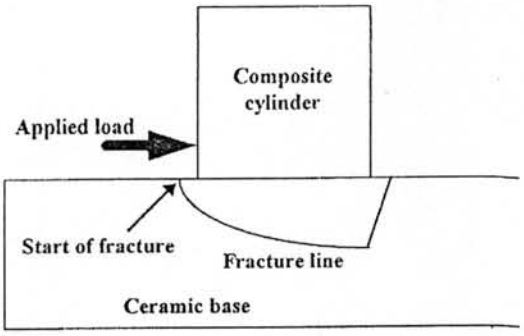
บทที่ 5

อภิปรายผลการวิจัย สรุปและข้อเสนอแนะ

<u>อภิปรายผลการวิจัย</u>

การศึกษานี้เป็นการพยายามพัฒนาการยึดติดระหว่างซี่ฟันปลอมและฐานฟันปลอมอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนโดยการใช้สารเคมี ซึ่งเป็นวิธีที่ปฏิบัติได้ง่าย โดยสารเคมีที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ สารละลายไซเลนที่มีความเข้มข้นต่างๆกันของ γ-MPS ซึ่งที่ผ่านมาแม้จะมีผู้ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาการยึดติดระหว่างซี่ฟันปลอมและฐานฟันปลอมอย่างมากมาย แต่ก็ยังเป็นประเด็นที่น่าสนใจเนื่องจากยังไม่มีผู้ใดศึกษาและหาข้อสรุปได้อย่างชัดเจน รวมถึงยังไม่มีการศึกษาใดที่ใช้สารละลายนี้ในการทดลอง

จากการศึกษาที่ผ่านมาวิธีที่ใช้ทดสอบเกี่ยวกับการยึดติดระหว่างซี่ฟันปลอมและฐานฟันปลอมมีมากมายด้วยกันตามที่ได้กล่าวไว้ในบทข้างต้น ไม่ว่าจะเป็นการทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึง *(13, 14, 35-37, 46, 51, 54)* หรือ กำลังแรงยึดแบบเฉือน *(9, 40, 46, 52, 53, 56, 78, 79)* ในการศึกษานี้เลือกใช้การทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึง เนื่องจากเป็นวิธีที่ใกล้เคียงกับข้อกำหนดว่าด้วยการทดสอบการยึดติดระหว่างซี่ฟันปลอมและฐานฟันปลอมของสมาคมทันตแพทย์อเมริกา (ADA.15) และจากการศึกษาด้วย Finite element analysis ของการยึดติดระหว่างซี่ฟันปลอมและฐานฟันปลอมที่พบว่า แรงที่ทำให้ฟันปลอมหลุดออกจากฐานส่วนใหญ่เป็นแรงดึง (tensile) ถึงแม้ว่าการออกแบบการทดลองแรงเค้นแบบเฉือนจะใกล้เคียงกับในสภาวะจริงที่เกิดขึ้นในช่องปากมากกว่า แต่จากการทดสอบด้วย FEA กลับพบว่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจะเกิดในชิ้นตัวอย่างส่วนฐานมากกว่าบริเวณรอยต่อ (interface) จึงมีโอกาสที่จะเกิดการแตกหักของส่วนฐานได้มากกว่าบริเวณรอยต่อ ดังนั้นการทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงจึงเหมาะกับการวัดความแข็งแรงในวัสดุมากกว่าการวัดความแข็งแรงของรอยต่อ *(80)*



รูปที่ 48 แสดงถึงการแตกหักที่มักจะเกิดขึ้นในการทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือน
(ที่มา: Bona AD, Noort Rv. Shear vs. Tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. J Dent Res. 1995;74(9):1591-6.

นอกจากนี้การศึกษานี้ใช้การเตรียมชิ้นงานเป็นมินิดัมเบลล์ แนะนำโดย Nakabayashi (1998) ซึ่งเป็นวิธีที่พัฒนามาจากการทดสอบ Microtensile ที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการทดสอบสารยึดติด (bonding agent) เนื่องจากการใช้ชิ้นตัวอย่างที่เล็กลง ทำให้จุดบกพร่อง (defect) น้อยกว่าในชิ้นตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งการที่มีจุดบกพร่องน้อยลงจะช่วยเพิ่มค่ากำลังแรงยึดและลดความแปรปรวนลงได้ และการสร้างชิ้นตัวอย่างให้มีรอยคอดตรงบริเวณรอยต่อจะช่วยให้บริเวณนั้นมีแรงเค้นมาสะสมมากขึ้นเพื่อให้เกิดการแตกหักบริเวณรอยต่อตามที่ต้องการ

การทดลองในการวิจัยนี้ ได้ศึกษาถึงปัจจัย 2 ปัจจัยที่อาจจะมีผลกระทบต่อการยึดติดระหว่างซี่ฟันปลอมและฐานฟันปลอมอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน (ตัวแปรอิสระ) คือ "ความเข้มข้นของสารละลายไซเลน" และ "ซี่ฟันปลอมชนิดต่างๆ" ส่วนตัวแปรตามได้แก่ "กำลังแรงยึดแบบดึงระหว่างซี่ฟันปลอมและฐานฟันปลอมอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน" และได้ควบคุมปัจจัยอื่นๆที่อาจมีผลต่อการยึดติดระหว่างซี่ฟันปลอมและฐานฟันปลอม

ซี่ฟันปลอมที่ใช้ในการศึกษานี้ เป็นตัวแทนของซี่ฟันปลอม 4 ชนิดด้วยกัน 1. ซี่ฟันปลอมแบบเมทิลเมทาคริเลตชนิดเส้น (linear polymethyl methacrylate, **Major dent**, Major Prodotti Dentari, Italy) 2. ซี่ฟันปลอมแบบพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดที่มีสารเชื่อมขวางบางส่วนและผงพอลิเมทิลเมทาคริเลต (Partially cross-linked acrylic with PMMA powders, **Trubyte Bioform**, Dentsply, New York, U.S.A.) 3. ซี่ฟันปลอมแบบพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดที่มีสารเชื่อมขวางปริมาณสูงและวัสดุอัดแทรกซิลิกา (Highly cross-linked polymethyl methacrylate with colloidal silica, **Orthosit**, Ivoclar Vivadent AG., Schaan, Liechtenstein) 4. ซี่ฟันปลอมแบบโครงสร้างตาข่าย (interpenetrating network, **Excellence IPN**, Dentsply, New York, U.S.A.)

จากผลการศึกษาค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระหว่างซี่ฟันปลอมแต่ละชนิดที่ไม่ได้รับการปรับสภาพพื้นผิวและอะคริลิกฐานฟันปลอม พบว่า ซี่ฟันปลอม orthosit มีกำลังแรงยึดแบบดึงต่ำที่สุด คือ 16.65±6.94 เมกะปาสคาล ตามด้วย Trubyte (33.54±6.14 เมกะปาสคาล), Major Dent (39.23±8.9 เมกะปาสคาล) และ Excellence IPN ที่มีค่ากำลังแรงยึดแบบดึงสูงที่สุด คือ 45.39±8.05 เมกะปาสคาล

การที่ซี่ฟันปลอมชนิดต่างๆมีค่ากำลังแรงยึดแบบดึงแตกต่างกัน เนื่องจากความแตกต่างของโพลีเมอร์ในซี่ฟันปลอมและกระบวนการผลิต โดยในซี่ฟันปลอม Trubyte และ Orthosit เป็นซี่ฟันปลอมชนิดที่มีสารเชื่อมขวางปริมาณสูงร่วมกับวัสดุอัดแทรก อาจทำให้ขณะที่เกิดปฏิกิริยา polymerization โมโนเมอร์อิสระในโพลีเมอร์ฐานฟันปลอมระยะอ่อนนุ่มที่หลงเหลือจากการทำปฏิกิริยาไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปสร้างพันธะเชื่อมได้เต็มที่ ส่งผลให้การยึดติดระหว่างซี่ฟันปลอมและฐานฟันปลอมลดลง *(3, 12)* แต่อย่างไรก็ตามซี่ฟันปลอม Orthosit เป็นซี่ฟันปลอมที่การอัดหลายชั้น (multilithic layer) โดยส่วนฐานของซี่ฟันปลอมจะเป็นเมทิลเมทาคริเลตเพื่อช่วยในการยึดติดกับฐานฟันปลอม ชั้นที่ 2 เป็นส่วนของแกนฟัน (central core) และชั้นนอกสุดเป็นวัสดุต้านทานการสึกกร่อนซึ่งประกอบด้วยวัสดุอัดแทรกซึ่งเป็นซิลิกาไดออกไซด์ (fumed silica dioxide) ที่มีขนาดประมาณ 7 นาโนเมตร *(81)* ทำให้ลักษณะการแตกหักที่พบต่างจากซี่ฟันปลอมชนิดอื่น โดยการแตกหักส่วนใหญ่เป็นการแตกหักแบบโคฮีซีพในซี่ฟันปลอมซึ่งเกิดขึ้นบริเวณรอยต่อระหว่างชั้นแกนฟัน (core material) และชั้นฐานที่เป็นเมทิลเมทาคริเลต มีเพียงชิ้นงานเดียวที่มีการแตกหักแบบแอดฮีซีพ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Caswell and Norling ที่พบการแตกหักของซี่ฟันปลอม Orthosit เป็นเช่นเดียวกัน การศึกษานั้นยังได้ทำการทดสอบซี่ฟันปลอม Orthosit โดยการกรอด้านประชิดสันเหงือกออก 3 มม. เพื่อให้เกิดการยึดติดในชั้นแกนฟัน พบว่าผลที่ได้ไม่แตกต่างจากการยึดติดในชั้นประชิดสันเหงือก *(37)*

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ซี่ฟันปลอม Excellence IPN มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงสูงที่สุด (45.39±8.05 เมกะปาสคาล) และสูงกว่าซี่ฟันปลอม Major dent (39.23±8.92 เมกะปาสคาล) ซึ่งเป็นซี่ฟันปลอมแบบเมทิลเมทาคริเลตชนิดเส้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับการศึกษาก่อนหน้านี้ *(37, 41)* แต่ขัดแย้งกับ Clancy et.al.(1991) ที่พบว่าซี่ฟันปลอมแบบเมทิลเมทาคริเลตชนิดเส้นมีการยึดติดกับฐานฟันปลอมอะคริลิกดีกว่าซี่ฟันปลอมแบบโครงสร้างตาข่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(36)* ซึ่งค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงของซี่ฟันปลอม Excellence IPN ที่ได้ในการศึกษานี้ค่อนข้างใกล้เคียงกับการศึกษาของ Caswell and Norling (47.13±0.59 เมกะปาสคาล) แต่อย่างไรก็ตามการเปรียบเทียบผลการทดลองอาจเป็นไปได้ยาก

เนื่องจากในการทดลองของ Caswell and Norling ถึงแม้จะทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบดึงเช่นเดียวกับการทดสอบนี้ แต่การออกแบบชิ้นงานใช้ตามข้อกำหนดของ ADA 15 ตามที่ได้อธิบายไปข้างต้น ในขณะที่การศึกษานี้ใช้เป็นมินิดัมเบลล์ จึงอาจทำให้ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงที่ได้แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาถึงโครงสร้างของซี่ฟันปลอมทั้ง 4 ชนิด เปรียบเทียบกัน พบว่าในซี่ฟันปลอม Major dent และซี่ฟันปลอม Orthosit ส่วนที่ใช้ในการยึดติดเป็นเมทิลเมทาคริเลต ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ชนิดเส้น ซึ่งโดยทั่วไปโพลีเมอร์ชนิดเส้นจะสามารถรวมตัวเป็นโครงสร้างได้ต้องอาศัยพันธะระหว่างโมเลกุลและแรงแวนเดอร์วาลล์ (van der Waals forces) รวมถึงการเกี่ยวพันระหว่างสายโซ่โมเลกุล (entanglement of the chains) ดังนั้นเมื่อได้รับสารละลาย สายโซ่โมเลกุลจะถูกแยกออกจากกันกลายเป็นสายเล็ก ทำให้เมื่อเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชั่นโมโนเมอร์จะสามารถแทรกซึมเข้าไปได้ดีขึ้น แต่ซี่ฟันปลอมแบบ Trubyte ซึ่งมีสายโซ่โมเลกุลแบบเชื่อมขวางจะทำให้การละลายยากขึ้นเช่นกัน *(41)* นอกจากนี้โครงสร้างที่ต่างกันของซี่ฟันปลอมชนิดต่างๆ ยังส่งผลถึงปริมาณพันธะคู่ที่หลงเหลืออยู่ (C=C) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันกับโมโนเมอร์หรือโพลีเมอร์อื่นๆ ซี่ฟันปลอมที่มีสารเชื่อมขวางมากจะมีปริมาณพันธะคู่หลงเหลืออยู่น้อยกว่าซี่ฟันปลอมที่เป็นโพลีเมอร์ชนิดเส้น เนื่องจากในขณะเกิดปฏิกิริยาโคโพลีเมอไรเซชันจำเป็นต้องมีการสูญเสียพันธะคู่ไป *(18)* ดังสมการด้านล่าง หากซี่ฟันปลอมมีปริมาณพันธะคู่หลงเหลืออยู่น้อย นั่นหมายถึงการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันย่อมเกิดได้น้อยตามไปด้วย เนื่องจากในการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันก็ต้องการพันธะคู่ในโมโนเมอร์ในการจับกับอนุมูลอิสระเพื่อให้เกิดเป็นโมโนเมอร์ ดังนั้นการยึดติดระหว่างฐานฟันปลอมและซี่ฟันปลอมที่มีสารเชื่อมขวางปริมาณมากจึงต่ำกว่าซี่ฟันปลอมโพลีเมอร์ชนิดเส้น

$$n\ H_2C{=}CHR^1 + m\ H_2C{=}CHR^2 \longrightarrow (H_2C\text{-}CHR^1\text{–}H_2C\text{-}CHR^2)_{n+m}$$

เมื่อทำการปรับสภาพพื้นผิวของซี่ฟันปลอมด้วยสารละลายไซเลนในซี่ฟันปลอมทั้ง 4 ชนิด ผลที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยในซี่ฟันปลอม Major dent พบว่าเมื่อปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายไซเลนทั้ง 3 ความเข้มข้นแล้ว ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงเพิ่มขึ้นทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็น 0.1, 1 หรือ 2 M แต่อย่างไรก็ตามความเข้มข้นที่สามารถเพิ่มการยึดติดระหว่าง Major dent และฐานฟันปลอมอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนอย่างมีนัยสำคัญ คือ 0.1 M ในซี่ฟัน Orthosit ก็เช่นเดียวกันพบว่ามีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงสูงสุดเมื่อปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายไซเลนความเข้มข้น 0.1 M เช่นกัน อย่างไรก็ตามการแตกหักที่พบในกลุ่มนี้ทั้งหมดก็ยังคงเป็นการ

แตกหักแบบโคฮีซีพในซี่ฟันปลอมที่เกิดบริเวณรอยต่อระหว่างชั้นแกนฟันและชั้นฐานที่เป็นเมทิลเมทาคริเลต เช่นเดิม ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าการยึดติดระหว่างซี่ฟันปลอม (ชั้นฐาน) และฐานฟันปลอมที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรงกว่าการยึดระหว่างชั้นฐานเมทิลเมทาคริเลตและส่วนแกนฟัน อย่างไรก็ตามกำลังแรงยึดแบบดึงในฟันปลอมชนิดนี้ยังค่อนข้างต่ำกว่าซี่ฟันปลอมชนิดอื่นๆ เนื่องจากการยึดติดระหว่างชั้นที่ไม่เพียงพอ แต่เมื่อพิจารณาคุณสมบัติด้านอื่น เช่น ความต้านทานต่อการสึกกร่อนหรือกำลังกระแทก (impact value) ก็พบว่าเป็นที่น่าพอใจ *(82, 83)* จึงเป็นไปได้ที่ซี่ฟันปลอมชนิดนี้ทนต่อกำลังแรงอัด (compressive strength) แต่มีลักษณะเปราะทำให้ไม่ทนต่อกำลังแรงยึดแบบดึง (tensile strength) ดังนั้นในการเลือกใช้ในคลินิกจึงควรพิจารณาถึงลักษณะการสบฟันของผู้ป่วยประกอบด้วย โดยอาจใช้ในผู้ป่วยแรงบดเคี้ยวค่อนข้างมาก แต่ไม่มีแรงสบนอกศูนย์ (eccentric force) ลงที่ซี่ฟันปลอม รวมถึงเพิ่มการยึดติดทางกลและแต่งขี้ผึ้งฐานฟันปลอมให้มีการรองรับที่เพียงพอเพื่อลดโอกาสที่จะทำให้ซี่ฟันปลอมเสียหาย นอกจาก นี้ควรระวังการติดสีบริเวณรอยต่อระหว่างซี่ฟันปลอมและฐานฟันปลอมเนื่องจากด้านข้าง (axial surface) ของซี่ฟันปลอมชนิดนี้เป็นวัสดุต้านทานการสึกกร่อน ดังนั้นจึงมีการยึดติดกับอะคริลิกฐานฟันปลอมได้น้อยกว่าปกติ *(37)*

ในซี่ฟันปลอมชนิด Trubyte และ Excellence IPN พบว่า การปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายไซเลนด้วยความเข้มข้นใดๆก็ตาม ไม่มีผลต่อการยึดติดระหว่างซี่ฟันปลอมและฐานฟันปลอม และอาจทำให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงต่ำกว่าในกลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญอีกด้วย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากโครงสร้างของซี่ฟันปลอมทั้ง 2 ชนิด พบว่า Trubyte เป็นซี่ฟันปลอมชนิดพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดที่มีสารเชื่อมขวางบางส่วนและมีผงพอลิเมทิลเมทาคริเลตเป็นวัสดุอัดแทรก จึงทำให้การเกิดปฏิกิริยากับสารละลายเป็นไปได้ยาก แต่อย่างไรก็ตามในซี่ฟันปลอม Trubyte ที่ได้รับการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายไซเลนที่มีความเข้มข้น 2 M พบว่าการแตกหักทั้งหมดเป็นแบบโคฮีซีพในซี่ฟันปลอม ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าการยึดติดระหว่างซี่ฟันปลอมและฐานฟันปลอมมีค่ามากกว่าความแข็งแรงในตัวซี่ฟันปลอมเอง ส่วนในซี่ฟันปลอมชนิด Excellence IPN เป็นซี่ฟันปลอมชนิดโครงสร้างตาข่าย (interpenetrating network) ซึ่งจะมีลักษณะ blend compatibility, permanent entanglement, synergistic properties *(84)* ดังนั้นเมื่อทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายไซเลน ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงที่ได้จึงไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากสารละลายไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปตัดสายโซ่โมเลกุลให้มีขนาดเล็กลงได้ นอกจากนี้คุณสมบัติที่เป็น blend compatibility และ synergistic properties ยังทำให้ซี่ฟันปลอมชนิดนี้ทนต่อการแตกหัก (tough, impact-resistance) ทำให้ซี่ฟันปลอมชนิดนี้มีค่ากำลังแรงยึด

แบบดึงค่อนข้างสูง *(37)* และไม่เกิดการแตกหักระหว่างชั้นเหมือนซี่ฟันปลอม Orthosit แต่อย่างไรก็ตามความสวยงามที่ได้ก็ยังคงด้อยกว่าซี่ฟันปลอม Orthosit เช่นกัน

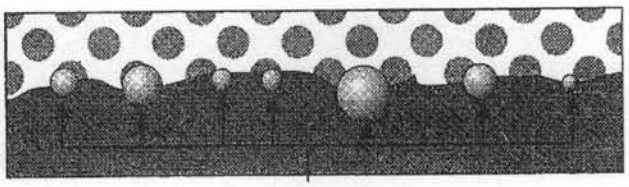
ในการทดลองนี้ พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระหว่างฐานฟันปลอมชนิดบ่มด้วยความร้อนและซี่ฟันปลอมชนิดโครงสร้างตาข่าย (Excellence IPN) สูงกว่าซี่ฟันปลอมแบบพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดที่มีสารเชื่อมขวางปริมาณสูงและวัสดุอัดแทรกซิลิกา (Orthosit) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ศึกษาค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน (shear bond strength) ในซี่ฟันปลอมชนิดต่างๆโดยใช้วัสดุทำฐานฟันปลอมชนิดเดียวกับการศึกษานี้ คือ วัสดุทำฐานฟันปลอมชนิดบ่มด้วยความร้อนทนแรงกระแทก พบว่า ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนระหว่างฐานฟันปลอมและซี่ฟันปลอมชนิดที่มีสารเชื่อมขวางปริมาณสูงมากกว่าซี่ฟันปลอมชนิดโครงสร้างตาข่ายอย่างมีนัยสำคัญ *(40)* ซึ่งความแตกต่างนี้อาจเกิดจากการทดสอบค่ากำลังแรงยึดที่ต่างชนิดกัน ทำให้ผลที่ได้อาจมีความแตกต่างกันไป

ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงที่เพิ่มขึ้นจากการปรับสภาพพื้นผิวซี่ฟันปลอมด้วยสารละลายไซเลนนั้น สามารถอธิบายได้จาก 2 เหตุผลด้วยกัน เหตุผลแรก คือ เมื่อสารละลายไซเลนสัมผัสกับซี่ฟันปลอมแล้ว จะเกิดโครงสร้าง bi-layer เกิดขึ้น โดยกลุ่มฟังชันนอลในสารละลายไซเลนจะทำปฏิกิริยากับกลุ่มไซลานอลบนผิวแก้วหรือวัสดุอื่นที่เป็นโลหะและสร้างให้เกิดพันธะโคเวเลนต์ขึ้น เรียกชั้นนี้ว่า chemisorbed และชั้นที่อยู่ด้านนอกจะเป็นชั้นของไซเลนที่จับกันอย่างหลวมๆด้วยพันธะไฮโดรเจนและแรงแวนเดอร์วาล เรียกว่า ชั้น physisorbed *(65)* มีการศึกษาว่าชั้น physisorbed อาจทำให้การยึดติดด้อยลง เนื่องจากเป็นชั้นที่มีการโพลีเมอไรซ์ในตัวเอง (self polymerization) เกิดเป็นโอลิโกเมอร์ (oligomer) จึงไม่มีการเชื่อมระหว่างวัสดุอัดแทรกกับเมทริกซ์โดยรอบ *(85)* ดังนั้นหากใช้สารละลายไซเลนที่มีความเข้มข้นสูง ก็อาจทำให้โมเลกุลไซเลนที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาไปจับกันเอง เกิดเป็นชั้น physisorbed ที่หนากว่าในสารละลายไซเลนที่มีความเข้มข้นต่ำ และขัดขวางการยึดติดระหว่างโมเลกุลได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Arksornnukit et al. ที่พบว่า ชั้น chemisorbed จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารควบคู่ไซเลนในสารละลายไซเลน จนกระทั่งจับกับโมเลกุลของวัสดุอัดแทรกจนหมด จากนั้นจะกลายเป็นชั้น physisorbed *(65)* ซึ่งจากการทดลองนี้อาจสรุปได้ว่า หากสารละลายไซเลนมีความเข้มข้นมากหรือน้อยเกินไป ก็จะทำให้การยึดติดลดลง อย่างไรก็ตาม Plueddemann (1982) กล่าวว่าขณะที่เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชัน โมเลกุลของ matrix monomer สามารถที่จะเกิดการแพร่เข้าไปภายในและเกิดเป็นโครงสร้างตาข่ายได้ *(58)* ซึ่งสอดคล้องกับในการทดลองนี้ที่พบว่าซี่ฟันปลอม Major dent ที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยไซเลนมีค่ากำลังแรงยึดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น

จึงอาจอธิบายปรากฏการณ์นี้ว่า โครงสร้างตาข่ายกับโมเลกุลของไซเลนที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาสามารถแทรกเข้าไปในโพลีเมอร์ในซี่ฟันปลอม Major dent ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ชนิดเส้นและเกิดเป็นโครงสร้างตาข่ายได้มากกว่าซี่ฟันปลอมอื่นๆที่มีโครงสร้างเป็นตาข่ายหรือสารเชื่อมขวาง นอกจากการเกิดพันธะเคมีที่ได้อธิบายในข้างต้นแล้ว สารละลายไซเลนอาจทำหน้าที่เป็น wetting agent *(58)* โดยไปทำให้ surface energy ของซี่ฟันปลอมสูงขึ้น ดังนั้นเมื่อทำการอัดอะคริลิกอะคริลิกจะสามารถแนบสนิทกับซี่ฟันปลอมได้มากขึ้นทำให้การยึดติดเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

นอกจากนี้ในการศึกษาครั้งนี้ ยังได้นำเอาส่วนฐานของซี่ฟันปลอมไปทำการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุด้วยเครื่อง SEM image analysis พบว่า ธาตุที่พบส่วนใหญ่ คือ คาร์บอน (C) และออกซิเจน (O) แต่อย่างไรก็ตามก็ยังสามารถพบธาตุโลหะหนักอื่นด้วย เช่น ซิลิกอน (Si) ซึ่งเป็นธาตุสำคัญในการทำให้เกิดการยึดติดระหว่างไซเลนและหมู่ฟังชันนัลของสารประกอบอื่นๆ โดยพบว่า ในซี่ฟันปลอม Major dent และ Trubyte มีซิลิกอนประมาณ 0.04-0.01%element ซี่ฟันปลอม Orthosit มีประมาณ 0.1-0.2%element และซี่ฟันปลอม Excellence IPN มีซิลิกอนประมาณ 0.1-0.3%element เมื่อพิจารณาจาก %element จะพบว่าซี่ฟันปลอมที่มีซิลิกอนมากที่สุด คือ Excellence IPN กลับไม่พบการยึดติดที่เพิ่มขึ้นเมื่อทำการปรับสภาพด้วยไซเลน แต่กลับพบการยึดติดที่เพิ่มขึ้นในซี่ฟันปลอม Major dent ที่มีปริมาณ %element น้อยที่สุด ดังนั้นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดการยึดติดที่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้สารละลายไซเลนน่าจะเป็นโครงสร้างทางโมเลกุลของซี่ฟันปลอมแต่ละชนิดดังที่ได้กล่าวไปแล้วในข้างต้นมากกว่าปริมาณซิลิกอนในซี่ฟันปลอม

แต่อย่างไรก็ตามสิ่งแปลกปลอมทั้งหลาย ไม่ว่าจะเป็น ฝุ่นผง หรือ เหงื่อ อาจขัดขวางการเกิดพันธะทางเคมีที่กล่าวมาข้างต้นได้ *(4)* นอกจากนี้พื้นผิวที่ไม่เรียบเพียงพอก็อาจทำให้การยึดติดลดลง โดยเมื่อทาสารละลายลงบนพื้นผิวที่ไม่เรียบเพียงพอ จะเกิดการกักเก็บอากาศไว้ (air pocket) ซึ่งจะขัดขวางการเกิด complete wetting และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือเกิดความเค้นทางกายภาพ (mechanical stress) ก็จะเกิดการสะสมความเค้นขึ้นรอบๆฟองอากาศเหล่านี้ และก่อให้เกิดการร้าว (crack) จากฟองอากาศอันหนึ่งไปสู่อีกอันหนึ่ง จนทำให้ชิ้นงานแตกได้ ดังรูป ดังนั้นในการทดลองนี้จึงได้ทำความสะอาดซี่ฟันปลอมด้วยไอน้ำ และควบคุมพื้นผิวของซี่ฟันปลอมให้เรียบที่สุด นอกจากนี้การทำพื้นผิวของซี่ฟันปลอมให้เรียบยังเป็นการควบคุมปัจจัย "ความขรุขระของซี่ฟันปลอม"ไม่ให้มีผลต่อการศึกษาครั้งนี้ด้วย



รูปที่ 49 แสดงถึงฟองอากาศที่เป็นตัวสะสมความเค้นในชิ้นงาน

(ที่มา : K.J.Ansavice. 2003. Phillips' Sceince of Dental material.11th edition. chapter 2:39)

ในการทดลองครั้งนี้ อะคริลิกฐานฟันปลอมที่ใช้คือ Lucitone 199 ซึ่งเป็นอะคริลิกชนิดที่มีสารเชื่อมขวางและมีส่วนผสมของบิวต้าไดอีน สไตรีน (Butadiene styrene) ซึ่งมีลักษณะเป็นยางเพื่อช่วยดูดซับแรงกระแทก ดังนั้นอะคริลิกชนิดนี้จึงมีคุณสมบัติทนแรงกระแทกได้สูง (high impact) และให้การยึดติดกับซี่ฟันปลอมได้ดี โดยมีการศึกษาที่ผ่านมาโดย Cardash et al. พบว่าอะคริลิกชนิดทนแรงกระแทกจะสามารถให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนกับซี่ฟันปลอมได้ดีกว่าอะคริลิกฐานฟันปลอมชนิดธรรมดา*(9)* แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าเมื่อนำอะคริลิกฐานฟันปลอมทั้งสองชนิด คือ อะคริลิกฐานฟันปลอมชนิดธรรมดา (Meliodent, Heraeus Kulzer, GmbH, Germany) และอะคริลิกฐานฟันปลอมชนิดทนแรงกระแทก (Lucitone 199, Dentsply, USA.) มาทำเป็นชิ้นงานตัวอย่างรูปมินิดัมเบลล์ และทำการทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึง อะคริลิกฐานฟันปลอมทั้งสองชนิดให้ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงไม่ต่างกัน ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า เมื่อทำการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระหว่างซี่ฟันปลอมและอะคริลิกฐานฟันปลอมชนิดธรรมดา โดยออกแบบการทดลองเช่นเดียวกันกับการศึกษานี้ ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงที่ได้จะไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามผลการศึกษาครั้งนี้ไม่อาจเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ของ Cardash et al. ได้ เนื่องจากการออกแบบการทดลองที่แตกต่างกัน

การศึกษาครั้งนี้พยายามที่จะศึกษาค่ากำลังแรงยึดแบบดึงซึ่งเป็นแรงที่ทำให้ซี่ฟันปลอมหลุด แต่อย่างไรก็ตามก็เป็นเพียงการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งในช่องปากจริงแรงที่ทำให้ซี่ฟันปลอมหลุดจะไม่ได้เกิดทันทีเช่นการทดลอง แต่ซี่ฟันปลอมจะได้รับแรงลักษณะเป็นวัฏจักรและยาวนาน จนกระทั่งแรงที่เกิดขึ้นมากกว่า Ultimate tensile strength จึงเกิดการแตกหักขึ้น แต่แรงที่ทำให้แตกหักในช่องปากอาจจะน้อยกว่าในการทดลองเนื่องจากมีปัจจัยจากความล้า (fatigue) ของวัสดุร่วมด้วย

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งขึ้น 2 สมมติฐาน คือ การปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายไซเลนไม่มีผลต่อความแข็งแรงดึงยึดระหว่างซี่ฟันปลอมกับฐานฟันปลอมอะคริลิกและซี่ฟันปลอมต่างชนิดกันไม่มีผลต่อความแข็งแรงดึงยึดระหว่างซี่ฟันปลอมกับฐานฟันปลอมอะคริลิกและยอมรับสมมติฐานที่ว่า ความเข้มข้นของสารละลายไซเลนที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อ

ความแข็งแรงดึงยึดระหว่างซี่ฟันปลอมกับฐานฟันปลอมอะคริลิก เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ไม่มีความแตกต่างของกำลังแรงยึดดึงที่ได้จากสารละลายไซเลนความเข้มข้นต่างๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ