

2001-01-01

All-ceramic Restoration

Chalernpol Leevailoj

Follow this and additional works at: <https://digital.car.chula.ac.th/cudj>



Part of the [Dentistry Commons](#)

Recommended Citation

Leevailoj, Chalernpol (2001) "All-ceramic Restoration," *Chulalongkorn University Dental Journal*: Vol. 24: Iss. 1, Article 8.

DOI: 10.58837/CHULA.CUDJ.24.1.8

Available at: <https://digital.car.chula.ac.th/cudj/vol24/iss1/8>

This Original article is brought to you for free and open access by Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Chulalongkorn University Dental Journal by an authorized editor of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.



วัสดุบูรณะแบบเซรามิกทั้งซี่

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

ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ปัจจุบันฟอร์ชเลนหรือเซรามิกได้ถูกพัฒนาให้มีความแข็งแรงพอที่จะนำมาใช้ในงานบูรณะฟันแบบเซรามิกทั้งซี่ อีกทั้งยังมีความสวยงามสูง สามารถเลียนแบบความเป็นธรรมชาติของฟันมนุษย์ได้ บทความนี้ได้บรรยายถึงวิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการพัฒนาฟอร์ชเลนให้มีความแข็งแรงสูงพอที่จะรองรับแรงต่างๆ ในช่องปาก และสรุปข้อบ่งชี้ของเซรามิกแต่ละระบบให้เหมาะสมกับงานทางทันตกรรมรวมทั้งการเลือกใช้ซีเมนต์ยึดครอบฟันเซรามิกเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการปฏิบัติงานของทันตแพทย์

(ว.ทันต จุฬาฯ 2544;24:65-73)

บทนำ

ครอบฟันโลหะ-เซรามิก (Metal-ceramic) ได้ถูกแนะนำในวิชาชีพและใช้กันอย่างกว้างขวางมาเป็นเวลามากกว่า 40 ปี ครอบฟันโลหะเซรามิกนี้ใช้โครงโลหะอบด้วยวัสดุเซรามิกสีเหมือนฟันในบริเวณที่ต้องการให้มีสีเหมือนฟันธรรมชาติ โครงโลหะมีความแข็งแรงรับแรงที่เกิดในช่องปากได้ดีไม่แตกหัก ในขณะที่เซรามิกให้ความสวยงาม แข็งแต่เปราะจึงอาจแตกหักได้เมื่อรับแรงมาก ๆ การผสมผสานของวัสดุทั้งสองชนิด ภายใต้กระบวนการผลิตในห้องปฏิบัติการทำให้วัสดุเซรามิกที่เป็นส่วนประกอบของครอบฟันโลหะเซรามิกนี้แข็งแรงและแตกหักได้ยากขึ้น¹

ถึงแม้ว่าฟันครอบโลหะเซรามิกมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ฟันครอบโลหะเซรามิกนี้ก็ยังไม่สามารถเลียนแบบฟันธรรมชาติได้ครบถ้วนทุกประการ ในฟันธรรมชาตินั้นเมื่อแสงตกกระทบ

บนตัวฟันแสงบางส่วนจะสะท้อนผิวฟันธรรมชาติและบางส่วนจะทะลุผ่านตัวฟันไป ทำให้ฟันธรรมชาติดูมีความสวยงามมีมิติ แต่เมื่อแสงตกกระทบฟันครอบโลหะเซรามิกแสงจะสะท้อนและทะลุผ่านเซรามิก แต่ไม่สามารถทะลุผ่านตัวครอบโลหะไปได้ ทำให้ในบางครั้งฟันครอบชนิดนี้ดูทึบแสงและขาดความเป็นธรรมชาติ

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการพยายามสร้างฟันครอบทั้งซี่สีเหมือนฟันแบบไม่มีโครงโลหะเรียกว่าฟันเซรามิกทั้งซี่ (All-ceramic) แต่ในระยะแรก ๆ ฟันครอบทั้งซี่แบบเซรามิกนี้ยังเปราะไม่แข็งแรงพอ² เมื่อรับแรงบดเคี้ยวในช่องปากก็แตกหักได้ง่าย อีกทั้งอายุการใช้งานต่ำจึงไม่เป็นที่นิยมในระยะแรกที่มีการแนะนำในวิชาชีพทันตแพทย์

ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมาเซรามิกได้ถูกพัฒนามากขึ้น นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามพัฒนาวัสดุเซรามิกทั้งในด้านองค์ประกอบและวิธีการผลิตขึ้นงานแบบใหม่ ๆ ทำให้ได้เซรามิกที่มีความแข็งแรง และสวยงามสามารถรับแรงบดเคี้ยวได้มากขึ้นและมีอายุการใช้งานนานขึ้น พันครอบเซรามิกทั้งซี่จึงกลับมาเป็นที่นิยม อีกทั้งปัจจุบันคนไข้ที่ต้องการบูรณะฟันด้วยวัสดุที่สามารถเลียนแบบความเป็นธรรมชาติของฟันมนุษย์ โดยการรักษาที่ทันตแพทย์เลือกใช้ต้องเป็นวิธีการที่สามารถอนุรักษ์เนื้อฟันที่เหลืออยู่ให้มากที่สุด (Conservative treatment) ดังนั้นเซรามิกจึงถูกใช้ในการบูรณะฟันชนิดออนเลย์ (Onlay) อินเลย์ (Inlay) และฉาบฟันวีเนียร์ (Veneer) วัสดุเซรามิกปัจจุบันมีความคงทน แข็งแรง ไม่แตกหักง่าย มีอายุการใช้งานนาน และสามารถเลียนแบบฟันธรรมชาติได้สูง ระบบการบูรณะฟันด้วยเซรามิกที่ถูกแนะนำในท้องตลาด 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

บทความนี้ประสงค์ให้ผู้อ่านได้เข้าใจว่าเซรามิกทางทันตกรรมคืออะไร เซรามิกแต่ละระบบในท้องตลาดแตกต่างกันทางจุลภาค ภายภาค และกลภาคอย่างไร อธิบายถึงวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของเซรามิก รวมทั้งข้อดี ข้อด้อย ข้อแนะนำให้เลือกใช้ในงานทันตกรรม ตลอดจนการเลือกใช้ซีเมนต์ที่เหมาะสมยึดเซรามิก

บททวนวรรณกรรม

โมเลกุลของเซรามิกประกอบด้วยอะตอมของธาตุที่เป็นโลหะและอโลหะมารวมตัวกัน สำหรับเซรามิกทางทันตกรรมส่วนของธาตุโลหะได้แก่ อลูมิเนียม (Aluminum), แคลเซียม (Calcium), ลิเทียม (Lithium), แมกนีเซียม (Magnesium), โพแทสเซียม (Potassium), โซเดียม (Sodium), ดีบุก (Tin), ไทเทเนียม (Titanium) และเซอร์โคเนียม (Zirconium) ส่วนของอโลหะได้แก่ ซิลิคอน (Silicon), โบรอน (Boron), ฟลูออรีน (Fluorine) และออกซิเจน (Oxygen) เซรามิกทางทันตกรรมบางครั้งถูกเรียกอีกชื่อว่าพอร์ซเลนทางทันตกรรม (Dental Porcelain) ซึ่งทั้งสองชื่อนี้ใช้ทดแทนกันได้

พอร์ซเลนทางทันตกรรม เป็นพอร์ซเลนประเภทเฟลด์สปาร์ติก

พอร์ซเลน (Feldspathic Porcelain) ซึ่งประกอบด้วยโครงตาข่ายของซิลิกา (Silica network, SiO_2) และโปแทช เฟลด์สปาร์ (Potash feldspar, $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$) หรือโซดา เฟลด์สปาร์ (Soda feldspar $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$) หรือทั้ง 2 อย่าง นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมของเม็ดสี สารที่ทำให้เกิดความทึบแสง (Opacifier) และแก้วซึ่งใส่เข้าไปเพื่อควบคุมอุณหภูมิของการเผาของพอร์ซเลน

พอร์ซเลนหรือเซรามิกทางทันตกรรมนั้นเป็นวัสดุที่แข็งแรง แต่เปราะ มีความสามารถทนต่อแรงกด (Compression) ได้สูง แต่ทนต่อแรงดึง (Tension) ได้ต่ำ ดังนั้นเมื่อมีแรงดึงเกิดขึ้นในตัวเซรามิก เซรามิกจะแตกได้ บนพื้นผิวของเซรามิกมีรูเล็ก ๆ มากมาย ซึ่งรูเล็ก ๆ นี้บางครั้งเป็นจุดอ่อนของวัสดุ ทำให้วัสดุแตกหรือถูกทำลายด้วยแรงที่น้อยกว่าแรงสูงสุดที่วัสดุจะทนทานได้จริง¹⁻⁴ ทั้งนี้เมื่อมีแรงดึงกระทำบริเวณรอยแยกหรือรูเล็ก ๆ นี้ แรงจะส่งผ่านลงไปจนถึงปลายของรอยแยก ที่ปลายของรอยแยกจะเกิดแรงสะสมที่สูง ทำให้รอยแยกเพิ่มยาวขึ้นเรื่อยๆ จนในที่สุดพอร์ซเลนเกิดการร้าวและแตกหัก

วิธีการต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของเซรามิกทางทันตกรรม

1. นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามศึกษาหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อทำให้วัสดุเซรามิกมีความทนทานและแข็งแรงขึ้นเพื่อใช้รับแรงบดเคี้ยวได้ในช่องปาก วิธีการแรกคือการพยายามสร้างให้วัสดุเกิดแรงกดแฝง (residual compressive stress) อยู่ในตัวเซรามิก เมื่อเซรามิกมีแรงกดแฝงในตัว วัสดุจะทนต่อแรงดึงได้มากขึ้น เซรามิกจึงแข็งแรงทนต่อการแตกได้มากขึ้น เช่น เซรามิก ก มีแรงกดแฝง 40 MPa เซรามิก ข มีแรงกดแฝง 20 MPa เมื่อมีแรงดึงขนาดสูงมากกระทำต่อวัสดุทั้งสองนั้น เซรามิก ข จะแตกก่อนเซรามิก ก วิธีการนี้ถูกนำมาใช้ในครอบฟันโลหะเซรามิกคือ ในห้องปฏิบัติการ เมื่อครอบฟันผ่านการเผาภายใต้อุณหภูมิสูง แล้วปล่อยให้เย็นตัวลงมาในอุณหภูมิห้องนั้น โลหะจะหดตัวได้มากกว่าเซรามิก ทำให้เกิดแรงกดแฝงขึ้นบนเนื้อเซรามิก ดังนั้นเซรามิกจะทนต่อแรงดึงที่มากกระทำได้สูงขึ้น แต่ในพันครอบเซรามิกทั้งซี่ไม่ได้ใช้หลักการนี้ในการพัฒนาความแข็งแรงของเซรามิก จึงขอไม่กล่าวถึงรายละเอียดย่อยในหลักการนี้

2. อีกวิธีการหนึ่งในการเพิ่มความแข็งแรงของวัสดุเซรามิกคือ การผลิตเซรามิกให้มีจำนวนรูพรุนและรอยแยกเล็ก ๆ ในเนื้อเซรามิกน้อยลง หรือลดขนาดของรูพรุนและรอยแยก ซึ่งทำให้

เซรามิกมีจุดอ่อนแอ่น้อยลง ได้แก่ การผลิตแท่งเซรามิกสำเร็จรูป เช่น แท่งเซรามิกสำเร็จรูปที่นำมาใช้ในการผลิตฟันครอบด้วยการใช้ความร้อนสูง เผาแท่งเซรามิกจนหลอมแล้วกดแท่งเซรามิกลงบนแบบหล่อรูปฟันซึ่งเรียกว่า ฮีท-เพรสเทคนิค (Heat-press technique) ได้แก่ระบบไอพีเอส เอ็มเพรสวันและทู (IPS-Empress I & II) แท่งเซรามิกสำเร็จรูปอื่น ๆ เช่น ไดคอร์ เอ็มจีซี (Dicor MGC), วิต้า มาร์ค ทู (Vita Mark II), อินซีแรม (In-Ceram), โปรเซรา (Procera) ถูกนำมาใช้ในการผลิตครอบฟันด้วยการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมเครื่องกลตัดแต่ง ซึ่งจะตัดแต่งแท่งเซรามิกสำเร็จรูปรูฟันน้อยนี้ จนเป็นรูปร่างฟันครอบตามต้องการ⁶ เครื่องกลที่มีคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานนี้เรียกว่าเครื่องแคดแคม (CAD-CAM, Computer-Aided Design Computer-Aided Manufacturing)^{7,8} ได้แก่ เครื่องรุ่นซีเรควันและทู (CEREC I & II) แท่งเซรามิกสำเร็จรูปนี้จะมีรูฟันหรือรอยแยกในตัวเซรามิกน้อยกว่าเซรามิกที่ก่อขึ้นด้วยมือ อีกทั้งเซรามิกต่าง ๆ นี้จะผ่านการผลิตพิเศษ สร้างให้เกิดผลึกที่แข็งแรงขึ้นในเนื้อเซรามิกซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป ดังนั้นฟันครอบที่สร้างด้วยแท่งเซรามิกสำเร็จรูปนี้ จึงมีมาตรฐานความแข็งแรงที่สูงกว่าที่สร้างขึ้นด้วยมือ อย่างไรก็ตามฟันครอบที่ผลิตโดยวิธีนี้จะมีราคาต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าวิธีอื่น ๆ เพราะเครื่องกลที่ควบคุมโดยคอมพิวเตอร์มีราคาสูง

ความแนบของฟันครอบที่สร้างขึ้นจากเครื่องซีเรค นั้นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ต่างจากฟันครอบที่สร้างขึ้นจากเครื่องซีเรควัน ซึ่งเป็นเครื่องรุ่นแรก⁹ ฟันครอบในระบบซีเรคนี้สามารถสร้างให้เสร็จได้ภายในครั้งเดียวที่คนไข้เข้ามารักษาฟัน สะดวกและรวดเร็ว โดยทันตแพทย์สามารถใช้เครื่องมือสแกน (Scan) ตรวจและบันทึกรูปร่างฟันที่เตรียมไว้ เข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วเครื่องคอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลไปให้เครื่องกลกรอแต่ง ซึ่งจะทำการกรอตัดแต่งแท่งเซรามิกสำเร็จรูปนี้จนได้ครอบฟันตามต้องการในเวลาอันรวดเร็ว ปัจจุบันเครื่องซีเรควันรุ่นเก่านั้นไม่เป็นที่นิยมใช้ในวิชาชีพแล้ว เพราะความแนบของครอบฟันที่ได้ไม่ดี อีกทั้งเครื่องรุ่นเก่านี้อาจได้ตัดแต่งรูปร่างด้านบดเคี้ยวของครอบฟันทำให้หลังจากการยึดครอบฟันแล้ว ทันตแพทย์ต้องเสียเวลาตัดแต่งครอบฟันส่วนเกินและตกแต่งให้ได้รูปร่างธรรมชาติเป็นเวลานาน เครื่องซีเรคทูนี้ สามารถใช้สร้างชิ้นงาน อินเลย์ ออแนเลย์ วีเนียร์ และฟันครอบซีเดียวได้

3. วิธีการที่ใช้ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเซรามิกอีกวิธีการคือการพยายามสร้างผลึกขึ้นในเนื้อเซรามิก ซึ่งจะขัดขวางการขยาย

ตัวของรอยแยกและรอยร้าวเล็ก ๆ กล่าวคือ เมื่อรอยแยกขยายใหญ่ขึ้น จนมาชนผลึก ผลึกนี้จะดูดซับแรง ทำให้อยู่แยกหยุดอยู่ที่ผลึกนั้น ไม่พัฒนาต่อไป นอกเสียจากแรงที่มากระทำมีขนาดมากกว่าความแข็งแรงของผลึก ทำให้ผลึกถูกทำลายและรอยแยกพัฒนาจนเซรามิกร้าวและแตกได้

ในปี พ.ศ. 2508 McLean และ Hughes ได้ใช้แนวคิดนี้พัฒนา อลูมินา รีเอ็นฟอซ พอร์ซเลน (Alumina reinforced porcelain) เขาพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของอลูมินา (Al_2O_3) ในพอร์ซเลน ผลึกอลูมินา ซึ่งแข็งแรงจะทำหน้าที่ขัดขวางการพัฒนาของรอยแยกได้¹⁰ แต่เนื่องจากผลึกอลูมินาที่ใส่เพิ่มนี้มีผลทำให้พอร์ซเลนดูขุ่นทึบแสงมากขึ้น ไม่ใสสวยงามเหมือนฟันธรรมชาติ จึงมีข้อจำกัดในการใช้เป็นเพียงโครง (core) ด้านในบาง ๆ ประมาณ 0.5 มิลลิเมตร และต้องทำการฉาบเพิ่มเติมด้วยเฟลด์สปาทิก พอร์ซเลน ซึ่งใสเหมือนฟันธรรมชาติ จนได้รูปร่างฟันตามต้องการ ฟันครอบใสเหมือนฟันทั้งนี้เรียกว่า พอร์ซเลน แจ็คเก็ตคราวน์ (Porcelain Jacket Crowns) หรือ พีเจซี (PJC) ความแข็งแรงของพอร์ซเลนยังคงจัดว่าต่ำคือประมาณ 80-100 เมกกะปาสคาล¹¹⁻²⁰ พอร์ซเลนชนิดนี้สามารถใช้สร้างครอบฟันเฉพาะฟันหน้าในกรณีที่ไม่มีแรงบดเคี้ยวมากนัก ห้ามใช้เป็นฟันครอบของฟันหลัง สามารถใช้สร้างออนเลย์ และวีเนียร์ แต่ต้องระวังเรื่องความขุ่นของโครงฟันซึ่งอาจทำให้ความสวยงามลดลงวัสดุที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเช่น ไฮซีแรม (Hi-Ceram) และ วิต้าดิว อลูมินาคอร์ (VitaDur Alumina core)

วิธีเพิ่มความแข็งแรงด้วยแนวคิดนี้อาจทำได้อีกวิธีหนึ่งคือการนำเซรามิกเข้าเตาเผาเซรามิกเป็นครั้งที่สองหลังจากขึ้นรูปตามต้องการแล้ว การเข้าเตาอบครั้งที่สอง ณ อุณหภูมิที่เหมาะสมจะทำให้แก้วบางส่วนเกิดการเปลี่ยนรูปเป็นผลึก (Crystalline) ที่แข็งแรงขึ้นในเนื้อเซรามิก ผลึกนี้จะทำหน้าที่ขัดขวางการกระทำต่อเซรามิกและขัดขวางการเพิ่มกระจายของรอยแยกเล็ก ๆ ทำให้เซรามิกแข็งแรงขึ้นไม่แตกหักง่าย ตัวอย่างเช่นในวัสดุไดคอร์ (Dicor) ซึ่งเป็นแก้วเซรามิก (glass ceramic) วิธีการขึ้นรูปเป็นตัวฟันปลอมเกิดขึ้นจากขบวนการเหวี่ยงแก้วที่หลอมเข้าไปในแบบพิมพ์ที่เตรียมไว้ ณ อุณหภูมิสูง (วิธีการเหมือนการสร้างฟันโลหะเหวี่ยงแต่ใช้แก้วเซรามิกแทนทองผสม) หลังจากได้ครอบฟันแล้ว ครอบฟันนี้จะถูกนำเข้าเผาในเตาเผา ณ อุณหภูมิสูงอีกครั้ง ขั้นตอนนี้เรียกว่าขั้นตอนซีแรมมิ่ง (Ceraming) ซึ่งแก้วไมก้า (mica) ภายในเซรามิกจะเกิดการเปลี่ยนเป็นผลึกไมก้าขึ้น ซึ่งผลึกนี้มีความแข็งแรงและสามารถขัดขวางการพัฒนาของรอยแยก

ได้เช่นกัน ในวัสดุ ออฟเทค (Optec) และไอพีเอส เอ็มเพรส (IPS-Empress) ก็มีขบวนการผ่านชั้นตอน ซีรามมิ่ง (Ceraming) เช่นกัน โดยผลึกลูไซต์ (Leucite) จะเกิดขึ้นภายในเนื้อเซรามิก และแข็งแรงพอที่จะต้านทานการแตกของเซรามิกได้ในระดับหนึ่ง เซรามิกทั้งสองชนิดอาจถูกเรียกว่า พอร์ซเลนที่มีลูไซต์สูง (High-Leucite porcelain)²¹ เซรามิกในระบบนี้จะมีความแข็งแรงต่อการแตกประมาณ 120-150 เมกกะปาสคาล¹¹⁻²⁰ สามารถใช้สร้างโครงฟันสำหรับงานอินเลย์ ออนเลย์ วีเนียร์ และครอบฟันซีเดียว มีรายงานว่าเซรามิกทั้งสองชนิดนี้ประสบความสำเร็จดีเมื่อใช้ในคนไข้ โดยเฉพาะในครอบฟันซีเดียวในฟันหน้า แต่ทั้งนี้จะต้องใช้ซีเมนต์ยึดแบบเรซินเท่านั้น เพราะเรซินซีเมนต์ช่วยเพิ่มความแข็งแรงต่อครอบฟันได้ดังจะได้อธิบายต่อไป

4. เทคนิคต่าง ๆ เหล่านี้บางครั้งมีการใช้ผสมผสานกันในการเพิ่มความแข็งแรงของเซรามิก เช่น อินซีแรม (InCeram) ได้ถูกแนะนำในวิชาชีพประมาณปี 2532 เซรามิกชนิดนี้ประกอบด้วยอลูมินา (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 นี้ทำหน้าที่เหมือนโครงโลหะของฟันครอบโลหะเซรามิก) แล้วโครงฟันจะถูกฉาบด้วยเฟลด์สปาร์ดีคพอร์ซเลน ขบวนการสร้างโครงเซรามิกนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนด้วยกัน โดยหลังจากผงผสมอลูมินาถูกพอกบนแบบจำลองฟันแล้ว จะถูกนำเข้าเตาเผาเซรามิก ขั้นตอนนี้เรียกว่า ซินเทอริง (Sintering) หลังจากผ่านขบวนการนี้จะได้โครงที่แข็งแรงแต่เปราะแตกหักง่าย เพราะยังคงเป็นพอร์ซเลนที่มีรูพรุนขนาดไมครอนอยู่มากมาย โครงนี้จะถูกตกแต่งจนได้ความบางและรูปร่างตามต้องการ หลังจากนั้นจะถูกเคลือบหาคด้วยผงแก้ว แลนทานัมอลูมิโนซิลิเกต (Lanthanum Aluminosilicate, $LaAl_2O_3SiO_2$) แล้วนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิสูงจนแก้วนี้จะละลายและแทรกซึมเข้าไปปิดรูพรุนขนาดเล็กนี้จนหมด ขั้นตอนนี้เรียกว่าขั้นตอนการกลาสอินฟิลเทรชัน (Glass Infiltration) โครงที่ผ่านขบวนการนี้จะมีมีความแข็งแรงอย่างมาก ไม่มีรูพรุนรอยร้าวใด ๆ อีกทั้งทนทานต่อการแตกหักสูงกว่าเซรามิกแบบไอพีเอส เอ็มเพรส (IPS-Empress) ไดคอร์ (Dicor) และออฟเทค เอชเอสพี (Optec HSP) ถึงประมาณ 4-6 เท่า เซรามิกในระบบนี้นิยมใช้เป็นครอบฟันซีเดียว (Single crown) ทั้งในฟันหน้าและฟันหลัง ใช้เป็นสะพานฟันในบริเวณฟันหน้า และใช้สร้างชิ้นงานอินเลย์ ออนเลย์ได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามเนื่องจากความต้านทานของขบวนการสร้างโครงของเซรามิกประเภทนี้มีความผิดพลาด

อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งส่งผลให้ครอบฟันนั้นอ่อนแอกว่าที่ควรจะเป็น เช่น การกรอโครงฟันที่ยังไม่ได้ผ่านขบวนการกลาสอินฟิลเทรชันโดยไม่ระวัง อาจทำให้เกิดรอยแตกร้าวเล็ก ๆ ในชิ้นงาน ทำให้โครงฟันอ่อนแอลงมาก ความผิดพลาดอาจเกิดในขั้นตอนการกลาสอินฟิลเทรชันได้โดยการทาแก้วน้อยเกินไป แก้วที่เหลือไม่สามารถแทรกซึมโครงได้เพียงพอทำให้รูพรุนเล็ก ๆ ยังหลงเหลืออยู่ซึ่งเป็นจุดอ่อนของโครง ด้วยเหตุต่าง ๆ นี้จึงได้มีการพยายามใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยสร้างโครงนี้ โดยลดความผิดพลาดที่อาจก่อให้เกิดความอ่อนแอของโครงฟัน เช่น ฟันเซรามิกแบบโปรเซรา (Procera)²⁷ ซึ่งเป็นโครงพอร์ซเลนที่มีอลูมินาสูงคล้ายฟันเซรามิกแบบอินซีแรม (In-Ceram) โครงเซรามิกโปรเซรานี้จะถูกผลิตโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ควบคุม โดยทันตแพทย์ทั่วไปจะต้องส่งแบบพิมพ์ฟันไปให้ทางห้องปฏิบัติการของบริษัทผลิตโปรเซรา แบบฟันจำลองจะถูกตรวจสอบด้วยเครื่องตรวจซึ่งจะส่งข้อมูลต่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์ ข้อมูลจะถูกใช้สร้างแบบฟันจำลองด้วยพลาสม่าเตอร์พิเศษ ต่อมาส่วนผสมของโครงเซรามิกจะถูกผสมโดยเครื่องคอมพิวเตอร์เช่นกัน แล้วจะถูกอัดลงบนแบบฟันตัดแต่งจนได้รูปร่างตามต้องการด้วยคอมพิวเตอร์ และนำเข้าเตาเผา ต่อมาผ่านกระบวนการแทรกซึมด้วยแก้วหรือกลาสอินฟิลเทรชันภายใต้คอมพิวเตอร์ความผิดพลาดจึงอาจจะน้อยกว่าในระบบอินซีแรม โครงฟันโปรเซรานี้มีความแข็งแรงประมาณ 500-600 เมกกะปาสคาล เซรามิกโปรเซราถูกใช้มากเป็นฟันครอบซีเดียวทั้งในฟันหน้าและในฟันหลัง อีกทั้งยังถูกใช้เป็นครอบฟันสำหรับรากเทียม (Implant)

วัสดุเซรามิกใหม่

ในพ.ศ. 2541 ไอพีเอสเอ็มเพรสทู (IPS-Empress 2) ได้ถูกแนะนำในวิชาชีพ เซรามิกนี้มีความแข็งแรงพอที่จะใช้สร้างเป็นสะพานฟันได้ ความแข็งแรงเพิ่มจากไอพีเอสเอ็มเพรสดั้งเดิม เพราะผลึกที่เกิดในโครงเซรามิกคือลิเทียมไดซิลิเกต (Lithium Disilicate) เป็นส่วนใหญ่²⁸ ซึ่งเป็นผลึกที่แข็งแรงกว่าผลึกลูไซต์ อีกทั้งเซรามิกที่ใช้ฉาบโครงให้เป็นรูปร่างคือเซรามิกที่มีผลึกฟลูออราพาไทท์ (Fluorapatite) อยู่ ทำให้ความแข็งแรงเซรามิกเพิ่มขึ้นจากระบบดั้งเดิมถึง 3 เท่า ไอพีเอสเอ็มเพรสทู สามารถใช้เป็นฟันครอบซีเดียวทุกตำแหน่งในช่องปาก และเป็นสะพานฟัน 3 ซี่ (มีฟันพอนดิก 1 ซี่) ในตำแหน่งฟันหน้าจนถึงฟันกรามน้อยซี่ที่สองได้

ในฟันกรามเซรามิกทั้งซี่สี่เหมือนฟันนี้ นอกจากต้องการ

วัสดุที่มีความแข็งแรงสูงแล้ว บางครั้งยังต้องเป็นวัสดุที่มีสีสวยงามสามารถเลียนแบบความเป็นธรรมชาติของฟันมนุษย์ได้อย่างสมบูรณ์แบบในเซรามิคระบบอินซีเรม ปัจจุบันแบ่งย่อยได้เป็น 3 ชนิดคือ อินซีเรม อลูมินา (In-Ceram Alumina), อินซีเรม สปินเนล (In-Ceram Spinel) และอินซีเรมเซอร์โคเนีย (In-Ceram Zirconia) แต่ละชนิดมีระดับความสวยงามและระดับความแข็งแรงแตกต่างกัน อินซีเรม อลูมินานั้นแข็งแรงระดับกลางแต่ผิวอลูมินาที่บ่งแสง ซึ่งอาจทำให้ฟันครอบที่ติดอยู่บางครั้งดูที่บ่งแสงกว่าธรรมชาติเล็กน้อย บริษัทผู้ผลิตจึงได้นำอินซีเรม สปินเนล ซึ่งมีความใสกว่าและดูสวยงามเป็นธรรมชาติมากกว่าอินซีเรมอลูมินา²⁹ ผลึกในอินซีเรม สปินเนลคือผลึกแมกเนเซียมอลูมินา (Magnesium Alumina) ซึ่งมีความใสกว่าผลึกอลูมินาของอินซีเรมอลูมินา แต่มีความแข็งแรงน้อยกว่า²⁹ ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้ในเฉพาะบริเวณที่ต้องการความสวยงามอย่างสูง เช่นบริเวณฟันหน้าบนแต่ไม่สามารถใช้ในฟันหลังหรือใช้เป็นสะพานฟันได้ นอกจากสองระบบนี้แล้ว บริษัทยังผลิตเซรามิคใหม่ขึ้นและวางตลาดในปี 2542 ชื่อ อินซีเรมเซอร์โคเนีย ซึ่งสามารถใช้เป็นสะพานฟันในฟันหลังและฟันครอบที่ติดอยู่ในฟันหลังได้ ในระบบนี้ผลึกที่เกิดขึ้นคือผลึกเซอร์โคเนียมีความแข็งแรงมากกว่าอลูมินาโดยผลึกนี้จะดูดซับแรงที่มากกระทำต่อผลึก อีกทั้งผลึกยังเปลี่ยนรูปร่างโครงสร้างได้เล็กน้อยทำให้วัสดุมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ทนต่อการแตกได้สูง แต่ข้อด้อยคือผลึกเซอร์โคเนียนี้จะมี ความทึบแสงมาก ทำให้ครอบฟันที่ผลิตด้วยเซรามิคระบบนี้ดูทึบไม่โปร่งแสงเหมือนระบบอื่น ๆ ทางบริษัทผู้ผลิตจึงไม่แนะนำให้ใช้ในบริเวณฟันหน้า

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

การเลือกใช้ซีเมนต์ยึดเซรามิค

การเลือกใช้ซีเมนต์ยึดแบบเรซิน (Resin Luting cement) สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้กับเซรามิคได้ ทั้งนี้ได้มีการศึกษาพบว่าความทนทานต่อการแตกหัก (Fracture strength) ของฟันครอบจะสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้เรซินซีเมนต์ยึดเซรามิค³⁰⁻³⁵ ทั้งนี้เพราะเชื่อว่าเรซินซีเมนต์จะเข้าไปเติมเต็มในรูหรือรอยแยกเล็ก ๆ ในเนื้อเซรามิค ทำให้รอยแยกนั้นไม่เกิดการร้าวเพิ่มขึ้น อีกทั้งเมื่อเรซินซีเมนต์ยึดเซรามิคไว้บนตัวฟันอย่างสมบูรณ์ด้วย

วิทยาการกาวหน้าของสารช่วยในการยึดติด (Bonding Agent) สมัยนี้ เมื่อมีแรงมากกระทำต่อฟันครอบแรงจะถูกถ่ายทอดโดยตรงสู่ตัวฟัน³⁶⁻⁴² จึงไม่เกิดแรงดึง (tension) ขึ้นในเซรามิค ฟันครอบจึงแข็งแรงขึ้นดังนั้นเรซินซีเมนต์จึงมักถูกพิจารณาใช้ร่วมกับการบูรณะฟันด้วยเซรามิค⁴¹ แต่เนื่องจากความแตกต่างของเซรามิคตามที่ได้กล่าวมา เรซินซีเมนต์อาจจะไม่ใช่ซีเมนต์ชนิดเดียวที่จะเลือกใช้กับวัสดุเซรามิค ทันตแพทย์ต้องมีความเข้าใจและเรียนรู้เซรามิคในระบบนั้น ๆ และเลือกใช้ซีเมนต์ยึดที่เหมาะสม

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

อย่างไรก็ตามเซรามิคในระบบโปรเซรา (Procera) และอินซีเรม⁴³ นั้นสร้างจากเซรามิคที่มีผลึกที่แข็งแรงมาก กรดไฮโดรฟลูออริกไม่สามารถกัดกร่อนผลึกนี้ได้⁴⁴ การใช้กรดกัดจึงมิได้ช่วยเพิ่มแรงยึดแต่อย่างใด ในการครอบฟันทั้งสองระบบนี้ การเตรียมครอบเซรามิคจึงใช้เพียงวิธีการฟันเป่าด้วยผงอลูมินาขนาด 60 ไมครอนเท่านั้นก็เพียงพอ อีกทั้งโครงของสองระบบนี้แข็งแรงมาก ทันตแพทย์จะเลือกใช้ซีเมนต์ยึดชนิดใดก็ได้ ความทนทานต่อการแตกของครอบเซรามิคมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซีเมนต์ยึดอาจใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ (ZnPO₄) กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (glass-ionomer cement), เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Resin-modified glass ionomer) หรือเรซินซีเมนต์ (Resin cement)^{43,45-47}

การใช้เรซินซีเมนต์ยึดครอบฟันจะเพิ่มความทนทานต่อการแตกของครอบฟันระบบไอพีเอส เอ็มเพรส, ไอพีซี และฟอร์ซเลน แจ็คเก็ตคราวน์ ส่วนครอบฟันในระบบเอ็มเพรสทู ทางบริษัทแนะนำให้สามารถใช้ซีเมนต์ชนิดไฮบริดไอโอโนเมอร์ (Hybrid Ionomer) ที่ทางบริษัทผลิตสำหรับยึดครอบฟันได้

ข้อควรระวังในการเลือกใช้ซีเมนต์ยึด คือซีเมนต์บางชนิด (เช่น Advance, Dentsply) มีการขยายตัวสูงมากจากการดูดซึมน้ำ แรงจากการขยายตัวของซีเมนต์ที่สูงมากจะทำให้ฟันครอบเซรามิคแตกร้าวได้ และเมื่อใช้ยึดอินเลย์ก็อาจทำให้ฟันแท้แตก

ได้เช่นกัน กลไกการขยายตัวของซีเมนต์จนทำให้ฟันครอบเซรามิกแตกยังคงไม่ทราบแน่ชัด แต่ทันตแพทย์ต้องระวังในการเลือกใช้ซีเมนต์ยึดครอบฟันเซรามิกทั้งนี้⁴⁷

วิจารณ์และสรุป

เซรามิกมีพัฒนาการเรื่อยมา จนในปัจจุบันเซรามิกมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะนำมาใช้ในงานทันตกรรมอีกทั้งยังมีความสวยงามสามารถเลียนแบบฟันมนุษย์ได้อย่างดีเยี่ยม เซรามิกแต่ละระบบมีความแข็งแรงที่แตกต่างกัน ทันตแพทย์ต้องเลือก

ใช้วัสดุให้เหมาะสมกับงานทางทันตกรรมนั้น ความเข้าใจถึงพัฒนาการและความแข็งแรงของวัสดุจะสามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกใช้ระบบเซรามิกที่เหมาะสมได้ นอกจากนี้การเลือกใช้ซีเมนต์ยึดครอบฟันก็มีความสำคัญต่ออายุการใช้งานและความแข็งแรงของฟันที่ถูกบูรณะนั้น ๆ เช่นกัน ในงานบูรณะฟันแบบเซรามิกทั้งที่ควรเลือกใช้เรซินซีเมนต์ ยกเว้นในครอบฟันเซรามิกระบบอินซีแรมและไฟเซร่า ทันตแพทย์สามารถเลือกใช้ซีเมนต์ชนิดอื่นยึดครอบฟันได้

ตารางที่ 1 แสดงการเลือกใช้เซรามิกระบบต่างๆ ในงานทันตกรรม

Table 1 Show the use of ceramic in dentistry.

เซรามิก	อินเลย์	ออนเลย์	ฟันครอบ ซีเดียฟัน หน้า	ฟันครอบ ซีเดียฟัน หลัง	สะพานฟันไม่ เกิน 3 ซี ฟัน หน้า	สะพานฟันไม่ เกิน 3 ซีไม่ เกินฟันกราม น้อย	สะพานฟันไม่ เกิน 3 ซีฟัน กรามใหญ่	วีเนียร์
1. อลูมินาเรีเอ็น ฟอส ฟอร์เซเลน และเฟลด์สปาติก ฟอร์เซเลน	√	√	OK					
2. ไอพีเอส เอ็ม เพรส และ ไอพีซี	√	√	√					√
3. ไอพีเอส เอ็ม เพรสทู	√	√	√	√	√	√		NI
4. อินซีแรม อลู มินา	NI	NI	√	√	√	OK		NI
5. อินซีแรม สปินเนล	√	√	√					NI
6. อินซีแรม เซอโคเนีย				√		√	√	
7. ไฟเซร่า				√	√	√		
8. แคดแคม	√	√	√	NI				√

√ = สามารถใช้ได้

NI = ไม่มีข้อมูลระบุ แต่อาจใช้ได้

OK = สามารถใช้ได้เฉพาะในคนไข้ที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

- Giordano RA. Dental ceramic restorative systems. *Compend Contin Educ Dent* 1996;17:779-94.
- Christensen GJ. Porcelain-fused-to-metal vs. nonmetal crowns. *J Am Dent Assoc* 1999;130:409-11.
- Pietrobon N, Paul SJ. All-ceramic restorations : a challenge for anterior esthetics. *J Esthet Dent* 1997;9:179-86.
- McLean JW : The science and art of dental ceramics, Voll 1. Chicago : Quintessence Publishing, 1979:112-80.
- Fradeani M, Barducci G. Versatility of IPS Empress restoration Part 1 : Crowns. *J Esthet Dent* 1996;8:127-35.
- 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.
- 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.
- Rekow D. Computer-aided design and manufacturing in dentistry : a review of the state of the art. *J Prosthet Dent* 1987;58:512-6.
- Dietschi D, Spreafico R. Adhesive metal-free restorations : Current concepts for the esthetic treatment of posterior teeth. Chicago : Quintessence Publishing, 1997:169-83.
- McLean JW, Hughes TH. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. *Br Dent J* 1965;119:251-67.
- 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.
- Wagner WC, Chu TM. Biaxial flexural strength and indentation fracture toughness of three new dental core ceramics. *J Prosthet Dent* 1996;76:140-4.
- Pröbster L, Diehl J. Slip-casting alumina ceramics for crown and bridge restorations. *Quintessence Int* 1992;23:25-31.
- 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.
- Seghi RR, Denry IL, Rosenstiel SF. Relative fracture toughness and hardness of new dental ceramics. *J Prosthet Dent* 1995;74:145-50.
- Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in Dentistry : historical roots and current perspectives. *J Prosthet Dent* 1996;75:18-32.
- Rosenblum MA, Schulman A. A review of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc* 1997;128:297-307.
- 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.
- Lehner CR, Scharer P. All-ceramic crowns. *Curr Opin Dent* 1992;2:45-52.
- Yoshinari M, Derand T. Fracture strength of all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 1994;7:329-38.
- Mackert JR, Russell CM. Leucite crystallization during processing of a heat-pressed dental ceramic. *Int J Prosthodont* 1996;9:261-5.
- Sieber C. Illumination in anterior teeth. *QDT Yearbook* 1992;15:81-8.
- Claus H. Vita In-Ceram, a new procedure for preparation of oxide-ceramic crown and bridge framework. *Quintessenz Zahn tech* 1990;16:35-46.
- 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.
- McLean JW. New dental ceramics and esthetics. *J Esthet Dent* 1995;7:141-9.
- Seghi RR, Daher T, Caputo A. Relative flexural strength of dental restorative ceramics. *Dent Mater* 1990;6:181-4.
- White SN, Caputo AA, Li ZC, Zhao XY. Modulus of rupture of the Procera all-ceramic system. *J Esthet Dent* 1996;8:120-6.
- Sorensen JA, Cruz M, Mito WT, Raffiner 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.
- Magne P, Belser U. Esthetic Improvements and In Vitro testing of In-Ceram Alumina and Spinell ceramic. *Int J Prosthodont* 1997;10:459-66.
- Pröbster L. Survival rate of In-Ceram restorations. *Int J Prosthodont* 1993;6:259-63.
- Pröbster L. Four year clinical study of glass-infiltrated, sintered alumina crowns. *J Oral Rehabil* 1996;23:147-51.
- Garber DA, Goldstein RE. Porcelain & composite inlays & onlays : Esthetic Posterior restorations. Chicago : Quintessence Publishing, 1994:13-22, 104-16, 133-52.
- Dietschi D, Spreafico R. Adhesive metal-free restorations : Current concepts for the esthetic treatment of posterior teeth. Chicago : Quintessence Publishing, 1997:139-68.
- Chiche GJ, Pinault A. Esthetics of anterior fixed prosthodontics. Chicago : Quintessence Publishing, 1994:97-114.
- Thompson JY, Anusavice KJ, Naman A, Morris HF. Fracture surface characterization of clinically failed all-ceramic crowns. *J Dent Res* 1994;73:1824-32.
- Kelly JR, Giordano R, Pober R, Cima MJ. Fracture surface analysis of dental ceramics : clinically fail restorations. *Int J Prosthodont* 1990;3:430-40.
- Anusavice KJ, Hojjatie B. Tensile stress in glass-ceramic crowns : effect of flaws and cement voids. *Int J Prosthodont* 1992;5:351-8.
- Buithieu H, Nathanson D. Effect of ionomer base on ceramic resistance to fracture (Abstract # 572). *J Dent Res* 1993;72:175.
- Calamia JR. High-strength porcelain bonded restorations : anterior and posterior. *Quintessence Int* 1989;20:717-26.
- 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.
- Groten M, Pröbster L. The influence of different cementation modes on the fracture resistance of feldspathic ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 1997;10:169-77.
- 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.
- Christensen GJ. Ceramic vs porcelain-fused-to metal crowns : give your patients a choice. *J Am Dent Assoc* 1994;125:311-4.
- 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.
- 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

**Chalernpol 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
