ว ทันต จุฬาฯ 2001:24:65-73

วัสดุบูรณะแบบเซรามิคทั้งซี่

เฉลิมพล ลี้ไวโรจน์ ท.บ. (เกียรตินิยม), Cert. in Operative Dentistry, Cert. in Dental Materials, M.S.D., American Board in Operative Dentistry

ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ปัจจุบันพอร์ซเลนหรือเซรามิคได้ถูกพัฒนาให้มีความแข็งแรงพอที่จะนำมาใช้ในงานบูรณะฟันแบบเซรามิคทั้งซี่ อีกทั้งยังมีความสวยงามสูง สามารถเลียนแบบความเป็นธรรมชาติของฟันมนุษย์ได้ บทความนี้ได้บรรยายถึงวิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการพัฒนาพอร์ซเลนให้มีความแข็งแรงสูงพอที่จะรองรับแรงต่างๆ ในช่องปาก และสรุปข้อบ่งใช้ของเซรามิคแต่ละระบบให้เหมาะสมกับงานทางทันตกรรมรวมทั้งการเลือกใช้ซีเมนต์ยึดครอบฟันเซรามิค เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการปฏิบัติงานของทันตแพทย์

(ว.ทันต จุฬาฯ 2544;24:65-73)

บทนำ

ครอบฟันโลหะ-เซรามิค (Metal-ceramic) ได้ถูกแนะนำในวิชาชีพและใช้กันอย่างกว้างขวางมาเป็นเวลามากกว่า 40 ปี ครอบฟันโลหะเซรามิคนี้ใช้โครงโลหะฉาบด้วยวัสดุเซรามิคสีเหมือนฟันในบริเวณที่ต้องการให้มีสีเหมือนฟันธรรมชาติ โครงโลหะมีความแข็งแรงรับแรงที่เกิดในช่องปากได้ดีไม่แตกหัก ในขณะที่เซรามิคให้ความสวยงาม แข็งแต่เปราะจึงอาจแตกหักได้เมื่อรับแรงมากๆ การผสมผสานของวัสดุทั้งสองชนิด ภายใต้กระบวนการผลิตในห้องปฏิบัติการทำให้วัสดุเซรามิคที่เป็นส่วนประกอบของครอบฟันโลหะเซรามิคนี้แข็งแรงและแตกหักได้ยากขึ้น[1]

ถึงแม้ว่าฟันครอบโลหะเซรามิคมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ฟันครอบโลหะเซรามิคนี้ก็ยังไม่สามารถเลียนแบบฟันธรรมชาติได้ครบถ้วนทุกประการ ในฟันธรรมชาตินั้นเมื่อแสงตกกระทบบนตัวฟันแสงบางส่วนจะสะท้อนผิวฟันธรรมชาติและบางส่วนจะทะลุผ่านตัวฟันไป ทำให้ฟันธรรมชาติดูมีความสวยงามมีมิติ แต่เมื่อแสงตกกระทบฟันครอบโลหะเซรามิคแสงจะสะท้อนและทะลุผ่านเซรามิค แต่ไม่สามารถทะลุผ่านตัวครอบโลหะไปได้ ทำให้ในบางครั้งฟันครอบชนิดนี้ดูทึบแสงและขาดความเป็นธรรมชาติ

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีความพยายามสร้างฟันครอบทั้งซี่สีเหมือนฟันแบบไม่มีโครงโลหะเรียกว่าฟันเซรามิคทั้งซี่ (All-ceramic) แต่ในระยะแรกๆ ฟันครอบทั้งซี่แบบเซรามิคนี้ยังเปราะไม่แข็งแรงพอ[2] เมื่อรับแรงบดเคี้ยวในช่องปากก็แตกหักได้ง่าย อีกทั้งอายุการใช้งานต่ำจึงไม่เป็นที่นิยมในระยะแรกที่มีการแนะนำในวิชาชีพทันตแพทย์

ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมานี้เซรามิคได้ถูกพัฒนามากขึ้น นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามพัฒนาวัสดุเซรามิคทั้งในด้านองค์ประกอบและวิธีการผลิตชิ้นงานแบบใหม่ ๆ[3] ทำให้ได้เซรามิคที่มีความแข็งแรง และสวยงามสามารถรับแรงบดเคี้ยวได้มากขึ้นและมีอายุการใช้งานนานขึ้น ฟันครอบเซรามิคทั้งซี่จึงกลับมาเป็นที่นิยม อีกทั้งปัจจุบันคนไข้ที่ต้องการบูรณะฟันด้วยวัสดุที่สามารถเลียนแบบความเป็นธรรมชาติของฟันมนุษย์ โดยการรักษาที่ทันตแพทย์เลือกใช้ต้องเป็นวิธีการที่สามารถอนุรักษ์เนื้อฟันที่เหลืออยู่ให้มากที่สุด (Conservative treatment) ดังนั้นเซรามิคจึงถูกใช้ในการบูรณะฟันชนิดออนเลย์ (Onlay) อินเลย์ (Inlay) และฉาบฟันวีเนียร์ (Veneer) วัสดุเซรามิคปัจจุบันมีความคงทน แข็งแรง ไม่แตกหักง่าย มีอายุการใช้งานนาน และสามารถเลียนแบบฟันธรรมชาติได้สูง ระบบการบูรณะฟันด้วยเซรามิคที่ถูกแนะนำในท้องตลาด เช่น Dicor, IPS-Empress, Optec, In-Ceram, IPS-Empress II, Dicor MGC, In-Ceram Spinell, In-Ceram Zirconia และ Procera ระบบต่าง ๆ นี้อาจสร้างความสับสนต่อทันตแพทย์ในการเลือกใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลือกใช้ให้ถูกต้องกับงานทันตกรรมในคนไข้ เพราะระบบต่าง ๆ นี้มีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันไป

บทความนี้ประสงค์ให้ผู้อ่านได้เข้าใจว่าเซรามิคทางทันตกรรมคืออะไร เซรามิคแต่ละระบบในท้องตลาดแตกต่างกันทางจุลภาค กายภาค และกลภาคอย่างไร อธิบายถึงวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของเซรามิค รวมทั้งข้อดี ข้อด้อย ข้อแนะนำให้เลือกใช้ในงานทันตกรรม ตลอดจนการเลือกใช้ซีเมนต์ที่เหมาะสมยึดเซรามิค

ทบทวนวรรณกรรม

โมเลกุลของเซรามิคประกอบด้วยอะตอมของธาตุที่เป็นโลหะและอโลหะมารวมตัวกัน สำหรับเซรามิคทางทันตกรรม ส่วนของธาตุโลหะได้แก่ อลูมินัม (Aluminum), แคลเซียม (Calcium), ลิเทียม (Lithium), แมกนีเซียม (Magnesium), โปแทสเซียม (Potassium), โซเดียม (Sodium), ดีบุก (Tin), ไทเทเนียม (Titanium) และเซอร์โคเนียม (Zirconium) ส่วนของอโลหะได้แก่ ซิลิคอน (Silicon), โบรอน (Boron), ฟลูออรีน (Fluorine) และออกซิเจน (Oxygen) เซรามิคทางทันตกรรมบางครั้งถูกเรียกอีกชื่อว่าพอร์ซเลนทางทันตกรรม (Dental Porcelain) ซึ่งทั้งสองชื่อนี้ใช้ทดแทนกันได้

พอร์ซเลนทางทันตกรรม เป็นพอร์ซเลนประเภทเฟลด์สปาร์ติค พอร์ซเลน (Feldspartic Porcelain) ซึ่งประกอบด้วยโครงตาข่ายของซิลิก้า (Silica network, SiO_2) และโปแทช เฟลด์สปาร์ (Potash feldspar, $K_2O.Al_2O_3.6\ SiO_2$) หรือโซดา เฟลด์สปาร์ (Soda feldspar $Na_2O.Al_2O_3.6\ SiO_2$) หรือทั้ง 2 อย่าง นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมของเม็ดสี สารที่ทำให้เกิดความทึบแสง (Opacifier) และแก้วซึ่งใส่เข้าไปเพื่อควบคุมอุณหภูมิของการเผาของพอร์ซเลน

พอร์ซเลนหรือเซรามิคทางทันตกรรมนั้นเป็นวัสดุที่แข็งแรงแต่เปราะ มีความสามารถทนต่อแรงกด (Compression) ได้สูง แต่ทนต่อแรงดึง (Tension) ได้ต่ำ ดังนั้นเมื่อมีแรงดึงเกิดขึ้นในตัวเซรามิค เซรามิคจะแตกได้ บนพื้นผิวของเซรามิคมีรูเล็ก ๆ มากมาย ซึ่งรูเล็ก ๆ นี้บางครั้งเป็นจุดอ่อนของวัสดุ ทำให้วัสดุแตกหรือถูกทำลายด้วยแรงที่น้อยกว่าแรงสูงสุดที่วัสดุจะทนทานได้จริง[1-4] ทั้งนี้เมื่อมีแรงดึงกระทำบริเวณรอยแยกหรือรูเล็ก ๆ นี้ แรงจะส่งผ่านลงไปจนถึงปลายของรอยแยก ที่ปลายของรอยแยกจะเกิดแรงสะสมที่สูง ทำให้รอยแยกเพิ่มยาวขึ้น เรื่อย ๆ จนในที่สุดพอร์ซเลนเกิดการร้าวและแตกหัก

วิธีการต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของเซรามิคทางทันตกรรม

1. นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามศึกษาหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อทำให้วัสดุเซรามิคมีความทนทานและแข็งแรงขึ้นเพื่อใช้รับแรงบดเคี้ยวได้ในช่องปาก วิธีการแรกคือการพยายามสร้างให้วัสดุเกิดแรงกดแฝง (residual compressive stress) อยู่ในตัวเซรามิค เมื่อเซรามิคมีแรงกดแฝงในตัว วัสดุจะทนต่อแรงดึงได้มากขึ้น เซรามิคจึงแข็งแรงทนต่อการแตกได้มากขึ้น เช่น เซรามิค ก มีแรงกดแฝง 40 MPa เซรามิค ข มีแรงกดแฝง 20 MPa เมื่อมีแรงดึงขนาดสูงมากระทำต่อวัสดุทั้งสองนั้น เซรามิค ข จะแตกก่อนเซรามิค ก วิธีการนี้ถูกนำมาใช้ในครอบฟันโลหะเซรามิค คือ ในห้องปฏิบัติการ เมื่อครอบฟันผ่านการเผาภายใต้อุณหภูมิสูง แล้วปล่อยให้เย็นตัวลงมาในอุณหภูมิห้องนั้น โลหะจะหดตัวได้มากกว่าเซรามิค ทำให้เกิดแรงกดแฝงขึ้นบนเนื้อเซรามิค ดังนั้นเซรามิคจะทนต่อแรงดึงที่มากระทำได้สูงขึ้น แต่ในฟันครอบเซรามิคทั้งซี่ไม่ได้ใช้หลักการนี้ในการพัฒนาความแข็งแรงของเซรามิค จึงขอไม่กล่าวถึงรายละเอียดย่อยในหลักการนี้

2. อีกวิธีการหนึ่งในการเพิ่มความแข็งแรงของวัสดุเซรามิค คือ การผลิตเซรามิคให้มีจำนวนรูพรุนและรอยแยกเล็ก ๆ ในเนื้อเซรามิคน้อยลง หรือลดขนาดของรูพรุนและรอยแยก ซึ่งทำให้

เซรามิคมีจุดอ่อนแอน้อยลง ได้แก่ การผลิตแท่งเซรามิคสำเร็จรูป เช่น แท่งเซรามิคสำเร็จรูปที่นำมาใช้ในการผลิตฟันครอบด้วยการใช้ความร้อนสูง เผาแท่งเซรามิคจนหลอมแล้วกดแท่งเซรามิคลงบนแบบหล่อรูปฟันซึ่งเรียกว่า ฮีท-เพรสเทคนิค (Heat-press technique) ได้แก่ระบบไอพีเอส เอมเพรสวันและทู (IPS-Empress I & II) แท่งเซรามิคสำเร็จรูปอื่น ๆ เช่น ไดคอร์ เอ็มจีซี (Dicor MGC), วิต้า มาร์ค ทู (Vita Mark II), อินซีแรม (In-Ceram), โพรเซรา (Procera) ถูกนำมาใช้ในการผลิตครอบฟันด้วยการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมเครื่องกลตัดแต่ง ซึ่งจะตัดแต่งแท่งเซรามิคสำเร็จรูปรูพรุนน้อยนี้ จนเป็นรูปร่างฟันครอบตามต้องการ[6] เครื่องกลที่มีคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานนี้เรียกว่าเครื่องแคดแคม (CAD-CAM, Computer-Aided Design Computer-Aided Manufacturing)[7,8] ได้แก่ เครื่องรุ่นซีเร็ควันและทู (CEREC I & II) แท่งเซรามิคสำเร็จรูปนี้จะมีรูพรุนหรือรอยแยกในตัวเซรามิคน้อยกว่าเซรามิคที่ก่อขึ้นด้วยมือ อีกทั้งเซรามิคต่าง ๆ นี้จะผ่านการผลิตพิเศษ สร้างให้เกิดผลึกที่แข็งแรงขึ้นในเนื้อเซรามิคซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป ดังนั้นฟันครอบที่สร้างด้วยแท่งเซรามิคสำเร็จรูปนี้ จึงมีมาตราฐานความแข็งแรงที่สูงกว่าที่สร้างขึ้นด้วยมือ อย่างไรก็ตามฟันครอบที่ผลิตโดยวิธีนี้จะมีราคาต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าวิธีอื่น ๆ เพราะเครื่องกลที่ควบคุมโดยคอมพิวเตอร์มีราคาสูง

ความแนบของฟันครอบที่สร้างขึ้นจากเครื่องซีเร็ค ทูนั้นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ต่างจากฟันครอบที่สร้างขึ้นจากเครื่องซีเร็ควัน ซึ่งเป็นเครื่องรุ่นแรก[9] ฟันครอบในระบบซีเร็คนี้สามารถสร้างให้เสร็จได้ภายในครั้งเดียวที่คนไข้เข้ามารักษาฟัน สะดวกและรวดเร็ว โดยทันตแพทย์สามารถใช้เครื่องมือสแกน (Scan) ตรวจและบันทึกรูปร่างฟันที่เตรียมไว้ เข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วเครื่องคอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลไปให้เครื่องกลกรอแต่ง ซึ่งจะทำการกรอตัดแต่งแท่งเซรามิคสำเร็จรูปนี้จนได้ครอบฟันตามต้องการในเวลาอันรวดเร็ว ปัจจุบันเครื่องซีเร็ควันรุ่นเก่านั้นไม่เป็นที่นิยมใช้ในวิชาชีพแล้ว เพราะความแนบของครอบฟันที่ได้ไม่ดี อีกทั้งเครื่องรุ่นเก่านี้ไม่ได้ตัดแต่งรูปร่างด้านบดเคี้ยวของครอบฟันทำให้หลังจากการยึดครอบฟันแล้ว ทันตแพทย์ต้องเสียเวลาตัดแต่งครอบฟันส่วนเกินและตกแต่งให้ได้รูปร่างธรรมชาติเป็นเวลานาน เครื่องซีเร็คทูนี้ สามารถใช้สร้างชิ้นงาน อินเลย์ ออนเลย์ วีเนียร์ และฟันครอบซี่เดียวได้

3. วิธีการที่ใช้ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเซรามิคอีกวิธีการคือการพยายามสร้างผลึกขึ้นในเนื้อเซรามิค ซึ่งจะขัดขวางการขยายตัวของรอยแยกและรอยร้าวเล็ก ๆ กล่าวคือ เมื่อรอยแยกขยายใหญ่ขึ้น จนมาชนผลึก ผลึกนี้จะดูดซับแรง ทำให้รอยแยกหยุดอยู่ที่ผลึกนั้น ไม่พัฒนาต่อไป นอกเสียจากแรงที่มากระทำมีขนาดมากกว่าความแข็งแรงของผลึก ทำให้ผลึกถูกทำลายและรอยแยกพัฒนาจนเซรามิคร้าวและแตกได้

ในปี พ.ศ. 2508 McLean และ Hughes ได้ใช้แนวคิดนี้พัฒนา อลูมินา รีเอ็นฟอซ พอร์ซเลน (Alumina reinforced porcelain) เขาพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของอลูมินา (Al_2O_3) ในพอร์ซเลน ผลึกอลูมินา ซึ่งแข็งแรงจะทำหน้าที่ขัดขวางการพัฒนาของรอยแยกได้[10] แต่เนื่องจากผลึกอมูมินาที่ใส่เพิ่มนี้มีผลทำให้พอร์ซเลนดูขุ่นทึบแสงมากขึ้น ไม่ใสสวยงามเหมือนฟันธรรมชาติ จึงมีข้อจำกัดในการใช้เป็นเพียงโครง (core) ด้านในบาง ๆ ประมาณ 0.5 มิลลิเมตร และต้องทำการฉาบเพิ่มด้วยเฟลด์สปาติก พอร์ซเลน ซึ่งสีเหมือนฟันธรรมชาติ จนได้รูปร่างฟันตามต้องการ ฟันครอบสีเหมือนฟันทั้งซี่เรียกว่า พอร์ซเลนแจ็คเก็ตคราวน์ (Porcelain Jacket Crowns) หรือ พีเจซี (PJC) ความแข็งแรงของพอร์ซเลนยังคงจัดว่าต่ำคือประมาณ 80-100 เม็กกะปาสคาล[11-20] พอร์ซเลนชนิดนี้สามารถใช้สร้างครอบฟันเฉพาะฟันหน้าในกรณีที่ไม่รับแรงบดเคี้ยวมากนัก ห้ามใช้เป็นฟันครอบของฟันหลัง สามารถใช้สร้างออนเลย์ และวีเนียร์ แต่ต้องระวังเรื่องความขุ่นของโครงฟันซึ่งอาจทำให้ความสวยงามลดลง วัสดุที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเช่น ไฮซีแรม (Hi-Ceram) และวิต้าดัว อลูมินาคอร์ (VitaDur Alumina core)

วิธีเพิ่มความแข็งแรงด้วยแนวคิดนี้อาจทำได้อีกวิธีหนึ่งคือการนำเซรามิคเข้าเตาเผาเซรามิคเป็นครั้งที่สองหลังจากขึ้นรูปตามต้องการแล้ว การเข้าเตาอบครั้งที่สอง ณ อุณหภูมิที่เหมาะสมจะทำให้แก้วบางส่วนเกิดการเปลี่ยนรูปเป็นผลึก (Crystalline) ที่แข็งแรงขึ้นในเนื้อเซรามิค ผลึกนี้จะทำหน้าที่ซึมซับแรงที่มากระทำต่อเซรามิคและขัดขวางการเพิ่มกระจายของรอยแยกเล็ก ๆ ทำให้เซรามิคแข็งแรงขึ้นไม่แตกหักง่าย ตัวอย่างเช่นในวัสดุไดคอร์ (Dicor) ซึ่งเป็นแก้วเซรามิค (glass ceramic) วิธีการขึ้นรูปเป็นตัวฟันปลอมเกิดขึ้นจากขบวนการเหวี่ยงแก้วที่หลอมเข้าไปในแบบพิมพ์ที่เตรียมไว้ ณ อุณหภูมิที่สูง (วิธีการเหมือนการสร้างฟันโลหะเหวี่ยงแต่ใช้แก้วเซรามิคแทนทองผสม) หลังจากได้ครอบฟันแล้ว ครอบฟันนี้จะถูกนำเข้าเผาในเตาเผา ณ อุณหภูมิสูงอีกครั้ง ขั้นตอนนี้เรียกว่าขั้นตอนซีแรมมิ่ง (Ceraming) ซึ่งแก้วไมก้า (mica) ภายในเซรามิคจะเกิดการเปลี่ยนเป็นผลึกไมก้าขึ้น ซึ่งผลึกนี้มีความแข็งแรงและสามารถขัดขวางการพัฒนาของรอยแยก

ได้เช่นกัน ในวัสดุ ออพเท็ค (Optec) และไอพีเอส เอ็มเพรส (IPS-Empress) ก็มีขบวนการผ่านขั้นตอน ซีแรมมิ่ง (Ceraming) เช่นกัน โดยผลึกลูไซท์ (Leucite) จะเกิดขึ้นภายในเนื้อเซรามิค และแข็งแรงพอที่จะต้านทานการแตกของเซรามิคได้ในระดับหนึ่ง เซรามิคทั้งสองชนิดอาจถูกเรียกว่า พอร์ซเลนที่มีลูไซท์สูง (High-Leucite porcelain)[21] เซรามิคในระบบนี้จะมีความแข็งแรงต่อการแตกประมาณ 120-150 เมกกะปาสคาล[11-20] สามารถใช้สร้างโครงฟันสำหรับงานอินเลย์ ออนเลย์ วีเนียร์ และครอบฟันซี่เดียว มีรายงานว่าเซรามิคทั้งสองชนิดนี้ประสบความสำเร็จดีเมื่อใช้ในคนไข้ โดยเฉพาะในครอบฟันซี่เดียวในฟันหน้า แต่ทั้งนี้จะต้องใช้ซีเมนต์ยึดแบบเรซินเท่านั้น เพราะเรซินซีเมนต์ช่วยเพิ่มความแข็งแรงต่อครอบฟันได้ดังจะได้กล่าวต่อไป

4. เทคนิคต่าง ๆ เหล่านี้บางครั้งมีการใช้ผสมผสานกันในการเพิ่มความแข็งแรงของเซรามิค เช่น อินซีแรม (InCeram) ได้ถูกแนะนำในวิชาชีพประมาณปี 2532 เซรามิคชนิดนี้ประกอบด้วยอลูมินา (Al_2O_3) สูงถึง 85 เปอร์เซ็นต์[22,23] มีความแข็งแรงสูงมาก 450-600 เมกกะปาสคาล)[11-21,24-26] ถูกใช้เป็นโครง (core) บาง ๆ หนาประมาณ 0.5 มิลลิเมตร (โครงบาง ๆ นี้ทำหน้าที่เหมือนโครงโลหะของฟันครอบโลหะเซรามิค) แล้วโครงฟันจะถูกฉาบด้วยเฟลด์ปาร์ติกพอร์ซเลน ขบวนการสร้างโครงเซรามิคนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนด้วยกัน โดยหลังจากผงผสมอลูมินาถูกพอกบนแบบจำลองฟันแล้ว จะถูกนำเข้าเตาเผาเซรามิค ขั้นตอนนี้เรียกว่า ซินเทอร์ริ่ง (Sintering) หลังจากผ่านขบวนการนี้จะได้โครงที่แข็งแต่เปราะแตกหักง่าย เพราะยังคงเป็นพอร์ซเลนที่มีรูพรุนขนาดไมครอนอยู่มากมาย โครงนี้จะถูกตกแต่งจนได้ความบางและรูปร่างตามต้องการ หลังจากนั้นจะถูกเคลือบทาด้วยผงแก้ว แลนทานั่มอลูมิโนซิลิเคท (Lanthanum Aluminosilicate, $LaAl_2O_3SiO_2$) แล้วนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิสูงจนแก้วนี้ละลายและแทรกซึมเข้าไปปิดรูพรุนขนาดเล็กนี้จนหมด ขั้นตอนนี้เรียกว่าขั้นตอนกลาสอินฟิลเทรชั่น (Glass Infiltration) โครงที่ผ่านขบวนการนี้จะมีความแข็งแรงอย่างมาก ไม่มีรูพรุนรอยร้าวใด ๆ อีกทั้งทนทานต่อการแตกหักสูงกว่าเซรามิคระบบไอพีเอส เอ็มเพรส (IPS-Empress) ไดคอร์ (Dicor) และออพเทค เอชเอสพี (Optec HSP) ถึงประมาณ 4-6 เท่า เซรามิคในระบบนี้นิยมใช้เป็นครอบฟันซี่เดียว (Single crown) ทั้งในฟันหน้าและฟันหลัง ใช้เป็นสะพานฟันในบริเวณฟันหน้า และใช้สร้างชิ้นงานอินเลย์ ออนเลย์ได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามเนื่องจากความซับซ้อนของขบวนการสร้างโครงของเซรามิคระบบนี้ความผิดพลาดอาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งส่งผลให้ครอบฟันนั้นอ่อนแอกว่าที่ควรจะเป็น เช่น การกรอโครงฟันที่ยังไม่ได้ผ่านขบวนการกลาสอินฟิลเทรชั่นโดยไม่ระวัง อาจทำให้เกิดรอยแตกร้าวเล็ก ๆ ในชิ้นงาน ทำให้โครงฟันอ่อนแอลงมาก ความผิดพลาดอาจเกิดในขั้นตอนกลาสอินฟิลเทรชั่นได้โดยการทาแก้วน้อยเกินไป แก้วที่หลอมไม่สามารถแทรกซึมโครงได้เพียงพอทำให้รูพรุนเล็ก ๆ ยังหลงเหลืออยู่ซึ่งเป็นจุดอ่อนของโครง ด้วยเหตุต่าง ๆ นี้จึงได้มีการพยายามใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยสร้างโครงนี้ โดยลดความผิดพลาดที่อาจก่อให้เกิดความอ่อนแอของโครงฟัน เช่นฟันเซรามิคระบบโพรเซร่า (Procera)[27] ซึ่งเป็นโครงพอร์ซเลนที่มีอลูมินาสูงคล้ายฟันเซรามิคระบบอินซีแรม (In-Ceram) โครงเซรามิคโพรเซร่านี้จะถูกผลิตโดยการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ควบคุม โดยทันตแพทย์ทั่วไปจะต้องส่งแบบพิมพ์ฟันไปให้ทางห้องปฏิบัติการของบริษัทผลิตโพรเซร่า แบบฟันจำลองจะถูกตรวจสอบด้วยเครื่องตรวจซึ่งจะส่งข้อมูลต่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์ ข้อมูลจะถูกใช้สร้างแบบฟันจำลองด้วยปูนพลาสเตอร์พิเศษ ต่อมาส่วนผสมของโครงเซรามิคจะถูกผสมโดยเครื่องคอมพิวเตอร์เช่นกัน แล้วจะถูกอัดลงบนแบบปูนตัดแต่งจนได้รูปร่างตามต้องการด้วยคอมพิวเตอร์ และนำเข้าเตาเผา ต่อมาผ่านกระบวนการแทรกซึมด้วยแก้วหรือกลาสอินฟิลเทรชั่นภายใต้คอมพิวเตอร์ความผิดพลาดจึงอาจจะน้อยกว่าในระบบอินซีแรม โครงฟันโพรเซร่านี้มีความแข็งแรงประมาณ 500-600 เม็กกะปาสคาล เซรามิคโพรเซร่าถูกใช้มากเป็นฟันครอบซี่เดียวทั้งในฟันหน้าและในฟันหลัง อีกทั้งยังถูกใช้เป็นครอบฟันสำหรับรากเทียม (Implant)

วัสดุเซรามิคใหม่

ในพ.ศ. 2541 ไอพีเอสเอ็มเพรสทู (IPS-Empress 2) ได้ถูกแนะนำในวิชาชีพ เซรามิคนี้มีความแข็งแรงพอที่จะใช้สร้างเป็นสะพานฟันได้ ความแข็งแรงเพิ่มจากไอพีเอสเอ็มเพรสดั้งเดิม เพราะผลึกที่เกิดในโครงเซรามิคคือลิเที่ยมไดซิลิเกต (Lithium Disilicate) เป็นส่วนใหญ่[28] ซึ่งเป็นผลึกที่แข็งแรงกว่าผลึกลูไซต์ อีกทั้งเซรามิคที่ใช้ฉาบโครงให้เป็นรูปร่างคือเซรามิคที่มีผลึกฟลูออราพาไทท์ (Fluorapatite) อยู่ ทำให้ความแข็งแรงเซรามิคเพิ่มขึ้นจากระบบดั้งเดิมถึง 3 เท่า ไอพีเอสเอ็มเพรสทู สามารถใช้เป็นฟันครอบซี่เดียวทุกตำแหน่งในช่องปาก และเป็นสะพานฟัน 3 ซี่ (มีฟันพอนติก 1 ซี่) ในตำแหน่งฟันหน้าจนถึงฟันกรามน้อยซี่ที่สองได้

ในฟันครอบเซรามิคทั้งซี่สีเหมือนฟันนี้ นอกจากต้องการ

วัสดุที่มีความแข็งแรงสูงแล้ว บางครั้งยังต้องเป็นวัสดุที่มีสีสวยงามสามารถเลียนแบบความเป็นธรรมชาติของฟันมนุษย์ได้อย่างสมบูรณ์แบบในเซรามิคระบบอินซีแรม ปัจจุบันแบ่งย่อยได้เป็น 3 ชนิดคือ อินซีแรม อลูมินา (In-Ceram Alumina), อินซีแรม-สปิเนล (In-Ceram Spinell) และอินซีแรมเซอร์โคเนีย (In-Ceram Zirconia) แต่ละชนิดมีระดับความสวยงามและระดับความแข็งแรงแตกต่างกัน อินซีแรม อลูมินานั้นแข็งแรงระดับกลางแต่ผลึกอลูมินาทึบแสง ซึ่งอาจทำให้ฟันครอบซี่เดียวบางครั้งดูทึบแสงกว่าธรรมชาติเล็กน้อย บริษัทผู้ผลิตจึงได้แนะนำอินซีแรมสปิเนล ซึ่งมีความใสกว่าและดูสวยงามเป็นธรรมชาติมากกว่าอินซีแรมอลูมินา[29] ผลึกในอินซีแรม สปิเนลคือผลึกแมกเนเซียมอลูมินา (Magnesium Alumina) ซึ่งมีความใสกว่าผลึกอลูมินาของอินซีแรมอลูมินา แต่มีความแข็งแรงน้อยกว่า[29] ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้ในเฉพาะบริเวณที่ต้องการความสวยงามอย่างสูง เช่นบริเวณฟันหน้าบนแต่ไม่สามารถใช้ในฟันหลังหรือใช้เป็นสะพานฟันได้ นอกจากสองระบบนี้แล้ว บริษัทยังผลิตเซรามิคใหม่ขึ้นและวางตลาดในปี 2542 ชื่อ อินซีแรมเซอร์โคเนีย ซึ่งสามารถใช้เป็นสะพานฟันในฟันหลังและฟันครอบซี่เดียวในฟันหลังได้ ในระบบนี้ผลึกที่เกิดขึ้นคือผลึกเซอร์โคเนียมีความแข็งแรงมากกว่าอลูมินาโดยผลึกนี้จะดูดซับแรงที่มากระทำต่อผลึก อีกทั้งผลึกยังเปลี่ยนรูปร่างโครงสร้างได้เล็กน้อยทำให้วัสดุมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ทนต่อการแตกได้สูง แต่ข้อด้อยคือผลึกเซอร์โคเนียนี้จะมีความทึบแสงมาก ทำให้ครอบฟันที่ผลิตด้วยเซรามิคระบบนี้ดูทึบไม่โปร่งแสงเหมือนระบบอื่น ๆ ทางบริษัทผู้ผลิตจึงไม่แนะนำให้ใช้ในบริเวณฟันหน้า

เซรามิคชนิดต่าง ๆ มีความแข็งแรงทนทานแตกต่างกัน การเลือกใช้เซรามิคต่าง ๆ ให้เหมาะกับงานทันตกรรม จึงสำคัญอย่างมาก เซรามิคที่เหมาะกับงานต่าง ๆ ได้แสดงในตารางที่ 1[4,5,9,20,21,24,26,27,29-34]

การเลือกใช้ซีเมนต์ยึดเซรามิค

การเลือกใช้ซีเมนต์ยึดแบบเรซิน (Resin Luting cement) สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้กับเซรามิคได้ ทั้งนี้ได้มีการศึกษาพบว่าความทนทานต่อการแตกหัก (Fracture strength) ของฟันครอบจะสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้เรซินซีเมนต์ยึดเซรามิค[30-35] ทั้งนี้เพราะเชื่อว่าเรซินซีเมนต์จะเข้าไปเติมเต็มในรูหรือรอยแยกเล็ก ๆ ในเนื้อเซรามิค ทำให้รอยแยกนั้นไม่เกิดการร้าวเพิ่มขึ้น อีกทั้งเมื่อเรซินซีเมนต์ยึดเซรามิคไว้บนตัวฟันอย่างสมบูรณ์ด้วยวิทยาการก้าวหน้าของสารช่วยในการยึดติด (Bonding Agent) สมัยนี้ เมื่อมีแรงมากระทำต่อฟันครอบแรงจะถูกถ่ายทอดโดยตรงสู่ตัวฟัน[36-42] จึงไม่เกิดแรงดึง (tension) ขึ้นในเซรามิค ฟันครอบจึงแข็งแรงขึ้นดังนั้นเรซินซีเมนต์จึงมักถูกพิจารณาใช้ร่วมกับการบูรณะฟันด้วยเซรามิค[41] แต่เนื่องจากความแตกต่างของเซรามิคตามที่ได้กล่าวมา เรซินซีเมนต์อาจจะไม่ใช่ซีเมนต์ชนิดเดียวที่จะเลือกใช้กับวัสดุเซรามิค ทันตแพทย์ต้องมีความเข้าใจและเรียนรู้เซรามิคในระบบนั้น ๆ และเลือกใช้ซีเมนต์ยึดที่เหมาะสม

เมื่อจะทำการยึดฟันเซรามิค ครอบฟันด้านในเซรามิคจะถูกเตรียมโดยการใช้เครื่องเป่าทรายซึ่งจะเป่าผงอลูมินาขนาด 60 ไมครอนเพื่อให้เกิดความขรุขระที่ผิวด้านในของครอบฟันซึ่งเชื่อว่าช่วยให้แรงยึดของครอบฟันกับซีเมนต์สูงขึ้นด้วยแรงยึดแบบกล (Micromechanical bond) นอกจากนี้ครอบฟันด้านในนี้ยังต้องถูกเตรียมด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) ความเข้มข้นประมาณ 9-10 เปอร์เซ็นต์ กัดด้านในของเซรามิคที่จะยึดประมาณ 3-4 นาที จึงล้างออกด้วยน้ำ กรดนี้จะช่วยเพิ่มความขรุขระให้แก่เซรามิคและช่วยให้แรงยึดของครอบฟันกับซีเมนต์สูงขึ้นด้วย

อย่างไรก็ตามเซรามิคในระบบโพรเซร่า (Procera) และอินซีแรม[43] นั้นสร้างจากเซรามิคที่มีผลึกที่แข็งแรงมาก กรดไฮโดรฟลูออริกไม่สามารถกัดกร่อนผลึกนี้ได้[44] การใช้กรดกัดจึงมิได้ช่วยเพิ่มแรงยึดแต่อย่างไร ในการครอบฟันทั้งสองระบบนี้การเตรียมครอบเซรามิคจึงใช้เพียงวิธีการพ่นเป่าด้วยผงอลูมินาขนาด 60 ไมครอนเท่านั้นก็เพียงพอ อีกทั้งโครงของสองระบบนี้แข็งแรงมาก ทันตแพทย์จะเลือกใช้ซีเมนต์ยึดชนิดใดก็ได้ ความทนทานต่อการแตกของครอบเซรามิคมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซีเมนต์ยึดอาจใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ($ZnPO_4$) กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (glass-ionomer cement), เรซินมอดดิฟรายกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Resin-modified glass ionomer) หรือเรซินซีเมนต์ (Resin cement)[43,45-47]

การใช้เรซินซีเมนต์ยึดครอบฟันจะเพิ่มความทนทานต่อการแตกของครอบฟันระบบไอพีเอส เอ็มเพรส, โอพีซี และพอร์ซเลนแจ็คเก็ตคราวน์ ส่วนครอบฟันในระบบเอ็มเพรสทู ทางบริษัทแนะนำว่าสามารถใช้ซีเมนต์ชนิดไฮบริดไอโนเมอร์ (Hybrid Ionomer) ที่ทางบริษัทผลิตสำหรับยึดครอบฟันได้

ข้อควรระวังในการเลือกใช้ซีเมนต์ยึด คือซีเมนต์บางชนิด (เช่น Advance, Dentsply) มีการขยายตัวสูงมากจากการดูดซึมน้ำ แรงจากการขยายตัวของซีเมนต์ที่สูงมากจะทำให้ฟันครอบเซรามิคแตกร้าวได้ และเมื่อใช้ยึดอินเลย์ก็อาจทำให้ฟันแท้แตก

ได้เช่นกัน กลไกการขยายตัวของซีเมนต์จนทำให้ฟันครอบเซรามิคแตกยังคงไม่ทราบแน่ชัด แต่ทันตแพทย์ต้องระวังในการเลือกใช้ซีเมนต์ยึดครอบฟันเซรามิคทั้งซี่[47]

วิจารณ์และสรุป

เซรามิคมีพัฒนาการเรื่อยมา จนในปัจจุบันเซรามิคมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะนำมาใช้ในงานทันตกรรมอีกทั้งยังมีความสวยงามสามารถเลียนแบบฟันมนุษย์ได้อย่างดีเยี่ยม เซรามิคแต่ละระบบมีความแข็งแรงที่แตกต่างกัน ทันตแพทย์ต้องเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับงานทางทันตกรรมนั้น ความเข้าใจถึงพัฒนาการและความแข็งแรงของวัสดุจะสามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกใช้ระบบเซรามิคที่เหมาะสมได้ นอกจากนี้การเลือกใช้ซีเมนต์ยึดครอบฟันก็มีความสำคัญต่ออายุการใช้งานและความแข็งแรงของฟันที่ถูกบูรณะนั้น ๆ เช่นกัน ในงานบูรณะฟันแบบเซรามิคทั้งซี่ควรเลือกใช้เรซินซีเมนต์ ยกเว้นในครอบฟันเซรามิคระบบอินซีแรมและโพเซร่า ทันตแพทย์สามารถเลือกใช้ซีเมนต์ชนิดอื่นยึดครอบฟันได้

ตารางที่ 1 แสดงการเลือกใช้เซรามิคระบบต่าง ๆ ในงานทันตกรรม
Table 1 Show the use of ceramic in dentistry.

เซรามิค	อินเลย์	ออนเลย์	ฟันครอบซี่เดียวฟันหน้า	ฟันครอบซี่เดียวฟันหลัง	สะพานฟันไม่เกิน 3 ซี่ ฟันหน้า	สะพานฟันไม่เกิน 3 ซี่ไม่เกินฟันกรามน้อย	สะพานฟันไม่เกิน 3 ซี่ฟันกรามใหญ่	วีเนียร์
1. อลูมินารีเอ็นฟอส พอร์เซเลน และเฟลด์สปาติกพอร์เซเลน	√	√	OK					
2. ไอพีเอส เอ็มเพรส และโอพีซี	√	√	√					√
3. ไอพีเอส เอ็มเพรสทู	√	√	√	√	√	√		NI
4. อินซีแรม อลูมินา	NI	NI	√	√	√	OK		NI
5. อินซีแรม สปินเนล	√	√	√					NI
6. อินซีแรม เซอโคเนีย				√		√	√	
7. โพรเซร่า				√	√	√		
8. แคดแคม	√	√	√	NI				√

√ = สามารถใช้ได้
NI = ไม่มีข้อมูลระบุ แต่อาจใช้ทำได้
OK = สามารถใช้ได้เฉพาะในคนไข้ที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

1. Giordano RA. Dental ceramic restorative systems. Compend Contin Educ Dent 1996;17:779-94.
2. Christensen GJ. Porcelain-fused-to-metal vs. nonmetal crowns. J Am Dent Assoc 1999;130:409-11.
3. Pietrobon N, Paul SJ. All-ceramic restorations : a challenge for anterior esthetics. J Esthet Dent 1997;9:179-86.
4. McLean JW : The science and art of dental ceramics, Voll 1. Chicago : Quintessence Publishing, 1979:112-80.
5. Fradeani M, Barducci G. Versatility of IPS Empress restoration Part 1 : Crowns. J Esthet Dent 1996;8:127-35.
6. Thompson JY, Bayne SC, Heymann HO. Mechanical properties of a new mica-based machinable glass ceramic for CAD/CAM restorations. J Prosthet Dent 1996;76:619-23.
7. Heymann HO, Bayne SC, Sturdevant JR, Wilder AD, Roberson TM. The clinical performance of CAD-CAM-generated ceramic inlays (a four-year study). J Am Dent Assoc 1996;127:1171-81.
8. Rekow D. Computer-aided design and manufacturing in dentistry : a review of the state of the art. J Prosthet Dent 1987;58:512-6.
9. Dietschi D, Spreafico R. Adhesive metal-free restorations : Current concepts for the esthetic treatment of posterior teeth. Chicago : Quintessence Publishing, 1997:169-83.
10. McLean JW, Hughes TH. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. Br Dent J 1965;119:251-67.
11. Scherrer SS, de Rijk WG. The effect of crown length on the fracture resistance of posterior porcelain and glass-ceramic crowns. Int J Prosthodont 1992;5:550-7.
12. Wagner WC, Chu TM. Biaxial flexural strength and indentation fracture toughness of three new dental core ceramics. J Prosthet Dent 1996;76:140-4.
13. Pröbster L, Diehl J. Slip-casting alumina ceramics for crown and bridge restorations. Quintessence Int 1992;23:25-31.
14. Wall JG, Cipra DL. Alternative crown systems : is the metal-ceramic crown always the restoration of choice? Dent Clin North Am 1992;36:765-82.
15. Seghi RR, Denry IL, Rosenstiel SF. Relative fracture toughness and hardness of new dental ceramics. J Prosthet Dent 1995; 74:145-50.
16. Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in Dentistry : historical roots and current perspectives. J Prosthet Dent 1996; 75:18-32.
17. Rosenblum MA, Schulman A. A review of all-ceramic restorations. J Am Dent Assoc 1997;128:297-307.
18. Rizkalla AS, Jones DW, Sutow EJ, Hall GC. Mechanical Properties of commercial high strength ceramic core materials (Abstract # 762). J Dent Res 1994;73:197.
19. Lehner CR, Scharer P. All-ceramic crowns. Curr Opin Dent 1992;2:45-52.
20. Yoshinari M, Derand T. Fracture strength of all-ceramic crowns. Int J Prosthodont 1994;7:329-38.
21. Mackert JR, Russell CM. Leucite crystallization during processing of a heat-pressed dental ceramic. Int J Prosthodont 1996;9:261-5.
22. Sieber C. Illumination in anterior teeth. QDT Yearbook 1992; 15:81-8.
23. Claus H. Vita In-Ceram, a new procedure for preparation of oxide-ceramic crown and bridge framework. Quintessenz Zahn tech 1990;16:35-46.
24. Maragos CN. Vita's In-Ceram all porcelain single-unit and three-unit bridge system achieves strength, esthetics and biocompatibility Northwest Dent 1992;71:12-3.
25. McLean JW. New dental ceramics and esthetics. J Esthet Dent 1995;7:141-9.
26. Seghi RR, Daher T, Caputo A. Relative flexural strength of dental restorative ceramics. Dent Mater 1990;6:181-4.
27. White SN, Caputo AA, Li ZC, Zhao XY. Modulus of rupture of the Procera all-ceramic system. J Esthet Dent 1996;8:120-6.
28. Sorensen JA, Cruz M, Mito WT, Raffeiner O, Meredith HR, Foser HP. A clinical investigation on three-unit fixed partial dentures fabricated with a lithium disilicate glass-ceramic. Pract Periodontics Aesthet Dent 1999;11:95-106.
29. Magne P, Belser U. Esthetic Improvements and In Vitro testing of In-Ceram Alumina and Spinell ceramic. Int J Prosthodont 1997;10:459-66.
30. Pröbster L. Survival rate of In-Ceram restorations. Int J Prosthodont 1993;6:259-63.
31. Pröbster L. Four year clinical study of glass-infiltrated, sintered alumina crowns. J Oral Rehabil 1996;23:147-51.
32. Garber DA, Goldstein RE. Porcelain & composite inlays & onlays : Esthetic Posterior restorations. Chicago : Quintessence Publishing, 1994;13-22, 104-16, 133-52.
33. Dietschi D, Spreafico R. Adhesive metal-free restorations : Current concepts for the esthetic treatment of posterior teeth. Chicago : Quintessence Publishing, 1997:139-68.
34. Chiche GJ, Pinault A. Esthetics of anterior fixed prosthodontics. Chicago : Quintessence Publishing, 1994:97-114.
35. Thompson JY, Anusavice KJ, Naman A, Morris HF. Fracture surface characterization of clinically failed all-ceramic crowns. J Dent Res 1994;73:1824-32.
36. Kelly JR, Giordano R, Pober R, Cima MJ. Fracture surface analysis of dental ceramics : clinically fail restorations. Int J Prosthodont 1990;3:430-40.
37. Anusavice KJ, Hojjatie B. Tensile stress in glass-ceramic crowns : effect of flaws and cement voids. Int J Prosthodont 1992;5:351-8.
38. Buithieu H, Nathanson D. Effect of ionomer base on ceramic resistance to fracture (Abstract # 572). J Dent Res 1993;72:175.
39. Calamia JR. High-strength porcelain bonded restorations : anterior and posterior. Quintessence Int 1989;20:717-26.
40. Bernal G, Jones RM, Brown DT, Munoz CA, Goodacre CJ. The effect of finish line form and luting agent on the breaking strength of Dicor crowns. Int J Prosthodont 1993;6:286-90.
41. Groten M, Pröbster L. The influence of different cementation modes on the fracture resistance of feldspatic ceramic crowns. Int J Prosthodont 1997;10:169-77.
42. Scherrer SS, de Rijk WG, Belser UC. Fracture resistance of human enamel and three all-ceramic crown systems on extracted teeth. Int J Prosthodont 1996;9:580-5.
43. Christensen GJ. Ceramic vs porcelain-fused-to metal crowns : give your patients a choice. J Am Dent Assoc 1994;125:311-4.
44. Wood DJ, Bubb NL, Millar BJ, Dunne SM. Preliminary investigation of a novel retentive system for hydrofluoric acid etch-resistant dental ceramics. J Prosthet Dent 1997;78:275-80.
45. Kern M, Thompson VP. Bonding to glass infiltrated alumina

ceramic : adhesive methods and their durability. J Prosthet Dent 1995;73:240-9.

46. Isidor F, Stokholm R, Ravnholt G. Tensile bond strength of resin luting cement to glass infiltrated porous aluminium oxide cores (In-Ceram). Eur J Prosthodont Restor Dent 1995;3:199-202.

47. Leevailoj C, Platt JA, Cochran MA, Keith Moore B. In vitro study of fracture incidence and compressive fracture load of all-ceramic crowns cemented with resin-modified glass ionomer and other luting agents. J Prosthet Dent 1998;80:699-707.

All-ceramic Restoration

Chalermpol Leevailoj, D.D.S. (Hons.), Cert. in Operative Dentistry, Cert. in Dental Materials, M.S.D., American Board in Operative Dentistry

Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

Abstract

Recently porcelains or ceramics have been developed to be used as the all-ceramic restorations. The strength and esthetic of the ceramics were improved to match the natural human dentition. This review describes the methods used to improve the quality of porcelain and includes the guideline for clinicians to choose the proper ceramic system and luting cement for dental works.

(CU Dent J 2001;24:65-73)

Key words: ***all-ceramic restorations; ceramic; porcelain***