บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อเปรียบเทียบกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตโลหะต่อผิวพอร์ซเลน ซึ่งผ่านการเตรียมผิว 4 วิธี ได้แก่ การใช้กรดร่วมกับไซเลนไพรเมอร์, การกรอ, การกรอร่วมกับใช้ไซเลนไพรเมอร์ และการกรอร่วมกับการใช้กรดและไซเลนไพรเมอร์ โดยกรดที่ใช้คือ กรดฟอสฟอริก 37% ไซเลนไพรเมอร์ที่ใช้คือ Ormco Porcelain Bonding Primer โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียว (One way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และถ้าผลของการวิเคราะห์มีความแตกต่างกัน จะทดสอบความแตกต่างของแต่ละคู่ด้วยสถิติ Scheffe's test

สรุปผลของการวิจัย

ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตโลหะต่อผิวพอร์ซเลน ซึ่งผ่านการเตรียมผิว 4 วิธี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 กล่าวคือ มีความแตกต่างระหว่างวิธีการใช้กรดร่วมกับไซเลนไพรเมอร์ กับการกรอร่วมกับการใช้ไซเลนไพรเมอร์ นอกจากนี้พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างวิธีการเตรียมผิวพอร์ซเลนโดยการกรอ กับการเตรียมผิวพอร์ซเลนอีก 3 วิธี ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการเตรียมผิวโดยการใช้กรดร่วมกับไซเลนไพรเมอร์ กับการกรอร่วมกับการใช้กรดและไซเลนไพรเมอร์ และไม่มีความแตกต่างระหว่างการกรอร่วมกับการใช้ไซเลนไพรเมอร์กับการกรอร่วมกับการใช้กรดและไซเลนไพรเมอร์ ในที่นี้กลุ่มที่ใช้กรดร่วมกับไซเลนไพรเมอร์ให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกสูงที่สุด ทั้งนี้ไม่พบว่ามีการแตกหักของพอร์ซเลนเกิดขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยคำนึงถึงความหนาของวัสดุยึดเป็นสำคัญ เนื่องจากวัสดุยึดที่ใช้คือ วัสดุยึดชนิดไม่ต้องผสม System 1+ ซึ่งจะแข็งตัวเมื่อส่วนที่เป็นเพสต์ ถูกประกบด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทาเป็นฟิล์มบางๆ บนฐานแบรกเกตและบนพื้นผิวที่จะติด โดยวัสดุจะแข็งตัวอย่างสมบูรณ์เมื่อมีความหนาของวัสดุยึดน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Evans และ Powers (1985), Andrew (1990), Mackey (1992), Jost-Brinkmann และคณะ (1992) และ พรชัย (2537)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงคิดทำเครื่องมือกำหนดแรงในการติดแบรกเกต ซึ่งสามารถใช้งานได้ทั้งในการทดลองและในคลินิก โดยเครื่องมือมีปลายหนึ่งไว้จับแบรกเกต มีแกนตรงกลางซึ่งจะกดลงบนร่องของแบรกเกตที่จะติด ภายในมีสปริงที่จำลองมาจากเครื่องมือวัดแรงในการดึงยางในช่องปาก ค่าแรงที่กดแบรกเกตดูที่ปลายอีกด้านของเครื่องมือ ในการทดลองนี้กำหนดแรงที่ใช้ในการติดแบรกเกตแต่ละชิ้นเท่ากับ 2 ออนซ์ หรือประมาณ 60 กรัม ซึ่งเพียงพอที่จะทำให้แบรกเกตแนบสนิทกับผิวฟันได้ โดยจะเป็นจุดที่กดเครื่องมือสุดพอดี แต่การใช้เครื่องมือในระยะแรกจะไม่ถนัด ต้องทำความคุ้นเคยสักระยะจึงจะใช้งานได้อย่างสะดวก

อย่างไรก็ตาม ชิ้นพอร์ซเลนที่ใช้ในการวิจัย ถูกจำลองตามลักษณะความโค้งทางด้านแก้มของฟันกรามน้อยซี่ที่หนึ่ง แม้จะควบคุมแรงกดแบรกเกตให้เท่ากันได้ทุกชิ้น แต่ตามความเป็นจริงความโค้งของผิวพอร์ซเลนแต่ละชิ้น แม้จะจำลองจากแบบพิมพ์เดียวกันก็อาจมีความโค้งแตกต่างกันได้ และอาจไม่เข้ากันกับความโค้งของฐานแบรกเกต ดังนั้นความหนาของวัสดุยึดระหว่างแบรกเกตกับผิวพอร์ซเลนอาจไม่สม่ำเสมอกันก็อาจเป็นได้ ในการวิจัยต่อๆไปถ้าต้องการควบคุมตัวแปรเกินเกี่ยวกับความหนาของวัสดุ น่าจะใช้พอร์ซเลนลักษณะแบนเรียบ และใช้แบรกเกตสำหรับฟันหน้าล่าง เพื่อลดผลที่อาจเกิดจากความโค้งของผิวพอร์ซเลนกับความโค้งที่ผิวแบรกเกตไม่เข้ากัน จะได้ความหนาของวัสดุยึดเท่ากันทุกชิ้น แต่เพื่อให้ได้ตัวแทนของประชากรเป็นฟันทุกซี่ที่อยู่ในช่องปาก ควรจำลองพอร์ซเลนจากผิวฟันทุกประเภท และใช้แบรกเกตที่เข้ากัน

การวิจัยที่ผ่านๆมา ค่ากำลังแรงยึดที่วัดได้มักแสดงเป็นหน่วย MPa (Megapascal) ซึ่งเท่ากับหน่วย MN/m^2 แต่ในการวิจัยนี้ค่าที่ได้กำหนดหน่วยเป็น N/mm^2 ซึ่งทั้งสองหน่วยมีค่าเป็นตัวเลขเดียวกัน แสดงการคำนวณได้ดังนี้

จาก $1\ m^2 = 10^6\ mm^2$

กลุ่มที่หนึ่ง มีค่าเฉลี่ยกำลังยึดแบบเฉือน/ปอก $4.96\ N/mm^2$

พื้นที่ 1 mm^2 ต้องใช้แรง 4.96 N

ดังนั้น พื้นที่ $10^6\ mm^2$ ต้องการแรง 4.96×10^6 N/m^2 (Pascal)

การแปลงค่าจาก Pascals (N/m^2) เป็น MPa (Mega = 10^6) ทำโดยหารด้วย 10^6

ดังนั้น ค่าที่ได้คือ $\frac{4.96 \times 10^6}{10^6} = 4.96$ MPa

ค่าจากการวิจัยที่ผ่านมาที่กล่าวว่าค่ากำลังแรงยึดที่เหมาะสมในการติดแบรกเกตเป็น 5-7 MPa สามารถเทียบเป็น 5-7 N/mm^2 ได้เช่นกัน

ในการวิจัยครั้งนี้พบว่า ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก ของแบรกเกตโลหะต่อผิวพอร์ซเลนต่ำสุดคือ 2.32 ในกลุ่มที่เตรียมผิวโดยการกรอ และค่าสูงสุดคือ 4.96 ในกลุ่มที่เตรียมผิวโดยใช้กรดร่วมกับไซเลนไพรเมอร์ ในขณะที่กลุ่มที่ใช้วิธีกรอร่วมกับไซเลนไพรเมอร์และกลุ่มที่ใช้การกรอร่วมกับการใช้กรดและไซเลนไพรเมอร์ มีค่า 4.30 และ 4.56 ตามลำดับ ผลที่ได้จากการทดลอง มีค่าต่ำกว่าการทดลองอื่นๆที่ผ่านมา แต่เป็นการยากที่จะเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดระหว่างแต่ละการศึกษา เนื่องจากความแปรผันในด้านเทคนิค, ผู้วิจัย, วัสดุยึด, เครื่องมือ

ที่ใช้ในการวิจัย และ ค่ากำลังแรงยึดที่พิจารณา (เช่นค่ากำลังแรงดึง, กำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก หรือค่าแรงกด) อย่างไรก็ตาม เมื่อดูผลในกลุ่มเปรียบเทียบคือ ใช้วัสดุยึด System 1+ ติดแบรกเกตกับผิวฟัน พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกเท่ากับ 3.77 N/mm^2 ซึ่งในทางคลินิก System1+ เป็นวัสดุที่สามารถใช้งานได้เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ทั้งนี้ค่าแรงจากกลุ่มทดลองที่ 1, 3 และ 4 มากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ แสดงว่าค่ากำลังแรงยึดที่ได้จากการ เตรียมผิวพอร์ซเลนในกลุ่มทดลองดังกล่าวเพียงพอต่อการใช้งานในคลินิก ในขณะที่การกรอเพียงอย่างเดียวไม่สามารถให้แรงยึดที่เพียงพอต่อการทำงาน

Wood และคณะ (1986), Kao และ Johnston (1991) พบว่ากลุ่มที่ใช้หัวกรอหินสีเขียวในการเตรียมผิวพอร์ซเลน ทำให้เกิดค่าแรงยึดติดของแบรกเกตต่อพอร์ซเลนได้มากกว่ากลุ่มที่พอร์ซเลนมีผิวเรียบมัน โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับไซเลนไพรเมอร์ ซึ่งขัดกับผลของการวิจัยในครั้งนี้ กล่าวคือพอร์ซเลนกลุ่มที่ผิวเรียบมันผ่านการเตรียมผิวโดยใช้กรดร่วมกับไซเลนไพรเมอร์ให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกสูงที่สุดคือ 4.96 N/mm^2 แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มที่ผ่านการกรอร่วมกับการใช้กรดและไซเลนไพรเมอร์ ซึ่งมีค่า 4.56 N/mm^2 ทั้งๆที่กลุ่มที่มีการกรอเพื่อเพิ่มการยึดเชิงกลร่วมด้วย น่าจะมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกสูงที่สุด เนื่องจากมีทั้งการยึดเชิงกลและเชิงเคมี แต่ผลที่ได้ไม่เป็นเช่นนั้น อาจอธิบายผลดังกล่าวได้ โดยใช้ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ อิเลคตรอนแบบส่องกราด (SEM) ดังภาพที่ 54 - 59 ร่วมกับการศึกษาที่ผ่านมา

จากภาพที่ 54 เป็นพื้นผิวพอร์ซเลนที่ดูด้วยตาภายนอกมีลักษณะเรียบมัน แต่จากภาพ SEM จะพบว่า มีลักษณะที่เป็นรูพรุนเล็กๆ กระจายอยู่ทั่วไป ทั้งนี้น่าจะเกิดจากกรรมวิธีในการผลิตชิ้นพอร์ซเลน ซึ่งมีการผสมผงกับน้ำแล้วนำไปเผาในเตาเผาพอร์ซเลน ขณะอยู่ในเตาเผาน้ำย่อมมีการระเหยไปจากผิวพอร์ซเลนได้ ส่งผลให้เกิดรูพรุนเล็กๆกระจายทั่วไปบนพื้นผิว ซึ่งรูพรุนเหล่านี้ ถูกทำให้หมดไปจากการกรอด้วยหัวกรอหินสีเขียว จากภาพที่ 55 ซึ่งจะพบว่าผิวพอร์ซเลนที่ผ่านการกรอด้วยหัวกรอหินสีเขียว จะปรากฏลักษณะผิวที่มีร่องยาวๆ อันอาจเกิดจากความหยาบของหัวกรอ แต่ลักษณะที่เกิดเป็นร่องแบบตื้นๆ และความขรุขระที่เกิดขึ้น อาจมีผงเล็กๆที่เกิดจากการกรอ เข้าไปแทรกตามพื้นผิว ดังนั้นในกลุ่มที่ทำการกรอเพียงอย่างเดียวไม่ผ่านการทำให้พื้นผิวเปียก จึงอาจเกิดการกักอากาศได้ เป็นเหตุให้ลดพื้นที่ผิวในการยึด ทำให้แรงยึดของวัสดุลดน้อยลง ซึ่งผลได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Kao และคณะ (1988) กับ Eustaquio และคณะ (1988) ซึ่งพบว่าการกรอร่วมกับใช้ไซเลนไพรเมอร์จึงจะเพิ่มการยึดได้อย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาจากรูปแสดงรอยต่อระหว่างพอร์ซเลนกับวัสดุยึด พบว่ากลุ่มที่ใช้กรดร่วมกับไซเลนไพรเมอร์ (รูปที่ 56) มีการแทรกตัวของวัสดุยึดไปบนผิวพอร์ซเลนได้ดีกว่าและรอยต่อค่อนข้างกลมกลืน ในขณะที่กลุ่มที่กรอร่วมกับใช้กรดและไซเลนไพรเมอร์ (รูปที่ 59) เห็นรอยต่อระหว่างพอร์ซเลนกับวัสดุยึดมากกว่า ดังนั้นการใช้ไซเลนร่วมกับวัสดุยึดที่เหมาะสม ไม่จำเป็นต้องเตรียมผิวด้วยวิธีเชิงกลใดๆ

อย่างไรก็ตาม Wood และคณะ (1986), Smith และคณะ (1988) กล่าวไว้ว่าการเตรียมผิวพอร์ซเลนอย่างประณีต จะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการเกิดการยึดทางเคมีหรือการยึดเชิงกลได้ โดย Kao และคณะ (1988), Eustaquio และคณะ (1988), Kao และ Johnston (1991) สรุปว่าการเตรียมผิวพอร์ซเลนควรจะกระทำโดยการเป่าทรายดีกว่าใช้หัวกรอหินสีเขียว ซึ่งอาจก่อให้เกิดรอยร้าวเล็กๆในพอร์ซเลนได้

ไซเลนไพรเมอร์ มีทั้งชนิดไฮโดรไลส์แล้ว และยังไม่ผ่านการไฮโดรไลส์ จากการศึกษาของ Eustaquio และคณะ (1988) พบว่า กลุ่มที่ใช้ Ormco Porcelain Bonding Primer (ยังไม่ผ่านการไฮโดรไลส์) กับวัสดุยึด System 1+ ให้ค่ากำลังแรงดึง/ปอก สูงที่สุด และมีค่ามากกว่ากลุ่มที่ใช้ Scotchprime Ceramic Primer (ผ่านการไฮโดรไลส์แล้ว) กับวัสดุยึด Concise อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Andreason และ Stieg (1988) กล่าวว่า ไซเลนไพรเมอร์ที่ผ่านการไฮโดรไลส์แล้ว ใช้งานง่ายแต่มีอายุการใช้งาน (shelf life) สั้น และไม่ค่อยคงสภาพในบรรจุภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม ไซเลนไพรเมอร์ ทั้งชนิดที่ผ่านการไฮโดรไลส์แล้วและยังไม่ผ่านการไฮโดรไลส์ ต่างมีอายุการใช้งานที่จำกัด และต้องระมัดระวังในการเก็บและการใช้งานให้ถูกต้องตามขั้นตอน

Ormco Porcelain Bonding Primer ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นไซเลนไพรเมอร์ที่ยังไม่ผ่านการไฮโดรไลส์ ตามคำแนะนำของบริษัทจะต้องใช้กรดฟอสฟอริกทาบนผิวพอร์ซเลน แล้วทาไซเลนไพรเมอร์ทับ กรดจะกระตุ้นให้เกิดไฮโดรไลซิส ไซเลนไพรเมอร์ชนิดนี้ทันตแพทย์จะทำการไฮโดรไลส์เมื่อต้องการใช้งาน เนื่องจากพบว่าถ้าไซเลนไพรเมอร์ถูกไฮโดรไลส์แล้ว จะมีอายุการใช้งานสั้น สนับสนุนโดยการศึกษาของ Semmelman และ Kulp (1968) กับ Newburg และ Pameijer (1978) ซึ่งพบว่าไซเลนไพรเมอร์ที่เก็บไว้นาน หรือถูกกระตุ้นแล้วจะมีประสิทธิภาพในการยึดกับพอร์ซเลนลดลง

Eustaquio และคณะ (1988) กับ Kao และคณะ (1988) กล่าวว่าการกรอทำให้พอร์ซเลนมีความเสี่ยงต่อการแตกหักมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ร่วมกับไซเลนไพรเมอร์ แต่จากวิธีการเตรียมผิวของกลุ่มที่ 3 ซึ่งใช้ไซเลนไพรเมอร์ที่ยังไม่ผ่านการไฮโดรไลส์ เป็นการลดแรงยึดกับผิวพอร์ซเลนลง เนื่องจากไซเลนไพรเมอร์ยังไม่ถูกกระตุ้นโดยสมบูรณ์ แต่ยังมีผลจากการที่ไซเลนไพรเมอร์ช่วยทำให้พื้นผิวเปียก และการยึดของกลุ่มออร์แกโนฟังชันแนลกับวัสดุยึด ช่วยให้ได้การยึดระหว่างเรซินและพอร์ซเลนที่เพียงพอ แต่ไม่ก่อให้เกิดการแตกหักของพอร์ซเลน

เมื่อพิจารณากลุ่มที่เตรียมผิวโดยการกรอร่วมกับไซเลนไพรเมอร์ ได้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก 4.30 N/mm^2 ส่วนกลุ่มที่ผ่านการกรอร่วมกับการใช้กรดและไซเลนไพรเมอร์มีค่า 4.56 N/mm^2 ซึ่งค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แม้ว่ากลุ่มที่กรอแล้วใช้ไซเลนไพรเมอร์เลย เป็นกลุ่มที่ไซเลนไพรเมอร์ไม่ผ่านการไฮโดรไลส์ แต่ยังให้แรงยึดที่ใกล้เคียงกับกลุ่มที่ไซเลนไพรเมอร์ผ่านการไฮโดรไลส์ด้วยกรดตามกรรมวิธีที่ควรจะเป็น

อธิบายจากสูตรโครงสร้างทางเคมีของไซเลนไพรเมอร์ได้ คือ จากสูตร R-Si-X3

X คือ กลุ่มไฮโดรไลเซเบิล เป็นกลุ่มที่จะถูกไฮโดรไลส์เกิดเป็นไซลานอล และจะเกิดปฏิกิริยากับผิวพอร์ซเลน

R คือ กลุ่มออร์แกโนฟังชันแนล จะทำปฏิกิริยากับวัสดุยึด ได้แรงยึดที่แข็งแรง

ดังนั้นในกลุ่มที่กรอร่วมกับใช้ไซเลนไพรเมอร์ แม้ไซเลนไพรเมอร์จะไม่ถูกไฮโดรไลส์ด้วยกรดฟอสฟอริก แต่กลุ่มออร์แกโนฟังชันแนลที่ปลายอีกด้านสามารถยึดกับเรซินได้ และไซเลนยังช่วยทำให้พื้นผิวพอร์ซเลนมีความเปียก แรงยึดที่ได้จึงมากกว่ากลุ่มที่ผ่านการกรอเพียงอย่างเดียว ในขณะเดียวกันการที่มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก ใกล้เคียงกับกลุ่มที่ผ่านการกรอร่วมกับการใช้กรดและไซเลนไพรเมอร์ น่าจะมาจากการเปลี่ยนสภาพผิวพอร์ซเลนโดยการกรอ ซึ่งแทนที่จะได้การยึดเชิงกลเพิ่มขึ้นจากการกรอ แต่ผิวขรุขระที่ได้มีลักษณะหยาบตื้น และอาจมีฝุ่นผงละเอียดจากการกรอเข้าไปอุดตันบนพื้นผิว ทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสลดลง (ภาพที่ 54 - 55)ดังนั้นแม้จะใช้ไซเลนไพรเมอร์ที่ผ่านการไฮโดรไลส์แล้ว ก็ยังไม่ได้ประสิทธิภาพอย่างเต็มที่ในการยึดแบรกเกตกับพอร์ซเลน สังเกตจากภาพที่ 58 และ 59 พบว่ากลุ่มที่กรอและใช้ไซเลนไพรเมอร์ กับกลุ่มที่กรอร่วมกับใช้กรดและไซเลนไพรเมอร์ เห็นรอยต่อระหว่างพอร์ซเลนกับวัสดุยึดได้ชัดเจน ผิดกับกลุ่มที่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงสภาพผิวพอร์ซเลนซึ่งรอยต่อจะกลมกลืนมากกว่า (ภาพที่ 56)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 57 จะพบว่ากลุ่มที่เตรียมผิวโดยการกรอจะมีร่อง ระหว่างพอร์ซเลนกับวัสดุยึดค่อนข้างกว้าง สอดคล้องกับผลการทดลอง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกเพียง 2.32 N/mm^2 ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 นอกจากนี้ พบว่ากลุ่มที่เตรียมผิวโดยการกรอ เกิดความล้มเหลวในการยึดบริเวณผิวสัมผัสระหว่างพอร์ซเลนและวัสดุยึด ในขณะที่การเตรียมผิวด้วยวิธีอื่นอีก 3 วิธี (กลุ่มที่ 1, 3 และ 4) พบความล้มเหลวในการยึดบริเวณผิวสัมผัสระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด แสดงว่าการกรอเพียงอย่างเดียวเพื่อหวังผลจากการยึดเชิงกล ไม่เพียงพอต่อการใช้งานในคลินิก ดังนั้นถ้าต้องการให้เกิดการยึดเชิงกลกับพอร์ซเลน วิธีอื่นอาทิเช่น การเป่าทรายหรือใช้กรดไฮโดรฟลูออริกจะทำให้เกิดลักษณะ micromechanical retention ได้มากกว่า แต่เมื่อพิจารณาถึงการใช้งานในคลินิก การใช้เครื่องเป่าทรายในช่องปาก จะมีความยุ่งยากไม่สะดวกต่อการใช้งาน คือต้องใส่แผ่นยางกั้นน้ำลายร่วมกับใช้เครื่องดูดน้ำลายกำลังสูง คนไข้, ผู้ช่วย และทันตแพทย์ต้องใส่แว่นตาและหน้ากาก เพื่อป้องกันอันตรายจากผงอะลูมิเนียมออกไซด์ด้วย

ส่วนการใช้กรดไฮโดรฟลูออริก ซึ่งการจะทำให้เกิดลักษณะผิวพอร์ซเลนที่เพียงพอที่จะเพิ่มการยึดเชิงกล ต้องใช้ในความเข้มข้นที่สูง Moore และ Manor (1981) กล่าวว่า กรดไฮโดรฟลูออริก ทำให้เกิดรอยผื่นแดงและรอยไหม้ได้ เมื่อสัมผัสกับเนื้อเยื่อในช่องปาก รวมทั้ง

อาจมีการสูญเสียเนื้อเยื่อ และเจ็บปวดได้หลายวัน การนำมาใช้งานในช่องปากจึงค่อนข้างอันตราย ทั้งนี้มีการศึกษาถึงการใช้แอซิดูเลต ฟอสเฟต ฟลูออไรด์ (APF) โดย Tylka และ Steward (1994) พบว่า กรดไฮโดรฟลูออริกทำให้เกิดรูพรุนบนผิวพอร์ซเลนได้มากกว่า APF จึงมีแรงยึดที่สูงกว่า แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ผลที่ได้ขัดกับการทดลองของ Barbosa และคณะ (1995) ที่พบว่า APF ไม่ทำให้ผิวพอร์ซเลนเกิดการยึดที่เพียงพอสำหรับการติดแบรกเกต ผู้วิจัยเห็นว่าการเลือกใช้ไซเลนไพรเมอร์ร่วมกับวัสดุยึดที่เหมาะสมให้เกิดการยึดทางเคมี น่าจะเป็นทางเลือกที่ดีกว่า

ข้อควรคำนึงถึงในการใช้ไซเลนไพรเมอร์ยึดติดบนพอร์ซเลนอย่างมีประสิทธิภาพ มีขั้นตอนตามลำดับดังนี้ (Major และคณะ ,1995)

1. ใช้ไซเลนไพรเมอร์ที่ใหม่ ไม่หมดอายุ และเก็บไว้ตามคำแนะนำของบริษัท
2. มีการกั้นน้ำลายอย่างเหมาะสม
3. ขัดผิวพอร์ซเลนเบาๆ ด้วยพิวมิส เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนจากน้ำลาย (ผงขัดห้ามผสมกลีเซอรีน)
4. ถ้าต้องการเพิ่มค่ากำลังแรงยึด ใช้กรดไฮโดรฟลูออริก 2.5-10 %
5. ล้างน้ำ และเป่าให้แห้ง
6. ติดแบรกเกตโดยใช้ไซเลนไพรเมอร์ร่วมกับวัสดุยึดที่เหมาะสม ทั้งนี้วัสดุยึดที่มีวัสดุอัดแทรกมากจะให้ค่ากำลังแรงยึดที่สูง แต่จะทำให้ผิวพอร์ซเลนเสียหายได้มากกว่าขณะถอดแบรกเกต
7. หลังจากติดแบรกเกตเสร็จแล้ว ให้คนไข้กลับมาใหม่ในวันรุ่งขึ้นเพื่อใส่ลวดจัดฟัน ทั้งนี้เพื่อให้พันธะเคมีเกิดได้อย่างสมบูรณ์ (24 ชั่วโมง) แม้แต่วัสดุยึดชนิดฉายแสงก็ควรทำเช่นนี้
8. ถ้าต้องการเพิ่มค่ากำลังแรงยึดอีก อาจกรอผิวพอร์ซเลนด้วยหัวกรอกากเพชร แล้วทำตามลำดับข้อ 1-7 ซ้ำ ซึ่งการกรอผิวอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อครอบฟันได้อย่างถาวร ทางเลือกอื่นคือ รื้อครอบฟันนี้ออก แล้วติดแบรกเกตบนครอบฟันชั่วคราวจนกว่าจะจัดฟันเสร็จ

ในความเห็นของผู้วิจัย การเตรียมผิวพอร์ซเลนโดยการใช้ไซเลนไพรเมอร์ร่วมกับวัสดุยึดที่เหมาะสม น่าจะทำให้เกิดการยึดติดของแบรกเกตโลหะบนผิวพอร์ซเลนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้เกิดความเสียหายต่อพอร์ซเลนขณะถอดแบรกเกตน้อยที่สุด ดังนั้นจากการวิจัยครั้งนี้ สำหรับวัสดุยึด System 1+ ควรเตรียมผิวพอร์ซเลนโดยใช้กรดร่วมกับไซเลนไพรเมอร์ (Ormco porcelain primer) ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต จะได้ค่ากำลังแรงยึดที่เพียงพอต่อการใช้งานในคลินิก โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงสภาพผิวพอร์ซเลนโดยการกรอ

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากในการวิจัยนี้ ศึกษาถึงค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตต่อผิวพอร์ซเลน โดยจำกัดตัวแปรเกินต่างๆ จึงทำในห้องปฏิบัติการ ซึ่งในความเป็นจริงแบรกเกตจะต้องอยู่ในช่องปาก ที่มีความแปรปรวนทั้งอุณหภูมิ, ความเครียด, ความชื้น, ความเป็นกรดต่าง และคราบจุลินทรีย์ สำหรับการทดลองในอนาคต หากสามารถจำลองสภาพได้ใกล้เคียงกับในช่องปาก เช่น เก็บตัวอย่างในน้ำลายเทียม หรือนำชิ้นงานไปผ่านเครื่องเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นวงจร น่าจะทำให้ผลที่ได้นำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวางขึ้น

2. ในการทดลองใช้วัสดุยึดและไซเลนไพรเมอร์เพียงชนิดเดียว ซึ่งเป็นของบริษัทเดียวกัน ต่อไปควรใช้วัสดุยึดกับไซเลนไพรเมอร์ของต่างบริษัท หรือใช้ระบบวัสดุยึดและไซเลนไพรเมอร์ของหลายๆบริษัท เพื่อศึกษาหาระบบไซเลน/วัสดุยึดที่เหมาะสมต่อไป ทั้งนี้วัสดุที่ใช้ควรมีวิธีการที่ไม่ยุ่งยาก ง่ายในการติดและจัดตำแหน่งแบรกเกต รวมทั้งมีระยะเวลาในการทำงานที่เหมาะสม และเพียงพอในการติดแบรกเกตด้วย

3. เครื่องมือกำหนดแรงในการติดแบรกเกต ที่ประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้ใช้ต้องทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือสักระยะ จึงจะใช้งานได้ถนัด ทั้งนี้ถ้ามีผู้สนใจจะพัฒนาเครื่องมือนี้ต่อๆไป ให้ใช้งานได้สะดวกขึ้นจะช่วยให้ค่าแรงที่ใช้ในการติดแบรกเกตมีมาตรฐานเพิ่มขึ้น อาจลดความล้มเหลวในการติดแบรกเกตได้บ้างไม่มากก็น้อย และสามารถนำไปใช้ในงานวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

4. ในการวิจัย แม้จะมีการควบคุมแรงที่ใช้ในการติดแบรกเกตให้เท่ากันทุกชิ้น อย่างไรก็ตามพื้นผิวพอร์ซเลนที่โค้ง และฐานแบรกเกตที่เว้ารับกับความโค้งผิวฟัน อาจไม่แนบสนิทกันอย่างที่ต้องการ ซึ่งอาจส่งผลให้วัสดุยึดใต้แบรกเกตมีความหนาไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นอาจใช้พอร์ซเลนที่ทำเป็นแผ่นเรียบ และใช้แบรกเกตที่ฐานไม่มีความโค้ง เพื่อลดตัวแปรเกินอันเกิดจากความหนาของวัสดุยึดที่ไม่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม ในการวิจัยต่อๆไป ควรจำลองลักษณะความโค้งของผิวฟันทุกประเภท ทั้งฟันหน้า ฟันเขี้ยว ฟันกรามน้อย รวมทั้งฟันกราม เพื่ออ้างอิงไปถึงประชากร ที่เป็นฟันปลอมชนิดติดแน่นได้ทุกชิ้น

5. ผลจากการวิจัย แนะนำให้เตรียมผิวพอร์ซเลนตามกรรมวิธีของบริษัทผู้ผลิต โดยใช้กรดร่วมกับไซเลนไพรเมอร์ โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงสภาพผิวของพอร์ซเลน