

การซ่อมชิ้นงานบูรณะเซรามิกล้วนในช่องปาก **Intraoral Repair of All Ceramic Restoration**

อุมพร วิมลกิตติพงษ์
Uamporn Vimonkittipong

สำเนาพิมพ์ จาก เชียงใหม่ทันตแพทยสาร
ปีที่ 36 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2558
หน้า 25-35

Reprinted from CHIANG MAI DENTAL JOURNAL
vol. 36 No. 2 July-December 2015
PP. 25-35

การซ่อมชิ้นงานบูรณะเซรามิกล้วนในช่องปาก Intraoral Repair of All Ceramic Restoration

อุมพร วิมลกิตติพงษ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
Uamporn Vimonkittipong
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 ซึ่งการซ่อมแซมด้วยวัสดุอุดเรซินคอมโพสิตในช่องปากเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ป่วยที่ไม่ต้องการถอดครอบฟันหรือสะพานฟันเพื่อทำชิ้นงานใหม่ 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:

อุมพร วิมลกิตติพงษ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต 12000

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

ซ่อมแซมครอบฟันเซรามิกแล้วที่แตกด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต และการเตรียมผิวครอบฟันเซรามิกแล้วที่แตกแบ่งตามชนิดของเซรามิก

คำสำคัญ: การเตรียมผิว ครอบฟันเซรามิก ซ่อมแซมแตกหัก

บทนำ

ปัจจุบันงานครอบฟันและสะพานฟันชนิดเซรามิกแล้ว (all ceramic restorations) ได้รับความนิยมและใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากผู้ป่วยต้องการความสวยงามมากขึ้น ปัจจุบันเซรามิกมีการพัฒนา เช่น การปรับปรุงองค์ประกอบของเซรามิกให้มีความใส สวยงาม ลดความทึบแสงจากแกนกลาง และมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะนำมาใช้ทำครอบฟันและสะพานฟันหน้าหรือฟันหลัง^(1,2,3) การใช้เซรามิกแล้วบูรณะฟันให้ประสบความสำเร็จ ควรหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีระยะระหว่างด้านสบฟันที่ไม่เพียงพอ (inadequate interocclusal distance) ฟันหลักเตี้ย (short clinical crown) การสบฟันที่ไม่มีติดกันมากโดยไม่มีกรสบในแนวราบของฟันหน้า (deep vertical overlap without horizontal overlap) มีการยื่นยาวของฟันคู่สบ (opposing supraerupted tooth) และสภาวะที่มีแรงสบฟันมากเกินไปจากการทำงานนอกหน้าที่ (parafunctional activity) ซึ่งสังเกตพบการสึกอย่างมาของฟันด้านบดเคี้ยว ปัจจัยเหล่านี้เป็นสาเหตุให้เซรามิกแตกได้^(4,5) ปัจจัยที่ทำให้เกิดความเสียหายในการเลือกใช้เซรามิกแล้วบูรณะฟัน ได้แก่ ความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับคุณสมบัติของเซรามิกแต่ละชนิด เพื่อเลือกชนิดของเซรามิกได้เหมาะสมกับบริเวณที่ใส่ฟัน ตำแหน่งฟันหลักและบริเวณรับแรง นอกจากนี้ความสำเร็จยังขึ้นกับการขึ้นรูปชิ้นงานที่เหมาะสมกับชนิดของเซรามิกและกระบวนการยึดติดชิ้นงานที่⁽¹⁾

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

การจำแนกเซรามิกแล้วแยกตามองค์ประกอบเซรามิก

การจำแนกเซรามิกแล้วสามารถจำแนกได้หลายแบบ เช่น จำแนกตามองค์ประกอบของเซรามิก กระบวนการผลิตขึ้นรูปชิ้นงานและการใช้งานในคลินิก⁽¹⁾ ในการซ่อมแซมเซรามิกแล้วที่แตก ทันตแพทย์ควรมีความเข้าใจในองค์ประกอบของเซรามิกที่ใช้เป็นส่วนแกน (ceramic core) และเซรามิกวีเนียร์ (ceramic veneer) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ

1. เซรามิกที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลัก (silica-based ceramic) ได้แก่

1.1 เซรามิกชนิดเฟลสปาทิก (feldspathic ceramic) มีความแข็งแรงต่ำ เพราะ 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 อีแม็กซ์ (IPS e. max; Press, CAD or ZirCAD: Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

2. เซรามิกที่มีอะลูมินาเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน (alumina based ceramic) ประกอบด้วยออกไซด์ของโลหะอะลูมิเนียม (Al₂O₃) 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 (Circon: 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)

อัตราการอยู่รอดและปัญหาที่พบในชิ้นงานบูรณะเซรามิกแล้วภายหลังการใส่ฟัน

อัตราการอยู่รอด (survival rate) ของการบูรณะด้วยครอบฟันเซรามิกแล้วใน 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

อยู่รอดของครอบฟันเซรามิกแล้วไม่มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัย⁽¹⁸⁾ เช่น ลักษณะของการสบฟัน ตำแหน่งของครอบฟันในช่องปาก เหตุผลในการใส่ครอบฟัน ลักษณะของงานครอบฟัน และสภาวะการเกิดฟันผุในช่องปาก จากการติดตามอัตราการอยู่รอดของงานครอบฟันและสะพานฟันเซรามิกแล้วจากบทความต่างๆ ปัญหาที่พบมากที่สุด คือ การแตกของเซรามิก ซึ่งพบได้ในชั้นวีเนียร์และส่วนแกนกลาง^(1,19,20,21)

ลักษณะการแตกหักของครอบฟันเซรามิกแล้ว

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการแตกหักของครอบฟันเซรามิกแล้ว ได้แก่ แรงบดเคี้ยว แรงกระแทก การออกแบบครอบฟันที่ไม่เหมาะสม ตำแหน่งภายในชิ้นงาน⁽²²⁾ เนื่องจากวัสดุเซรามิกมีความเปราะ ดังนั้นเมื่อครอบฟันเซรามิกได้รับแรงซ้ำๆ จึงนำไปสู่การแตกร้าวหรือหักได้ โดยเฉพาะเซรามิกชนิดเฟลสปาทิก ซึ่งมีความเปราะและทนต่อแรงดัดโค้ง (flexural strength) และแรงดึงต่ำ (tensile strength)⁽²³⁾ การศึกษาชิ้นงานเซรามิกแล้วในห้องปฏิบัติการซึ่งสร้างเป็นส่วนแกนและปิดทับด้วยวีเนียร์เฟลสปาทิก 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 การรื้อทำชิ้นงานใหม่เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด

อย่างไรก็ตามการจำแนกระดับความรุนแรงของการแตกหักดังกล่าวยังไม่ครอบคลุมถึงระดับการแตกที่ชัดเจน 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 มีหลายการศึกษาพบว่า การแตกหักของเซรามิกในชั้นวีเนียร์เป็นปัญหาที่พบหลักของงานครอบฟัน^(14,27,28,29) โดยการแตกของครอบฟันเซรามิกส่วนแกนมักเป็นการแตกแบบเชื่อมแน่น คือ เซรามิกส่วนวีเนียร์แตกหลุดออกจากกันเอง จากการศึกษาการแตกของครอบฟันเซรามิกส่วนที่มีเซอร์โคเนียเป็นแกนและมีเซรามิกวีเนียร์ปิดทับแกน พบการแตกหักที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะการแตกแบบการเชื่อมแน่นในชั้นของเซรามิกวีเนียร์^(26,30,31) การแตกหักของเซรามิกส่วนในงานสะพานฟันมักเกิดที่ตำแหน่งฟันแขวน (pontic) กับส่วนยึดหลัก (retainer) คือบริเวณส่วนโยง (connector) สูงสุด เนื่องจากเป็นบริเวณที่รับแรงดึงมากที่สุด^(10,32) การหักของส่วนโยงเกิดจากแรงกดเคี้ยวที่มากเกินไป ข้อจำกัดจากระยะฟันคู่สบซึ่งทำให้ส่วนโยงมีขนาดที่ไม่ถูกต้อง ไม่แข็งแรง การใช้อะลูมินัมออกไซด์เซรามิกทำสะพานฟันหน้า ต้องมีหน้าตัดของส่วนโยงอย่างน้อย 12 ตารางมิลลิเมตร และหากใช้ลิเทียมไดซิลิเกตเซรามิกเป็นสะพานฟันเพื่อทดแทนฟันกรามน้อยที่หายไปต้องมีหน้าตัดส่วนโยง 16 ตารางมิลลิเมตร⁽³³⁾ จากงานวิจัยพบว่า ลักษณะการแตกหักบริเวณส่วนโยงของสะพานฟันลิเทียมไดซิลิเกตเซรามิก^(34,35) เป็นการแตกแบบเชื่อมแน่น คือ เซรามิกวีเนียร์หลุดแตกออกจากกัน วิธีที่ง่ายที่สุดในการลดการดำเนินต่อของรอยร้าวที่เกิดจากเซรามิกแตก คือ การ กรอขัดผิวบริเวณที่แตกให้เรียบก่อนการซ่อมแซม โดยการซ่อมแซมสามารถทำได้หลายวิธี⁽³⁶⁾ เช่น การทดแทนชิ้นส่วนที่แตกหักด้วยการอุดด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต การนำเซรามิก

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

การเตรียมผิวครอบฟันเซรามิกส่วนที่แตกเพื่อการซ่อมแซมด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต

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

1. การสร้างการยึดติดเชิงกล (micro-mechanical retention) เกิดจากการกัดผิวเซรามิกชนิดซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลักด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก และ/หรือ การพ่นผิวเซรามิกชนิดที่เป็นออกไซด์เซรามิกให้มีความขรุขระด้วยการเป่าผิวด้วยอะลูมินาออกไซด์หรือการเคลือบผิวบริเวณรอยแตกด้วยซิลิกา (silica coating)⁽⁴¹⁾
2. การสร้างการยึดทางเคมี โดยการใช้สารไซเลน (silane coupling agent) ไซเลนที่ใช้ในทันตกรรม คือ 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane ซึ่งมีฟังก์ชันโมเลกุลอยู่ทั้ง 2 ข้าง โดยข้างหนึ่งเป็นกลุ่มเมทาโคเลทซึ่งสามารถจะเกิดการเชื่อมกับสารอินทรีย์เช่น แอดฮีซีฟที่มีองค์ประกอบเมทาโคเลทและเรซิน อีกข้างเป็นกลุ่มไฮลานอล

ซึ่งภายหลังการไฮโดรไลซิสจะเกิดกลุ่มไฮดรอกซิล (-OH) ทำให้เกิดการยึดทางเคมีกับสารอินทรีย์อินทรีย์ เช่น ผิวนอร์ชเลน ออกไซด์ของโลหะ⁽⁴²⁾ เมื่อเปรียบเทียบแรงยึดที่เกิดขึ้นของการยึดด้วยแอดฮีซีฟต่างระบบกันพบว่า เมื่อทดสอบกับผิวนอร์ชเลนที่ผ่านการเตรียมผิวด้วยอะลูมินาออกไซด์ร้อยละ 50 และไฮโดรฟลูออริกร้อยละ 8 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของแรงยึดเฉือน (shear strength) ที่เกิดขึ้นระหว่างเซรามิกกับวัสดุเรซินคอมโพสิตเมื่อใช้แอดฮีซีฟด้วยระบบที่แตกต่างกัน แม้ในการทดลองจะพบว่าเมื่อผิวนอร์ชเลนผ่านการเตรียมผิวด้วยอะลูมินาออกไซด์ และไฮโดรฟลูออริก และใช้ไซเลน ไพรเมอร์ และแอดฮีซีฟบอนด์ ตามลำดับเมื่อทำการอุดเรซิน คอมโพสิต จะเกิดแรงยึดเฉือนมากที่สุดเมื่อผ่านเทอร์โมไซคลิก 24 ชั่วโมงและ 3 เดือน ก็ตาม⁽⁴³⁾ ในกรณีมีการแตกถึงชั้นเซรามิกส่วนแกน ในกลุ่มเซรามิกที่อัดแน่นด้วยองค์ประกอบของผลึก การใช้แอดฮีซีฟที่มีฟอสเฟต-โมโนเมอร์ เช่น เอ็มดีพี (10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate; MDP) หรือการทำเมทัลแอดฮีซีฟ/เซอร์โคเนียไพรเมอร์ (Metal/zirconia primer) ซึ่งมีฟอสเฟตโมโนเมอร์จะช่วยทำให้แรงยึดทางเคมีของเซรามิกดีขึ้น⁽⁴⁴⁾ การเตรียมพื้นผิวสำหรับการซ่อมครอบฟันเซรามิกส่วน

1. การเตรียมผิวในกลุ่มเซรามิกส่วนที่มีองค์ประกอบหลักเป็นซิลิกา

การกัดผิวเซรามิกด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกใช้ได้กับงานเซรามิกที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน

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

ทางกล้องจุลทรรศน์ได้ดีที่สุด มีบางการศึกษาพบว่า การใช้ฟลูออไรด์เจลความเข้มข้นร้อยละ 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 ร่วมกับการพ่นผิวด้วยไซเลนในเซรามิกที่เสริมความแข็งแรงด้วยผลึกลิวด์ พบว่าให้ค่าแรงยึดไม่แตกต่างกับการพ่นผิวเซรามิกให้ขรุขระด้วยซิลิกาออกไซด์ 30 ไมครอนร่วมกับไซเลน แต่จากภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสงส่องกราด พบว่าการกัดด้วยกรดทำให้ผิวของเซรามิกเกิดความขรุขระมากกว่าการพ่นผิวเซรามิกด้วยซิลิกาออกไซด์⁽⁴⁵⁾ Kupiec และคณะ⁽⁴³⁾ พบว่าการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 8 ร่วมกับพื้นผิวเซรามิกให้ความขรุขระด้วยอะลูมินาออกไซด์ 50 ไมครอนเมตร ทำให้ความแข็งแรงของการยึดติดของเซรามิกที่เสริมความแข็งแรงด้วยลิวด์และเรซินคอมโพสิตมีประสิทธิภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกหรืออะลูมินาออกไซด์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากอะลูมินาออกไซด์ทำให้พื้นผิวบริเวณที่ยึดเกิดสภาพเตรียมพร้อมในการยึดติด (reactive) และทำให้พื้นผิวสะอาด การใช้ไซเลนทาที่ผิวเซรามิกภายหลังการเตรียมผิวด้วยกรดนั้นมีจุดประสงค์เพื่อให้โมเลกุลสามารถสร้างการยึดติดทางเคมีระหว่างเซรามิกและเรซินคอมโพสิตได้โดยสร้างพันธะโควาเลนต์กับเซรามิกและไฮโดรเจนบอนด์กับเรซินคอมโพสิต มีหลายการศึกษาพบว่า การใช้วิธีการพ่นผิวเซรามิกด้วยอะลูมินาออกไซด์ร่วมกับการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกเข้มข้นร้อยละ 5 ถึง 8 ช่วยเพิ่มแรงยึดติดกับเรซินได้มากกว่าการใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งเพียงอย่างเดียว^(43,48) แต่อย่างไรก็ตามไม่แนะนำวิธีการพ่นผิวเซรามิกให้ขรุขระด้วยอนุภาคอะลูมินาออกไซด์หรือซิลิกากับเซรามิกที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลัก⁽⁴⁹⁾ เนื่องจากอนุภาคของอะลูมินาหรือซิลิกาสามารถทำลายผิวเซรามิกทำให้เกิดการสูญเสียปริมาตรของเซรามิกโดยไม่จำเป็น โดยปริมาตรที่สูญเสียไปของเซรามิกภายหลังการพ่นผิวด้วย

อะลูมินาออกไซด์และซิลิกาออกไซด์ในชั้นงานเซรามิกกลุ่มไอพีเอส เอ็มเพรสซึ่งเป็นตัวแทนของเซรามิกที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลักและมีการเสริมความแข็งแรงแล้ว เมื่อเปรียบเทียบกับอินซีแรมเซรามิกซึ่งเป็นเซรามิกในกลุ่มอะลูมินาพบว่า ไอพีเอส เอ็มเพรสเกิดการสูญเสียปริมาตรมากถึง 36 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับอินซีแรมเซรามิกภายหลังการฟันผิวด้วยเครื่องโรคาเทค (Rocatec; 3M ESPE, German) แรงดัน 2.5 บาร์ โดยอัตราการสูญเสียปริมาตรของเอ็มเพรสมีมากถึง 1 ลูกบาศก์มิลลิเมตร เมื่อฟันผิวเซรามิกเพียง 1 วินาที ดังนั้นไม่แนะนำให้ฟันผิวเซรามิกที่มีองค์ประกอบหลักเป็นซิลิกา แต่แนะนำให้ทำบนเซรามิกที่มีองค์ประกอบหลักสูง มีปริมาณแก้วต่ำ หรือกลุ่มเซรามิกซึ่งต้านทานต่อการกัดด้วยกรด (acid-resist ceramic) เท่านั้น เพื่อสร้างการยึดติดเชิงกล

2. การเตรียมผิวในกลุ่มอะลูมินาเซรามิกและเซอร์โคเนียเซรามิก

เซรามิกกลุ่มนี้ ได้แก่ เซรามิกอินซีแรมทุกกลุ่ม โพรเซลา เซรามิกในกลุ่มเซอร์โคเนีย ได้แก่ ลาวาและเซอร์คอน เซรามิกกลุ่มนี้ถูกอัดแน่นด้วยองค์ประกอบของผลึก มีส่วนของซิลิกาน้อยทำให้กรดไม่สามารถละลายผิวเซรามิกได้ การฟันผิวเซรามิกด้วยอะลูมินาออกไซด์หรือการเคลือบผิวด้วยซิลิกาออกไซด์เป็นวิธีสร้างการยึดติดเชิงกลในวัสดุกลุ่มนี้^(50,51) Kern และ Thompson⁽⁴⁹⁾ กล่าวว่า การฟันผิวเพื่อเคลือบซิลิกากับผิวเซรามิกสามารถเพิ่มความแข็งแรงของการยึดติดของเรซินกับเซรามิกให้มีการยึดติดที่แข็งแรงขึ้น การเคลือบผิวเซรามิกด้วยซิลิกาออกไซด์เป็นวิธีการซ่อมเซรามิกที่ได้รับความนิยมสูง⁽⁵²⁾ เนื่องจากเป็นการสร้างชั้นซิลิกากับพื้นผิวเซรามิกช่วยให้เกิดผลของซิลเลนในการยึดติดทางเคมีกับวัสดุเรซินได้ดียิ่งขึ้น^(43,51) Özcan และ Vallittu⁽⁴⁸⁾ พบว่าการเคลือบผิวด้วยซิลิกาช่วยเพิ่มการยึดติดของซิลเลนทำให้แรงยึดติดของการซ่อมอะลูมินาเซรามิกและเซอร์โคเนียมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับฟันผิวเซรามิกให้ซุระด้วยอนุภาคอะลูมินาออกไซด์เพียงอย่างเดียว การซ่อมแซมผิวเซรามิกด้วยวิธีการฟันผิวด้วยอะลูมินาออกไซด์ 30 ไมครอนด้วยแรงดัน 2.5 บาร์ ทาซิลเลน แอดฮีซีฟ และเรซินคอมโพสิต พบว่าให้ผลการคงอยู่ของการซ่อมแซมระหว่างเซรามิกและเรซินคอมโพสิตได้เหนือกว่าวิธีการซ่อมแซมด้วยการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกร้อยละ 9.5 ซิลเลน และแอดฮีซีฟ⁽⁵³⁾ เช่นเดียวกับการ

ศึกษาของ Valandro และคณะ⁽⁵¹⁾ พบว่าการเคลือบซิลิกากับพื้นผิวด้วยซิลิกาออกไซด์ขนาด 30 ไมครอนเมตรร่วมกับการใช้ซิลเลน ให้ความแข็งแรงของแรงยึดสูงกว่าการฟันผิวด้วยอะลูมินาออกไซด์ขนาด 110 ไมครอนเมตรและซิลเลนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเคลือบผิวด้วยซิลิกาและการเกิดการกระบวนการซิลเลนในเซชัน (silanization) บนพื้นผิวเซรามิกสามารถทำได้หลายวิธี^(50,54) ระบบไตรโบเคมีคอลซิลิกาโคตติ้ง⁽⁵⁵⁾ (tribochemical silica coating system) เป็นวิธีที่สร้างแรงยึดติดเชิงกลขนาดเล็กร่วมกับการยึดทางเคมีในการยึดระหว่างวัสดุกลุ่มเซรามิก โลหะ กับวัสดุเรซินได้อย่างมีประสิทธิภาพวิธีนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกพื้นผิวเกิดความซุระด้วยการฟันผงอนุภาคอะลูมินาออกไซด์ ขั้นตอนที่สองทำให้เกิดซิลิกาเคลือบพื้นผิวโดยฟันด้วยอนุภาคอะลูมินาออกไซด์ 30 ไมครอนที่มีผงซิลิกาอยู่ (Al₂O₃ particle modified by silica) และขั้นตอนสุดท้ายการเกิดซิลเลนในเซชันด้วยการใช้สารซิลเลนเพื่อให้เกิดการยึดติดทางเคมีระหว่างชั้นซิลิกากับเรซินในปัจจุบันมีระบบที่ใช้ คือ โรคาเทค^(56,57) (Rocatec; 3M ESPE, German) ซึ่งมีหลักการสร้างชั้นซิลิกาโดยสร้างพลังงานทางกลโดยเป่าผงอนุภาคอะลูมินาออกไซด์ไปกระทบพื้นผิวเซรามิกโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เพื่อให้เกิดการสร้างการยึดติดทางเคมีโดยเครื่องโรคาเทคมีกระบวนการทำความสะอาดพื้นผิวด้วยการฟันด้วยผงอะลูมินาออกไซด์และทำให้ผิวเกิดความซุระเพื่อให้เกิดการยึดติดกับวัสดุเรซิน การฟันด้วยซิลิกาเพื่อให้เกิดชั้นของซิลิกอนไดออกไซด์ลึกลง 15 ไมครอน เพื่อให้การยึดติดทางเคมีระหว่างอินออร์แกนิกซิลิกาและอินออร์แกนิกเรซินด้วยซิลเลน นอกจากนี้ยังมีระบบระบบโคเจท (CoJet System; 3M ESPE, Seefeld, Germany) ซึ่งใช้หลักการไตรโบเคมีคอลซิลิกาโคตติ้ง ในการซ่อมแซมเซรามิกในคลินิก วิธีนี้เป็นการทำความสะอาดพื้นผิวและทำให้เกิดความซุระ ปริมาตรที่สูญเสียเทียบเท่ากับการฟันพื้นผิวอะลูมินาออกไซด์ในโลหะมีสกุล (noble alloys) มีการสูญเสียปริมาตรประมาณ 9 ไมครอนต่อการฟันผิวในแต่ละครั้ง⁽⁴⁹⁾ Kern and Wegner⁽⁵⁸⁾ พบว่าการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีองค์ประกอบของฟอสเฟตโมโนเมอร์ เช่น เอ็มดีพี เช่น พานาเวียเอฟ สองจุดศูนย์ (Panavia F 2.0; Kuraray, Japan) ภายหลังการเตรียมผิวเซรามิกเซอร์โคเนียที่ซ่อมด้วยการฟันผิวให้ซุระด้วยอนุภาคอะลูมินาออกไซด์ การเคลือบผิวด้วย

ซิลิกาและการเคลือบด้วยซิลเลน ทำให้ค่าความแข็งแรงดึง (tensile bond strength) มีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้เรซินซีเมนต์กลุ่มบิสจีเอ็มเอ (Bis-GMA) แม้ว่าเอ็มดีพี จะเป็นสารที่ช่วยให้การยึดติดที่ดีกับเซรามิกกลุ่มที่มีคริสตอลสูง^(59,60) แต่พบว่าหากเตรียมผิวเซรามิกไม่ถูกต้องในเซรามิกกลุ่มนี้ เช่น การกรอพื้นผิวเซรามิกที่จะซ่อมให้หยาบด้วยหัวกรอเพชร หรือใช้กรดฟอสฟอริก ร่วมกับการใช้แอดฮีซีฟที่มีโมโนเมอร์เป็นสารเอ็มดีพี ก็ไม่ทำให้เกิดการคงอยู่ของการยึดติดของการซ่อมแซมได้ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเคลือบซิลิกากับพื้นผิวด้วยซิลิกาออกไซด์ขนาด 30 ไมครอนเมตรร่วมกับการใช้ซิลเลนและแอดฮีซีฟทั่วไป ซึ่งพบว่าให้ความคงทนของการยึดติดเหนือกว่า⁽⁵³⁾ นอกจากนี้ยังพบว่าการปรับสภาพพื้นผิวของเซรามิกกลุ่มนี้ด้วยการใช้เมทัลแอดฮีซีฟไพร์เมอร์สามารถเพิ่มการยึดติดระหว่างเซรามิกกับเรซินซีเมนต์ได้⁽⁶¹⁾ โดยเมทัลแอดฮีซีฟไพร์เมอร์ ชนิดอัลลอยไพร์เมอร์ที่มีส่วนประกอบของเอ็มดีพี ซึ่งสามารถยึดติดโดยตรงกับเซอร์โคเนียออกไซด์และเกิดพันธะเคมีที่คงทน พบว่าให้ค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยวที่สูงกว่ากลุ่มที่ใช้เมทัลเซอร์โคเนียไพร์เมอร์ที่เกิดพันธะเคมีที่ไม่คงทนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ^(62,63) การใช้เมทัลแอดฮีซีฟไพร์เมอร์สามารถเพิ่มค่าแรงยึดของเซอร์โคเนียกับเรซินคอมโพสิตที่ยึดด้วยแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ได้⁽⁶⁴⁾ ซึ่งสอดคล้องกับ Yun และคณะ⁽⁶³⁾ ซึ่งพบว่ากลุ่มที่ใช้เมทัลแอดฮีซีฟไพร์เมอร์ที่มีส่วนของเอ็มดีพีเป็นส่วนประกอบจะทำให้ค่าแรงยึดติดสูงกว่าการใช้เมทัลแอดฮีซีฟไพร์เมอร์ที่ไม่มีเอ็มดีพี การยึดติดที่ดีจะเกิดขึ้นกับการเตรียมผิวที่ถูกต้อง การเลือกชนิดเมทัลแอดฮีซีฟไพร์เมอร์และเรซินซีเมนต์ที่เหมาะสม

สรุป

การซ่อมแซมชิ้นงานเซรามิกที่แตกด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต ต้องสร้างกลไกการยึดติดเชิงกล ซึ่งเกิดจากการกัดผิวเซรามิกที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลักด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก และ การฟันผิวเซรามิกบริเวณรอยแตกในเซรามิกกลุ่มอะลูมินาและเซอร์โคเนียให้มีความซุระด้วยการเป่าผิวด้วยอะลูมินาออกไซด์และการเคลือบผิวด้วยซิลิกา⁽⁵¹⁾ และกลไกทำให้เกิดการยึดติดด้วยสารซิลเลนเพื่อปรับสภาพผิวในการยึดกับเรซินคอมโพสิตเพื่อให้สารบอนดิงและเรซินคอมโพสิตสามารถยึดติดได้อย่างแข็งแรง ก่อนการซ่อมเซรามิก

ทันตแพทย์ควรพิจารณาถึงตำแหน่งการแตกว่าเป็นการแตกในชั้นวีเนียร์หรือแตกจนถึงส่วนแกนกลาง อย่างไรก็ตาม การซ่อมเซรามิกล้วนในช่องปากอาจเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการแก้ปัญหาการแตกหักของครอบฟันได้โดยไม่ต้องรื้อชิ้นงาน ทันตแพทย์ควรชี้แจงให้ผู้ป่วยทราบถึงการใช้งาน และควรกรอดจุดสัมผัสกับฟันคู่สบเพื่อหลีกเลี่ยงแรงที่มากเกินไปบริเวณรอยต่อหรือจุดซ่อม และควรติดตามประเมินผลการรักษาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทราบอัตราการอยู่รอดของการซ่อมแซมชิ้นงานบูรณะเซรามิกล้วนในช่องปากในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ศ.คลินิก ทญ. อิศราวีย์ บุญศิริ ซึ่งให้คำแนะนำ ชี้แนะบทความที่น่าสนใจตรวจทานและให้ข้อคิดเห็นต่างๆ 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 dentures: 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. Kiyon 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 Stength 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 sandblasting 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/>