บทที่ 2

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

ตั้งแต่ก่อนปี คศ. 1970 งานทันตกรรมจัดฟันชนิดติดแน่นอาศัยการติดแบรกเกตบนปลอกโลหะรัดฟัน (band) ก่อน แล้วจึงนำไปยึดด้วยซีเมนต์ (cement) บนตัวฟันอีกทีหนึ่ง ซึ่งพบว่ามีข้อเสียหลายประการ ได้แก่ ต้องแยกฟันให้เกิดช่องว่างระหว่างฟันข้างเคียง เนื่องจากปลอกโลหะรัดฟันมีความหนา ซึ่งการแยกฟันนี้จะทำให้ผู้ป่วยเกิดความเจ็บปวด และความหนาของปลอกโลหะรัดฟันมีผลให้ความยาวของส่วนโค้งของฟัน (dental arch) เพิ่มขึ้น ภายหลังการถอดเครื่องมือออกแล้วทำให้เกิดช่องห่างในจุดสัมผัสระหว่างฟัน (contact point) เป็นผลให้เศษอาหารติดได้ง่าย ขอบของปลอกโลหะรัดฟันเองจะระคายเคืองต่อเหงือกทำให้เกิดโรคเหงือกอักเสบ และเกิดการสะสมของแผ่นคราบจุลินทรีย์ (dental plaque) ได้ง่าย เป็นผลให้มีการละลายของแร่ธาตุ (decalcification) ในผิวเคลือบฟันซึ่งจะพบเป็นจุดด่างขาว (white spot) ถาวรบนผิวเคลือบฟัน นอกจากนี้อาจพบว่าซีเมนต์ละลายตัวออกไปทำให้เกิดช่องว่างใต้ปลอกโลหะรัดฟันและเกิดฟันผุโดยที่ทันตแพทย์ผู้รักษาไม่สามารถมองเห็นได้ รวมทั้งการลองและยึดปลอกโลหะรัดฟันให้เหมาะสมกับฟันแต่ละซี่ต้องใช้เวลานาน และผู้ป่วยเองก็รู้สึกว่าการมีปลอกโลหะรัดฟันหุ้มบนตัวฟันเป็นสิ่งที่ไม่สวยงาม จึงทำให้มีวิวัฒนาการวิธีการยึดแบรกเกตบนตัวฟันโดยตรง (Fields, 1982; Proffit และ Fields, 1993)

ในปี คศ. 1955 Buonocore ได้เสนอบทความเกี่ยวกับวัสดุยึดและผิวเคลือบฟัน เรียกว่าเทคนิคการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟัน (acid etching technic) ซึ่งพบว่าถ้าผิวเคลือบฟันถูกกัดด้วยกรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 85 ก่อน จะทำให้วัสดุยึดที่ติดบนผิวเคลือบฟันมีความแข็งแรงในการยึดมากยิ่งขึ้นแม้ในสภาวะที่มีความชื้นในช่องปาก จากบทความดังกล่าวทำให้เกิดการพัฒนาวัสดุและวิธีการมากมาย และนิยมใช้แพร่หลายในงานทันตกรรมป้องกัน (preventive dentistry) และงานทันตกรรมบูรณะ (operative dentistry) ต่อมา Newman (1964) ได้นำเอาเทคนิคการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟันนี้มาใช้ในงานทันตกรรมจัดฟันชนิดติดแน่น เพื่อยึดแบรกเกตให้ติดกับผิวเคลือบฟันโดยตรงด้วยวัสดุยึด โดยการยึดระหว่างผิวเคลือบฟันและฐานแบรกเกตเป็นการยึดแบบเชิงกล เรียกเทคนิคการยึดแบรกเกตให้ติดกับผิวเคลือบฟันโดยตรงนี้ว่า วิธีไดเรกบอนด์

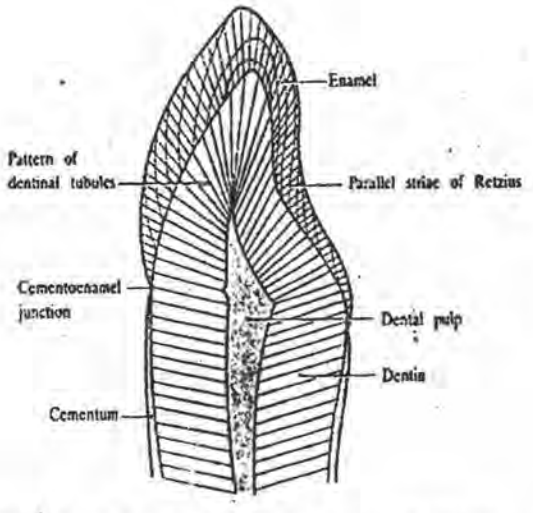
เมื่อการจัดฟันสิ้นสุดลงและถอดแบรกเกตออกจากตัวฟันแล้วจำเป็นต้องบูรณะผิวเคลือบฟันให้มีสภาพใกล้เคียงกับผิวเคลือบฟันปกติมากที่สุด เป็นผลให้เกิดการสูญเสียผิวเคลือบฟันไปในปริมาณต่างๆ กัน (Daft และ Lugassy, 1974; Bennett, Schoen, และ Going, 1979; Zachrisson และ Årtun, 1979; Diedrich, 1981; Sandison, 1981) โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ ได้แก่

1. โครงสร้างของผิวเคลือบฟัน
2. ความเข้มข้นของกรดและระยะเวลาในการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟัน
3. วัสดุยึดหรือแอดฮีซีฟเรซิน
4. แบรกเกต
5. วิธีการติดแบรกเกต
6. วิธีการถอดแบรกเกต
7. วิธีการกำจัดแอดฮีซีฟเรซินและบูรณะผิวเคลือบฟัน

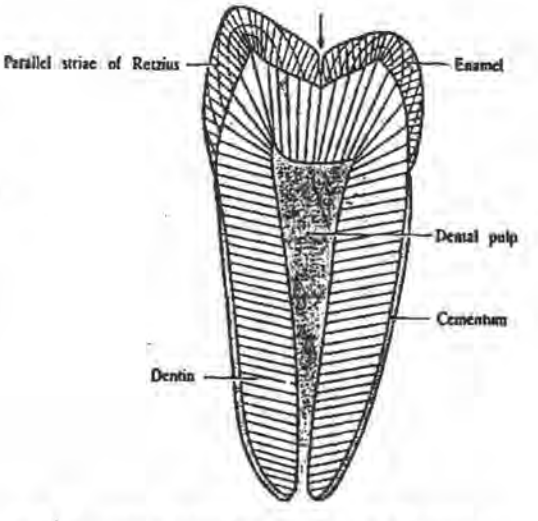
โดยปัจจัยเหล่านี้บางอย่างทันตแพทย์ผู้รักษาไม่สามารถควบคุมได้ แต่บางอย่างสามารถหลีกเลี่ยงหรือเลือกให้เกิดขึ้นได้เพื่อให้เกิดการสูญเสียผิวเคลือบฟันน้อยที่สุด

โครงสร้างของผิวเคลือบฟัน (Kitamura, Oda และ Hess, 1992; Avery และ Steele, 1994; Ten Cate, 1994)

ผิวเคลือบฟันเป็นเนื้อเยื่อที่มีความแข็งมากที่สุดในร่างกาย ประกอบด้วยสารอนินทรีย์ (inorganic material) ร้อยละ 96-98 สารอินทรีย์ (organic material) และน้ำอีกร้อยละ 2-4 สารอนินทรีย์ในผิวเคลือบฟันประกอบด้วย ผลึกของแคลเซียมและฟอสฟอรัสเรียกว่า ผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ เช่นเดียวกับที่พบในเนื้อฟัน (dentine) และกระดูก (bone) ผิวเคลือบฟันที่สร้างสมบูรณ์แล้วเมื่อสูญเสียไปจะไม่มีการสร้างขึ้นใหม่เพื่อทดแทนเหมือนกระดูกและเนื้อฟัน ผิวเคลือบฟันมีความหนามากที่สุดบริเวณปุ่มฟัน (cusp) หรือขอบด้านตัด (incisal edge) โดยอาจพบว่าหนาถึง 2.5 มิลลิเมตร แล้วค่อยๆ บางลงและบางที่สุดบริเวณคอฟัน (cervical) ดังรูปที่ 3 และ 4



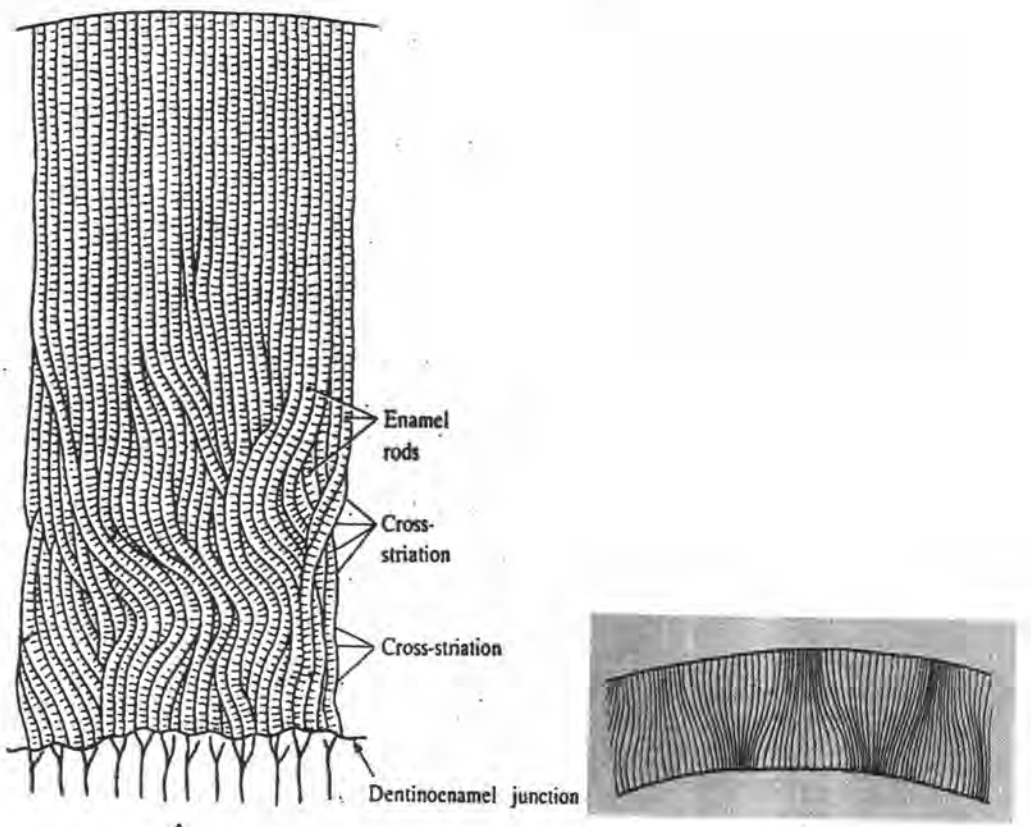
รูปที่ 3 แสดงภาพตัดตามยาว (longitudinal section) ของฟันหน้า (incisor) (Kitamura, Oda และ Hess, 1992)



รูปที่ 4 แสดงภาพตัดตามยาวของฟันกรามน้อย(premolar) (Kitamura, Oda และ Hess, 1992)

โครงสร้างของผิวเคลือบฟันมีลักษณะเป็นแท่ง เรียกว่าแท่งเคลือบฟัน (enamel rod, enamel prism) เรียงตัวกันเริ่มจากรอยต่อของชั้นเคลือบฟันและเนื้อฟัน (dentinoenamel junction) การเรียงตัวของแท่งเคลือบฟันชั้นในมีลักษณะเป็นคลื่น (wavy arrangement) แต่ด้านนอกมีลักษณะเป็นเส้นตรง (straight alignment) การเรียงตัวของแท่งเคลือบฟันในแต่ละตำแหน่งของฟันแต่ละซี่จะแตกต่างกัน ดังรูปที่ 5 แท่งเคลือบฟันมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 4 ไมครอน ถ้าตัดแท่งเคลือบฟันตามขวาง (cross section) จะพบลักษณะคล้ายรูกุญแจ (keyhole) เป็นส่วนใหญ่ (รูปที่ 6B) และอาจพบลักษณะอื่นๆ ได้ ขึ้นอยู่กับแนวการตัดและตำแหน่งของแท่งเคลือบฟันภายในผิวเคลือบฟัน ดังรูปที่ 6

เมื่อตัดแท่งเคลือบฟันตามยาวและศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ดังรูปที่ 7 จะพบลายตามขวาง (cross-striation) เป็นระยะทุกๆ ประมาณ 4 ไมครอน เส้นเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับแบบอย่างในการสร้างแท่งเคลือบฟันในแต่ละวัน (daily pattern of enamel rod formation) แสดงได้ตามแบบจำลองดังรูปที่ 8



รูปที่ 5 แสดงการเรียงตัวของแท่งเคลือบฟัน (Kitamura, Oda และ Hess, 1992)

A. การเรียงตัวของแท่งเคลือบฟันบริเวณกลางฟัน (mid-coronal) ในฟันกราม (molar)

B. การเรียงตัวของแท่งเคลือบฟันบริเวณคอฟันในฟันเขี้ยว (canine) และฟันกรามน้อย

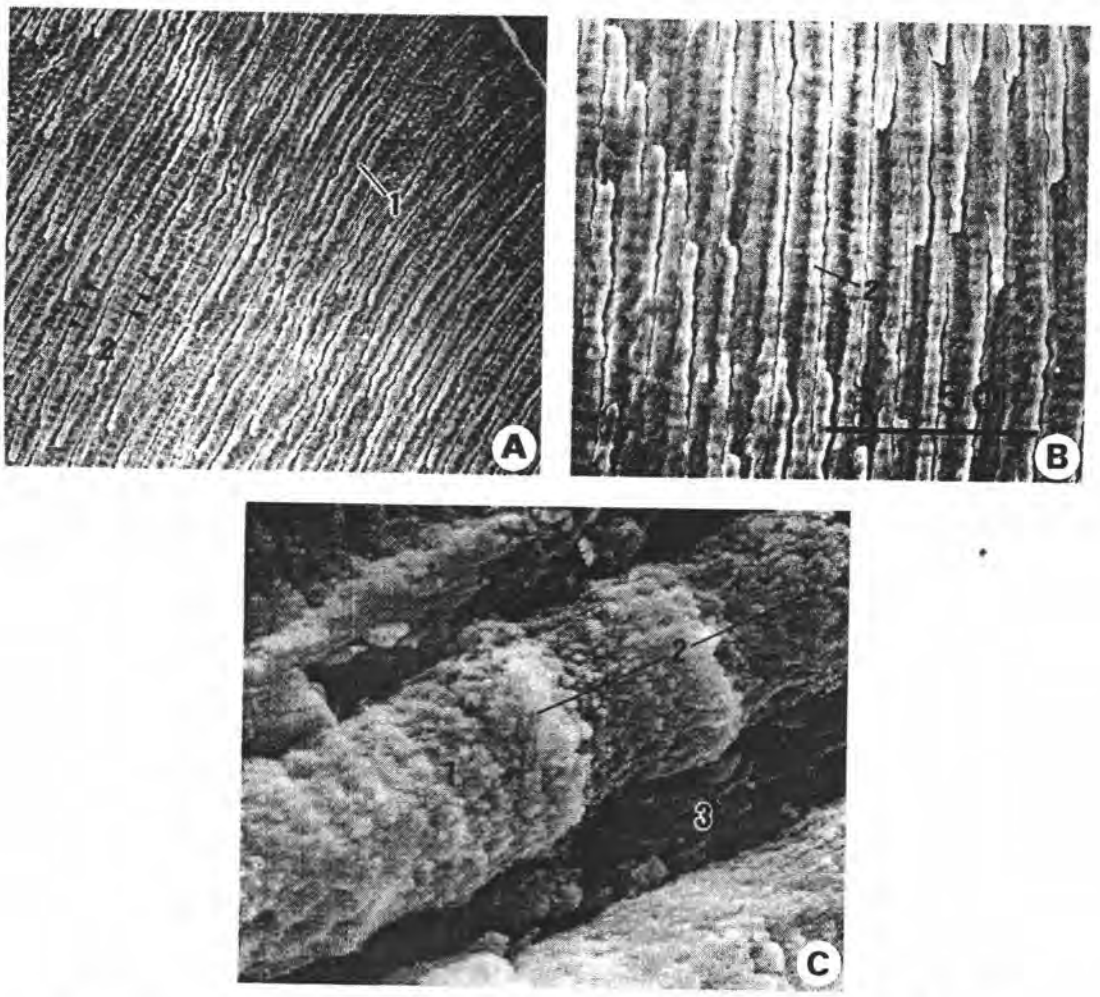
รูปที่ 6 แสดงภาคตัดขวางของแท่งเคลือบฟัน (Kitamura, Oda และ Hess,1992)

A. บริเวณผิวด้านนอกของผิวเคลือบฟัน

B. บริเวณห่างจากรอยต่อระหว่างชั้นเคลือบฟันกับเนื้อฟัน ประมาณ 100 ไมครอน

C. บริเวณห่างจากรอยต่อระหว่างชั้นเคลือบฟันกับเนื้อฟัน ประมาณ 50 ไมครอน

D. บริเวณใกล้กับรอยต่อระหว่างชั้นเคลือบฟันกับเนื้อฟัน



รูปที่ 7 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของแท่งเคลือบฟัน ที่เตรียมโดยการฝนผิวเคลือบฟันให้เป็นแผ่นบางตามยาวแล้วกัดด้วยกรด (Kitamura, Oda และ Hess, 1992)

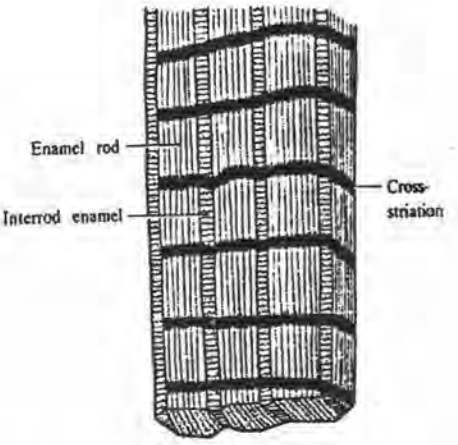
A. ลายตามขวางของแท่งเคลือบฟัน แสดงโดยหัวลูกศร ที่กำลังขยาย 800 เท่า

B. กำลังขยาย 1,500 เท่า

C. กำลังขยาย 7,000 เท่า

---

1. แสดงแท่งเคลือบฟัน 2. แสดงลายตามขวาง 3. สารระหว่างแท่งเคลือบฟัน (interrod substance)

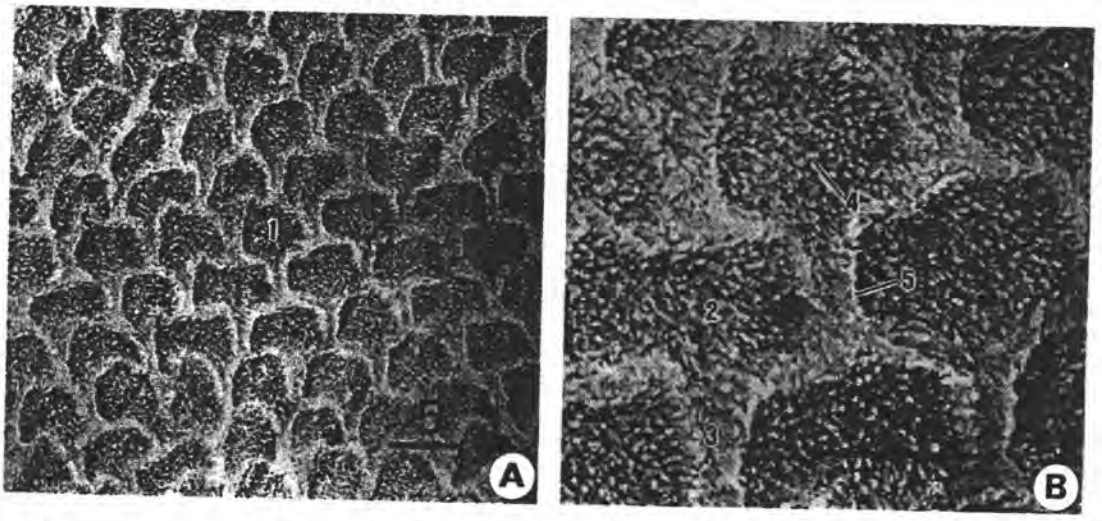


รูปที่ 8 แบบจำลองของแท่งเคลือบฟัน (Kitamura, Oda และ Hess, 1992)

เมื่อส่องดูแท่งเคลือบฟันที่ตัดตามขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จะเห็นลักษณะคล้ายรูกุญแจ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนหัว (head) และส่วนหาง (tail) ส่วนหัวมักชี้ไปยังขอบด้านตัดหรือปุ่มฟัน และแยกจากส่วนหัวของแท่งเคลือบฟันข้างเคียงด้วยส่วนหาง ดังรูปที่ 9 ส่วนหางของแท่งเคลือบฟันชี้ไปที่บริเวณคอฟัน การเรียงตัวของผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ในแท่งเคลือบฟันบริเวณกึ่งกลางของส่วนหัว จะเรียงตัวขนานกับแนวแกนของแท่งเคลือบฟัน แล้วค่อยๆเอียงตัวออกจากแกนของแท่งเคลือบฟัน เมื่อห่างจากกึ่งกลางออกไปยังบริเวณรอบๆ จนถึงบริเวณหางและรอบๆ แท่งเคลือบฟัน ผลึกผิวเคลือบฟัน (enamel crystal) จะเรียงตัวเอียงออกจนกระทั่งตั้งฉากกับแนวแกนของแท่งเคลือบฟัน ดังรูปที่ 10 ส่วนปลายของผลึกในแต่ละแท่งเคลือบฟันที่มาพบกันจะเป็นช่องว่างที่ไม่พบผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์อยู่เลย (prismless) เรียกว่าบริเวณระหว่างแท่งเคลือบฟัน (interrod area) หรือเยื่อหุ้มแท่งเคลือบฟัน (enamel rod sheath) ซึ่งมีขนาดประมาณ 1 ไมครอน ผิวเคลือบฟันบริเวณส่วนหัวของแท่งเคลือบฟันจะละลายตัวเร็วเมื่อถูกกัดด้วยกรด ส่วนบริเวณเยื่อหุ้มแท่งเคลือบฟันซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างส่วนหัวและส่วนหางจะทนต่อการกัดของกรดได้มากกว่า

ถ้าตัดแท่งเคลือบฟันตามยาวจะพบเส้นโค้งวงกลมขนานกัน เริ่มจากรอยต่อระหว่างชั้นเคลือบฟันกับเนื้อฟันซึ่งเปรียบได้กับวงปีของต้นไม้ (annual) เรียกว่า เส้นของเรทเซียส (striae of Retzius) แท่งเคลือบฟันในบริเวณนี้พบว่ามีแร่ธาตุจำนวนน้อยกว่าบริเวณอื่น เส้นของเรทเซียสที่มาสิ้นสุดที่ด้านนอกของผิวเคลือบฟันบริเวณคอฟันและกลางตัวฟัน มีลักษณะเป็นร่องตื้นๆ ในแนวนอน เรียกว่า เพอริคัยมาตา (perikymata) ดังรูปที่ 11 และ 12 ไม่พบร่องนี้บริเวณปุ่มฟันหรือ

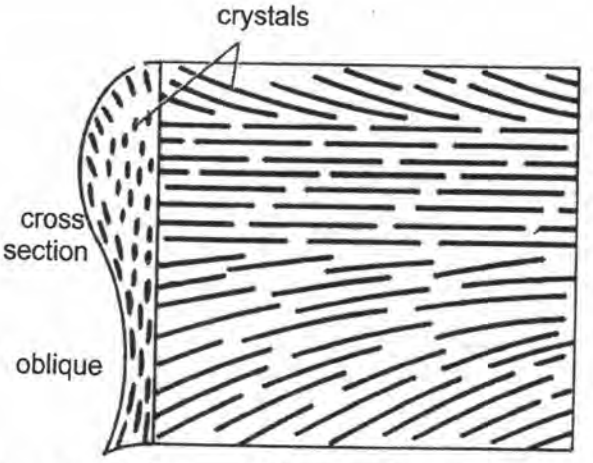
ขอบด้านตัด แต่จะเห็นได้ชัดเจนบนผิวฟันที่ขึ้นใหม่และจะสูญเสียไปอย่างรวดเร็วเมื่อได้รับการขัดสีจากอาหาร การแปรงฟันและการบดเคี้ยว



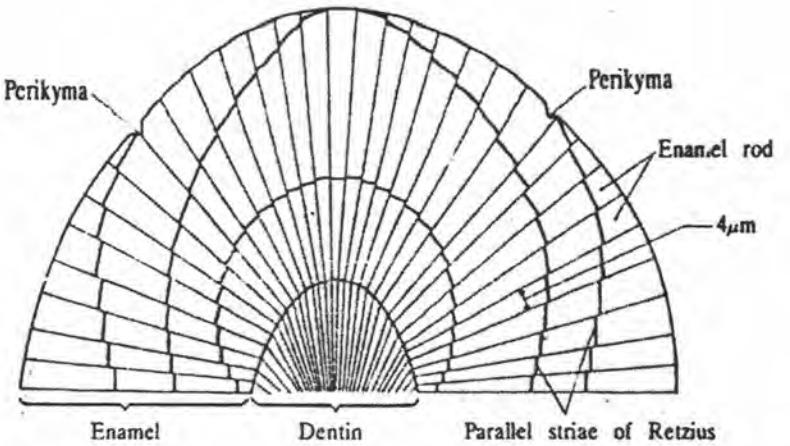
รูปที่ 9 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของแท่งเคลือบฟันที่เตรียมโดยฝนผิวเคลือบฟันให้เป็นแผ่นบางตามขวาง แล้วกัดด้วยกรด (Kitamura, Oda และ Hess, 1992)

A. กำลังขยาย 3,500 เท่า B. กำลังขยาย 10,000 เท่า

1. แท่งเคลือบฟัน 2. ส่วนหัวของแท่งเคลือบฟัน 3. ส่วนหางของแท่งเคลือบฟัน
4. ผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ 5. เยื่อหุ้มแท่งเคลือบฟัน



รูปที่ 10 แบบจำลองแสดงการเรียงของผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ในแท่งเคลือบฟัน (Avery และ Steele, 1994)



รูปที่ 11 ภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแท่งเคลือบฟัน เส้นของเรทเซียส และเพอริคัยมาตา (Kitamura, Oda และ Hess, 1992)

รูปที่ 12 แสดงเพอริคัยมาตาบริเวณด้านแก้มของฟันกรามน้อย (Howell และ Weekes, 1990)

ผลึกผิวเคลือบฟัน (Kitamura, Oda และ Hess, 1992; Hillson, 1996)

ผลึกผิวเคลือบฟันเป็นผลึกของแคลเซียมและฟอสฟอรัสซึ่งจัดเรียงตัวอยู่ในรูปของไฮดรอกซีอะปาไทต์ โดยมีสูตรโครงสร้างพื้นฐานทางเคมีดังนี้ $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ แต่รูปแบบของผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ในผิวเคลือบฟันมักพบว่ามีลักษณะแตกต่างออกไปจากสูตรโครงสร้างพื้นฐานดังกล่าว (ตารางที่ 1) เนื่องจากมีการตกตะกอนของแคลเซียมในผลึกไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดช่องว่างภายในผลึกหรือมีไอออนของธาตุอื่นเข้ามาแทนที่ เช่น สตรอนเทียม (strontium)

คาร์บอเนต (carbonate) แมกนีเซียม (magnesium) ตีบุก (lead) หรือฟลูออไรด์ (fluoride) โดยพบว่าคาร์บอเนตและฟลูออไรด์มักเข้ามาแทนที่กลุ่มไฮดรอกซิล เกิดเป็น $Ca_{10}(PO_4)_6(CO_3)$ หรือ $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$ การแทนที่ของธาตุเหล่านี้ในผลึกจะทำให้ความสามารถในการละลายของผลึกเมื่ออยู่ในสารละลายกรดเพิ่มมากขึ้น ยกเว้นฟลูออไรด์ซึ่งทำให้ผลึกทนทานต่อกรดมากขึ้น

การศึกษาปริมาณหรือความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมและ/หรือฟอสฟอรัสในผิวเคลือบฟัน มีจุดประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ของธาตุดังกล่าวต่อคุณสมบัติต่างๆ ของผิวเคลือบฟัน เช่น การละลายของแร่ธาตุ การสะสมแร่ธาตุใหม่ (remineralization) ซึ่งเป็นลักษณะของขบวนการเกิดฟันผุ ความผิดปกติในการสร้างฟัน เช่น ลักษณะการเจริญบกพร่องหรือเกิดไฮโปแคลซีฟิเคชั่น เป็นต้น พบว่าผิวเคลือบฟันของฟันกราม มีอัตราส่วนระหว่างธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัส ตั้งแต่ 1.92-2.17 โดยคิดจากน้ำหนัก (Hillson, 1996)

APPTITES

Hydroxyapatite - $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$

Substitutions of ions into hydroxyapatite lattice, and vacant sites

Ca^{2+} sites: Sr^{2+}, Ba^{2+}, Pb^{2+}, Ra^{2+}

Na^{+}, water, vacancy (less commonly)

K^{+}, Mg^{2+} (uncommon)

$(PO_4)^{3-}$ sites: $(AsO_4)^{3-}$

$(HPO_4)^{2-}$, $(CO_3)^{2-}$, $(HCO_3)^{-}$ (less commonly)

OH^{-} sites: Cl^{-}, F^{-}, Br^{-}, I^{-}, $(CO_3)^{2-}$, O^{2-}

water, vacancy (less commonly)

Fluoroapatite - $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$

Fluorohydroxyapatite - $Ca_{10}(PO_4)_6(OH,F)_2$

Carbonate-containing apatite - $Ca_{10}(PO_4)_6CO_3$

In positioning by Pb, Ra, Sr, or ASO_4 ions are first deposited in the mineral phase of hard tissue and then slowly released.

Surface bound ions

Ca^{2+}, $(PO_4)^{3-}$, $(HPO_4)^{2-}$, $(CO_3)^{2-}$, $(HCO_3)^{-}$, Mg^{2+}, K^{+}, citrate, water

OTHER CALCIUM PHOSPHATE MINERALS

Whitlockite - related to β-tricalcium phosphate, β-$Ca_3(PO_4)_2$, with impurities Mg^{2+}, Mn^{2+} or Fe^{2+}

Monetite - $CaHPO_4$

Brushite - $CaHPO_4.2H_2O$

Octacalcium phosphate - $Ca_8(HPO_4)_2(PO_4)_4.5H_2O$

POSSIBLE SECONDARY MINERALS

Calite - $CaCO_3$

Goethite, lepidocrocite, limonite - FeO.OH

Pyrite - FeS

Vivianite - $Fe_3P_2O_8.8H_2O$

ตารางที่ 1 แร่ธาตุในเนื้อเยื่อแข็ง (hard tissue) (Hillson, 1996)

ความเข้มข้นของกรดและระยะเวลาในการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟัน

Buonocore (1955) ได้ใช้กรดฟอสฟอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 85 ทาบนด้านทางริมฝีปาก (labial surface) ของฟันเป็นเวลา 30 วินาที ล้างน้ำแล้วทำให้แห้ง ภายหลังจากหยดเรซินลงไปบนผิวเคลือบฟันและปล่อยให้แข็งตัวพบว่า เรซินยึดอยู่บนผิวเคลือบฟันได้ดีกว่าเรซินที่อยู่บนผิวเคลือบฟันที่ไม่ได้รับการกัดด้วยกรด เขาได้อธิบายถึงสาเหตุที่ทำให้เรซินมีกำลังแรงยึดมากขึ้นนี้ว่า การใช้กรดกัดผิวเคลือบฟันจะทำให้ผิวเคลือบฟันเป็นรูพรุน เป็นผลให้พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเรซินและผิวเคลือบฟันเพิ่มมากขึ้น และเกิดร่างแหอินทรีย์ (organic framework) ของผิวเคลือบฟันขึ้นเพื่อให้เรซินยึดอยู่ได้ รวมทั้งกรดจะกำจัดผิวเคลือบฟันที่มีสภาพเฉื่อยออกไป ทำให้สามารถดูดซับเอาโพลาร์ฟอสเฟตได้ง่าย (polar phosphate) และเรซินยึดตัวบนผิวเคลือบฟันได้ดียิ่งขึ้น

Silverstone และคณะ (1975) ศึกษาผิวเคลือบฟันภายหลังถูกกัดด้วยกรดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1. Superficial etched zone เป็นชั้นผิวเคลือบฟันที่สูญเสียไปจากการใช้กรดกัด ลึกประมาณ 10 ไมครอน

2. Subsurface qualitative zone เป็นชั้นที่มีลักษณะเป็นรูพรุน อยู่ถัดจากชั้นแรกเข้าไปลึกประมาณ 20 ไมครอน

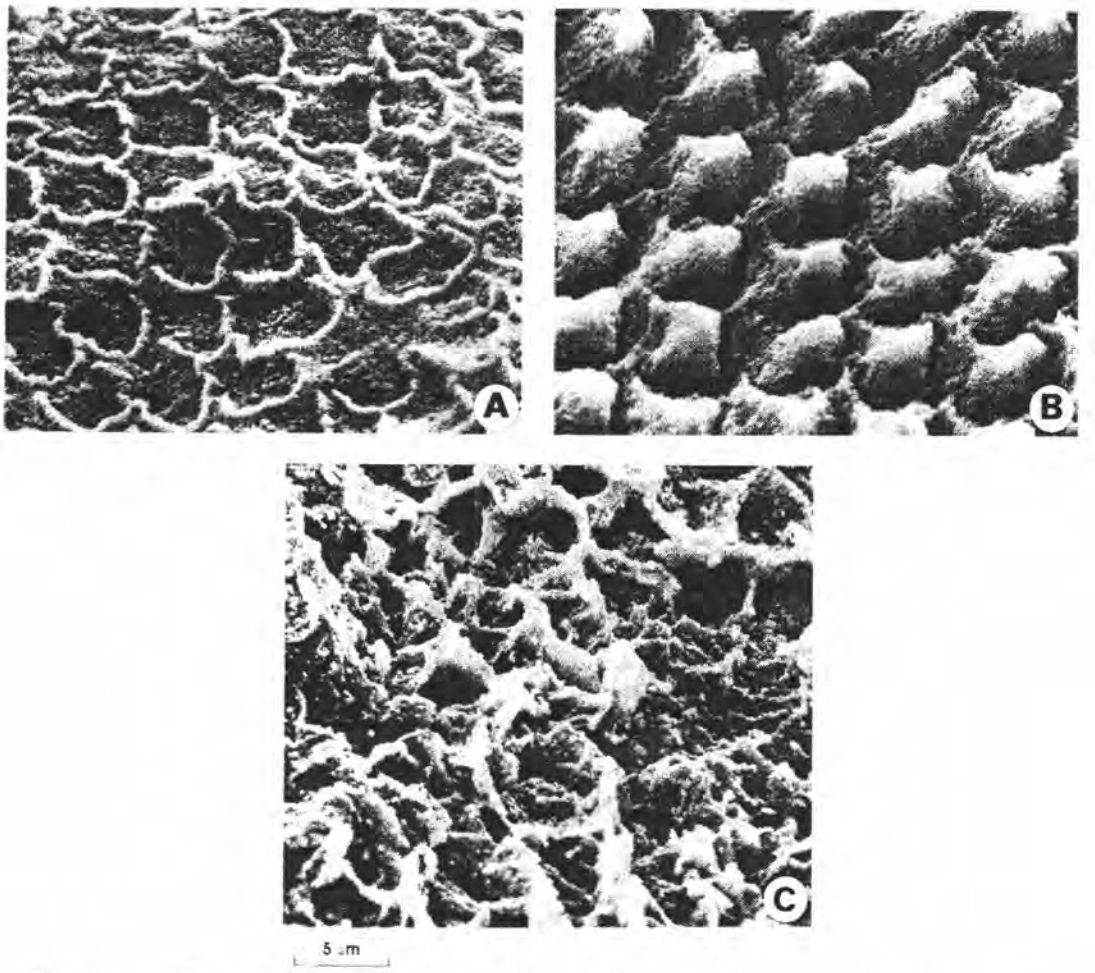
3. Subsurface quantitative zone เป็นชั้นที่อยู่ลึกที่สุด คือลึกเข้าไปอีกประมาณ 20 ไมครอน มีลักษณะแทบไม่แตกต่างจากผิวเคลือบฟันปกติเลย

และรูปแบบของผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรด พบได้ 3 แบบคือ

แบบที่ 1 กรดจะกำจัดแกนกลางของแท่งเคลือบฟัน (rod core) ออก โดยยังเหลือขอบของแท่งเคลือบฟันอยู่ ดังรูปที่ 13A ผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรด จะพบแบบนี้ได้บ่อยที่สุด

แบบที่ 2 บริเวณรอบๆ ของแกนกลางของแท่งเคลือบฟันถูกกำจัดออกไป เหลือบริเวณแกนกลางของแท่งเคลือบฟันไว้ ดังรูปที่ 13B แบบนี้จะพบได้น้อยกว่าแบบแรก

แบบที่ 3 ผิวเคลือบฟันถูกกรดกัดเซาะแบบขรุขระ ไม่มีรูปแบบชัดเจน ดังรูปที่ 13C แบบนี้พบได้น้อยมาก



รูปที่ 13 การเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบฟัน เมื่อถูกกัดด้วยกรดตามการทดลองของ Silverstone และคณะ (1975)

A. แบบที่ 1

B. แบบที่ 2

C. แบบที่ 3

Silverstone และคณะ (1975) กล่าวว่าผิวเคลือบฟันภายหลังถูกกัดด้วยกรดจะมีลักษณะเป็นแบบใดขึ้นอยู่กับการเรียงตัวของผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ เนื่องจากส่วนปลายของผลึกละลายเร็วกว่าส่วนด้านข้าง ดังนั้นในบริเวณที่ผลึกเรียงตัวตั้งฉากกับผิวเคลือบฟันจะละลายได้ง่ายและพบว่ามีลักษณะดังแบบที่ 1 ซึ่งเป็นแบบที่พบได้บ่อย เนื่องจากผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์บริเวณส่วนหัวของแท่งเคลือบฟันมีการเรียงตัวตั้งฉากกับผิวเคลือบฟัน ในขณะที่บริเวณส่วนหางของแท่งเคลือบฟันเอียงตัวเอาด้านข้างของผลึกออกมาทางผิวเคลือบฟันมากกว่าจึงละลายได้น้อยกว่า ส่วนบริเวณระหว่างแท่งเคลือบฟันแต่ละอันมาพบกันซึ่งเป็นช่องว่างที่ไม่มีผลึกไฮดรอกซี

อะปาไทต์นั้นจะทนทานต่อการละลายได้มากที่สุด นอกจากนี้ความผิดปรกติในการสร้างผิวเคลือบฟันในบางตำแหน่งที่ทำให้บริเวณนั้นไม่มีแท่งเคลือบฟันหรือมีน้อยกว่าปกติ จะทำให้เกิดการละลายของผลึกน้อยหรือทนทานต่อการละลายของกรดได้มาก ซึ่งจะเป็นผลให้แรงยึดแบบเกาะเกี่ยวของแอดฮีซีฟเรซินน้อยลงไปด้วย (Gwinnett, 1971)

ส่วน Diedrich (1981) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ภายหลังการถูกกัดด้วยกรดฟอสฟอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น 4 แบบ ดังรูปที่ 14 คือ

แบบที่ 1 Central etch type เกิดจากการละลายตัวของผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ที่อยู่ในบริเวณแกนกลางของแท่งเคลือบฟัน ทำให้ผิวเคลือบฟันมีลักษณะคล้ายรวงผึ้ง (honeycomb-like image) โดยบริเวณรอบๆ ส่วนหัวของแท่งเคลือบฟันที่ถูกกรดกัดน้อยกว่า ยังคงมีลักษณะเป็นขอบยกสูง ลักษณะภายในมีผิวขรุขระที่พบรูปร่างหลายแบบ เช่น เป็นรูปโดม มียอดแหลมหลายยอด เป็นจุด เป็นต้น ส่วนหัวของแท่งเคลือบฟันแต่ละอันแยกจากกันด้วยรอยแยกเล็กๆ ที่มีขนาดประมาณ 2 ไมครอน

แบบที่ 2 Peripheral etch type กรดมีผลต่อบริเวณแกนกลางของแท่งเคลือบฟันน้อยมาก การละลายของผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่บริเวณโดยรอบของแท่งเคลือบฟัน

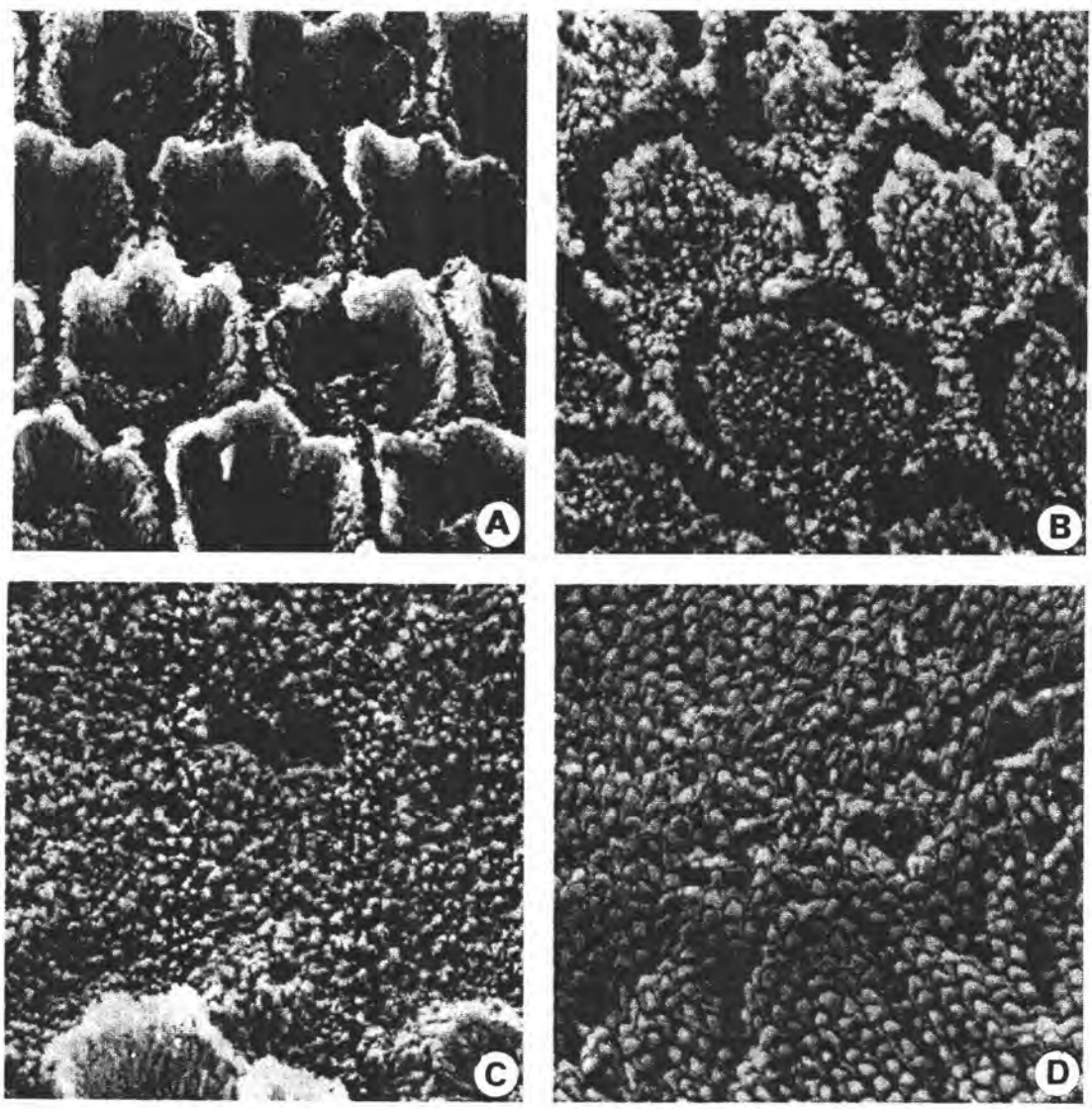
แบบที่ 3 Less structured etch type ผิวเคลือบฟันมีลักษณะเป็นรูพรุนขนาดเล็ก ไม่สม่ำเสมอปะปนไปกับปุ่มเล็กๆ ที่ยื่นขึ้นมา โดยมักพบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบฟันแบบนี้จะเกิดในบริเวณที่ไม่มีแท่งเคลือบฟัน (prism-free enamel) เช่นในฟันที่เพิ่งขึ้นใหม่หรือบริเวณคอฟันของฟันที่ขึ้นเต็มที่แล้ว

แบบที่ 4 ลักษณะคล้ายดาวกระจายหรือต้นเฟิร์น (starlike หรือ fernlike patterns) เป็นลักษณะที่พบได้น้อย เนื่องจากการเรียงตัวที่ผิดปกติของแท่งเคลือบฟัน

ผลการเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบฟันในแบบที่ 1 และ 2 จะให้แรงยึดของแอดฮีซีฟเรซินอยู่บนผิวเคลือบฟันได้ดีกว่าแบบที่ 3 และ 4

ได้มีผู้อธิบายความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ว่า เกิดจากความแตกต่างของโครงสร้างของผิวเคลือบฟันชั้นนอกสุด เนื่องจากการเรียงตัวของแท่งเคลือบฟันและผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ในฟันแต่ละตำแหน่ง แต่ละซี่มีความแตกต่างกัน เกิดจากความแตกต่างของแร่ธาตุ สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์รวมทั้งความเข้มข้นของประจุไฮโดรเจน (H^+) ซึ่งอยู่ที่ชั้น

นอกของผิวเคลือบฟัน เกิดจากความเข้มข้นและพีเอช (pH) รวมทั้งระยะเวลาและวิธีการทากรดบนผิวเคลือบฟันด้วย (Johnson, Poole และ Tyler, 1971; Simmelink, Nygaard และ Scott, 1974; Tyler, 1976)



รูปที่ 14 แสดงการเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบฟันเมื่อถูกกัดด้วยกรดตามการทดลองของ Diedrich (1981) ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 แบบ

A. บริเวณผิวเคลือบฟันที่มีลักษณะแบบ Central etch type

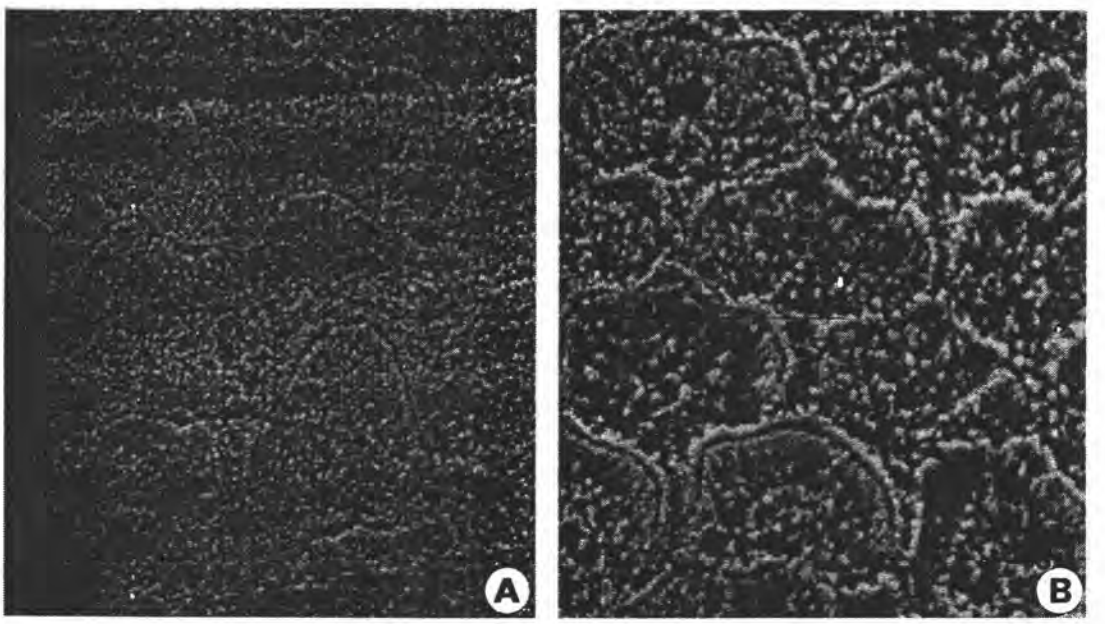
B. บริเวณผิวเคลือบฟันที่มีลักษณะแบบ Peripheral etch type

C. บริเวณผิวเคลือบฟันที่มีลักษณะแบบ Less structured etch type

D. บริเวณผิวเคลือบฟันที่มีลักษณะแบบดาวกระจายหรือเฟิร์น

Ten Cate (1994) กล่าวว่าการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟันจะทำให้เกิดผลต่อผิวเคลือบฟัน 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกกรดจะกำจัดคราบจุลินทรีย์และเศษ (debris) ต่างๆที่คลุมอยู่บนผิวเคลือบฟันเป็นชั้นบางๆ ออก ต่อมาในขั้นที่สองผลของกรดทำให้เกิดรูพรุนบนผิวเคลือบฟัน เนื่องจากเกิดการละลายของผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ออกไป รูพรุนเหล่านี้จะทำให้การยึดติดของวัสดุยึดบนผิวเคลือบฟันเพิ่มมากขึ้น

การเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น แบ่งเป็น 3 ระยะคือ ระยะแรกมีการทำลายบริเวณรอบๆ ส่วนหัวของแท่งเคลือบฟันเกิดเป็นรอยแยกเล็กๆ ขนาดประมาณ 0.1-0.2 ไมครอน ดังรูปที่ 15A ต่อมาในระยะที่ 2 กรดจะละลายเอาแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของผิวเคลือบฟันออกมา โดยเฉพาะบริเวณแกนกลางของแท่งเคลือบฟัน แต่ยังคงเหลือขอบอยู่ เป็นผลให้มีลักษณะคล้ายรวงผึ้ง หรือแบบ Central etch type และระยะสุดท้ายกรดจะทำปฏิกิริยากับผิวเคลือบฟันเพิ่มมากขึ้น ทำให้บริเวณขอบของแท่งเคลือบฟันหายไป ในขณะที่รอยแยกใหญ่ขึ้นจนถึง 2-3 ไมครอน (Diedrich, 1981)



รูปที่ 15 แสดงผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดในระยะเวลาต่างๆ กัน (Diedrich, 1981)

A. การเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดระยะแรก

B. การเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดระยะที่สอง

Bhad และ Hazarey (1995) ได้อธิบายว่า การเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบฟันในแบบที่ 1 หรือ Central etch type พบในผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดในระยะแรกและระยะที่ 2 เมื่อให้เวลาในการใช้กรดกัดมากขึ้น ขอบของแท่งเคลือบฟันจะหายไป ในขณะที่รอยแยกชัดเจนยิ่งขึ้น เป็นการเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบฟันในแบบที่ 3 หรือ Less structured etch type ส่วนการเปลี่ยนแปลงในแบบที่ 2 หรือ Peripheral etch type เกิดจากการแตกหักของขอบแท่งเคลือบฟันที่ไม่แข็งแรงในแบบ Central etch type

การเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบฟันในแบบที่ 2 เป็นผลให้เกิดการสูญเสียผิวเคลือบฟันมากที่สุด และการเปลี่ยนแปลงในแบบที่ 1 ทำให้สูญเสียผิวเคลือบฟันน้อยที่สุด

Gwinnett และ Matsui (1967) กล่าวว่า กรดทำให้หลุมหรือช่องว่างในผิวเคลือบฟันเปิดออก และแอดฮีซีฟเรซินสามารถไหลเข้าไปในรูเหล่านั้นได้ หากแอดฮีซีฟเรซินเกิดพอลิเมอร์อย่างสมบูรณ์เพียงพอจะทำให้กำลังแรงยึดแบบเกาะเกี่ยวเพิ่มมากขึ้น

กรดที่ใช้ในการกัดผิวเคลือบฟันมีหลายชนิดและมีความเข้มข้นแตกต่างกันไป ตัวที่นิยมใช้กันมากคือกรดฟอสฟอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 ถึง 40 กัดผิวเคลือบฟันเป็นเวลา 60 วินาทีในฟันผู้ใหญ่ที่ขึ้นเต็มที่แล้ว และ 15 วินาทีในฟันเด็กที่เพิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดรูพรุนบนผิวเคลือบฟันลึกประมาณ 10 ไมครอน เพียงพอสำหรับวัสดุยึดที่จะติดอยู่บนผิวเคลือบฟันได้ (Zachrisson, 1985)

Braver และ Termini (1972) กล่าวว่าความสามารถในการยึดติดของแอดฮีซีฟเรซินบนผิวเคลือบฟันขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรดและระยะเวลาในการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟัน แต่การใช้กรดที่มีความเข้มข้นมากจะทำให้สูญเสียผิวเคลือบฟันมากโดยไม่จำเป็น และการใช้กรดที่มีความเข้มข้นน้อยก็จะต้องใช้เวลานานเกินไป

Silverstone (1974) ได้แนะนำว่าระยะเวลา 60 วินาทีเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมในการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟัน เพื่อยึดวัสดุยึดทุกชนิดบนผิวเคลือบฟัน

Hermsen และ Vrijhoef (1993) ได้ศึกษาการสูญเสียผิวเคลือบฟันภายหลังถูกกัดด้วยกรดฟอสฟอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 35 ที่เวลาต่างๆ กัน พบว่าผิวเคลือบฟันถูกทำลายมากขึ้น

เมื่อเวลาในการใช้กรดกัดเพิ่มมากขึ้น และที่เวลา 60 วินาทีผิวเคลือบฟันถูกทำลายลึกลงไป 9.7± 1.0 ไมครอน

Gwinnett (1971) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงและความลึกของผิวเคลือบฟันที่สูญเสียไปจากการใช้กรดชนิดต่างๆ กัดผิวเคลือบฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนแบบส่องกราด พบว่าในช่วงเวลา 2 นาที การใช้กรดซิตริก (citric acid) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 จะทำให้สูญเสียผิวเคลือบฟันที่ความลึกน้อยกว่า 5 ไมครอน ส่วนการใช้กรดฟอสฟอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 และที่ความเข้มข้นร้อยละ 85 เป็นผลให้เกิดการสูญเสียผิวเคลือบฟันลึก 5-25 ไมครอน ส่วน Cueto และ Buonocore (1967) พบว่าเมื่อใช้กรดฟอสฟอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 เป็นเวลา 45 วินาที ทำให้สูญเสียผิวเคลือบฟันลึกประมาณ 5 ไมครอน และเกิดการละลายของแคลเซียมต่อไปอีกที่ความลึก 15-25 ไมครอน

Garberoglio และ Cozzani (1979) ศึกษาผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดฟอสฟอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 เป็นเวลา 2 นาที พบว่าบริเวณโดยรอบของแท่งเคลือบฟันจะถูกกรดกัดเป็นบริเวณกว้างกว่าส่วนแกนกลาง และเมื่อติดแบรกเกตพลาสติคบนผิวเคลือบฟันแล้วถอดออก พบว่าผิวเคลือบฟันแตกหักออกมาพร้อมกับแอดฮีซีฟเรซินด้วย

Abdullah และ Rock (1996) ได้ศึกษาผลของการใช้กรดฟอสฟอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 35 กัดผิวเคลือบฟันเป็นเวลา 15, 30 และ 60 วินาที ร่วมกับการติดแบรกเกตโลหะ พบว่าในการถอดแบรกเกตด้วยแรงปอก สำหรับผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดนาน 60 วินาทีต้องใช้แรงในการถอดแบรกเกตมากกว่าเมื่อใช้เวลา 30 และ 15 วินาทีตามลำดับ และมีการสูญเสียผิวเคลือบฟันร่วมด้วยซึ่งไม่พบในกลุ่มอื่น

Kinch และคณะ (1989) ได้ศึกษาปริมาณของแอดฮีซีฟเรซินที่เหลือบนผิวเคลือบฟันภายหลังการถอดแบรกเกตโลหะที่มีฐานแบบต่างๆ กันด้วยแรงเฉือนและแรงปอก เปรียบเทียบระหว่างการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟันเป็นเวลา 15 และ 60 วินาที พบว่าเมื่อใช้เวลาในการใช้กรดกัดน้อย จะมีปริมาณของแอดฮีซีฟเรซินเหลือบนผิวเคลือบฟันน้อย หรือมีค่า ARI ต่ำกว่าเมื่อให้เวลาในการใช้กรดกัดมากกว่า

Carstensen (1993) ศึกษาปริมาณของแอดฮีซีฟเรซินที่เหลืออยู่บนผิวเคลือบฟันภายหลังการถอดแบรกเกตตามค่า ARI เปรียบเทียบระหว่างการกัดด้วยกรดฟอสฟอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 37 และ 2 พบว่าการใช้กรดที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 จะให้ค่า ARI ต่ำหรือมีแอดฮีซีฟเรซินเหลืออยู่บนผิวเคลือบฟันน้อยกว่าการใช้กรดที่ความเข้มข้นร้อยละ 37 อย่างมีนัยสำคัญ สรุปว่าการใช้กรดที่มีความเข้มข้นต่ำจะทำให้ค่า ARI ต่ำด้วย

แอดฮีซีฟเรซิน

แอดฮีซีฟเรซินที่ใช้ในทางทันตกรรมจัดฟันแบ่งเป็น 2 ชนิด (Newman, 1965; Reynolds, 1975) คือ

1. เรซินชนิดบ่มตัวได้เอง (self curing acrylic resin) ประกอบด้วยเมธิลเมตาคริเลตโมโนเมอร์ (Methyl-metacrylate monomer) หรือ อะคริลิกเรซิน (acrylic resin) ในอดีตเรซินชนิดนี้นำมาใช้ในการอุดฟัน ต่อมานำมาใช้ในงานทันตกรรมจัดฟันเพื่อยึดเครื่องมือชนิดติดแน่นเข้ากับผิวเคลือบฟัน อะคริลิกเรซินมี เทอเทียรีเอมีน (tertiary amine) เป็นตัวเริ่มต้นปฏิกิริยา (initiator) และมีตัวกระตุ้น (catalyst) คือ เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyle peroxide) อะคริลิกเรซินอยู่ในรูปแบบของผงและน้ำซึ่งมีความเหลวเพียงพอจึงไม่จำเป็นต้องทาซีลแลนท์ (sealant) ก่อนติดแบรกเกต และใช้ได้ผลดีในการติดแบรกเกตพลาสติค แต่เนื่องจากเมธิลเมตาคริเลตมีโมโนเมอร์เป็นสารระเหยที่มีกลิ่นแรง (Ratief และ Dreyer, 1967) และเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างตามอุณหภูมิได้มาก (thermoplastic) โดยจะอ่อนตัวลงเมื่อมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีการหดตัวมากจากการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization shrinkage) จึงทำให้มีการดูดน้ำมาก Miura, Nakagawa และ Masuhara (1971) จึงได้ใช้ ไตร-เอ็น-โบเรน-ดีริเวทีฟ-เอมีน-เปอร์ออกไซด์ (tri-n-borane derivative-amine-peroxide) เป็นตัวกระตุ้นแทนเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ ซึ่งพบว่าอะคริลิกเรซิน สามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ได้ในความชื้นและมีความแข็งแรงในการยึดเพิ่มขึ้นโดยใช้ร่วมกับไซเลน (silane) และกรดฟอสฟอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 65 เป็นกรดกัดผิวเคลือบฟัน

2. ไดอะคริเลตเรซิน (diacrylate resin) Bowen (1962) ได้พัฒนาเรซิน เพื่อแก้ปัญหาและความยุ่งยากบางประการของอะคริลิกเรซิน เรียกว่าเรซินของโบเวน (Bowen's resin) หรือบิส-จีเอ็มเอ (Bis-GMA) ซึ่งนิยมใช้ในปัจจุบัน ประกอบด้วย

ก. อินทรียวัฏภาค (organic phase) ได้แก่ โมโนเมอร์ชนิดต่างๆ ที่นิยมใช้คือ บิส-จีเอ็มเอ ซึ่งมีความแตกต่างจากอะคริลิกเรซิน คือเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็น 3 มิติ ในขณะที่อะคริลิกเรซินมีโครงสร้างเป็นเส้นตรง จึงทำให้มีความแข็งแรงสูงกว่า การดูดน้ำและการหดตัวจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์น้อยกว่า

นอกจากนี้จากโครงสร้างของบิส-จีเอ็มเอเองทำให้เรซินมีความหนืด (viscosity) สูง การนำมาใช้ในงานทันตกรรมจัดฟันจำเป็นต้องทำให้มีความหนืดน้อยลง เพื่อให้เรซินสามารถแทรกตัวเข้าไปในรูพรุนในผิวเคลือบฟันซึ่งเกิดจากการใช้กรดกัดได้ง่าย โดยผสมโมโนเมอร์บางชนิดให้ใสขึ้น ที่นิยมคือไกลคอล ไดเมตาคริเลต (Glycol dimetacrylate) แต่ในขณะเดียวกันความหนืดของบิส-จีเอ็มเอ ก็ยังคงจำเป็นในการยึดให้แบรกเกตอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการก่อนการแข็งตัว ดังนั้นจึงมีการแบ่งวัสดุยึดเป็นสองส่วน ส่วนแรกคือ ซีลแลนท์ เป็นส่วนที่มีความหนืดต่ำสามารถแทรกตัวเข้าไปในรูพรุนได้ดี ส่วนที่สองคือ เรซินชนิดบิส-จีเอ็มเอ ที่ผลิตออกมาในลักษณะครีม (paste) สองส่วน แล้วนำมาผสมกัน (เจน รัตนไพศาล, 2522)

ซีลแลนท์ (Gorelick และคณะ, 1979)

ซีลแลนท์เป็นบิส-จีเอ็มเอที่ไม่มีวัสดุอัดแทรก (filler) มีคุณสมบัติทำให้พื้นผิวเปียกสูง ใช้ทาบนผิวเคลือบฟันภายหลังถูกกัดด้วยกรด ก่อนการติดแบรกเกต Gorelick และคณะ (1978) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้ซีลแลนท์ คือ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงในการยึดระหว่างผิวเคลือบฟันและ แอคอีซีฟเรซิน สามารถควบคุมความชื้นได้โดยป้องกันผิวเคลือบฟันไม่ให้สัมผัสกับน้ำลาย เพิ่มความสะดวกในการดีบอนด์ และป้องกันฟันผุ แต่ในบางรายอาจพบการละลายของแคลเซียมของตัวฟันภายหลังการดีบอนด์

de Menezes และ Chevitrese (1994) ได้ศึกษาผลของความหนืดของเรซิน และการทาซีลแลนท์ต่อการเกิดเรซินแทกของวัสดุยึด โดยดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนแบบส่องกราดพบว่า เรซินแทกที่มีขนาดใหญ่และยาวจะเกิดในกลุ่มที่ใช้แอดฮีซีฟเรซินชนิดเหลวร่วมกับการทาซีลแลนท์ เขาสรุปว่าการใช้ซีลแลนท์จะทำช่วยเพิ่มความยาวของเรซินแทกในทุกๆ ความหนืดของแอดฮีซีฟเรซิน

ข. อนินทรีย์วัฏภาค (inorganic phase) ได้แก่เส้นใยแก้ว หรือผลึกเซรามิกแก้ว เช่น เซรามิกออกไซด์ (ceramic oxide) ซิลิกา (silica) คอลลอยดอลซิลิกา (colloidal silica) อลูมิเนียมซิลิเกต (aluminium silicate) ควอทซ์ (quartz) เป็นต้น อนินทรีย์วัฏภาคเป็นวัสดุอัดแทรกที่อัดแน่นอยู่ในสภาพเฉื่อย (innert fillers) ผสมในพอลิเมอร์ประมาณร้อยละ 70-80 เรียกว่า คอมโพสิต (composite) เพื่อช่วยเพิ่มกำลังความแข็งแรง (strength) และความแข็งผิว (surface hardness) รวมทั้งลดสัมประสิทธิ์การขยายตัวของแอดฮีซีฟเรซินให้ใกล้เคียงกับผิวเคลือบฟัน เพื่อลดการรั่วซึมตามขอบ (marginal leakage) ในระยะยาว

Gwinnette และ Buonocore (1965) ได้อธิบายว่า เรซินแทกภายในผิวเคลือบฟันคือส่วนของแอดฮีซีฟเรซินที่ยื่นเข้าไปในแท่งเคลือบฟันมีความยาวประมาณ 10 ไมครอน เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้วัสดุยึดสามารถยึดอยู่บนผิวเคลือบฟันได้ การเปลี่ยนแปลงขนาดของคอมโพสิตมีผลต่อความสามารถในการไหลของแอดฮีซีฟเรซินเข้าไปในรูพรุนของผิวเคลือบฟัน และมีผลต่อการเกิดเรซินแทก ในภาวะของเหลวหรือมีวัสดุอัดแทรกน้อย แอดฮีซีฟเรซินจะไหลเข้าไปในรูพรุนได้ดี (Soetopo, Beech และ Hardwick, 1978; Pre'vost, Fuller, และ Peterson,1984)

Zachrisson (1977) พบว่าการใช้แอดฮีซีฟเรซินที่ไม่มีวัสดุอัดแทรกก่อนการยึดด้วยแอดฮีซีฟเรซินที่มีวัสดุอัดแทรก จะช่วยลดการเกิดจุดด่างขาวบนผิวเคลือบฟันซึ่งเกิดจากการละลายของแร่ธาตุในระหว่างการรักษา โดยเฉพาะบริเวณคอฟัน Oliver และ Howe (1989) ได้อธิบายว่าแอดฮีซีฟเรซินที่ไม่มีวัสดุอัดแทรกจะช่วยป้องกันการรั่วซึมตามขอบของรอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซิน และ Gross , Retief และ Bradley (1984) พบว่าการรั่วซึมตามขอบของรอยต่อดังกล่าวจะเกิดขึ้นที่บริเวณคอฟันมากกว่าบริเวณด้านสบฟันเช่นกัน

Retief และ Denys (1979) ได้ศึกษาผลการใช้แอดฮีซีฟเรซินที่มีวัสดุอัดแทรกน้อยในการติดแบรกเกต พบว่าภายหลังการถอดแบรกเกตมักเกิดการแตกหักที่รอยต่อระหว่างแบรกเกตและแอดฮีซีฟเรซินมากกว่าที่รอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซิน

Gwinnett และ Gorelick (1977) ได้ศึกษาผิวเคลือบฟันภายหลังการถอดแบรกเกตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เปรียบเทียบระหว่างการใช้แอดฮีซีฟเรซินที่ไม่มีวัสดุอัดแทรก (unfilled resin) มีวัสดุอัดแทรกน้อย (lightly filled resin) ซึ่งผสมวัสดุอัดแทรกประมาณร้อยละ 4 และแอดฮีซีฟเรซินที่มีวัสดุอัดแทรกสูงประมาณร้อยละ 70 (heavily filled

resin) พบว่าแบรกเกตที่ยึดด้วยแอดฮีซีฟเรซินที่ไม่มีวัสดุอัดแทรกและมีวัสดุอัดแทรกน้อย มีการแตกหักเกิดขึ้นทั้งที่รอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซิน และที่รอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและแบรกเกต ในกรณีที่มีการแตกหักเกิดที่รอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซินในตำแหน่งที่ผิวเคลือบฟันเผย (exposed) จะพบรอยขีดข่วนจากคมของเครื่องมือ ซึ่งรอยขีดข่วนเหล่านี้สามารถหายไปได้เมื่อขัดด้วยผงขัดฟัน และลักษณะของผิวเคลือบฟันก็จะกลับคืนมาเหมือนผิวเคลือบฟันปกติ ส่วนการถอดแบรกเกตในแอดฮีซีฟเรซินที่มีวัสดุอัดแทรกมาก จะต้องใช้แรงในการถอดแบรกเกตมากกว่าการใช้วัสดุอัดแทรกน้อยและไม่มีวัสดุอัดแทรกเลยตามลำดับ ผิวเคลือบฟันมีรอยขีดข่วนมากกว่าและมีร่องลึกเกิดขึ้นในขนาดต่างๆ กัน ผลที่เกิดขึ้นเหล่านี้ไม่สามารถขัดให้เรียบได้ด้วยผงขัดฟัน และจำเป็นต้องได้รับการบูรณะผิวฟันด้วยวิธีอื่นต่อไป

Brown และ Way (1978) พบว่าการถอดแบรกเกตที่ยึดกับผิวเคลือบฟันด้วยวัสดุยึดที่มีวัสดุอัดแทรก จะทำให้สูญเสียผิวเคลือบฟันมากกว่าการยึดด้วยวัสดุยึดที่ไม่มีวัสดุอัดแทรก นอกจากนี้ Pus และ Way (1980) พบว่าการสูญเสียผิวเคลือบฟันเนื่องจากการใช้วัสดุยึดที่ไม่มีวัสดุอัดแทรก มีค่าประมาณ 21.1-31.8 ไมครอน ในขณะที่การสูญเสียผิวเคลือบฟันเนื่องจากการใช้วัสดุยึดที่มีวัสดุอัดแทรก มีค่ามากกว่าคือประมาณ 29.5-41.2 ไมครอน

Oliver (1988) ได้ศึกษาผลการถอดแบรกเกตที่ยึดกับผิวเคลือบฟันด้วยแอดฮีซีฟเรซินที่มีวัสดุอัดแทรกสูงเปรียบเทียบกับแอดฮีซีฟเรซินที่มีวัสดุอัดแทรกลดลงเหลือร้อยละ 56 พบว่าการลดวัสดุอัดแทรกลงจะทำให้ค่า ARI ต่ำลง

Eversoll และ Moore (1988) ได้ศึกษาการถอดแบรกเกตในฟันวัว (bovine tooth) เปรียบเทียบระหว่างแอดฮีซีฟเรซินที่มีวัสดุอัดแทรก (Unite, Excel และ Concise) และแอดฮีซีฟเรซินที่ไม่มีวัสดุอัดแทรก (Bracketbond และ Genie) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด พบว่าการลดปริมาณของวัสดุอัดแทรกเข้าไปในแอดฮีซีฟเรซิน และการใช้ซีลแลนท์ทาบนผิวเคลือบฟันก่อนการติดแบรกเกต จะทำให้มีแอดฮีซีฟเรซินเหลือบนผิวเคลือบฟันภายหลังจากการดีบอนด์น้อยกว่าการใช้แอดฮีซีฟเรซินที่มีวัสดุอัดแทรกมาก

Buzzitta, Hallgren และ Powers (1982) สรุปว่า แอดฮีซีฟเรซินที่ไม่มีวัสดุอัดแทรกจะให้ค่ากำลังแรงยึดของแบรกเกตพลาสติคและเซรามิกสูงกว่าแบรกเกตโลหะ ส่วนแอดฮีซีฟเรซินที่มีวัสดุอัดแทรกสูงจะให้ค่ากำลังแรงยึดของแบรกเกตโลหะสูงที่สุด

ในปัจจุบันวัสดุยึดที่นำมาใช้ในทางทันตกรรมจัดฟัน นอกจากใช้ในลักษณะของการผสมส่วนเบสและส่วนคะตาลิสต์ (2-paste system) เข้าด้วยกันแล้ว ได้มีการผลิตวัสดุยึดใหม่เพื่อความสะดวกในการใช้งานอีก 2 ระบบ (Zachrisson, 1985) คือ

1. วัสดุยึดชนิดที่ไม่ต้องผสม (no-mix adhesive resin) โดยส่วนมากวัสดุนี้จะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนของเบสที่มีลักษณะเป็นครีม และส่วนของสารเริ่มหรือเร่งปฏิกิริยาที่เรียกว่า ไพรเมอร์ (primer) หรือแอกติเวเตอร์ (activator) ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวหรือครีม วัสดุจะแข็งตัวเมื่อส่วนเบสที่อยู่บนฐานแบรกเกตถูกกดด้วยแรงพอสมควร เป็นผลให้สัมผัสกับส่วนของไพรเมอร์ที่เป็นของเหลวซึ่งทาบนผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรด และที่ฐานแบรกเกตไว้ก่อนแล้วและเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น เช่น Unique, Right-on, System 1^{+}, Unite เป็นต้น หรือสัมผัสกับส่วนครีมอีกส่วนหนึ่งซึ่งเตรียมไว้บนผิวเคลือบฟันแล้วเช่นเดียวกัน เช่น Secure-on-touch เป็นต้น เมื่อจัดตำแหน่งของแบรกเกตถูกต้องแล้ว จึงออกแรงกดมากขึ้นเพื่อให้เครื่องมืออยู่กับที่ และรอให้วัสดุแข็งตัว โดยปกติวัสดุยึดจะใช้เวลาแข็งตัวประมาณ 30-60 วินาที

2. วัสดุยึดที่บ่มตัวด้วยแสงที่มองเห็นได้ (visible light polymerized adhesive resin) วัสดุประเภทนี้แข็งตัวได้ด้วยแสงที่ส่องผ่านโครงสร้างของฟัน เช่น Fotofil, Durafil เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดพอลิเมอร์ของไดอะคริเลตเรซิน สามารถเกิดขึ้นได้ใน 3 ลักษณะ คือ

2.1 โดยปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในการใช้วัสดุประเภทนี้ มีระยะเวลาในการทำงานจำกัด และสามารถติดแบรกเกตได้จำนวนน้อยต่อการผสมหนึ่งครั้ง

2.2 โดยพลังงานที่ได้จากแสงเหนือม่วง (ultraviolet light) ที่มีความยาวคลื่น 364-367 นาโนเมตร วัสดุประเภทนี้เคยได้รับความนิยมอยู่ระยะหนึ่ง เนื่องจากทันตแพทย์ผู้รักษาสามารถควบคุมเวลาในการก่อตัวของวัสดุได้ อย่างไรก็ตามวิธีนี้สิ้นเปลืองเวลาในการทำงานมาก เพราะต้องฉายแสงเหนือม่วงนานถึง 90 วินาทีต่อการติดแบรกเกตหนึ่งซี่ นอกจากนี้แสงเหนือม่วงที่ใช้ไม่สามารถที่จะส่องผ่านตัวฟันไปได้ จึงจำเป็นต้องใช้แบรกเกตที่มีความโปร่งใส เช่นแบรกเกตพลาสติค หรือแบรกเกตโลหะที่มีฐานแบรกเกตเป็นรูพรุน อีกทั้งในระยะหลังมีรายงานเกี่ยวกับอันตรายที่อาจจะเกิดจากการได้รับแสงเหนือม่วงเป็นเวลานาน วัสดุประเภทนี้จึงเสื่อมความนิยมลง

2.3 โดยการใช้แสงที่มองเห็นได้ ซึ่งมีความยาวคลื่น 440-480 นาโนเมตร ในการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยา วิธีนี้มีข้อดีในด้านความปลอดภัยเนื่องจากช่วงของความยาวคลื่นที่ใช้ไม่มีการเปล่งรังสีเหนือม่วงออกมา นอกจากนี้วัสดุส่วนที่เกินยังสามารถกำจัดออกได้ง่าย และใช้เวลาในการฉายแสงต่อชิ้นน้อยกว่า วัสดุยึดสามารถแข็งตัวภายใต้ฐานแบรกเกตโลหะได้ เนื่องจากโครงสร้างของฟันสามารถส่งผ่านแสงนี้ได้ และวัสดุที่ใช้ก็ไม่ต้องเสียเวลาในการผสม ทั้งยังมีความหนืดเพียงพอที่จะยึดแบรกเกตให้อยู่กับที่ได้ก่อนการก่อตัว แต่มีข้อเสียคือมีราคาค่อนข้างแพง

O' Brien, Watts และ Read (1988) พบว่าการใช้แอดฮีซีฟเรซินชนิดที่แข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี (Concise®) ภายหลังการถอดแบรกเกตแล้วจะมีแอดฮีซีฟเรซินเหลือค้างอยู่บนผิวเคลือบฟันมากกว่าการใช้แอดฮีซีฟเรซินชนิดที่แข็งตัวโดยการใช้แสงที่มองเห็นได้ เขาอธิบายผลที่เกิดขึ้นนี้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่อตำแหน่งการแตกหักภายหลังการถอดแบรกเกตคือ การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์อย่างสมบูรณ์ วัสดุยึดที่แข็งตัวโดยการใช้แสงที่มองเห็นได้จะมีเวลาในการให้แอดฮีซีฟเรซินไหลเข้าไปในบริเวณยึดเกาะของฐานแบรกเกตได้มากกว่า และการเกิดพอลิเมอร์เป็นไปได้สมบูรณ์กว่า แต่วัสดุยึดที่แข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี มีเวลาเป็นตัวจำกัดการเกิดพอลิเมอร์ ซึ่งจะเกิดตั้งแต่เริ่มผสม และความหนืดของวัสดุก็เพิ่มมากขึ้นไปตามเวลาที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลทำให้ความสามารถในการแทรกตัวเข้าไปในบริเวณยึดเกาะของฐานแบรกเกตลดลง และมีอากาศเหลือสะสมอยู่ในบริเวณนั้นมาก จึงทำให้เกิดความเครียดที่รอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและฐานแบรกเกตมาก เป็นผลให้เกิดการแตกหักภายหลังการถอดแบรกเกตที่ตำแหน่งนี้ได้ง่าย หรือมีแอดฮีซีฟเรซินเหลือค้างอยู่บนผิวเคลือบฟันมากกว่า

แบรกเกต

แบรกเกตเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของเครื่องมือทันตกรรมจัดฟันชนิดติดแน่น โดยเป็นส่วนที่ส่งผ่านแรงที่เกิดขึ้นในการจัดฟันไปยังตัวฟัน

ในปัจจุบันแบรกเกตที่ใช้มี 3 กลุ่ม คือ

1. แบรกเกตพลาสติค

Newman (1969) ได้ใช้แบรกเกตพลาสติคในวิธีไดเรกบอนด์ โดยเลือกใช้โพลีคาร์บอเนตที่ไม่มีวัสดุอัดแทรก (unfilled polycarbonate) เป็นวัสดุในการผลิต วัสดุยึดที่ใช้ยึด

แบรกเกตพลาสติคเข้ากับผิวเคลือบฟันได้ดีคือ อะคริลิกเรซิน (Fields, 1982) หรือใช้บิสจีเอ็มเอ ร่วมกับไพรเมอร์

แบรกเกตพลาสติคมีความสวยงาม และมีความแข็งแรงในการยึดกับผิวเคลือบฟันสูงกว่าแบรกเกตโลหะ (Zachrisson, 1985) แต่ตัวแบรกเกตเองเปราะและแตกหักง่าย ไม่ทนทานต่อแรงบดเคี้ยวเท่ากับแบรกเกตโลหะ รวมทั้งมีการสึกกร่อนของร่องแบรกเกต (bracket slot) ทำให้สูญเสียการควบคุมแนวแกนฟัน มีการเปลี่ยนสี และต้องใช้วัสดุยึดเฉพาะ (Newman, 1969; Reynolds, 1975; Reynolds และ Von Fraunhofer, 1976)

2. แบรกเกตเซรามิก (ceramic bracket)

เนื่องจากแบรกเกตพลาสติคมีความแข็งแรงน้อยและเปลี่ยนสีได้เมื่ออยู่ในช่องปากเป็นเวลานาน ทำให้ไม่ได้รับความนิยมในการนำไปใช้ในทางคลินิก แม้จะมีความสวยงามมากกว่าแบรกเกตโลหะ (Gorelick และคณะ, 1979) และมีการพัฒนาโดยการเสริมโลหะในร่องแบรกเกตเพื่อให้มีความแข็งแรงมากขึ้นก็ตาม

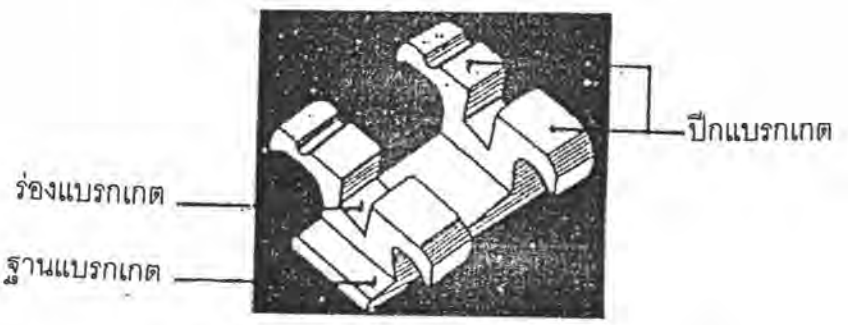
จึงมีการประดิษฐ์แบรกเกตเซรามิกซึ่งรวมเอาข้อดีของแบรกเกตพลาสติคในด้านความสวยงาม และความแข็งแรงของแบรกเกตโลหะเข้าด้วยกัน เนื่องจากเซรามิกเป็นวัสดุที่มีความแข็งสูง ทนต่อความร้อนและการเสื่อมสภาพทางเคมีได้ดี แต่มีข้อด้อยกว่าโลหะคือ มีความเปราะสูงกว่ามาก หากมีรอยขีดข่วนหรือตำหนิบนชิ้นเซรามิกแล้วจะมีโอกาสแตกออกจากกันได้ง่าย (Zachrisson, 1985)

3. แบรกเกตโลหะหรือแบรกเกตสแตนเลส (stainless steel bracket)

แบรกเกตโลหะเป็นที่นิยมใช้มากที่สุด โดยเฉพาะในฟันเด็ก เนื่องจากสามารถทำให้มีขนาดเล็กได้โดยที่ยังมีกำลังความแข็งแรงสูง แบรกเกตโลหะยึดกับแอดฮีซีฟเรซินด้วยแรงยึดแบบเชิงกล (Zachrisson, 1994)

ส่วนประกอบของแบรกเกตโลหะ ดังรูปที่ 16

I19336301



รูปที่ 16 แสดงส่วนประกอบของแบรกเกต (สมรตรี, 2525)

1. ปีกแบรกเกต (bracket wing) เป็นตำแหน่งที่ใช้ในการผูกมัดลวด (ligature wire) หรือคล้องรัดยาง (elastic) เพื่อยึดลวดให้ต่อกับตัวฟันที่ต้องการให้เคลื่อนที่ไปตามร่องใส่ลวด โดยแรงของเครื่องมือที่คล้องติดกับปีกแบรกเกต

2. ร่องใส่ลวด (arch wire slot) เป็นร่องสำหรับวางลวดมีขนาด 0.018 และ 0.022 นิ้ว ขนาดของร่องและลวดควรกระชับพอดีกันเพื่อป้องกันแรงเสียดทานที่อาจเกิดขึ้นระหว่างขอบของร่องและลวด เป็นสาเหตุให้ฟันเคลื่อนที่แบบล้มเอียง (tipping)

3. แผ่นหลังหรือฐานแบรกเกต (bracket base) มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขอบมนด้านบน ด้านล่างทำเป็นตะแกรง (meshgauze) หรือเจาะเป็นหลุมด้วยแสง (photo etch recession) หรือทำเป็นบริเวณเกาะเกี่ยวด้วยเครื่องจักร (machined undercut) เพื่อทำหน้าที่เป็นที่ยึดเกาะเชิงกลกับแอดฮีซีฟเรซินในการติดแบรกเกตกับตัวฟันโดยวิธีไดเรกบอนด์

ในการเลือกแบรกเกตมีข้อควรคำนึง (Gorelick และคณะ, 1978; Zachrisson, 1994) ดังนี้

1. ขนาดของฐานแบรกเกต

ฐานที่รองรับแบรกเกตควรมีขนาดเล็ก เพื่อให้ห่างจากขอบเหงือกมากที่สุด แต่ไม่ควรเล็กกว่าปีกแบรกเกต ขอบด้านคอฟันของฐานแบรกเกตควรมีรูปร่างโค้งไปตามความโค้งของเหงือกเพื่อป้องกันการระคายเคืองซึ่งจะทำให้เหงือกอักเสบ

2. ชนิดของฐานแบรกเกต

1. ฐานแบรกเกตแบบตะแกรง (mesh backed bracket) ดังรูปที่ 17A
2. ฐานแบรกเกตแบบรู (perforated backed bracket) ดังรูปที่ 17B

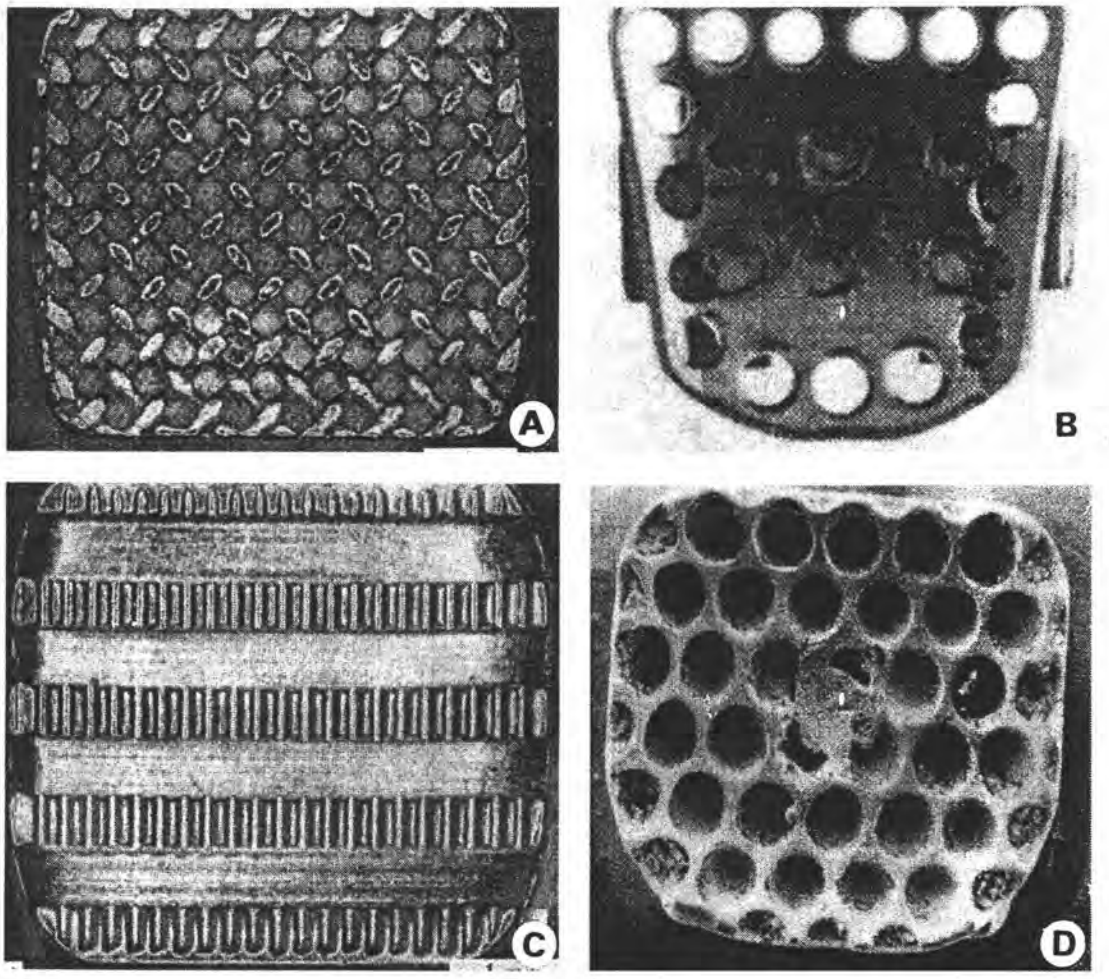
ปัจจุบันมีการผลิตฐานแบรกเกตอีก 2 ชนิด คือ

1. ฐานแบรกเกตแบบร่อง (groove backed bracket) ดังรูปที่ 17C
2. ฐานแบรกเกตแบบหลุมที่เกิดจากการกัดกร่อนด้วยแสง (photo-etched backed bracket) ดังรูปที่ 17D

Zachrisson (1977) กับ Zachrisson และ Brobakken (1978) พบว่าแบรกเกตที่มีฐานแบบตะแกรงมีข้อดีกว่าแบรกเกตที่มีฐานแบบเป็นรูเพราะให้กำลังแรงยึดสูงกว่า เกิดการสะสมของแผ่นคราบจุลินทรีย์น้อยกว่า ผู้ป่วยทำความสะอาดได้ดีกว่า และมีความสวยงามมากกว่า รวมทั้งในการถอดแบรกเกตและบูรณะผิวเคลือบฟันจะทำได้ง่ายกว่ามาก

Maijer และ Smith (1981) พบว่าแอดฮีซีฟเรซินที่เหลืออยู่บนผิวเคลือบฟันภายหลังการถอดแบรกเกตด้วยแรงเฉือน ในแบรกเกตที่มีฐานแบบตะแกรง และแบบหลุมที่เกิดจากการกัดกร่อนด้วยแสง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Reynolds และ Von Fraunhofer (1976)

Oliver (1988) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในการถอดแบรกเกต ด้วยแรงปอกระหว่างแบรกเกตที่ฐานแบบตะแกรง แบบร่อง และแบบหลุมที่เกิดจากการกัดกร่อนด้วยแสง



รูปที่ 17 แสดงฐานแบรกเกตแบบต่างๆ (Regan, Noort และ O' Keeffe, 1990; Regan, LeMasney และ Noort, 1993)

A. ฐานแบรกเกตแบบตะแกรง

B. ฐานแบรกเกตแบบรู

C. ฐานแบรกเกตแบบร่อง

D. ฐานแบรกเกตแบบหลุมที่เกิดจากการกัดกร่อนด้วยแสง

ในการศึกษาของ Meister (1984) พบว่าภายหลังการถอดแบรกเกตด้วยแรงเฉือนในแบรกเกตที่มีฐานแบบตะแกรง และแบบเป็นร่อง เกิดการแตกหักที่รอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซินร้อยละ 30 ที่รอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและฐานแบรกเกตร้อยละ 10 และเกิดขึ้นทั้งสองรอยต่อร่วมกันถึงร้อยละ 60 เขาสรุปว่าไม่มีความแตกต่างของตำแหน่งการแตกหักภายหลังการถอดแบรกเกตอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชนิดของฐานแบรกเกตทั้งสองแบบ

ส่วน O'Brien, Watts และ Read (1988) ศึกษาตำแหน่งการแตกหักภายหลังการถอดแบรกเกตที่มีฐานแบบตะแกรง (Mini Mono®) และแบบร่อง (Dynalok®) พบว่าฐานแบรกเกตแบบตะแกรงมีการแตกหักเกิดขึ้นทั้งบริเวณรอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซิน และที่รอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและฐานแบรกเกต โดยพบว่ามีแอดฮีซีฟเรซินเหลือค้างอยู่บนผิวเคลือบฟันมากกว่าฐานแบรกเกตแบบร่องอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเขาได้อธิบายว่าฐานแบรกเกตแบบตะแกรงมีการแตกหักเกิดที่รอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและฐานแบรกเกตมากกว่า อาจมีสาเหตุเนื่องจากในจุดที่ลวดมาสัมผัสกันเป็นตาราง เป็นส่วนที่ยื่นออกมาจากบริเวณเกาะเกี่ยวของฐานแบรกเกต ทำให้แอดฮีซีฟเรซินมีความหนาไม่สม่ำเสมอ และในแต่ละตารางจะมีอากาศสะสมอยู่ระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและฐานแบรกเกตมากเนื่องจากในขณะที่กดแอดฮีซีฟเรซิน ให้แนบกับผิวเคลือบฟันอากาศไม่สามารถไหลออกไปเพื่อให้เป็นที่อยู่ของแอดฮีซีฟเรซินได้เพราะมีส่วนของลวดที่เป็นตารางขวางอยู่ เป็นผลให้เกิดความเครียดที่ตำแหน่งนี้มาก ในขณะที่แบรกเกตซึ่งมีฐานแบบร่องจะมีความหนาของแอดฮีซีฟเรซินเท่าๆ กัน และการมีร่องโดยตลอดจะทำให้อากาศซึ่งถูกแทนที่ด้วยแอดฮีซีฟเรซินในขณะที่กดแบรกเกตให้แนบกับผิวฟันสามารถไหลออกมาทางร่องนี้พร้อมกับแอดฮีซีฟเรซินส่วนเกินได้ง่าย ทำให้อากาศสะสมอยู่ที่รอยต่อระหว่างฐานแบรกเกตและแอดฮีซีฟเรซินน้อย เป็นผลให้เกิดความเครียดที่ตำแหน่งนี้น้อย แอดฮีซีฟเรซินจึงสามารถยึดอยู่กับฐานแบรกเกตได้ดี ภายหลังการถอดแบรกเกตจึงเกิดการแตกหักที่รอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและผิวเคลือบฟัน มากกว่าที่จะเกิดในตำแหน่งรอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและฐานแบรกเกต หรือมีแอดฮีซีฟเรซินเหลือค้างอยู่บนผิวเคลือบฟันน้อยกว่า

นอกจากนี้การศึกษาข้อมูลที่เป็นผลร่วมกันระหว่างชนิดของแอดฮีซีฟเรซิน และชนิดของฐานแบรกเกต ของ O'Brien, Watts และ Read (1988) ยังพบว่าแอดฮีซีฟเรซินชนิดที่แข็งตัวด้วยแสงที่มองเห็นได้ควรใช้ร่วมกับแบรกเกตที่มีฐานแบบตะแกรง เพราะภายหลังการถอดแบรกเกตแล้ว แอดฮีซีฟเรซินเหลือค้างอยู่บนผิวเคลือบฟันน้อยกว่าเมื่อใช้ร่วมกับแอดฮีซีฟเรซินที่แข็งตัวด้วยปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเป็นผลเนื่องจากกำลังแรงยึดระหว่างตำแหน่งของฐานแบรกเกตและแอดฮีซีฟเรซินมากกว่า เพราะแอดฮีซีฟเรซินมีเวลาเพียงพอในการไหลเข้าไปในบริเวณเกาะเกี่ยวที่มีขนาดเล็กได้ดีกว่าและการเกิดพอลิเมอร์เป็นไปได้สมบูรณ์กว่า

ส่วนการใช้แอดฮีซีฟเรซินชนิดที่แข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี ควรใช้ร่วมกับแบรกเกตที่มีฐานแบบร่อง เพราะพบว่าภายหลังการถอดแบรกเกต แอดฮีซีฟเรซินเหลือค้างอยู่บนผิวเคลือบฟันน้อยกว่าการใช้ร่วมกับแบรกเกตที่มีฐานแบบตะแกรง เนื่องจากแอดฮีซีฟเรซินที่แข็งตัวด้วย

ปฏิกิริยาเคมีมีเวลาเป็นตัวจำกัดการการไหลของวัสดุ โดยความหนืดของแอดฮีซีฟเรซินจะมากขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้นภายหลังการผสม การใช้แอดฮีซีฟเรซินชนิดนี้ร่วมกับแบรกเกตที่มีฐานแบบร่องจะทำให้วัสดุสามารถไหลเข้าไปในบริเวณเกาะเกี่ยวและวัสดุส่วนเกินก็สามารถไหลออกมาทางร่องได้ง่ายกว่าในแบรกเกตที่มีฐานแบบตะแกรง จึงเกิดความเครียดระหว่างรอยต่อของแอดฮีซีฟเรซินและฐานแบรกเกตน้อยกว่า เป็นผลให้เกิดการแตกหักที่รอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซินมากกว่า

Retief และ Denys (1979) ได้ศึกษาการใช้แบรกเกตที่มีฐานแบบตะแกรงร่วมกับแอดฮีซีฟเรซินชนิดที่มีวัสดุอัดแทรกน้อย พบว่าภายหลังการถอดแบรกเกต จะเกิดการแตกหักที่รอยต่อระหว่างแบรกเกตและแอดฮีซีฟเรซินมากว่าเกิดที่รอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซิน เขาสรุปว่าควรใช้แบรกเกตที่มีฐานแบบตะแกรงร่วมกับแอดฮีซีฟเรซินชนิดที่มีวัสดุอัดแทรกน้อย เพื่อลดการแตกหักของผิวเคลือบฟันออกมากับแอดฮีซีฟเรซิน และแอดฮีซีฟเรซินที่เหลืออยู่บนผิวเคลือบฟันสามารถกำจัดออกได้โดยง่ายและสูญเสียผิวเคลือบฟันน้อยกว่าการใช้แอดฮีซีฟเรซินชนิดที่มีวัสดุอัดแทรกมาก

Kinami และคณะ (1988b) กล่าวว่า ความโค้งของฐานแบรกเกตมีผลต่อปริมาณของแอดฮีซีฟเรซินที่เหลืออยู่บนผิวเคลือบฟันภายหลังการถอดแบรกเกต โดยพบว่าหากความโค้งของฐานแบรกเกตเพิ่มมากขึ้น จะทำให้บริเวณยึดติด (adhesion area) ระหว่างฐานแบรกเกตและแอดฮีซีฟเรซินเพิ่มขึ้นด้วย เป็นผลให้เกิดการแตกหักที่รอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและผิวเคลือบฟันมากกว่าเกิดที่รอยต่อระหว่างฐานแบรกเกตและแอดฮีซีฟเรซิน

วิธีการติดแบรกเกต

การติดแบรกเกตบนผิวเคลือบฟันมี 2 วิธี คือ

1. วิธีไดเรกบอนด์
2. วิธีอินไดเรกบอนด์ (indirect bonding technic)

1. วิธีไดเรกบอนด์ (รูปที่ 18)

Buonocore (1955) ได้ทดลองใช้กรดกัดผิวเคลือบฟัน ทำให้พบว่าเรซินที่ทาลงบนผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดนั้น สามารถยึดอยู่บนผิวเคลือบฟันได้ดีกว่าผิวเคลือบฟันที่ไม่ได้ถูกกัดด้วยกรด หลังจากนั้น Newman (1964) ได้นำเอาเทคนิคการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟันนี้ มาใช้ในทางทันตกรรมจัดฟัน โดยนำมาใช้ร่วมกับการติดแบรกเกตเข้ากับฟันโดยตรงเรียกว่า วิธีไดเรกบอนด์ ซึ่งมีขั้นตอนในการทำดังนี้ (Zachrisson, 1994)

1. การทำความสะอาดฟัน (cleaning)
2. การเตรียมผิวเคลือบฟัน (enamel conditioning)
3. การทาซีลแลนท์ (sealing)
4. การติดแบรกเกต (bonding)

1. การทำความสะอาดฟัน

การทำความสะอาดฟันคือการขัดฟันด้วยผงขัดชนิดละเอียดผสมน้ำให้มีลักษณะเป็นครีม ร่วมกับหัวขัดยางรูปถ้วยหรือหัวขัดแบบแปรง เพื่อกำจัดคราบจุลินทรีย์ที่คลุมอยู่บนผิวฟัน ซึ่งจะเป็นตัวขัดขวางต่อการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟัน Betteridge (1979) กล่าวว่าการทำความสะอาดฟันควรใช้ผงขัดฟันที่ไม่มีฟลูออไรด์ เพราะฟลูออไรด์จะทำให้ผิวเคลือบฟันทนทานต่อการกัดด้วยกรดมากขึ้น จากการศึกษาของ Newman (1969) กับ Miura, Nakagawa และ Ishizaki (1973) แสดงให้เห็นว่าการไม่ทำความสะอาดฟันก่อนการติดแบรกเกต จะทำให้การยึดติดของแบรกเกตบนตัวฟันไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่อยู่บนผิวเคลือบฟันจะทำให้กำลังแรงยึดของแอดฮีซีฟเรซินต่ำลงมาก

ในการขัดควรกันริมฝีปากและกระพุ้งแก้มเพื่อให้ผู้ป่วยรู้สึกสบายและทำให้เห็นบริเวณทำงานชัดเจนมากยิ่งขึ้น ภายหลังการขัดอาจให้ผู้ป่วยบ้วนน้ำเร็วๆ ได้หรือใช้เครื่องดูดน้ำลายกำลังสูงดูดน้ำที่ล้างผงขัดออก

2. การเตรียมผิวเคลือบฟัน ประกอบด้วย

2.1. การควบคุมความชื้น (moisture control)

การควบคุมความชื้นและน้ำลายเป็นขั้นตอนที่สำคัญในวิธีไดเรกบอนด์ โดยต้องกั้นบริเวณฟันที่ต้องการติดแบรกเกตให้แห้ง จากการศึกษาของ Newman และ Sharpe (1966) แสดงให้เห็นว่าการมีความชื้นสูง จะทำให้ผิวเคลือบฟันมีพลังงานพื้นผิวต่ำลง เป็นผลให้ความสามารถของซีลแลนท์ในการทำให้พื้นผิวเคลือบฟันเปียกลดน้อยลง และกำลังแรงยึดต่ำลงด้วย นอกจากนี้ผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดแล้ว เมื่อสัมผัสกับน้ำลายอีกจะทำให้ไกลโคโปรตีน (glycoprotein) จากน้ำลายไปอุดรูพรุนของผิวเคลือบฟันที่เกิดขึ้น ทำให้แอดฮีซีฟเรซินไม่สามารถแทรกตัวเข้าไป รูพรุนเหล่านั้นได้ การควบคุมความชื้นกระทำดังนี้

1. ใช้เครื่องมือสำหรับถ่างริมฝีปากและ / หรือกันแก้ม (lip expander and / or cheek retractor) กันริมฝีปากและแก้มไม่ให้สัมผัสกับฟัน และทำให้มองเห็นบริเวณที่ทำงานชัดเจนยิ่งขึ้น

2. ใช้เครื่องดูดน้ำลาย (saliva ejectors) ร่วมกับการใช้ก้อนสำลีวางที่เหนือรูเปิดของต่อมน้ำลายหน้าหู (parotid gland)

3. อาจใช้เครื่องมือกันลิ้น (tongue guard) ร่วมกับแท่นกัด (bite blocks)

4. ใช้ยาลดน้ำลาย (antisialogogues drug) เช่น Pro-banthine tablet 15 มิลลิกรัม 1-2 เม็ด ก่อนอาหาร 30 นาที หรือละลาย Pro-banthine 30 มิลลิกรัม ในน้ำ 1 มิลลิลิตร ฉีดในตำแหน่งพื้นช่องปาก (floor of mouth) มักใช้ยาในกรณีที่ผู้ป่วยมีน้ำลายมากและไม่สามารถควบคุมได้โดยวิธีอื่น และต้องการติดแบรกเกตในฟันหลังเช่น ฟันกรามน้อย การใช้ยาจะทำให้น้ำลายแห้งภายใน 5-10 นาที นาน 2 ชั่วโมง ห้ามใช้ยาลดน้ำลายในกรณีของผู้ป่วยที่มีโรคหัวใจอย่างรุนแรง โรคทางเดินปัสสาวะ ต้อหิน และเคยมีประวัติแพ้ยา

2.2. การใช้กรดกัดผิวเคลือบฟัน

การใช้กรดกัดผิวเคลือบฟัน คือการใช้กรดทาบนผิวฟันที่ขัดเรียบร้อยแล้ว กรดจะทำปฏิกิริยากับผิวเคลือบฟัน เกิดรูพรุนลึกลงไปในชั้นของผิวเคลือบฟันประมาณ 5-10 ไมครอน เป็นการเพิ่มกำลังแรงยึดแบบเชิงกลของวัสดุที่ยึดแบรกเกตกับผิวฟัน

วัสดุที่ใช้ประกอบด้วย

ก. กรดฟอสฟอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 37-50

ข. ฟองน้ำสังเคราะห์ หรือแปรง หรือสำลีตัดเป็นก้อนเล็ก ๆ

Gorelick และคณะ (1978) กล่าวถึงวิธีในการใช้กรดกัด ดังนี้

ก. ภายหลังการขัดฟันแล้ว เป่าผิวเคลือบฟันให้แห้งแล้วใช้ฟองน้ำหรือสำลีชุบกรดฟอสฟอริกทาเบาๆ บนผิวเคลือบฟันบริเวณที่ต้องการติดแบรกเกตนาน 1 นาที ไม่ควรถูไปมาเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดอันตรายต่อแท่งเคลือบฟัน ช่วงเวลานี้ผิวเคลือบฟันจะต้องเปียกด้วยกรดอยู่ตลอดเวลาซึ่งอาจทาซ้ำได้อีกครั้ง ทั้งนี้เพื่อให้กรดมีความเข้มข้นเท่ากันโดยตลอด ในเด็กหรือผู้ใหญ่ที่ได้รับฟลูออไรด์โดยวิธีต่าง ๆ เช่น การกิน การทา ควรทากรดนาน 2 นาที

ข. ใช้น้ำฉีดล้างกรดบนผิวเคลือบฟันออกให้หมดนาน 30 วินาที เป่าให้แห้ง ห้ามไม่ให้ผู้ป่วยบ้วนน้ำ เพราะหากผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดแล้วสัมผัสกับน้ำลาย จะทำให้ไกลโคโปรตีนในน้ำลายไปอุดรูพรุนของผิวเคลือบฟัน เป็นผลให้แอดฮีซีฟเรซินไม่สามารถแทรกตัวเข้าไปในรูพรุนเหล่านั้นได้ ในขณะเดียวกันทันตแพทย์เองก็ต้องระวังมือไม่ให้ไปสัมผัสกับผิวเคลือบฟันด้วยเช่นเดียวกัน หากเกิดข้อผิดพลาดดังกล่าวขึ้น ให้ใช้กรดกัดผิวเคลือบฟันใหม่นาน 30 วินาที

ค. เป่าผิวให้แห้ง จะเห็นลักษณะผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดเป็นฝ้าขาวขุ่น (dull frosty white appearance) หากไม่พบว่ามีฝ้าขาวขุ่น ควรใช้กรดทาซ้ำอีกครั้งนาน 30 วินาที

3. การทาซีลแลนท์

หลังจากเตรียมผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดแห้งสนิทเรียบร้อยแล้วจึงทาซีลแลนท์ซึ่งเป็นไดอะคริเลตเรซินที่มีคุณสมบัติทำให้พื้นผิวเปียกสูง ด้วยฟองน้ำสังเคราะห์ตัดเป็นก้อนเล็กๆ หรือแปรง ไม่ควรใช้สำลีเพราะจะมีเส้นใยของสำลีตกค้างอยู่บนผิวฟัน เป็นผลให้กำลังแรงยึดของแอดฮีซีฟเรซินลดลง ควรทาเบาๆ บนผิวเคลือบฟันบริเวณที่ต้องการติดแบรกเกต เพื่อให้ชั้นของซีลแลนท์บางและเรียบ หากทาหนาเกินไปจะทำให้แบรกเกตขยับได้ง่ายในขณะที่กดแบรกเกตให้แนบกับผิวเคลือบฟันขณะที่รอให้แอดฮีซีฟเรซินแข็งตัว หลังจากนั้นใช้ลมเป่าซีลแลนท์ให้กระจายออกเป็นแผ่นบางๆ กำจัดส่วนที่เกินไปยังขอบเหงือกด้วยเอ็กซ์พลอเรอร์ (explorer) หรือซีเมนต์สเกเลอร์ (cement scaler) เพราะหากทิ้งไว้จนซีลแลนท์แข็งตัวเป็นสัน

(ledge) บริเวณขอบเหงือกจะทำให้เหงือกอักเสบ และเป็นที่กักเศษอาหารทำให้เกิดการละลายของแคลเซียมของผิวเคลือบฟัน

ซีลแลนท์จะอยู่บนตัวฟันนานเท่าใดขึ้นอยู่กับปริมาณซีลแลนท์ที่มีการเกิดพอลิเมอร์อย่างสมบูรณ์ หากเกิดปฏิกิริยาได้มากจะทำให้ติดอยู่ได้นาน Simonsen (1978) ทดลองลดหรือกำจัดออกซิเจน ซึ่งเป็นตัวยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาของซีลแลนท์ พบว่าซีลแลนท์เหล่านั้นจะต้านทานต่อการสึกเพิ่มมากขึ้น

4. การติดแบรกเกต

การติดแบรกเกตเข้ากับตัวฟันต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง และคำนึงถึงระดับของฟันแต่ละซี่ร่วมด้วย

วัสดุที่ใช้

ก. แอดฮีซีฟเรซิน

ข. แบรกเกต

ค. ปากคีบ (forcep, tweezer)

ง. ซีเมนต์ สเกเลอร์

จ. หัวกรอทังสเตนคาร์ไบด์ (tungsten carbide bur)

วิธีทำ

1. ผสมแอดฮีซีฟตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ใส่ลงบนฐานของแบรกเกตให้ทั่วถึง พยายามใช้แอดฮีซีฟให้น้อยที่สุดเพื่อให้แบรกเกตแนบกับผิวฟันมากที่สุด

ควรผสมแอดฮีซีฟเรซินหนึ่งครั้งต่อการติดแบรกเกตแต่ละตัว เนื่องจากเวลาเป็นปัจจัยในการกำหนดการแข็งตัวของแอดฮีซีฟเรซิน และมีผลต่อกำลังแรงยึดบนผิวเคลือบฟัน

2. ใช้ปากคีบจับแบรกเกตวางบนผิวฟันในตำแหน่งที่ถูกต้อง หลังจากนั้นใช้ซีเมนต์สเกเลอร์ยึดที่ร่องของแบรกเกตด้วยด้านที่ขนานกัน โดยให้สัมพันธ์กับขอบด้านตัดและแนวแกนฟัน ควรใช้กระจกกระจกส่องปากร่วมด้วยในการตรวจตำแหน่งที่ถูกต้องของแบรกเกต

3. เมื่อตำแหน่งของแบรกเกตถูกต้องแล้ว เปลี่ยนซีเมนต์สเกลเลอร์เป็นด้านที่มีรูปสามเหลี่ยมและใช้ปลายซีเมนต์สเกลเลอร์ กดแบรกเกตด้วยแรงกดเพียงจุดเดียว รอจนแอดฮีซีฟเรซินแข็งตัว

4. กำจัดแอดฮีซีฟที่เกินออกไปนอกฐานของแบรกเกต โดยเอ็กซ์พลอเรอร์ ซีเมนต์สเกเลอร์ หรือหัวกรอทังสเตนคาร์ไบด์ เพื่อป้องกันไม่ให้แอดฮีซีฟเรซินก่อความระคายเคืองต่อเหงือก และมีผลต่อความสวยงามเนื่องจากแอดฮีซีฟเรซินที่สัมผัสกับน้ำลายจะมีการเปลี่ยนสีได้ในภายหลัง

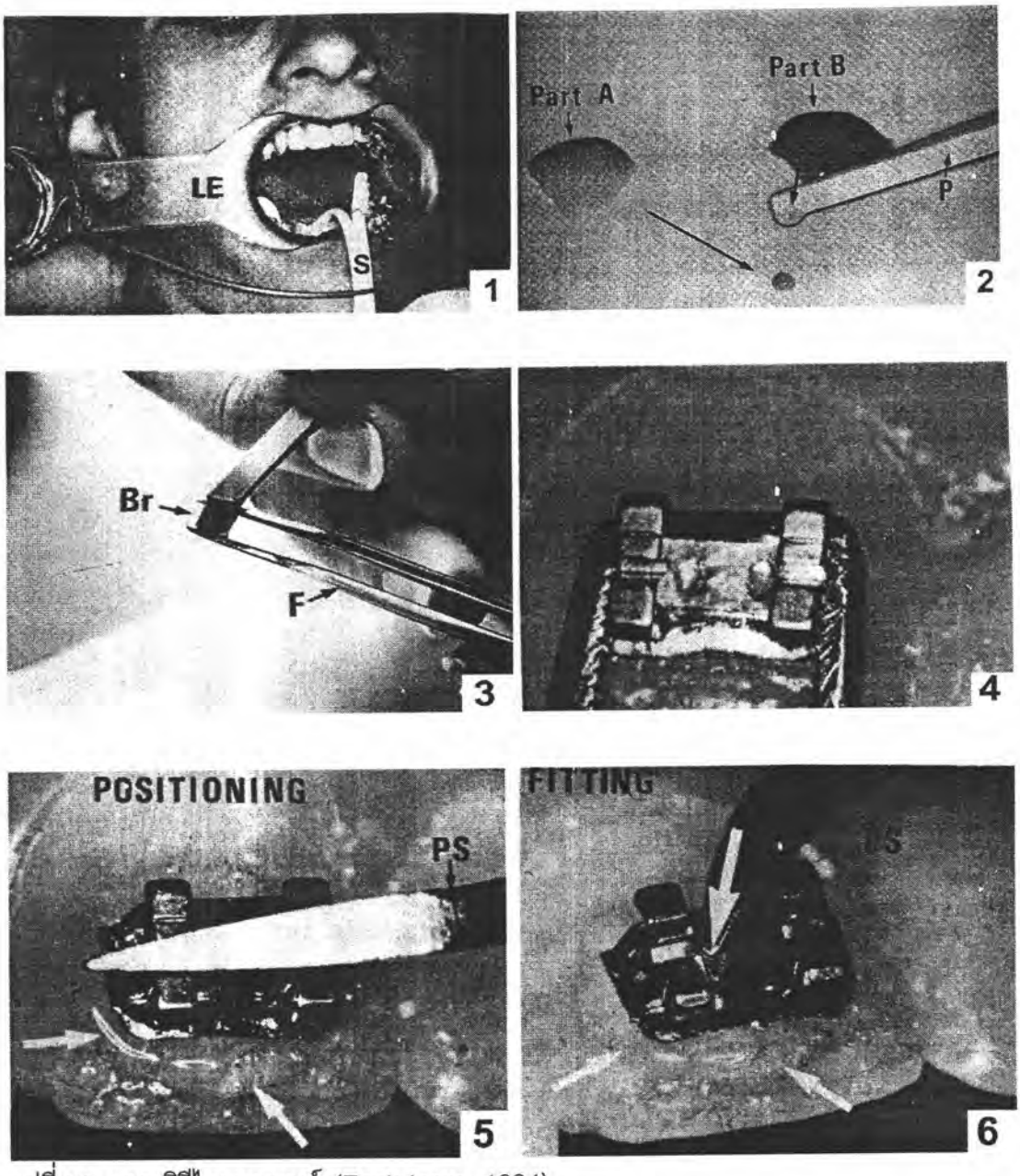
5. ใส่ลวดภายหลังจากที่แอดฮีซีฟเรซินแข็งตัวประมาณ 30 นาที

6. ในกรณีที่แบรกเกตหลุด ให้ขจัดแอดฮีซีฟเรซินที่เหลือบนผิวเคลือบฟันออกให้หมด แล้วขัดด้วยผงขัดฟันและเริ่มต้นกัดผิวเคลือบฟันด้วยกรดใหม่

ข้อดีของวิธีไดเรกบอนด์

Cohl, Green และ Eick (1972) กล่าวถึงข้อดีของวิธีไดเรกบอนด์เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปลอกโลหะรัดฟัน ดังนี้

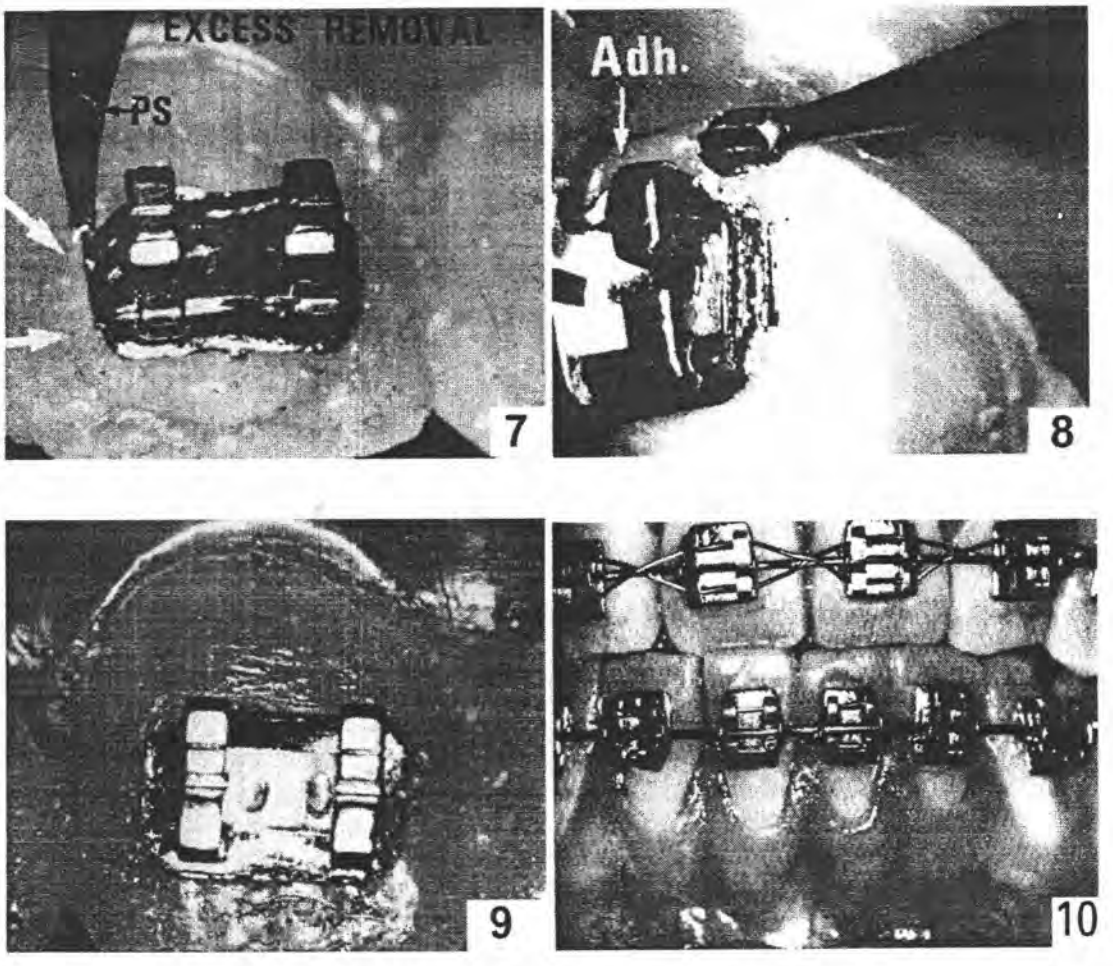
1. อุบัติการเกิดโรคเหงือกอักเสบน้อยกว่าการใช้ปลอกโลหะหุ้มฟัน
2. ส่งเสริมสุขภาพในช่องปากให้ดีขึ้น
3. สามารถติดแบรกเกตได้ในฟันที่ยังขึ้นไม่เต็มที่
4. ลดช่องว่างระหว่างจุดสัมผัสของฟันแต่ละซี่ ซึ่งเกิดจากความหนาของปลอกโลหะรัดฟันภายหลังจากการดีบอนด์
5. การละลายของแคลเซียมจากผิวเคลือบฟันลดน้อยลง เมื่อเทียบกับการใช้ปลอกโลหะรัดฟัน
6. มีความสวยงามมากกว่า



รูปที่ 18 แสดงวิธีไดเรกบอนด์ (Zachrisson, 1994)

1. การควบคุมความชื้นและน้ำลาย LE =เครื่องมือสำหรับถ่างริมฝีปาก S = เครื่องดูดน้ำลาย
2. การผสมแอดฮีซีฟเรซิน P = เครื่องมือผสมแอดฮีซีฟเรซินชนิดพลาสติก
3. การใส่แอดฮีซีฟเรซินลงบนฐานแบรกเกต Br = แบรกเกต F = ปากคีบ
4. การนำแบรกเกตวางบนผิวเคลือบฟัน
5. การใช้ซีเมนต์สเกเลอร์ช่วยในการกำหนดตำแหน่งที่ถูกต้องของแบรกเกต PS = ตำแหน่งของซีเมนต์สเกเลอร์
6. การใช้ซีเมนต์สเกเลอร์ด้วยแรงกดเพียงจุดเดียว

(ต่อ)



รูปที่ 18 แสดงวิธีไดเรกบอนด์ (Zachrisson, 1994) (ต่อ)

7. กำจัดแอดฮีซีฟเรซินส่วนเกินออกไปด้วยซีเมนต์ สเกเลอร์

8. การใช้หัวกรอทังสเตนคาร์ไบด์ในการกำจัดแอดฮีซีฟเรซินส่วนเกิน Adh = แอดฮีซีฟเรซิน

9.,10. ลักษณะของฟันที่ติดแบรกเกตโดยวิธีไดเรกบอนด์และใส่ลวดเรียบร้อยแล้ว

2. วิธีอินไดเรกบอนด์ (Zachrisson, 1994)

เนื่องจากวิธีไดเรกบอนด์เป็นวิธีที่ต้องใช้เวลาในการติดแบรกเกตนานและตำแหน่งของแบรกเกตอาจไม่ถูกต้อง เพราะไม่สามารถมองเห็นบริเวณทำงานได้ชัดเจนโดยเฉพาะในฟันหลัง จึงได้มีผู้คิดค้นวิธีการติดแบรกเกตนอกปากในแบบจำลองฟันซึ่งสามารถมองเห็นตำแหน่งที่ต้องการติดแบรกเกตได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยยึดแบรกเกตบนแบบจำลองฟันด้วยวัสดุยึดที่ละลายน้ำได้ แล้วจึงใช้วัสดุพิมพ์ปากพิมพ์แบบจำลองฟันที่มีแบรกเกตติดอยู่ นำมาติดบนตัวฟัน

ในปากอีกทีหนึ่ง เรียกว่าวิธีอินไดเรกบอนด์ แต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีข้อเสียคือต้องอาศัยความชำนาญของทันตแพทย์ผู้ทำงานมาก การกำจัดแอดฮีซีฟเรซินส่วนเกินทำได้ยากและโอกาสที่แอดฮีซีฟเรซินใต้ฐานแบรกเกตจะไม่เพียงพอมีสูง รวมทั้งอัตราการล้มเหลวของการยึดติดมีมากกว่าวิธีไดเรกบอนด์ วิธีนี้จึงไม่ใคร่เป็นที่นิยม

วิธีการถอดแบรกเกต

การใช้แอดฮีซีฟเรซินเพื่อยึดแบรกเกตบนตัวฟันในการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน มีวัตถุประสงค์ของการยึดวัสดุบนตัวฟันแตกต่างจากงานทันตกรรมสาขาอื่นที่ต้องการให้วัสดุยึด ยึดติดแน่นอยู่บบตัวฟันให้นานที่สุด เพราะเมื่อการจัดฟันสิ้นสุดลงจำเป็นต้องมีการถอดแบรกเกตออก รวมทั้งกำจัดเอาแอดฮีซีฟเรซินที่เหลือติดอยู่บนผิวเคลือบฟันออกไปด้วย จากรายงานที่ผ่านมามักมุ่งเน้นการศึกษาไปที่การบูรณะผิวเคลือบฟันภายหลังการถอดแบรกเกตแล้วให้มีสภาพใกล้เคียงกับผิวเคลือบฟันปกติ แต่ไม่ค่อยคำนึงถึงผลอันตรายที่เกิดกับผิวเคลือบฟันจากการถอดแบรกเกต (Pus และ Way, 1980; Bennett, Shen, และ Waldron, 1984; Oliver, 1988; Kinami และคณะ, 1988)

ในการถอดแบรกเกตโลหะนิยมใช้แรงเชิงกลในลักษณะต่างๆ ได้แก่ แรงเฉือน แรงปอก และแรงดึง โดยภายหลังการถอดแบรกเกตพบว่า ลักษณะการหลุดของแบรกเกตโลหะอาจเกิดได้ที่รอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและแบรกเกต หรือเกิดที่รอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซิน รวมทั้งเกิดการแตกหักภายในเนื้อของแอดฮีซีฟเรซิน

Oliver (1988) พบว่าการถอดแบรกเกตด้วยแรงเฉือนจะเกิดการแตกหักที่รอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซิน เป็นผลให้ค่า ARI ต่ำกว่าการถอดแบรกเกตด้วยแรงปอกและแรงดึงตามลำดับ

Gwinnett และ Gorelick (1977) พบว่าการใช้แรงเฉือนจากคีมตัดลวด โดยวางด้ามคมของคีมที่ตำแหน่งรอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซิน ทำให้ตำแหน่งการแตกหักเกิดขึ้นที่รอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซิน โดยเฉพาะในฟันกรามน้อยและฟันเขี้ยว ส่วนในฟันหน้าพบได้น้อยมาก เพราะการแตกหักส่วนใหญ่เกิดภายในเนื้อวัสดุทำให้มีแอดฮีซีฟเรซินเหลืออยู่บนทั้งผิวเคลือบฟันและที่ฐานแบรกเกต

Retief และ Denys (1979) ได้ศึกษาการถอดแบรกเกตด้วยแรงปอกจากคีมถอดแบรกเกตโดยวางขอบคมของคีมที่ปีกของแบรกเกต บีบด้วยแรงเบาๆ หลังจากนั้นศึกษาแอดฮีซีฟเรซินที่เหลือค้างอยู่บนผิวเคลือบฟันและที่ฐานแบรกเกต ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าตำแหน่งการแตกหักเกิดขึ้นที่รอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและฐานแบรกเกตเป็นจำนวนมากและมีแอดฮีซีฟเรซินบางส่วนฝังอยู่ในตำแหน่งเกาะเกี่ยวใต้ฐานแบรกเกต ส่วนตำแหน่งรอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและผิวเคลือบฟันเกิดขึ้นน้อยมาก เขากล่าวว่าปริมาณของแอดฮีซีฟเรซินที่เหลือค้างอยู่บนผิวเคลือบฟันขึ้นอยู่กับ การเลือกแบรกเกตให้เหมาะสมกับฟันแต่ละซี่ และการใช้แรงกดพอเหมาะที่จะทำให้ฐานแบรกเกตแนบกับความโค้งของผิวเคลือบฟัน รวมไปถึงการใช้ปริมาณแอดฮีซีฟเรซินให้เพียงพอที่จะครอบคลุมฐานแบรกเกตได้หมด และการกำจัดแอดฮีซีฟเรซินที่เกินออกมาหลังจากที่มีการแข็งตัวเริ่มแรก หากความหนาของแอดฮีซีฟเรซินมากเกินไปก็จะเป็นจุดอ่อนที่ทำให้เกิดการแตกหักได้ง่าย

Bennett, Shen และ Waldron (1984) กล่าวว่าหากการแตกหักเกิดขึ้นที่รอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและผิวเคลือบฟัน จะเกิดอันตรายต่อผิวเคลือบฟันโดยมีการแตกหักของเดือยเล็กๆ (tiny spur) ที่เกิดจากการถูกกัดด้วยกรดร่วมออกมากับแอดฮีซีฟเรซินด้วย เขาจึงแนะนำให้ใช้แรงปอก โดยวางขอบคมของคีมที่ปีกแบรกเกต และควรใช้คีมที่ด้านตัดที่อเช่นคีมไวน์การ์ท (weingart pliers) หรือคีมฮาว (how pliers) ใช้แรงบิดเบาๆ ผลคือจะทำให้เกิดการงอของปีกแบรกเกตเข้าหากันและฐานแบรกเกตถูกดึงออกจากผิวเคลือบฟันอย่างนุ่มนวล และเกิดการแตกหักที่รอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและฐานแบรกเกต โดยที่ผิวเคลือบฟันไม่เกิดอันตราย และในการถอดแบรกเกตนี้ควรถอดให้เป็นชิ้นเดียวกันพร้อมกับลวดโค้ง เพื่อป้องกันไม่ให้แบรกเกตซึ่งมีขนาดเล็กหลุดเข้าไปในลำคอผู้ป่วยได้

นอกจากนี้เขายังได้ศึกษาผิวเคลือบฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า การถอดแบรกเกตด้วยแรงปอกจากคีมตัดลวด จะยังคงมีแอดฮีซีฟเรซินเหลือค้างอยู่บนผิวเคลือบฟันทั้งหมด โดยที่ผิวของแอดฮีซีฟเรซินมีลักษณะเหมือนพิมพ์ด้วยฐานแบรกเกต ดังนั้นจึงไม่มีบริเวณผิวเคลือบฟันเผยออกมา ส่วนผิวเคลือบฟันที่ได้รับการถอดแบรกเกตด้วยแรงเฉือนจากคีมตัดลวด พบว่าผิวเคลือบฟันมีแอดฮีซีฟเรซินเหลือค้างอยู่ในตำแหน่งด้านเหงือกใกล้กลาง (mesio-gingival region) และด้านไกลกลาง (distal region) โดยบริเวณผิวเคลือบฟันเผยเป็นบริเวณกว้าง พร้อมทั้งเกิดการแตกหักของผิวเคลือบฟันบริเวณส่วนกลางฟัน (middle region)

ทำให้เห็นว่าผิวขรุขระและปรากฏลักษณะของแท่งเคลือบฟันเห็นได้ชัดเจน เขาสรุปว่าการถอดแบรกเกตด้วยแรงเฉือนจะทำให้เกิดอันตรายต่อผิวเคลือบฟันมาก ส่วนการถอดแบรกเกตด้วยแรงปอกเป็นวิธีที่ปลอดภัยและดีที่สุด

Årtun และ Bergland (1984) ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณแอดฮีซีฟเรซินที่เหลืออยู่บนผิวเคลือบฟันตามค่า ARI จากการถอดแบรกเกตด้วยแรงเฉือนและแรงปอก พบว่าการถอดแบรกเกตด้วยการใช้แรงปอกที่ได้จากการใช้คีมไวน์การ์ทบิบที่ปีกแบรกเกตจะให้ค่า ARI สูงกว่า หรือมีแอดฮีซีฟเรซินเหลือค้างอยู่บนผิวเคลือบฟันมากกว่าการใช้แรงเฉือนที่วางขอบคมของคีมถอดแบรกเกต ระหว่างรอยต่อของผิวเคลือบฟันและฐานแบรกเกต และไม่มีการแตกหักของผิวเคลือบฟันร่วมออกมากับแอดฮีซีฟเรซิน รวมทั้งไม่พบรอยขีดข่วนจากคมของคีมบนผิวเคลือบฟันเช่นที่เกิดขึ้นจากการใช้แรงเฉือน นอกจากนี้การถอดแบรกเกตด้วยแรงปอกยังเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและควบคุมการทำงานได้ดีกว่า เช่นเดียวกันกับ Newman (1978) ที่พบว่าการถอดแบรกเกตด้วยแรงเฉือนจากคีมตัดลวด โดยวางขอบคมของคีมที่ตำแหน่งรอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและฐานแบรกเกตมีการแตกหักของผิวเคลือบฟันร่วมออกมากับแอดฮีซีฟเรซินด้วย

Jones (1980) ได้รายงานการสูญเสียผิวเคลือบฟันจากการดึงแบรกเกตออก ด้วยคีมซ่อมรถยนต์ในผู้ป่วยที่ถอดแบรกเกตด้วยตัวเอง พบการแตกหักของผิวเคลือบฟันเป็นบริเวณกว้างจนมีอาการเสียวฟันในฟันหน้าบนและฟันเขี้ยวบนขวา และเกิดฟันผุในเวลาต่อมา เขาแนะนำว่าในการถอดแบรกเกตไม่ควรใช้แรงดึงหรือแรงบิดที่ปีกแบรกเกต เพราะจะทำให้เกิดแรงกระทำจำนวนมากไปยังรอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซิน จนเกิดอันตรายต่อผิวเคลือบฟันได้ ดังนั้นการถอดแบรกเกตควรใช้แรงในลักษณะเฉือนกด (shearing-compressive force) จากคีมตัดลวดหรือคีมที่ออกแบบมาให้ถอดแบรกเกตโดยเฉพาะ

Retief (1974) ได้รายงานตำแหน่งการแตกหักที่รอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซินจากการถอดแบรกเกตด้วยแรงดึง จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสองกราดพบว่ามีการแตกหักของเดือยผิวเคลือบฟันออกมาพร้อมกับการแตกหักของเรซินแทกที่แทรกเข้าไปในรูพรุนของผิวเคลือบฟันด้วย ซึ่งสามารถยืนยันด้วยการตรวจหาส่วนประกอบของธาตุแคลเซียม โดยจะพบได้ในทุกๆ ชิ้นตัวอย่าง เขาสรุปว่าการแตกหักที่รอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซินเกิดจากการแตกหักของทั้งผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซิน

O'Brien, Watts และ Read (1988) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังแรงยึด (bond strength) และปริมาณแอดฮีซีฟเรซินที่เหลืออยู่บนผิวเคลือบฟันภายหลังการถอดแบรกเกตโดยวัดกำลังแรงยึดด้วยเครื่องทดสอบแรงทั่วไปฮาวเดน (Howden universal machine) และประเมินปริมาณแอดฮีซีฟเรซินที่เหลืออยู่บนผิวเคลือบฟันตามค่า ARI พบว่าการเพิ่มกำลังแรงยึดระหว่างฐานแบรกเกตและแอดฮีซีฟเรซิน จะเป็นผลให้เกิดการแตกหักที่รอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซิน ทำให้ค่า ARI ต่ำ

Kinami และคณะ (1988a) ได้อธิบายการทำลายระบบการยึดติด (adhesion system) ระหว่างผิวเคลือบฟัน แอดฮีซีฟเรซินและแบรกเกต ว่ามีการแตกหักเกิดขึ้นได้ 3 รูปแบบคือ

1. Ductile fracture เป็นการแตกหักที่มีสาเหตุจากการเปลี่ยนรูปของวัสดุและเกิดรอยแตกอย่างช้าๆ โดยเกิดขึ้นภายหลังจากวัสดุมีการเปลี่ยนรูปถาวร (permanent deformation)

2. Brittle fracture เป็นการแตกหักที่ไม่มีการเปลี่ยนรูปถาวรของวัสดุ แต่เกิดจากการมีรอยแตกในวัสดุเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

3. Fatique fracture เป็นการแตกหักของวัสดุที่เกิดจากการได้รับความเครียดซ้ำ ๆ กัน

แอดฮีซีฟเรซินเป็นอินทรีย์พอลิเมอร์ (organic polymer) ซึ่งมีคุณสมบัติยืดหยุ่นและเหนียว การยึดติดของแอดฮีซีฟเรซินยึดอยู่กับส่วนแข็ง (rigid) สองส่วนคือ ผิวเคลือบฟันและฐานแบรกเกต เมื่อมีแรงจากภายนอกมากระทำจะทำให้เกิดความเครียดสะสมภายในเนื้อของวัสดุและเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นเมื่อได้รับแรงจะเกิดการแตกหักแบบที่ 2 และ 3

การเลือกวางตำแหน่งของเครื่องมือที่รอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟัน แอดฮีซีฟเรซินและฐานแบรกเกตมีผลต่อตำแหน่งการแตกหักที่จะเกิดขึ้น โดย Kinami และคณะ (1988a) พบว่าการวางคมของเครื่องมือที่รอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซิน จะทำให้เกิดรอยแตกบริเวณขอบของแอดฮีซีฟเรซิน และเกิดความเครียดสะสมในเนื้อวัสดุบริเวณนั้น ทำให้เกิดการแตกหักที่ตำแหน่งนี้มากกว่าที่จะเกิดการแตกหักที่รอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและฐานแบรกเกต หรือมีแอดฮีซีฟเรซินเหลือค้างอยู่บนผิวเคลือบฟันน้อย

Rossouw และ Terblanche (1995) ได้ศึกษาความเครียดที่เกิดขึ้นขณะถอดแบรกเกตด้วยแรงดึงและแรงเฉือน โดยการวิเคราะห์ด้วยโฟโตอิลาสติก (photoelastic analysis) ในการถอดแบรกเกตที่มีฐานแบบตะแกรง และใช้วัสดุยึดที่มีวัสดุอัดแทรกมาก พบว่าการถอดแบรกเกต

ด้วยแรงดึงจะทำให้เกิดความเครียดในผิวเคลือบฟันบริเวณใต้ขอบและกึ่งกลางของฐานแบรกเกต ส่วนการถอดแบรกเกตด้วยแรงเฉือนจะเกิดความเครียดที่ผิวเคลือบฟันบริเวณกึ่งกลางของฐานแบรกเกตเป็นพื้นที่ขนาดเล็กกว่า

Katona (1997) กล่าวว่าความเครียดที่เกิดขึ้นบนผิวเคลือบฟันเป็นสาเหตุทำให้เกิดการแตกหักของผิวเคลือบฟันออกมากับแอดฮีซีฟเรซิน และการถอดแบรกเกตที่วางขอบคมของคีมที่รอยต่อของผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซินจะทำให้เกิดความเครียดในผิวเคลือบฟันมากกว่าการวางคีมที่รอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและฐานแบรกเกต

ในการศึกษาของ Bennett, Shen และ Waldron (1984) พบว่าการถอดแบรกเกตโดยให้แรงที่รอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและฐานแบรกเกต จะทำให้เกิดความเครียดแก่ผิวเคลือบฟันบริเวณขอบใต้ฐานแบรกเกตและกระจายในพื้นที่กว้างกว่าการให้แรงที่ปีกแบรกเกต ซึ่งทำให้เกิดความเครียดที่ผิวเคลือบฟันเพียงพื้นที่เล็กๆ บริเวณกึ่งกลางใต้ฐานแบรกเกตเท่านั้นเขาสรุปว่าการให้แรงไปยังปีกแบรกเกตจะถ่ายทอดความเครียดจำนวนน้อยไปยังผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซิน ในขณะที่การให้แรงที่รอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและฐานแบรกเกต จะทำให้เกิดความเครียดภายในผิวเคลือบฟัน เกิดการแยกตัวของผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซินโดยมีการแตกหักของผิวเคลือบฟันติดออกมากับแอดฮีซีฟเรซินด้วย จากการวิเคราะห์ด้วยโฟโตอิลาสติกนี้ให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่พบว่ามีผิวเคลือบฟันติดอยู่บนแอดฮีซีฟเรซินที่อยู่บนฐานแบรกเกต เขาจึงแนะนำให้ถอดแบรกเกตโดยการให้แรงไปยังปีกแบรกเกต ซึ่งความเครียดทั้งหมดจะทำให้ปีกแบรกเกตงอตัว และติดอยู่กับคมของคีมไม่หลุดกระเด็นออกมาจนอาจเกิดอันตรายได้

วิธีการขจัดแอดฮีซีฟเรซินและบูรณะผิวเคลือบฟัน

การขจัดแอดฮีซีฟเรซินทำได้หลายวิธี (Brown และ Way, 1978; Burapawong, Marshall, Apfel และ Perry, 1978; Oliver และ Griffiths, 1992) ได้แก่

1. การขูดแอดฮีซีฟเรซินออกด้วยมือ โดยการใช้เครื่องมือขูดหินน้ำลายด้วยมือ (hand scaler) หรือใช้คีมที่ออกแบบมาสำหรับการขจัดแอดฮีซีฟเรซินโดยเฉพาะ (bond removing pliers)

2. การใช้หัวกรอ (rotary instrument) ด้วยความเร็วช้า หรือเร็วขึ้นอยู่กับชนิดและรูปร่างของหัวกรอ

3. การใช้เครื่องอัลทราโซนิกขูดหินน้ำลาย (ultrasonic scaler)

ภายหลังการขจัดแอดฮีซีฟเรซินแล้ว ควรขัดผิวเคลือบฟันให้เรียบด้วยผงขัดฟันชนิดละเอียดร่วมกับฟลูออไรด์ทุกครั้ง