอร์โคเนียที่ Ra $0.4 \mu\text{m}$ สามารถลดการสึกของฟันคู่สบได้ พบว่าทุกกลุ่มตัวอย่างที่ขัดที่หัวขัดระดับละเอียด 30 วินาที สามารถได้ค่า Ra น้อยกว่า $0.52 \mu\text{m}$ ขณะที่ขัดขั้นตอนการขัดละเอียดที่ 15 วินาที ทุกกลุ่มได้ค่า Ra น้อยกว่า $0.52 \mu\text{m}$ ยกเว้นกลุ่ม P1

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าหัวขัดพอร์ซเลนสามารถใช้ขัดเซอร์โคเนียได้เมื่อใช้แรง 2 นิวตัน โดยขัดด้วยหัวขัดหยาบ 30 วินาที ตามด้วยหัวละเอียด 15 วินาที ได้ความเรียบใกล้เคียงกับความเรียบของ enamel แต่หากใช้แรงที่ 1 นิวตัน ขั้นตอนการขัดละเอียด ต้องเพิ่มระยะเวลาในการขัดเป็น 30 วินาที อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นการทดลองใน

ห้องปฏิบัติการซึ่งมีการควบคุมปัจจัยต่างๆ ในการใช้งานจริงมีปัจจัยอื่นอีกที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่นรูปทรงของชิ้นงานจริงที่มีส่วนโค้งหรือร่องตามรูปร่างฟัน หรือการควบคุมแรงที่ไม่สามารถทำได้สม่ำเสมอ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ และศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตลอดจน อ.ธรรมศักดิ์ วิมลเกียรติคุณ ซึ่งอนุเคราะห์เครื่องควบคุมการขัด

เอกสารอ้างอิง

- Bai Y, Zhao J, Si W, Wang X. Two-body wear performance of dental colored zirconia after different surface treatments. *J Prosthet Dent* 2016; 116(4): 584-90.
- Bollen C, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: A review of the literature. *Dent Mater* 1997; 13(4): 258-69
- Chavali R, Lin CP, Lawson NC. Evaluation of Different Polishing Systems and Speeds for Dental Zirconia. *J Prosthodont* 2017; 26(5): 410-8
- 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(2): 146-65.
- Jefferies SR. Abrasive finishing and polishing in restorative dentistry: a state-of-the-art review. *Dent Clin North Am* 2007; 51(2): 379-97, ix.
- Miyazaki T, Nakamura T, Matsumura H, Ban S, Kobayashi T. Current status of zirconia restoration. *J Prosthodont Res.* 2013; 57(4): 236-61.
- Park JH, Park S, Lee K, Yun KD, Lim HP. Antagonist wear of three CAD/CAM anatomic contour zirconia ceramics. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2014; 111(1): 20-9.
- Taha AA, Fleming PS, Hill RG, Patel MP. Enamel Remineralization with Novel Bioactive Glass Air Abrasion. *J Dent Res* 2018; 97(13): 1438-4