



บทความปริทัศน์
Review Article

การซ่อมแซมเซรามิกในช่องปาก

รังรอง แสงสุวอ ท.บ.¹

ชัยวัฒน์ มณีบุษย์ ท.บ., MSc., TBOD., FRCDT., Ph.D.²

จารุพรรณ อุ่ณสมบัติ ท.บ., ป.บัณฑิต (ทันตกรรมหัตถการ), Cert. in Oper.Dent., M.S., ABOD.²

¹นิสิตบัณฑิตศึกษา สาขาทันตกรรมหัตถการ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

²ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

เซรามิกเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่มีนิยมนำมาใช้สำหรับบูรณะฟัน แม้ว่าจะเป็นวัสดุที่มีความสวยงามและแข็งแรง แต่เซรามิกก็ร้าวหรือแตกบิ่นได้ การรื้อชิ้นงานเซรามิกเดิมเพื่อสร้างชิ้นงานใหม่อาจไม่เป็นที่ต้องการสำหรับผู้ป่วยเพราะต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่าย จึงมีการเสนอแนะวิธีการซ่อมแซมด้วยเรซินคอมโพสิตเพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการรักษาเชิงอนุรักษ์หรือเพื่อแก้ปัญหาฉุกเฉินทางคลินิก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่เกิดการแตกบิ่นในตำแหน่งที่เกี่ยวข้องกับความสวยงาม บทความปริทัศน์นี้จะกล่าวถึงการซ่อมแซมเซรามิกในช่องปาก ในหัวข้อต่างๆ คือ ชนิดและองค์ประกอบของเซรามิก วัสดุที่นำมาใช้ในการซ่อมแซม การเตรียมพื้นผิวและกลไกการยึดติด วิธีการซ่อมแซม ความแข็งแรงการยึดติด และอัตราการอยู่รอดของการซ่อมแซม

(ว ทันต จุฬาฯ 2553;33:51-66)

คำสำคัญ: ซ่อมแซม; เซรามิก; ในช่องปาก

บทนำ

เซรามิก (ceramic) เป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในทางทันตกรรมสำหรับสร้างชิ้นงานบูรณะนอกช่องปาก (indirect restoration) เช่น ทำเคลือบฟันเทียม (veneer) อุดฝัง (inlay) อุดครอบ (onlay) แกนเซรามิก (core) สำหรับงานครอบฟันหรือสะพานฟัน หรือเป็นวัสดุเคลือบแกนโลหะหรือแกนเซรามิกสำหรับงานครอบฟันหรือสะพานฟัน¹ เพราะเซรามิกให้ทั้งความแข็งแรงและความสวยงามคล้ายคลึงกับฟันธรรมชาติ มีเสถียรภาพของสี (color stability) มีความโปร่งแสง (translucency) และให้ผลสำเร็จทางคลินิกที่ดี^{2,3}

อย่างไรก็ตาม ชิ้นงานเซรามิกอาจเกิดการร้าว แตกบิ่น หรือแตกหักได้ภายหลังการใช้งาน มีรายงานถึงอัตราความล้มเหลว (failure rate) เนื่องจากการแตกบิ่นของเคลือบเซรามิกออกจากแกนโลหะว่าเกิดขึ้นถึงร้อยละ 81 โดยมีสาเหตุมาจากการออกแบบโครงสร้างของชิ้นงานที่ไม่เหมาะสม การมีจุดบกพร่องบริเวณรอยต่อระหว่างเซรามิกกับโลหะ ความไม่เข้ากันของสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อน (coefficient of thermal expansion) ระหว่างเซรามิกกับโลหะ เซรามิกมีความหนาเกินไปและมีโลหะที่รองรับไม่เพียงพอรวมทั้งการรับแรงที่มากเกินไปหรือการเกิดอุบัติเหตุต่อฟัน^{2,4,5} สำหรับการบูรณะด้วยเซรามิกล้วน (all ceramic restoration) ก็พบว่ามีการแตกบิ่นได้เช่นกัน โดยเฉพาะการแตกบิ่นของเซรามิกที่ใช้เป็นส่วนเคลือบออกจากส่วนแกนเซรามิก⁶

การแตกของชิ้นงานเซรามิกที่ประกอบด้วยส่วนแกนและส่วนเคลือบนั้นอาจเกิดได้ 3 ลักษณะ⁵ คือ การแตกบิ่นในเซรามิกส่วนเคลือบเพียงอย่างเดียว หรือการแตกบิ่นบริเวณรอยต่อระหว่างเซรามิกส่วนเคลือบกับส่วนแกน ที่ทำให้มีทั้งผิวเซรามิกส่วนเคลือบและผิวของส่วนแกนเผยผิ๊งหรือการแตกหักของเซรามิกส่วนเคลือบมากจนทำให้มีส่วนแกนเผยผิ๊งเป็นบริเวณกว้างหรือทั้งหมด ซึ่งโดยขบวนการผลิตเซรามิก จะไม่สามารถเติมเซรามิกใหม่เข้าไปยึดติดกับวัสดุบูรณะเซรามิกเดิมได้โดยตรงในช่องปาก⁷ วิธีที่ดีที่สุดในการแก้ไขปัญหาการแตกบิ่นของเซรามิกก็คือ วิเคราะห์หาสาเหตุและรีบแก้ไขเพื่อสร้างชิ้นงานใหม่ แต่ในบางครั้ง การรีเซ็ตงานเดิมทำให้เกิดความรู้สึกที่ไม่ดีแก่ผู้ป่วยเพราะเสียทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย จึงมีการแนะนำถึงวิธีซ่อมแซมชิ้นงานเซรามิกที่แตกบิ่นในช่องปาก เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในการรักษาเชิงอนุรักษ์หรือเพื่อแก้ปัญหาฉุกเฉินทางคลินิก โดย

เฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่เกิดการแตกบิ่นในตำแหน่งที่เกี่ยวข้องกับความสวยงาม อย่างไรก็ตามการซ่อมแซมชิ้นงานเซรามิกที่แตกบิ่นในช่องปาก จะทำในกรณีที่เป็นการแตกบิ่นของเซรามิกที่เป็นส่วนเคลือบเท่านั้น หากโครงหรือแกนเซรามิกที่ใช้ในการทำครอบฟันและสะพานฟันเซรามิกล้วนมีการร้าวหรือแตกหัก จะไม่สามารถซ่อมแซมได้ จำเป็นที่จะต้องทำชิ้นงานใหม่ บทความปริทัศน์นี้จะกล่าวถึงการซ่อมแซมเซรามิกที่แตกหักในช่องปากในหัวข้อต่างๆ ที่เกี่ยวข้องคือ ชนิดและองค์ประกอบของเซรามิก วัสดุที่นำมาใช้ในการซ่อมแซม การเตรียมพื้นผิวและกลไกการยึดติด วิธีการซ่อมแซม ความแข็งแรงการยึดติด และอัตราการอยู่รอดของการซ่อมแซม

ชนิดและองค์ประกอบของเซรามิก

เซรามิกสามารถแบ่งตามองค์ประกอบพื้นฐานได้ 3 ชนิดคือ

1. เซรามิกที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน (silica-based ceramics) ได้แก่ พอร์ซเลนเฟลด์สปาทิก (feldspathic porcelain: $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$) พอร์ซเลนเฟลด์สปาทิกที่มีการเสริมผลึกลิวไซด์เพื่อเพิ่มความแข็งแรง (leucite-reinforced feldspathic porcelain: $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O}$) และเซรามิกลิเทียมไดซิลิเกต (lithium-disilicate ceramics: $\text{SiO}_2\text{-Li}_2\text{O}$)

พอร์ซเลนเฟลด์สปาทิกมีความแข็งแรงไม่มากนัก มีองค์ประกอบพื้นฐานเป็นซิลิกอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 60-64 และอะลูมินัมออกไซด์ประมาณร้อยละ 20-23⁸ มักใช้เป็นวัสดุเคลือบเพื่อปิดผิวโลหะของครอบฟันหรือสะพานฟันโลหะเคลือบเซรามิก หรือใช้เป็นวัสดุเคลือบปิดทับแกนเซรามิกล้วนชนิดที่มีความแข็งแรงสูงเพื่อเพิ่มความสวยงาม⁹ หรือใช้ในงานบูรณะเคลือบฟันเทียม อุดฝัง หรือ อุดครอบ⁸ ชื่อทางการค้าของเซรามิกชนิดนี้ได้แก่ วิต้า วีเอ็มเค (VITA VMK: Vivadent, Schaan, Liechtenstein) วิต้าบลอค มาร์กทู (VITABLOCS Mark II: VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) วิต้า ไตรลักซ์บลอค (VITA TriLux Blocc: VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) และ วิต้าบลอค เอสเตติก ไลน์ (VITABLOCS Esthetic Line: VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany)⁸ พอร์ซเลนเฟลด์สปาทิกที่มีการเสริมผลึกลิวไซด์จะมีความแข็งแรงมากขึ้น การเสริมผลึกลิวไซด์จะช่วยเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนที่เหมาะสม กับแกนโลหะและเพิ่มความ

เค้นแรงอัด (compressive stress)¹⁰ และถ้าทำการเผาซ้ำหลายครั้งและปล่อยให้เย็นตัวลงอย่างช้าๆ จะทำให้มีการตกผลึกลิควาไซด์ในพอร์ซเลนได้ดียิ่งขึ้น¹⁰ จึงมีความแข็งแรงมากกว่าพอร์ซเลนเฟลด์สปาทิกธรรมดาและยังคงความสวยงามที่ดีมาก แต่ความแข็งแรงก็ยังไม่สูงมากนัก จึงเหมาะสำหรับงานบูรณะเคลือบฟันเทียม อุดฝัง อุดครอบและครอบฟันหน้า⁸ ชื่อทางการค้าของเซรามิกชนิดนี้ได้แก่ ไอพีเอส เอ็มเพรส (IPS Empress: Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ออปติมอล เพรสเซเบิล เซรามิก (Optimal Pressable ceramic: Jeneric Pentron, Connecticut, U.S.A.) และ ไอพีเอส โปรแคด (IPS ProCAD: Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)⁸ สำหรับเซรามิกลิเทียมไดซิลิเกตนั้น เซรามิกชนิดนี้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น สามารถนำมาใช้ในงานสะพานฟันขนาดสั้น¹¹ ชื่อทางการค้าของเซรามิกชนิดนี้ได้แก่ ไอพีเอส เอ็มเพรสทู (IPS Empress 2: Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) และ ไอพีเอส อีแมกซ์ เพรส (IPS e.max Press: Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

2. เซรามิกที่มีอะลูมิเนียมออกไซด์เป็นองค์ประกอบพื้นฐาน (aluminum oxide based ceramics : Al_2O_3) ได้แก่ เซรามิกชนิดที่มีแก้วแทรกซึมเข้าไปในแกนอะลูมิเนียมออกไซด์ (glass-infiltrated aluminum oxide ceramics) และเซรามิกชนิดที่มีอะลูมิเนียมออกไซด์ในปริมาณสูง (densely-sintered aluminum oxide ceramics)

เซรามิกชนิดที่มีแก้วแทรกซึมเข้าไปในแกนอะลูมิเนียมออกไซด์จะมีความแข็งแรงสูง ผิวด้านนอกเคลือบด้วยพอร์ซเลนเฟลด์สปาทิก ชื่อทางการค้าของเซรามิกชนิดนี้คือ อินซีแรม อะลูมินา (In-Ceram Alumina: VITA, Zahnfabrik, Germany) ซึ่งมีอะลูมิเนียมออกไซด์ร้อยละ 80 ถึง 82 และมีซิลิการ้อยละ 5 โดยน้ำหนัก¹² เซรามิกชนิดนี้มีค่าความแข็งแรงดัด (flexural strength) มากกว่าเซรามิกชนิดเฟลด์สปาทิก 3-4 เท่า สามารถใช้เป็นแกนของวัสดุบูรณะแทนการใช้โครงโลหะในงานสะพานฟัน⁶ เพื่อลดความทึบแสงของแกนเซรามิก จึงมีการผสมแมกนีเซียมเข้ากับอะลูมินาเพื่อเพิ่มความโปร่งแสงมากขึ้น เช่น ผลิตภัณฑ์อินซีแรม สปิเนล (In-Ceram Spinell: $MgAl_2O_3$: VITA Zahnfabrik, Germany) แต่จะทำให้ความแข็งแรงลดลงมาก จึงใช้สำหรับงาน ครอบฟันหน้าเท่านั้น¹³ และได้มีการพัฒนาเซรามิกชนิดอินซีแรมอะลูมินาเดิมให้มีความแข็งแรงขึ้น โดยเติมเซอร์โคเนียออกไซด์เข้าไป ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ อินซีแรม เซอร์โคเนีย (In-Ceram Zirconia: VITA Zahnfabrik, Germany) ซึ่งมีอะลูมิเนียมออกไซด์ประมาณ

ร้อยละ 67 เซอร์โคเนียออกไซด์ร้อยละ 13 และ แลนทานัม อะลูมินัมซิลิเกต ประมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก¹⁴ แต่เนื่องจากมีความทึบแสงมากจึงใช้สำหรับงานครอบฟันและสะพานฟันบริเวณฟันหลัง นอกจากนั้นยังมีเซรามิกชนิดที่มีอะลูมิเนียมออกไซด์ในปริมาณสูง เช่น ผลิตภัณฑ์โพรเซรา ออลซีแรม (Procera AllCeram: Nobel Biocare AB, Goteborg, Sweden) ซึ่งมีอะลูมิเนียมออกไซด์เป็นองค์ประกอบถึงร้อยละ 99.9 มีความแข็งแรงสูงรองจากเซรามิกชนิดเซอร์โคเนียออกไซด์ ใช้เป็นแกนของครอบฟันหรือสะพานฟัน⁹

3. เซรามิกชนิดที่มีเซอร์โคเนียไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบพื้นฐาน (zirconium dioxide-based ceramic: ZrO_2) ได้แก่ ยิตเรียม เตตระโกนอล เซอร์โคเนีย พอลิคริสตอล (yttrium tetragonal zirconia polycrystals: ZrO_2 stabilized by Y_2O_3) ซึ่งมีการผสมยิตเรียมออกไซด์ (yttrium-oxide: Y_2O_3) เข้ากับเซอร์โคเนียบริสุทธิ์ทำให้เซอร์โคเนียมีความคงตัวอยู่ในสภาวะผลึกแบบเตตระโกนอลเป็นผลให้เพิ่มความแข็งแรงและต้านทานต่อการแตกหัก⁸ เซรามิกชนิดนี้มีค่าความแข็งแรงดัด 900-1200 เมกกะปาสคาล (MPa)¹⁵ (ดังตารางที่ 1)^{15,16} สามารถนำมาใช้เป็นแกนครอบฟันหรือสะพานฟันขนาดยาว โดยเฉพาะในตำแหน่งฟันหลัง¹⁷ ชื่อทางการค้าของเซรามิกชนิดนี้ได้แก่ ลาวา (Lava: 3M ESPE, St. Paul, Minnesota, U.S.A.) เซอคอน (Circon: Dentsply Ceramco, York, Pennsylvania, U.S.A.) โพรเซรา ออลเซอคอน (Procera AllZircon: Nobel Biocare AB, Goteborg, Sweden) ดีซี เซอคอน (DC-Zircon: DCS Dental AG, Allschwil, Switzerland) และเดนเซอร์ (Denzir: Decim AB, Skelleftea, Sweden)⁸

วัสดุที่นำมาใช้ในการซ่อมแซมเซรามิก

ในปัจจุบัน วัสดุที่นิยมใช้ในการซ่อมแซมเซรามิกมากที่สุดคือ เรซินคอมโพสิต (resin composite) เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีสีคล้ายคลึงกับทั้งฟันธรรมชาติและเซรามิก มีสีให้เลือกหลากหลาย สามารถกดอัดให้แน่นกับพื้นผิวได้ดี และขัดแต่งได้เรียบและมันเงา ช่วยลดการเกาะติดของแผ่นคราบจุลินทรีย์ เรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิล (microfill) มีสมบัติในการขัดแต่งที่ดีแต่มีความแข็งแรงต่ำและมีอัตราการสึกที่สูง¹⁸ จึงไม่เหมาะในการซ่อมแซมเซรามิกในตำแหน่งที่ต้องรับแรงบดเคี้ยว เรซินคอมโพสิตชนิดแมโครฟิล (macrofill) ให้การยึดติดกับผิวเซรามิกได้ดีแต่ขัดแต่งพื้นผิวให้เรียบได้ยาก¹⁸

ส่วนเรซินคอมโพสิตชนิดไฮบริด (hybrid) ได้แก่ ไมโครไฮบริด (microhybrid) และนาโนไฮบริด (nanohybrid) มีการปรับปรุงให้มีสมบัติการขัดแต่ง การยึดติดและความแข็งแรงที่ดี¹⁹ สามารถใช้ซ่อมแซมเซรามิกที่แตกบิ่นได้ดี²⁰ ในกรณีที่ต้องการปิดสีของโลหะ สามารถเลือกใช้เรซินคอมโพสิตชนิดที่มีความทึบแสงสูง (high opacity composite) หรือใช้สีเรซินชนิดทึบแสง (resin tint-opaquer) ร่วมกับเรซินคอมโพสิต^{21,22}

นอกจากนี้ ยังมีการใช้กาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (glass ionomer cement) และเรซินมอดิฟายด์ กาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (resin-modified glass ionomer cement) ในการซ่อมชิ้นงานเซรามิก²³ โดยเฉพาะกรณีที่มีผิวโลหะเผยผิ่

เนื่องจากสามารถยึดกับโลหะได้ด้วยพันธะทางเคมี แม้ว่าวัสดุจะมีความทึบแสง สามารถเลือกสีให้กลมกลืนกับเซรามิกและปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ แต่ให้ความสวยงามและมีความแข็งแรง ไม่สูงเท่าการใช้เรซินคอมโพสิต^{23,24}

การเตรียมพื้นผิวเซรามิกและกลไกการยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตกับเซรามิก

การเตรียมพื้นผิวเซรามิกมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการยึดติดกับเรซินคอมโพสิต ซึ่งการยึดติดมี 2 ลักษณะ คือ การยึดติดทางกล (mechanical bonding) และการยึดติดทางเคมี (chemical bonding) การทำให้เกิดการยึดติดทางกลมีวิธีการเตรียมพื้นผิวของเซรามิกได้หลายวิธีเช่น

ตารางที่ 1 ความแข็งแรงดัดและความทนทานการแตกหักของเซรามิกชนิดต่างๆ

Table 1 Flexural strength and fracture toughness of ceramic systems

Type of ceramic	Flexural strength (MPa)	Fracture toughness (MPa•m ^{1/2})	
Silica-based ceramics or Glass-based ceramic			
Feldspathic porcelain	55-87	0.9-1.5	
Leucite-reinforced feldspathic porcelain	73-182	1.0-2.0	
Lithium-disilicate ceramics	300-400	2.8-3.5	
Aluminum oxide based ceramics			
Glass-infiltrated aluminum oxide ceramics	In-Ceram Alumina	236-600	3.1-4.61
	In-Ceram Spinell	150-350	2.7
	In-Ceram Zirconia	421-800	6-8
Densely-sintered aluminum oxide ceramics	Procera AllCeram	487-699	4.48-6
Zirconium dioxide-based ceramic			
Yttrium tetragonal Zirconia polycrystals	900-1200	9-10	

1. การเตรียมด้วยหัวกรอกากเพชร (diamond bur) เป็นการทำให้เกิดลักษณะขรุขระเป็นร่อง (groove) หรือ ส่วนคอดช่วยการยึดติด (undercuts) เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส และช่วยในการยึดกับเรซินคอมโพสิต อย่างไรก็ตาม การเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีนี้ไม่สามารถคาดเดาผลของการยึดติดที่จะเกิดขึ้นในระยะยาว และอาจเพิ่มรอยร้าวขยายผ่านผิวลงไปใ้ในเนื้อของเซรามิกและก่อให้เกิดการแตกหักของชิ้นงานได้²⁵

2. การเตรียมด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก (hydrofluoric acid) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันแพร่หลายและมีประสิทธิภาพในการปรับสภาพพื้นผิวเซรามิก โดยเฉพาะการเตรียมพื้นผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกร่วมกับการทาสารซิลเลน (silane) ซึ่งจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงพันธะเฉือน (shear bond strength) หรือความแข็งแรงพันธะดึง (tensile bond strength) ได้^{20,26-28} การเตรียมพื้นผิวทำโดยทากรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 2.5-10 นาน 1-3 นาที กรดจะละลายเมทริกซ์แก้ว (glass matrix) บางตำแหน่งของพื้นผิว ทำให้เกิดรูพรุน ที่มีรูปร่างไม่แน่นอน ทำให้สารยึดติดสามารถแทรกเข้าไปอยู่ระหว่างช่องว่างที่เกิดขึ้น ส่งเสริมการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาค (micromechanical retention) กับเรซินคอมโพสิต²⁰

การใช้กรดปรับสภาพพื้นผิวเซรามิกจะให้ผลแตกต่างกันขึ้นกับชนิดและองค์ประกอบของเซรามิก การเตรียมพื้นผิวของเซรามิกในกลุ่มที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบพื้นฐานมักให้ผลที่ดี^{29,30} ในขณะที่เซรามิกชนิดอะลูมินัมออกไซด์และชนิดเซอร์โคเนียออกไซด์ ซึ่งมีการปรับปรุงพัฒนาให้เซรามิกมีความแข็งแรงมากขึ้น จะต้านทานต่อการกัดกร่อนด้วยกรดมากขึ้น ทำให้พื้นผิวของวัสดุพวกนี้ขรุขระไม่เพียงพอต่อการยึดติด¹² มีรายงานว่าการเตรียมพื้นผิวเซรามิกด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกควรใช้ร่วมกับการทาสารซิลเลนเพื่อเพิ่มการยึดติดให้มากขึ้น³¹

แต่อย่างไรก็ตาม การใช้กรดไฮโดรฟลูออริกสำหรับการซ่อมแซมเซรามิกในช่องปากต้องให้ความระมัดระวังอย่างมาก เพราะหากกรดไฮโดรฟลูออริกสัมผัสกับเนื้อเยื่อจะทำให้เกิดการตายของเนื้อเยื่อได้เมื่อเวลาผ่านไป 24-48 ชั่วโมง รวมทั้งทำให้เกิดการกร่อนของกระดูกตาได้เช่นกัน หากต้องใช้กรดไฮโดรฟลูออริกในการซ่อมแซมเซรามิกในช่องปาก จะต้องใส่แผ่นยางกันน้ำลายที่มีความแนบบริเวณขอบของครอบฟันที่ดีเพื่อป้องกันอันตรายแก่เนื้อเยื่อ และควรใส่แว่นตาให้กับผู้ป่วยรวมทั้งทันตแพทย์และผู้ช่วยทันตแพทย์เพื่อป้องกันดวงตาขณะทำการซ่อมแซม⁵

3. การเตรียมพื้นผิวด้วยฟลูออไรด์อะซิดูเรทเทดฟอสเฟตเจล (เอพีเอฟเจล, acidulated phosphate fluoride: APF gel) เนื่องจากการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกอาจทำให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อในช่องปากได้ จึงมีการนำสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดชนิดอื่นมาใช้เตรียมพื้นผิวเซรามิกแทน เช่น การใช้เอพีเอฟเจลความเข้มข้นร้อยละ 1.23 กัดผิวเซรามิกเป็นเวลา 10 นาที พบว่า มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการเตรียมพื้นผิวเซรามิกชนิดที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน²⁶ แต่การศึกษาของ Tylka และ Stewart¹² พบว่า สภาพพื้นผิวเซรามิกที่เตรียมด้วยเอพีเอฟเจลจะเรียบมากกว่าและเพิ่มการยึดติดได้น้อยกว่าการเตรียมผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก มีการแนะนำว่าการเตรียมพื้นผิวด้วยเอพีเอฟเจล ควรใช้ร่วมกับการทาสารซิลเลนเพื่อเพิ่มการยึดติดให้มากขึ้น³¹

4. การเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าด้วยอนุภาคอะลูมินัมออกไซด์ (air abrasion with aluminum oxide) การเป่าผิวเซรามิกด้วยอนุภาคอะลูมินัมออกไซด์ขนาด 50 ไมโครเมตรด้วยเครื่องเป่าทรายในช่องปาก (intra-oral sandblasting device) แรงดัน 3-35 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทำให้เกิดลักษณะพื้นผิวที่ขรุขระเพิ่มพื้นที่ในการยึดติดและลดแรงตึงผิว (surface tension) ส่งเสริมให้เกิดการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาค³² นอกจากนี้ ยังช่วยลดความเสี่ยงที่ผู้ป่วยจะได้รับอันตรายจากการใช้กรดในการซ่อมแซมเซรามิกในช่องปากได้⁵ การเป่าผิวเซรามิกชนิดที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบพื้นฐานนานเกินไป อาจทำให้เกิดการแตกหักหรือสูญเสียเนื้อเซรามิกมากเกินไป³³ แต่การเป่าผิวเซรามิกชนิดที่มีอะลูมินัมออกไซด์เป็นองค์ประกอบพื้นฐาน จะทำให้เกิดลักษณะพื้นผิวที่ขรุขระดีกว่า การใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัดผิว สำหรับเซรามิกชนิดเซอร์โคเนียออกไซด์นั้นไม่ว่าจะเตรียมพื้นผิวด้วยกรดหรือเป่าด้วยอนุภาคอะลูมินัมออกไซด์ร่วมกับการทาสารซิลเลน จะเพิ่มการยึดติดได้น้อยมาก³⁴⁻³⁶

5. การเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าด้วยอนุภาคซิลิกอนออกไซด์ (air abrasion with silicon oxide) ระบบโรคาเทค (Rocatec® system) เป็นการทำให้เกิด ชั้นซิลิกาคลุมบนผิวของเซรามิกโดยการเป่าอนุภาคซิลิกอนออกไซด์ขนาด 110-120 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นอนุภาคอะลูมินัมออกไซด์ที่ได้รับการปรับปรุงพื้นผิวของอนุภาคด้วยกรดซิลิสิก (silicic acid) ด้วยแรงดันที่ค่อนข้างสูง ทำให้อนุภาคซิลิกอนออกไซด์เข้าไปฝังที่ผิวของเซรามิก วิธีนี้ทำให้มีการเพิ่มปริมาณซิลิกาบนพื้นผิว³⁴⁻³⁷ ได้ร้อยละ 15.8 ถึง 19.7 โดยน้ำหนัก³⁸ ทำให้เซรามิกสามารถเชื่อมกับ

สารไซเลนได้ดีขึ้น^{34-36,38} การทาสารไซเลนทับทำให้มีการยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตและผิวเซรามิกด้วยวิธีทางกลและทางเคมีร่วมกัน²⁵ การเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีนี้มีการแนะนำให้ปลายหัวฉีดตั้งฉากกับพื้นผิวและห่างประมาณ 10 มิลลิเมตร โดยใช้เวลาการเป่าประมาณ 13 วินาที²⁵ นอกจากระบบโรคาเทคแล้วยังมีระบบโคเจท (CoJet® system) ซึ่งเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าอนุภาคซิลิกอนออกไซด์ขนาด 30 ไมโครเมตรและทาทับด้วยสารไซเลน^{1,39} ซึ่งจะช่วยให้ส่งเสริมการยึดติดในลักษณะเดียวกันกับการเตรียมผิวด้วยระบบโรคาเทค¹⁴

จากการศึกษาของ Bottino และคณะ¹⁴ พบว่า การเป่าด้วยอนุภาคซิลิกอนออกไซด์ ทั้งระบบโรคาเทคและโคเจทช่วยเพิ่มค่าความแข็งแรงการยึดติดของเรซินกับอินซีเรมเซอร์โคเนีย แต่ไม่พบความแตกต่างของความแข็งแรงการยึดติดระหว่างการเตรียมผิวด้วยระบบทั้งสอง สำหรับเซรามิกผลิตภัณฑ์อินซีเรมอะลูมินาและโพเซราออลซีเรม ซึ่งมีปริมาณซิลิกาต่ำ การเป่าผิวด้วยอนุภาคซิลิกอนออกไซด์ด้วยระบบโรคาเทคหรือระบบโคเจทและทาสารไซเลน สามารถส่งเสริมการยึดติดกับเรซินคอมโพสิตได้มากขึ้น^{37,40} แต่ค่าความแข็งแรงการยึดติดของโพเซราออลซีเรมจะมีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากวัสดุมีความแข็งผิวสูง ทำให้อนุภาคซิลิกาแทรกตัวไปบนพื้นผิวได้ยากกว่า⁴⁰ ส่วนเซรามิกชนิดเซอร์โคเนียออกไซด์นั้น การเป่าด้วยอนุภาคซิลิกอนออกไซด์ด้วยระบบโคเจทและทาสารไซเลนเคลือบจะให้ค่าความแข็งแรงการยึดติดเพิ่มสูงขึ้น¹⁷

การยึดติดทางเคมีระหว่างเซรามิกกับเรซินคอมโพสิตทำได้โดยการทาสารไซเลนหรือออกแกนโนไซเลน (organosilane coupling agent) และสารยึดติด (adhesive agent) สารไซเลนเป็นสารส่งเสริมการยึดติด มีลักษณะเป็นโมเลกุลที่มีการทำงานได้สองลักษณะ คือ ปลายข้างหนึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับพื้นผิวนินทรีย์ (inorganic surface) เช่น เซรามิก และปลายข้างหนึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับพื้นผิวอินทรีย์ (organic surface) เช่น เรซินซีเมนต์ หรือสารยึดติด⁴¹ การทำให้มีการยึดติดทางเคมีระหว่างพื้นผิวอินทรีย์และพื้นผิวนินทรีย์ ด้วยการเคลือบสารไซเลนเรียกว่า กระบวนการไซเลนไนเซชัน (silanization) กลไกการยึดติดระหว่าง เรซินคอมโพสิต ไซเลน และเซรามิก เริ่มจากไซเลนสลายตัวด้วยน้ำ (hydrolyze) โดยมีกรดหรือความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยากลายเป็นไซเลนอล (silanol)⁴² จากนั้นซิลิคอน (silicon) ในไซเลนอลจะเกิดการยึดกับซิลิคอนไดออกไซด์ในเซรามิกด้วยพันธะโควาเลนต์ (covalent bond) ซึ่งการยึดที่เกิดขึ้นเรียกว่า พันธะซิลอกเซน (siloxane bond)^{40,42} เมื่อนำเรซินคอมโพสิตมายึดติด ปลาย

ข้างหนึ่งของไซเลนอลจะทำปฏิกิริยายึดติดกับสารในกลุ่มเมทาคริลเลท (methacrylate) ของเรซินคอมโพสิต การเตรียมพื้นผิวเซรามิก ด้วยไซเลนจะส่งเสริมให้เกิดแรงยึดติดทางเคมีระหว่างเซรามิกและเรซินคอมโพสิต^{32,43,44} ทั้งนี้ สารไซเลนสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ (1) พรีไฮโดรไลซ์ ไซเลน ไพรอ์เมอร์ (Prehydrolyzed silane primer) เช่น ผลิตภัณฑ์อัล บอนด์ ทู (All Bond 2) และโมโนบอนด์เอส (Monobond-S) ซึ่งใช้งานง่าย แต่มีความคงตัวน้อย ทำให้อายุการเก็บรักษาสั้น (2) อันไฮโดรไลซ์ ไซเลน ไพรอ์เมอร์ (Unhydrolyzed silane primer) เช่น ผลิตภัณฑ์ออร์มโค ไพรอ์เมอร์ (Ormco primer) ที่มีความคงตัวและอายุการเก็บรักษาที่นานกว่ากลุ่มที่ 1 และ (3) 2-หรือ 3-ลิควิด ไซเลน ไพรอ์เมอร์ (2-or 3-liquid silane primer) เช่น ผลิตภัณฑ์พอร์ซเลน ไลเนอร์ เอ็ม (Porcelain Liner M) ซึ่งระบบนี้จะมีการบรรจุแยกขวดระหว่างสารไซเลนกับสารไพรอ์เมอร์ ที่มีตัวกระตุ้นปฏิกิริยา โมโนเมอร์ที่มีสภาพเป็นกรดในสารไพรอ์เมอร์จะทำหน้าที่กระตุ้นให้สารไซเลนเกิดปฏิกิริยา ช่วยส่งเสริมการยึดติดระหว่างเซรามิกกับวัสดุบูรณะที่มีสารเรซินเป็นองค์ประกอบพื้นฐานได้ดีกว่าการใช้ สารไซเลนชนิดเดียวกันเตรียมพื้นผิวโดยไม่ได้เติมตัวกระตุ้นปฏิกิริยา⁴⁵

การให้ความร้อนหลังจากทาสารไซเลน (ที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส) จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของการยึดติด เนื่องจากการกำจัดน้ำหรือสิ่งปลอมปนบนพื้นผิวออกไป หรือควรรทาสารไซเลนทิ้งไว้ก่อนการยึดกับเรซินอย่างน้อย 3 นาที⁴¹

สำหรับสารยึดติดนั้น ในปัจจุบันสามารถแบ่งตามขั้นตอนการทำงานได้เป็น 3 ระบบ ได้แก่ (1) ระบบ 3 ขั้นตอน ประกอบด้วยขั้นตอนการเตรียมผิวพื้นด้วยกรดฟอสฟอริก ทาไพรอ์-เมอร์และทาสารยึดติด (2) ระบบ 2 ขั้นตอน ซึ่งแบ่งย่อยได้ตามลักษณะการกำจัดชั้นเสมียร์ (smear layer) ได้เป็น ระบบที่เตรียมผิวพื้นด้วย กรดฟอสฟอริก แล้วทาสารไพรอ์เมอร์และสารยึดติดที่ถูกรวมไว้ในขวดเดียวกัน และระบบที่เตรียมผิวพื้นโดยการทาสารไพรอ์เมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดแล้วทาสารยึดติด และ (3) ระบบขั้นตอนเดียว เป็นระบบที่รวมเอาองค์ประกอบทั้งสามส่วนของระบบแรกเข้าไว้ในขวดเดียวเพื่อลดขั้นตอนการทำงาน⁴⁶ สำหรับการซ่อมแซม เซรามิกที่แตกหักนั้น สารยึดติดที่เหมาะสมในการนำมาเตรียมพื้นผิวเซรามิกคือ สารยึดติดของระบบ 3 ขั้นตอน เนื่องจากมีองค์ประกอบที่ชัดเจน มีลักษณะไม่ชอบน้ำ ทำหน้าที่ยึดกับส่วนปลายโมเลกุลของไซเลนเข้ากับเรซินคอมโพสิตได้ดี⁴¹

การเตรียมพื้นผิวและกลไกการยึดติดระหว่างโลหะกับเรซินคอมโพสิต

ในกรณีที่มีการแตกหักกับบริเวณรอยต่อระหว่างเซรามิกกับแกนโลหะ จะทำให้มีทั้งเซรามิกและผิวโลหะเผยผิง การยึดติดโลหะกับเรซินคอมโพสิตทำได้ 2 ลักษณะเช่นเดียวกันคือ การยึดติดทางกลและการยึดติดทางเคมี ซึ่งการทำให้เกิดการยึดติดทางกลสามารถทำได้หลายวิธี คือ

1. การเตรียมพื้นผิวโลหะด้วยการเป่าด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ ซึ่งช่วยกำจัดชั้นออกไซด์หรือสิ่งปนเปื้อนผิวโลหะทำให้เกิดพื้นผิวหยาบและเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส ทำให้เกิดการยึดติดทางกลระดับจุลภาคและเกิดการยึดติดทางเคมีกับเรซินซีเมนต์ที่มีกลุ่มฟังก์ชันชนิดโมโนเมอร์ฟอสเฟต (phosphate monomer) เช่น พานาเวีย เอ็กซ์ (Panavia Ex: Kuraray, Japan)⁴⁷

2. การเตรียมพื้นผิวโลหะด้วยการใช้กรดกัดด้วยกระแสไฟฟ้า (electrochemical etching) วิธีนี้จะสร้างให้เกิดลักษณะพื้นผิวไม่เรียบ เพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสและส่งเสริมการยึดติดกับเรซินคอมโพสิต Livaditis และ Thompson⁴⁸ เป็นผู้พัฒนาวิธีการนี้และนำมาใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1982 ต่อมา Jackson และ Healey⁴⁹ ได้ทำการพัฒนาเครื่องมือสำหรับใช้เตรียมพื้นผิวโลหะในช่องปากได้ คือ แจคสันอิเล็กโตรลิติก เอทเชอร์ (Jackson Electrolytic Etcher) อย่างไรก็ตาม การใช้กรดกัดด้วยกระแสไฟฟ้าให้ผลดีเฉพาะกับโลหะในกลุ่มโลหะผสมไร้สกุล (base metal alloy) เช่น นิกเกิล-โครเมียม (nickel-chromium) และ โคบอลต์-โครเมียม (cobalt-chromium)⁴⁸ แต่ใช้ไม่ได้ผลกับกลุ่มโลหะผสมมีสกุล (noble metal alloy) เช่น โลหะผสมทอง (gold) พัลเลเดียม (palladium) แพลทินัม (platinum) และ เงิน (silver) นอกจากนี้ ยังมีข้อด้อยอื่น ๆ เช่น เครื่องมือมีราคาแพง ใช้เวลานาน เกิดความผิดพลาดได้ง่าย และควบคุมพื้นผิวที่เซกรัดได้ยาก นอกจากนี้ ในปัจจุบันก็มีทางเลือกอื่น ๆ ในการเตรียมพื้นผิวของโลหะ ทำให้มีการใช้วิธีนี้น้อยลง⁴⁷

3. การเตรียมพื้นผิวโลหะด้วยการใช้สารเคมีกัด (chemical etching) โดยใช้สารเคมีประเภทกรดเข้มข้นที่ประกอบด้วย (1) กรดไนตริก (nitric acid) ร้อยละ 50 โดยปริมาตร (2) กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid) ร้อยละ 25 โดยปริมาตร และ (3) เมทานอล (methanol) ร้อยละ 25 โดยปริมาตร⁵⁰ กัดผิวโลหะ จะได้รูปแบบการกัดผิวที่มีลักษณะต้น

กว่ากรณีที่ใช้กรดกัดด้วยกระแสไฟฟ้า วิธีการเตรียมพื้นผิวโลหะด้วยการใช้สารเคมีกัดเป็นวิธีที่ง่าย สามารถใช้เตรียมพื้นผิวในช่องปากได้และทำซ้ำได้กรณีที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติด⁴⁷ แต่เนื่องจากใช้กรดที่มีความเข้มข้นสูง จึงอาจเป็นอันตรายกับเนื้อเยื่อได้หากใช้งานอย่างไม่ระมัดระวัง

4. การเตรียมพื้นผิวโลหะด้วยการฉาบด้วยดีบุก (electrolytic tin plating) เป็นวิธีที่ใช้กระแสไฟฟ้าสร้างให้เกิดชั้นออกไซด์ดีบุกบาง ๆ เคลือบผิวโลหะ ซึ่งอาจทำการเป่าผิวโลหะด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ก่อนการเคลือบผิว เพื่อให้ผิวโลหะสะอาดและได้ผิวที่ขรุขระ ช่วยเพิ่มการยึดติดของโลหะกับดีบุก จากนั้นเคลือบผิวโลหะโดยใช้เครื่องมือเคลือบดีบุกในช่องปาก เช่น ไมโครทิน (micro-tin)⁵¹ แล้วล้างน้ำและเป่าผิวให้แห้งเพื่อทาเรซินทึบแสงก่อนปิดผิวด้วยเรซินคอมโพสิต ขบวนการเตรียมผิวนี้จะได้ลักษณะการยึดติดทางกลระดับจุลภาคและเกิดการยึดติดทางเคมี⁵² การเตรียมพื้นผิวโลหะด้วยการฉาบด้วยดีบุกสามารถใช้เตรียมพื้นผิวโลหะทั้งกลุ่มโลหะผสมมีสกุลและโลหะผสมไร้สกุล⁵³

5. การเตรียมพื้นผิวโลหะด้วยการเป่าด้วยอนุภาคซิลิกอนออกไซด์ เนื่องจากการเตรียมพื้นผิวโลหะกลุ่มโลหะผสมมีสกุลด้วยวิธีเป่าด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ หรือการใช้กรดกัดด้วยกระแสไฟฟ้า หรือใช้สารเคมีกัดผิว ยังให้ค่าแรงยึดระหว่างโลหะกับเรซินคอมโพสิตต่ำ⁴⁷ จึงมีการพัฒนาวิธีการเป่าผิวโลหะกลุ่มโลหะผสมมีสกุลด้วยอนุภาคซิลิกอนออกไซด์เพื่อสร้างชั้นซิลิกาบนผิวโลหะและทาทับด้วยสารไฮเลนเพื่อให้เรซินคอมโพสิตยึดติดกับชั้นซิลิกาได้ โดยเกิดการยึดติดทั้งทางกลและทางเคมี^{47,54,55} ระบบที่สามารถนำมาใช้เตรียมพื้นผิวโลหะในช่องปากได้แก่ ระบบโรคาเทคและระบบโคเจท โดยมีวิธีการเตรียมผิวโลหะเช่นเดียวกับกรณีที่ใช้เตรียมผิวเซรามิกดังที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น

การเปรียบเทียบค่าแรงดึงของชั้นทดสอบโลหะผสมไร้สกุลชนิดนิกเกิล-โครเมียมที่ยึดกับเรซินคอมโพสิตหลังการเตรียมพื้นผิวโลหะด้วยอนุภาคซิลิกอนออกไซด์ด้วยระบบโรคาเทคและระบบโคเจท โดยเก็บชั้นทดสอบในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 90 150 และ 360 วัน พบว่า ค่าแรงดึงของชั้นทดสอบที่เตรียมด้วยระบบโรคาเทคสูงกว่าระบบโคเจทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ²⁵

สำหรับการยึดติดทางเคมีนั้น ทำโดยการทาผิวโลหะด้วยสารยึดไพรเมอร์โลหะ (metal adhesive primer) การทาสารยึดไพรเมอร์โลหะใช้ปรับปรุงการยึดติดของโลหะโดย

เฉพาะกลุ่มโลหะผสมมีสกุล เนื่องจากวิธีการอื่นมักต้องใช้ อุปกรณ์เฉพาะที่มีราคาแพงและมีขั้นตอนที่อาจเกิดความผิดพลาดได้ง่าย การทำสารยึดไพรเมอร์โลหะสามารถทำได้ง่าย ราคาไม่แพงและไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษใดๆ สารยึดไพรเมอร์โลหะจะมีหมู่ฟังก์ชันที่มีปลายด้านหนึ่งทำหน้าที่ยึดกับผิวโลหะ และปลายอีกด้านหนึ่งยึดกับเรซินคอมโพสิต โดยสามารถจำแนกสารยึดไพรเมอร์โลหะตามหมู่ฟังก์ชันได้ดังตารางที่ 2^{56,57}

จากการศึกษาพบว่า สารยึดไพรเมอร์โลหะแต่ละกลุ่ม จะส่งเสริมการยึดติดกับโลหะแต่ละชนิดได้แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของหมู่ฟังก์ชันและองค์ประกอบของสารยึดไพรเมอร์

โลหะนั้น โดยสารยึดไพรเมอร์โลหะที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นอนุพันธ์ของกรดคาร์บอกซิลิกและกรดฟอสฟอริกให้การยึดติดได้ดีกับกลุ่มโลหะผสมไร้สกุล เนื่องจากบนผิวโลหะกลุ่มนี้จะมีชั้นออกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาเคมีกับหมู่ฟังก์ชันของสารยึดไพรเมอร์โลหะทั้งสองกลุ่มได้ดี⁵⁸ แต่สารไพรเมอร์โลหะกลุ่มนี้จะให้ค่าแรงยึดติดต่ำกว่ากับกลุ่มโลหะผสมมีสกุลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ^{59,60} นอกจากนี้หมู่ฟังก์ชันที่เป็นอนุพันธ์ของกรดฟอสฟอริก โดยเฉพาะเอมดีพี จะเกิดปฏิกิริยาเคมีกับโครเมียมออกไซด์ของผิวโลหะผสมไร้สกุลชนิดโคบอลต์-โครเมียม ได้ดีกว่าหมู่ฟังก์ชันที่มีอนุพันธ์ของกรดคาร์บอกซิลิก⁶¹

ตารางที่ 2 หมู่ฟังก์ชันและองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์สารยึดไพรเมอร์โลหะ

Table 2 Functional groups and components of the metal adhesive primer products

Functional groups	Components	Products
Carboxylic acid derivative	4-META	Superbond liquid (Sunmedial Co Ltd, Moriyama, Japan)
	4-AET	Acryl Bond (Shofu Inc., Kyoto, Japan)
	BPDM	All Bond 2 Primer B (Bisco Inc., Itasca, IL, USA)
	MAC-10	MR Bond (Tokuyama Dental Corp., Tokyo, Japan)
Phosphoric acid derivative	MP	Eye Sight Opaque Primer (Kanebo Corp., Tokyo, Japan)
	MDP	Alloy primer = MDP + VTD (Kuraray Medical Inc., Tokyo, Japan)
Thiophosphoric acid derivatives	MEPS	Metal Primer (GC Corp., Tokyo, Japan)
Thione, Thiol group	VTD or VBATDT	V Primer (Sunmedial Co Ltd, Moriyama, Japan) Alloy primer = MDP + VTD (Kuraray Medical Inc., Tokyo, Japan)
	MTU-6	Metaltite (Tokuyama Dental Corp., Tokyo, Japan)

4-META: 4- methacryloxyethyl trimellitate anhydride; 4-AET : 4-acryloyloxyethyl trimellitate; BPDM : adduct of 2-hydroxyethyl methacrylate and 3,4,4',5'-biphenyltetracarboxylic anhydride; MAC-10: 11-methacryloyloxyundecan-1,1-dicarboxylic acid; MP: methacrylate-phosphate; MDP: methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate; MEPS : methacryloyloxyalkylthiophosphate derivative; VTD or VBATDT: 6-(4-vinyl benzyl-n-propyl) amino-1,3,5-triazine-2,4-dithiol-dithione tautomer; MTU-6: 6-methacryloyloxyhexyl-2-thiouracil-5-carboxylate

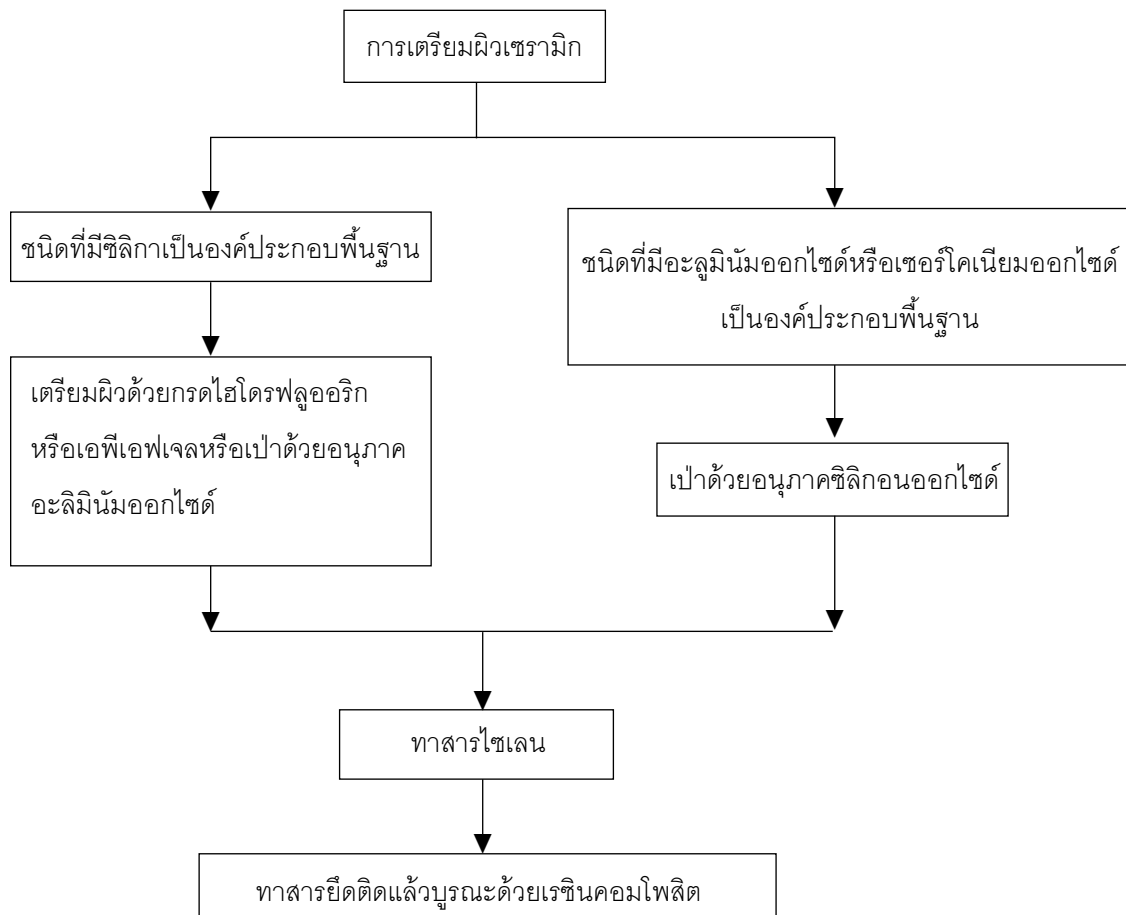
การเตรียมผิวโลหะโคบอลต์-โครเมียมและโลหะไทเทเนียมด้วยสารยัดไพรม์เมอร์โลหะที่มีหมู่ฟังก์ชันที่เป็นอนุพันธ์ของกรดฟอสฟอริก (เอ็มดีพี) และหมู่ฟังก์ชันที่เป็นอนุพันธ์ของกรดไทโอฟอสฟอริก (เอ็มอีพีเอส) จะช่วยเพิ่มค่าแรงยึดติดให้สูงขึ้น⁶² แต่เอ็มอีพีเอสจะให้ค่าการยึดติดต่ำกว่าเอ็มดีพีเมื่อใช้เตรียมผิวโลหะโคบอลต์-โครเมียม เนื่องจากเอ็มอีพีเอสมีส่วนของหมู่ฟังก์ชันฟอสเฟตน้อยกว่า⁶³

การเตรียมผิวโลหะผสมมีสกุลสามารถใช้สารยัดไพรม์เมอร์โลหะที่มีหมู่ฟังก์ชันที่เป็นอนุพันธ์ของกรดไทโอฟอสฟอริก และหมู่ฟังก์ชันไทออลเพื่อเพิ่มการยึดติดกับเรซินได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพบว่า เอ็มอีพีเอสให้ค่าแรงยึดติดสูงกว่าวิธีดี

เพราะหมู่ฟังก์ชันที่ใช้ทำปฏิกิริยาเคมีของเอ็มอีพีเอสคือกลุ่มเมอร์แคปโต (mercapto group) สามารถทำงานได้ดีกว่าหมู่ฟังก์ชันของวิธีดีซึ่งก็คือกลุ่มไทออล (thiol group)^{59,60}

วิธีการซ่อมแซมเซรามิกในช่องปาก

ก่อนทำการเตรียมพื้นผิวเซรามิกและ/หรือโลหะ จะต้องแยกบริเวณที่จะซ่อมแซมด้วยแผ่นยางกันน้ำลายเพื่อป้องกันอันตรายต่อเนื้อเยื่ออ่อนในช่องปากและกันความชื้น จากนั้นทำการเตรียมพื้นผิวเซรามิกและ/หรือโลหะ ตามลักษณะการแตกหัก ดังแผนผังสรุปในรูปที่ 1 และ 2



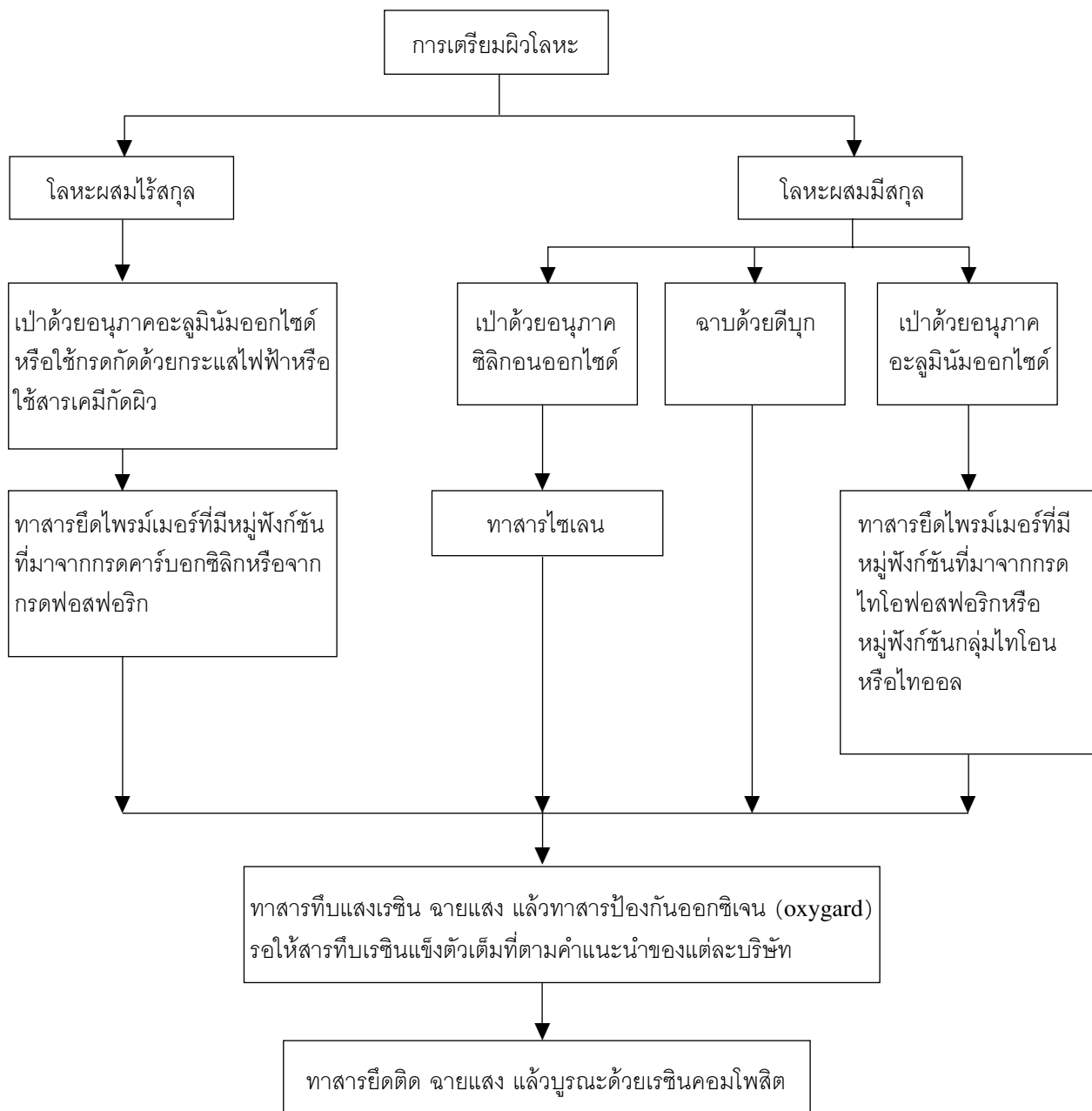
รูปที่ 1 แผนผังแสดงการเตรียมผิวเซรามิก

Fig. 1 Diagram of ceramic surface preparation

ความแข็งแรงการยึดติด

จากผลการทดสอบค่าความแข็งแรงการยึดติดในการซ่อมเซรามิกที่แตกหักด้วยวิธีการต่างๆ กันพบว่า ค่าความแข็งแรงการยึดติดมีค่าประมาณ 10-30 เมกกะปาสคาล เช่น การศึกษาของ Atsuta และคณะ⁵⁷ พบว่าการทดสอบแรงเฉือน

ระหว่างเรซินคอมโพสิตกับโลหะผสมมีสกุล ที่ได้รับการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมโครเมตร และทาสารยึดไพรเมอร์โลหะที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นอนุพันธ์ของกลุ่มไทโอนหรือไทออล มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงการยึดติด 28.4 เมกกะปาสคาล ส่วนการศึกษาของ Appeldoorn



รูปที่ 2 แผนผังแสดงการเตรียมผิวโลหะ

Fig. 2 Diagram of metal surface preparation

และคณะ⁶⁴ พบว่า ความแข็งแรงการยึดติดแบบเฉือน ระหว่างเรซินคอมโพสิตกับเซรามิกชนิดที่มีซิลิกาหรือแก้วเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน ที่ได้รับการเตรียมพื้นผิวด้วยผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซ่อมแซมเซรามิกที่มีจำหน่ายในท้องตลาด 8 ชนิด หลังการแช่น้ำเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 12.0 ± 2.3 ถึง 23.5 ± 5.3 เมกกะปาสคาล และค่าความแข็งแรงการยึดติดหลังการแช่น้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เป็นระยะเวลา 3 เดือน มีค่าเฉลี่ย 4.2 ± 1.0 ถึง 20.7 ± 1.7 เมกกะปาสคาล และการศึกษาของ Bottino และคณะ¹⁴ พบว่า ความแข็งแรงการยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคระหว่างเรซินคอมโพสิตกับเซรามิกผลิตภัณฑ์อินซีเรมเซอร์โคเนีย ที่ได้รับการเตรียมพื้นผิวด้วยการการพ่นด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาดอนุภาค 110 ไมโครเมตร การเตรียมพื้นผิวด้วยระบบโรคาเทค และการเตรียมพื้นผิวด้วยระบบโคเจท มีค่าความแข็งแรงการยึดติด 15.1 ± 5.3 23.0 ± 6.7 และ 26.8 ± 7.4 เมกกะปาสคาลตามลำดับ ส่วนการศึกษาของ Valandro⁴⁰ พบว่าค่าความแข็งแรงการยึดติดแบบดึงระดับจุลภาค (micro tensile) ระหว่างเรซินคอมโพสิตกับเซรามิกผลิตภัณฑ์ไฮพรเซราอลซีเรมอินซีเรมอะลูมินาและอินซีเรมเซอร์โคเนีย ที่ได้รับการเตรียมพื้นผิวด้วยการพ่นอนุภาคอะลูมินาขนาดอนุภาค 110 ไมโครเมตร และการเตรียมพื้นผิวด้วยระบบโคเจท มีค่า $12.7-17.3$ และ $18.5-31.2$ เมกกะปาสคาล

อัตราการอยู่รอดของการซ่อมแซมเซรามิกในช่องปาก

สภาพแวดล้อมในช่องปากมีอิทธิพลอย่างมากต่อความทนทานของการซ่อมแซมเซรามิกโดยตรงในช่องปาก วัสดุประเภทเรซินพื้นฐาน (resin-base) มีการสึกของผิวและดูตื้น้ำจากสิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งส่งผลเสียต่อสมบัติทางกลของเรซินคอมโพสิตที่ใช้ซ่อมแซม⁵ และสร้างปัญหาต่อความสวยงามได้⁶⁵

การศึกษาในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่พบว่า การซ่อมแซมเซรามิกด้วยเรซินคอมโพสิตให้ผลสำเร็จที่ดี^{2,4,5,14,17} ส่วนการศึกษาทางคลินิกมีเพียงการติดตามผลความสำเร็จและอัตราการอยู่รอดของการซ่อมแซมในระยะสั้นเท่านั้น (6 เดือนถึง 2 ปี)^{66,67} และพบว่า ให้ผลการซ่อมแซมที่ดีเช่นกัน โดยการศึกษาทางคลินิกของ Özcan และคณะ⁶⁶ ในปี 2002 พบว่า ความล้มเหลวจะเกิดขึ้นเร็วที่สุดภายใน 1 ถึง 3 เดือนหลังจากการซ่อมแซม

วิจารณ์และสรุป

ก่อนที่จะเริ่มทำการซ่อมแซมเซรามิกโดยตรงในช่องปากได้นั้น ควรจะตรวจและประเมินเพื่อพิจารณาให้ทราบสาเหตุของการแตกหักก่อนการซ่อมแซม เช่น ถ้าการแตกหักมาจากการบิดเคี้ยวหรือการโค้งงอของโครงสร้าง (substructure flexure) การซ่อมแซมอาจให้ผลในระดับแค่พอใช้⁶⁸ ถ้าการแตกหักเกิดมาจากอุบัติเหตุต่อวัสดุบูรณะหรือข้อผิดพลาดทางเทคนิคระหว่างการผลิตชิ้นงาน การซ่อมแซมอาจถือเป็นทางเลือกที่ดีในการแก้ไขปัญหา⁶⁸ การซ่อมควรทำในกรณีที่แกนโลหะหรือแกนเซรามิกข้างใต้อยู่ในสภาพดีและไม่ใส่สาเหตุของการแตกหัก โดยเลือกวิธีการเตรียมพื้นผิวให้เหมาะสมตามลักษณะการแตกหักเพื่อส่งเสริมการยึดติดที่ดี²⁵ การเตรียมพื้นผิวเซรามิกหรือโลหะด้วยการเป่าพ่นด้วยอนุภาคต่าง ๆ ร่วมกับ การใช้สารไซเลนและสารยึดติด สามารถทำให้เกิดการยึดติดกับเรซินคอมโพสิตที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้เครื่องมือพิเศษเช่น เครื่องเป่าอนุภาคซิลิกอนออกไซด์ เครื่องเตรียมผิวโลหะด้วยการใช้กรดกัดด้วยกระแสไฟฟ้า สารเคมี หรือเครื่องฉาบตีบุกแต่คลินิกทันตแพทย์โดยทั่วไปมักไม่มีเครื่องมือเหล่านี้บางคลินิกอาจจะมีเครื่องเป่าอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ คลินิกส่วนใหญ่มักจะมีกรดไฮโดรฟลูออริก สารไซเลน สารยึดติดไพรเมอร์โลหะ และสารยึดติด ซึ่งแรงการยึดติดของการซ่อมแซมเซรามิกด้วยการใช้กรดและสารเคมีมักจะน้อยกว่าการซ่อมที่ใช้เครื่องเป่าอนุภาคร่วมกับการใช้สารเคมี^{39,47} ในกรณีการซ่อมแซมเซรามิกที่ไม่ทราบประวัติว่าผู้ป่วยได้รับการบูรณะด้วยเซรามิกชนิดใดหากไม่มีเครื่องเป่าอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ แนะนำให้เตรียมผิวเซรามิกด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก ก่อนที่จะทาสารไซเลน สารยึดติดและบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิต โดยการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกต้องระมัดระวังเป็นอย่างมาก ต้องสามารถใส่แผ่นยางกันน้ำลายที่มีความแนบตามขอบของครอบฟันที่ต้องการซ่อมแซมได้เป็นอย่างดี เพื่อป้องกันการสัมผัสกับเนื้อเยื่อ ถ้าหากไม่สามารถใส่แผ่นยางกันน้ำลายได้ดี ควรพิจารณาใช้เอพิเอเฟลเตรียมผิวเซรามิกแทน ส่วนการเตรียมพื้นผิวโลหะควรสร้างให้เกิดพื้นผิวที่ขรุขระเช่นการกรอด้วยหัวกรอจากเพชรหรือเป่าด้วยอนุภาคต่าง ๆ แล้วทาสารยึดติดไพรเมอร์โลหะที่เหมาะสมกับชนิดโลหะ โดยอาจสังเกตชนิดของโลหะได้จากสีโลหะ แล้วทาสารทึบเรซินหรือเลือกใช้เรซินคอมโพสิตที่มีความทึบแสงปิดสีสะท้อนโลหะก่อนบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตที่เหมาะสมต่อไป อย่างไรก็ตาม ถ้าแกนของการบูรณะเป็นสาเหตุของการแตกหัก หรือกรณีที่มีการ

แตกหักของเคลือบเซรามิกไปมากและมีส่วนโลหะเผยผิ๊งเป็นส่วนใหญ่หรือทั้งหมด การซ่อมแซมโดยตรงในช่องปากจะให้ผลที่ไม่ดีนัก อาจพิจารณาทำชิ้นงานใหม่²⁵

การซ่อมแซมวัสดุบูรณะประเภทเซรามิกล้วนหรือเซรามิกเคลือบแกนโลหะเป็นทางเลือกหนึ่งที่ดีสำหรับการแก้ปัญหาฉุกเฉินและการรักษาเชิงอนุรักษ์ในทางคลินิก อย่างน้อยก็สามารถยืดระยะเวลาในการใช้งานหรือการทำชิ้นงานใหม่ได้ระยะหนึ่ง ทั้งนี้ ควรมีการติดตามและประเมินผลการรักษาเป็นระยะ ๆ เพื่อให้ทราบถึงอัตราการอยู่รอดในการซ่อมแซมทางคลินิกในระยะยาวต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Dunne JT Jr. Shear bond strengths of 2 intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates. *J Prosthet Dent.* 2001;86:526-31.
- Leibrock A, Degenhart M, Behr M, Rosentritt M, Handel G. In vitro study of the effect of thermo- and load-cycling on the bond strength of porcelain repair systems. *J Oral Rehabil.* 1999;26:130-7.
- Blatz MB. Long-term clinical success of all-ceramic posterior restorations. *Quintessence Int.* 2002;33:415-26.
- Diaz-Arnold AM, Wistrom DW, Aquilino SA, Swift EJ Jr. Bond strengths of porcelain repair adhesive systems. *Am J Dent.* 1993;6:291-4.
- Chung KH, Hwang YC. Bonding strengths of porcelain repair systems with various surface treatments. *J Prosthet Dent.* 1997;78:267-74.
- Lu YC, Tseng H, Shih YH, Lee SY. Effects of surface treatments on bond strength of glass-infiltrated ceramic. *J Oral Rehabil.* 2001;28:805-13.
- Llobell A, Nicholls JJ, Kois JC, Daly CH. Fatigue life of porcelain repair systems. *Int J Prosthodont.* 1992;5:205-13.
- Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *J Prosthet Dent.* 2007;98:389-404.
- Andersson M, Oden A. A new all-ceramic crown. A dense-sintered, high-purity alumina coping with porcelain. *Acta Odontol Scand.* 1993;51:59-64.
- Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. *J Prosthet Dent.* 1996;75:18-32.
- Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent.* 2003;89:268-74.
- Tylka DF, Stewart GP. Comparison of acidulated phosphate fluoride gel and hydrofluoric acid etchants for porcelain-composite repair. *J Prosthet Dent.* 1994;72:121-7.
- Magne P, Belser U. Esthetic improvements and in vitro testing of In-Ceram Alumina and Spinell ceramic. *Int J Prosthodont.* 1997;10:459-66.
- Bottino MA, Valandro LF, Scotti R, Buso L. Effect of surface treatments on the resin bond to zirconium-based ceramic. *Int J Prosthodont.* 2005;18:60-5.
- Raigrodski AJ. Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: a review of the literature. *J Prosthet Dent.* 2004;92:557-62.
- Wen MY, Mueller HJ, Chai J, Wozniak WT. Comparative mechanical property characterization of 3 all-ceramic core materials. *Int J Prosthodont.* 1999;12:534-41.
- Ozcan M, van der Sleen JM, Kurunmaki H, Vallittu PK. Comparison of repair methods for ceramic-fused-to-metal crowns. *J Prosthodont.* 2006;15:283-8.
- Lutz F, Setcos JC, Phillips RW, Roulet JF. Dental restorative resins. Types and characteristics. *Dent Clin North Am.* 1983;27:697-712.
- Gregory WA, Moss SM. Effects of heterogeneous layers of composite and time on composite repair of porcelain. *Oper Dent.* 1990;15:18-22.
- Stangel I, Nathanson D, Hsu CS. Shear strength of the composite bond to etched porcelain. *J Dent Res.* 1987;66:1460-5.

21. Trushkowsky R. Reduction of the fragmental layer to achieve a more durable porcelain repair. *Compendium*. 1992;13:24, 26, 28.
22. Zhukovsky L, Godder B, Settembrini L, Scherer W. Repairing porcelain restorations intraorally: techniques and materials. *Compend Contin Educ Dent*. 1996;17:18, 20, 22.
23. Reston EG, Filho SC, Arossi G, Cogo RB, Rocha Cdos S, Closs LQ. Repairing ceramic restorations: final solution or alternative procedure? *Oper Dent*. 2008;33:461-6.
24. Mount GJ. Clinical performance of glass-ionomers. *Biomaterials*. 1998;19:573-9.
25. Ozcan M. Evaluation of alternative intra-oral repair techniques for fractured ceramic-fused-to-metal restorations. *J Oral Rehabil*. 2003;30:194-203.
26. Lacy AM, LaLuz J, Watanabe LG, Dellinges M. Effect of porcelain surface treatment on the bond to composite. *J Prosthet Dent*. 1988;60:288-91.
27. Nicholls JI. Tensile bond of resin cements to porcelain veneers. *J Prosthet Dent*. 1988;60:443-7.
28. Bailey JH. Porcelain-to-composite bond strengths using four organosilane materials. *J Prosthet Dent*. 1989;61:174-7.
29. Kamada K, Yoshida K, Atsuta M. Effect of ceramic surface treatments on the bond of four resin luting agents to a ceramic material. *J Prosthet Dent*. 1998;79:508-13.
30. Estafan D, Dussetschleger F, Estafan A, Jia W. Effect of prebonding procedures on shear bond strength of resin composite to pressable ceramic. *Gen Dent*. 2000;48:412-6.
31. Stacey GD. A shear stress analysis of the bonding of porcelain veneers to enamel. *J Prosthet Dent*. 1993;70:395-402.
32. Schneider W, Powers JM, Pierpont HP. Bond strength of composites to etched and silica-coated porcelain fusing alloys. *Dent Mater*. 1992;8:211-5.
33. 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;71:453-61.
34. Awliya W, Oden A, Yaman P, Dennison JB, Razzoog ME. Shear bond strength of a resin cement to densely sintered high-purity alumina with various surface conditions. *Acta Odontol Scand*. 1998;56:9-13.
35. Madani M, Chu FC, McDonald AV, Smales RJ. Effects of surface treatments on shear bond strengths between a resin cement and an alumina core. *J Prosthet Dent*. 2000;83:644-7.
36. Ozcan M, Alkumru HN, Gemalmaz D. The effect of surface treatment on the shear bond strength of luting cement to a glass-infiltrated alumina ceramic. *Int J Prosthodont*. 2001;14:335-9.
37. Blixt M, Adamczak E, Linden LA, Oden A, Arvidson K. Bonding to densely sintered alumina surfaces: effect of sandblasting and silica coating on shear bond strength of luting cements. *Int J Prosthodont*. 2000;13:221-6.
38. Kern M, Thompson VP. Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: adhesive methods and their durability. *J Prosthet Dent*. 1995;73:240-9.
39. Frankenberger R, Kramer N, Sindel J. Repair strength of etched vs silica-coated metal-ceramic and all-ceramic restorations. *Oper Dent*. 2000;25:209-15.
40. 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;8:175-81.
41. Barghi N. To silanate or not to silanate: making a clinical decision. *Compend Contin Educ Dent*. 2000;21:659-62, 64.
42. Ozcan M, Matinlinna JP, Vallittu PK, Huysmans MC. Effect of drying time of 3-methacryloxy-propyltrimethoxysilane on the shear bond strength of a composite resin to silica-coated base/noble alloys. *Dent Mater*. 2004;20:586-90.

43. Tjan AH, Nemetz H. A comparison of the shear bond strength between two composite resins and two etched ceramic materials. *Int J Prosthodont.* 1988;1:73-9.
44. Rada RE. Intraoral repair of metal ceramic restorations. *J Prosthet Dent.* 1991;65:348-50.
45. Nogami T, Tanoue N, Atsuta M, Matsumura H. Effectiveness of two-liquid silane primers on bonding sintered feldspathic porcelain with a dual-cured composite luting agent. *J Oral Rehabil.* 2004;31: 770-4.
46. Tyas MJ, Burrow MF. Adhesive restorative materials: a review. *Aust Dent. J* 2004;49:112-21.
47. Ozcan M, Pfeiffer P, Nergiz I. A brief history and current status of metal-and ceramic surface-conditioning concepts for resin bonding in dentistry. *Quintessence Int.* 1998;29:713-24.
48. Livaditis GJ, Thompson VP. Etched castings: an improved retentive mechanism for resin-bonded retainers. *J Prosthet Dent.* 1982;47:52-8.
49. Jackson TR, Healey KW. Chairside electrolytic etching of cast alloys for resin bonding. *J Prosthet Dent.* 1985;54:764-9.
50. Love LD, Breitman JB. Resin retention by immersion-etched alloy. *J Prosthet Dent.* 1985;53:623-4.
51. McCaughey AD. Sandblasting and tin-plating-surface treatments to improve bonding with resin cements. *Dent Update.* 1993;20:153-7.
52. van der Veen JH, Bronsdijk AE, Siagter AP, van de Poel AC, Arends J. Tensile bond strength of Comspan resin to six differently treated metal surfaces. *Dent Mater.* 1988;4:272-7.
53. Zidan O. Etched base-metal alloys: comparison of relief patterns, bond strengths and fracture modes. *Dent Mater.* 1985;1:209-13.
54. Peutzfeldt A, Asmussen E. Silicoating: evaluation of a new method of bonding composite resin to metal. *Scand J Dent Res.* 1988;96:171-6.
55. Hansson O, Moberg LE. Evaluation of three silicoating methods for resin-bonded prostheses. *Scand J Dent Res.* 1993;101:243-51.
56. Taira Y, Yoshida K, Matsumura H, Atsuta M. Phosphate and thiophosphate primers for bonding prosthodontic luting materials to titanium. *J Prosthet Dent.* 1998;79:384-8.
57. Atsuta M, Matsumura H, Tanaka T. Bonding fixed prosthodontic composite resin and precious metal alloys with the use of a vinyl-thiol primer and an adhesive opaque resin. *J Prosthet Dent.* 1992;67: 296-300.
58. Taira Y, Yanagida H, Matsumura H, Yoshida K, Atsuta M, Suzuki S. Adhesive bonding of titanium with a thione-phosphate dual functional primer and self-curing luting agents. *Eur J Oral Sci.* 2000; 108:456-60.
59. Yoshida K, Atsuta M. Effect of MMA-PMMA resin polymerization initiators on the bond strengths of adhesive primers for noble metal. *Dent Mater.* 1999;15:332-6.
60. Yoshida K, Atsuta M. Effects of adhesive primers for noble metals on shear bond strengths of resin cements. *J Dent.* 1997;25:53-8.
61. Yoshida K, Sawase T, Watanabe I, Atsuta M. Shear bond strengths of four resin cements to cobalt-chromium alloy. *Am J Dent.* 1995;8:285-8.
62. Yoshida K, Taira Y, Sawase T, Atsuta M. Effects of adhesive primers on bond strength of self-curing resin to cobalt-chromium alloy. *J Prosthet Dent.* 1997;77:617-20.
63. Matsumura H, Tanaka T, Taira Y, Atsuta M. Bonding of a cobalt-chromium alloy with acidic primers and tri-n-butylborane-initiated luting agents. *J Prosthet Dent.* 1996;76:194-9.
64. Appeldoorn RE, Wilwerding TM, Barkmeier WW. Bond strength of composite resin to porcelain with

- newer generation porcelain repair systems. *J Prosthet Dent.* 1993;70:6-11.
65. Bertolotti RL, Lacy AM, Watanabe LG. Adhesive monomers for porcelain repair. *Int J Prosthodont.* 1989;2:483-9.
66. Ozcan M, Niedermeier W. Clinical study on the reasons for and location of failures of metal-ceramic restorations and survival of repairs. *Int J Prosthodont.* 2002;15:299-302.
67. Burke FJ. Repair of metal-ceramic restorations using an abrasive silica-impregnating technique: two case reports. *Dent Update.* 2002;29:398-402.
68. Robbins JW. Intraoral repair of the fractured porcelain restoration. *Oper Dent.* 1998;23:203-7.

Intraoral ceramic repair

Rungrong Sangsuwor D.D.S.¹

Chaiwat Maneenut D.D.S., MDS., TBOD., FRCDT., Ph.D.²

Charuphan Oonsombat D.D.S., Grad Dip.(Oper Dent), Cert. in Oper. Dent., M.S., ABOD.²

¹Graduate Student, Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

²Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

Abstracts

Ceramic is a favorite dental restorative material. Although it is an esthetic and strong material, it can be cracked or fractured during service. For some patients, complete removal of damaged ceramic restoration is sometimes undesirable due to time-consuming and cost, direct resin composite repair is the alternative method for conservative and emergency treatment especially in area of esthetic concern. The purpose of this article is to review about the intraoral repair of fractured ceramic in the topics of types and components of ceramic, materials used for repairing, surface preparation and bond mechanism, methods of repairing, bond strength and survival rate of ceramic repair.

(CU Dent J. 2010;33:51-66)

Key words: *ceramic; intraoral; repair*
