ผลของการขัดแต่งที่มีต่อกำลังดัดขวางของเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน

วรางคณา บุตรดี ท.บ., วท.ม. (ทันตกรรมประดิษฐ์)[1]
กาญจนา กาญจนทวีวัฒน์ วท.บ., ท.บ., M.S., D.Sc.[2]

[1]ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
[2]ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของการขัดแต่งวิธีต่าง ๆ ต่อกำลังดัดขวางของเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน

วัสดุและวิธีการ เตรียมแท่งพอร์ซเลนขนาด 2.0x1.5x25 มม. ตาม ASTM C 1161-90 จำนวน 135 ชิ้น เผาที่อุณหภูมิ 920 องศาเซลเซียส ภายใต้สุญญากาศ จากนั้นนำมาแบ่งด้วยการสุ่ม เป็น 9 กลุ่ม กลุ่มละ 15 ชิ้น กลุ่มที่ 1 ไม่ได้รับการขัดแต่ง เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 เคลือบผิว ที่อุณหภูมิ 910 องศาเซลเซียส ในอากาศ กลุ่มที่ 3-9 ได้รับการปรับสภาพผิวให้ได้มาตรฐาน ก่อนรับการปรับผิววิธีอื่น โดยการขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ในสภาวะที่เปียก กลุ่มที่ 4 กลุ่มเคลือบทับ ที่อุณหภูมิ 890 องศาเซลเซียส ในอากาศ กลุ่มที่ 5 กรอด้วยหัวกรอกากเพชร ขนาด 100 และ 40 ไมครอน ด้วยเครื่องกรอความเร็วสูง 120,000 รอบ/นาที โดยมีน้ำช่วยระบายความร้อน กลุ่มที่ 6-9 ขัดด้วยเครื่องกรอความเร็วช้า 7,000 รอบ/นาที ในสภาวะแห้ง กลุ่มที่ 6 ขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคนร่วมกับหัวขัดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมฝังกากเพชรไว้ภายใน กลุ่มที่ 7 ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลมร่วมกับหัวขัดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมฝังกากเพชรไว้ภายใน กลุ่มที่ 8 ขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคนร่วมกับครีมกากเพชรขัดพอร์ซเลน และกลุ่มที่ 9 ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลมร่วมกับครีมกากเพชรขัดพอร์ซเลน นำพอร์ซเลนในแต่ละกลุ่มไปวัดค่ากำลังดัดขวาง (MPa) ด้วยเครื่องทดสอบทั่วไปและเปรียบเทียบโดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบทิศทางเดียว (one way ANOVA ที่ $p \leq 0.05$) และการทดสอบทูกี (Tukey HSD Test)

ผลการศึกษา พอร์ซเลนที่ผ่านการทำให้พื้นผิวเรียบโดยการเคลือบทับหรือการขัดแต่ง มีค่ากำลังดัดขวางมากกว่าพอร์ซเลนที่ไม่ได้รับการขัดแต่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่การเคลือบผิวนั้นไม่สามารถเพิ่มกำลังดัดขวางของพอร์ซเลนได้

สรุป การปรับแต่งผิวเฟลด์สปาติกพอร์ซเลนมีอิทธิพลต่อการเพิ่มค่ากำลังดัดขวาง

(ว.ทันตฯ จุฬา 2544;24:101-10)

บทนำ

ปัจจุบันประชาชนเริ่มให้ความสนใจที่จะปรับปรุงบุคลิกภาพของตนเองมากขึ้น เพื่อให้ภาพที่ปรากฏต่อสายตาผู้อื่นนั้นแลดูสวยงาม ซึ่งความต้องการนี้เองได้ขยายมายังวงการทันตกรรมด้วย นั่นคือ การที่ผู้ป่วยมีความต้องการงานบูรณะที่มีความสวยงาม มีลักษณะใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติมากที่สุด จากเหตุผลข้างต้นจึงทำให้มีการพัฒนาวัสดุบูรณะให้มีสีและมีความสวยงามใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ ซึ่งพอร์ซเลนเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติดังกล่าว นอกจากความสวยงามที่เป็นเหตุผลหลักในการเลือกใช้แล้ว พอร์ซเลนยังเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อในช่องปาก มีการตอบสนองต่อการกระจายและหักเหของแสงใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ แต่พอร์ซเลนมีข้อเสียคือความเปราะ ดังนั้นจึงมีโอกาสเกิดการแตกหักได้ในบริเวณที่มีรอยตำหนิเกิดขึ้นภายในวัสดุ[1] นอกจากนี้ พอร์ซเลนยังสูญเสียความแข็งแรงไปได้เมื่อสัมผัสกับน้ำโดยเฉพาะน้ำลายในช่องปาก เนื่องจากเกิดปรากฏการณ์ความล้าจากการผุกร่อน[2] (corrosion fatique)

เฟลด์สปาติกพอร์ซเลน เป็นหนึ่งในพอร์ซเลนที่นิยมใช้กันมากในทางทันตกรรม โดยทั่วไปจะนิยมใช้ในการทำฟันปลอมบางส่วนติดแน่นชนิดครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลน (porcelain -fused-to-metal) โดยมีโลหะเป็นโครงด้านใน เฟลด์สปาติก-พอร์ซเลนประกอบด้วย ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) 64% อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) 18% โปแตสเซียมออกไซด์ (K_2O) และโซเดียมออกไซด์ (Na_2O) 8-10% ในอัตราที่แตกต่างกัน เพื่อควบคุมการขยายตัว ค่ากำลังดัดขวางของเฟลด์สปาติกพอร์ซเลนจะค่อนข้างต่ำ จึงจำเป็นต้องนำโลหะมาใช้เป็นโครงด้านในเพื่อเพิ่มความแข็งแรง[3]

เนื่องจากเฟลด์สปาติกพอร์ซเลนมีจุดด้อยคือมีความเปราะและความแข็งแรงดึง (tension) ที่ต่ำ จึงจำเป็นต้องเพิ่มความแข็งแรงให้กับเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน เพื่อให้สามารถใช้งานในสภาพช่องปากได้ การเพิ่มความแข็งแรงให้กับพอร์ซเลนทำได้หลายวิธี เช่นการทำให้เกิดความเค้นอัดตกค้างบนพื้นผิวโดยการแลกเปลี่ยนประจุ[4] (ion exchange) หรือการเลือกพอร์ซเลนกับโลหะให้มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนต่างกันเล็กน้อยในงานครอบฟันโลหะเคลือบพอร์ซเลน วิธีการเหล่านี้จะก่อให้เกิดความเค้นอัดตกค้างบนพื้นผิวของพอร์ซเลน ซึ่งจะหักล้างกับแรงจากภายนอกที่มากระทำให้วัสดุเกิดการแตกหักได้ จึงทำให้ชิ้นงานแข็งแรงขึ้น[1]

พื้นผิวของพอร์ซเลนจะมีรอยตำหนิ (flaws) ไม่ว่าจะเกิดขึ้นเนื่องจากลักษณะธรรมชาติของตัวพอร์ซเลนเองหรือเกิดขึ้นจากการกรอแก้ไข โดยปกติแล้วการบูรณะด้วยพอร์ซเลน จำเป็นต้องมีการกรอแก้ไข ทั้งในห้องปฏิบัติการและในคลินิก เช่นการแก้ไขด้านสบฟัน (occlusal surface) จุดสัมผัส (contact point) รูปร่างฟันที่ป่องมากเกินไป (over contour) ความขรุขระที่เกิดขึ้นจากการกรอแต่งพื้นผิวพอร์ซเลนจะต้องทำให้เรียบ มิฉะนั้นแล้วผิวที่ขรุขระจะทำให้ฟันคู่สบสึก[5] เหงือกที่สัมผัสกับผิวพอร์ซเลนที่ขรุขระจะมีการอักเสบตลอดเวลา เนื่องจากมีแผ่นคราบจุลินทรีย์เกาะมากกว่าบริเวณที่ผิวเรียบ[6,7] นอกจากนี้รอยตำหนิที่เกิดขึ้นอาจเป็นต้นกำเนิดของรอยร้าวที่ผิวของพอร์ซเลน[8] และรอยร้าวเหล่านี้จะแตกต่อไปเรื่อย ๆ (crack propagation) จนชิ้นงานนั้นแตกหักเสียหายในที่สุด จึงสมควรที่จะต้องมีการทำผิวพอร์ซเลนให้เรียบ ซึ่งสามารถทำได้โดยการเคลือบทับ (over-glazed) ด้วยแก้วที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ การเคลือบผิว (self-glazed) หรือทำการขัดแต่งด้วยหัวขัดชนิดต่าง ๆ ซึ่งทั้งสามวิธีสามารถกำจัดรอยแตกเล็ก ๆ บนผิว ซึ่งเป็นจุดกำเนิดของการแตกหักได้ด้วย[9-12] และพื้นผิวที่ขัดด้วยชุดขัดชนิดต่าง ๆ สามารถให้ความเรียบได้ใกล้เคียงกับการเคลือบผิว[13-15]

โดยทั่วไปวัสดุบูรณะประเภทพอร์ซเลนจะต้องมีการกรอแก้ไขหลังจากใส่ให้กับผู้ป่วยไปแล้ว ซึ่งเราไม่สามารถถอดออกมาเคลือบผิวใหม่ได้ ความขรุขระที่เกิดขึ้นจากการกรอแก้ไขจะต้องทำให้เรียบ เพื่อให้ได้พื้นผิวที่ผู้ป่วยยอมรับได้ ไม่ทำให้เกิดการสึกของฟันคู่สบหรือวัสดุบูรณะ มีเทคนิคมากมายในการที่จะทำให้พื้นผิวของพอร์ซเลนมีความเรียบกลับคืนมา

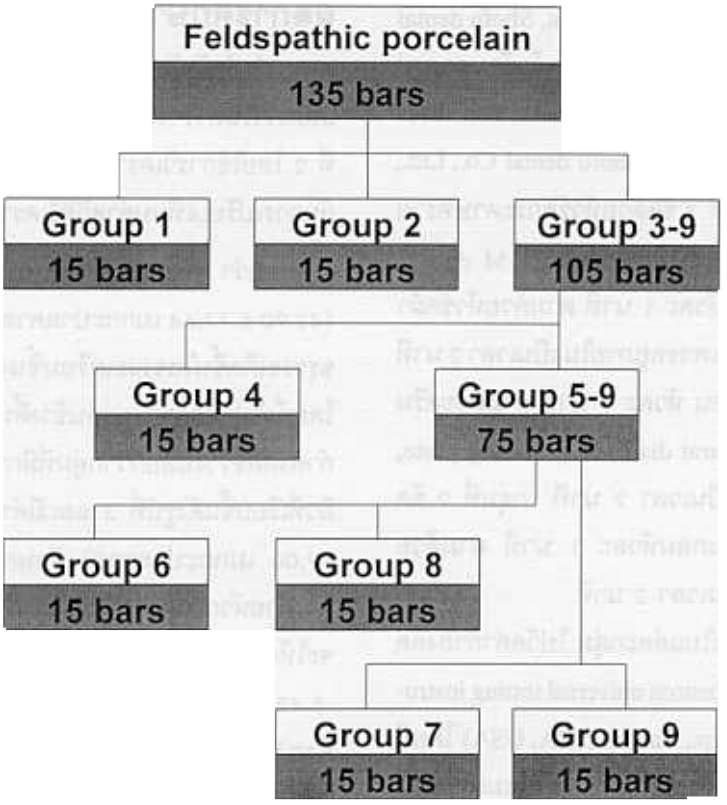
วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อทดสอบผลของการขัดแต่ง การเคลือบผิว การเคลือบทับที่มีต่อค่ากำลังดัดขวาง (flexural strength) ของเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน เนื่องจากข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันเกี่ยวกับอิทธิพลของการปรับแต่งผิวพอร์ซเลนนั้น ยังไม่เพียงพอ และเพื่อให้เป็นข้อมูลสำหรับทันตแพทย์ ในการเลือกใช้เทคนิคการปรับสภาพผิว และ/หรือ วิธีการขัดแต่งผิวพอร์ซเลนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัสดุและวิธีการ

เตรียมแท่งเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน (Vintage lamina porcelain, Shofu dental Co., Ltd. Japan) จำนวน 135 แท่ง ตาม ASTM Standard C1161-90 ขนาด 2.0x1.5x25 มิลลิเมตร โดยผสมผงพอร์ซเลนกับน้ำปราศจากอิออน (de-ionized water) โดยมีอัตราส่วนผงต่อน้ำ เท่ากับ 1.4 กรัมต่อน้ำ 0.2 มิลลิลิตร อัด

แน่นจนเต็มแม่แบบซิลิโคนที่มีขนาด 2.5x2.0x30 มิลลิเมตร เพื่อให้แท่งพอร์ซเลนก่อนเผามีขนาดใหญ่กว่าชิ้นงานที่ใช้ทดสอบ เพื่อชดเชยการหดตัวประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ของพอรซ์เลนภายหลังเผา

นำแท่งพอร์ซเลนที่อัดได้รูปร่างตามต้องการ เข้าเผาในเตาเผา (Unitek: Ultra-mat, CDF Co., USA) โดยแท่งพอร์ซเลนจะถูกปล่อยให้แห้งหน้าเตาเป็นเวลา 2 นาที แล้วนำเข้าเตาเผา โดยเพิ่มอุณหภูมิของเตาเผาจากอุณหภูมิห้อง จนถึง 650°ซ ในสภาวะอากาศ และเพิ่มอุณหภูมิเตาเผาขึ้นไปจนถึง 920°ซ ในภาวะสุญญากาศ โดยมีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 45°ซ ต่อนาที ตามคำแนะนำของบริษัท



รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงการทดลองของเฟลด์สปาติกพอร์ซเลนเมื่อได้รับการปรับสภาพผิวต่างวิธี; กลุ่มที่ 1, ควบคุม; กลุ่มที่ 2, เคลือบผิว; กลุ่มที่ 3, ขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์; กลุ่มที่ 4, เคลือบทับ; กลุ่มที่ 5, ขัดด้วยหัวกรอกากเพชรชนิดหยาบร่วมกับชนิดละเอียด; กลุ่มที่ 6, ขัดด้วยหัวยางซิลิโคนร่วมกับการขัดด้วยหัวผ้าสักหลาดฝังผงกากเพชร; กลุ่มที่ 7, ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายร่วมกับการขัดด้วยหัวผ้าสักหลาดฝังผงกากเพชร; กลุ่มที่ 8, ขัดด้วยหัวยางซิลิโคนร่วมกับครีมกากเพชร; กลุ่มที่ 9, ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลมร่วมกับครีมกากเพชร

Fig. 1 Diagram representation of overall experimental design for feldspathic porcelain having different surface treatments: Group 1, control; Group 2, self-glazed; Group 3, polished with SiC paper; Group 4, over-glazed; Group 5, ground with coarse/fine diamond burs; Group 6, polished with silicone rubber points followed by diamond paste; Group 7, polishing with sand paper discs followed by diamond paste; Group 8, polished with silicone rubber points followed by a felt disc impregnated with diamond particles; Group 9, polishing with sand paper discs followed by a felt disc impregnated with diamond particles

หลังจากนั้นนำชิ้นงานที่เผาแล้วมาแบ่งด้วยการสุ่ม เป็น 9 กลุ่ม กลุ่มละ 15 แท่ง โดยแต่ละกลุ่มจะได้รับการขัดแต่งพื้นผิวที่แตกต่างกัน ดังแผนภูมิรูปที่ 1 ดังนี้ กลุ่มที่ 1 เผาที่อุณหภูมิ 920°ซ โดยไม่ได้รับการปรับสภาพผิว เพื่อใช้เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 รับการเคลือบผิว ที่อุณหภูมิ 910°ซ ในสภาวะอากาศ และคงไว้ที่อุณหภูมินี้อีก 1 นาที ก่อนนำออกจากเตาเผา กลุ่มที่ 3-9 ได้รับการปรับสภาพผิวให้ได้มาตรฐาน โดยขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ ระดับความเรียบ 600 ในสภาวะเปียก ก่อนนำไปขัดแต่งขั้นต่อไป กลุ่มที่ 3 ขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ กลุ่มที่ 4 รับการเคลือบทับ ที่อุณหภูมิ 890°ซ ในอากาศ กลุ่ม

ที่ 5-9 กรอด้วยหัวกรอกากเพชรชนิดหยาบ (100 ไมโครเมตร) และชนิดละเอียด (40 ไมโครเมตร) ด้วยความเร็ว 120,000 รอบ /วินาที ชนิดละ 20 วินาที โดยมีน้ำช่วยระบายความร้อน ก่อนนำไปขัดแต่งขั้นต่อไป กลุ่มที่ 5 กรอด้วยหัวกรอกากเพชร ชนิดหยาบ และชนิดละเอียด การขัดด้วยหัวขัดในกลุ่มที่ 6-9 จะขัดด้วยเครื่องกรอความเร็วช้า ความเร็ว 7,000 รอบ/นาที ในสภาวะที่แห้ง กลุ่มที่ 6 ขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคน (Shofu porcelain adjustment kit; silicone rubber point, Shofu dental Co., Ltd., Japan) หัวละ 1 นาที ตามด้วยหัวขัดผ้าสักหลาดรูป แผ่นกลมที่ฝังผงกากเพชรอยู่ภายใน (Dia-finish; felt discs impregnated with diamond particles, Shofu dental Co., Ltd., Japan) เป็นเวลา 2 นาที กลุ่มที่ 7 ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทราย รูปแผ่นกลม (3M SofLex polishing discs, 3M dental product division, MN, USA) หัวละ 1 นาที ตามด้วยหัวขัดผ้า สักหลาดรูปแผ่นกลมที่ฝังผงกากเพชรอยู่ภายใน เป็นเวลา 2 นาที กลุ่มที่ 8 ขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคน หัวละ 1 นาที ตามด้วยครีม กากเพชรขัดพอร์ซเลน (Vita karat diamond polishing paste, Vita Zahnfabrik, Germany) เป็นเวลา 2 นาที กลุ่มที่ 9 ขัด ด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลมหัวละ 1 นาที ตามด้วย ครีมกากเพชรขัดพอร์ซเลน เป็นเวลา 2 นาที

จากนั้น นำแท่งพอร์ซเลนในแต่ละกลุ่ม ไปวัดค่ากำลังดัด ขวาง โดยเครื่องทดสอบทั่วไป (Instron universal testing instrument: model 5585, Instron Corp., Canton., MA, USA) โดยมี อัตราเร็วของหัวกด (crosshead speed) 0.2 มิลลิเมตร/นาที ระยะห่างของลูกกลมที่รองรับแท่งพอร์ซเลน 20 มิลลิเมตร หัวกด มีขนาด 5 กิโลนิวตัน กดไปยังจุดกึ่งกลางระหว่างตัวรับทั้งสอง โดยให้ด้านที่ได้รับการเตรียมพื้นผิวเป็นด้านที่ได้รับแรงดึง (tension side) ค่ากำลังดัดขวางสามารถคำนวณได้จากสมการ[16]

$$\text{Flexural strength} \quad M = \frac{3Wl}{2\,bd^2}$$

M คือ กำลังดัดขวาง (flexural strength) หน่วยเป็น N/mm^2 หรือ MPa

W คือ แรงที่ทำให้วัสดุแตกหัก หน่วยเป็นนิวตัน

คือ ความยาวของชิ้นงานเป็นระยะทางระหว่างจุดศูนย์-กลางของจุดรองรับทั้งสอง หน่วยเป็นมิลลิเมตร

b คือ ความกว้างของชิ้นงาน หน่วยเป็น มิลลิเมตร

d คือ ความหนาของชิ้นงาน หน่วยเป็น มิลลิเมตร

จากนั้นทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังดัดขวาง โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียว (one way ANOVA ที่ $P \leq 0.05$) และ การทดสอบทูกี (Tukey HSD test) นำตัวแทนพอร์ซเลนในแต่ละกลุ่มไปศึกษาสภาพผิว ด้วยกล้อง จุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 100 เท่า (JSM-6400, JEOL, Japan)

ผลการศึกษา

ค่ากำลังดัดขวางของเฟลด์สปาติกพอร์ซเลนในแต่ละกลุ่ม แสดงไว้ในตารางที่ 1 การวิเคราะห์ทางสถิติแสดงไว้ในตาราง ที่ 2 โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียว ร่วม กับการเปรียบเทียบค่าสถิติวิเคราะห์ทูกี โดยได้แสดงไว้ในตาราง ที่ 3 พบว่า พอร์ซเลนที่ผ่านการเผาโดยไม่ได้รับการปรับแต่งผิว (42.90 ± 17.64 เมกกะปาสคาล) ซึ่งพื้นผิวมีลักษณะของความ ขรุขระเกิดขึ้นในขณะเตรียมชิ้นงาน รอยตำหนิที่ผิวจะเกิดขึ้น โดยทั่วไป มีลักษณะค่อนข้างตื้นไม่เป็นแอ่งลึก (รูปที่ 2) มีค่า กำลังดัดขวางน้อยกว่ากลุ่มที่มีการเคลือบทับ (กลุ่มที่ 4) ซึ่งให้ ผิวที่เรียบขึ้นดังรูปที่ 3 และมีค่ากำลังดัดขวางสูงสุด (83.48 ± 19.00 เมกกะปาสคาล) ส่วนการกรอแต่งเฟลด์สปาติกพอร์ซ เลนด้วยหัวกรอกากเพชรชนิดหยาบและชนิดละเอียด (กลุ่มที่ 5) จะให้ค่ากำลังดัดขวางต่ำใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม คือ 48.32 ± 8.42 เมกกะปาสคาล และพื้นผิวมีความขรุขระมากที่สุดด้วย ดังรูปที่ 4 โดยพบร่องจำนวนมากตามพื้นผิวขนานกับทิศทาง การกรอ และค่ากำลังดัดขวางไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติกับกลุ่มเคลือบผิว (กลุ่มที่ 2) หรือ กลุ่มขัดด้วยกระดาษซิลิ กอนคาร์ไบด์ (กลุ่มที่ 3) หรือ กลุ่มที่ขัดด้วยหัวขัดซิลิโคน (กลุ่ม ที่ 6 และ 8) หรือกลุ่มที่ได้รับการขัดด้วยหัวขัดกระดาษทราย รูปแผ่นกลมร่วมกับครีมกากเพชรขัดพอร์ซเลน (กลุ่มที่ 9) ส่วนในกลุ่มของชุดขัดด้วยกัน (กลุ่มที่ 6-9) กลุ่มที่ได้รับการ ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลมร่วมกับหัวขัดผ้า สักหลาดรูปแผ่นกลมที่ฝังผงกากเพชรอยู่ภายใน (กลุ่มที่ 7) จะมีค่ากำลังดัดขวางสูงสุด (64.33 ± 7.24 เมกกะปาสคาล) และ ให้พื้นผิวที่มีความเรียบมากกว่าในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่กรอ ด้วยหัวกรอกากเพชรชนิดหยาบและชนิดละเอียด โดยความ เรียบที่ปรากฏจะมีลักษณะรอยขีดข่วนเป็นร่องไม่ลึก ดังแสดง ไว้ในรูปที่ 5

ตารางที่ 1 ค่ากำลังดัดขวางของแท่งเฟลด์สปาติกพอร์ซเลนที่ได้รับการปรับสภาพผิวต่างกัน

Table 1 Flexural Strengths of feldspathic porcelain bars having different surface treatments.

Group	Treatments	Flexural Strengths	
		Mean (MPa)	S.D.
1	ctr		
2	ctr + gla		
3	ctr + pol		
4	ctr + pol + ove		
5	ctr + pol + gro		
6	ctr + pol + gro + sho + dia		
7	ctr + pol + gro + sof + dia		
8	ctr + pol + gro + sho + vit		
9	ctr + pol + gro + sof + vit		

ctr = as-fired, gla = self-glazed, pol = polished with 600 grit SiC paper, ove = overglazed, gro = ground with a coarse and a fine diamond burs, sho = polished with silicone rubber points, dia = polished with a felt disc impregnated with diamond particles, sof = polished with polishing discs, vit = polished with diamond polishing paste

ตารางที่ 2 ค่าสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียวของเฟลด์สปาติกพอร์ซเลนที่ได้รับการปรับสภาพผิวต่างกัน

Table 2 One-way analysis of variance for feldspathic porcelain treated with different surface treatments.

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F ratio	F prob.
Between Group	8	15741.7689	1967.7211	13.6171	.0000
Within Group	126	18207.4384	144.5035		
Total	134	33949.2072			

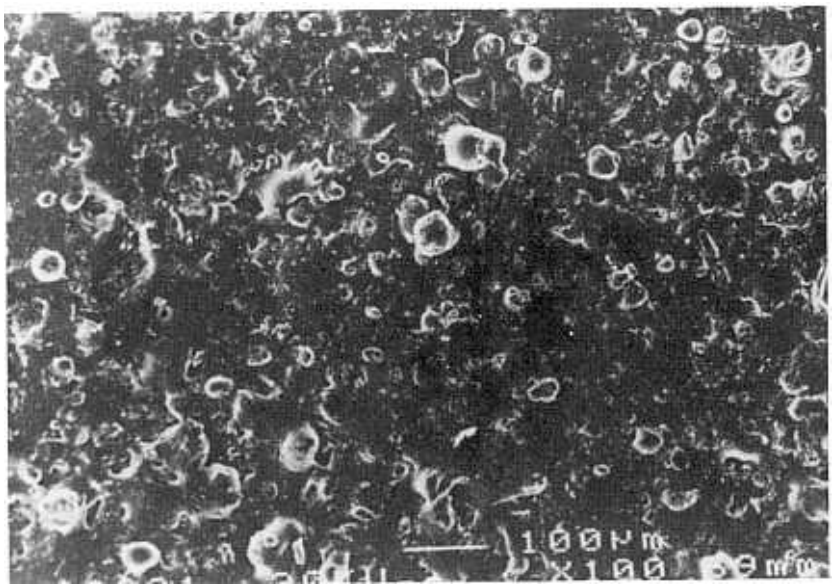
ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าสถิติวิเคราะห์ทูกีของเฟลด์สปาติกพอร์ซเลนภายใต้การปรับสภาพผิวต่างกัน

Table 3 The Tukey-HSD test for feldspathic porcelain treated with various surface treatments.

Mean	กลุ่ม	1	5	2	8	3	9	6	7	4
		NS								
		NS	NS							
		NS	NS	NS						
		*	NS	NS	NS					
		*	NS	NS	NS	NS				
			NS	NS	NS	NS	NS			
			*	NS	NS	NS	NS	NS		
			*	*	*	*	*	*		

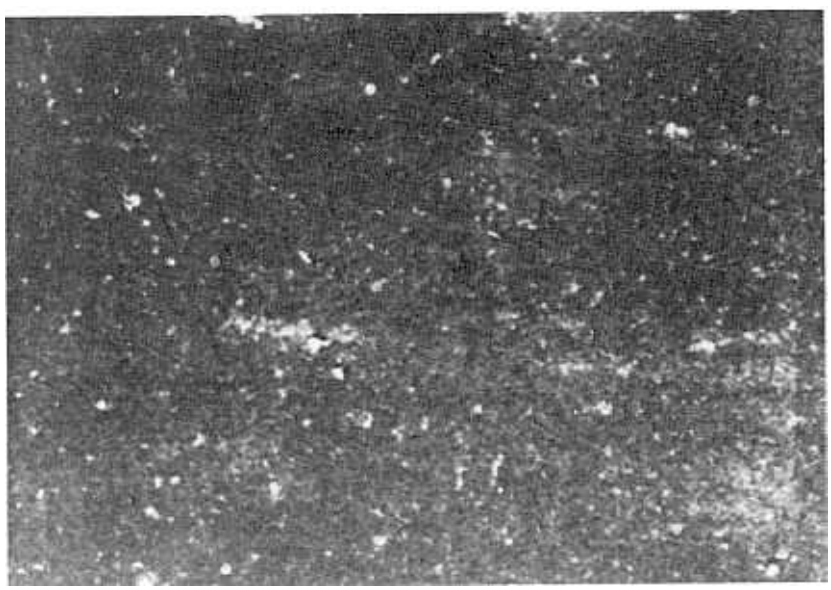
* = Significantly different at $p < 0.05$ using Tukey HSD test.

NS = No statistically significant difference.



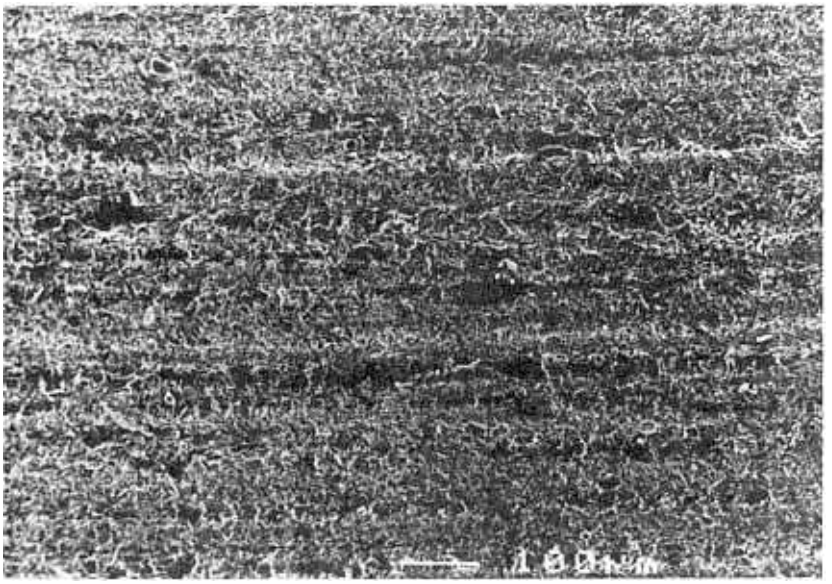
รูปที่ 2 แสดงพื้นผิวของเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 100 เท่า

Fig. 2 Scanning electron micrograph of feldspathic porcelain surface (group 1: control group) x100



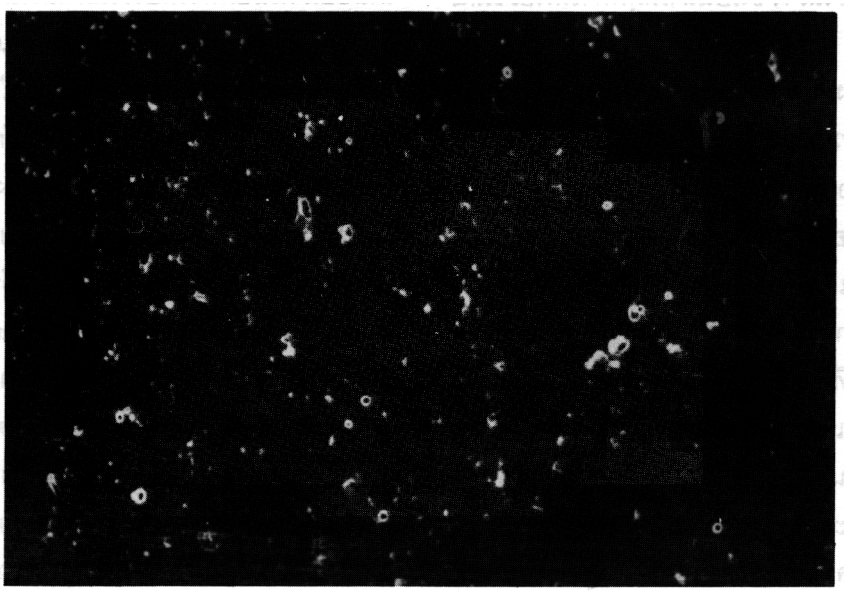
รูปที่ 3 แสดงพื้นผิวของเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน กลุ่มที่ 4 กลุ่มเคลือบทับ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 100 เท่า

Fig. 3 Scanning electron micrograph of feldspathic porcelain surface (group 4: overglazed) x100



รูปที่ 4 แสดงพื้นผิวของเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน กลุ่มที่ 5 กรอด้วยหัวกรอกากเพชร ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 100 เท่า

Fig. 4 Scanning electron micrograph of feldspathic porcelain surface (group 5: ground with diamond burs) x100



รูปที่ 5 แสดงพื้นผิวของเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน กลุ่มที่ 7 ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลมตามด้วยหัวขัดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมที่ฝังผงกากเพชรไว้ภายใน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 100 เท่า

Fig. 5 Scanning electron micrograph of feldspathic porcelain surface (group 7: polished with Soflex kit and Dia finish) x100

นอกจากนี้ จะเห็นว่า เฟลด์สปาติกพอร์ซเลนในกลุ่มที่ได้รับการขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ (กลุ่มที่ 3) กลุ่มที่ได้รับการเคลือบทับ (กลุ่มที่ 4) กลุ่มที่ได้รับการขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคนตามด้วยหัวผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมฝังผงกากเพชรอยู่ภายใน (กลุ่มที่ 6) กลุ่มที่ได้รับการขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคนตามด้วยหัวผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมฝังผงกากเพชรไว้ภายใน (กลุ่มที่ 7) และกลุ่มที่ได้รับการขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลมร่วมกับครีมกากเพชรขัดพอร์ซเลน (กลุ่มที่ 9) จะมีค่ากำลังดัดขวางแตกต่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ส่วนกลุ่มที่ได้รับการเคลือบผิว (กลุ่มที่ 2) ไม่สามารถเพิ่มกำลังดัดขวางให้พอร์ซเลนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับ กลุ่มที่กรอด้วยหัวกรอกากเพชรชนิดหยาบและชนิดละเอียด (กลุ่มที่ 5) และกลุ่มที่ได้รับการขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคนตามด้วยครีมกากเพชรขัดพอร์ซเลน (กลุ่มที่ 8)

วิจารณ์

พอร์ซเลนโดยธรรมชาติจะเปราะ มีค่ากำลังแรงดึงที่ต่ำและมีรอยตำหนิอยู่ในโครงสร้าง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้พอร์ซเลนแตกหักภายใต้แรงเค้น[14] ในทางทันตกรรม โดยปกติแล้วการบูรณะด้วยพอร์ซเลนต้องมีการกรอแก้ไข จากการศึกษานี้การกรอแต่งพอร์ซเลนด้วยหัวกรอกากเพชรจะทำให้เกิดผิวที่ขรุขระ จากการสัมผัสของหัวกรอกับพื้นผิวของพอร์ซเลน ซึ่งรอยตำหนิที่เกิดขึ้น จะเป็นจุดรวมของแรงเค้น (stress concentration) และเป็นจุดเริ่มต้นของการแตกหักของพื้นผิว[1] ดังนั้นการทำผิวพอร์ซเลนให้เรียบ นอกจากจะเป็นการกำจัดความขรุขระแล้ว ยังเป็นการกำจัดรอยตำหนิที่อาจเป็นจุดเริ่มต้นของการแตกหัก มีผลทำให้ค่ากำลังดัดขวางเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย

การทำผิวพอร์ซเลนให้เรียบมีได้หลายวิธี การขัดด้วยชุดหัวยางซิลิโคน ชุดขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลม แล้วตามด้วยครีมกากเพชรขัดพอร์ซเลน หรือหัวผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมที่ฝังผงกากเพชรไว้ภายใน (กลุ่มที่ 6-9) ผลจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การขัดแต่งผิวสามารถเพิ่มกำลังดัดขวางของเฟลด์สปาติกพอร์ซเลนได้ นอกเหนือจากการทำผิวให้เรียบ เนื่องจากการขัดแต่งผิวที่ถูกวิธี จะทำให้เกิดแรงอัดตกค้างขึ้นภายในพื้นผิวของวัสดุ แรงอัดที่เกิดขึ้นจะมีผลกระทบต่อรอยตำหนิที่เกิดขึ้นตั้งฉากและขนานกับพื้นผิว บริเวณที่เกิดแรงอัดภายใต้แต่ละอนภาคของผงขัดจะซ้อนทับกันทำให้เกิดชั้นของแรงอัดขึ้น ซึ่งชั้นของแรงอัดที่เกิดขึ้นนี้จะช่วยปิดรอยร้าวที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวได้ ทำให้ต้องใช้แรงที่มากขึ้นในการทำให้รอยร้าวเจริญต่อไป[17] (development of residual compressive stresses) แต่การขัดแต่งที่ไม่พอเพียง (กลุ่มที่ 8) ไม่สามารถเพิ่มกำลังดัดขวางให้เฟลด์สปาติกพอร์ซเลนได้ จะเห็นได้ว่าการขัดแต่งขั้นสุดท้ายเป็นสิ่งที่สำคัญและไม่ควรมองข้าม เพราะถ้าขัดแต่งได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนแล้วจะเกิดผลดีต่อพอร์ซเลนมาก ซึ่งนอกจากความเรียบที่ได้แล้ว ยังสามารถทำให้พอร์ซเลนมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย

นอกจากการขัดแต่งแล้ว การเคลือบสามารถทำให้พื้นผิวเรียบขึ้นได้ด้วย การเคลือบมีสองวิธี คือ การเคลือบผิวและการเคลือบทับ จากการศึกษานี้พบว่าการเคลือบทับสามารถเพิ่มกำลังความแข็งแรงให้กับเฟลด์สปาติกพอร์ซเลนได้ดีที่สุด (กลุ่มที่ 4 83.48 ± 19.00 เมกกะปาสคาล) เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนของเฟลด์สปาร์ ที่อยู่ในเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน มีค่าประมาณ $13-14 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ ซึ่งแตกต่างจากแก้วที่นำมาเคลือบทับ ($12 \times 10^{-6}/^{\circ}C$) เพียงเล็กน้อย เมื่อเย็นลงพอร์ซเลนที่อยู่ข้างใต้จะหดตัวมากกว่าพอร์ซเลนที่เคลือบด้านนอกทำให้บริเวณพื้นผิวเคลือบอยู่ในสภาวะที่เป็นแรงอัด (compressive state) ชั้นของแรงอัดนี้เป็นตัวยับยั้งการเจริญของรอยร้าวที่เกิดขึ้นบนผิวผ่านไปยังส่วนเนื้อพอร์ซเลน เนื่องจากการแตกหักของพอร์ซเลนมักปรากฏอยู่ที่ด้านแรงดึง (tension side) เพราะฉะนั้นผิวเคลือบซึ่งเป็นด้านแรงอัดจึงทนต่อการแตกหักได้ดี[9] และนอกจากนี้ฟิล์มบาง ๆ ของน้ำยาเคลือบจะลดความลึกและความกว้างของรอยตำหนิลงได้ ผิวเคลือบจึงเป็นเหมือนวัสดุปิดหลุมร่องฟัน (sealant) ป้องกันการเจริญของรอยร้าว[19] จึงเป็นสาเหตุให้เฟลด์สปาติกพอร์ซเลนที่ได้รับการเคลือบทับมีค่ากำลังดัดขวางสูงขึ้น แตกต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ การเคลือบทับจึงเป็นวิธีที่สามารถเพิ่มกำลังดัดขวางให้กับพอร์ซเลนได้วิธีหนึ่งที่ง่ายและไม่ซับซ้อน ส่วนการเคลือบผิวในกลุ่มที่ 2 ค่ากำลังดัดขวางไม่เพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเคลือบผิวเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน ($910^{\circ}C$) ไม่สามารถเหนี่ยวนำให้เฟลด์สปาติกพอร์ซเลนเกิดแรงอัดตกค้างอยู่ภายในพื้นผิวเหมือนที่เกิดขึ้นจากการขัด และเป็นการเคลือบโดยปราศจากน้ำยาเคลือบด้วย

จะเห็นได้ว่าความสมบูรณ์ของพื้นผิวพอร์ซเลน มีบทบาทสำคัญต่ออายุการใช้งานของวัสดุบูรณะ อายุการใช้งานของวัสดุอาจลดลงได้ถ้าพื้นผิวยังคงมีรอยตำหนิอยู่มาก แม้ว่า

พอร์ซเลนนั้นมีความแข็งแรงสูงแต่ถ้ามีรอยตำหนิที่พื้นผิว การใช้งานจะด้อยกว่าพอร์ซเลนที่มีความแข็งแรงต่ำ แต่พื้นผิวไม่มีรอยตำหนิ[20] ดังนั้นการขัดแต่งควรทำการขัดจนไม่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวเกิดขึ้น นอกจากนี้การขัดแต่งที่ดีจะลดการเกาะของแผ่นคราบจุลินทรีย์[6,7] ทำให้ฟันคู่สบสึกน้อยลง[5] และยังสามารถเพิ่มความแข็งแรง ให้กับชิ้นงานพอร์ซเลนได้

ในการขัดควรทำการขัดตามลำดับจากหัวหยาบที่สุดไปหาหัวละเอียดที่สุด เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการทำงานที่ดี จากการศึกษานี้แนะนำว่าควรขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลมตามด้วยหัวขัดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมที่ฝังผงกากเพชรไว้ภายใน เนื่องจากสามารถเพิ่มกำลังดัดขวางได้ในเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การขัดแต่งจึงควรมีการพัฒนาต่อไป เนื่องจากขั้นตอนการขัดแต่งหลังจากการกรอแก้ไข เป็นขบวนการที่สำคัญและจำเป็นที่ทันตแพทย์ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้

สรุป

การปรับสภาพผิวเฟลด์สปาติกพอร์ซเลนโดยการเคลือบทับ สามารถเพิ่มกำลังดัดขวางได้มากที่สุด และการขัดแต่งผิวพอร์ซเลนให้เรียบ โดยการขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลมตามด้วยหัวขัดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมฝังผงกากเพชรไว้ภายในสามารถเพิ่มกำลังดัดขวางได้เช่นกัน แต่การเคลือบผิวนั้น แตกต่างจากการเคลือบทับ คือ ไม่สามารถเพิ่มกำลังดัดขวางให้กับพอร์ซเลน และผลจากการศึกษานี้ ไม่แนะนำให้ใช้หัวขัดซิลิโคนหรือครีมกากเพชรในการขัดแต่งผิวเฟลด์สปาติกพอร์ซเลน

เอกสารอ้างอิง

1. Anusavice KJ. Phillips' science of dental material. 10th ed. Philadelphia: W.B.Saunders, 1996;583-618.
2. Fairhurst CW, Lockwood PE, Ringle RD, Twidds SW. Dynamic fatique of feldspathic porcelain. Dent Mater 1993;9:269-73.
3. McLean JW. High strength ceramics. Quintessence Int 1987;18:97-106.
4. Southan DE. Effect of surface injury on chemically strengthened dental porcelain. Quintessence Int 1987;18:575-80.
5. Monasky GE, Taylor DF. Studies on the wear of porcelain, enamel and gold J Prosthet Dent 1971;25:299-306.
6. Clayton JA, Freen E. Roughness of pontic materials and accumulate plaque. J Prosthet Dent 1970;23:407-11.
7. Podshadley AG, Harrison JD. Rat connective tissue response on pontic materials. J Prosthet Dent 1966;16:110-8.
8. Sherril CA, O'Brien WJ. Transverse strength of aluminous and feldspathic porcelain. J Dent Res 1974;53:683-90.
9. Fairhurst CW, Lockwood PE, Ringle RD, Thompson WO. The effect of glaze on porcelain strength. Dent Mater 1992;8:203-7.
10. Giordano RA, Campbell S, Pober R. Flexural strength of feldspathic porcelain treated with ion exchange, overglaze, and polishing. J Prosthet Dent 1994;71:468-72.
11. Rosenstiel SF, Baiker MA, Johnston WM. A comparison of glazed and polished dental porcelain. Int J Prosthodont 1989;2:524-9.
12. McLean JW. Science and Art of Dental Ceramics, Vol 1 The nature of dental ceramics and their clinical use. Berlin: Quintessence 1979:39-49.
13. McLean JW, Hughes TM. The reinforcement of dental porcelain. Brit Dent J 1965;119:251-67.
14. Askeland DR. The science and engineering of materials. 3rd ed. Boston: PWS-Kent publishing 1985:417-66.
15. Jacobi R, Shillingburg HT, Duncanson MG. A comparison of the abrasiveness of six ceramic surfaces and gold. J Prosthet Dent 1991; 66:303-9.
16. Annual Book of ASTM Standards. Section 15: General Products, chemical specialties, and end use product. ASTM C 1161-90. America, 1996.
17. Giordano RA, Cima M, Pober R. Effect of surface finish on the flexural strength of feldspathic and aluminous dental ceramics. Int J Prosthodont 1995;8:311-9.
18. Brackett SE, Leary JM, Turner KA, Jordan RD. An evaluation of porcelain strength and the effect of surface treatment. J Prosthet Dent 1989;61:446-51.
19. Williamson RT, Kovarik RE, Mitchell RJ. Effects of grinding, polishing, and overglazing on the flexural strength of a high-leucite feldspathic porcelain. Int J Prosthodont 1996;9:30-7.
20. McLean JW. The science and arts of dental ceramics. Operative Dentistry 1991;16:149-56.

Effect of surface finish on flexural strength of feldspathic porcelain

Warangkana Butdee D.D.S., M.Sc. (Prosthodontics)[1]
Kanchana Kanchanatawewat B.Sc., D.D.S., M.S., D.Sc.[2]

[1]Department of Prosthodontics Faculty of Dentistry Khon Kaen University
[2]Department of Prosthodontics Faculty of Dentistry Chulalongkorn University

Abstract

Objective The aim of this study was to evaluate the effect of surface finish on the flexural strength of feldspathic porcelain.

Materials and methods 135 feldspathic porcelain bars were randomly divided into 9 groups, 15 bars per group. The groups consisted of 1) as-fired at 920°C under vacuum; 2) self-glazed at 910°C in air; Group 3-9 were first polished with SiC paper under a wet condition; 3) polished with SiC paper; 4) overglazed at 890°C in air; 5) ground with a coarse and a fine diamond burs under a speed of 120,000 rpm in a wet condition; Group 6-9 were polished in a dry condition under a speed of 7,000 rpm; 6) polished with silicone rubber points and a felt disc impregnated with diamond paste; 7) polished with discs and a felt disc impregnated with diamond paste; 8) polished with silicon rubber points and diamond paste and 9) polished with discs and diamond polishing paste. Bars were subjected to a three-point-bend testing according to ASTM C 1161-90. One way ANOVA and Tukey HSD test were performed on the data at $p < 0.05$.

Results The results indicate that surface finish of either a polishing or an overglazing significantly increase the flexural strength of all tested porcelain bars.

Conclusion Surface finish does have a positive effect on the flexural strength of feldspathic porcelain bars.

(CU Dent J 2001;24:101-10)

Key words: flexural strength; surface finish; porcelain