

การซ่อมชิ้นงานบูรณะเซรามิกล้วนในช่องปาก

Intraoral Repair of All Ceramic Restoration

อุมาพร วิมลกิตติพงษ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
Uamporn Vimokkittipong
Faculty of Dentistry, Ransit University

ชม. ทันตสาร 2558; 36(2) : 25-35
CM Dent J 2015; 36(2) : 25-35

บทคัดย่อ

ปัจจุบันครอบฟันและสะพานฟันเซรามิกล้วนได้รับความนิยมและใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากให้ความสวยงามและถูกพัฒนาให้มีความแข็งแรงสามารถทดแทนฟันที่หายไปทั้งฟันหน้าและฟันหลัง ปัญหาที่พบบ่อยหลังการใช้งานเซรามิกล้วน คือ การแตกของเซรามิกส่วนวีเนียร์หรือส่วนแกน ซึ่งการซ่อมแซมด้วยวัสดุอุดเรซินคอมโพสิตในช่องปากเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ป่วยที่ไม่ต้องการรีครอบฟันหรือสะพานฟันเพื่อทำชิ้นงานใหม่ การซ่อมแซมเซรามิกที่แตกให้เกิดผลสำเร็จขึ้นกับความแข็งแรงของผิวยึดติดระหว่างพื้นผิวเซรามิกกับเรซินคอมโพสิตที่สำคัญ คือ การยึดติดเชิงกลและทางเคมี ซึ่งจำเป็นต้องมีการเตรียมผิวของเซรามิกให้เหมาะสมกับชนิดและองค์ประกอบของเซรามิกส่วนที่เหลืออยู่เพื่อให้เกิดการยึดติดสูงสุด บทความนี้จะกล่าวถึงการจำแนกเซรามิกล้วนแยกตามองค์ประกอบเซรามิก อัตราการอยู่รอดและปัญหาที่พบบ่อยหลังการใส่ครอบฟันเซรามิก ลักษณะการแตกของเซรามิก การ

Abstract

Nowadays, all-ceramic crowns and bridges become popular due to their beauty and they were developed to have sufficient strengths to replace both anterior and posterior missing teeth. One of the problems encountered after the uses of all-ceramic restorations is their breaking, which can be found in both veneer and core parts. Therefore, the intraoral repairs with resin composite filling are an alternative for the patients who do not want to remove the old restoration and make a new one. The success of ceramic repairs depends on their bonding strengths of ceramic surfaces and resin composites, which are caused by mechanical and chemical mechanisms. It is necessary to prepare broken ceramic surfaces treatment to fit to the types and the components of the broken ceramics

Corresponding Author:

อุมาพร วิมลกิตติพงษ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต 12000

Umaporn Vimokkittipong
Faculty of Dentistry, Ransit University,
E-mail: mos_aum@hotmail.com

ซ่อมแซมครอบฟันเซรามิกล้าวนที่แตกด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต และการเตรียมผิวครอบฟันเซรามิกล้าวนที่แตกแบ่งตามชนิดของเซรามิก

คำสำคัญ: การเตรียมผิว ครอบฟันเซรามิก ซ่อมแซมแตกหัก

in order to achieve the maximum adhesion. This article described the types and the components of all-ceramic crowns, their survival rates and problems after all-ceramic restoration, the characteristics of broken ceramic and surface treatment of broken all-ceramic crowns for resin composite repair and surface treatment.

Keywords: surface treatment, all-ceramic crowns, repair, broken

บทนำ

ปัจจุบันงานครอบฟันและสะพานฟันชนิดเซรามิกล้าวน (all ceramic restorations) ได้รับความนิยมและใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากผู้ป่วยต้องการความสวยงามมากขึ้น ปัจจุบันเซรามิกมีการพัฒนา เช่น การปรับปรุงองค์ประกอบของเซรามิกให้มีความใส สวยงาม ลดความทึบแสงจากแกนกลาง และมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะนำมาใช้ทำครอบฟันและสะพานฟันหน้าหรือฟันหลัง^(1,2,3) การใช้เซรามิกล้าวนบูรณะฟันให้ประสบความสำเร็จ ควรหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีระยะระหว่างด้านสบฟันที่ไม่เพียงพอ (inadequate interocclusal distance) ฟันหลักเตี้ย (short clinical crown) การสบฟันที่มีมิติตั้งมากโดยไม่มีการสบในแนวราบของฟันหน้า (deep vertical overlap without horizontal overlap) มีการยื่นยาวของฟันคู่สบ (opposing supraerupted tooth) และสภาวะที่มีแรงสบฟันมากเกินไปจากการทำงานนอกหน้าที่ (parafunctional activity) ซึ่งสังเกตพบการสึกอย่างมาของฟันด้านบดเคี้ยว ปัจจุบันเหล่านี้เป็นสาเหตุให้เซรามิกแตกได้^(4,5) ปัจจัยที่ทำให้เกิดความเสียหายในการเลือกใช้เซรามิกล้าวนบูรณะฟัน ได้แก่ ความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับคุณสมบัติของเซรามิกแต่ละชนิด เพื่อเลือกชนิดของเซรามิกที่เหมาะสมกับบริเวณที่ใส่ฟัน ตำแหน่งฟันหลักและบริเวณรับแรง นอกจากนี้ความสำเร็จยังขึ้นกับการขึ้นรูปขึ้นงานที่เหมาะสมกับชนิดของเซรามิกและกระบวนการยึดติดขึ้นงานที่ดี⁽¹⁾

การจำแนกเซรามิกล้าวนแยกตามองค์ประกอบเซรามิก

การจำแนกเซรามิกล้าวนสามารถจำแนกได้หลายแบบ เช่น จำแนกตามองค์ประกอบของเซรามิก กระบวนการผลิตขึ้นรูปขึ้นงานและการใช้งานในคลินิก⁽¹⁾ ในการซ่อมแซมเซรามิกล้าวนที่แตก ทันตแพทย์ควรมีความเข้าใจในองค์ประกอบของเซรามิกที่ใช้เป็นส่วนแกน (ceramic core) และเซรามิกวีเนียร์ (ceramic veneer) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ

1. เซรามิกที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลัก (silica-based ceramic) ได้แก่

1.1 เซรามิกชนิดเฟลสปาทิก (feldspathic ceramic) มีความแข็งแรงต่ำ เปราะ แตกหักง่าย มีความโปร่งแสง นิยมนำมาใช้ในบริเวณที่ต้องการความสวยงาม เช่น ใช้เป็นเซรามิกวีเนียร์เพื่อปิดทับส่วนแกนของครอบฟันซึ่งมีลักษณะทึบแสง^(6,7,8)

1.2 กลาสเซรามิกชนิดเสริมความแข็งแรงด้วยลูไซต์ (leucite reinforced glass ceramic) มีการเติมผลึกลูไซต์ในแก้วเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของเซรามิก สามารถใช้ทำอินเลย์ (inlay) ออนเลย์ (onlay) และครอบฟันหน้า⁽⁹⁾ เซรามิกกลุ่มนี้ได้แก่ ไอพีเอส เอ็มเพรส (IPS Empress: Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

1.3 กลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต (lithium disilicate based ceramic) มีองค์ประกอบของผลึกลิเทียมไดซิลิเกตทำให้เซรามิกมีความแข็งแรงมากขึ้น สามารถใช้ทำครอบฟันหลังหรือสะพานฟันหน้าได้ เซรามิกกลุ่มนี้ได้แก่

ไอพีเอส เอ็มเพรสทู (IPS Empress II: Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ไอพีเอส อีแม็ค (IPS e. max; Press, CAD or ZirCAD: Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

2. เซรามิกที่มีอะลูมินาเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน (alumina based ceramic) ประกอบด้วยออกไซด์ของโลหะอะลูมิเนียม (Al_2O_3) ที่อยู่รวมกันเป็นผลึกหนาแน่น มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบส่วนน้อย ใช้ทำครอบฟันและสะพานฟัน⁽¹⁰⁾ ได้แก่ อินซีแรมอะลูมินาและอินซีแรมเซอร์โคเนีย (In-Ceram Alumina, Zirconia: VITA, Zahnfabrik, Germany), โพรเซรา (Procera: Nobel Biocare AB, Goteborg, Sweden)

3. เซรามิกที่มีเซอร์โคเนียเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน (zirconia based ceramic) มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบส่วนน้อย เนื่องจากเซอร์โคเนียมีผลึกที่เสถียรมาก มีความแข็งแรงสูง จึงสามารถนำมาใช้ทำสะพานฟันหลัง^(10,11) ได้แก่ เซอร์คอน (Cercon: Dentsply Ceramo, York, Pennsylvania, U.S.A.) ลาวา (Lava: 3M ESPE, St. Paul, Minnesota, U.S.A.) ไอพีเอส อีแม็กซ์ เซอร์แคด (IPS e.max ZirCAD; Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

เซรามิกที่มีอะลูมินาหรือเซอร์โคเนียเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน มีการอัดแน่นของผลึกออกไซด์ เซรามิกจึงมีความแข็งแรงมาก และมีความทึบแสง จึงมักใช้เซรามิกกลุ่มนี้เป็นส่วนแกนกลางและถูกปิดทับด้วยวีเนียร์เฟลสปาทิกเพื่อความสวยงาม^(10,12)

อัตราการอยู่รอดและปัญหาที่พบในชิ้นงานบูรณะเซรามิกล้วนภายหลังการใส่ฟัน

อัตราการอยู่รอด (survival rate) ของการบูรณะด้วยครอบฟันเซรามิกล้วนใน 5 ปีแรกเท่ากับร้อยละ 88-100 และภายหลัง 5 ปีถึง 14 ปี เท่ากับร้อยละ 84-97^(13,14,15,16) ปัญหาที่พบของครอบฟันเซรามิกซึ่งนำมาสู่ความล้มเหลวของชิ้นงานเกิดได้จาก 2 ปัจจัย⁽¹⁷⁾ คือ ปัญหาด้านชีวภาพ (biological complication) ได้แก่ ฟันผุซ้ำ (recurrent caries) เนื้อเยื่อในอักษแบบไม่ผันกลับ (irreversible pulpitis) สภาวะปริทันต์อักเสบรุนแรง ฟันหลักแตกหัก และปัจจัยด้านเทคนิคในการสร้างชิ้นงานบูรณะ (technique complication) ได้แก่ ส่วนเชื่อมต่อหัก ครอบฟันส่วนวีเนียร์บิ่นแตก ขอบของครอบฟันร้าว ครอบฟันหลุดออกจากฟันหลัก อย่างไรก็ตามการ

อยู่รอดของครอบฟันเซรามิกล้วนมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัย⁽¹⁸⁾ เช่น ลักษณะของการสบฟัน ตำแหน่งของครอบฟันในช่องปาก เหตุผลในการใส่ครอบฟัน ลักษณะของงานครอบฟัน และสภาวะการเกิดฟันผุในช่องปาก จากการติดตามอัตราการอยู่รอดของงานครอบฟันและสะพานฟันเซรามิกล้วนจากบทความต่างๆ ปัญหาที่พบบ่อยที่สุด คือ การแตกของเซรามิก ซึ่งพบได้ในชั้นวีเนียร์และส่วนแกนกลาง^(1,19,20,21)

ลักษณะการแตกหักของครอบฟันเซรามิกล้วน

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการแตกหักของครอบฟันเซรามิกล้วน ได้แก่ แรงบิดเคี้ยว แรงกระแทก การออกแบบครอบฟันที่ไม่เหมาะสม ตำแหน่งภายในชิ้นงาน⁽²²⁾ เนื่องจากวัสดุเซรามิกมีความเปราะ ดังนั้นเมื่อครอบฟันเซรามิกได้รับแรงซ้ำๆ จึงนำไปสู่การแตกร้าวหรือหักได้ โดยเฉพาะเซรามิกชนิดเฟลสปาทิก ซึ่งมีความเปราะและทนต่อแรงดัดโค้ง (flexural strength) และแรงดึงต่ำ (tensile strength)⁽²³⁾ การศึกษาชิ้นงานเซรามิกล้วนในห้องปฏิบัติการซึ่งสร้างเป็นส่วนแกนและปิดทับด้วยวีเนียร์เฟลสปาทิก พบชั้นวีเนียร์แตกหักได้ง่ายเมื่อเซรามิกอยู่ภายใต้แรงดึง^(23,24) การศึกษาของ Anusavice⁽¹⁵⁾ ได้กล่าวถึงการแตกของเซรามิกเช่นเดียวกับ Heintze และ Rousson⁽¹⁹⁾ ซึ่งได้จำแนกความรุนแรงของการแตกหักของครอบฟันเซรามิกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

ระดับ 1 เซรามิกที่มีการแตกของชั้นวีเนียร์เล็กน้อย การแตกหักนี้สามารถทำโดยการขัดผิวให้เรียบ

ระดับ 2 เซรามิกที่มีการแตกของวีเนียร์ในระดับปานกลาง สามารถใช้วัสดุอุดฟันคอมโพสิตในการซ่อมแซม

ระดับ 3 เซรามิกที่มีการแตกของชั้นวีเนียร์ระดับรุนแรง คือ แตกจนถึงส่วนแกน การรีทำชิ้นงานใหม่เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด

อย่างไรก็ตามการจำแนกระดับความรุนแรงของการแตกหักดังกล่าวยังไม่มีความชัดเจนถึงระดับการแตกที่ชัดเจน มีเพียงข้อเสนอแนะว่า หากการแตกหักเกิดขึ้นบริเวณใช้งานหรือจุดสบฟัน การซ่อมแซมอาจไม่ใช่ทางเลือกที่เหมาะสมในการแก้ไข และในการแก้ไขโดยการกรอหรือขัดแต่งเพื่อปรับเปลี่ยนรูปร่างบริเวณรอยแตกควรคำนึงถึงความร้อนจากการกรอที่อาจส่งผลต่อเนื้อเยื่อในอักษและอาจทำให้ผู้ป่วยไม่ยอมรับผลจากการกรอแต่งหากทันตแพทย์กรอชิ้นงานมากจนครอบฟันหรือชิ้นงานบูรณะเสียรูปร่างไปจากเดิม

จากการติดตามการแตกของครอบฟันของชั้นเซรามิกวีเนียร์พบว่า^(19,25) การแตกระดับ 1 และ 2 มีความถี่ มากกว่าระดับ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปัจจัยที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการแตกของชั้นเซรามิกวีเนียร์และส่วนแกน ได้แก่ การตกค้างของความเครียดที่เกิดจากความแตกต่างของสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนในขณะเผาเซรามิก (coefficient of thermal expansion) ระหว่างเซรามิกที่ใช้ทำแกนกลางและเซรามิกส่วนวีเนียร์ ความผิดพลาดจากกระบวนการสร้างชิ้นงาน การแตกหักของเซรามิกแบ่งเป็น 2 ลักษณะ⁽¹⁹⁾ คือ (1) การแตกแบบเชื่อมแน่น (cohesion) หรือ การบิ่น (chipping) คือ การแตกซึ่งเกิดขึ้นในชั้นวีเนียร์ โดยไม่กระทบกับเซรามิกส่วนแกนกลาง และ (2) การแตกหักแบบการยึดติด (adhesion) คือ การแตกที่เกิดขึ้นบริเวณรอยต่อของวีเนียร์และส่วนแกนกลาง มีหลายการศึกษาพบว่าการแตกหักของเซรามิกในชั้นวีเนียร์เป็นปัญหาที่พบหลักของงานครอบฟัน^(14,27,28,29) โดยการแตกของครอบฟันเซรามิกล้วนมักเป็นการแตกแบบเชื่อมแน่น คือ เซรามิกส่วนวีเนียร์แตกหลุดออกจากกันเอง จากการศึกษาการแตกของครอบฟันเซรามิกล้วนที่มีเซอร์โคเนียเป็นแกนและมีเซรามิกวีเนียร์ปิดทับแกน พบการแตกหักที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะการแตกแบบการเชื่อมแน่นในชั้นของเซรามิกวีเนียร์^(26,30,31) การแตกหักของเซรามิกล้วนในงานสะพานฟันมักเกิดที่ตำแหน่งฟันแขวน (pontic) กับส่วนยึดหลัก (retainer) คือบริเวณส่วนโยง (connector) สูงสุด เนื่องจากเป็นบริเวณที่รับแรงดึงมากที่สุด^(10,32) การหักของส่วนโยงเกิดจากแรงบิดเคี้ยวที่มากเกินไป ข้อจำกัดจากระยะฟันคู่สบซึ่งทำให้ส่วนโยงมีขนาดที่ไม่ถูกต้อง ไม่แข็งแรง การใช้อะลูมินาออกไซด์เซรามิกทำสะพานฟันหน้า ต้องมีหน้าตัดของส่วนโยงอย่างน้อย 12 ตารางมิลลิเมตร และหากใช้ลิเทียมไดซิลิเกตเซรามิกเป็นสะพานฟันเพื่อทดแทนฟันกรามน้อยที่หายไปต้องมีหน้าตัดส่วนโยง 16 ตารางมิลลิเมตร⁽³³⁾ จากงานวิจัยพบว่า ลักษณะการแตกหักบริเวณส่วนโยงของสะพานฟันลิเทียมไดซิลิเกตเซรามิก^(34,35) เป็นการแตกแบบเชื่อมแน่น คือ เซรามิกวีเนียร์หลุดแตกออกจากกัน วิธีที่ง่ายที่สุดในการลดการดำเนินต่อของรอยร้าวที่เกิดจากเซรามิกแตก คือ การกรอขัดผิวบริเวณที่แตกให้เรียบก่อนการซ่อมแซม โดยการซ่อมแซมสามารถทำได้หลายวิธี⁽³⁶⁾ เช่น การทดแทนชิ้นส่วนที่แตกหักด้วยการอุดด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต การนำเซรามิก

ส่วนที่แตกมายึดกลับสู่ตำแหน่งเดิมด้วยเรซินซีเมนต์ หรือ การเตรียมชิ้นงานเซรามิกวีเนียร์ใหม่เพื่อนำมาติดกับเซรามิกวีเนียร์เดิมบนครอบฟัน การซ่อมแซมด้วยวัสดุอุดฟันเรซินคอมโพสิตเป็นทางเลือกหนึ่งเมื่อพบการแตกขนาดเล็ก และอยู่ในบริเวณที่ไม่ได้รับแรง ข้อดีคือ ไม่ต้องรื้อชิ้นงานทั้งหมดออก ทำได้ง่ายไม่ยุ่งยาก ใช้เวลาไม่นาน และค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการรื้อครอบฟันเพื่อทำชิ้นงานใหม่ แต่อย่างไรก็ตามทันตแพทย์ควรชี้แจงผู้ป่วยทราบถึงข้อเสียของการซ่อมแซมด้วยวัสดุอุดซึ่งอาจเกิดการเปลี่ยนสีบริเวณรอยต่อหรือวัสดุอุดที่ซ่อมเต็มได้ หรือเกิดการหลุดของวัสดุอุดได้หากเป็นตำแหน่งที่ต้องรับแรงหากผู้ป่วยขาดความระมัดระวังในการใช้งาน⁽³⁷⁾ สำหรับการแตกหักบริเวณส่วนโยงของสะพานฟัน การซ่อมเซรามิกที่แตกหักบริเวณส่วนโยงด้วยวัสดุอุดฟันเรซินคอมโพสิตเพียงอย่างเดียวอาจไม่แข็งแรงเพียงพอต่อแรงดึงที่ทำให้วัสดุแยกขาดจากกัน การใช้เรซินคอมโพสิตร่วมกับเสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยแก้ว (glass fiber-reinforced composite) เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถหยุดการแตก (crack propagation) บริเวณรอยต่อและสามารถทนต่อแรงดึงที่เกิดขึ้นได้สูงกว่าวัสดุเรซินคอมโพสิตอย่างเดียว^(38,39)

การเตรียมผิวครอบฟันเซรามิกล้วนที่แตกเพื่อการซ่อมแซมด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต

การซ่อมแซมชิ้นงานเซรามิกที่แตกหักให้เกิดผลสำเร็จขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของการยึดติด (bond) ระหว่างพื้นผิวเซรามิกกับเรซินคอมโพสิต^(40,41) ซึ่งได้จาก 2 กลไกสำคัญประกอบกัน คือ

1. การสร้างการยึดติดเชิงกล (micro-mechanical retention) เกิดจากการกัดผิวเซรามิกชนิดซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลักด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก และ/หรือ การพ่นผิวเซรามิกชนิดที่เป็นออกไซด์เซรามิกให้มีความขรุขระด้วยการเป่าผิวด้วยอะลูมินาออกไซด์หรือการเคลือบผิวบริเวณรอยแตกด้วยซิลิกา (silica coating)⁽⁴¹⁾
2. การสร้างการยึดติดทางเคมี โดยการใช้นิวโรซิลาน (silane coupling agent) ซิวเลนที่ใช้ในทันตกรรม คือ 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane ซึ่งมีฟังก์ชันโมเลกุลอยู่ทั้ง 2 ข้าง โดยข้างหนึ่งเป็นกลุ่มเมทาโคเลทซึ่งสามารถจะเกิดการเชื่อมกับสารออกแกนิกเช่น แอดฮีซีฟที่มีองค์ประกอบเมทาโคเลทและเรซิน อีกข้างเป็นกลุ่มซิลานอล

ซึ่งภายหลังการไฮโดรไลซิสจะเกิดกลุ่มไฮดรอกซิล (-OH) ทำให้เกิดการยึดทางเคมีกับสารอินทรีย์อนินทรีย์ เช่น ฟิวพอร์ซ-เลน ออกไซด์ของโลหะ⁽⁴²⁾ เมื่อเปรียบเทียบแรงยึดที่เกิดขึ้นของการยึดด้วยแอตซีซีฟต่างระบบกันพบว่า เมื่อทดสอบกับฟิวพอร์ซเลนที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ร้อยละ 50 และไฮโดรฟลูออริกร้อยละ 8 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของแรงยึดเฉือน (shear strength) ที่เกิดขึ้นระหว่างเซรามิกกับวัสดุเรซินคอมโพสิตเมื่อใช้แอตซีซีฟด้วยระบบที่แตกต่างกัน แม้ในการทดลองจะพบว่าเมื่อฟิวพอร์ซ-เลนผ่านการเตรียมผิวด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ และไฮโดรฟลูออริก และใช้ไซเลน ไพร์เมอร์ และแอตซีซีฟบอนด์ ตามลำดับเมื่อทำการอุดเรซิน คอมโพสิต จะเกิดแรงยึดเฉือนมากที่สุดเมื่อผ่านเทอร์โมไซคิล 24 ชั่วโมงและ 3 เดือน ก็ตาม⁽⁴³⁾ ในกรณีมีการแตกถึงชั้นเซรามิกส่วนแกน ในกลุ่มเซรามิกที่อัดแน่นด้วยองค์ประกอบของฟลิก การใช้แอตซีซีฟที่มีฟอสเฟต-โมโนเมอร์ เช่น เอ็มดีพี (10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate; MDP) หรือการทำเมทัลแอตซีซีฟ/เซอร์โคเนียไพร์เมอร์ (Metal/zirconia primer) ซึ่งมีฟอสเฟตโมโนเมอร์จะช่วยทำให้แรงยึดทางเคมีของเซรามิกดีขึ้น⁽⁴⁴⁾ การเตรียมพื้นผิวสำหรับการเชื่อมครอบฟันเซรามิกล้วนสามารถแบ่งตามองค์ประกอบของเซรามิกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. การเตรียมผิวในกลุ่มเซรามิกล้วนที่มีองค์ประกอบหลักเป็นซิลิกา

การกัดผิวเซรามิกด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกใช้ได้กับงานเซรามิกที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน

เนื่องจากกรดทำให้เกิดการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาคสำหรับเฟลสปาทิกเซรามิก การกัดผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก ร่วมกับการใช้ไซเลนทำให้เกิดการยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์กับผิวเซรามิกได้ดี⁽⁴⁵⁾ ความเข้มข้นของกรดฟลูออริกที่นิยมใช้ในงานเชื่อมแซมครอบฟันเซรามิกในช่องปาก คือ ร้อยละ 4 ถึง 10 ความเข้มข้นระดับนี้มีความปลอดภัยสำหรับงานทันตกรรมแต่ควรระมัดระวังในการสัมผัสกับเนื้อเยื่อเนื่องจากเป็นกรดแก่สามารถกัดกร่อนเนื้อเยื่อ⁽⁴⁶⁾ การกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 2.5-10 เป็นเวลา 1-3 นาที ทำให้ซิลิกาบนผิวเซรามิกเกิดการสลายตัว เกิดความขรุขระและรูพรุนทำให้สารเชื่อมขวางสามารถเข้าไปยึดติดบริเวณช่องว่างได้ การใช้กรดไฮโดรฟลูออริกเข้มข้นร้อยละ 9.6 บนผิวเซรามิกเป็นเวลา 4 นาที พบว่าให้ลักษณะที่เห็น

ทางกล้องจุลทรรศน์ได้ดีที่สุด มีบางการศึกษาพบว่าการใช้ฟลูออไรด์เจลความเข้มข้นร้อยละ 1.23 (acidulated phosphate fluoride gel ;APF) เป็นเวลา 7-10 นาที ให้ค่าความแข็งแรงเฉือนเท่ากับการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกเข้มข้นร้อยละ 9.6 เป็นเวลา 4 นาที⁽⁴⁷⁾ เมื่อนำพื้นผิวไปส่องกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงกลับพบความแตกต่างของผิวเซรามิก โดยพบว่าเมื่อกัดด้วยฟลูออไรด์เจล พื้นผิวเซรามิกเกิดผิวค่อนข้างเรียบ หลุมที่เกิดขึ้นมีความตื้นมากเมื่อเทียบกับการกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกซึ่งเกิดหลุมร่องที่ลึกมากกว่า พื้นผิวที่แตกต่างกันนี้มีผลต่อการยึดติดในระยะยาว การกัดผิวเซรามิกด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกเข้มข้นร้อยละ 6 เป็นเวลา 60 วินาที ร่วมกับการทาผิวด้วยไซเลนในเซรามิกที่เสริมความแข็งแรงด้วยฟลิกลิไซด์ พบว่าให้ค่าแรงยึดไม่แตกต่างกับการฟันผิวเซรามิกให้ขรุขระด้วยซิลิกาออกไซด์ 30 ไมครอนร่วมกับไซเลน แต่จากภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสงส่องกราด พบว่าการกัดด้วยกรดทำให้ผิวของเซรามิกเกิดความขรุขระมากกว่าการฟันผิวเซรามิกด้วยซิลิกาออกไซด์⁽⁴⁵⁾ Kupiec และคณะ⁽⁴³⁾ พบว่าการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 8 ร่วมกับฟันผิวเซรามิกให้ความขรุขระด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ 50 ไมครอนเมตร ให้ความแข็งแรงของการยึดติดของเซรามิกที่เสริมความแข็งแรงด้วยลิไซด์และเรซินคอมโพสิตมีประสิทธิภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกหรืออะลูมิเนียมออกไซด์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากอะลูมิเนียมออกไซด์ทำให้พื้นผิวบริเวณที่ยึดเกิดสภาพเตรียมพร้อมในการยึดติด (reactive) และทำให้พื้นผิวสะอาด การใช้ไซเลนทาที่ผิวเซรามิกภายหลังการเตรียมผิวด้วยกรดนั้นมีจุดประสงค์เพื่อให้โมเลกุลสามารถสร้างการยึดติดทางเคมีระหว่างเซรามิกและเรซินคอมโพสิตได้โดยสร้างพันธะโควาเลนต์กับเซรามิกและไฮโดรเจนบอนด์กับเรซินคอมโพสิต มีหลายการศึกษาพบว่าการใช้วิธีการฟันผิวเซรามิกด้วยอะลูมิเนียมออกไซด์ร่วมกับการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกเข้มข้นร้อยละ 5 ถึง 8 ช่วยเพิ่มแรงยึดติดกับเรซินได้มากกว่าการใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งเพียงอย่างเดียว^(43,48) แต่อย่างไรก็ตามไม่แนะนำวิธีการฟันผิวเซรามิกให้ขรุขระด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์หรือซิลิกากับเซรามิกที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลัก⁽⁴⁹⁾ เนื่องจากอนุภาคของอะลูมิเนียมหรือซิลิกาสามารถทำลายผิวเซรามิกทำให้เกิดการสูญเสียปริมาตรของเซรามิกโดยไม่จำเป็น โดยปริมาตรที่สูญเสียไปของเซรามิกภายหลังการฟันผิวด้วย

อะลูมินาออกไซด์และซิลิกาออกไซด์ในชั้นงานเซรามิกกลุ่ม ไอพีเอส เอ็มเพรสซึ่งเป็นตัวแทนของเซรามิกที่มีซิลิกาเป็น องค์ประกอบหลักและมีการเสริมความแข็งแรงแล้ว เมื่อ เปรียบเทียบกับอินซีแรมเซรามิกซึ่งเป็นเซรามิกในกลุ่มอะลู- มินาพบว่า ไอพีเอส เอ็มเพรสเกิดการสูญเสียปริมาตรมากถึง 36 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับอินซีแรมเซรามิกภายหลังการพ่น ผิวด้วยเครื่องโรคาเทค (Rocatec; 3M ESPE, German) แรงดัน 2.5 บาร์ โดยอัตราการสูญเสียปริมาตรของเอ็มเพรส มีมากถึง 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร เมื่อพ่นผิวเซรามิกเพียง 1 วินาที ดังนั้นไม่แนะนำให้พ่นผิวเซรามิกที่มีองค์ประกอบหลัก เป็นซิลิกา แต่แนะนำให้พ่นผิวเซรามิกที่มีองค์ประกอบผลึก สูง มีปริมาณแก้วต่ำ หรือกลุ่มเซรามิกซึ่งต้านทานต่อการกัด ด้วยกรด (acid-resist ceramic) เท่านั้น เพื่อสร้างการยึด ติดเชิงกล

2. การเตรียมผิวในกลุ่มอะลูมินาเซรามิกและเซอร์โคเนีย เซรามิก

เซรามิกกลุ่มนี้ได้แก่ เซรามิกอินซีแรมทุกกลุ่ม โพรเซล- ลา เซรามิกในกลุ่มเซอร์โคเนีย ได้แก่ ลาวาและเซอร์คอน เซรามิกกลุ่มนี้ถูกอัดแน่นด้วยองค์ประกอบของผลึก มีส่วน ของซิลิกาน้อยทำให้กรดไม่สามารถสลายผิวเซรามิกได้ การ พ่นผิวเซรามิกด้วยอะลูมินาออกไซด์หรือการเคลือบผิวด้วย ซิลิกาออกไซด์เป็นวิธีสร้างการยึดติดเชิงกลในวัสดุกลุ่มนี้ (50,51) Kern และ Thompson⁽⁴⁹⁾ กล่าวว่า การพ่นผิวเพื่อ เคลือบซิลิกาบนผิวเซรามิกสามารถเพิ่มความแข็งแรงของการ ยึดติดของเรซินกับเซรามิกให้มีการยึดติดที่แข็งแรงขึ้น การ เคลือบผิวเซรามิกด้วยซิลิกาออกไซด์เป็นวิธีการซ่อมเซรามิกที่ ได้รับความนิยมนสูง⁽⁵²⁾ เนื่องจากการสร้างชั้นซิลิกาบนพื้น ผิวเซรามิกช่วยให้เกิดผลของไฮเลนในการยึดติดทางเคมีกับ วัสดุเรซินได้ดียิ่งขึ้น^(43,51) Özcan และ Vallittu⁽⁴⁸⁾ พบว่าการ เคลือบผิวด้วยซิลิกา ร่วมกับการใช้สารยึดติดไฮเลนทำให้แรง ยึดติดของการซ่อมอะลูมินาเซรามิกและเซอร์โคเนียมีค่าเพิ่ม ขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการพ่นผิวเซรามิกให้ขรุขระด้วยอนุภาค อะลูมินาออกไซด์เพียงอย่างเดียว การซ่อมแซมผิวเซรามิก ด้วยวิธีการพ่นผิวด้วยอะลูมินาออกไซด์ 30 ไมครอนด้วยแรง ดัน 2.5 บาร์ ทาไฮเลน แอดฮีซีฟ และเรซินคอมโพสิต พบว่าให้ ผลการคงอยู่ของการซ่อมแซมระหว่างเซรามิกและเรซินคอม- โพสิตได้เหนือกว่าวิธีการซ่อมแซมด้วยการใช้กรดไฮโดรฟลู- ออริกร้อยละ 9.5 ไฮเลน และแอดฮีซีฟ⁽⁵³⁾ เช่นเดียวกับการ

ศึกษาของ Valandro และคณะ⁽⁵¹⁾ พบว่าการเคลือบซิลิกา บนพื้นผิวด้วยซิลิกาออกไซด์ขนาด 30 ไมโครเมตรร่วมกับการ ใช้ไฮเลน ให้ความแข็งแรงของแรงยึดสูงกว่าการพ่นผิว ด้วยอะลูมินาออกไซด์ขนาด 110 ไมโครเมตรและไฮเลน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเคลือบผิวด้วยซิลิกาและการ เกิดการกระบวนการไฮเลนในเซชัน (silanization) บนพื้น ผิวเซรามิกสามารถทำได้หลายวิธี^(50,54) ระบบไตรโบเคมี มีคอลซิลิกาโคตติ้ง⁽⁵⁵⁾ (tribochemical silica coating system) เป็นวิธีที่สร้างแรงยึดติดเชิงกลขนาดเล็กร่วมกับการ ยึดทางเคมีในการยึดระหว่างวัสดุกลุ่มเซรามิก โลหะ กับ วัสดุเรซินได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิธีนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกพื้นผิวเกิดความขรุขระด้วยการพ่นผงอนุภาค อะลูมินาออกไซด์ ขั้นตอนที่สองทำให้เกิดซิลิกาเคลือบพื้นผิว โดยพ่นด้วยอนุภาคอะลูมินาออกไซด์ 30 ไมครอนที่มีผงซิลิกา อยู่ (Al₂O₃ particle modified by silica) และขั้นตอน สุดท้ายการเกิดไฮเลนในเซชันด้วยการใช้สารไฮเลนเพื่อให้เกิด การยึดติดทางเคมีระหว่างชั้นซิลิกากับเรซิน ในปัจจุบันมีระบบ ที่ใช้ คือ โรคาเทค^(56,57) (Rocatec; 3M ESPE, German) ซึ่งมีหลักการสร้างชั้นซิลิกาโดยสร้างพลังงานทางกลโดย เป่าผงอนุภาคอะลูมินาออกไซด์ไปกระทบพื้นผิวเซรามิก โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เพื่อให้เกิดการสร้างการ ยึดทางเคมีโดยเครื่องโรคาเทคมีกระบวนการทำความสะอาดพื้น ผิวด้วยการพ่นด้วยผงอะลูมินาออกไซด์และทำให้ผิวเกิดความ ขรุขระเพื่อให้เกิดการยึดติดกับวัสดุเรซิน การพ่นด้วยซิลิกา เพื่อให้เกิดชั้นของซิลิกอนไดออกไซด์ลึก 15 ไมครอน เพื่อ ให้การยึดทางเคมีระหว่างอินอแกนิกซิลิกาและอแกนิก เรซินด้วยไฮเลน นอกจากนี้ยังมีระบบระบบโคเจ็ต (CoJet System; 3M ESPE, Seefeld, Germany) ซึ่งใช้หลักการ ไทโรโบเคมีคอลซิลิกาโคตติ้ง ในการซ่อมแซมเซรามิกใน คลินิก วิธีนี้เป็นการทำความสะอาดพื้นผิวและทำให้เกิดความ ขรุขระ ปริมาตรที่สูญเสียเทียบเท่ากับการพ่นพื้นผิวอะลูมินา ออกไซด์ในโลหะมีสกุล (noble alloys) มีการสูญเสีย ปริมาตรประมาณ 9 ไมโครเมตรต่อการพ่นผิวในแต่ละ ครั้ง⁽⁴⁹⁾ Kern and Wegner⁽⁵⁸⁾ พบว่าการใช้เรซินซีเมนต์ที่มี องค์ประกอบของฟอสเฟตโมโนเมอร์ เช่น เอ็มดีพี เช่น พา- นาเวียเอฟ สองจุดศูนย์ (Panavia F 2.0; Kuraray, Japan) ภายหลังการเตรียมผิวเซรามิกเซอร์โคเนียที่ซ่อมด้วยการพ่น ผิวให้ขรุขระด้วยอนุภาคอะลูมินาออกไซด์ การเคลือบผิวด้วย

ซิลิกาและการเคลือบด้วยไฮเลน ทำให้ค่าความแข็งแรงดึง (tensile bond strength) มีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้เรซินซีเมนต์กลุ่มบีสจีเอ็มเอ (Bis-GMA) แม้ว่าเอ็มดีพี จะเป็นสารที่ช่วยให้การยึดติดที่ดีกับเซรามิกกลุ่มที่มีคริสตอลสูง^(59,60) แต่พบว่าหากเตรียมผิวเซรามิกไม่ถูกต้องในเซรามิกกลุ่มนี้ เช่น การกรอพื้นผิวเซรามิกที่จะซ่อมให้หยาบด้วยหัวกรอเพชร หรือใช้กรดฟอสฟอริก ร่วมกับการใช้แอตซีซีพีที่มีโมโนเมอร์เป็นสารเอ็มดีพี ก็ไม่ทำให้เกิดการคงอยู่ของการยึดติดของการซ่อมแซมได้ เมื่อเปรียบเทียบกับ การเคลือบซิลิกาบนพื้นผิวด้วยซิลิกาออกไซด์ขนาด 30 ไมโครเมตรร่วมกับการใช้ไฮเลนและแอตซีซีพีทั่วไป ซึ่งพบว่าให้ความคงทนของการยึดติดเหนือกว่า⁽⁵³⁾ นอกจากนี้ยังพบว่า การปรับสภาพพื้นผิวของเซรามิกกลุ่มนี้ด้วยการใช้เมทัลแอตซีซีพีไฟรเมอร์สามารถเพิ่มการยึดติดระหว่างเซรามิกกับเรซินซีเมนต์ได้⁽⁶¹⁾ โดยเมทัลแอตซีซีพีไฟรเมอร์ ชนิดอัลลอยไฟรเมอร์ที่มีส่วนประกอบของเอ็มดีพี ซึ่งสามารถยึดติดโดยตรงกับเซอร์โคเนียออกไซด์ และเกิดพันธะเคมีที่คงทน พบว่าให้ค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวที่สูงกว่ากลุ่มที่ใช้เมทัลเซอร์โคเนียไฟรเมอร์ที่เกิดพันธะเคมีที่ไม่คงทนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ^(62,63) การใช้เมทัลแอตซีซีพีไฟรเมอร์สามารถเพิ่มค่าแรงยึดของเซอร์โคเนียกับเรซินคอมโพสิตที่ยึดด้วยแอตซีซีพีเรซินซีเมนต์ได้⁽⁶⁴⁾ ซึ่งสอดคล้องกับ Yun และคณะ⁽⁶³⁾ ซึ่งพบว่ากลุ่มที่ใช้เมทัลแอตซีซีพีไฟรเมอร์ที่มีส่วนของเอ็มดีพีเป็นส่วนประกอบจะทำให้ค่าแรงยึดติดสูงกว่าการใช้เมทัลแอตซีซีพีไฟรเมอร์ที่ไม่มีเอ็มดีพี การยึดติดที่ดีจะเกิดขึ้นกับการเตรียมผิวที่ถูกต้อง การเลือกชนิดเมทัลแอตซีซีพีไฟรเมอร์และเรซินซีเมนต์ที่เหมาะสม

สรุป

การซ่อมแซมชิ้นงานเซรามิกแก้วที่แตกด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต ต้องสร้างกลไกการยึดติดเชิงกล ซึ่งเกิดจากการกัดผิวเซรามิกที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลักด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก และ การพ่นผิวเซรามิกบริเวณรอยแตกในเซรามิกกลุ่มอะลูมินาและเซอร์โคเนียให้มีความขรุขระด้วยการเป่าผิวด้วยอะลูมินาออกไซด์และการเคลือบผิวด้วยซิลิกา⁽⁵¹⁾ และกลไกทำให้เกิดการยึดทางเคมีด้วยสารไฮเลนเพื่อปรับสภาพผิวในการยึดกับเรซินคอมโพสิตเพื่อให้สารบอนด์และเรซินคอมโพสิตสามารถยึดติดได้อย่างแข็งแรง ก่อนการซ่อมเซรา-

มิกทันตแพทย์ควรพิจารณาถึงตำแหน่งการแตกว่าเป็นการแตกในชั้นวีเนียร์หรือแตกจนถึงส่วนแกนกลาง อย่างไรก็ตาม การซ่อมเซรามิกแก้วในช่องปากอาจเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการแก้ปัญหาการแตกหักของครอบฟันได้โดยไม่ต้องรื้อชิ้นงาน ทันตแพทย์ควรชี้แจงให้ผู้ป่วยทราบถึงการใช้งาน และควรกรอลดจุดสัมผัสกับฟันคู่สบเพื่อหลีกเลี่ยงแรงที่มากเกินไปบริเวณรอยต่อหรือจุดซ่อม และควรติดตามประเมินผลการรักษาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทราบอัตราการอยู่รอดของการซ่อมแซมชิ้นงานบูรณะเซรามิกแก้วในช่องปากในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ศ.คลินิก ทญ. อิศราวัลย์ บุญศิริ ซึ่งให้คำแนะนำ ชี้แนะบทความที่น่าสนใจตรวจทานและให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในการเรียบเรียงบทความ

เอกสารอ้างอิง

1. Conrad HJ, Seong W-J, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: A systematic review. *J Prosthet Dent* 2007; 98: 389-404.
2. Jacinta MC, Rubo JH, Pegoraro LF, Santos GC. Current All-ceramic systems in Dentistry: A Review. *Compend Contin Educ Dent* 2015 Jan [cited 2015 Jun 6]. Available from: <http://cced.cdeworld.com/course/4923>.
3. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Hillis SL. Clinical assessment of high-strength all-ceramic crown systems. *J Prosthet Dent* 2000; 83(4):396-401.
4. Raigrodski AJ, Chiche GJ. The safety and efficacy of anterior ceramic fixed partial dentures: A review of the literature. *J Prosthet Dent* 2001; 86: 520-525.
5. Raigrodski AJ. Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: A review of the literature. *J Prosthet Dent* 2004; 92: 557-562.

6. Kimmich M, Stappert CF. Intraoral treatment of veneering porcelain chipping of fixed dental restorations : a review and clinical application. *J Am Dent Assoc* 2013; 144(1): 31-44
7. Arwatchanakan S. Dental ceramics. *J Dent Assoc Thai* 2008; 58: 263-269.(in Thai)
8. Anusavice K. *Phillip's science of dental materials*. 11th ed. WB Saunders; 2003: 655-714.
9. El-Mowafy O, Brochu JF. Longevity and clinical performance of IPS-Empress ceramic restorations--a literature review. *J Can Dent Assoc* 2002; 68: 233-237.
10. Raigrodski AJ, Chiche GJ, Potiket N, et al. The efficacy of posterior three unit zirconium-oxide-based ceramic fixed partial dental prostheses: a prospective clinical pilot study. *J Prosthet Dent* 2006; 96: 237-244.
11. Power J, Sakaguchi RL. *Craig's restorative dental materials*. 12th ed. Mosby; 2006: 443-460.
12. Anderson M, Oden A. A new all ceramic crown. A dense-sintered, high-purity alumina coping with porcelain. *Acta Odontol Scand* 1993; 51: 59-64.
13. Wolfart S, Bohlsen F, Wegner SM, Kern M. A preliminary prospective evaluation of all-ceramic crown-retained and inlay-retained fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2005; 18: 497-505.
14. Fradeani M, D'Amelio M, Redemagni M, Corrado M. Five-year follow-up with Procera all-ceramic crowns. *Quintessence Int*. 2005; 36: 105-113.
15. Suarez MJ, Lozano JF, Paz Salido M, Martinez F. Three-year clinical evaluation of In-Ceram Zirconia posterior FPDs. *Int J Prosthodont* 2004; 17: 35-38.
16. Probst L. Four year clinical study of glass-infiltrated, sintered alumina crowns. *J Oral Rehabil* 1996; 23: 147-151.
17. Anusavice KJ. Standardizing Failure, Success, and Survival Decisions in Clinical Studies of Ceramic and Metal-Ceramic Fixed Dental Prostheses. *Dent Mater* 2012; 28(1): 102-111.
18. Chadwick B, Treasure E, Dummer P, Dunstan F, Gilmour A, Jones R, et al. Challenges with studies investigating longevity of dental restorations--a critique of a systematic review. *J Dent* 2001; 29: 155-161.
19. Heintze SD, Rousson V. Survival of zirconia-and metal-supported fixed dental prostheses: a systematic review. *Int J Prosthodont* 2010; 23: 493-502.
20. Sailer I, Gottnerb J, Kanelb S, Hammerle CH. Randomized controlled clinical trial of zirconia-ceramic and metal-ceramic posterior fixed dental prostheses:a 3-year follow up. *Int J Prosthodont* 2009; 22: 553-60.
21. Pjetursson BE, Sailer I, Zwahlen M, Hammerle CH. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal ceramic reconstruction after an observation period of at least 3 years. Part I:single crowns. *Clin Oral Implants Res* 2007; 18:73-85
22. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Dunne JT. Shear bond strengths of 2 intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates. *J Prosthet Dent* 2001; 86: 526-531.
23. Swain MV. Unstable cracking (chipping) of veneering porcelain on all-ceramic dental crowns and fixed partial dentures. *Acta Biomater* 2009; 5: 1668-1677.
24. Baldassarri M, Stappert CF, Wolff MS, Thompson VP, Zhang Y. Residual stress in porcelain-veneered zirconia prostheses. *Dent Mater* 2012; 28: 873-879.

25. Augstin-Panadero R, Fons-Font A, Roman-Rodriguez JL, Granell-Ruiz M, del Rio-Highsmith J, Sola-Ruiz MF. Zirconia versus metal: a preliminary comparative analysis of ceramic veneer behavior. *Int J Prosthodont* 2012; 25: 294-300.
26. Oden A, Andersson M, Krystek-Ondracek I, Magnusson D. Five year clinical evaluation of Procera AllCeram crowns. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 450-456.
27. Sjogren G, Lantto R, Granberg A, Sundstrom BO, Tillberg A. Clinical examination of leucite-reinforced glass-ceramic crowns (Empress) in general practice: a retrospective study. *Int J Prosthodont* 1999; 12: 122-128.
28. Pallesen U, van Dijken JW. An 8-year evaluation of sintered ceramic and glass ceramic inlays processed by the Cerec CAD/CAM system. *Eur J Oral Sci* 2000; 108: 239-246.
29. Malament KA, Socransky SS. Survival of Dicor glass-ceramic dental restorations over 14 years: Part I. Survival of Dicor complete coverage restorations and effect of internal surface acid etching, tooth position, gender, and age. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 23-32.
30. Tsalouchou E, Cattell MJ, Knowles JC, Pittayachawan P, McDonald A. Fatigue and fracture properties of yttria partially stabilized zirconia crown systems. *Dent Mater* 2008; 24: 308-318.
31. Saito A, Komine F, Blatz MB, Matsumura H. A comparison of bond strength of layered veneering porcelains to zirconia and metal. *J Prosthet Dent* 2010; 104: 247-257.
32. Sadowsky SJ. An overview of treatment considerations for esthetic restorations: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 2006; 96: 433-442.
33. Galiatsatos AA. An indirect repair technique for fractured metal-ceramic restorations: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2005; 93: 321-323.
34. Esquivel-Upshaw JF, Anusavice KJ, Young H, Jones J, Gibbs C. Clinical performance of a lithia disilicate-based core ceramic for three-unit posterior FPDs. *Int J Prosthodont* 2004; 17: 469-475.
35. Marquardt P, Strub JR. Survival rates of IPS empress 2 all-ceramic crowns and fixed partial dentures: results of a 5-year prospective clinical study. *Quintessence Int* 2006; 37: 253-259.
36. Kimmich M, Stappert FJ. Intraoral treatment of veneering porcelain chipping of fixed dental restorations. *J Am Dent Asso* 2013; 144(1): 31-44.
37. Yanikoglu N. The repair methods for fractured metal-porcelain restorations: a review of the literature. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2004; 12: 161-165.
38. Tezvergil A, Lassila LV, Yli-Urpo A, Vallittu PK. Repair bond strength of restorative resin composite applied to fiber-reinforced composite substrate. *Acta Odontol Scand* 2004; 62: 51-56
39. Li W, Swain MV, Li Q, Ironside J, Steven GP. Fibre reinforced composite dental bridge. Part I: Experimental investigation. *Biomaterials* 2004; 25: 4987-4993.
40. Della Bona A, Anusavice KJ, Shen C. Microtensile strength of composite bonded to hot-pressed ceramics. *J Adhes Dent* 2000; 2: 305-313.
41. Hooshmand T, van Noort R, Keshvad A. Bond durability of the resin-bonded and silane treated ceramic surface. *Dent Mater* 2002; 18: 179-188.
42. Alex G. Preparing Porcelain Surfaces for Optimal Bonding: *Functional Esthetic & Restorative Dentistry*, series 2. AEGIS press; 1998: 38-49.
43. Kupiec KA, Wuertz KM, Barkmeier WW, Wilwerding TM. Evaluation of porcelain surface treatments and agents for composite-to-porcelain repair. *J Prosthet Dent* 1996; 76: 119-124.

44. Queiroz JR, Souza RO, Nogueira JL. Influence of acid-etching and ceramic primers on the repair of a glass ceramic. *Gen Dent* 2012; 60: 79-85.
45. de Melo RM, Valandro LF, Bottino MA. Microtensile bond strength of a repair composite to leucite-reinforced feldspathic ceramic. *Braz Dent J* 2007; 18: 314-319.
46. Alex G. Preparing porcelain surfaces for optimal bonding. *Compend Contin Educ Dent* 2008; 29: 324-335
47. Kukiattrakoon B, Thammasitboon K. The effect of different etching times of acidulated phosphate fluoride gel on the shear bond strength of high-leucite ceramics bonded to composite resin. *J Prosthet Dent* 2007; 98: 17-23.
48. Özcan M, Vallittu PK. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent Mater* 2003; 19: 725-731.
49. Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: volume loss, morphology, and changes in the surface composition. *J Prosthet Dent* 1994; 71: 453-461.
50. Derand P, Derand T. Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int J Prosthodont* 2000; 13: 131-135.
51. Valandro LF, Ozcan M, Bottino MC, Bottino MA, Scotti R, Bona AD. Bond strength of a resin cement to high-alumina and zirconia-reinforced ceramics: the effect of surface conditioning. *J Adhes Dent* 2006; 8: 175-181.
52. Yoshida K, Yamashita M, Atsuta M. Zirconate coupling agent for bonding resin luting cement to pure zirconium. *Am J Dent* 2004; 17: 249-252.
53. Özcan M, Valandro LF, Amaral R, Leite F, Bottino MA. Bond strength durability of a resin composite on a reinforced ceramic using various repair systems. *Dent Mater* 2009; 25: 1477-1483.
54. Phoenix RD, Shen C. Characterization of treated porcelain surfaces via dynamic contact angle analysis. *Int J Prosthodont* 1995; 8: 187-194.
55. Sun R, Suansuwan N, Kilpatrick N, Swain M. Characterisation of tribochemically assisted bonding of composite resin to porcelain and metal. *J Dent* 2000; 28: 441-445.
56. Rocatec.pdf[URL of homepage on the internet]. German: 3M ESPE PRESS; 2001 [cited 2014 June 1]. Available from: <http://www.3m.com/int/kr/medi/medi5/pdf/Rocatec.pdf/>
57. Kiyani VH, Saraceni CH, Silveira BL, Aranha AC, Eduardo CP. The Influence of Internal Surface Treatments on Tensile Bond Strength for Two Ceramic Systems. *Oper Dent* 2007; 32(5): 457-465.
58. Kern M, Wegner SM. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent Mater* 1998; 14: 64-71.
59. Agodzinska P, Bociong K, Dejak B. Influence of primers' chemical composition on shear bond strength of resin cement to zirconia ceramic. *Polim Med* 2014; 44: 13-20.
60. Seabra B, Arantes-Oliveira S, Portugal J. Influence of multimode universal adhesives and zirconia primer application techniques on zirconia repair. *J Prosthodont* 2014; 112: 182-187.
61. Lindgren J, Smeds J, Sjogren G. Effect of surface treatments and aging in water on bond strength to airconia. *Oper Dent* 2008; 33: 675-681.
62. Jaturanont P, Kanjantra P, Adchariyapitak N. Adhesive Bond Strength between Resin Cements and Zirconia Ceramics with Metal Adhesive Primers. *CM Dent J* 2011; 32: 53-70. (in thai)

63. Yun JY, Ha SR, Lee JB, Kim SH. Effect of sand-blasting and various metal primers on the shear bond strength of resin cement to Y-TZP ceramic. *Dent Mater* 2010; 26: 650-658.
64. Ahn JS, Yi YA, Lee Y, Seo DG. Shear Bond Strength of MDP-Containing Self-Adhesive Resin Cement and Y-TZP Ceramics: Effect of Phosphate Monomer-Containing Primers. *BioMedResearch International* [serial on the Internet]. 2015 Jan [cited 2015 June 6]. Available from: <http://www.hindawi.com/journals/bmri/aa/389234/>

ว่า