การศึกษาเปรียบเทียบแรงยึดเชิงกลของแบรกเกตเซรามิก 3 ชนิดที่มีลักษณะของฐานแตกต่างกัน

นางสาว อรนุช เฉลิมสกุลรัตน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาทันตกรรมจัดฟัน ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-333-821-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A COMPARATIVE STUDY OF MECHANICAL RETENTION OF 3 CERAMIC BRACKET BASE DESIGNS

Miss Oranuch Chalermskulratn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Orthodontics
Department of Orthodontics
Faculty of Dentistry
Chulalongkorn University
Academic Year 1999

ISBN 974-333-821-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเปรียบเทียบแรงยึดเชิงกลของแบรกเกตเซรามิก 3 ชนิดที่มีลักษณะของฐานแตกต่างกัน
โดย	นางสาว อรนุช เฉลิมสกุลรัตน์
ภาควิชา	ทันตกรรมจัดฟัน
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ วัชระ เพชรคุปต์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สุรสิทธ์ เกียรติพงษ์สาร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ กนก สรเทศน์)

อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ วัชระ เพชรคุปต์)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ชลธชา ห้านิรัติศัย)

กรรมการ
(อาจารย์ ดร. อำรุง จันทวานิช)

กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ รักพร เหล่าสุทธิวงษ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อรนุช เฉลิมสกุลรัตน์ : การศึกษาเปรียบเทียบแรงยึดเชิงกลของแบรกเกตเซรามิก 3 ชนิดที่มีลักษณะของฐานแตกต่างกัน (A COMPARATIVE STUDY OF MECHANICAL RETENTION OF 3 CERAMIC BRACKET BASE DESIGNS) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ทพ. วัชระ เพชรคุปต์ , อ. ที่ปรึกษาร่วม : อ. ทพ. ดร. ชลธชา ห้านิรัติศัย : 102 หน้า. ISBN 974-333-821-7.

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อศึกษาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิกที่มีการออกแบบฐานที่มีลักษณะการยึดติดแบบพันธะเชิงกลแตกต่างกัน 3 ชนิด (แบรกเกตเซรามิกรุ่น Transcend series 6000, แบรกเกตเซรามิกรุ่น 20/40m และแบรกเกตเซรามิก รุ่น Crytaline) เทียบกับแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีลักษณะของฐานแบรกเกตเป็นร่องในแนวนอนร่วมกับร่องรูปตัววี (Dyna-lock) และเพื่อเปรียบเทียบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดภายหลังการหลุดของแบรกเกตเซรามิกที่มีการออกแบบฐานแตกต่างกัน

กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจงแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 30 ชิ้น ทำการติดแบรกเกตบนฟันกรามน้อยที่ถอนจากผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันทั้งหมด 120 ซี่ ด้วยวัสดุยึด Concise ชิ้นงานตัวอย่างถูกฝังลงในท่อพีวีซีด้วยอะคริลิกเรซิน และเก็บในน้ำที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกด้วยเครื่องทดสอบแรงทั่วไป (Instron universal testing machine) และทำการตรวจสอบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดภายหลังการหลุดของแบรกเกตด้วยกล้องจุลทรรศน์สามมิติ กำลังขยาย 30 เท่า วัดค่าการเหลืออยู่ของวัสดุยึดบนตัวฟันด้วยค่าดัชนีการเหลืออยู่ของวัสดุยึด (ARI) การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียว (One way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ถ้าผลของการวิเคราะห์มีความแตกต่างกันทดสอบความแตกต่างของแต่ละคู่ด้วยการทดสอบเชฟเฟ่ (Scheffe's test) และการทดสอบความแตกต่างของบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดใช้สถิติการทดสอบของครัสคาล -วอลลิส (Kruskal-Wallis's test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ ปอกของแบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะการออกแบบฐานแตกต่างกัน โดยแบรกเกตเซรามิกรุ่น 20/40 mให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกมากที่สุด รองลงมาคือ แบรกเกตเซรามิกรุ่น Crytaline และแบรกเกตเซรามิกรุ่น Transcend series 6000 ตามลำดับ โดยแบรกเกตเซรามิกทุกกลุ่มให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกที่เพียงพอสำหรับการใช้งานในคลินิก บริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดพบที่บริเวณระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึดคิดเป็นร้อยละสูงสุดในแบรกเกตทุกกลุ่ม โดยไม่พบการแตกหักของผิวเคลือบฟันภายหลังการหลุดของแบรกเกต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ทันตกรรมจัดฟัน ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา ทันตกรรมจัดฟัน ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2542 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4076118132 : MAJOR ORTHODONTICS

KEY WORD: SHEAR/PEEL BOND STRENGTH / CERAMIC BRACKET / SITE OF BOND FAILURE

ORANUCH CHALERMSKULRATN : A COMPARATIVE STUDY OF MECHANICAL RETENTION OF 3 CERAMIC BRACKET BASE DESIGNS. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. VACHARA PHETCHARAKUPT , THESIS COADVISOR : CHOLTACHA HARNIRATTISAI, Ph.D. 102 pp. ISBN 974-333-821-7.

The purpose of this study was to compare the in vitro mean shear/peel bond strength and bond failure location of three different mechanical bond ceramic brackets (Transcend series 6000, 20/40 m, Crytaline) and an Integral base stainless steel bracket (Dyna-lock).

By purposive sampling, Thirty brackets of each type were bonded to 120 freshly extracted human premolar teeth with Concise bonding adhesive. The samples were mounted with acrylic resin in PVC ring and incubated at 37 °c for 24 hours. Shear/peel bond strength was tested by an Instron universal testing machine. After testing, the teeth and brackets were examined under 30x magnification. Any adhesive remaining after bracket removal was assessed with the Adhesive Remnant Index (ARI). An one way ANOVA and Scheffe's test were used to evaluate the mean shear/peel bond strength. The sites of bond failure were evaluated by Kruskal-Wallis's test.

There is significant difference ($p<0.05$) in mean shear/peel bond strength among various bracket base designs. The 20/40 m brackets have a significantly highest bond strength, followed by Crytaline, and Transcend series 6000. All bracket-adhesive combinations tested provide clinically acceptable shear/peel bond strength. The bracket/adhesive interface is the major site of bond failure in all groups ($p<0.05$), and no enamel damage with any of the brackets.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ทันตกรรมจัดฟัน ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา ทันตกรรมจัดฟัน ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2542 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากผู้มีพระคุณหลายท่าน ทางด้านวิชาการผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ วัชระ เพชรคุปต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์, อาจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ชลธชา ห้านิรัติศัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และอาจารย์ในภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆที่มีประโยชน์ต่อการวิจัยด้วยดีตลอดมา

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์, บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมูลนิธิทันตกรรมจัดฟันแห่งประเทศไทยซึ่งให้การสนับสนุนด้านเงินอุดหนุนการวิจัย, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ กนก สรเทศน์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือด้านคอมพิวเตอร์และการถ่ายภาพ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้เครื่องทดสอบแรงทั่วไปและคำแนะนำเกี่ยวกับแบรกเกตเซรามิก, อาจารย์ ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่กรุณาให้คำแนะนำด้านการวิเคราะห์ทางสถิติ

ขอขอบคุณ Prof. Dr. Swain,M.V. และ ทันตแพทย์ พรชัย จรัสเจริญวิทยา สำหรับคำแนะนำด้านวิชาการที่มีประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณบริษัท ทันต-สยาม วิสาหกิจ จำกัด, บริษัท ไจโก้ อินเตอร์เทรด จำกัด, บริษัท เฮลธ์โก้ จำกัด, บริษัท ดีทแฮล์ม (ประเทศไทย) จำกัด และบริษัท เด็นทัล เฮ้าส์ จำกัด สำหรับวัสดุที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณทันตแพทย์หญิง ปิยะธิดา จิตตานันท์ ที่กรุณาให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์, ช่วยเหลือในการเก็บฟันตัวอย่างและตรวจสอบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดร่วมกับผู้วิจัย และอนุญาตให้ใช้เครื่องมือกำหนดแรงในการดิดแบรกเกต

ขอขอบคุณคุณพรเกียรติ ชื่นจิตอภิรมย์ สำหรับความช่วยเหลือในการทดสอบค่ากำลังแรงยึด, คุณสุรีรัตน์ เหลืองวรคุณ สำหรับคำแนะนำในการใช้กล้องจุลทรรศน์สามมิติ, คุณลาวัลย์ บุญประคอง สำหรับการตรวจสอบฐานแบรกเกตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด คุณนฤมล พิมลแสงสุริยา สำหรับความช่วยเหลือในการทำสไลด์ และขอขอบคุณ ร้อยเอก กำแหง พัฒนอริยางกูล สำหรับกำลังใจและความช่วยเหลือในทุกด้าน

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

คุณความดีจากงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณต่อผู้วิจัยทุกท่าน

อรนุช เฉลิมสกุลรัตน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

1. บทนำ..... 1
    1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
    1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 4
    1.3 สมมติฐานการวิจัย..... 4
    1.4 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย..... 4
    1.5 ขอบเขตของการวิจัย..... 5
    1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น..... 6
    1.7 ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย..... 7
    1.8 คำจำกัดความ..... 8
2. วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง..... 9
    2.1 เซรามิกกับงานทันตกรรมจัดฟัน..... 9
    2.2 แบรกเกตเซรามิกชนิดโมโนคริสตอลลีนอะลูมินา..... 11
    2.3 แบรกเกตเซรามิกชนิดโพลีคริสตอลลีนอะลูมินา..... 11
    2.4 คุณสมบัติของแบรกเกตเซรามิกเปรียบเทียบกับแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม.. 14
    2.5 ผิวเคลือบฟัน..... 23
    2.6 วัสดุยึด..... 30
    2.7 แบรกเกต..... 35
        - แบรกเกตโลหะ..... 35
        - แบรกเกตพลาสติก..... 38
        - แบรกเกตเซรามิก..... 39
    2.8 กลไกลการยึดติดของแบรกเกตเซรามิก..... 40
    2.9 ความล้มเหลวในการยึดติดของแบรกเกตเซรามิก..... 44
    2.10 ปัญหาที่เกิดจากการใช้แบรกเกตเซรามิกในคลินิก..... 46

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.11 ข้อแนะนำในการนำแบรกเกตเซรามิกมาใช้งานในคลินิก..... 48

บทที่

3 ระเบียบวิธีวิจัย..... 50

3.1 ประชากร..... 50

3.2 กลุ่มตัวอย่าง..... 50

3.3 การรวบรวมข้อมูล..... 51

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 51

3.5 ขั้นตอนการทดลอง..... 53

3.6 ตัวแปรของการวิจัย..... 63

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 64

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 65

5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 76

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 76

5.2 อภิปรายผลการวิจัย..... 77

5.3 ข้อเสนอแนะ..... 84

รายการอ้างอิง..... 85

ภาคผนวก..... 94

ประวัติผู้วิจัย..... 102

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

			หน้า
ตารางที่	1	แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต่างๆ	10
ตารางที่	2	เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิกชนิด MCA และ PCA.....	13
ตารางที่	3	เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิก 2 ชนิด และเหล็กกล้าไร้สนิม.....	18
ตารางที่	4	แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) กำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก (MPa) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.).....	67
ตารางที่	5	แสดงบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดภายหลังการหลุดของแบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะของฐานแตกต่างกัน 3 ชนิดและแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม.....	69
ตารางที่	6	แสดงค่าแรงยึดแบบเฉือน/ปอก (นิวตัน) ของแบรกเกตเซรามิกและแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม.....	95
ตารางที่	7	แสดงค่ากำลังยึดแบบเฉือน/ปอก (เมกะปาสคาล) ของแบรกเกตเซรามิกและแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม.....	96
ตารางที่	8	แสดงบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดของแบรกเกตเซรามิกและแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม.....	97
ตารางที่	9	แสดงสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียว (One way ANOVA)ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิก 3 ชนิด และแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม.....	98
ตารางที่	10,11	แสดงการวิธีการทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติเชฟเฟ่ (Scheffe's test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิก 3 ชนิด และแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม.....	99
ตารางที่	12	แสดงสถิติการทดสอบของครัสคาล-วอลลิส (Kruskal-Wallis test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ของบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดของแบรกเกตเซรามิก 3 ชนิด และแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม..	101
ตารางที่	13	แสดงพื้นที่ของฐานแบรกเกตที่มีลักษณะของฐานแตกต่างกัน 4 กลุ่ม	101

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1 ภาพ 2 มิติ แสดงการปนเปื้อนในผลึกของสาร..... 12

รูปที่ 2 เปรียบเทียบลักษณะความใสของแบรกเกตเซรามิกชนิด PCA และ MCA.. 13

รูปที่ 3 เปรียบเทียบความแข็งผิวรอคเวลล์ของวัสดุ 4 ชนิด..... 18

รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างของอะตอมในผลึกเซรามิกซึ่งไม่สามารถโค้งตัวตาม
ความเค้นที่กระทำจึงเกิดการหักของพันธะระหว่างอะตอม..... 19

รูปที่ 5 เปรียบเทียบความแข็งแรงดึงของวัสดุ 4 ชนิด..... 19

รูปที่ 6 แสดงการออกแบบแบรกเกตโดยการวิเคราะห์ด้วยไฟไนท์อีลีเมนต์
เพื่อลดความเค้นที่กระทำต่อแบรกเกต..... 20

รูปที่ 7 แสดงการผิดรูปของโครงสร้างของผลึกเซรามิก..... 22

รูปที่ 8 แสดงลักษณะมีรูพรุนของวัสดุทำให้อนุภาคข้างเคียงไถลตัวเข้าแทนที่..... 22

รูปที่ 9 แผนภาพแสดงการเรียงตัวของปริซึมในชั้นของผิวเคลือบฟัน..... 24

รูปที่ 10 แสดงการเปลี่ยนแปลงในลักษณะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวเคลือบฟัน..... 25

รูปที่ 11 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราดแสดงลักษณะ
ผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดไนตริกความเข้มข้นร้อยละ 2.5
เป็นเวลา 30 วินาที..... 29

รูปที่ 12 แสดงตัวอย่างฐานแบรกเกตเซรามิกที่มีอันเดอร์คัทลักษณะต่างๆ..... 40

รูปที่ 13 แสดงแผนภาพของบริเวณที่อาจจะเกิดความล้มเหลวขึ้นในการยึดแบรกเกต
เข้ากับผิวเคลือบฟันด้วยวัสดุยึด..... 45

รูปที่ 14 แสดงบริเวณที่มีการแตกหักของแบรกเกตเซรามิก..... 45

รูปที่ 15 ลักษณะของฐานแบรกเกตที่ใช้ในการวิจัย..... 55

รูปที่ 16 แสดงเครื่องทดสอบแรงทั่วไป Instron ID 5566H1612..... 56

รูปที่ 17 แสดง Fixed head และ Cross head ของเครื่องทดสอบแรงทั่วไป
Instron ID 5566H1612..... 56

รูปที่ 18 แสดง Pneumatic grip ของเครื่องทดสอบแรงทั่วไป..... 57

รูปที่ 19 แสดงตุ้มน้ำหนักขนาด 10 กิโลนิวตัน..... 57

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 20 แสดงเครื่องมือช่วยในการจับชิ้นงาน..... 57

รูปที่ 21 แสดงเครื่องมือที่สามารถกำหนดแรงที่ใช้ในการติดแบรกเกต..... 58

รูปที่ 22 แสดงตู้อินคิวเบเตอร์ Memmert model 600Gmbh..... 58

รูปที่ 23 แสดงกล้องจุลทรรศน์สามมิติ Olympus SZH10..... 58

รูปที่ 24 แสดงกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด JEOL JSM-5410LV..... 59

รูปที่ 25 แสดงเครื่องฉาบผิวทอง JOEL JFC-1200..... 59

รูปที่ 26 แสดงเครื่องกรอใส่หัวขัดยางรูปถ้วย และผงขัดชนิดละเอียด..... 59

รูปที่ 27 แสดงกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 และวัสดุยึด Concise..... 60

รูปที่ 28 ฟันกรามน้อยติดกับแผ่นพลาสติกโดยผิวฟันด้านใกล้แก้มหันขึ้นและ
ขนานกับระนาบของแผ่นพลาสติก..... 60

รูปที่ 29 แสดงการยึดลวดเหล็กกล้าไร้สนิมขนาด 0.018x0.025 นิ้ว ในร่องของ
แบรกเกตเพื่อจัดตำแหน่งฟันในท่อพีวีซี..... 60

รูปที่ 30 แสดงการยึดฟันที่ติดแบรกเกตแล้วกับท่อพีวีซีชิ้นที่หนึ่ง..... 61

รูปที่ 31 แสดงการวางท่อพีวีซีชิ้นที่หนึ่งซ้อนทับท่อพีวีซีชิ้นที่สอง..... 61

รูปที่ 32 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่พร้อมสำหรับการทดสอบ..... 61

รูปที่ 33 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่ร่องของแบรกเกตขนานกับแนวระนาบ..... 62

รูปที่ 34 แสดงการยึดเครื่องมือในการวิจัยด้วยเครื่องทดสอบแรงทั่วไป..... 62

รูปที่ 35 แสดงลักษณะของเครื่องมือที่ออกแรงกระทำต่อแบรกเกต
ในการทดสอบด้วยเครื่อง Instron..... 62

รูปที่ 36 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกต
เซรามิก 3 ชนิด และแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม..... 66

รูปที่ 37 แผนภูมิแท่งแสดงบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดของแบรกเกต
เซรามิก 3 ชนิด และแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม..... 70

รูปที่ 38 ภาพแสดงบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างแบรกเกต
และวัสดุยึด..... 71

รูปที่ 39 ภาพแสดงบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดภายในวัสดุยึด..... 71

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 40 ภาพแสดงบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึด..... 71

รูปที่ 41 แสดงลักษณะฐานแบรกเกตเซรามิก " Transcend series 6000 " ซึ่งมีลักษณะเป็นผลึกจำนวนมากกระจายอยู่ทั่วไปบนฐานแบรกเกต..... 72

รูปที่ 42 แสดงลักษณะพื้นผิวของฐานแบรกเกตเซรามิก " Transcend series 6000 " (กำลังขยาย 100 เท่า) ซึ่งประกอบด้วยผลึกรูปร่างไม่แน่นอนกระจายอยู่ทั่วไปบนพื้นผิว..... 72

รูปที่ 43 แสดงลักษณะฐานแบรกเกตเซรามิก " 20/40 m " ซึ่งมีลักษณะเป็นร่องในแนวนอน 3 ร่อง และผิวของฐานแบรกเกตมีลักษณะขรุขระและเป็นคลื่นๆ ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า..... 72

รูปที่ 44 แสดงลักษณะของร่องในแนวนอนของแบรกเกต 20/40 m ในแนวด้านข้างพบลักษณะร่องมีอันเดอร์คัท และร่องทั้ง 3 มีความลึกใกล้เคียงกัน..... 73

รูปที่ 45 แสดงลักษณะร่องแบรกเกต 20/40 m มีลักษณะเป็นอันเดอร์คัทที่โค้งมนและผิวของฐานแบรกเกตมีความขรุขระมาก..... 73

รูปที่ 46 แสดงลักษณะฐานแบรกเกตเซรามิก " Crytaline " ซึ่งมีลักษณะเป็นหลุมจำนวน 12 หลุมและแบรกเกตมีความโค้งในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง..... 73

รูปที่ 47 แสดงลักษณะหลุมของแบรกเกตเซรามิก " Crytaline " ซึ่งเป็นแอ่งรูปกะทะหงายลักษณะโค้งมน..... 74

รูปที่ 48 แสดงลักษณะฐานแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม " Dyna-lock " ซึ่งมีลักษณะเป็นร่องในแนวนอน 4 ร่องเรียงตัวสลับกับร่องรูปตัววี..... 74

รูปที่ 49 แสดงลักษณะร่องในแนวนอนของแบรกเกต Dyna-lock เมื่อมองจากด้านข้าง..... 74

รูปที่ 50 แสดงลักษณะของร่องรูปตัววีและร่องในแนวนอนของแบรกเกต Dyna-lock ซึ่งมีส่วนฐานของร่องที่มีผิวขรุขระและมีลักษณะเป็นมุมแหลม... 75

รูปที่ 51 แสดงลักษณะด้านข้างของร่องในแนวนอนรูปสี่เหลี่ยมคางหมูของแบรกเกต Dyna-lock..... 75

บทที่1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีจำนวนผู้ป่วยผู้ใหญ่ที่เข้ารับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันมากขึ้น โดยคิดเป็นร้อยละ 24 ของผู้ป่วยทางทันตกรรมจัดฟันทั้งหมด (Gottlieb, and Vogels, 1984 cited in Winchester, 1991) ซึ่งในจำนวนผู้ป่วยผู้ใหญ่เหล่านี้มีผู้ป่วยเพศหญิงในอัตราสูงเนื่องมาจากเหตุผลทางด้านความสวยงาม จึงนำไปสู่การพัฒนาออกแบบเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟันมากมาย (Newman, 1978 cited in Winchester, 1991)

แบรกเกต (bracket) ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญของเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟันชนิดติดแน่น โดยเป็นส่วนของเครื่องมือที่ติดอยู่บนฟันเพื่อควบคุมให้ฟันสามารถเคลื่อนที่ไปตามแรงทางทันตกรรมจัดฟันเข้าสู่ตำแหน่งที่ทันตแพทย์ต้องการได้ ในอดีตการยึดแบรกเกตให้ติดกับตัวฟันจะต้องเชื่อมแบรกเกตด้วยไฟฟ้าให้ติดกับปลอกโลหะรัดฟัน จากนั้นจึงนำปลอกโลหะรัดฟันซึ่งมีแบรกเกตติดอยู่นั้นยึดติดกับฟันด้วยซีเมนต์ทางทันตกรรม การใช้ปลอกโลหะรัดฟันกับฟันทุกซี่ทำให้มีข้อเสียทางด้านความสวยงาม เนื่องจากเห็นสีของโลหะอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังจะต้องมีการแยกฟันผู้ป่วยให้ห่างออกจากกันทุกซี่ ก่อนที่จะทำการยึดปลอกโลหะรัดฟันเข้ากับตัวฟันอันก่อให้เกิดความรู้สึกไม่สบายแก่ผู้ป่วย จึงมีการพัฒนาลักษณะของเครื่องมือมาเป็นการใช้แบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมยึดกับผิวฟันโดยตรง โดยการใช้วัสดุยึดประเภทอะคริลิกเรซิน (acrylic resin) หรือไดอะคริลิกเรซิน (diacrylic resin) เป็นตัวเชื่อม ต่อมาได้มีการพัฒนาแบรกเกตให้มีขนาดเล็กลง แต่ขนาดที่เล็กลงอาจมีผลต่อการแก้ไขการเรียงตัวของฟันได้ไม่ดีเพียงพอ เนื่องจากขาดความกว้างในแนวใกล้กลาง - ไกลกลางที่เหมาะสมกับขนาดของฟัน และขนาดที่เล็กลงของแบรกเกตก็มิได้ทำให้ความสวยงามเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้อด้อยที่เกิดขึ้น

ในต้นทศวรรษ 1970 ได้มีการนำแบรกเกตโพลีคาร์บอเนต (polycarbonate) ซึ่งมีลักษณะโปร่งแสงและมีสีใกล้เคียงกับสีฟันมาใช้ในทางทันตกรรมจัดฟัน แต่ใช้งานได้ค่อนข้างจำกัดเนื่องจากไม่คงทนทำให้เกิดการแตกหักและไม่สามารถใช้งานได้ตลอดระยะเวลาการรักษา, มีการเปลี่ยน-แปลงรูปร่างเมื่อได้รับแรงบิดโดยเฉพาะการใส่ทอร์ค (torque) เข้าไปในเส้นลวดแบรกเกตโพลีคาร์บอเนตจะมีการเปลี่ยนสีและติดสีเมื่อสัมผัสกับอาหารหรือเครื่องดื่ม, มีการดูดน้ำและการยึดติดก็ไม่สามารถใช้วัสดุชนิดทั่วไปได้ (Newman, 1969) ปัจจุบันมีการพัฒนาแบรกเกตโพลีคาร์บอเนต โดยอาจมีส่วนผสมของเซรามิกฟิลเลอร์(ceramic filler) หรือทำให้สลอต (slot) ของแบรกเกตเป็นโลหะ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของแบรกเกต แต่ก็ยังคงมีข้อจำกัดของการใช้งาน โดย

ควรใช้ในผู้ป่วยที่ต้องการการเคลื่อนฟันหรือการทอร์คฟันเพียงเล็กน้อยและระยะเวลาในการรักษาสั้น ในระยะต่อมาได้มีการนำวิธีการจัดฟันชนิดติดแน่นทางด้านลิ้น (Lingual orthodontics) มาใช้ (Fujita,1979) โดยการติดแบรกเกตเข้ากับฟันทางด้านลิ้น แต่การจัดฟันด้วยวิธีนี้มีความยุ่งยากในการรักษา และมีข้อจำกัดในการรักษาความผิดปกติของการสบฟันได้เพียงบางประเภท และใช้ระยะเวลานานในการรักษา นอกจากนี้การมีเครื่องมือทางด้านลิ้นทำให้ผู้ป่วยออกเสียงผิดปกติและทำความสะอาดได้ยาก การมีเครื่องมือยึดติดกับฟันทางด้านลิ้นจะก่อให้เกิดความรู้สึกไม่สบายแก่ผู้ป่วย และขณะถอดแบรกเกตก็จะมีการสูญเสียผิวเคลือบฟันมากกว่าการถอดแบรกเกตบริเวณใกล้แก้ม

ในปี 1986 เริ่มมีการนำเอาวัสดุประเภทเซรามิกเข้ามาใช้ในทางทันตกรรมจัดฟัน โดยนำมาผลิตเป็นแบรกเกต เนื่องจากเซรามิกมีคุณสมบัติที่โปร่งแสงก่อให้เกิดความสวยงาม สามารถต้านทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมีและอุณหภูมิสูงหรือการติดสีจากอาหาร มีความคงทนแข็งแรงทำให้แบรกเกตเซรามิกมีบทบาทเข้ามาแทนแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมและแบรกเกตโพลีคาร์บอเนต แต่อย่างไรก็ตามแบรกเกตเซรามิกยังคงมีข้อด้อยเนื่องจาก คุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิกที่มีความแข็งมาก ร่วมกับโครงสร้างการเรียงตัวของอะตอมในเนื้อเซรามิกเอง ทำให้มีความเปราะและความต้านทานต่อการแตกหักต่ำ แม้ว่าจะมีรอยแตกเล็กๆในพื้นผิว ก็สามารถจะลดแรงที่จะก่อให้เกิดการแตกหักของแบรกเกตได้ เมื่อมีการพิจารณาถึงปัจจัยซึ่งมีผลต่อกำลังแรงยึดของแบรกเกตเซรามิกพบว่าการออกแบบฐานแบรกเกตเซรามิกที่แตกต่างกันเพื่อยึดติดกับตัวฟันเป็นปัจจัยหนึ่งจึงทำให้สามารถจำแนกลักษณะการยึดติดของแบรกเกตเซรามิกกับฟันได้ 3 ลักษณะ

1. การยึดติดด้วยพันธะเคมี (chemical retention)

เนื่องจากแบรกเกตเซรามิกประกอบด้วย อะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminium oxide) ซึ่งไม่สามารถทำปฏิกิริยาทางเคมีกับวัสดุยึดได้ จึงได้มีการนำไซเลนคัพลิงเอเจนต์ (silane coupling agent)มาใช้เป็นเคมิคอลเมดิเอเตอร์ (chemical mediator) ระหว่างวัสดุยึดติดกับฐานแบรกเกต โดยโมเลกุลของไซเลนจะเป็นไบฟังชั่น (bifunctional molecule) โดยที่ปลายข้างหนึ่งจะทำปฏิกิริยากับแก้วซิลิกา (silica glass) ซึ่งเป็นส่วนซึ่งที่เคลือบอยู่ที่ฐานของแบรกเกตเซรามิกทำให้แบรกเกตเซรามิกสามารถยึดติดกับผิวฟันโดยปฏิกิริยาเคมี

2. การยึดติดด้วยพันธะเชิงกล (mechanical retention)

โดยการทำอันเดอร์คัท (undercut) เป็นร่อง (grooves) ,หลุม (dimples) หรือเป็นปุ่มนูนเพื่อช่วยในการยึดติดของวัสดุยึดกับแบรกเกต จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด พบว่าเรซินแทกซ์ (resin tag) ของวัสดุยึดติดกับผิวเคลือบฟัน โดยการเกาะเกี่ยวระหว่างฐานของแบรกเกตและผิวเคลือบฟัน

3. การยึดติดด้วยพันธะเคมีและพันธะเชิงกลร่วมกัน

โดยการมีไซเลนคัพลิงค์เอเจนต์เคลือบที่ฐานแบรกเกตร่วมกับการทำฐานแบรกเกตให้มีลักษณะเป็นอันเดอร์คัท

ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของแบรกเกตเซรามิกที่มีการยึดติดของฐานเป็นแบบพันธะเคมีจะมีค่ามากกว่าค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของแบรกเกตเซรามิกที่มีการยึดติดของฐานเป็นแบบพันธะเชิงกลและแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม นอกจากนี้พบว่าค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนที่มีค่าสูงของแบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะการยึดของฐานแบบพันธะเคมีจะเกิดการทำลายผิวเคลือบฟันขณะถอดแบรกเกต (Gwinnett, 1988; Odegaard, and Segner, 1988; Swartz, 1988; Viazis et al. , 1990b; Winchester, 1991; Forsberg, and Hagberg, 1992; Merrill, Oesterle, and Hermesch, 1994; Wang,Meng, and Tarng, 1997) โดย Joseph และ Rossouw (1990) พบว่า มีการแตกหักของผิวเคลือบฟันถึงร้อยละ 40 ในการถอดแบรกเกตเซรามิก ซึ่งอาจเนื่องมาจากเมื่อมีแรงกระทำกับแบรกเกต แบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมจะมีความสามารถในการดูดซับแรงและเปลี่ยนแปลงแรงเป็นแบบของการบิดเบือนรูปร่างของโลหะ ทำให้เกิดความล้มเหลวของการยึดติดขึ้นที่ระหว่างฐานแบรกเกตและวัสดุยึด ส่วนในแบรกเกตเซรามิกซึ่งมีคุณสมบัติความแข็ง แบรกเกตจึงรับแรงโดยไม่สามารถดูดซับแรงและไม่เกิดการบิดเบือนของวัสดุทำให้แรงทั้งหมดส่งผ่านวัสดุยึดไปยังผิวเคลือบฟัน โดยเฉพาะในแบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะการยึดติดของฐานแบบพันธะเคมี ซึ่งมีความแข็งแรงของการยึดระหว่างฐานแบรกเกตกับวัสดุยึดมากกว่าระหว่างวัสดุยึดกับผิวเคลือบฟัน จึงอาจก่อให้เกิดการแตกหักภายในผิวเคลือบฟันขึ้น (Odegaard, and Segner, 1988; Storm , 1990)

ในปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตแบรกเกตเซรามิก ได้พัฒนาลักษณะการยึดติดของฐานแบรกเกตโดยใช้ลักษณะการยึดติดแบบพันธะเชิงกลเพิ่มมากขึ้นในลักษณะต่างๆกัน เนื่องจากการเพิ่มความหนาของวัสดุยึดบริเวณฐานแบรกเกตจะทำให้ค่ากำลังแรงยึดระหว่างแบรกเกตและฟันต่ำลง ซึ่งจะช่วยลดแรงที่ใช้ในขณะถอดแบรกเกต และทำให้เกิดความล้มเหลวของการยึดติดภายในวัสดุยึดเองหรือระหว่างวัสดุยึดและฐานแบรกเกต (Ghafari, and Chen, 1990; Viazis, Covanaugh, and Bevis, 1990a; Ghafari, Skanchy, and Mante, 1992) โดยยังคงมีค่ากำลังแรงยึดระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึดที่มากเพียงพอที่จะต้านทานต่อแรงบดเคี้ยวและแรงที่ใช้ในทางทันตกรรมจัดฟัน แต่ไม่สูงเกินไปจนก่อให้เกิดอันตรายกับผิวเคลือบฟัน

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาถึงลักษณะการออกแบบฐานแบรกเกตเซรามิกชนิดที่มีลักษณะการยึดของฐานแบบพันธะเชิงกลที่ต่างกันที่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกต ตลอดจน

ศึกษาบริเวณที่เกิดความล้มเหลวของการยึดติดภายหลังการหลุดของแบรกเกต เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับทันตแพทย์จัดฟันในการเลือกใช้แบรกเกตเซรามิกเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ป่วยที่มารักษาทางทันตกรรมจัดฟันต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกกับผิวเคลือบฟันของแบรกเกตเซรามิกที่มีการออกแบบฐานที่มีลักษณะการยึดติดแบบพันธะเชิงกลต่าง ๆกันเทียบกับแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดของแบรกเกตเซรามิกที่มีการออกแบบฐานที่มีลักษณะการยึดติดแบบพันธะเชิงกลต่าง ๆกัน

สมมติฐานการวิจัย

1. มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกกับผิวเคลือบฟันของแบรกเกตเซรามิกที่มีการออกแบบฐานที่มีลักษณะการยึดติดแบบพันธะเชิงกลต่าง ๆกันและต่างจากแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม

2. มีความแตกต่างของบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดของแบรกเกตเซรามิกที่มีการออกแบบฐานที่มีลักษณะการยึดติดแบบพันธะเชิงกลต่าง ๆกัน

ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

1. เป็นแนวทางสำหรับทันตแพทย์ ในการพิจารณาเลือกใช้ลักษณะของฐานแบรกเกตเซรามิกในการรักษาผู้ป่วยทางทันตกรรมจัดฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

2. ทราบชนิดของฐานแบรกเกตเซรามิกที่ให้กำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกเพียงพอที่จะต้านทานแรงที่ใช้ในขณะจัดฟันและแรงบดเคี้ยว เมื่อใช้กับวัสดุยึดชนิดผสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ทราบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติด ภายหลังการหลุดของแบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะของฐานแบรกเกตแตกต่างกัน

4. เป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางเบื้องต้นในการวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

1. เป็นการศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกกับผิวเคลือบฟันของแบรกเกตเซรามิกของฟันกรามน้อยที่มีลักษณะของการยึดติดของฐานแบรกเกตแบบพันธะเชิงกลแตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่

1.1 แบรกเกตเซรามิกของฟันกรามน้อยแบบมาตรฐานของบริษัท 3M Unitek ซึ่งเป็นแบรกเกตเซรามิกชนิด โพลีคริสตอลลีนอะลูมินา (polycrytalline alumina) ที่มีชื่อทางการค้าว่า Transcend series 6000 ซึ่งมีลักษณะของฐานแบรกเกตเป็นอนุภาคคล้ายคริสตอลเชื่อมที่ฐาน

1.2 แบรกเกตเซรามิกของฟันกรามน้อยแบบมาตรฐานของบริษัท Tomy ซึ่งเป็นแบรกเกตเซรามิกชนิด โพลีคริสตอลลีนอะลูมินาที่มีชื่อทางการค้าว่า Crytaline ซึ่งมีลักษณะของฐานแบรกเกตเป็นหลุมขนาดเล็ก

1.3 แบรกเกตเซรามิกของฟันกรามน้อยแบบมาตรฐานของบริษัท American Orthodontics ซึ่งเป็นแบรกเกตเซรามิกชนิด โพลีคริสตอลลีนอะลูมินา ที่มีชื่อทางการค้าว่า 20/40m ซึ่งมีลักษณะของฐานแบรกเกตเป็นร่อง

2. กลุ่มควบคุม

แบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมของฟันกรามน้อยแบบมาตรฐานของบริษัท 3M Unitek ที่มีชื่อทางการค้าว่า Dyna-lock ซึ่งมีลักษณะการยึดติดของฐานแบรกเกตแบบพันธะเชิงกลที่มีลักษณะของฐานเป็นร่องในแนวนอนร่วมกับร่องรูปตัววี(Integral) ซึ่งเป็นแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมที่ใช้ในภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. เป็นการศึกษาเปรียบเทียบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดของแบรกเกตเซรามิกของฟันกรามน้อย

4. ฟันที่ใช้ติดแบรกเกตเพื่อทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก เป็นฟันกรามน้อยของผู้ป่วยอายุระหว่าง 10 -25 ปี ซึ่งถูกถอนออกเพื่อการจัดฟันและฟันซี่ดังกล่าวจะต้องมีผิวเคลือบฟันด้านใกล้แก้มปราศจากรอยโรคใดๆเมื่อมองด้วยตาเปล่า และไม่เคยได้รับกรดกัดฟันมาก่อนจำนวน 120 ซี่

5. วัสดุยึดที่ใช้ในการวิจัยคือ คอมโพสิทเรซินชนิดผสมที่บ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมี ที่มีชื่อทางการค้าว่า Concise (3M Corporation) เนื่องจากเป็นวัสดุยึดที่เหมาะสมสำหรับใช้ยึดแบรกเกตเซรามิกที่ลักษณะการยึดเป็นแบบพันธะเชิงกล (Willems,Carels, and Verbeke, 1997) และเป็นวัสดุยึดที่ใช้ในภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. แบรกเกตทุกตัวที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้รับการออกแบบมาเฉพาะเพื่อใช้สำหรับฟันกรามน้อยและเป็นชนิดที่มีลักษณะของร่องแบรกเกตเป็นแบบมาตรฐาน (standard edgewise) โดยมีความหนาและขนาดของแบรกเกตแตกต่างกันไปตามแบบของบริษัทผู้ผลิต แบรกเกตแต่ละตัวในรุ่นเดียวกันของบริษัทหนึ่งๆจะมีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ

2. ฟันซี่เดียวกันข้างซ้ายและข้างขวาของคนเดียวกัน จะมีขนาดและองค์ประกอบของผิวเคลือบฟันเหมือนกัน

3. ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก มีหน่วยเป็นเมกะปาสคาล(megapascal:MPa) (Bishara,Olsen, and Wald, 1997; Wang et al. ,1997) ศึกษาโดยเครื่องทดสอบแรงทั่วไป (Universal testing machines) ซึ่งอ่านค่าเป็นกราฟได้ละเอียดถึง 0.1 กิโลกรัมเมื่อทำการทดสอบด้วยแรงดึงที่ความเร็ว 0.5 มิลลิเมตร/นาที

4. การศึกษาบริเวณที่มีความล้มเหลวในการยึดภายหลังการหลุดของแบรกเกตเซรามิกของฟันกรามน้อยจะแบ่งเป็น 5 บริเวณ ตามการศึกษาของ Alexander,Viazis และ Nakajima (1993) และ Jou และคณะ (1995) ดังนี้

4.1 บริเวณภายในผิวเคลือบฟัน

4.2 บริเวณระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึด (ร้อยละ 0 - 25 ของวัสดุยึดจะพบหลงเหลืออยู่บนตัวฟัน)

4.3 บริเวณภายในวัสดุยึด (ร้อยละ 25 -75 ของวัสดุยึดจะพบหลงเหลืออยู่บนตัวฟัน)

4.4 บริเวณระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด (ร้อยละ 75 -100 ของวัสดุยึดจะพบหลงเหลืออยู่บนตัวฟัน)

4.5 บริเวณภายในแบรกเกต

5. กรรมวิธีการติดแบรกเกตด้วยวิธีไดเรกบอนด์ ถือเป็นมาตรฐานเดียวกันเนื่องจากกระทำโดยบุคคลเดียวกัน และใช้เครื่องมือสำหรับติดแบรกเกตให้แนบกับผิวฟันด้วยแรงกดประมาณ 2 ออนซ์ (Pornchai Charuscharoenwittaya, 1993)

ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย

1. องค์ประกอบอื่นที่มีผลต่อการยึดของแบรกเกตกับฟัน เช่น แรงบดเคี้ยว ,ลักษณะการสบฟัน ไม่สามารถศึกษาได้ในสภาพการทดลองในห้องปฏิบัติการ

2. ผลการวิจัยไม่สามารถอ้างอิงไปถึงแบรกเกตเซรามิกซึ่งมีลักษณะแตกต่างไปจากแบรกเกตที่ทำการทดลอง

3. ผลการวิจัยไม่สามารถอ้างอิงไปถึงแบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะของฐานแบรกเกตแตกต่างออกไปจากแบรกเกตที่ทำการทดลอง

4. ผลการวิจัยไม่สามารถอ้างอิงไปถึงแบรกเกตเซรามิกที่ใช้ในการทดลองกับวัสดุยึดชนิดอื่นที่ไม่ใช่ Concise

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำจำกัดความ

1. ความเค้น (Stress) หมายถึง แรงต้านที่เกิดขึ้นภายในของวัสดุใดวัสดุหนึ่ง เมื่อมีน้ำหนัก แรงดึง, แรงอัด หรือแรงอื่นๆมากระทำกับวัสดุนั้น ค่าของความเค้นวัดได้จากแรงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อหน่วยพื้นที่ที่วัสดุนั้นถูกกระทำ มีหน่วยเป็นแรงต่อหน่วยพื้นที่คือ ปอนด์/ตารางนิ้ว, กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร หรือ เมกะนิวตัน/ตารางเมตร (MPa)

2. แรงเฉือน/ปอก (Shear/Peel force) หมายถึง แรงที่กระทำกับแบรกเกตที่ยึดอยู่กับผิวเคลือบฟันในทิศทางที่ขนานกับฐานของแบรกเกตในแนวดิ่งแต่ไม่ผ่านฐานแบรกเกต เช่น กระทำกับปีกของแบรกเกต ทำให้แรงปฏิกิริยาในวัสดุที่ยึดแบรกเกตกับผิวฟันในลักษณะของแรงเฉือน (Shear force) ร่วมกับแรงกด (Compressive force) และแรงดึง (Tensile force) ในลักษณะของแรงคู่ควบ (Moment force)

3. กำลังแรง(Strength) หมายถึง ความเค้นที่สูงที่สุดของวัสดุที่สามารถต้านทานได้ เมื่อมีแรงมากระทำต่อวัสดุ หน่วยของค่ากำลังแรงใช้หน่วยเดียวกับความเค้น

4. กำลังแรงเฉือน/ปอก (Shear/Peel strength) หมายถึง ความเค้นสูงสุดที่วัสดุสามารถต้านทานได้เมื่อมีแรงเฉือน/ปอกมากระทำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

เซรามิกกับงานทันตกรรมจัดฟัน

การนำเซรามิกมาใช้ในงานทันตกรรมจัดฟันเป็นเพียงส่วนหนึ่งของการขยายตัวอย่างรวดเร็วของการใช้เซรามิกในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เซรามิกเป็นวัสดุที่เกิดจากการผสมวัสดุอื่นเข้าด้วยกัน ได้แก่ หินมีค่า, แก้ว, ดินเหนียว, เมทัลลิกออกไซด์ (metallic oxide) และเซรามิกคอมพาวน์ (ceramic compound) เซรามิกที่นำมาใช้ทำแบรกเกตในงานทันตกรรมจัดฟัน คือ อะลูมินา (Alumina) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ โมโนคริสตอลลีนอะลูมินา (monocrytalline alumina) และโพลีคริสตอลลีนอะลูมินา โดยคริสตอลลีนเซรามิกเหล่านี้อาจยึดกันด้วยพันธะอิออนนิก (ionic bond) หรือพันธะโควาเลนต์ (covalent bond)

ลักษณะของแบรกเกตเซรามิกที่ผลิตมาจำหน่าย จะทำให้มีลักษณะต่างกันไปตามแต่บริษัทผู้ผลิต แต่จะมีรูปแบบเป็นเอดจ์ไวส์แบรกเกต (Edgewise bracket) ได้แก่ แบบทรู - สยามมีส (True-Siamese), เซมิสยามมิส (Semi-Siamese) หรือแบบลูวีส/แลนด์ (Lewis-Land design) ดังตารางที่ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่1 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต่างๆ ของแบรกเกตเซรามิก (Karamouzos, Athanasiou, and Papadopoulos, 1997)

Company	*Commercial name*	*Crystal structure*	*Slot size*	*Slot prescription*	*Type of wings*	*Special bonding agents*	*Special debonding devices*
"A" Company Orthodontics	Starfire TMB	monocrystalline sapphire	0.018, 0.022	Roth, Andrews	full twin	none	electrothermal, sharp-tipped plier
American Orthodontics	20/20M	polycrystalline	0.018, 0.022	straightwire	twin/single	none	none
	20/40M	polycrystalline	0.018, 0.022	Roth, standard edgewise	twin/"Tri"	none	none
Dentaurum	Fascination	polycrystalline (injection molded)	0.018, 0.022	Roth, standard edgewise	twin	none	none (Weingart plier or Dentaurum ceramic debonding unit recommended)
GAC International	Allure	polycrystalline	0.018, 0.022	Roth, standard edgewise, Micro Progressive	twin	none (natural light cured adhesives are recommended)	none
Lancer Orthodontics	Intrigue	polycrystalline	0.018, 0.022	Roth, standard edgewise	twin/single	none	none
Masel	Eclipse	polycrystalline	0.018, 0.022	Roth	twin/single	none	Masel plier no. 4150-660
Ormco Corporation	Lumina	polycrystalline	0.018, 0.022	Roth	pseudo twin	none	none
Rocky Mountain Orthodontics	Signature Ceramic Collection	polycrystalline	0.018, 0.022	Roth, standard edgewise, Bench Bioprogressive	twin/single, single	none	none
TP Orthodontics	CeramaFlex Advant-Edge	polycrystalline	0.022	Roth	twin	none (except of use of plastic conditioner on the base)	none
3M Unitek Corporation	Transcend Series 6000	polycrystalline	0.018, 0.022	Roth, standard edgewise, High Torque	twin/single	none	3M Unitek debonding instrument no. 444-770

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบรกเกตเซรามิกชนิดโมโนคริสตอลลีนอะลูมินา

กระบวนการผลิตแบรกเกตเซรามิก ชนิดโมโนคริสตอลลีนอะลูมินา เกิดจากการหลอมละลายก้อนอะลูมิเนียมออกไซด์ที่อุณหภูมิสูงกว่า 2,100 องศาเซลเซียส และทำให้เย็นลงอย่างช้าๆ เพื่อให้เกิดการตกผลึกที่สมบูรณ์ โดยควบคุมกระบวนการตกผลึกอย่างระมัดระวัง ผลึกที่ได้จะมีความบริสุทธิ์สูงกว่าผลึกที่เกิดตามธรรมชาติ จากนั้นจึงนำผลึกไปทำการตัดแต่งให้มีรูปร่างและขนาดตามที่กำหนดด้วยกระบวนการเช่นเดียวกันกับการเจียระนัยเพชร หรือการตัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasonic cutting technique) หรือใช้ทั้ง 2 วิธีร่วมกัน จากนั้นจึงนำผลิตผลที่ได้ไปผ่านกระบวนการเผาอีกครั้งเพื่อกำจัดความไม่สมบูรณ์ และลดความเค้นที่เกิดจากกระบวนการตัดแต่ง

ข้อดีของแบรกเกตชนิดโมโนคริสตอลลีนอะลูมินา คือ มีความต้านทานต่อการแตกหัก (fracture strength) สูงกว่าแบรกเกตเซรามิกชนิดโพลีคริสตอลลีนอะลูมินา เนื่องจากกระบวนการผลิตสามารถกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่ผิวแบรกเกตและความเค้นจากการตัดแต่งแบรกเกต นอกจากนี้ยังมีความใสมากกว่าโพลีคริสตอลลีนอะลูมินาด้วย (รูปที่ 2) แต่ข้อเสียคือ ความยากในกระบวนการผลิตและเสียค่าใช้จ่ายสูง ในปัจจุบันจึงมีการผลิตโพลีคริสตอลลีนอะลูมินาขึ้นมาแทน ในจำนวนที่หาได้ง่ายกว่า

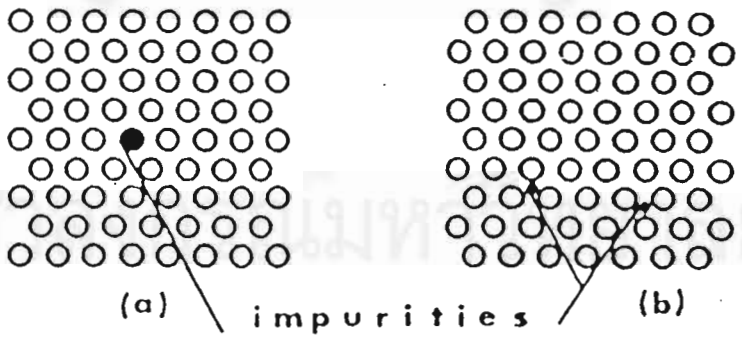
แบรกเกตเซรามิกชนิดโพลีคริสตอลลีนอะลูมินา (PCA)

แบรกเกตชนิดนี้ประกอบด้วย อะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminium oxide) ร้อยละ 99.9 ยึดกันด้วยบายเดอร์ (binder) เพื่อให้สามารถหลอมให้เป็นแบรกเกตที่มีรูปร่างตามต้องการ และเมื่อส่วนผสมถูกเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,800 องศาเซลเซียส บายเดอร์จะถูกกำจัดออกไป เหลืออนุภาคของอะลูมิเนียมออกไซด์ที่หลอมรวมกัน รูปร่างลักษณะโดยละเอียดของแบรกเกตจะถูกตัดแต่งอีกครั้งด้วยเครื่องเจียระนัยเพชร จากนั้นจึงนำแบรกเกตกลับไปเผาอีกครั้ง เพื่อกำจัดส่วนที่ไม่สมบูรณ์ของผิวหรือรอยตำหนิ และเป็นการลดความเค้นที่เกิดจากกระบวนการตัดแต่ง การให้ความร้อนควร

ระมัดระวังไม่ให้สูงเกินไปเพราะจะทำให้เม็ด (grain) ของคริสตอลลีนเซรามิกหลอมรวมกันใหม่ ทำให้เสียคุณสมบัติทางกายภาพได้

คุณสมบัติที่ยอมให้แสงผ่านของโพลีคริสตอลลีนอะลูมินาเป็นสัดส่วนผกผันกับความแข็ง เซรามิกที่มีเม็ดอนุภาคขนาดใหญ่ขึ้นจะมีความใสหรือโปร่งแสงมากขึ้น แต่วัสดุนั้นจะมีความแข็งลดลง โดยเฉพาะเมื่อขนาดของอนุภาคใหญ่กว่า 30 ไมโครเมตร แบรกเกตเซรามิกชนิดโพลีคริสตอล-ลีนอะลูมินา เกิดจากอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 0.3 ไมโครเมตรหลอมรวมกันเป็นเซรามิกที่มีขนาดอนุภาค 20-30 ไมโครเมตร

ข้อดีของแบรกเกตเซรามิกชนิดโพลีคริสตอลลีนอะลูมินา คือ สามารถผลิตแบรกเกตได้ในปริมาณมากทำให้ลดต้นทุนในการผลิต กระบวนการผลิตง่ายกว่า และราคาไม่แพงแต่มีข้อเสียคือ กระบวนการขึ้นรูปจะทำให้เกิดการปนเปื้อนในโครงสร้าง หรือมีความไม่สมบูรณ์ของโครงสร้าง (รูปที่1) การมีสารปนเปื้อนในปริมาณร้อยละ 0.001 หรือความไม่สมบูรณ์เพียงเล็กน้อย สามารถทำให้เกิดการรวมตัวของความเค้นในปริมาณดังกล่าวสูงกว่าปกติ ทำให้ความสามารถในการต้านต่อแรงซึ่งทำให้วัตถุแตกลดลงด้วย นั่นคือแบรกเกตจะแตกหักเมื่อได้รับแรงเพียงเล็กน้อย กระบวนการขึ้นรูปและการเผาด้วยความร้อนทำให้มีการรวมตัวของอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ที่สะท้อนแสงได้บางส่วน ทำให้แบรกเกตชนิดนี้มีลักษณะขุ่นมากกว่าโมโนคริสตอลลีนอะลูมินา



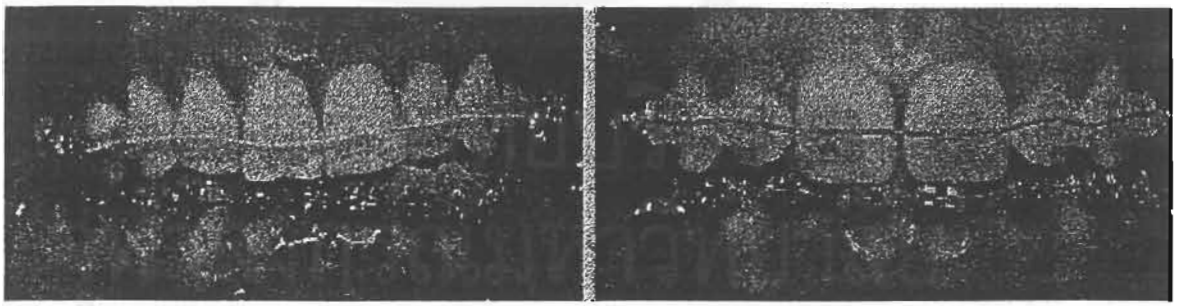
รูปที่ 1 ภาพ 2 มิติ แสดงการปนเปื้อนในผลึกของสาร (a) เป็นการปนเปื้อนที่แทรกแทนที่อนุภาคของผลึก (b) การปนเปื้อนที่แทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของผลึก

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิกชนิด MCA และ PCA (Swartz, 1988)

Property	Single Crystal* Al_2O_3	99.9 Al_2O_3 Sintered
Modulus of Elasticity (Ksi)	63	57
Flexure Strength (Ksi)	92	41
Compressive Strength (Ksi)	300-600	350
Tensile Strength (Ksi)	260-375**	30-45
Color	Clear	Translucent, white to opaque,white/ivory
Structure	Single crystall with axial plane	Polycrystalline grains, anisotrophic

* Axis dependent. * * Sapphire Filament

รูปที่ 2 เปรียบเทียบลักษณะความใสของแบรกเกตเซรามิกชนิด PCA และ MCA (Swartz, 1988)



A : GAC's Allure (PCA) B : Ormco's Gem (MCA)

คุณสมบัติของแบรกเกตเซรามิกเปรียบเทียบกับแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม

1. คุณสมบัติด้านความสวยงาม (Optical properties)

แบรกเกตเซรามิกมีคุณสมบัติที่โปร่งแสง และสะท้อนแสงได้ดีเช่นเดียวกับฟัน โดยเฉพาะชนิดโมโนคริสตอลลีนอะลูมินา และยังสามารถผลิตให้สีเหมือนกับเป็นธรรมชาติได้ ซึ่งต่างจากแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งมีคุณสมบัติทึบแสง จึงทำให้มองเห็นแบรกเกตได้โดยง่ายไม่สวยงาม แม้จะมีขนาดเล็ก คุณสมบัติดังกล่าวจึงทำให้แบรกเกตเซรามิกได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในผู้ป่วยเพศหญิง หรือผู้ใหญ่วัยทำงาน ซึ่งไม่ต้องการให้เห็นแบรกเกตอย่างเด่นชัด

2. คุณสมบัติทางเคมี (Chemical properties)

เซรามิกมีคุณสมบัติต้านทานต่อการกัดกร่อนจากสารเคมี สารละลายที่จะสามารถละลายเซรามิกได้จะต้องเป็นสารละลายกรดไฮโดรฟลูออริกเข้มข้น (Hydrofluoric acid) นอกจากนี้เซรามิกยังต้านทานต่อการติดสีจากสารอาหารที่รับประทาน ทำให้ไม่มีการเปลี่ยนสีหรือดูดกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ไว้ในวัสดุ แต่โลหะผสมสามารถเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้เกิดการหมองและถูกกัดกร่อน (tarnish & corrosion) จากสารเคมีหรืออาหารในช่องปากได้

3. คุณสมบัติการนำความร้อน (Thermal properties)

เซรามิกนำความร้อนได้น้อยเนื่องจากไม่มีอิเลคตรอนอิสระ และทนต่อความร้อนสูง เพราะกระบวนการผลิตผ่านความร้อนสูงมาแล้ว เซรามิกมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจาก ความร้อนต่ำ จึงทำให้ทนต่ออุณหภูมิสูงได้ และทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากอาหาร ต่างๆ ที่รับประทานได้ดี

4. คุณสมบัติไม่ทึบแสง (Radiolucence)

แบรกเกตเซรามิกมีคุณสมบัติที่แข็งแต่เปราะ เมื่อทำการถอดแบรกเกต (debond) อาจทำให้มีบางส่วนของแบรกเกตแตกหัก และตกลงสู่ลำคอของผู้ป่วยได้ ซึ่งจากคุณสมบัติโปร่งแสงของเซรามิก ทำให้ไม่สามารถมองเห็นได้จากการเอกซเรย์ จึงอาจทำอันตรายต่อผู้ป่วยได้ ดังนั้นจึงควร

ให้ความระมัดระวังอย่างสูงขณะทำการถอดแบรกเกตเซรามิกออกจากฟัน แบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมมีคุณสมบัติทึบแสง จึงทำให้สามารถมองเห็นได้โดยง่ายเมื่อทำการเอกซเรย์ ในกรณีที่แบรกเกตหลุดลงลำคอของผู้ป่วย

5. คุณสมบัติเชิงกล (Mechanical properties)

คุณสมบัติเชิงกลของเซรามิก ขึ้นกับคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุได้แก่

5.1 ความแข็ง (Hardness)

5.2 ความอ่อนตัวสามารถโค้งเปลี่ยนรูป (Ductility)

5.3 ความแข็งแรงดึง (Tensile strength)

5.4 ความแข็งแรงอัด (Compressive strength)

5.5 ความเหนียวด้านทานต่อการแตกหัก (Fracture toughness)

ความแข็งและความอ่อนตัวสามารถโค้งเปลี่ยนรูป

เซรามิกที่นำมาใช้ในงานทันตกรรมจัดฟันมีความแข็งของวัสดุมากกว่าโลหะมาก (รูปที่3) เนื่องจากมีทิศทางการเรียงตัวของแรงยึดระหว่างอะตอมค่อนข้างเฉพาะ (รูปที่4) ซึ่งลักษณะของโครงสร้างอะตอมที่มีออกไซด์ (oxidized atomic lattice) ประกอบอยู่นี้จะไม่ยอมให้มีการเลื่อนไถลของพันธะระหว่างอะตอม และไม่เกิดการกระจายตัวใหม่เมื่อได้รับความเค้น ดังนั้นเมื่อความเค้นสูงขึ้นจนถึงจุดวิกฤต (critical level) แรงยึดระหว่างอะตอมจะแตกออกและทำให้เกิดความล้มเหลวของวัสดุเนื่องจากการแตกหัก เรียกว่า ความล้มเหลวจากความเปราะ (Brittle failure) (Swartz, 1988) แต่โลหะจะสามารถเปลี่ยนรูปได้เมื่อได้รับแรงกระทำ เนื่องจากโครงสร้างอะตอมปราศจากออกไซด์ ดังนั้นเมื่อโลหะได้รับความเค้นจะทำให้มีการเลื่อนไถลของอนุภาค (grain boundaries) ทำให้เกิดการกระจายตัวใหม่ของความเค้นและความเค้นที่ได้รับลดลง ดังนั้นโลหะจึงถูกเปลี่ยนรูปไปโดยไม่มีการแตกหักของวัสดุ ซึ่งการเปลี่ยนรูปนั้นอาจกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ (elastic deformation) หรือไม่สามารถกลับสู่สภาพเดิม (plastic deformation) ขึ้นกับว่าแรงที่กระทำนั้นเกินกว่าระดับของการคืนกลับของโลหะหรือไม่

ความแข็งแรงดึงและความแข็งแรงอัด

เป็นความสามารถของวัสดุในการต้านทานต่อความเค้นสูงสุดที่เกิดจากการดึง หรือการอัดกระแทกโดยปราศจากการแตกหัก จากการทดสอบคุณสมบัติในการต้านทานต่อแรงดึงของแบรกเกตเซรามิกเปรียบเทียบกับแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม พบว่าแบรกเกตเซรามิกมีค่าความแข็งแรงดึงสูงกว่าแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่5) (Scott 1987, 1988; Swartz, 1988) โดยชนิด MCA มีค่ามากกว่า PCA ความแข็งแรงดึงของเซรามิกนั้นไม่เพียงแต่เกี่ยวข้องกับปริมาณเนื้อวัสดุ (bulk property) เท่านั้นแต่ยังเกี่ยวข้องกับสภาพผิว (surface condition) ของเซรามิกด้วย การเกิดรอยขูดขีดหรือรอยครูดเพียงตื้นๆเล็กน้อยบนผิวของเซรามิกจะมีผลทำให้ระดับความต้านทานต่อความเค้นของเซรามิกลดลง เพราะบริเวณเหล่านี้จะมีการรวมตัวของความเค้นสูงทำให้วัสดุแตกหักง่าย (Scott, 1988)

ความเหนียวซึ่งต้านทานต่อการแตกหัก

แบรกเกตเซรามิก ชนิด MCA และ PCA มีค่าความเหนียวซึ่งต้านทานต่อการแตกหักน้อยกว่าแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม 20-40 เท่า และเมื่อเปรียบเทียบแบรกเกตเซรามิกทั้ง 2 ชนิดแล้ว พบว่า แบรกเกตชนิด PCA จะมีค่าความเหนียวซึ่งต้านทานต่อการแตกหักสูงกว่า MCA แบรกเกตเซรามิกมีแนวโน้มที่จะแตกหักได้ง่าย เนื่องมาจากมีสารปนเปื้อนหรือมีความไม่บริสุทธิ์ของวัสดุ แบรกเกตเซรามิกชนิด MCA ซึ่งมีความแข็งแรงสูงจะสามารถแตกได้ง่ายเมื่อได้รับรอยครูดหรือสารปนเปื้อน เนื่องจากจะมีการสะสมของความเค้นที่ตำแหน่งนั้น(Kusy, 1988; Scott, 1988; Swartz, 1988) ทำให้ค่าความแข็งแรงดึงลดลงอย่างมากจึงแตกหักได้ง่ายเมื่อได้รับแรงกระทำแต่แบรกเกตเซรามิกชนิด PCA ซึ่งบนผิวแบรกเกตมักมีรอยครูดและขรุขระ เมื่อได้รับรอยครูดซึ่งมีขนาดเล็กจึงทำให้ค่าความแข็งแรงดึงไม่เปลี่ยนแปลงแสดงว่าแบรกเกตเซรามิกชนิด PCA สามารถต้านทานต่อการแตกหักได้ดีกว่าแบรกเกตเซรามิกชนิด MCA โครงสร้างของเซรามิกนั้นจะทนต่อการได้รับความเค้นได้ต่ำ จึงทำให้มีความเปราะโดยเฉพาะในบริเวณที่มีมุมที่แหลม จะมีการสะสมของความเค้นมาก

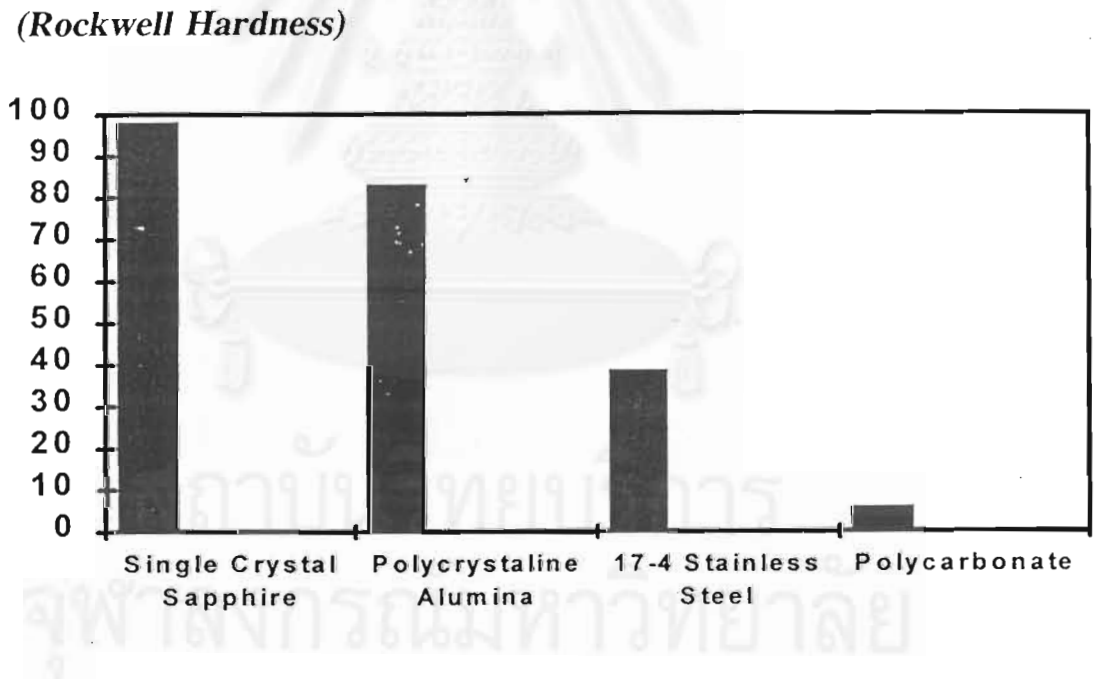
เซรามิกจะแตกหักได้ง่าย ส่วนโลหะเหล็กกล้าไร้สนิมนั้นสามารถทำให้เกิดมุมที่แหลมได้โดยไม่แตกหัก จากคุณสมบัติข้อนี้ของแบรกเกตเซรามิก จึงได้มีการวิเคราะห์ทางไฟไนท์อีลีเมนต์ (finite element) และการประยุกต์ทางวิศวกรรม เพื่อที่จะวิเคราะห์ระดับของความเค้นและการกระจายเพื่อใช้ในการออกแบบแบรกเกตเซรามิกพบว่า การทำให้เกิดมุมที่กลมมนจะลดการแตกหักเนื่องจากความเปราะที่เกิดจากการได้รับแรงที่ต่ำกว่าความแข็งแรงสูงสุดของวัสดุ (รูปที่ 6) การผลิตแบรกเกตเซรามิกโดยลดขนาดของอนุภาคอะลูมินาเพื่อลดขนาดและจำนวนของอนุภาค (grain fragment) ทำให้แบรกเกตมีลักษณะผิวที่เรียบมัน เพื่อลดความขรุขระของผิว,ลดขนาดของความไม่สมบูรณ์และลดสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (coefficient of friction) หรือการใช้ความร้อน, สารเคมีกระทำกับผิวของแบรกเกต เพื่อเพิ่มความแข็งแรงดึง อาจช่วยทำให้ความเหนียวซึ่งต้านทานต่อการแตกหักของแบรกเกตเซรามิกเพิ่มสูงขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องการความเหนียวที่ต้านทานต่อการแตกหักสูงควรใช้แบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมแทนเนื่องจากในปัจจุบันยังไม่สามารถผลิตแบรกเกตเซรามิกที่มีคุณสมบัติดังกล่าวที่มีค่าสูงได้ (Kusy, 1988)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

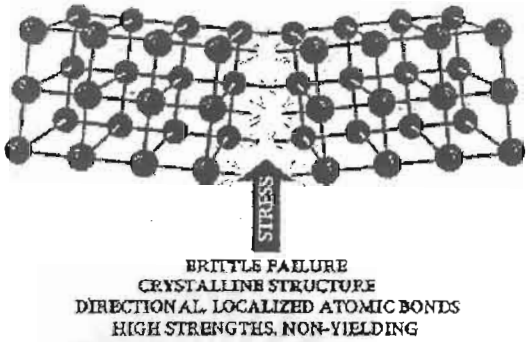
ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิก 2 ชนิด และเหล็กกล้าไร้สนิม

(Birnie, and Edin, 1990)

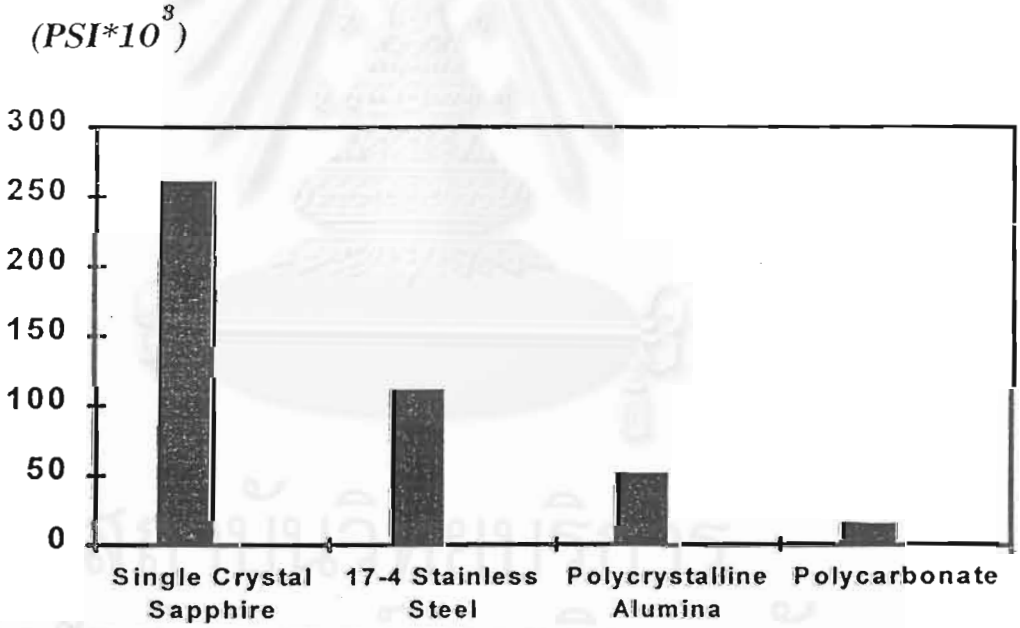
คุณสมบัติ	MCA	PCA	Staninless steel
Hardness (Rockwell)	97.5	82.5	5.35
Tensile strength (psix10^3)	260	55	30-40
Fracture toughness MPaM	2-4.5	3-5	80-95



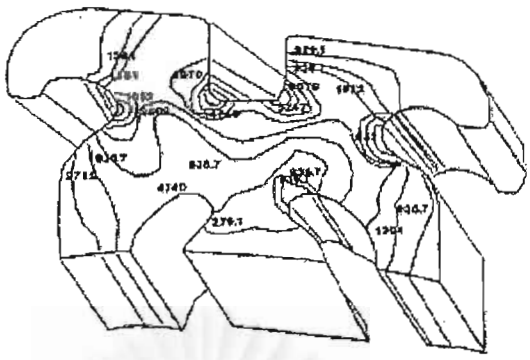
รูปที่ 3 เปรียบเทียบความแข็งผิวรอคเวลล์ของวัสดุ 4 ชนิด (Swartz, 1988)



รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างของอะตอมในผลึกเซรามิกซึ่งไม่สามารถโค้งตัวตามความเค้นที่กระทำ จึงเกิดการหักของพันธะระหว่างอะตอม (Swartz, 1988)



รูปที่ 5 เปรียบเทียบความแข็งแรงดึงของวัสดุ 4 ชนิด (Swartz, 1988)



รูปที่ 6 แสดงการออกแบบแบรกเกตโดยการวิเคราะห์ด้วยไฟไนท์อีลีเมนต์ เพื่อลดความเค้นที่กระทำต่อแบรกเกต (Swartz, 1988)

ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเค้นในวัสดุ

1. การผิดรูปของผลึกเซรามิก (Dislocation in a crystal) (รูปที่ 7)
2. รอยขูดขีดหรือการหลุดลอกของผิววัสดุ
3. การมีรูพรุนของเนื้อวัสดุ ทำให้มีการไถลตัวของอนุภาคข้างเคียง (รูปที่ 8)
4. การมีสิ่งปนเปื้อนซึ่งทำให้วัสดุไม่บริสุทธิ์ ความเค้นจึงรวมตัวที่บริเวณดังกล่าวสูง (รูปที่ 1)
5. การทำให้วัสดุเย็นตัวลงจากอุณหภูมิที่ทำการเผาอย่างรวดเร็วจนเกิดความแตกต่างของสัมประสิทธิ์การขยายตัวจากความร้อนระหว่างในวัสดุและผิวด้านนอก จึงทำให้วัสดุแตกร้าวได้

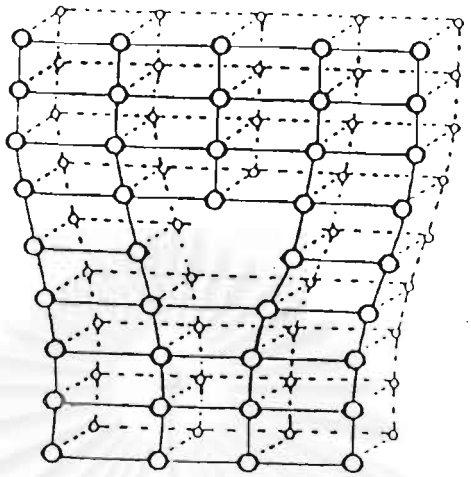
เนื่องจากผู้ป่วยส่วนใหญ่ที่เข้ารับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน นอกจากจะต้องการแก้ไขการสบฟันที่ผิดปกติแล้ว ยังต้องการความสวยงามทั้งขณะรับการรักษาและภายหลังการรักษา โดยเฉพาะผู้ป่วยในวัยทำงาน หรือผู้ป่วยเพศหญิง ดังนั้นเพื่อสนองความต้องการของผู้ป่วย จึงได้มีการพัฒนาเซรามิกมาใช้ในทางทันตกรรมจัดฟัน โดยผลิตในรูปแบบของแบรกเกตที่ใช้ติดบนตัวฟันโดยตรงร่วมกับการใช้กรดกัดและวัสดุยึด แต่เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิกที่ได้กล่าวมา

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

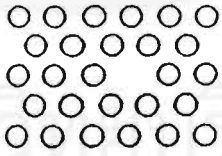
ข้างต้น ทำให้เซรามิกมีความแข็งแต่เปราะและมีความสามารถในการต้านทานต่อการแตกหักต่ำ จึงก่อให้เกิดปัญหาการแตกหักของแบรกเกตขณะใช้งาน นอกจากนี้ค่ากำลังแรงยึดที่สูงมากของแบรกเกตเซรามิกบางชนิดได้ทำให้เกิดการทำลายของผิวเคลือบฟันขณะถอดแบรกเกต (Joseph, and Rossouw, 1990) บริษัทผู้ผลิตจึงพัฒนาการออกแบบแบรกเกตเซรามิกมากมาย เพื่อขจัดปัญหาดังกล่าว ทำให้มีการศึกษาวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดระหว่างผิวเคลือบฟัน,วัสดุยึด และฐานแบรกเกตชนิดต่าง ๆ

ปัจจัยที่มีผลต่อการยึดติดของแบรกเกตกับตัวฟันมีมากมายหลายประการ ซึ่งอาจจำแนกได้เป็นปัจจัยทางด้านเทคนิคและปัจจัยทางด้านคุณสมบัติของส่วนที่เกี่ยวกับการยึดติดโดยตรง ได้แก่ ผิวเคลือบฟัน, วัสดุยึด และแบรกเกต ปัจจัยนี้ไม่สามารถควบคุมได้ในการปฏิบัติงานแต่สามารถควบคุมโดยการเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้งานและวิธีการต่างๆที่ได้มีผู้ศึกษามาแล้ว ปัจจัยทางด้านเทคนิคนั้นสามารถควบคุมได้โดยทันตแพทย์ขณะปฏิบัติงานทางคลินิก ได้แก่ การทำความสะอาดผิวฟันที่จะยึดกับแบรกเกต, การกันความชื้น, วิธีการเตรียมผิวฟัน, การกำจัดสิ่งปนเปื้อน (debris) บนผิวฟันภายหลังใช้กรดกัด (etching) เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7 แสดงการผิดรูปของโครงสร้างของผลึกเซรามิก



รูปที่ 8 แสดงลักษณะมีรูพรุนของวัสดุทำให้อนุภาคข้างเคียงไถลตัวเข้าแทนที่

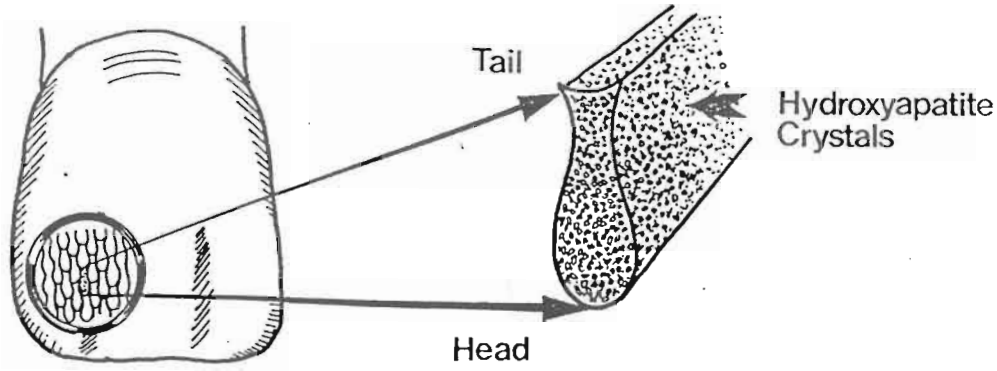
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผิวเคลือบฟัน

โครงสร้างของผิวเคลือบฟัน ประกอบด้วยหน่วยเล็กๆซึ่งเป็นผลึกของไฮดรอกซีอะปาไทต์ (hydroxy apatite) ที่เรียงตัวกันอยู่อย่างเป็นระเบียบเรียกว่า "อีนาเมลปริซึม" (enamel prism) (รูปที่ 9) ด้วยลักษณะดังกล่าวเมื่อใช้กรดอนินทรีย์ที่มีความเข้มข้นพอเหมาะกับผิวเคลือบฟัน ผลึกของไฮดรอกซีอะปาไทต์ส่วนที่เรียงตัวตั้งฉากกับผิวเคลือบฟันจะมีการละลายตัวออกไป เกิดเป็นช่องว่างขนาดเล็กขึ้น เราจึงสามารถยึดแบรกเกตติดกับผิวเคลือบฟันได้โดยใช้วัสดุยึด ส่วนของวัสดุยึดจะแทรกตัวลงไปในช่องว่างขนาดเล็กเหล่านี้ทำหน้าที่ยึดบริเวณฐานแบรกเกตกับผิวเคลือบฟัน โดยผิวเคลือบฟันที่ถูกกรดกัดเหล่านี้อาจมีลักษณะแตกต่างกันออกไปอันเนื่องมาจาก

1. การเรียงตัวของผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ในผิวเคลือบฟัน
2. ส่วนประกอบและรูปร่างของฟันแต่ละซี่
3. ความแตกต่างในส่วนประกอบของผิวเคลือบฟัน ในแต่ละตำแหน่งบนตัวฟัน
4. ปริมาณของผิวเคลือบฟันที่ปราศจากปริซึม (Prismless enamel) บนผิวฟันของฟันแต่ละซี่
5. ความผิดปกติของโครงสร้าง ทั้งในส่วนประกอบที่เป็นอินทรีย์ และอนินทรีย์ของผิวเคลือบฟัน
6. ปริมาณของแอคไควร์เพลลิเคิล (acquired pellicle) ที่ปกคลุมผิวเคลือบฟันอยู่
7. ชนิดและความเข้มข้นของกรด (etchant) ที่ใช้ในการกัดผิวเคลือบฟัน
8. ระยะเวลาในการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟัน (etching time)โดยพบว่าผิวเคลือบฟัน จะถูกละลายมากขึ้นตามเวลา (Wick wire, and Rentz, 1973)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 9 แผนภาพแสดงการเรียงตัวของปริซึมในชั้นของผิวคลือบฟัน

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบฟัน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราดพบว่าผิวเคลือบฟันภายหลังจากการกัดด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 50 มีลักษณะแตกต่างกัน 4 แบบ ได้แก่ (รูปที่ 10)(Diedrich, 1981)

1. ชนิดที่มีการละลายของส่วนแกนกลางของอีนาเมลปริซึม (Central etch type)

เกิดจากการละลายตัวของผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ ที่อยู่ในบริเวณแกนกลางของปริซึม ทำให้เกิดลักษณะคล้ายรวงผึ้งบนผิวเคลือบฟัน

2. ชนิดที่มีการละลายของอีนาเมลปริซึมโดยรอบ (Peripheral etch type)

ผลจากการกัดของกรดต่อบริเวณกึ่งกลางของปริซึมมีน้อยมาก การละลายตัวของผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ส่วนใหญ่เกิดขึ้นบริเวณขอบของปริซึม ซึ่งลักษณะเช่นนี้อาจเกิดจากการกัดของกรดในส่วนของปริซึมที่วางตัวอยู่ลึกลงไปในผิวเคลือบฟัน ซึ่งเป็นผลมาจากความไวต่อกรดไม่เท่ากันของบริเวณบนผิวเคลือบฟัน

3. ชนิดที่มีลักษณะรูปร่างไม่แน่นอน (Less structured etch type)

มักพบลักษณะเช่นนี้ในบริเวณผิวเคลือบฟันที่มีปริซึมน้อย โดยเฉพาะในฟันที่ขึ้นใหม่และส่วนคอฟันของฟันที่มีอายุมาก โดยผิวเคลือบฟันจะมีลักษณะเป็นรูพรุนปะปนไปกับปุ่มเล็กๆ ที่ยื่นขึ้นมา

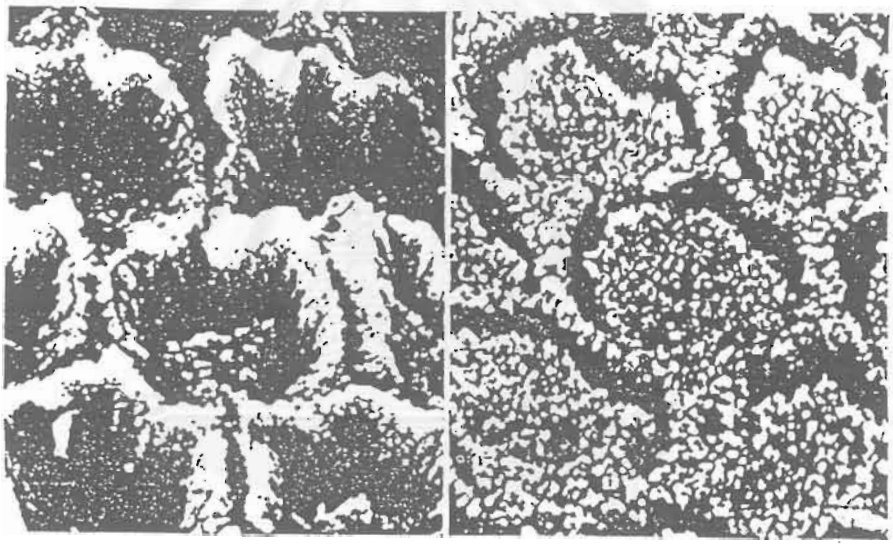
4. ชนิดที่มีลักษณะคล้ายดาวหรือต้นเฟิร์น

   เป็นลักษณะที่พบได้น้อย เป็นผลเนื่องมาจากการเรียงตัวที่ผิดปกติของกลุ่มปริซึม

5. ชนิดที่มีทั้งลักษณะ 1 และ 2 ร่วมกัน (Carstensen, 1992)

   เป็นลักษณะที่พบได้มากเมื่อใช้กรดฟอสฟอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20-40

ลักษณะผิวเคลือบฟันชนิดที่ 1 และ 2 เป็นลักษณะที่ สามารถยึดกับวัสดุยึดได้ดี ส่วนลักษณะผิวเคลือบฟันชนิดที่ 3 และ 4 เป็นลักษณะที่ให้แรงยึดต่ำ



ก ข

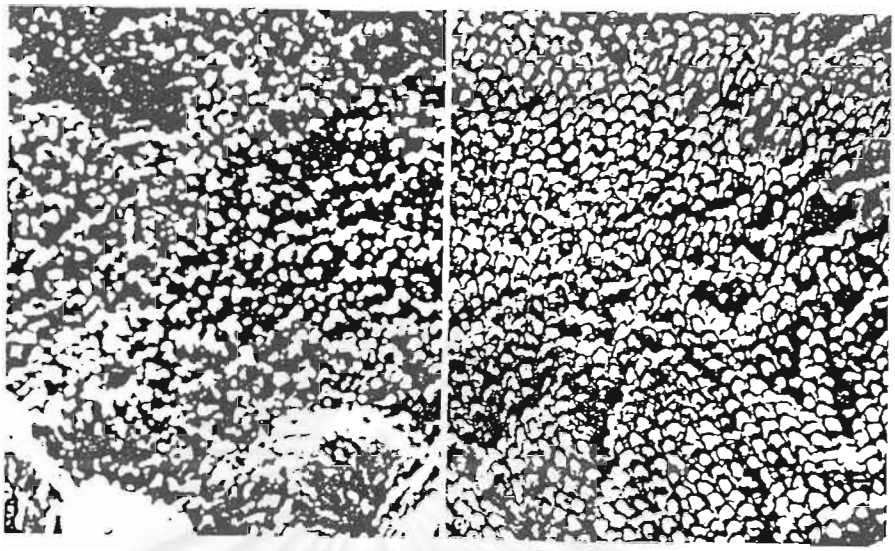
รูปที่ 10 แสดงการเปลี่ยนแปลงในลักษณะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวเคลือบฟัน

ก. บริเวณผิวเคลือบฟันชนิดที่มีการละลายของส่วนแกนกลางของอีนาเมลปริซึม

ข. บริเวณผิวเคลือบฟันชนิดที่มีการละลายของอีนาเมลปริซึมโดยรอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค ง



จ

รูปที่ 10(ต่อ)

ค. บริเวณผิวเคลือบฟันชนิดที่มีลักษณะรูปร่างไม่แน่นอน

ง. บริเวณผิวเคลือบฟันชนิดคล้ายดาวหรือดันเฟิร์น

จ.บริเวณผิวเคลือบฟันชนิดที่มีการละลายของส่วนแกนกลางของอีนาเมลปริซึมและชนิดที่มีการละลายของอีนาเมลปริซึมโดยรอบร่วมกัน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการละลายตัวของผิวเคลือบฟันและรูปทรงที่เกิดจากการกัดผิวเคลือบฟันด้วยกรด (Sheyknolesoam, and Brandt, 1977)

1. ปัจจัยก่อนฟันขึ้น (Pre-eruptive Factors)

อาจมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีและจุลกายวิภาคของฟัน ซึ่งเกิดขึ้นในขณะที่ฟันยังมีการพัฒนาหรือก่อนที่จะขึ้นมาในช่องปาก เช่น การเกิดไฮโปแคลซิฟิเคชั่น (Hypocalcification) หรือไฮโปเพลเซีย (Hypoplasia) ของฟันแท้ เนื่องมาจากการติดเชื้อของรากฟันน้ำนมหรือการดูดซึมสารฟลูออไรด์จากอาหารและน้ำมาสะสมไว้มากเกินไปจนเกิดภาวะฟลูออโรซิส (Fluorosis) ขึ้นในผิวเคลือบฟัน และการได้รับฟลูออไรด์ที่เพียงพอจะมีผลให้ฟันอิ่มตัวด้วยฟลูออไรด์ สภาวะเช่นนี้จะเพิ่มความต้านทานของตัวฟันต่อการกัดของกรด (Volker, 1940; Lehman, and Davidson, 1981)

2. ปัจจัยหลังฟันขึ้น (Post-eruptive Factor)

ได้แก่ ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายตัวของผิวเคลือบฟัน ภายหลังจากที่ฟันได้ขึ้นมาในช่องปากแล้ว เช่น การใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ทำให้ผิวเคลือบฟันมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนของกรดได้มากขึ้น นอกจากนี้การมีคราบจุลินทรีย์ และแอคไควร์เพลลิเคิลจะเป็นสิ่งที่ขัดขวางไม่ให้กรดแพร่ไปสู่ผิวเคลือบฟันได้

กรดที่นำมาใช้ในการกัดผิวเคลือบฟันในปัจจุบัน ได้แก่

1. กรดฟอสฟอริก
2. กรดโพลีอะคริลิก
3. กรดไนตริก

ในการศึกษาเกี่ยวกับกำลังแรงยึดของแบรกเกตเซรามิกพบว่า ชนิดของกรดที่ใช้,ระยะเวลาในการกัดของกรด และความเข้มข้นของกรดจะมีผลต่อแรงยึดและบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติด โดยพบว่าความเข้มข้นของกรดฟอสฟอริกที่ให้กำลังแรงยึดที่ดีคือที่ความเข้มเข้นร้อยละ 30-40 (Moin, and Dogon 1974; Wang et al. , 1994) แต่ Retief (1992) พบว่าไม่มีความแตกต่าง

ระหว่างค่ากำลังแรงยึดเมื่อใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 10-50 สำหรับระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟันยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ โดยพบว่าระยะเวลา 15-30 วินาทีนั้นสามารถให้ค่ากำลังแรงยึดที่ยอมรับได้ในทางคลินิก (Olsen et al. , 1996)

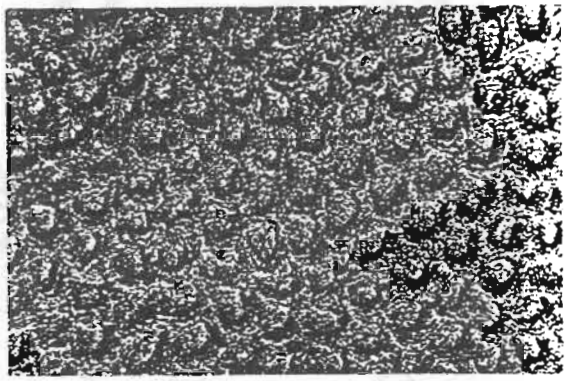
เมื่อพิจารณาทั้ง 2 ปัจจัยข้างต้นร่วมกันแล้วพบว่า การใช้ระยะเวลาในการกัดผิวเคลือบฟันน้อย (ประมาณ 15 วินาที) ร่วมกับความเข้มข้นของกรดฟอสฟอริกต่ำ (ร้อยละ10) สามารถให้ค่ากำลังแรงยึดที่สูงเพียงพอในการใช้งานในคลินิกโดยเมื่อถอดแบรกเกตจะไม่เกิดการทำอันตรายต่อผิวเคลือบฟัน เนื่องจากกรดที่มีความเข้มข้นต่ำ จะทำให้เกิดการละลายของผิวเคลือบฟันตื้นและเรซินแทกซ์สั้น ซึ่งแรงยึดแบบพันธะเชิงกลที่ตำแหน่งนี้ จะทำให้เกิดความล้มเหลวของการยึดติดที่ระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึดได้ง่าย หรืออาจเกิดความล้มเหลวของการยึดติดภายในวัสดุยึดเอง (Godoy, and Martin, 1995)

การเตรียมผิวฟันโดยการใช้กรดโพลีอะคริลิก ทาบนผิวเคลือบฟันจะให้กำลังแรงยึดแบบเฉือนของแบรกเกตเซรามิกกับผิวเคลือบฟันลดลงประมาณร้อยละ 48 เมื่อเทียบกับการใช้กรดฟอสฟอริก และเมื่อทำการถอดแบรกเกต พบว่าบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติด คือ บริเวณระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึด จึงพบปริมาณวัสดุยึดส่วนใหญ่บนฐานของแบรกเกต (Maskeroni et al.,1990) เนื่องมาจากการใช้กรดชนิดนี้จะทำให้เกิดผลึก (Crystal growth) บนผิวเคลือบฟัน ดังนั้นวัสดุยึดจะแทรกไปในผลึกที่เกาะบนผิวเคลือบฟันมากกว่าที่จะแทรกเข้าไปในผิวเคลือบฟันดังนั้นความล้มเหลวในการยึดติดขณะถอดแบรกเกตจะเกิดภายในผลึก ไม่ทำอันตรายต่อผิวเคลือบฟัน แต่การใช้กรดฟอสฟอริกเตรียมผิวฟันวัสดุยึดจะแทรกเข้าไปในผิวเคลือบฟันที่ถูกกรดกัด ทำให้จะเกิดความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด จึงเหลือปริมาณวัสดุยึดส่วนใหญ่บนผิวเคลือบฟัน หรืออาจเกิดความล้มเหลวในการยึดติดที่ระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึด ซึ่งอาจเกิดอันตรายต่อผิวเคลือบฟันได้ (Bishara et al. , 1993)

ข้อดีของการใช้กรดโพลีอะคริลิก (Smith, 1973)

1. ผิวเคลือบฟันไม่ถูกทำลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. การรื้อแบรกเกตและกำจัดวัสดุยึดที่เหลืออยู่ ทำได้ง่าย
3. การสูญเสียชั้นผิวเคลือบที่มีฟลูออไรด์อยู่มาก มีจำนวนน้อย
4. เหลือวัสดุยึดบนตัวฟันน้อย ภายหลังการถอดแบรกเกต

สำหรับการใช้กรดไนตริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 2.5 เปรียบเทียบกับกรดฟอสฟอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 37 ในการเตรียมผิวฟันเพื่อใช้ยึดแบรกเกตเซรามิกพบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างค่ากำลังแรงยึดหรือการทำอันตรายต่อผิวเคลือบฟันระหว่างกรดทั้งสองชนิดแต่การใช้กรดไนตริก จะมีวัสดุยึดหลงเหลืออยู่บนผิวฟันน้อยกว่าทำให้สามารถกำจัดวัสดุยึดได้ง่ายกว่า เนื่องจากกรดไนตริกจะกัดกร่อนผิวเคลือบฟันได้ตื้นกว่า และมีรูปแบบที่แน่นอน (Blight, and Lynch, 1995)



รูปที่ 11 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราดแสดงลักษณะผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดไนตริกความเข้มข้นร้อยละ 2.5 เป็นเวลา 30 วินาที

วัสดุยึด

การใช้วัสดุยึดในงานทันตกรรมจัดฟันเป็นทางเลือกสำหรับการหลีกเลี่ยงการใช้ปลอกโลหะรัดฟันโดย Newman (1965) เป็นบุคคลแรกที่นำเอาวัสดุยึดมาใช้ในการยึดติดของแบรกเกตกับผิวเคลือบฟัน โดยวัสดุยึดเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดของแบรกเกตกับผิวเคลือบฟัน นอกจากนี้ไพร์มเมอร์ของวัสดุยึดจะมีผลให้ค่ากำลังแรงยึดของแบรกเกตกับผิวเคลือบฟันสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้ไพร์มเมอร์ขณะติดแบรกเกต

ในระยะแรกวัสดุยึดที่นำมาใช้เป็นชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมี (chemical cured resin) ซึ่งจะมีข้อด้อย คือ แข็งตัวเร็วและมีระยะเวลาการทำงานจำกัด ทำให้เกิดผลตามมาคือ ตำแหน่งของแบรกเกตที่ติดไม่ถูกต้อง นอกจากนี้ในการผสมวัสดุยึดชนิดนี้ ถ้าผสมไม่ดีอาจมีฟองอากาศอยู่ภายในเนื้อวัสดุที่ผสมเสร็จแล้ว ทำให้กำลังแรงยึดลดลง และเพิ่มความพรุนของผิววัสดุยึดด้วย ในปัจจุบันได้มีการนำวัสดุยึดชนิดบ่มด้วยปฏิกิริยาทางเคมีที่ไม่ต้องผสมมาใช้เนื่องจากความสะดวกในการใช้งาน แต่ในการยึดแบรกเกตเซรามิกการใช้วัสดุยึดชนิดไม่ต้องผสมเป็นข้อบ่งห้าม (Swartz, 1988) เนื่องมาจากวัสดุยึดชนิดไม่ต้องผสมจะประกอบไปด้วยความเข้มข้นที่สูงของตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อจะให้การแข็งตัวของวัสดุยึดเกิดได้เร็วขึ้น ซึ่งอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของวัสดุยึด และการหดตัวเนื่องจากการแข็งตัวมากกว่าในวัสดุยึดชนิดต้องผสม ดังนั้นวัสดุยึดชนิดไม่ต้องผสมจะถูกออกแบบมาเพื่อให้มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มที่บางที่สุด เพื่อไม่ให้เกิดการหดตัวเนื่องจากปฏิกิริยาการแข็งตัว แต่ในแบรกเกตเซรามิกที่มีกลไกการยึดติดแบบพันธะเชิงกล จะมีลักษณะของฐานแบรกเกตเป็นร่องหรือหลุมเพื่อต้องการให้เกิดความหนาของวัสดุยึด จึงไม่เหมาะกับคุณสมบัติที่ต้องการมีความบางที่สุดของวัสดุยึดชนิดไม่ต้องผสม

ต่อมาได้มีการนำวัสดุอุดชนิดบ่มตัวด้วยแสง (light cured resin)มาใช้ในการบูรณะฟันจึงได้มีการพัฒนานำมาใช้ในทางทันตกรรมจัดฟัน โดยใช้เป็นวัสดุในการยึดติดแบรกเกตกับผิวเคลือบฟัน โดยมีข้อดีคือจะเกิดการโพลีเมอร์ไรเซชั่น (polymerization) เมื่อได้รับแสงที่มีความยาวคลื่น

450-470 นาโนเมตร ทำให้มีเวลาในการติดตำแหน่งของแบรกเกตให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้อง เนื่องจากคุณสมบัติ "คอมมานเซท" (command set) ของวัสดุยึดและมีความพรุนของผิววัสดุน้อยอีกด้วย

จากการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของกำลังแรงยึดแบบเฉือนของแบรกเกตเซรามิกและแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมที่ใช้วัสดุยึดชนิดบ่มด้วยปฏิกิริยาเคมี และชนิดบ่มด้วยแสงรวมทั้งศึกษาบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดพบว่า แบรกเกตเซรามิกและแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมที่ยึดติดกับผิวเคลือบฟันด้วยวัสดุยึดทั้งชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีและชนิดบ่มตัวด้วยแสง จะให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนที่สูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ทางคลินิก ซึ่งค่าแรงยึดทางคลินิกจะมีค่าประมาณ 60-80 kg/cm^2 หรือ 6-8 MN/m^2 (Reynold, 1975) โดยในแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมจะไม่มีความแตกต่างของค่ากำลังแรงยึดระหว่างวัสดุยึดทั้ง 2 ชนิด แต่ในแบรกเกตเซรามิกค่ากำลังแรงยึดในกลุ่มที่ใช้วัสดุยึดชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีซึ่งประกอบด้วยวัสดุอัดแทรก (Filler) ขนาดใหญ่ (Concise) จะมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ใช้วัสดุยึดชนิดบ่มด้วยแสง ซึ่งประกอบด้วยวัสดุอัดแทรกขนาดเล็ก (Heliosit) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในกรณีใช้วัสดุยึดชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมียึดติดแบรกเกตเซรามิกจะปรากฏการแตกหักของผิวเคลือบฟันถึงร้อยละ 40 ดังนั้นควรระมัดระวังการใช้แบรกเกตเซรามิกร่วมกับวัสดุยึดชนิดนี้ในฟันที่รักษารากฟันแล้วหรือฟันที่มีวัสดุอุดฟันขนาดใหญ่เพราะขณะถอดแบรกเกต อาจเกิดอันตรายต่อผิวเคลือบฟันได้ (Joseph, and Rossouw,1990)

Sam และคณะ (1993) ศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของแบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะการยึดติดแบบพันธะเคมี (Transcend) โดยใช้วัสดุยึดชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมี 2 ชนิด ได้แก่ Concise และ Dyna-Plus ซึ่งมีปริมาณวัสดุอัดแทรกแตกต่างกันและศึกษาถึงบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติด พบว่าเมื่อใช้วัสดุยึดชนิดที่มีปริมาณวัสดุอัดแทรกต่ำคือ Dyna-Plus จะให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนต่ำกว่า และบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดพบได้หลายบริเวณ เช่น บริเวณระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึด, บริเวณภายในวัสดุยึด หรือบริเวณระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด ส่วนในกลุ่มที่ใช้วัสดุยึดชนิดที่มีปริมาณวัสดุอัดแทรกสูงคือ Concise จะพบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึดเป็นส่วนใหญ่ แสดงให้เห็นว่า การ

ยึดติดแบบพันธะเชิงกลของผิวเคลือบฟันกับวัสดุยึดแข็งแรงกว่าการยึดแบบพันธะเคมีของแบรกเกตกับวัสดุยึด ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Gwinnett (1988) ที่พบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึดเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้การศึกษาครั้งนี้ยังไม่พบการแตกหักของผิวเคลือบฟัน ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Joseph และ Rossouw (1990) ที่พบการแตกหักของผิวเคลือบฟันถึงร้อยละ 40

Winchester (1991) ทำการศึกษาค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนในแบรกเกตเซรามิก 4 ชนิด โดยใช้วัสดุยึดชนิดบ่มตัวด้วยแสง 2 ชนิด คือ Prismafil ซึ่งมีปริมาณวัสดุอัดแทรกร้อยละ 79 และ Heliosit ซึ่งมีปริมาณวัสดุอัดแทรกร้อยละ 15 พบว่าในการใช้วัสดุยึดชนิด Heliosit จะให้ค่ากำลังแรงยึดสูงกว่า ชนิด Prismafil ซึ่งแตกต่างจากแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมที่ค่ากำลังแรงยึดจะสูงขึ้นเมื่อใช้วัสดุยึดที่มีปริมาณวัสดุอัดแทรกสูง โดยเขาอธิบายว่าในกรณีที่แบรกเกตเซรามิกยึดกับวัสดุยึดที่มีปริมาณวัสดุอัดแทรกสูงกลับให้ค่ากำลังแรงยึดที่ต่ำลง เนื่องมาจากความแตกต่างของความหนาของวัสดุยึด คือ Prismafil มีความหนืดมากทำให้มีความหนาของวัสดุยึดมากค่ากำลังแรงยึดจึงต่ำ และในวัสดุที่มีความหนืดต่ำจะให้เรซินแทกซ์ที่มีความยาวมากกว่ายื่นเข้าไปในผิวเคลือบฟันที่ถูกกรดกัดทำให้มีค่ากำลังแรงยึดสูง

จากการศึกษาเปรียบเทียบการใช้วัสดุยึด 3 ชนิด ได้แก่ วัสดุยึดชนิดที่มีการบ่มตัวด้วยแสงเลเซอร์, วัสดุยึดชนิดที่มีการบ่มตัวด้วยแสง และวัสดุยึดชนิดที่มีการบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมียึดกับแบรกเกตเซรามิกชนิดที่มีการยึดติดแบบพันธะเคมีและพันธะเชิงกลพบว่า ค่ากำลังแรงยึดเมื่อใช้วัสดุยึดชนิดบ่มตัวด้วยแสงเลเซอร์ และชนิดบ่มตัวด้วยแสงจะมีค่ากำลังแรงยึดสูงกว่าที่แนะนำโดย Retief (1974) ว่าอาจจะทำให้เกิดอันตรายต่อผิวเคลือบฟัน คือ 140kg/cm^2 หรือ 13.734 MPa โดยพบว่าบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดจะเกิดขึ้นที่ระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึดเป็นส่วนใหญ่ และพบมีการแตกหักของผิวเคลือบฟันถึงร้อยละ 10 ส่วนในกรณีที่ใช้วัสดุยึดชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดความล้มเหลวของการยึดติดที่บริเวณภายในวัสดุยึดเป็นส่วนใหญ่แสดงว่าวัสดุยึดชนิดนี้จะให้แรงยึดบริเวณระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึดแข็งแรงกว่าแรงยึดระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึดทำให้ลดโอกาสเสี่ยงในการเกิดอันตรายต่อผิวเคลือบฟัน

Evan และ Power (1985) รายงานว่า การเพิ่มความหนาของวัสดุยึดมีผลต่อค่ากำลังแรงยึดแบบดึงทั้งในวัสดุยึดชนิดผสม และวัสดุยึดชนิดไม่ต้องผสม โดยค่ากำลังแรงยึดดังกล่าว จะลดลงเมื่อความหนาของวัสดุยึดเพิ่มขึ้นเนื่องจาก ขบวนการแข็งตัวไม่สมบูรณ์, วัสดุมีการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน, วัสดุมีการหดตัวเมื่อเกิดปฏิกิริยาแข็งตัว และการมีฟองอากาศในวัสดุยึดซึ่งมักเกิดขึ้นกับวัสดุยึดชนิดผสม

Mackay (1992) พบว่า วัสดุยึดจะมีความหนาที่เหมาะสมในแต่ละชนิด ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความหนืด การเพิ่มความหนาของวัสดุยึด (Concise, Delphic, Aurafill, Silar) 0.26 มม. จะมีผลต่อกำลังแรงยึดแบบเฉือนเพียงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับ Jost-Brinkmann และคณะ (1992) ซึ่งรายงานว่า วัสดุยึดที่มีวัสดุอัดแทรกขนาดใหญ่ เช่น Concise, Phase II, Excel จะมีกำลังแรงยึดสูงที่สุด โดยความหนาของวัสดุยึดไม่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึด

ในปัจจุบันได้มีการนำวัสดุยึดชนิดกลาสไอโอโนเมอร์ (Glass ionomer cement) เข้ามาใช้ในงานทันตกรรมจัดฟันเนื่องจากมีข้อดีในแง่ของความสามารถในการปล่อยฟลูออไรด์ ทำให้ลดอัตราเสี่ยงของการเกิดจุดด่างขาวในขณะจัดฟัน แต่วัสดุยึดชนิดกลาสไอโอโนเมอร์เมื่อยึดกับแบรกเกตเซรามิก จะให้ค่ากำลังแรงยึดที่ต่ำกว่าวัสดุยึดชนิดคอมโพสิทเรซิน แม้ว่าวัสดุยึดชนิดกลาสไอโอโนเมอร์ จะให้ค่ากำลังแรงยึดที่เพียงพอสำหรับการใช้งานทางคลินิก คือมากกว่า 3 MPa (Fajen et al. , 1990) และพบความล้มเหลวของบริเวณยึดติดส่วนใหญ่ที่ระหว่างวัสดุยึดและผิวเคลือบฟัน (Jou et al. ,1995) การที่วัสดุยึดชนิดกลาสไอโอโนเมอร์ให้ค่ากำลังแรงยึดที่ต่ำกว่าวัสดุยึดคอมโพสิทเรซิน แต่เพียงพอสำหรับการใช้งานในคลินิกจะมีประโยชน์ในการลดอัตราเสี่ยงของการเกิดอันตรายต่อผิวเคลือบฟันขณะถอดแบรกเกต แต่ Nkenke และคณะ (1997) พบว่าเมื่อใช้วัสดุยึดกลาสไอโอโนเมอร์กับแบรกเกตเซรามิกที่มีชื่อทางการค้าว่า Allure III และ Transcend 2000 จะให้ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงที่มีค่าต่ำ จึงไม่แนะนำให้ใช้ในคลินิก เนื่องมาจากวัสดุยึดกลาสไอโอโนเมอร์ต้องการความหนาของวัสดุมากกว่าคอมโพสิทเรซิน เพื่อให้เกิดค่ากำลังแรงยึดที่สูง ชั้นบางๆ ของกลาสไอโอโนเมอร์จะฉีกขาดง่าย ดังนั้นจะต้องใช้กับแบรกเกตที่มีการออกแบบฐาน

แบรกเกตเพื่อเพิ่มกำลังแรงยึดของวัสดุนี้ โดยให้มีความหนาของวัสดุเพิ่มขึ้น (White, 1986; Cook , Yon, and Son, 1988; Fisher-Brandics et al. , 1991; Bauer et al. , 1993)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบรกเกต

แบรกเกตเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือที่มีบทบาทสำคัญในเครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่น เนื่องจากเป็นส่วนที่ส่งผ่านแรงที่เกิดขึ้นในการจัดฟันไปยังตัวฟัน ในปัจจุบันแบรกเกตที่ใช้ในเทคนิคไดเรกบอนด์สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. แบรกเกตโลหะ

แบรกเกตโลหะที่ใช้ในเทคนิคไดเรกบอนด์ ได้ถูกดัดแปลงมาจากแบรกเกตแบบเดิมที่ใช้เชื่อมต่อกับปลอกโลหะรัดฟัน โดยทำการออกแบบฐานแบรกเกตให้มีลักษณะเป็นอันเดอร์คัทเพื่อให้เกิดการยึดแบบพันธะเชิงกลระหว่างแบรกเกต, วัสดุยึดและผิวเคลือบฟัน

บริษัทผู้ผลิตแบรกเกตได้มีการออกแบบฐานแบรกเกตให้มีลักษณะแตกต่างกันเพื่อพัฒนาการยึดของแบรกเกตให้ติดกับฟันโดยแรงยึดที่สูงเพียงพอกับการใช้งานทางคลินิก ได้แก่ ฐานแบรกเกตแบบหลุม (micro-loc), แบบตะแกรง (foil-mesh), แบบที่เชื่อมด้วยวัสดุที่มีรูพรุนที่ฐานแบรกเกต (porous metal powder), แบบร่องในแนวนอนร่วมกับร่องรูปตัววี (Integral base) หรือแบบร่อง (grooves) โดยพบว่าแบรกเกตที่มีลักษณะฐานแบบตะแกรง จะให้กำลังแรงยึดมากกว่าแบบร่องในแนวนอนร่วมกับร่องรูปตัววีที่ได้จากการกลึง (Dyna-lock) (Odegaard, and Segner, 1988; Rungsi Thavarungkul, 1990) และแบบที่ลักษณะฐานเป็นรูพรุน (Reynold, and Von Fraunhofer, 1977)

Sheykholam และ Brandt (1977) ได้ชี้ให้เห็นถึงเหตุผลที่ฐานแบรกเกตชนิดตะแกรงโลหะให้ความแข็งแรงในการยึดมากกว่าฐานแบรกเกตชนิดที่มีรูพรุน เนื่องมาจากฐานแบรกเกตชนิดที่มีลักษณะเป็นตะแกรงโลหะจะมีจุดที่สามารถเกาะเกี่ยวกับวัสดุยึดสูงถึง 10,000 จุด ต่อพื้นที่ 1 ตารางนิ้ว ซึ่งมากกว่าแบรกเกตชนิดที่มีฐานมีลักษณะเป็นรูพรุนมาก นอกจากนี้ยังได้มีการปรับปรุงฐานแบรกเกตที่มีลักษณะเป็นตะแกรงโลหะให้ส่วนที่เป็นตะแกรงโลหะสามารถติดอยู่กับฐานแบรกเกตได้ดีขึ้น ทำให้ส่วนที่เป็นตะแกรงโลหะไม่หลุดออกจากฐานแบรกเกตในขณะที่ทำการถอดแบรกเกต ซึ่ง

ในแบรกเกตแบบเก่าจะใช้การเชื่อมด้วยไฟฟ้า (weld) ทำให้เกิดจุดเชื่อม (weld spot) ขึ้นจำนวนหนึ่ง ซึ่งบริเวณจุดเชื่อมนี้จะมีลักษณะแบนราบทำให้ไม่สามารถยึดเกาะกับวัสดุยึดได้ เพื่อขจัดปัญหาเหล่านี้จึงได้มีการปรับปรุงวิธียึดตะแกรงโลหะเข้ากับฐานแบรกเกต จากการเชื่อมด้วยไฟฟ้ามาเป็นวิธีบัดกรี (brazing) ทำให้ตะแกรงโลหะสามารถยึดกับวัสดุยึดได้อย่างเต็มที่

Lopez (1980) รายงานผลการทดลองเปรียบเทียบกำลังแรงยึดแบบเฉือนของแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีฐานต่างกัน 16 ชนิด โดยทำการยึดแบรกเกตลงบนฟันวัวด้วยวัสดุยึดชนิดเดียวกัน การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ 24 ชั่วโมง และ 30 วัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันของกำลังแรงยึดแบบเฉือนของฟันที่ติดแบรกเกตทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และ 30 วัน ในแบรกเกตทุกชนิดที่ทำการทดลอง โดยแบรกเกตซึ่งมีลักษณะฐานแบบตะแกรงโลหะที่ยึดด้วยวิธีบัดกรีจะให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนได้มากกว่าแบรกเกตชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มที่ติดแบรกเกตไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่วนในกลุ่มที่ติดแบรกเกตไว้เป็นเวลา 30 วันนั้นแบรกเกตชนิดตะแกรงโลหะ และแบรกเกตชนิดหลุม ให้ค่ากำลังแรงยึดไม่แตกต่างกันโดยแบรกเกตที่ลักษณะฐานเป็นรูพรุนจะให้ค่ากำลังแรงยึดที่ต่ำที่สุด

Dickinson และ Power (1980), Maijer และ Smith (1981) พบว่า จุดเชื่อม ซึ่งพบในฐานของแบรกเกตบางชนิดที่ทำการยึดส่วนของฐานเข้ากับตัวแบรกเกตด้วยวิธีเชื่อมเฉพาะจุด จะทำให้พื้นที่ในการยึดกับวัสดุยึดของบริเวณเกาะเกี่ยวของฐานแบรกเกตลดลง เนื่องจากจุดเชื่อมนี้มีการทำลายส่วนของตะแกรงโลหะเกิดเป็นบริเวณที่มีลักษณะแหลมขึ้น ทำให้มีความเค้นสะสมในบริเวณดังกล่าว ดังนั้นความแข็งแรงในการยึดของฐานแบรกเกตจึงลดลง ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่มีความสำคัญในการลดความแข็งแรงในการยึดของแบรกเกตและวัสดุยึดลงคือ ฟองอากาศที่แทรกอยู่ระหว่างฐานแบรกเกตกับวัสดุยึดซึ่งมักพบในแบรกเกตที่มีลักษณะฐานแบบหลุม นอกจากปัจจัยดังกล่าวข้างต้นแล้ว Maijer และ Smith ยังพบว่า แบรกเกตที่ลักษณะของฐานแบบตะแกรงโลหะชนิดที่มีความถี่มากจะให้ค่ากำลังแรงยึดสูงกว่าแบรกเกตที่ลักษณะของฐานแบบตะแกรงโลหะชนิดที่มีความถี่น้อยอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้วัสดุยึดที่มีปริมาณวัสดุอัดแทรกต่ำ (Dynabond)

Smith และ Maijer (1983) ได้ทดลองทำการเคลือบฐานของลิงกวลบัตดอน(lingual button) ด้วยเม็ดโลหะเหล็กกล้าไร้สนิม หรือเม็ดโลหะโคบอลต์-โครเมี่ยม ขนาดต่างๆกัน โดยการเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมงในอากาศเฉื่อย พบว่าจะให้ค่ากำลังแรงยึดที่มากกว่าฐานแบบตะแกรงโลหะอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากวัสดุยึดจะสามารถแทรกตัวเข้าไปอยู่ระหว่างผงโลหะที่เคลือบอยู่ได้ดีด้วยแรงแบบแคปิลารี (capillary action) เป็นผลให้เกิดการเกาะเกี่ยวที่แข็งแรงกว่า

Ferguson, Read และ Watts (1984) พบว่าแบรกเกต Dyna-lock ให้ความแข็งแรงในการยึดน้อยกว่าแบรกเกตที่ลักษณะฐานแบบตะแกรงโลหะและแบบหลุม เมื่อใช้กับวัสดุยึดชนิดไม่ต้องผสม (Right-on) อย่างไรก็ตามเมื่อใช้วัสดุยึดชนิดผสมที่มีปริมาณวัสดุอัดแทรกสูง (Concise) ค่ากำลังแรงยึดของแบรกเกตนี้จะเพิ่มขึ้นและเท่ากับแบรกเกตที่มีลักษณะฐานแบบหลุม แต่มากกว่าแบรกเกตที่ลักษณะฐานแบบตะแกรงโลหะ โดยลักษณะฐานแบรกเกตเป็นร่องรูปตัววีของ Dyna-lock สามารถลดการเกิดฟองอากาศระหว่างวัสดุยึดและฐานแบรกเกตซึ่งมักพบในแบรกเกตที่มีลักษณะฐานแบบหลุม และอาจมีผลให้ความแข็งแรงในการยึดมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ผลจากการทดลองที่ได้กลับไม่เป็นไปตามสมมติฐานดังกล่าวเมื่อใช้กับวัสดุยึดชนิดไม่ต้องผสม เมื่อวิเคราะห์บริเวณฐานของแบรกเกต Dyna-lock พบว่าบริเวณขอบของโลหะด้านข้างของบริเวณที่เป็นร่องและส่วนโลหะที่อยู่ชิดกับผิวฟันมีลักษณะเป็นมุมแหลมซึ่งทำให้เกิดความเค้นของวัสดุยึดที่บริเวณนั้นและก่อให้เกิดความล้มเหลวของการยึดติดที่ระหว่างฐานแบรกเกตและวัสดุยึด

Regan และ van Noort (1989) ทำการศึกษาอิทธิพลของลักษณะฐานแบรกเกตที่มีต่อค่ากำลังแรงยึดแบบดึงและแบบเฉือนโดยทำการศึกษาในแบรกเกตที่มีฐานเป็นโลหะชิ้นเดียวกับตัวแบรกเกต 2 ชนิด คือ Edgeway ซึ่งฐานแบรกเกตมีลักษณะเป็นร่องตามแนวตั้งและแนวนอน และ Dyna-lock ซึ่งฐานแบรกเกตมีลักษณะเป็นร่องในแนวนอนร่วมกับรูปตัววีเปรียบเทียบกับแบรกเกตที่มีฐานแบบตะแกรงโลหะ แบรกเกตทั้งหมดยึดกับแท่งพลาสติกด้วยวัสดุยึดชนิดไม่ต้องผสม (Advantage) และวัสดุยึดชนิดผสม (Phase II) ผลการทดลองพบว่า Edgeway จะให้ค่ากำลังแรงยึดแบบดึง/ปอก และแบบเฉือน/ปอกสูงที่สุด ขณะที่ Dyna-lock จะให้ค่ากำลังแรงยึดทั้งสองต่ำสุด และ

เมื่อใช้วัสดุยึด Phase II แบรกเกตจะมีค่ากำลังแรงยึดสูงกว่าเมื่อใช้วัสดุยึด Advantage ความแตกต่างของค่ากำลังแรงยึดเป็นผลมาจากลักษณะของฐานแบรกเกตที่แตกต่างกัน, ชนิดของแรงที่ทำการทดสอบ และชนิดของวัสดุยึด มิใช่เป็นผลมาจากขนาดของฐานแบรกเกตที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาลักษณะของฐานแบรกเกต Edgeway ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราดพบว่า มีผิวที่หยาบกว่าแบรกเกตอื่นเป็นผลมาจากขบวนการผลิตที่ทำการหล่อส่วนเกาะเกี่ยวบริเวณฐานแบรกเกตออกมาพร้อมกับตัวแบรกเกตทำให้มีไมโครเมคานิคอลรีเทนชั่น (micromechanical retention) มากกว่า นอกจากนี้วัสดุยึดสามารถเกาะเกี่ยวกับร่องทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ในขณะที่แบรกเกต Dyna-lock วัสดุยึดสามารถเกาะเกี่ยวกับฐานแบรกเกตเฉพาะร่องในแนวนอนเท่านั้น อีกทั้งฐานแบรกเกตมีความเรียบเนื่องจากขบวนการกลึงจึงทำให้มีค่ากำลังแรงยึดที่ต่ำกว่า

2. แบรกเกตพลาสติก

Newman (1969) เป็นบุคคลแรกที่พัฒนาแบรกเกตพลาสติกเพื่อใช้ในเทคนิคไดเรกบอนด์ โดยเลือกใช้โพลีคาร์บอเนตที่ไม่มีวัสดุอัดแทรก (Unfilled polycarbonate)ในการผลิตแบรกเกต แบรกเกตพลาสติกนี้จะใช้อีพอกซีเรซินเป็นวัสดุยึดแบรกเกตเข้ากับตัวฟัน นอกจากอีพอกซีเรซินแล้ว แบรกเกตนี้ยังสามารถยึดติดกับวัสดุยึดที่มีเบสเป็นเมทิลเมทาคริเลตซึ่งเป็นเบสที่สามารถเกิดพันธะเคมีกับแบรกเกตพลาสติกได้โดยตรง แต่หากจะใช้วัสดุยึดที่มีเบสเป็น Bis-GMA กับแบรกเกตพลาสติกจะต้องใช้ร่วมกับไพร์มเมอร์ เพื่อให้มีการต้านทานต่อแรงดึงสูงขึ้น (de Pulido, 1983)

แบรกเกตพลาสติกมีข้อดีในด้านให้ความสวยงามและสามารถสร้างพันธะเคมีกับวัสดุยึดได้ ทำให้มีความแข็งแรงในการยึดสูงกว่าแบรกเกตโลหะ(Reynold, 1977) แต่แบรกเกตชนิดนี้มีข้อเสียบางประการเช่น มีความแข็งแรงน้อยมักจะบิดหรือแตกหักในระหว่างการรักษาไม่ว่าจะใช้ลวดกลมหรือลวดสี่เหลี่ยมหรือแม้แต่การผูกแบรกเกตด้วยลวดเหล็กกล้าไร้สนิม (Aird, and Durning, 1987) นอกจากนี้แบรกเกตพลาสติกยังมีการสึกกร่อนของร่องแบรกเกตทำให้สูญเสียความสามารถในการควบคุมแนวแกนของฟัน และข้อเสียที่สำคัญของแบรกเกตพลาสติก คือ สามารถเปลี่ยนสีได้ และต้องใช้วัสดุยึดโดยเฉพาะ

3. แบรกเกตเซรามิก

จากข้อบกพร่องของแบรกเกตพลาสติกซึ่งมีความแข็งแรงน้อยและเปลี่ยนสีได้ เมื่ออยู่ในช่องปากเป็นเวลานาน ทำให้แบรกเกตพลาสติกไม่ได้รับความนิยมในการนำไปใช้กับผู้ป่วยมากเท่ากับแบรกเกตโลหะ แม้ว่าจะให้ความสวยงามมากกว่า

แบรกเกตเซรามิกจึงถูกประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อรวมเอาข้อดีของแบรกเกตพลาสติกในด้านความสวยงามกับความแข็งแรงของแบรกเกตโลหะเข้าด้วยกัน เนื่องจากเซรามิกเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงทนต่อความร้อนและการเสื่อมสภาพทางเคมีได้ดี แต่ก็มีจุดอ่อนที่ด้อยกว่าโลหะคือ เซรามิกมีความเปราะสูง เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลที่ต่างกัน เมื่อโลหะมีความเค้นเกิดขึ้นโมเลกุลของโลหะซึ่งยึดกันด้วยพันธะโลหะสามารถที่จะบิดเบือนตำแหน่งไปเพื่อลดความเค้นลง แต่โครงสร้างโมเลกุลของเซรามิกมีตำแหน่งที่แน่นอน และยึดกันอยู่ในลักษณะ 3 มิติ ไม่สามารถบิดเบือนได้เมื่อมีความเค้นเกิดขึ้นจนถึงจุดวิกฤต พันธะระหว่างโมเลกุลของเซรามิกก็จะแตกออก ทำให้เกิดการแตกหักของวัสดุ (รูปที่ 4)

ดังนั้น หากมีรอยขีดข่วนหรือตำหนิบนชิ้นเซรามิกแล้ว เซรามิกมีโอกาสที่จะเกิดการแตกหักได้ง่ายกว่าโลหะ

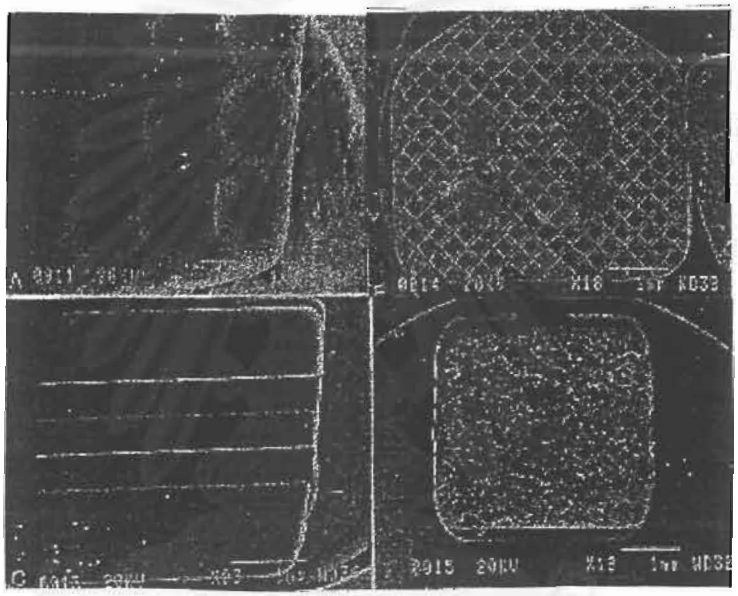
เนื่องจากแบรกเกตเซรามิกมีลักษณะที่สำคัญ 2 ประการ คือ มีกำลังแรงยึดกับผิวเคลือบฟันสูงเมื่อเทียบกับแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมและไม่มีคุณสมบัติรีดได้ (Ductility) เหมือนแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม ทำให้อาจพบปัญหาขณะถอดแบรกเกตเซรามิก โดยจะเกิดการแตกหักภายในแบรกเกต หรือภายในผิวเคลือบฟัน ขึ้นกับกลไกในการยึดติดของฐานแบรกเกตเซรามิก และลักษณะของฐานแบรกเกตเซรามิก

กลไกการยึดติดของแบรกเกตเซรามิก

แบรกเกตเซรามิกสามารถยึดติดกับฟันได้ 3 ลักษณะ ได้แก่

1. การยึดติดด้วยพันธะเชิงกล

เกิดจากการทำลักษณะของฐานแบรกเกตให้มีอันเดอร์คัท เป็นร่อง, หลุม หรืออาจทำเป็นตะแกรงถี่ (รูปที่ 12) เพื่อช่วยในการยึดติดของวัสดุยึดติดกับแบรกเกต จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด พบว่าเรซินแทกซ์ยึดกับผิวเคลือบฟันโดยการเกาะเกี่ยวแบบเชิงกลระหว่างวัสดุยึดและผิวเคลือบฟัน



รูปที่12 แสดงตัวอย่างฐานแบรกเกตเซรามิกที่มีอันเดอร์คัทลักษณะต่างๆ

จากการศึกษาเปรียบเทียบแรงยึดเชิงกลของแบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะฐานแบบการใช้อนุภาคคล้ายคริสตอลเชื่อมที่ฐาน (Transcend 2000) กับแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม (Dynabond II) พบว่า Transcend 2000 จะมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือนมากกว่า Dynabond II แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ (Bordeaux, Moore, and Bagby, 1994) นอกจากนี้ Viazis, Nakajama และKleven (1993) ยังพบว่า Lumina ซึ่งเป็นแบรกเกตเซรามิกชนิดที่มีฐานเป็นปุ่มนูนจำนวนมาก จะให้ค่ากำลังแรงยึดต่ำกว่า Transcend 2000 และแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีลักษณะฐานเป็นตะแกรง (Super mesh) แต่ Forberg และ Hagberg (1992) พบว่า Transcend

2000 ให้แรงยึดที่แข็งแรงกว่าแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีลักษณะฐานเป็นตะแกรง (Ormco foil-mesh) ซึ่งเขาได้อธิบายว่าอาจเนื่องมาจากอนุภาคคล้ายคริสตอลที่ฐานของ Transcend 2000 จะทำให้เกิดการเกาะเกี่ยวของวัสดุยึดกับแบรกเกตได้แข็งแรงกว่าการยึดด้วยตะแกรง

2. การยึดติดด้วยพันธะเคมี

เนื่องจากส่วนประกอบของอะลูมินาของแบรกเกตเซรามิกไม่สามารถทำปฏิกิริยากับวัสดุยึดได้ ดังนั้นจึงมีการนำไซเลนคัพลิงเอเจนท์ มาใช้เป็นเคมิคอลเมดิเอเตอร์ระหว่างวัสดุยึดกับฐานของแบรกเกตโดยโมเลกุลของไซเลนจะเป็นไบฟังชั่น โดยที่ปลายข้างหนึ่งที่เป็นกลุ่มของไซลานอลจะจับแน่นกับแก้วขณะที่ปลายอีกข้างหนึ่งจะทำปฏิกิริยากับวัสดุยึด แต่เนื่องจากฐานของแบรกเกตเซรามิกเป็นผลึกอะลูมินาออกไซด์ซึ่งกลุ่มของไซลานอลจะไม่สามารถทำปฏิกิริยากับฐานของแบรกเกตเซรามิกได้จนกว่าฐานของแบรกเกตเซรามิกจะถูกเคลือบด้วยส่วนประกอบของแก้ว

แบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะการยึดติดเป็นแบบพันธะเคมี จะให้ค่ากำลังแรงยึดที่สูงกว่าแบรกเกตเซรามิกที่มีการยึดแบบพันธะเชิงกล และแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม (Gwinnett, 1988; Odegaard, and Segner, 1988; Viazis et al. , 1990; Winchester, 1991; Forberg, and Hagberg, 1992; Wang et al. , 1997) เนื่องมาจากแบรกเกตเซรามิกที่มีกลไกการยึดติดแบบพันธะเชิงกลจะมีร่องซึ่งเป็นอันเดอร์คัท ที่บริเวณขอบจะมีมุมประมาณ 90 องศา ยิ่งไปกว่านั้นการออกแบบให้มีลักษณะการตัดขวางของร่องเพื่อป้องกันแบรกเกตไม่ให้ไถลไปตามร่องจะทำให้เกิดมุมที่มีลักษณะแหลม ลักษณะเช่นนี้จะมีการสะสมของความเค้นรอบ ๆ มุมที่แหลมเหล่านี้ทำให้เกิดการเปราะของวัสดุยึด เมื่อให้แรงในการถอดแบรกเกตจึงมีวัสดุยึดส่วนหนึ่งติดที่ฟันและอีกส่วนหนึ่งติดที่ร่องของแบรกเกต แต่ในแบรกเกตเซรามิกที่มีกลไกการยึดแบบพันธะเคมีที่มีลักษณะของฐานเป็นผิวเรียบที่สะท้อนแสงจะให้การกระจายที่ดีของความเค้นบนวัสดุยึดทั้งหมดโดยปราศจากการเกิดความเค้นเฉพาะตำแหน่ง ดังนั้นในการถอดแบรกเกตจึงให้กำลังแรงยึดแบบเฉือนที่มาก (Viazis et al. , 1990)

3. การยึดติดด้วยพันธะเคมีและพันธะเชิงกลร่วมกัน

Winchester (1991) ทำการศึกษากำลังแรงยึดแบบเฉือนในแบรกเกตเซรามิก 4 ชนิด ได้แก่ Transcend, Starfire, Allure, Intrigue โดยใช้วัสดุยึดชนิดบ่มตัวด้วยแสง 2 ชนิด คือ Prismafil ซึ่งมีปริมาณวัสดุอัดแทรกร้อยละ 79 และ Heliosit ซึ่งมีปริมาณวัสดุอัดแทรกร้อยละ15 แบรกเกตเซรามิกที่ใช้ในการศึกษานี้จะมีชั้นของไซเลนปกคลุมทุกชนิดแต่แบรกเกตเซรามิก Transcend และ Starfire จะมีลักษณะพื้นผิวของฐานที่เรียบและยึดติดแบบพันธะเคมีเพียงอย่างเดียว แตกต่างจากแบรกเกตเซรามิก Allure และ Intrique ที่มีกลไกการยึดติดแบบพันธะเชิงกลร่วมด้วย โดย Intrigue จะมีลักษณะฐานเป็นผิวขรุขระและ Allure จะมีลักษณะเป็นร่อง 6 ร่อง ทำให้เพิ่มความหนาของวัสดุยึด ค่ากำลังแรงยึดจึงมีค่าน้อยลงด้วย โดยพบว่า Transcend & Starfire จะให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนสูงกว่า Allure และ Intrigue เนื่องจาก ไซเลนคัพลิงเอเจนท์จะเพิ่มกำลังแรงยึดแต่การยึดติดแบบพันธะเชิงกลร่วมด้วยจะทำให้กำลังแรงยึดแบบเฉือนลดลง (Iwamoto et al. , 1987)

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาการออกแบบฐานแบรกเกตเซรามิก โดยให้มีกลไกการยึดติดเป็นแบบพันธะเคมีและพันธะเชิงกลร่วมกัน แต่มีฐานทำจากวัสดุโพลีคาร์บอเนตมีชื่อทางการค้าว่า Ceramaflex โดยพบว่า จะให้ค่ากำลังแรงยึดต่ำกว่าแบรกเกตเซรามิกชนิดที่มีการยึดติดแบบพันธะเชิงกล (Transcend series 6000) (Olsen, Bishara,and Jakobsen, 1997) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมพบว่าให้ค่ากำลังแรงยึดไม่แตกต่างกัน (Franklin et al. , 1993)

Willems และคณะ (1997) ได้ทำการเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม, แบรกเกตเซรามิก และแบรกเกตพลาสติกที่มีลักษณะของฐานแตกต่างกัน 17 ชนิดโดยใช้วัสดุยึดชนิดผสม (Concise) พบว่า Allure Accu Arch ซึ่งเป็นแบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะการยึดติดแบบพันธะเคมี, Minimaster และ Omni Arch ซึ่งเป็นแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีลักษณะฐานแบบตะแกรงโลหะที่มีความถี่มากร่วมกับการใช้ลวดที่มีความหนาในการสานกันเป็นตะแกรงโลหะ 2 ชั้นทำให้ค่ากำลังแรงยึดของแบรกเกตเหล่านี้มีค่าสูงกว่าแบรกเกตชนิดอื่น นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบแบรกเกตเซรามิกที่มีการยึดติดแบบพันธะเชิงกลซึ่งมีลักษณะของฐานแบบไมโครเมคานิเคิลรีเทนชั่น 2 ชนิด (Transcend series 6000 , 20/20 m) พบว่าไม่มีความแตกต่าง

ของค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่มีค่าสูงกว่าแบรกเกต Dyna-lock ซึ่งเป็นแบรกเกตที่ให้ค่ากำลังแรงยึดต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดอื่น อย่างไรก็ตามแบรกเกต Dyna-lock สามารถให้ค่ากำลังแรงยึดที่สูงขึ้นเมื่อผ่านการเป่าด้วยทรายที่ฐานแบรกเกต

การศึกษาลักษณะของฐานแบรกเกตเซรามิก

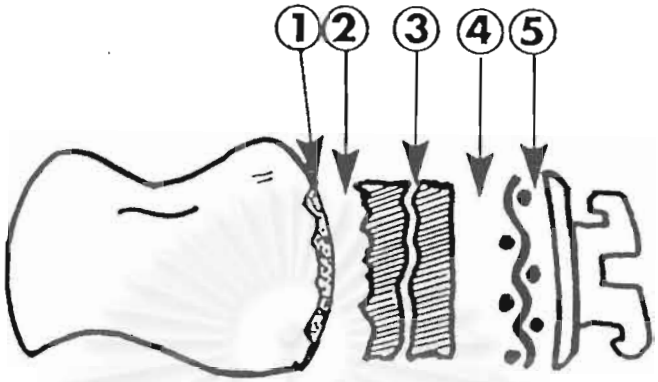
Eliades และคณะ (1991) พบว่าการออกแบบลักษณะของฐานแบรกเกตเซรามิกจะมีผลต่อกำลังแรงยึด เนื่องจากความหนาของวัสดุที่แตกต่างกัน รวมทั้งมีผลต่อบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติด ดังเช่นแบรกเกตเซรามิก Allure III เป็นแบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะฐานเป็นร่องลึก (recess) ที่สมมาตร ซึ่งทำให้เกิดกลไกการยึดติดเป็นแบบพันธะเชิงกลบริเวณระหว่างร่องลึกจะเรียบตรงถูกปกคลุมด้วยชั้นของไซเลนเป็นบริเวณต่อเนื่อง ทำให้แบรกเกตเซรามิกชนิดนี้มีกลไกการยึดติดเป็นแบบพันธะเชิงกลและเคมีร่วมกัน แต่การที่มีลักษณะของฐานเป็นร่องลึกจะทำให้เพิ่มความหนาของวัสดุยึด ซึ่งการเพิ่มความหนาจะทำให้เกิดการหดตัวขณะโพลีเมอร์ไรเซชั่น และการขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัสดุยึดทำให้กำลังแรงยึดลดน้อยลง และจะพบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดที่บริเวณระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด และบริเวณระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

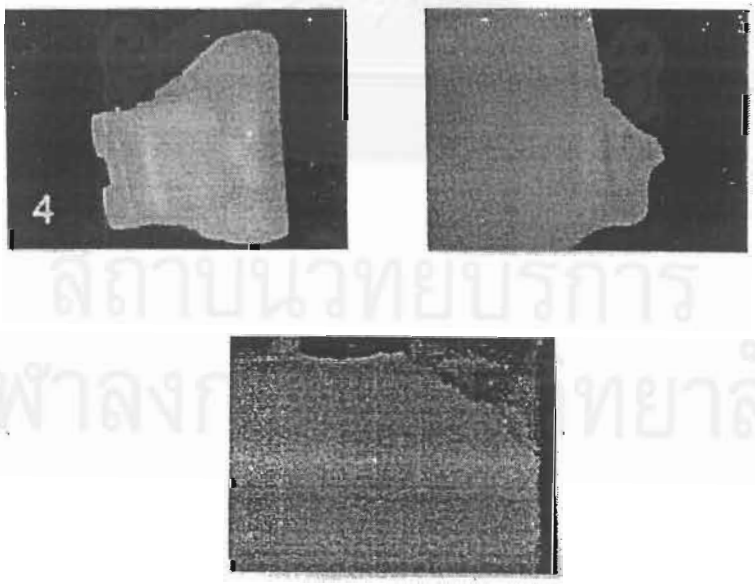
ความล้มเหลวในการยึดติดของแบรกเกตเซรามิก

1. ความล้มเหลวที่เกิดภายในผิวเคลือบฟัน จะเกิดการหลุดลอกของผิวเคลือบฟันเนื่องจากแรงยึดระหว่างฟันกับวัสดุยึดน้อยกว่าแรงยึดระหว่างวัสดุยึดและแบรกเกต (รูปที่ 13 (1))
2. ความล้มเหลวที่เกิดระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึด (enamel-adhesive interface) การหลุดออกจะทำให้วัสดุยึดติดที่ฐานของแบรกเกต (รูปที่ 13(2)) สาเหตุเกิดจากเทคนิคการติดเครื่องมือไม่ดีพอ ได้แก่ การควบคุมความชื้น หรือมีการรบกวนขณะแข็งตัว
3. ความล้มเหลวที่เกิดภายในวัสดุยึด (รูปที่13(3))
4. ความล้มเหลวที่เกิดระหว่างวัสดุยึดและแบรกเกต (adhesive-bracket interface) จะมีวัสดุยึดติดที่ผิวเคลือบฟัน (รูปที่ 13(4)) สาเหตุเนื่องมาจากวัสดุยึดอ่อนแอ
5. ความล้มเหลวที่เกิดภายในแบรกเกต (รูปที่ 13(5),14) เนื่องมาจากความเปราะของเซรามิก

ในทางคลินิกความล้มเหลวที่เกิดระหว่างวัสดุยึดและแบรกเกตจะดีกว่าความล้มเหลวที่เกิดระหว่างวัสดุยึดและผิวเคลือบฟัน เพราะแบบหลังอาจทำให้ผิวเคลือบฟันแตก (Odegaard, and Segner, 1988; Forsberg, and Hagberg, 1992; Winchester, 1992; Eliades, Viazis, and Lekka, 1993; Viazis et al. , 1993; Bordeaux et al. , 1994; Bishara, Olsen, and Wald, 1997; Nkenke et al. , 1997) โดยอุดมคติแล้วความแข็งแรงยึดระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึดต้องมีมากพอที่จะต้านทานต่อการเคลื่อนฟันทางทันตกรรมจัดฟันและแรงบดเคี้ยวในช่องปาก คือมากกว่า 5.88-7.85 MPa (Reynold 1975 cited in Weinberge. Mc Connell, and Wright, 1997) แต่ต้องไม่สูงเกินไปจนต้านทานต่อการถอดแบรกเกต โดย Retief (1974) พบว่าแรงยึดของแบรกเกตกับวัสดุยึดที่มากกว่า 13.74 MPa จะก่อให้เกิดอันตรายต่อผิวเคลือบฟันขณะถอดแบรกเกต



รูปที่13 แสดงแผนภาพของบริเวณที่อาจจะเกิดความล้มเหลวขึ้นในการยึดแบรกเกตเข้ากับผิวเคลือบฟันด้วยวัสดุยึด (Alexander et al. , 1993; Jou et al. , 1995)



รูปที่14 แสดงบริเวณที่มีการแตกหักของแบรกเกตเซรามิก

ปัญหาที่เกิดจากการใช้แบรกเกตเซรามิกในคลินิก (Ghafari, 1992)

1. การแตกหรือหลุดลอกของผิวเคลือบฟันขณะถอดแบรกเกต

ปัญหานี้สัมพันธ์กับการมีค่าแรงยึดระหว่างแบรกเกตเซรามิกกับวัสดุยึดที่สูง ทำให้เกิดแรงกระแทกอย่างทันทีขณะถอดแบรกเกต ซึ่งการมีค่าแรงยึดที่สูงทำให้มีแนวโน้มในการได้รับแรงดังกล่าว ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการให้แรงกระแทกอย่างทันทีต่อผิวเคลือบฟัน โดยใช้เทคนิคในการถอดแบรกเกตที่เหมาะสมตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ หรือทำการลดค่ากำลังแรงยึดของแบรกเกตลง โดยการเพิ่มการยึดแบบพันธะเชิงกล หรือลดการยึดแบบพันธะเคมีลง

นอกจากนี้การเลือกใช้วัสดุยึดที่ให้ค่าแรงยึดที่ต่ำ ร่วมกับการเพิ่มความหนาของวัสดุยึดก็จะเป็นการลดโอกาสที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อผิวเคลือบฟันลง เนื่องจากค่ากำลังแรงยึดจะลดลงและไม่ควรใช้แบรกเกตเซรามิกกับฟันที่มีรอยแตก, มีวัสดุอุดขนาดใหญ่หรือฟันซึ่งได้รับการรักษารากฟันและฟันที่มีผิวเคลือบฟันที่ผิดปกติ (enamel hypoplasia) เนื่องจากจะมีโอกาสการเกิดการแตกหักของผิวเคลือบฟันได้ง่าย

2. ปัญหาที่เกิดจากการถอดแบรกเกตเซรามิกโดยการกรอ

เนื่องจากการถอดแบรกเกตเซรามิกโดยการให้แรงกระทำต่อแบรกเกตเพื่อให้หลุดออกจากตัวฟันอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผิวเคลือบฟัน ดังนั้นการกรอแบรกเกตเซรามิกโดยการใช้หัวกรอความเร็วสูงจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการถอดแบรกเกตแต่อาจเกิดความร้อนซึ่งทำอันตรายต่อโพรงประสาทฟัน ทำให้ฟันตายได้ ดังนั้นจึงควรลดขนาดของแบรกเกตเซรามิกที่จะต้องกรอลงโดยการตัดบริเวณปีกแบรกเกตออกก่อน และหลีกเลี่ยงการเกิดความร้อนระหว่างการกรอโดยให้มีการใช้น้ำหล่อเลี้ยงตลอดเวลา (water coolant)

3. การสึกของด้านบดเคี้ยวหรือปลายฟันเมื่อสบกับแบรกเกตเซรามิก

เนื่องจากแบรกเกตเซรามิกมีความแข็งมากกว่าผิวเคลือบฟัน ดังนั้นเมื่อเกิดการสัมผัสระหว่างแบรกเกตและฟันเป็นเวลานานจึงก่อให้เกิดการสึกของฟันขึ้น ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการใช้

แบรกเกตเซรามิกในผู้ป่วยที่มีการสบฟันลึก และควรตรวจดูตำแหน่งของแบรกเกตภายหลังการติดแบรกเกตว่าไม่มีฟันสบลงบนส่วนใดๆของแบรกเกตเซรามิก รวมทั้งควบคุมพาราฟังชั่น (parafunction habit) ในผู้ป่วยบางรายด้วย (Karamouzos et al. , 1997)

4. การมีแรงเสียดทานเพิ่มขึ้นทำให้การเคลื่อนฟันไปตามลวดช้าลง

เกิดเนื่องมาจากความขรุขระของผิวแบรกเกต ในปัจจุบันมีการพัฒนา โดยทำให้ร่องของแบรกเกตมีผิวที่เรียบยิ่งขึ้น หรือทำแบรกเกตเซรามิกชนิดที่มีร่องเป็นโลหะ ทำให้แรงเสียดทานลดลง และทันตแพทย์ควรหลีกเลี่ยงการสูญเสียหลักยึดและการเพิ่มโอเวอร์ไบท์ (overbite)

5. การแตกของแบรกเกตเซรามิก

เซรามิกมีคุณสมบัติที่แข็งแต่เปราะจึงเกิดการแตกหักได้ง่ายโดยเฉพาะบริเวณปีกของแบรกเกต เนื่องจากการใช้ลวดผูกบริเวณปีกแบรกเกตทำให้เกิดรอยขีดข่วน หรือการใช้ลวดที่มีขนาดใหญ่ หรือการใส่ทอร์คในลวดดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการผูกแบรกเกตด้วยลวดและการทำทอร์คโดยการใช้แบรกเกตเซรามิกที่มีทอร์คภายในแบรกเกตแทน

6. การเพิ่มความไม่สบายของผู้ป่วยขณะถอดแบรกเกต

ปัญหานี้มีความสัมพันธ์กับค่ากำลังแรงยึดของแบรกเกตเซรามิกที่มีค่าสูง ดังนั้นอาจหลีกเลี่ยงได้โดยเลือกใช้แบรกเกตเซรามิก ที่ให้ค่ากำลังแรงยึดที่ไม่สูงเกินไป และให้ผู้ป่วยกัดบนสำลีหรือผ้าก๊อซขณะถอดแบรกเกต

7. การใช้แบรกเกตเซรามิกจะทำให้หมุนฟันได้จำกัด

ปัญหานี้มักเกิดขึ้นกับฟันหน้าล่าง เนื่องจากเป็นฟันซี่เล็ก ปีกทั้ง 4 ของแบรกเกต ทำให้แบรกเกตมีความอ่อนแอมากขึ้น ดังนั้นแบรกเกตจะต้องมีขนาดใหญ่มากขึ้น เพื่อป้องกันการแตกหัก

8.ความเสี่ยงต่อการกลืนหรือหายใจเอาเศษของแบรกเกตเข้าไปในหลอดลมหรือลำคอ

เนื่องจากแบรกเกตเซรามิกมีความเปราะดังนั้นในขณะถอดแบรกเกตจึงอาจเกิดการแตกหักของแบรกเกตและมิเศษของแบรกเกตตกลงสู่ลำคอผู้ป่วย ซึ่งจะทำการตรวจหาได้ยากเนื่องจากคุณสมบัติโปร่งแสงของเซรามิกให้ทำอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ป่วยได้

ข้อแนะนำในการนำแบรกเกตเซรามิกมาใช้งานในคลินิก

1. อายุของผู้ป่วย

ผู้ป่วยควรโตพอที่จะสามารถเข้าใจข้อจำกัดในการใช้และสามารถระมัดระวังได้โดยไม่ขาดความรับผิดชอบ กล่าวคือ ไม่ควรใช้ในผู้ป่วยเด็ก

2. บุคลิกภาพของผู้ป่วย

ผู้ป่วยมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เนื่องมาจากผู้ป่วยมีอาชีพที่ต้องปรากฏต่อสังคม

3. ลักษณะการสบฟันและตำแหน่งในช่องปาก

ห้ามใช้แบรกเกตเซรามิกในผู้ป่วยที่มีการสบฟันลึกเพราะอาจทำให้เกิดการกระแทกหรือขัดถูกับฟันคู่สบเป็นเหตุให้เกิดการแตกและสึกของฟันคู่สบ นิยมใช้ในฟันหน้าบนซึ่งต้องการความสวยงาม และไม่มีการกระทบกระแทกของฟันคู่สบ

ในกรณีที่มีการสบฟันคร่อม (crossbite) ควรแก้ไขตำแหน่งที่ฟันสบคร่อมให้เรียบร้อยก่อนหรืออาจใช้วิธีใส่เครื่องมือจัดฟันแบบถอดได้ที่มีการยกไม่ให้ฟันสบกระแทก และทันตแพทย์ควรทำการตรวจอย่างสม่ำเสมอการลดระยะเวลาการรักษา เพื่อไม่ให้เกิดผลเสียดังกล่าว

4.ควรทำการอธิบายให้ผู้ป่วยทราบถึงผลดีและผลเสียที่อาจเกิดขึ้นได้เพื่อผู้ป่วยจะได้เพิ่มความระมัดระวังในการดูแลเครื่องมือจัดฟัน เป็นการลดโอกาสของความเสี่ยง

5. ทันตแพทย์ควรหลีกเลี่ยงการครูด หรือ การทำให้เกิดรอยขูดขีดบนแบรกเกต ขณะทำการรักษา การเปลี่ยนลวดโค้งทันตกรรมควรทำด้วยความระมัดระวัง หลีกเลี่ยงการเพิ่มทอร์คอย่างรวดเร็วในลวด หรือใช้แบรกเกตที่มีทอร์คในตัว ควรใช้ยางในการมัดลวดให้ติดกับแบรกเกตแทนการผูกด้วยลวด และควรทำการถอดแบรกเกตด้วยความนิ่มนวลและใช้วิธีที่ถูกต้อง

กล่าวคือ ทันตแพทย์ต้องใช้ความรู้ความสามารถในการพิจารณาผลดีความจำเป็นในการใช้ของผู้ป่วยและข้อเสียที่อาจจะเกิดขึ้นด้วยความระมัดระวัง เพื่อให้สามารถตัดสินใจเลือกใช้แบรกเกตได้ถูกต้องตามความเหมาะสมและบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่3

ระเบียบวิธีวิจัย

ประชากร

ประชากรของการวิจัยเป็นแบรกเกตของฟันกรามน้อยซึ่งมีบริษัทตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย ได้แก่

1.แบรกเกตเซรามิกของฟันกรามน้อยแบบมาตรฐานของบริษัท 3M Unitek ที่มีชื่อทางการค้าว่า Transcend series 6000

2.แบรกเกตเซรามิกของฟันกรามน้อยแบบมาตรฐานของบริษัท Tomy ที่มีชื่อทางการค้าว่า Crystaline

3.แบรกเกตเซรามิกของฟันกรามน้อยแบบมาตรฐานของบริษัท American Orthodontics ที่มีชื่อทางการค้าว่า 20/40m

4.แบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมของฟันกรามน้อยแบบมาตรฐานของบริษัท 3M Unitek ที่มีชื่อทางการค้าว่า Dyna-lock

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยเป็นแบรกเกตที่ใช้สำหรับฟันกรามน้อยจำนวน 120 ชิ้นซึ่งได้จากการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) โดยเจาะจงบริษัทผู้ผลิตและเจาะจงใช้แบรกเกตสำหรับฟันกรามน้อยโดยแบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างละ 30 ตัว (Fox, McCabe, and Buckley, 1994) ประกอบด้วย

1. แบรกเกตเซรามิกของฟันกรามน้อยแบบมาตรฐานรุ่น Transcend series 6000 ของบริษัท 3M Unitek ซึ่งมีลักษณะของฐานเป็นอนุภาคคล้ายคริสตอลเชื่อมที่ฐาน

2. แบรกเกตเซรามิกของฟันกรามน้อยแบบมาตรฐานรุ่น Crytaline ของบริษัท Tomy ซึ่งมีลักษณะของฐานเป็นหลุมขนาดเล็ก

3.แบรกเกตเซรามิกของฟันกรามน้อยแบบมาตรฐานรุ่น 20/40m ของบริษัท American Orthodontics ซึ่งมีลักษณะของฐานเป็นร่อง

ซึ่งแบรกเกตเซรามิกทุกชิ้นมีความกว้างของร่องแบรกเกตเท่ากับ0.018x 0.025 นิ้ว

4. แบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมของฟันกรามน้อยแบบมาตรฐานรุ่น Dyna-lock ของบริษัท 3M Unitek ซึ่งมีลักษณะของฐานเป็นร่องในแนวนอนร่วมกับร่องรูปตัววี และแบรกเกตทุกชิ้นมีความกว้างของร่องแบรกเกต เท่ากับ 0.018 x 0.025 นิ้ว

การรวบรวมข้อมูล

1.หาค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิกและแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมด้วยการวัดค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกโดยใช้เครื่องทดสอบแรงทั่วไป

2. ตรวจดูบริเวณที่มีความล้มเหลวของการยึดติดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์สามมิติ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องทดสอบแรงทั่วไป (Instron universal testing machine ID 5566H1612 Instron Corp.,U.S.A) เป็นเครื่องมือศึกษาคุณสมบัติเชิงกล (Mechanical properties) ของวัสดุโดยวัดค่าเป็นแรง ซึ่งมี 4 ลักษณะ คือ แรงดึง แรงอัด แรงดัดโค้ง และแรงบิดเพื่อใช้ทดสอบค่ากำลังแรงยึดของแบรกเกต โดยมีหน่วยของค่ากำลังแรงยึดเป็นเมกะปาสคาล ส่วนประกอบของเครื่องมีดังนี้

1.1 Fixed head เป็นส่วนของเครื่องมือที่อยู่กับที่ เป็นส่วนที่ใช้ในการจับชิ้นงานในการทดลองซึ่งบรรจุอยู่ในท่อพีวีซี

1.2 Cross head เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือซึ่งเคลื่อนที่ และทำให้เกิดแรงต่อวัสดุ มีตุ้มน้ำหนัก (Load cell) ให้เลือกได้หลายขนาดตามชิ้นงานที่ทดสอบ ในงานวิจัยนี้ใช้ตุ้มน้ำหนักขนาด 10 กิโลนิวตัน เลือกใช้ความเร็ว 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที

1.3 Pneumatic grip คือส่วนที่ทำหน้าที่ในการจับชิ้นงานของ Fixed head และ Cross head ซึ่งทำงานโดยใช้แรงอัดของลม 20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2.เครื่องมือช่วยในการจับชิ้นงานและช่วยในการดึงของเครื่องทดสอบแรงทั่วไป ประกอบด้วย

2.1 ส่วนที่ติดกับ Fixed head ของเครื่อง เป็นส่วนที่ใช้ในการจับตัวอย่างฟันที่ใช้ในการทดลองซึ่งบรรจุอยู่ในท่อพีวีซี

2.2 ส่วนที่ติดกับ Cross head ของเครื่องเป็นส่วนที่ใช้เป็นตัวกลางในการยึดระหว่างแผ่นเหล็กที่ใช้ในการดึงกับส่วน Cross head ของเครื่อง

2.3 แผ่นเหล็กที่ใช้ในการดึง มีลักษณะเป็นแผ่นเหล็ก ซึ่งได้เจาะช่องสี่เหลี่ยมไว้ตรงกลางส่วนบนมีช่องสำหรับสวมเข้ากับเดือยของส่วนที่ติดอยู่กับ Cross head เพื่อให้สามารถปรับระยะของแผ่นเหล็กนี้ให้สัมพันธ์กับตัวอย่างที่จะทำการทดลอง

การใช้เครื่องมือในการทดลองกระทำได้โดย

ก. นำตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้ใส่ลงในช่องของเครื่องมือที่ติดกับ Fixed head

ข. เลื่อนส่วนของ Cross head ขึ้นไปจนกระทั่งขอบในของช่องสี่เหลี่ยมของแผ่นเหล็กที่ใช้ดึงอยู่ใต้ขอบล่างของตัวอย่าง

ค.ปรับแนวแกนฟันจนกระทั่งแนวปีกของแบรกเกตด้านบดเคี้ยวขนานกับขอบด้านในของแผ่นเหล็กที่ใช้ในการดึง เพื่อให้ปีกของแบรกเกตสัมผัสกับแผ่นเหล็กที่ใช้ในการดึงพร้อม ๆกันในระหว่างการทดลอง จากนั้นจึงยึดชิ้นงานตัวอย่างด้วยการไขสกรูว์ที่ใช้ในการจับยึดให้แน่น

ง.เดินเครื่องให้ Cross head เคลื่อนที่ขึ้น เพื่อทำการวัดแรงเฉือน/ปอกที่เกิดขึ้นกับแบรกเกตเซรามิกบนฟันตัวอย่าง

3. เครื่องมือที่สามารถกำหนดแรงที่ใช้ในการติดแบรกเกต เป็นเครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อให้สามารถกำหนดแรงในการติดแบรกเกตทุกตัวที่ใช้ในการทดลองด้วยแรงขนาด 2 ออนซ์ (Piyathida Chittanandha, 1997)

4. ตู้อินคิวเบเตอร์ (Incubator : Memmert model 600 Gmbh Co.,West Germany) ใช้ควบคุมอุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่างที่ 37 องศาเซลเซียส

5. กล้องจุลทรรศน์สามมิติ(Stereomicroscope : Olympus SZH10,Japan) เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้แสงส่องกระทบบนผิวของตัวอย่างที่ต้องการทดสอบเพื่อให้เห็นลักษณะพื้นผิวปรากฏเป็นภาพขยายที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าชัดเจนยิ่งขึ้น ใช้เพื่อตรวจดูบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติด

6. กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด(Scanning Electron Microscope : JEOL JSM-5410LV,Japan) เป็นกล้องจุลทรรศน์ ที่ใช้ลำแสงอิเลคตรอนฉายหรือส่องกราดไปบนผิวของตัวอย่างที่ต้องการจะตรวจสอบให้ได้ ข้อมูลของลักษณะพื้นผิวปรากฏเป็นภาพขยายที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าชัดเจนในขณะเดียวกันก็สามารถบันทึกภาพดังกล่าวลงบนแผ่นฟิล์ม ในงานวิจัยนี้ใช้เพื่อตรวจดูลักษณะโดยละเอียดของฐานแบรกเกตที่มีลักษณะของฐานที่แตกต่างกัน

7. เครื่องฉาบผิวทอง (Fine coater : JOEL JFC-1200, Japan) เป็นเครื่องสำหรับฉาบทองบนชิ้นงานตัวอย่างก่อนนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำแบรกเกตเซรามิกและแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมที่ใช้ในการทดลองทั้ง 4 กลุ่มไปตรวจดูลักษณะของฐานแบรกเกตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด

2. ทำความสะอาดฟันกรามน้อย ที่จะนำมาทดลองโดยทำการล้างคราบเลือด ขูดเศษเนื้อเยื่อรอบๆ ปลายรากฟันให้สะอาด ใช้หัวกรอความเร็วสูงตัดส่วนของรากฟันออก 2 ใน 3 ส่วน ให้เหลือส่วนของตัวฟันติดอยู่กับรากฟันเล็กน้อย แช่ฟันที่ทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Fox et al. , 1994)

3. ตรวจดูผิวเคลือบฟันด้านใกล้แก้มของฟันกรามน้อยว่าปราศจากรอยร้าว (crack), รอยขาวขุ่นและรอยโรคใดๆด้วยกล้องจุลทรรศน์สามมิติ

4. ขัดผิวเคลือบฟันด้านใกล้แก้มของฟันที่จะนำมาทดลองด้วยผงขัดชนิดละเอียดผสมน้ำด้วยเครื่องกรอช้าและหัวขัดยางประมาณ 10 วินาที (Gorelick et al., 1978) ล้างน้ำให้สะอาด เป่าให้แห้งด้วยอากาศแห้ง

5. นำตัวอย่างฟันมาติดกับพลาสติกหนา 3 มิลลิเมตร ขนาด 6x6 เซนติเมตร ด้วยกาวพลาสติก โดยให้ผิวฟันด้านใกล้แก้มหันขึ้นและขนานกับระนาบของแผ่นพลาสติก เพื่อความสะดวกในการจับชิ้นงานตัวอย่าง

6. ใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 กัดผิวเคลือบฟันด้านใกล้แก้ม เป็นเวลา 60 วินาที แล้วจึงล้างออกด้วยสเปรย์น้ำ เป็นเวลา 15 วินาที เป่าให้แห้งด้วยอากาศแห้ง จะสังเกตเห็นผิวเคลือบฟันด้านใกล้แก้มมีสีขาวขุ่น

7. ผสมบอนดิงเรซิน ในชุดของ Concise ของบริษัท 3M Corporation เป็นเวลา 5 วินาที ใช้พู่กันป้ายบอนดิงเรซินที่บริเวณผิวเคลือบฟันด้านใกล้แก้มซึ่งจะติดแบรกเกต

8. ผสม paste ของ Concise ในเวลา 20 วินาที ป้ายที่บริเวณส่วนฐานของแบรกเกต ใช้เครื่องมือกำหนดแรงในการติดแบรกเกตกดแบรกเกตให้แนบกับบริเวณกึ่งกลางตัวฟันด้านใกล้แก้มให้มากที่สุดด้วยแรงประมาณ 2 ออนซ์เป็นเวลา 10 วินาที กำจัดวัสดุยึดส่วนเกินออก ทิ้งไว้นาน 15 นาที (Yamada et al. , 1988)

9. ใส่ลวดเหล็กกล้าไร้สนิม ที่ใช้ทางทันตกรรมจัดฟันขนาด 0.018 นิ้วx0.025 นิ้ว ความยาว 5 เซนติเมตร ลงในร่องแบรกเกตแล้วยึดด้วยยางสำหรับยึดลวด เพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวของปีกแบรกเกต และเพื่อจัดตำแหน่งฟันในท่อพีวีซี

10.เตรียมท่อพีวีซี เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 4 เซนติเมตร ความหนา 1 มิลลิเมตร สูง 1.2 เซนติเมตรโดยความสูงของท่อจะเพิ่มขึ้นตามความหนาของแบรกเกต (Chung et al. , 1997) ยึดลวดทางทันตกรรมจัดฟันซึ่งติดอยู่กับแบรกเกตบนท่อพีวีซี

11. เตรียมท่อพีวีซีชิ้นที่สอง เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร สูง 1 เซนติเมตร หนา 1 มิลลิเมตร นำฟันซึ่งยึดไว้กับท่อพีวีซีชิ้นที่หนึ่งมาฝังลงในท่อพีวีซีชิ้นที่สองด้วยอะคริลิกเรซิน โดยวางท่อพีวีซีชิ้นที่หนึ่งครอบท่อพีวีซีชิ้นที่สอง เมื่อเสร็จสิ้นแล้วจะได้ชิ้นงานคือ ฟันซึ่งมีแบรกเกตยึดอยู่และฝังอยู่ในท่อพีวีซีด้วยอะคริลิกเรซิน โดยฐานแบรกเกตขนานกับพื้นที่หน้าตัดของท่อพีวีซี ผิวฟันด้านใกล้แก้มซึ่งยึดติดกับแบรกเกตอยู่เหนือระนาบของท่อพีวีซี 2 มิลลิเมตร

12. นำชิ้นงานตัวอย่างไปเก็บไว้ในน้ำ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (International Standard Organization, 1994)

13.วัดค่ากำลังแรงยึดระหว่างแบรกเกตกับผิวฟันในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้เครื่องทดสอบแรงทั่วไป

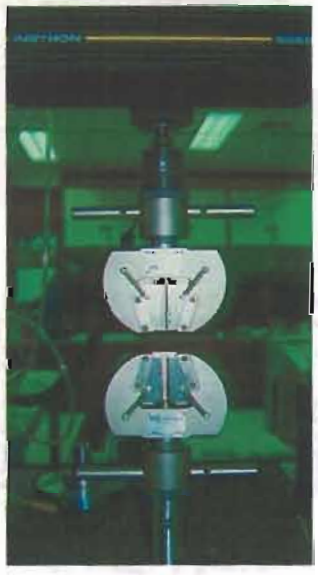
14.นำฟันและแบรกเกตในกลุ่มตัวอย่างซึ่งผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแล้วมาตรวจสอบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวของการยึดติดด้วยกล้องจุลทรรศน์สามมิติ และนับจำนวนซี่ฟันจำแนกตามบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดซึ่งแบ่งออกเป็น 5 บริเวณ (Alexander et al., 1993; Jou et al. , 1995) โดยมีทันตแพทย์ 2 คน ที่มีความรู้ความสามารถใกล้เคียงกันเป็นผู้พิจารณา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 15 ลักษณะของฐานแบรกเกตที่ใช้ในการวิจัย

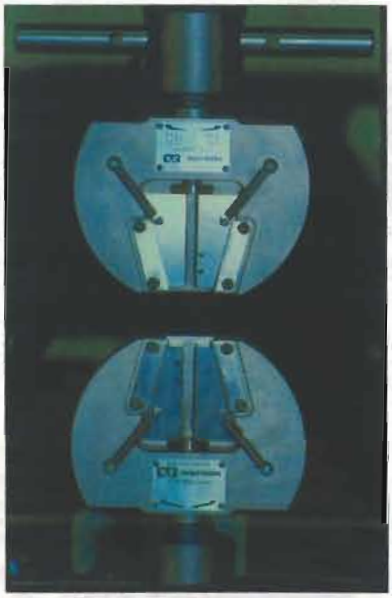
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 16 แสดงเครื่องทดสอบแรงทั่วไป Instron ID 5566H1612



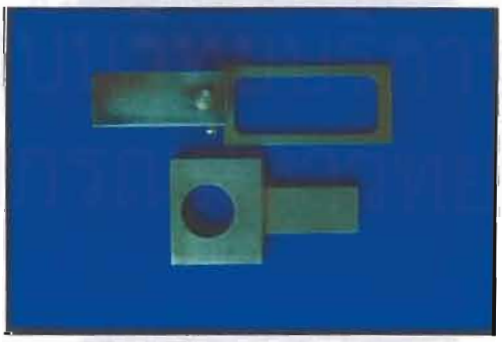
รูปที่ 17 แสดง Fixed head และ Cross head ของเครื่องทดสอบแรงทั่วไป

Instron ID 5566H1612



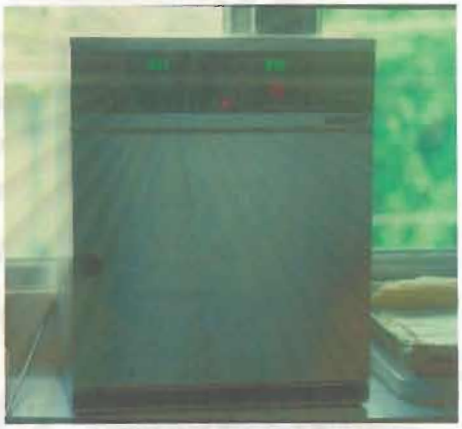
รูปที่ 18 แสดง Pneumatic grip ของเครื่องทดสอบแรงทั่วไป

รูปที่ 19 แสดงตุ้มน้ำหนักขนาด 10 กิโลนิวตัน

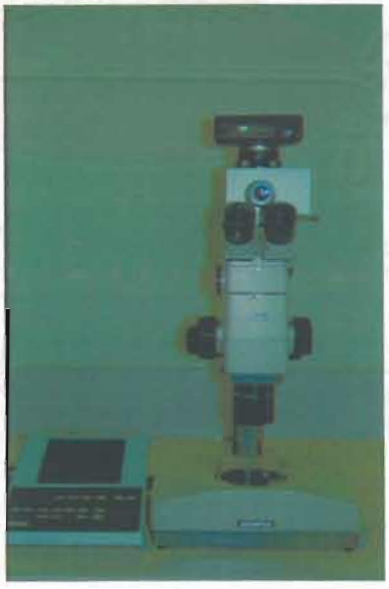


รูปที่ 20 แสดงเครื่องมือช่วยในการจับชิ้นงาน

รูปที่ 21 แสดงเครื่องมือที่สามารถกำหนดแรงที่ใช้ในการติดแบรกเกต



รูปที่ 22 แสดงตู้อินคิวเบเตอร์ Memmert model 600Gmbh



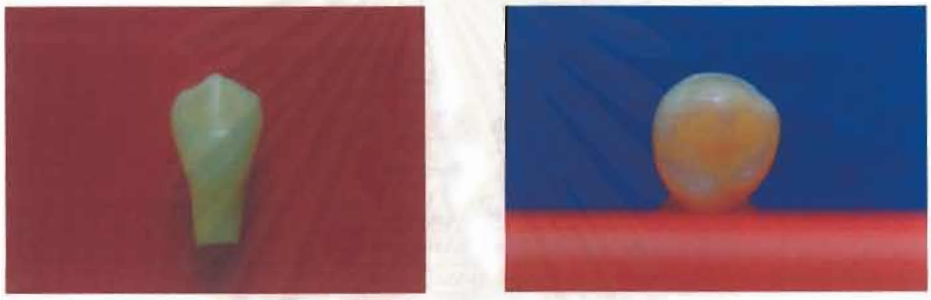
รูปที่ 23 แสดงกล้องจุลทรรศน์สามมิติ Olympus SZH10

รูปที่ 24 แสดงกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด JEOL JSM-5410LV

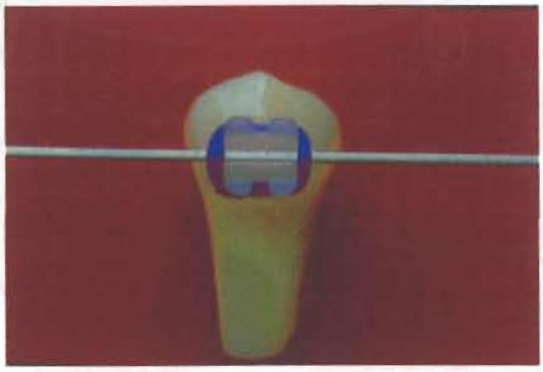
รูปที่ 25 แสดงเครื่องฉาบผิวทอง JOEL JFC-1200

รูปที่ 26 แสดงเครื่องกรอใส่หัวขัดยางรูปถ้วย และผงขัดชนิดละเอียด

รูปที่ 27 แสดงกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 และวัสดุยึด Concise



รูปที่ 28 แสดงฟันกรามน้อยติดกับแผ่นพลาสติกโดยผิวฟันด้านใกล้แก้มหันขึ้น และขนานกับระนาบของแผ่นพลาสติก

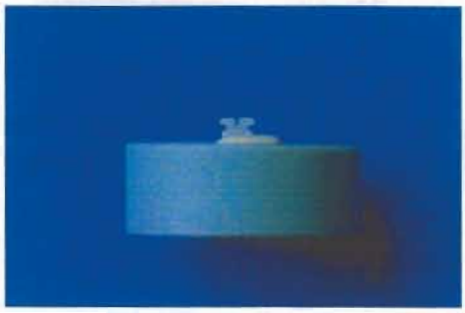


รูปที่ 29 แสดงการยึดลวดเหล็กกล้าไร้สนิมขนาด 0.018x0.025 นิ้ว ในร่องของแบรกเกตเพื่อจัดตำแหน่งฟันในท่อพีวีซี

รูปที่ 30 แสดงการยึดฟันที่ติดแบรกเกตแล้วกับท่อพีวีซีชิ้นที่หนึ่ง

รูปที่ 31 แสดงการวางท่อพีวีซีชิ้นที่หนึ่งซ้อนทับท่อพีวีซีชิ้นที่สอง

รูปที่ 32 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่พร้อมสำหรับการทดสอบ



รูปที่ 33 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่ร่องของแบรกเกตขนานกับแนวระนาบ

รูปที่ 34 แสดงการยึดเครื่องมือในการวิจัยด้วยเครื่องทดสอบแรงทั่วไป

รูปที่ 35 แสดงลักษณะของเครื่องมือที่ออกแรงกระทำต่อแบรกเกต
ในการทดสอบด้วยเครื่อง Instron

ตัวแปรของการวิจัย

1. ตัวแปรอิสระ (independent variable)

ตัวแปรอิสระในการวิจัยครั้งนี้คือ ลักษณะของฐานแบรกเกตซึ่งมีลักษณะแตกต่างกัน ดังนี้

1.1 ลักษณะของฐานแบรกเกตเซรามิกแบบอนุภาคคล้ายคริสตัลเชื่อมที่ ได้แก่ แบรกเกตเซรามิกที่มีชื่อทางการค้าว่า Transcend series 6000 ของบริษัท 3M Unitek

1.2 ลักษณะของฐานแบรกเกตเซรามิกแบบหลุมขนาดเล็ก ได้แก่ แบรกเกตเซรามิกที่มีชื่อทางการค้าว่า Crystaline ของบริษัท Tomy

1.3 ลักษณะของฐานแบรกเกตเซรามิกแบบร่อง ได้แก่ แบรกเกตเซรามิกที่มีชื่อทางการค้าว่า 20/40m ของบริษัท American Orthodontics

1.4 ลักษณะของฐานแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมแบบร่องในแนวนอนร่วมกับร่องรูปตัววี ได้แก่ แบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีชื่อทางการค้าว่า Dyna-lock ของบริษัท 3M Unitek

2. ตัวแปรตาม (dependent variable)

ตัวแปรตามของการวิจัยครั้งนี้ คือ

2.1 กำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก ซึ่งได้จากการคำนวณขนาดของแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นเมกะปาสคาล

2.2 บริเวณที่มีความล้มเหลวของการยึดติด แบ่งเป็น 5 บริเวณดังนี้

2.2.1 บริเวณภายในผิวเคลือบฟัน

2.2.2 บริเวณระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึด

2.2.3 บริเวณภายในวัสดุยึด

2.2.4 บริเวณระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด

2.2.5 บริเวณภายในแบรกเกต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะของฐานต่างกัน ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียวที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 (Baumgardner, 1997) ถ้าผลของการวิเคราะห์มีความแตกต่างกัน ทดสอบความแตกต่างของแต่ละคู่ด้วยการทดสอบเชฟเฟ่

2. การทดสอบความแตกต่างของบริเวณที่มีการล้มเหลวของการยึดของแบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะของฐานต่างกันใช้สถิติการทดสอบของครัสคาล-วอลลิส (Kruskal-Wallis test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 (Baumgardner, 1997)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การศึกษากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก ของแบรกเกตเซรามิกชนิดโพลีคริสตอลลีนอะลูมินา ซึ่งมีการยึดติดแบบพันธะเชิงกลแตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ แบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะฐานแบรกเกตเป็นอนุภาคคล้ายคริสตอลเชื่อมที่ฐาน, แบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะฐานแบรกเกตเป็นร่อง และแบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะฐานแบรกเกตเป็นหลุมขนาดเล็ก เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งเป็นแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมซึ่งมีการยึดติดแบบพันธะเชิงกลที่มีลักษณะฐานแบรกเกตเป็นร่องในแนวนอนร่วมกับร่องรูปตัววี โดยกรดที่ใช้คือ กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 และวัสดุยึดที่ใช้คือ Concise

ผลการทดลองได้ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก ดังตารางที่ 4 และ แสดงเป็นแผนภูมิแท่งดังรูปที่ 36 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

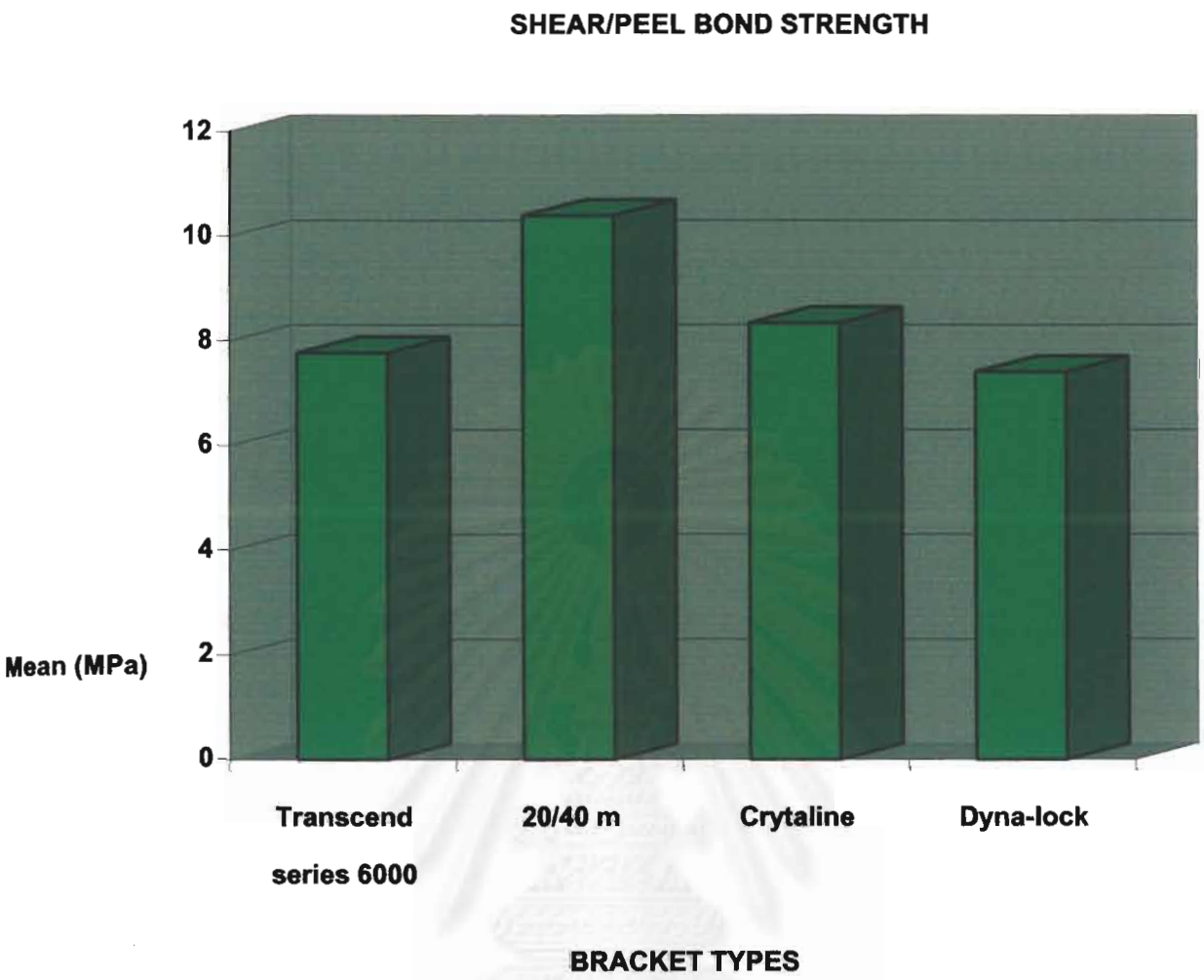
1.1 แบรกเกตเซรามิกชนิดโพลีคริสตอลลีนอะลูมินา ของบริษัท 3M Unitek ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า Transcend series 6000 มีลักษณะฐานแบรกเกตเป็นอนุภาคคล้ายคริสตอลเชื่อมที่ฐาน มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก 7.77 MPa และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.98

1.2 แบรกเกตเซรามิกชนิดโพลีคริสตอลลีนอะลูมินา ของบริษัท Tomy ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า Crytaline มีลักษณะฐานแบรกเกตเป็นหลุมขนาดเล็ก มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก 8.34 MPa และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.32

1.3 แบรกเกตเซรามิกชนิดโพลีคริสตอลลีนอะลูมินา ของบริษัท American Orthodontics ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า 20/40m มีลักษณะฐานแบรกเกตเป็นร่อง มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก 10.39 MPa และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.43

1.4 แบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม ของบริษัท 3M Unitek ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า Dyna-lock มีลักษณะฐานแบรกเกตเป็นร่องในแนวนอนร่วมกับร่องรูปตัววี มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก 7.41 MPa และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.99

การวิเคราะห์ทางสถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิกทั้ง 3 ชนิด และแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม 1 ชนิด โดยการใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียวที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 มีรายละเอียดดังตารางที่ 9 (ภาคผนวก) ซึ่งผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้



รูปที่ 36 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิก 3 ชนิด และแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม

1.มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิกทั้ง 3 ชนิด และแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม

2.การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิก 3 ชนิดที่มีลักษณะของฐานแตกต่างกันและแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม ภายหลังการปฏิเสธสมมติฐาน คือ ผลของการวิเคราะห์มีความแตกต่างกัน ใช้วิธีการทดสอบความแตกต่างของแต่คู่ด้วยการทดสอบเชฟเฟ่ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังรายละเอียดในตารางที่ 10 และ 11 (ภาคผนวก) กล่าวคือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 ระหว่างแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม Dyna-lock และแบรกเกตเซรามิก 20/40m และCrytaline และพบว่า มีความแตกต่างระหว่างแบรกเกตเซรามิก 20/40 m และแบรกเกตเซรามิก Transcend series 6000 และ Crytaline อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

ระดับ 0.05 แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม Dyna-lock และแบรกเกตเซรามิก Transcend series 6000 และระหว่างแบรกเกตเซรามิก Crytaline และแบรกเกตเซรามิก Transcend series 6000

3.เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม และแบรกเกตเซรามิกทั้ง 3 ชนิด พบว่า แบรกเกตเซรามิกทั้ง 3 ชนิดให้ค่ากำลังแรงยึดที่เพียงพอที่จะรับแรงในทางทันตกรรมจัดฟัน โดยทุกกลุ่มมีค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกมากกว่าค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกในกลุ่มแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมซึ่งเป็นกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) กำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก (MPa) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ชนิดแบรกเกต	ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอก (MPa)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
Transcend series 6000	7.77[ad]	0.98
20/40m	10.39[b]	1.43
Crytaline	8.34[ac]	1.32
Dyna-lock	7.41[d]	0.99

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางถิติ ($p<0.05$) ; a= transcend series 6000; b= 20/40m; c= crytaline; d= dyna-lock

4.ผลการตรวจฟันและแบรกเกตเพื่อพิจารณาบริเวณที่เกิดความล้มเหลวของการยึดติดด้วยกล้องจุลทรรศน์สามมิติ กำลังขยาย 30 เท่าภายหลังผ่านการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดด้วยเครื่องมือทดสอบแรงทั่วไป โดยใช้ค่าดัชนีการเหลืออยู่ของวัสดุยึด (Adhesive Remnant Index = ARI) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5 และแสดงเป็นแผนภูมิแท่งดังรูปที่ 37 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 แบรกเกตเซรามิก Transcend series 6000 ของบริษัท 3M Unitek ซึ่งมีลักษณะฐานแบรกเกตเป็นอนุภาคคล้ายคริสตอลเชื่อมที่ฐาน จะให้ค่าดัชนีการเหลืออยู่ของวัสดุยึดเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยดังต่อไปนี้

บริเวณระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด 21 ชิ้น
บริเวณภายในวัสดุยึด 8 ชิ้น
บริเวณระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึด 1 ชิ้น

โดยไม่พบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดภายในแบรกเกตและภายในผิวเคลือบฟัน

4.2 แบรกเกตเซรามิก 20/40 m ของบริษัท American Orthodontics ซึ่งมีลักษณะฐานแบรกเกตเป็นร่อง จะให้ค่าดัชนีการเหลืออยู่ของวัสดุยึด เรียงตามลำดับจากมากไปน้อยดังต่อไปนี้

บริเวณระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด	16 ชิ้น
บริเวณระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึด	10 ชิ้น
บริเวณภายในวัสดุยึด	4 ชิ้น

โดยไม่พบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดภายในแบรกเกตและภายในผิวเคลือบฟัน

4.3 แบรกเกตเซรามิก Crytaline ของบริษัท Tomy ซึ่งมีลักษณะฐานแบรกเกตเป็นหลุมขนาดเล็ก จะให้ค่าดัชนีการเหลืออยู่ของวัสดุยึด เรียงตามลำดับจากมากไปน้อยดังต่อไปนี้

บริเวณระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด	19 ชิ้น
บริเวณภายในวัสดุยึด	6 ชิ้น
บริเวณระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึด	5 ชิ้น

โดยไม่พบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดภายในแบรกเกตและภายในผิวเคลือบฟัน

4.4 แบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม Dyna-lock ของบริษัท 3M Unitek ซึ่งมีลักษณะฐานแบรกเกตป็นร่องในแนวนอนและร่องรูปตัววี จะให้ค่าดัชนีการเหลืออยู่ของวัสดุยึด เรียงตามลำดับจากมากไปน้อยดังต่อไปนี้

บริเวณระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด	20 ชิ้น
บริเวณระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึด	7 ชิ้น
บริเวณภายในวัสดุยึด	3 ชิ้น

โดยไม่พบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดภายในแบรกเกตและภายในผิวเคลือบฟัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 แสดงบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดภายหลังการหลุดของแบรกเกตเซรามิก ที่มีลักษณะของฐานแตกต่างกัน 3 ชนิด และแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม

Adhesive Remnant Index (ARI)					
Type of Bracket	**EF (%)**	**EA (%)**	**CO (%)**	**BA (%)**	**BF (%)**
Transcend series 6000	0 (0 %)	1 (3.3 %)	8 (26.7 %)	21 (70 %)	0 (0 %)
20/40 m	0 (0 %)	10 (33.3 %)	4 (13.3 %)	16 (53.3 %)	0 (0 %)
Crytaline	0 (0 %)	5 (16.7 %)	6 (20 %)	19 (63.3 %)	0 (0 %)
Dyna-lock	0 (0 %)	7 (23.3 %)	3 (10 %)	20 (66.7 %)	0 (0 %)

EF = บริเวณภายในผิวเคลือบฟัน

EA = บริเวณระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึด

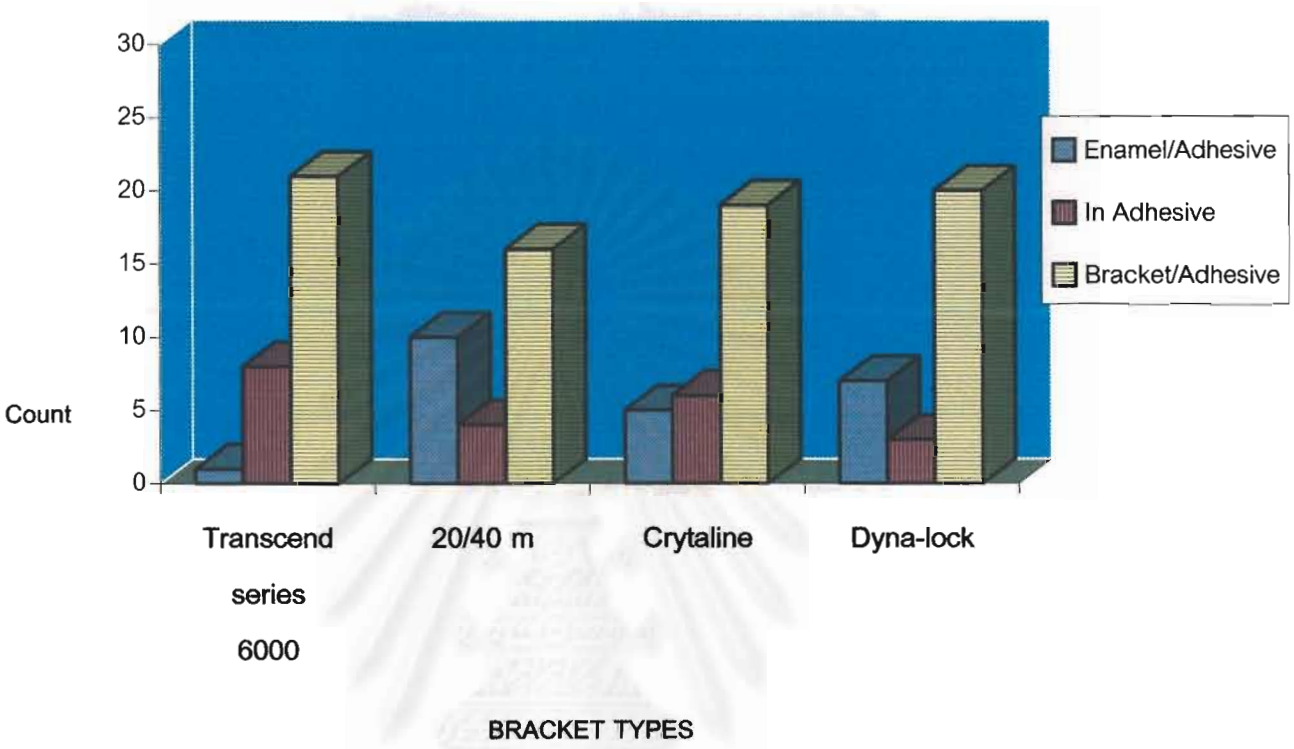
CO = บริเวณภายในวัสดุยึด

BA = บริเวณระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด

BF = บริเวณภายในแบรกเกต

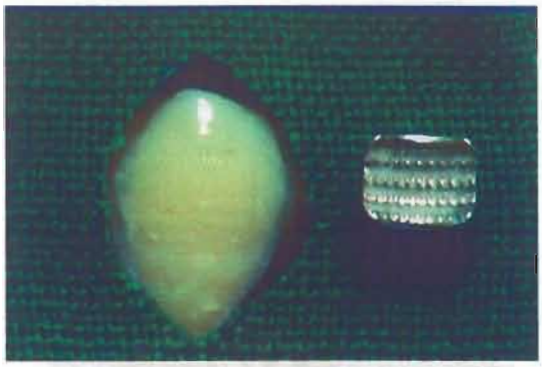
การวิเคราะห์ทางสถิติทดสอบความแตกต่างของบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดภายหลังการหลุดของแบรกเกตเซรามิก 3 ชนิดและแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีลักษณะของฐานแตกต่างกัน โดยการใช้สถิติการทดสอบของครัสคาล - วอลลิส ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 มีรายละเอียดดังตารางที่ 12 (ภาคผนวก) ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดของแบรกเกตเซรามิกที่มีการยึดติดแบบพันธะเชิงกลที่แตกต่างกัน

ADHESIVE REMNANT INDEX

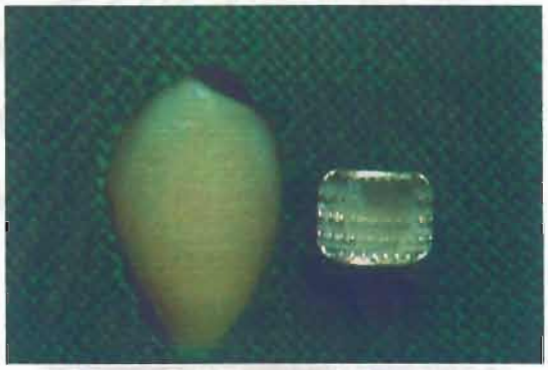


รูปที่ 36 แผนภูมิแท่งแสดงบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดของแบรกเกตเซรามิก 3 ชนิด และแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม

บริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดภายหลังการหลุดของแบรกเกตทั้ง 4 กลุ่มจะเกิดที่บริเวณระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึดเป็นส่วนใหญ่ (ดังรูปที่38)โดยในแบรกเกตเซรามิกชนิด 20/40m จะมีร้อยละการเกิดความล้มเหลวในการยึดติดภายในวัสดุยึด(รูปที่ 39) และบริเวณระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึด (รูปที่ 40) มากกว่าในกลุ่มอื่นๆ ทั้งนี้ไม่พบการแตกของผิวเคลือบฟันเกิดขึ้น



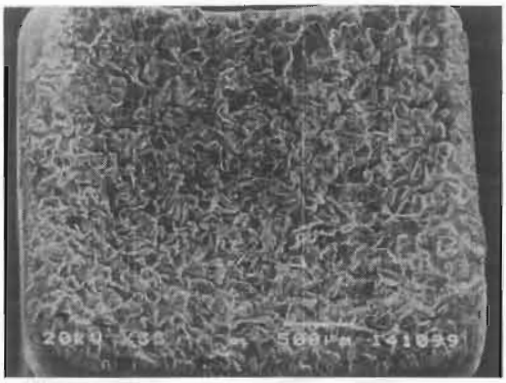
รูปที่ 38 ภาพแสดงบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างแบรกเกต และวัสดุยึด



รูปที่ 39 ภาพแสดงบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดภายในวัสดุยึด

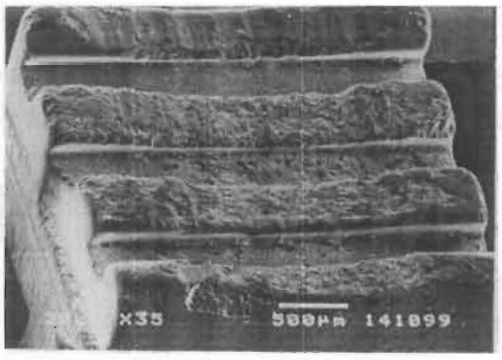
รูปที่ 40 ภาพแสดงบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างผิวเคลือบฟัน และวัสดุยึด

5.ผลการตรวจลักษณะฐานแบรกเกตทั้ง 4 กลุ่ม ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด

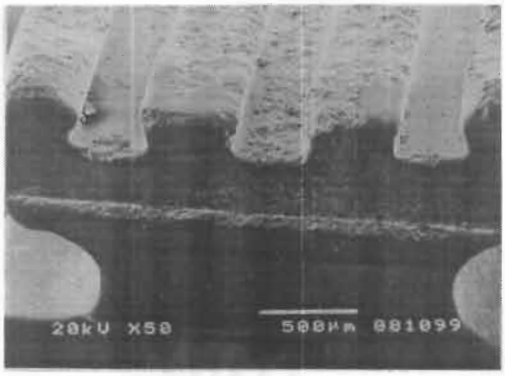


รูปที่ 41 แสดงลักษณะฐานแบรกเกตเซรามิก Transcend series 6000 ซึ่งมีลักษณะเป็นผลึก จำนวนมากกระจายอยู่ทั่วไปบนฐานแบรกเกต

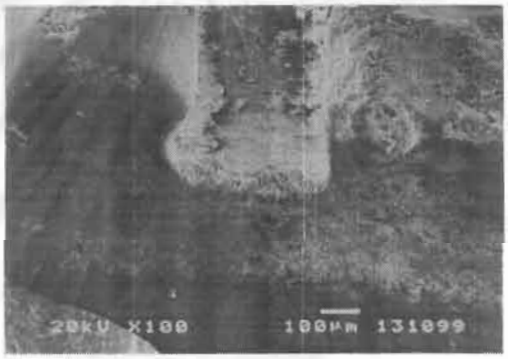
รูปที่ 42 แสดงลักษณะพื้นผิวของฐานแบรกเกตเซรามิก Transcend series 6000 (กำลังขยาย 100 เท่า) ซึ่งประกอบด้วยผลึกรูปร่างไม่แน่นอนกระจายอยู่ทั่วไปบนพื้นผิว



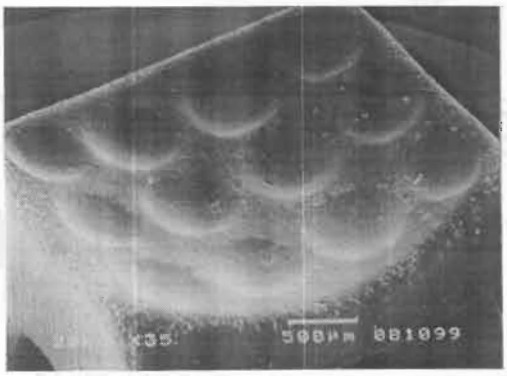
รูปที่ 43 แสดงลักษณะฐานแบรกเกตเซรามิก 20/40 m ซึ่งมีลักษณะเป็นร่องในแนวนอน 3 ร่อง และผิวของฐานแบรกเกตมีลักษณะขรุขระและเป็นคลื่นๆ ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า



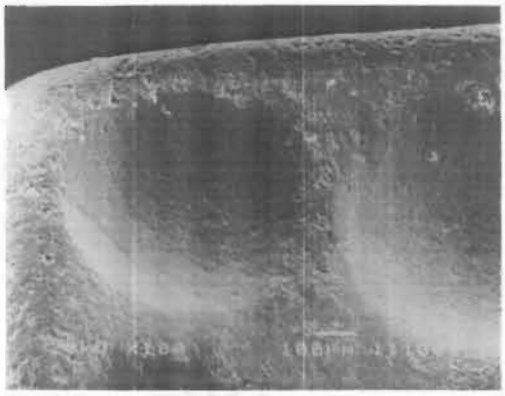
รูปที่ 44 แสดงลักษณะของร่องในแนวนอนของแบรกเกต 20/40 m ในแนวด้านข้างพบลักษณะร่องมีอันเดอร์คัท และร่องทั้ง 3 มีความลึกใกล้เคียง



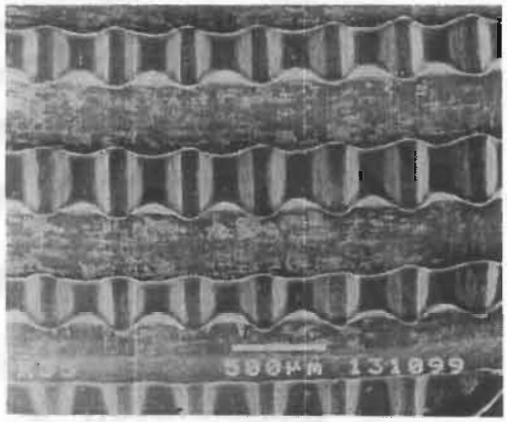
รูปที่ 45 แสดงลักษณะร่องแบรกเกต 20/40 m มีลักษณะเป็นอันเดอร์คัทที่โค้งมน และผิวของฐานแบรกเกตมีความขรุขระมาก



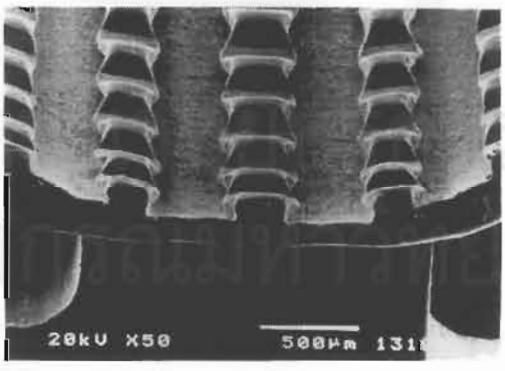
รูปที่ 46 แสดงลักษณะฐานแบรกเกตเซรามิก Crytaline ซึ่งมีลักษณะเป็นหลุมจำนวน 12 หลุม และแบรกเกตมีความโค้งในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง



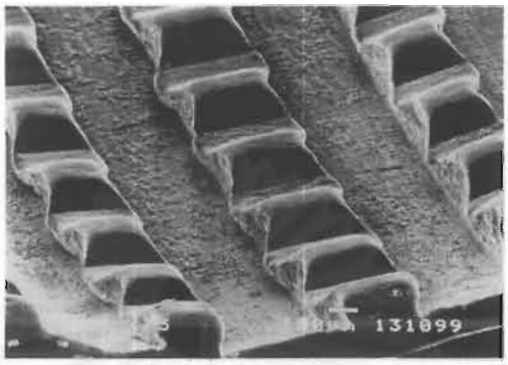
รูปที่ 47 แสดงลักษณะหลุมของแบรกเกตเซรามิก Crytaline ซึ่งเป็นแอ่งรูปกะทะหงายลักษณะโค้งมน



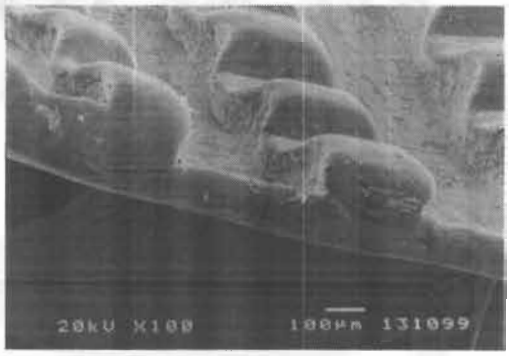
รูปที่ 48 แสดงลักษณะฐานแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม Dyna-lock ซึ่งมีลักษณะเป็นร่องในแนวนอน 4 ร่องเรียงตัวสลับกับร่องรูปตัววี



รูปที่ 49 แสดงลักษณะร่องในแนวนอนของแบรกเกต Dyna-lock เมื่อมองจากด้านข้าง



รูปที่ 50 แสดงลักษณะของร่องรูปตัววีและร่องในแนวนอนของแบรกเกต Dyna-lock ซึ่งมีส่วนฐานของร่องที่มีผิวขรุขระและมีลักษณะเป็นมุมแหลม



รูปที่ 51 แสดงลักษณะด้านข้างของร่องในแนวนอนรูปสี่เหลี่ยมคางหมูของแบรกเกต Dyna-lock

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกกับผิวเคลือบฟันของแบรกเกตเซรามิกที่มีการออกแบบฐานเป็นการยึดติดแบบพันธะเชิงกลต่าง ๆกัน ได้แก่ แบรกเกตเซรามิกรุ่น Transcend series 6000 ซึ่งมีลักษณะของฐานแบรกเกตเป็นอนุภาคคล้ายคริสตอลเชื่อมที่ฐาน, แบรกเกตเซรามิกรุ่น 20/40m ซึ่งมีลักษณะของฐานแบรกเกตเป็นร่องและแบรกเกตเซรามิกรุ่น Crytaline ซึ่งมีลักษณะของฐานแบรกเกตเป็นหลุมขนาดเล็กเทียบกับแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมรุ่น Dyna-lock ซึ่งมีลักษณะของฐานแบรกเกตเป็นร่องในแนวนอนร่วมกับร่องรูปตัววี และเพื่อศึกษาความแตกต่างของบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดภายหลังการหลุดแบรกเกต โดยกรดที่ใช้คือ กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 วัสดุยึดที่ใช้คือ Concise การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะของฐานแตกต่างกัน ใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียวที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ถ้าผลของการวิเคราะห์มีความแตกต่างกันทดสอบความแตกต่างของแต่ละคู่ด้วยการทดสอบเชฟเฟ่ การทดสอบความแตกต่างของบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดของแบรกเกตที่มีลักษณะการออกแบบฐานที่แตกต่างกันใช้สถิติการทดสอบของครัสคาล-วอลลิสที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

สรุปผลของการวิจัย

ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิกและแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีลักษณะการออกแบบฐานแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 และไม่มีความแตกต่างของบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดภายหลังการหลุดของแบรกเกตที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 กล่าวคือ

1. การออกแบบฐานแบรกเกตที่มีลักษณะการยึดติดแบบพันธะเชิงกลต่างกันมีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกต โดยแบรกเกตเซรามิกรุ่น 20/40 m ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิกรุ่น Crytaline มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิกรุ่น Transcend series 6000 แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิกรุ่น 20/40m และแบรกเกตเซรามิกรุ่น Crytaline กับแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมรุ่น Dyna-lock อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิกทุกกลุ่มเพียงพอสำหรับการใช้งานในคลินิก

5. แบรกเกตทุกกลุ่มพบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดที่บริเวณระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึดคิดเป็นร้อยละสูงที่สุด โดยไม่พบการแตกหักของผิวเคลือบฟันภายหลังการหลุดของแบรกเกต

การอภิปรายผลการวิจัย

ความสำเร็จในการยึดแบรกเกตบนผิวเคลือบฟันเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันขึ้นกับหลายปัจจัยได้แก่

1. ธรรมชาติของผิวฟัน
2. ขบวนการเตรียมผิวฟัน
3. ชนิดของวัสดุยึด
4. ลักษณะการออกแบบฐานแบรกเกต
5. ประสบการณ์ของทันตแพทย์

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทดลอง โดยควบคุมกรดที่ใช้ในการกัดผิวเคลือบฟัน, เวลาที่ใช้กรดกัด, วัสดุยึด, วิธีการทดลอง และผู้ทดลองให้เหมือนกันทุกกลุ่มตัวอย่าง แต่การใช้วิธีการเตรียมผิวเคลือบฟันด้วยวิธีเดียวกันสามารถพบความแตกต่างของลักษณะผิวเคลือบฟันภายหลังถูกกรดกัด (etching pattern) ได้ในฟันต่างซี่กัน หรือแม้แต่ในฟันซี่เดียวกัน (Diedrich, 1981) โดยการที่กรดละลายผิวเคลือบฟันได้ไม่เท่ากันเนื่องจาก มีความแตกต่างของโครงสร้างในชั้นผิวหน้าของผิวเคลือบฟัน ได้แก่ ความแตกต่างของลักษณะปริซึม, การเรียงตัวของผลึก, ส่วนประกอบทางเคมีของผลึก, ส่วนประกอบอินทรีย์หรืออนินทรีย์ของปริซึม ซึ่ง Willems และคณะ(1997) กล่าวว่า ลักษณะความแตกต่างของคุณสมบัติของฟันที่นำมาใช้ในการทดลองจะก่อให้เกิดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานภายหลังการหาค่ากำลังแรงยึดที่สูง แต่จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ภายหลังการทดสอบค่ากำลังแรงยึดของแบรกเกตชนิดต่างๆจะได้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีค่าปานกลางและสามารถยอมรับได้ในทางสถิติ

ฟันกรามน้อยถูกเลือกให้นำมาใช้ในการทดลองเนื่องจากเป็นฟันที่เกิดอุบัติการหลุดของแบรกเกตมากที่สุดในคลินิก (Zachisson, 1977; Newman, 1978; Loviqus, and Sonis, 1988; O'Brien, 1989; Sunna, and Rock ,1998) เนื่องจากบริเวณฟันหลังจะได้รับแรงบดเคี้ยวมากกว่า,

การควบคุมความชื้นทำได้ยาก และผิวเคลือบฟันประกอบด้วยบริเวณที่มีปริซึมน้อยซึ่งมีผลทำให้ค่ากำลังแรงยึดต่ำลง (Whittaher,1982; Knoll, Gwinnett, and Wolff, 1986)

ความโค้งของผิวเคลือบฟันโดยเฉพาะฟันกรามน้อยทำให้ฐานแบรกเกตไม่แนบสนิทกับผิวฟัน วัสดุยึดใต้ฐานแบรกเกตจะมีความหนาแตกต่างกันในแต่ละบริเวณ เมื่อได้รับแรงในการถอดแบรกเกตจะเกิดความเค้นสะสมที่แตกต่างกันทำให้ค่ากำลังแรงยึดต่ำลง (Pornchai Charuschareonwttiya, 1993) ดังนั้นผลการวิจัยครั้งนี้อาจให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกที่ต่ำกว่าบางท่านที่ศึกษา แสดงให้เห็นว่า ความโค้งของผิวฟันด้านใกล้แก้มมีผลต่อค่ากำลังแรงยึด

ผิวเคลือบฟันที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ไม่มีการกรอตัดให้เรียบเนื่องจากต้องการให้ผิวเคลือบฟันมีลักษณะคล้ายกับการใช้งานทางคลินิกและไม่ต้องการรบกวนต่อองค์ประกอบของแร่ธาตุต่างๆที่อยู่บนผิวเคลือบฟันตามธรรมชาติ นอกจากนี้ส่วนประกอบทางเคมีของผิวเคลือบฟันในชั้นลึกลงไปจะแตกต่างจากชั้นผิวหน้า (Jenkin, 1978) โดยเฉพาะปริมาณของฟลูออไรด์อิออนซึ่งมีผลต่อรูปแบบของผิวเคลือบฟันที่ถูกกรดกัดและค่ากำลังแรงยึด

การวิจัยนี้เลือกทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกเนื่องจาก แรงดังกล่าวเป็นแรงหลักแรงหนึ่งซึ่งกระทำต่อแบรกเกตในขณะที่ผู้ป่วยทำการบดเคี้ยว ซึ่งเป็นการเลียนแบบแรงที่เกิดขึ้นจริงในคลินิก (Tavas, and Watts, 1979; Alexander, et al. , 1993) การทำให้แบรกเกตหลุดด้วยแรงเฉือนอย่างเดียวเป็นการยาก เนื่องจากแรงดังกล่าวต้องกระทำบริเวณรอยต่อระหว่างแบรกเกตและผิวเคลือบฟันซึ่งแทบจะเป็นไปไม่ได้ (Alexander et al., 1981; Beech, and Jalaly, 1981) ดังนั้นแรงที่เหมาะสมในการทดลองคือ แรงเฉือน/ปอก (Ferguson et al., 1984) กล่าวคือ แรงดังกล่าวจะกระทำในทิศทางที่ขนานกับผิวสัมผัสระหว่างแบรกเกต และผิวเคลือบฟันแต่ตำแหน่งของแรงจะอยู่ห่างจากรอยต่อของแบรกเกตกับผิวเคลือบฟัน โดยขณะทำการทดลองตำแหน่งของเครื่องมือที่ให้แรงกระทำแก่แบรกเกตควรห่างจากบริเวณรอยต่อของแบรกเกตและผิวเคลือบฟันเท่าๆกันในทุกชิ้นงานเพื่อให้เกิดการทดสอบที่สามารถทำซ้ำได้ (Fox et al., 1994) ในการศึกษาครั้งนี้ตำแหน่งดังกล่าวจะอยู่ที่ปีกด้านใกล้เหงือกของแบรกเกต

ค่าความเค้นของแรงเฉือน/ปอกขึ้นอยู่กับวิธีการให้แรง, ลักษณะเครื่องมือในการให้แรง และลักษณะของฐานแบรกเกต ซึ่งอธิบายได้โดยมีความแตกต่างของค่ากำลังแรงยึดเมื่อปัจจัยแต่ละตัวมีการเปลี่ยนแปลง (Regan, and van Noort, 1989)

Pornchai Charuschareonwittaya (1993) รายงานว่าค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของวัสดุยึดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อใช้แรงกดขณะติดแบรกเกตขนาดต่างๆกันแต่ค่ากำลังแรงยึดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้แรงกดที่มากขึ้นจนกระทั่งแรงกดที่มากกว่า 30 กรัม ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดจะค่อนข้างคงที่ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้แรงกดขนาด 2 ออนซ์

(80 กรัม) โดยใช้เครื่องมือที่กำหนดแรงในการติดแบรกเกต (Piyathida Chittanandha, 1997) เพื่อควบคุมความหนาของวัสดุยึดและให้การทดลองสามารถทำซ้ำได้

วัสดุยึดที่ใช้ในการวิจัยคือ Concise ซึ่งเป็นวัสดุยึดชนิดผสมประกอบด้วยวัสดุอัดแทรกขนาดใหญ่ในปริมาณร้อยละ 75 ตามน้ำหนัก การเติมวัสดุอัดแทรกเข้าไปในวัสดุยึดจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลได้แก่ กำลังแรงอัด, มอดุลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity), ความแข็ง และช่วยลดสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง แต่วัสดุยึดจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น และสามารถผสมได้อย่างสมบูรณ์โดยมีบริเวณที่แข็งตัวไม่สมบูรณ์น้อย (Buzzita et al., 1982) เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุยึดชนิดไม่ต้องผสม ทำให้ค่ากำลังแรงยึดที่ได้มีค่าสูงกว่าวัสดุยึดชนิดไม่ต้องผสม (Ferguson et al., 1984; Regan, and van Noort, 1989)

Yamada และคณะ (1988) รายงานว่าวัสดุยึด Concise ให้ค่ากำลังแรงยึดที่คงที่เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป และเป็นวัสดุยึดที่ใช้กันอย่างกว้างขวางจึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุมาตรฐานในการทดลองซึ่งสอดคล้องกับ Willems และคณะ (1997) ที่แนะนำให้ใช้ Concise เป็นวัสดุยึดในการติดแบรกเกตเซรามิก (Balock, and Power, 1995)

ข้อเสียของวัสดุยึดชนิดผสมคือ การเสียเวลาในการผสมและเมื่อวัสดุยึดผสมกันจะมีความหนืดเพิ่มมากขึ้นตามเวลา ทำให้การแทรกซึมของวัสดุยึดเข้าในบริเวณอันเดอร์คัทของฐานแบรกเกตลดลง และการผสมจะทำให้มีฟองอากาศภายในวัสดุยึดเกิดขึ้นได้ จึงอาจเกิดการสะสมของความเค้นรอบๆฟองอากาศ ทำให้ค่ากำลังแรงยึดลดลง และเหลือวัสดุยึดบนตัวฟันเพิ่มขึ้น (Mittchell, 1994)

<u>ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกกับการออกแบบฐานแบรกเกต</u>

แบรกเกตซึ่งยึดติดอยู่บนผิวเคลือบฟันจะต้องต้านทานต่อแรงต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันได้ (Proffit, 1986) กำลังแรงยึดของแบรกเกตที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานทางคลินิกมีผู้รายงานไว้แตกต่างกันซึ่งไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้โดยตรงเนื่องจากในแต่ละการศึกษาจะใช้วัสดุยึด, แบรกเกต, ฟัน และวิธีการทดลองที่แตกต่างกัน Reynold (1975) รายงานว่า ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนที่เพียงพอสำหรับการใช้งานทางคลินิกจะมีค่ามากกว่า 5.88-7.85 MPa จากผลการทดลองครั้งนี้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตทุกกลุ่มมีค่ามากกว่าค่าดังกล่าว และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิกกับแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม (Dyna-lock) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปในการใช้งานทางคลินิก พบว่า แบรกเกตเซรามิกทุกกลุ่มจะให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกที่เพียงพอสำหรับการใช้งานทางคลินิก

Karamouzos (1997) กล่าวว่า ขบวนการผลิตแบรกเกตมีบทบาทสำคัญต่อรูปร่างลักษณะของแบรกเกตเซรามิกไม่ว่าจะเป็นรูพรุนในผิวแบรกเกต, ความบกพร่องของการตัดแต่ง หรือการเกิดรอยขีดข่วนบนผิวแบรกเกต จะทำให้แบรกเกตสูญเสียคุณสมบัติที่ดีสำหรับการใช้งาน นอกจากนี้เขายังพบว่า แบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะการยึดติดแบบพันธะเชิงกลจะให้ค่ากำลังแรงยึดที่แตกต่างกับแบรกเกตเซรามิกที่มีลักษณะการยึดติดแบบพันธะเคมี เนื่องจากจำนวนของความเค้นที่กระจายไปบนพื้นผิวของการยึดติดแบรกเกตเซรามิกที่มีการยึดติดแบบพันธะเชิงกลกับวัสดุยึดโดยการทำร่องที่มีมุมน้อยกว่า 90 องศา จะทำให้เกิดความเค้นสะสมรอบๆมุมแหลมเหล่านี้ จึงทำให้เกิดการเปราะของวัสดุยึด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Odegaard และ Segner (1988) พบว่า ปัจจัยของความเค้นเป็นสิ่งสำคัญในการลดค่ากำลังแรงยึดของแบรกเกตที่มีลักษณะฐานเป็นร่อง เนื่องจากขณะที่วัสดุยึดแข็งตัวจะมีการหดตัวโดยรอบมุมที่แหลมและการมีร่องในแนวตัดขวางจะก่อให้เกิดความเค้นภายในเพิ่มขึ้นจึงเกิดความล้มเหลวของการยึดติดขึ้นระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด

จากการทดลองครั้งนี้แบรกเกตเซรามิกชนิด 20/40 m ซึ่งมีลักษณะของร่องในแนวนอน 3 ร่องให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกสูงสุดและสูงกว่าแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิมชนิด Dyna-lock ซึ่งมีลักษณะของฐานแบรกเกตที่มีร่องในแนวนอน 4 ร่อง ร่วมกับร่องรูปตัววีในแนวตัดขวางซึ่งให้พื้นที่ผิวในการยึดติดเพิ่มขึ้น แต่กลับให้ค่ากำลังแรงยึดที่ต่ำกว่าเมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (รูปที่ 44 และ45) พบว่า ลักษณะฐาน แบรกเกต 20/40 m จะมีร่องในแนวนอนที่ลึกและพื้นผิวของแบรกเกตมีลักษณะผิวขรุขระซึ่งจะเพิ่มไมโครเมคานิคาลรีเทนชั่นทำให้ค่ากำลังแรงยึดเพิ่มสูงขึ้น (Regan, and van Noort, 1989) และเมื่อพิจารณาลักษณะทางด้านข้างของร่องแนวนอนพบว่า มีลักษณะเป็นอันเดอร์คัทที่ทำให้เกิดการยึดติดของวัสดุยึดภายในร่องเหล่านี้ และบริเวณมุมของอันเดอร์คัทจะเป็นมุมมนทำให้ไม่มีการสะสมของความเค้นภายในร่องเหล่านี้ ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดจึงมีค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับแบรกเกต Dyna-lock ซึ่งมีร่องในแนวนอนที่ตื้น แม้จะมีลักษณะขรุขระของพื้นผิวในร่องแต่มีความหยาบมากกว่าแบรกเกต 20/40 m นอกจากนี้บริเวณมุมต่างๆของร่องในแนวนอนและร่องรูปตัววีของแบรกเกต Dyna-lock จะมีลักษณะเป็นมุมแหลมทำให้เกิดการสะสมของความเค้นรอบๆมุมดังกล่าว ค่ากำลังแรงยึดจึงลดต่ำลง และเมื่อพิจารณาร่องรูปตัววี จะมีลักษณะที่ไม่มีอันเดอร์คัททำให้ไม่สามารถยึดวัสดุยึดไว้ได้เพียงแต่ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดติดจึงพบวัสดุยึดหลงเหลืออยู่ในร่องแนวนอนเท่านั้นภายหลังการถอดแบรกเกต

Ferguson และคณะ (1984) และ O'Brien และคณะ (1988) พบว่า ลักษณะฐานแบรกเกต Dyna-lock จะลดโอกาสของการเกิดฟองอากาศภายในวัสดุยึดเนื่องจากวัสดุยึดส่วนเกินจะสามารถออกมาตามร่องได้ แต่ Diedrich และDickmeiss (1983) กลับพบฟองอากาศในวัสดุยึดเมื่อใช้ร่วมกับ Dyna-lock ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองที่พบฟองอากาศจำนวนเล็กน้อยในกลุ่มนี้

เป็นสิ่งที่อธิบายได้ยากว่าวัสดุที่ใช้ในการผลิตแบรกเกตจะมีผลต่อค่ากำลังแรงยึดแต่อาจเป็นไปได้ว่าแบรกเกตที่ทำจากวัสดุที่เป็นโลหะเมื่อได้รับแรงจะมีความสามารถในการยืดหยุ่นของฐาน

แบรกเกตทำให้เกิดรอยแยก (crack) เล็กๆระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึดก่อนที่จะเกิดความล้มเหลวในการยึดติดทำให้ค่ากำลังแรงยึดต่ำลง แต่แบรกเกตเซรามิกซึ่งมีคุณสมบัติแข็งแต่เปราะเช่นเดียวกับผิวเคลือบฟันจะไม่สามารถยืดหยุ่นได้ เมื่อได้รับแรงกระแทกจะเกิดความล้มเหลวของการยึดติดทันที (Swartz, 1988)

Bordeaux และคณะ (1994) ศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดของแบรกเกตเซรามิกชนิดต่างๆพบว่า แบรกเกต Transcend 2000 ซึ่งมีลักษณะฐานแบรกเกตเหมือนกับ Transcend series 6000 จะให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแบรกเกตที่มีการยึดติดแบบพันธะเคมี และเกิดความล้มเหลวของการยึดติดที่ระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองครั้งนี้ที่พบว่า แบรกเกต Transcend series 6000 ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกใกล้เคียงกับแบรกเกต Dyna-lock และสนับสนุนว่า การเพิ่มลักษณะการยึดติดแบบพันธะเชิงกลบนฐานแบรกเกตจะลดการเกิดอันตรายต่อผิวเคลือบฟัน และยังคงให้ค่ากำลังแรงยึดที่เพียงพอ

เมื่อพิจารณาลักษณะฐานแบรกเกต Transcend series 6000 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (รูปที่ 42) พบว่า ฐานแบรกเกตจะมีผลึกรูปร่างไม่แน่นอนเชื่อมที่ฐาน โดยผลึกเหล่านี้จะมีลักษณะที่มีมุมแหลมและมีอันเดอร์คัทตื้นๆ ทำให้เกิดการสะสมของความเค้นรอบๆผลึกเหล่านี้ นอกจากนี้วัสดุยึด Concise ซึ่งมีความหนืดจะแทรกซึมเข้าไปในอันเดอร์คัทได้ยาก (Cook, and Youngson, 1988) ทำให้กำลังแรงยึดมีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับแบรกเกต 20/40 m

แบรกเกตเซรามิก Crytaline ให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกที่ไม่แตกต่างจากแบรกเกตเซรามิก Transcend series 6000 แต่ให้ค่ากำลังแรงยึดที่น้อยกว่าแบรกเกตเซรามิก 20/40 m เนื่องจากแบรกเกต Crytaline มีลักษณะฐานแบรกเกตเป็นหลุมขนาดเล็ก 12 หลุม โดยหลุมมีลักษณะคล้ายกะทะหงายขึ้น ทำให้ไม่มีลักษณะเป็นอันเดอร์คัทที่ดีในการยึดวัสดุยึด นอกจากนี้บริเวณพื้นผิวของแบรกเกตยังมีความเรียบมากกว่าแบรกเกตในกลุ่มอื่นๆ (รูปที่ 47) ทำให้ค่ากำลังแรงยึดที่ได้มีค่าต่ำ และหลุมต่างๆเหล่านี้ยังก่อให้เกิดการสะสมของฟองอากาศขึ้นระหว่างวัสดุยึดและฐานแบรกเกตทำให้มีออกซิเจนซึ่งจะยับยั้งการแข็งตัวของวัสดุยึดทำให้ค่ากำลังแรงยึดต่ำลง (Maijer, and Smith, 1981)

<u>บริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดกับลักษณะการออกแบบฐานแบรกเกต</u>

Swartz (1988) กล่าวว่า ในทางอุดมคติแล้วบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดควรเกิดที่บริเวณระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด โดยปล่อยให้มีวัสดุยึดติดอยู่บนฟันและกำจัดออกอย่างระมัดระวัง ตำแหน่งของการเกิดความล้มเหลวในการยึดติดขึ้นกับความแข็งแรงของไมโครเมคานิคัลรีเทนชั่นจากการใช้กรดเตรียมผิวฟัน ในกรณีที่เรซินแทกซ์สั้นจะเกิดความล้มเหลวในการยึดติด

ที่ระหว่างวัสดุยึดและผิวเคลือบฟัน ถ้าหากเมคานิคาลอินเตอร์ลอค (mechanical interlock) มีความแข็งแรงจะเกิดความล้มเหลวของการยึดติดที่ภายในวัสดุยึดหรือในผิวเคลือบฟัน(Diedrich, 1981)

Bordeaux และคณะ (1994) พบว่า ค่ากำลังแรงยึดที่สูงของแบรกเกตเซรามิกสัมพันธ์กับการเพิ่มความแข็งแรง และการลดลงของการบิดเบือนรูปร่างของแบรกเกตขณะถอดแบรกเกต เนื่องจากคุณสมบัติทางธรรมชาติของแบรกเกตเซรามิกและผิวเคลือบฟันที่แข็งแต่เปราะจะไม่สามารถดูดซับแรงเค้นขณะถอดแบรกเกต หากแรงยึดระหว่างวัสดุยึดและผิวเคลือบฟันมีค่าสูงกว่าภายในผิวเคลือบฟันจะทำให้เกิดการแตกของผิวเคลือบฟันได้ นอกจากนี้คุณสมบัติของวัสดุยึดยังมีผลต่อบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติด การเพิ่มปริมาณของวัสดุอัดแทรกจะทำให้วัสดุยึดมีความแข็ง และเกิดความล้มเหลวในวัสดุยึดน้อยลง ขนาดของวัสดุอัดแทรกมีผลต่อบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดเช่นกัน โดยอนุภาคของวัสดุอัดแทรกที่เล็กจะทำให้วัสดุยึดไหลเข้าสู่รูพรุนภายในผิวเคลือบฟันได้มากกว่า ทำให้เพิ่มกำลังแรงยึดระหว่างวัสดุยึดและผิวเคลือบฟัน

Merrill และคณะ (1994) รายงานว่า เมื่อใช้แบรกเกตเซรามิกที่มีการยึดติดแบบพันธะเชิงกลร่วมกับวัสดุยึด Concise จะเกิดบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึดเป็นส่วนใหญ่ โดยในแบรกเกต Transcend 2000 จะมีส่วนของคริสตอลหลุดจากฐานแบรกเกตไปติดอยู่บนวัสดุยึดซึ่งหลงเหลืออยู่บนผิวฟัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Gwinnett (1988), Odegaard และ Segner (1988), Nkenke และคณะ (1991) และ Sam และ Chao (1993) โดยสรุปว่าในรูปแบบของแรงเฉือน แรงยึดระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึดจะมีความแข็งแรงกว่าแรงยึดระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด แต่หากมีการเพิ่มความแข็งแรงของการยึดระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึดจะทำให้เกิดความล้มเหลวของการยึดติดระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึดเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยในครั้งนี้ พบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึดเป็นส่วนใหญ่ในแบรกเกตทุกกลุ่ม และในกลุ่มที่มีค่ากำลังแรงยึดสูงสุด (20/40 m) จะพบบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึดเพิ่มขึ้น

การที่วัสดุยึด Concise ทำให้เกิดความล้มเหลวของการยึดติดระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึดเป็นส่วนใหญ่อาจเนื่องมาจาก การยึดติดระหว่างวัสดุยึดและผิวเคลือบฟันจะมีพื้นที่ผิวที่มากกว่า (microscale) จากการที่ผิวเคลือบฟันมีลักษณะเป็นรูพรุนจำนวนมากหลังจากการใช้กรดกัด และเมื่อใช้บอนดิงเรซินที่ไม่มีวัสดุอัดแทรกทาบนผิวเคลือบฟันก่อนการยึดติด บอนดิงเรซินจะสามารถแทรกซึมเข้าสู่รูพรุนภายในผิวเคลือบฟันได้ดี และเพิ่มแรงยึดระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึด (Zidan,1986) ส่วนการยึดระหว่างวัสดุยึดและฐานแบรกเกตจะมีพื้นที่ผิวสัมผัสน้อยกว่า (macroscale) ร่วมกับความหนืดของ Concise ทำให้การแทรกซึมของวัสดุยึดเข้าสู่อันเดอร์คัทของฐานแบรกเกตน้อย แรงยึดระหว่างวัสดุยึดและฐานแบรกเกตจึงต่ำกว่า นอกจากนี้ Concise ซึ่งมีปริมาณวัสดุอัดแทรกมาก จะมีความแข็งทำให้พบความล้มเหลวในการยึดติดภายในวัสดุยึดน้อย

O'Brien, Watt และRead (1988) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของกำลังแรงยึดแบบเฉือนในการเกิดบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างแบรกเกตกับวัสดุยึดกับระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึด ดังนั้นบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดจึงไม่มีความสัมพันธ์กับค่ากำลังแรงยึดแต่ขึ้นกับการออกแบบฐานแบรกเกตและชนิดของวัสดุยึดที่ใช้ ซึ่งสอดคล้องกับ Osorio และคณะ (1999) และ Urabe (1999) ที่กล่าวว่า บริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดไม่มีความสัมพันธ์กับกำลังแรงยึดแบบเฉือน

Oliver (1988) รายงานว่า บริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดไม่สัมพันธ์กับการออกแบบฐานแบรกเกต แต่ขึ้นกับวิธีการผสมวัสดุยึด, ตำแหน่งของฟันในช่องปาก และวิธีการถอดแบรกเกต (Bennett, Shen, and Wadron, 1988)

ผลการวิจัยไม่พบการแตกของแบรกเกตในทุกกลุ่มตัวอย่างเนื่องจากแบรกเกตที่ใช้เป็นชนิดโพลีคริสตอลลีนอะลูมินาที่มีความต้านทานต่อการแตกหักสูงกว่าผิวเคลือบฟันและวัสดุยึดดังนั้นหากค่ากำลังแรงยึดมีค่าสูง ผิวเคลือบฟันและวัสดุยึดจะเกิดการแตกหักขึ้นก่อนแบรกเกตเซรามิก

จากผลการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นแนวทางของทันตแพทย์จัดฟันในการพิจารณาเลือกใช้แบรกเกตเซรามิกที่เหมาะสม แม้ว่าการเปรียบเทียบผลการทดลองในห้องปฏิบัติการและในคลินิกไม่สามารถทำได้โดยตรงเนื่องจากมีตัวแปรที่ต้องคำนึงถึงหลายตัวแปรด้วยกันเช่นรูปร่างของฟัน,ความหนาของวัสดุยึด, ความแตกต่างของผู้ป่วยและผู้ทดลอง ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในคลินิกต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะ

1. ค่ากำลังแรงยึดที่ได้จากห้องปฏิบัติการจะมีค่าสูงกว่าที่พบในคลินิกเนื่องจากการทดลองในห้องปฏิบัติการสามารถกำจัดปัจจัยต่างๆที่มีผลทำให้ค่ากำลังแรงยึดต่ำลงซึ่งพบในคลินิกได้แก่การปนเปื้อนในช่องปาก, ความชื้น, อุณหภูมิ, แรงบดเคี้ยว และเทคนิคต่างๆในการเคลื่อนฟัน ดังนั้นการศึกษาในห้องปฏิบัติการจึงมีข้อจำกัดซึ่งไม่สามารถเลียนแบบสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในคลินิกจึงควรมีการศึกษาในคลินิกเพิ่มเติม

2. งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกระหว่างแบรกเกตเซรามิกกับผิวเคลือบฟัน เนื่องจากเป็นแรงที่มีโอกาสทำให้เกิดการหลุดของแบรกเกตได้มาก แต่อย่างไรก็ตามในทางคลินิกยังมีแรงอื่นที่ทำให้เกิดการหลุดของแบรกเกตได้ เช่น แรงดึง และแรงบิด เป็นต้นควรมีการศึกษาถึงความต้านทานต่อแรงเหล่านี้ต่อไป

3. ในการทดลองใช้วัสดุยึดเพียงชนิดเดียวคือ Concise ซึ่งเป็นวัสดุยึดชนิดผสมที่ปริมาณวัสดุอัดแทรกสูง จึงควรมีการศึกษาเปรียบเทียบการใช้วัสดุยึดชนิดอื่นในการติดแบรกเกตเซรามิกกับผิวเคลือบฟันต่อไป

4. ควรมีการศึกษาว่าวัสดุที่ใช้ในการทำแบรกเกตมีผลต่อกำลังยึดติดระหว่างแบรกเกตกับผิวเคลือบฟันหรือไม่ เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้พบว่าค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตที่มีลักษณะของฐานคล้ายคลึงกัน แต่ทำจากวัสดุต่างชนิดกันให้ค่ากำลังแรงยึดที่แตกต่างกัน

5. การพิจารณาเลือกใช้แบรกเกตที่เหมาะสมในการรักษาผู้ป่วย นอกจากพิจารณาจากค่ากำลังแรงยึดที่มากเพียงพอที่จะต้านทานต่อแรงที่ใช้ในการจัดฟันและแรงบดเคี้ยวแล้ว ควรพิจารณาถึงรูปร่างลักษณะของแบรกเกตด้วย แบรกเกต 20/40 m แม้จะให้ค่ากำลังแรงยึดที่สูงแต่มีขนาดเล็กและปีกของแบรกเกตสั้นทำให้การใส่ยางรัดฟันทำได้ยากและหลุดออกง่ายอีกทั้งอาจทำให้การควบคุมทิศทางการเคลื่อนของฟันเป็นไปได้ยากในฟันซี่ใหญ่ จึงอาจพิจารณาใช้แบรกเกตเซรามิกที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีปีกกว้าง ที่ให้ค่ากำลังแรงยึดที่เพียงพอสำหรับการใช้งานในคลินิกเป็นการทดแทน

รายการอ้างอิง

Aird, J.C., and Durning, P. 1987. Fracture of polycarbonate edgewise brackets : a clinical and SEM study. Br.J.Orthod. 14 : 191-195.

Alexander, J.C. , Viazis, A.D. , and Nakajima, H. 1993. Bond strengths and fracture modes of three orthodontic adhesives. J. Clin. Orthod. 27 : 207-209.

Barkmeier, W.W., Gwinnett, A.J., Shaffer, S.E. 1987. Effects of reduced acid concentration and etching time on bond strength and enamel morphology. J.Clin.Orthod. 21 : 395-398.

Baumgardner, K.R. 1997. A review of key research design and statistical analysis issues. Oral Surg.Oral Med.Oral Pathol.Oral Radio.Endod. 84 : 550-556.

Bearn, D.R., Aird, J.C., McCabe, J.F. 1995. Ex vivo bond strength of adhesive precoated metallic and ceramic brackets. Br.J.Orthod. 22 : 233-236.

Birnie, D. 1990. Orthodontic material update. Br.J.Orthod. 17 : 71-75.

Bishara, S.E.,Olsen, M.E.Wald,L.V. 1997. Evaluation of debonding Characteristics of a new collapsible ceramic bracket. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 112 : 552-559.

Bishara, S.E., Olsen.M.E., Wald, L.V. 1997. Comparisons of shear bond strength of precoated and uncoated brackets. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 112 : 617-621.

Bishara, S.E., Fehr, D.E., Jakobson, J.R. 1993. A comparative study of the debonding strengths of different ceramic brackets, enamel conditioners, and adhesives. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 104 : 170-179.

Blalock, K.A.Powers, J.M. 1995. Retention capacity of the bracket bases of new esthetic orthodontic brackets. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 107 : 596-603.

Blight, S.J., Lynch, E. 1995. Bond strengths of ceramic brackets using different bonding techniques. Br.J.Orthod. 22 : 35-40.

Bordeaux, J.M.,Moore, R.N., Bagby, M.D. 1994. Comparative evaluation of ceramic bracket base designs. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 105 : 552-560.

Buzzita, V.A., Hallgren, S.E., and Powers, J.M. 1982. Bond strength of orthodontic direct-bonding cement-bracket systems as studied in vitro. Am.J.Orthod. 81 : 87-92.

Charuscharoenwittaya, P. 1993. Comparison in shear/peel bond strength of three orthodontic bonding systems related to different loading pressures in direct bonding technique : An in vitro study. Master 's Thesis , Department of Orthodontics, Graduate School , Mahidol University.

Chittanandha, P. 1997. Comparison in shear/peel bond strength of metal bracket bonded to porcelain. Master 's Thesis , Department of Orthodontics, Graduate School , Chulalongkorn University.

Chumak, L., Galil, K.A., Way, D.C., Johnson, L.N., and Hunter, W.S. 1989. An in vitro investigation of lingual bonding. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 100 : 20-28.

Chung, S.M. , Tsai, K.T. , Thean, H.P.Y. , Chew, C.L. , and Teoh, S.H. 1997. An assessment of orthodontic bracket bond strength. International Conference on Biomedical Engineering. 9 : 546-548.

DeWald, J.P. 1997. The use of extracted teeth for in vitro bonding studies : A review of infection control considerations. Dent. Mater. 13 : 74-81.

Dickinson, P.T., and Powers, J.M. 1980. Evaluation of fourteen direct-bonding orthodontic bases. Am.J.Orthod. 78 : 630-639.

Diedrich, P. 1981. Enamel alterations from bracket bonding and debonding: A study with scanning electron microscope. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 92 : 500-522.

Eliades, T.,Viazis, A.D., Lekka, M. 1993. Failure mode analysis of ceramic brackets bonded to enamel. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 104 : 21-26.

Eliades, T. Lekka, M.,Eliades, G.,Brantley, W.A. 1994. Surface characterization of ceramic brackets : A multitechnique approach. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 105 : 10-18.

Evans, L.B., Powers, J.M. 1985. Factors affecting in vitro bond strength of no-mix orthodontic cements. Am.J.Orthod. 87 : 508-512.

Ferguson, J.W., Read, J.F., and Watts, D.C. 1984. Bond strength of an integral bracket-base combination : an in vitro study. Eur.J.Orthod. 6 : 267-276.

Flores, D.A., Caruso, J.M., Scott, G.E., and Jeiroudi, M.T. 1990. The fracture strength of ceramic brackets : a comparative study. Angle Orthod. 60 : 269-276.

Forsberg, C.M.,Hagberg, C. 1992. Shear bond strength of ceramic brackets with chemical or mechanical retention. Br.J.Orthod. 19 (1992) : 183-189.

Fox, N.A., McCabe, J.F., Buckley, J.G. 1994. A critique of bond strength testing in Orthodontics. Br. J.Orthod. 21 : 33-43.

Franklin, S., and Garcia-Godoy, F. 1993. Shear bond strengths of ceramic brackets and enamel morphology after debonding. J.Clin.Orthod. 27 : 83-88.

Fujita, K. 1979. New orthodontic treatment with lingual bracket mushroom archwire appliance. Am. J. Orthod. 76 : 657-675.

Gaffey, P.G.,Glover, K.,Koehler, J.R. 1995. Shear/peel bond strength of repositioned ceramic brackets. Angle Orthod. 65 : 351-358.

Garcia-Godoy, F., and Martin, S. 1995. Shear strength of ceramic brackets bonded to etched or unetched enamel. J.Clin.Ped.Dent. 19 : 181-183.

Ghafari, J. 1992. Problems associated with ceramic bracket suggest limiting use to selected teeth. Angle Orthod. 62 : 145-152.

Ghafari, J. , and Chen, S.S. 1990. Mechanical and SEM study of debonding two types of ceramic brackets. J. Dent. Res. 69 :1837.

Ghafari, J. , Shanchy, T.J. , and Mante, F. 1992. Shear bond strength of two ceramic brackets. J.Clin.Orthod. 26 : 491-493.

Gorelick, L., Masunaga, G.M., Thomas, R.G., Zachrisson, B.U. 1978. Round table - bonding : part 2. J.Clin.Orthod. 12 : 761-778.

Gottlieb, E.L. , and Vogels, D.S. 1984. Orthodontic practice study. Part 2 : practice success. J. Clin. Orthod. 18 cited in Winchester, L.J. 1991. Bond Strengths of five different ceramic brackets : an in vitro study. Eur. J. Orthod. 13 : 293.

Gwinnett,A.J. 1988. A comparison of shear bond strengths of metal and ceramic brackets. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 93 : 346-348.

Hermsen, R.J., and Vrijhoel, M.M.A. 1993. Loss of enamel due to etching with phosphoric or maleic acid. Dent.Mater. 9 : 332-336.

International Standard Organization. 1994. Technical Report 11405. 1st ed. Dental material - Guidance on testing of adhesion to tooth structure. Switzerland.

Iwamoto, H., Kawamoto, T., and Kinoshita, Z. 1987. Bond strength of new ceramic brackets as studied in vitro. J.Dent.Res. 66 : 928.

Joseph, V.P. , and Rossouw, E. 1990. The shear bond strength of stainless steel and ceramic brackets used with chemically and light-activated composite resins. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 97 : 197-203.

Jost-Brinkmann P.G., Schiffer, A., and Miethke, R. 1992. The effect of adhesive layer thickness on bond strength. J.Clin.Orthod. 26 : 718-720.

Jou, G.L.E., Leung, R.L.,White, S.N., Zernik, J.H. 1995. Bonding ceramic brackets with light-cured Glass ionomer cements. J.Clin.Orthod. : 184-187.

Karamouzos, A.,Athanasiou, A.E.,Papadopoulos, M.A. 1997. Clinical Characteristics and properties of ceramic brackets : A comprehensive review. Am.J.Orthod. Dentofac.Orthop. 112 : 34-40.

Katona, T.R. 1994. The effects of load location and misalignment on shear/peel testing of direct bonded orthodontic brackets-a finite element model. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 106 : 395-402.

Knoll, M., Gwinnett, A.J., and Wolff, M.S. 1986. Shear strength of brackets bonded to anterior and posterior teeth. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 98 : 476-479.

Kusy, R.P. 1988. Morphology of Polycrystalline alumina brackets and its relationship to fracture toughness and strength. Angle Orthod. : 197-203.

Lehman, R., and Davidson, C.L. 1981. Loss of surface enamel after acid etching procedures and its relation to fluoride content. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 93 : 73-82.

Lew, K.K.K., Chew, C.L., Lee, K.W. 1991. A comparison of shear bond strengths between new and recycled ceramic brackets. Eur.J.Orthod. 13 : 306-310.

Lopez, J.I. 1980. Retentive shear bond strengths of various bonding attachment bases. Am.J.Orthod. 77 : 669-678.

Mackay, F. 1992. The effect of adhesive type and thickness on bond strength of orthodontic brackets. Br.J.Orthod. 19 : 35-39.

Maijer, R., and Smith, D.C. 1981. Variables influencing the bond strength of metal orthodontic bracket bases. Am.J.Orthod. 79 : 20-34.

Merrill, S.W., Oesterle, L.J., Hermesch, C.B. 1994. Ceramic bracket bonding : A Comparison of shear, tensile, and torsional bond strengths of ceramic brackets. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 106 : 290-297.

Newman, G.V. 1969. Adhesion and orthodontic plastic attachments. Am.J.Orthod. 56 : 573-588.

Newman, G.V. 1978. Adult orthodontics. Dental Survey. 54 :24-34. cited in Winchester, L.J. 1991. Bond Strengths of five different ceramic brackets : an in vitro study. Eur.J.Orthod. 13: 293.

Nkenke, E., Hirschfelder, U., Martus, P.,Eberhard, H. 1997. Evaluation of the bond strength of different bracket-bonding systems to bovine enamel. Eur.J.Orthod. 19 : 259-270.

O'Brien, K.D., Watts, D.C., and Read, M.J.F. 1988. Residual debris and bond strength - is there a relationship? Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 94 : 222-230.

Odegaard, J. Segner, D. 1988. Shear bond strength of metal brackets compared with a new ceramic bracket. Am. J.Orthod.Dentofac.Orthop. 94 : 201-206.

Oliver, R.G. 1988. The effect of different methods of bracket removal on the amount of residual adhesive. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 94 : 196-200.

Olsen, M.E., Bishara, S.E., Jakobson, J.R. 1997. Evaluation of the shear bond strength of different ceramic brackets base designs. Angle Orthod. 67 : 179-182.

Olsen, M.E., Bishara, S.E., Boyer, D.B., Jakobsen, J.R. 1996. Effect of varying etching times on the bond strength of ceramic brackets. Am.J.Orthod. Dentofac.Orthop. 109 : 403-409.

Osorio, R., Toledano, M., and Godoy, F.G. 1999. Bracket bonding with 15- or 60-second and adhesive remaining on enamel after debonding. Angle Orthod. 69 : 45-48.

Phillips, H.W. 1988. The advent of ceramics. J.Clin.Orthod. : 69-70.

de Pulido L.G., and Powers, J.M. 1983. Bond strength of orthodontic direct bonding cement-plastic bracket systems in vitro. Am.J.Orthod. 83 : 124-130.

Regan, D., and Noort, R.V. 1989. Bond strengths of two integral bracket-base combinations : an in vitro comparison with foil-mesh. Eur. J. Orthod. 11 : 144-153.

Reynolds, I.R. 1975. A review of direct orthodontic bonding. Br.J.Orthod. 2 : 171-178. cited in Weinberger, S.J.,McConnell, R.J., Wright, G.Z. 1997. Bond strengths of two ceramic brackets using argon laser, light, and chemically cured resin systems. Angle Orthod. 67 : 73-178.

Reynold, I.R., and von Fraunhofer, J.A. 1977. Direct bonding in orthodontics : a comparison of attachments. Br.J.Orthod. 4 : 65-69.

Rochester, N.Y. 1956. The distribution of fluoride in human enamel. J.Dent.Res. 35 :420-429.

Rueggeberg, F.A. 1991. Substrate for adhesion testing to tooth structure-Review of the literature. Dent. Mater. 7 : 2-10.

Sam, W.H., and Chao, S.Y. 1993. Shear bond strength of ceramic brackets with two bonding adhesives. Br. J. Orthod. 10 : 225-229.

Sheen, D.H., Wang, W.N., and Tarng, T.H. 1993. Bond strength of younger and older permanent teeth with various etching times. Angle Orthod. 63 : 225-230.

Sheykholeslam, Z., and Brandt, S. 1977. Some factors affecting the bonding of orthodontic attachments to tooth surface. J.Clin.Orthod. 11 : 734-743.

Smith, N.R., and Reynolds, I.R. 1991. A comparison of three bracket bases : an in vitro study. Br.J.Orthod. 18 : 29-35.

Smith, D.C., and Maijer, R. 1983. Improvements in bracket base design. Am.J.Orthod. 83 : 277-281.

Storm, E.R. 1990. Debonding ceramic brackets. J.Clin.Orthod. 24 : 91-94.

Swartz, M.L. 1988. Ceramic brackets. J.Clin.Orthod. 22 : 82-88.

Sunna, S., and Rock, W.P. 1998. Clinical performance of orthodontic brackets and adhesive systems : a randomized clinical trial. Br.J.Orthod. 25 : 283-287.

Sunna, S., and Rock, W.P. 1999. An ex vivo investigation into the bond strength of orthodontic brackets and adhesive systems. Br.J.Orthod. 26 : 47-50.

Thavarungul, R. 1990. A comparative study of shear/peel strength of different metal bracket base design in direct bonding technique. Master thesis. Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University.

Urabe, H., Rossouw, P.E., Titley, K.C., and Yamin, C. 1999. Combinations of etchants, composite resins, and bracket systems : an important choice in orthodontic bonding procedures. Angle Orthod. 69 : 267-275.

Viazis, A.D. , Covanaugh, G. , and Bevis, R.R. 1990a. Bond strength of ceramic bracket under shear stress: An in vitro report. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 98 : 214-221.

Viazis, A.D. ,Delong, R. , Bevis, R.R. ,Rudney, J.D. , and Pintado, M.R. 1990b. Enamel abrasion from ceramic orthodontic brackets under an artificial oral environment. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 98 : 103-109.

Viazis, A.D., Nakajima, H., Kleven, J.S. 1993. Shear bond strength of three new ceramic brackets. J.Clin.Orthod. : 539-542.

Wang. W.N., Meng, C.L.,Tarng, T.H. 1997. Bond Strength : A Comparison between chemical coated and mechanical interlock bases of ceramic and metal bracket. Am.J.Orthod.Dentofac.Orthop. 111 : 374-381.

Wang, W.N., Yeh, C.L., Fang, B.D., Sun, K.T., and Arvystas, M.G. 1994. Effect of H_3PO_4 concentration on bond strength. Angle Orthod. 64 : 377-382.

Weinberger, S.J.,McConnell, R.J., Wright, G.Z. 1997. Bond strengths of two ceramic brackets using argon laser, light, and chemically cured resin systems. Angle Orthod. 67 : 73-178.

Willems, G. , Carels, C.E.L. , and Verbeke, G. 1997. In vitro peel/shear bond strength of orthodontic adhesives. J. Dent. 25 : 263-270.

Willems, G. , Carels, C.E.L. , and Verbeke, G. 1997. In vitro peel/shear bond strength evaluation of orthodontic bracket base design. J. Dent. 25 : 271-278.

Winchester, L. 1992. Methods of debonding ceramic brackets. Br.J.Orthod. 19 : 233-237.

Winchester, L.J. 1991. Bond Strengths of five different ceramic brackets : an in vitro study. Eur. J.Orthod. 13 : 293-305.

Yamada, T., Smith, D.C., Maijer, R. 1988. Tensile and shear bond strengths of orthodontic direct bonding adhesives. Dent.Mater. 4 : 243-250.

Zidan, O., and Hill, G. 1986. Phosphoric acid concentration : enamel surface loss and bonding strength. J.Prosthet.Dent. 55 : 388-392.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

การวิเคราะห์ข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 แสดงค่าแรงยึดแบบเฉือน/ปอก (นิวตัน) ของแบรกเกตเซรามิกและแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม

ตัวอย่างที่	Transcend series 6000	20/40 m	Crytaline	Dyna-lock
1	97.946	108.464	93.868	75.850
2	94.854	94.545	102.853	96.513
3	91.841	123.892	99.705	101.161
4	98.798	122.667	109.989	83.666
5	87.417	114.497	85.293	105.845
6	94.679	103.969	130.418	109.510
7	76.866	145.827	103.697	108.640
8	75.463	106.838	128.803	104.471
9	97.440	137.226	87.758	90.270
10	111.940	98.225	117.918	79.793
11	90.063	113.587	81.076	116.587
12	110.958	109.688	101.906	87.268
13	114.734	114.725	108.233	96.034
14	93.127	86.159	105.922	109.732
15	87.801	106.114	97.856	109.648
16	98.337	128.960	122.849	92.648
17	116.371	123.877	119.565	85.405
18	86.765	94.816	125.282	81.480
19	97.948	95.666	84.242	72.075
20	87.433	115.721	100.443	89.595
21	74.576	127.816	83.095	117.248
22	91.910	98.032	86.660	107.474
23	108.841	90.823	99.755	103.929
24	116.256	119.727	121.419	100.081
25	79.986	85.703	86.942	101.403
26	89.353	110.107	116.149	84.525
27	95.149	86.999	92.507	93.547
28	117.604	101.247	138.955	74.810
29	98.992	103.643	81.053	102.648
30	107.343	110.877	92.159	108.177

ตารางที่ 7 แสดงค่ากำลังยึดแบบเฉือน/ปอก (เมกะปาสคาล) ของแบรกเกตเซรามิกและแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม

ตัวอย่างที่	Transcend series 6000	20/40 m	Crytaline	Dyna-lock
1	7.899	10.310	7.558	5.830
2	7.649	8.987	8.281	7.418
3	7.407	11.777	8.028	7.776
4	7.968	11.660	8.856	6.431
5	7.050	10.884	6.867	8.136
6	7.635	9.883	10.501	8.417
7	6.199	13.862	8.349	8.350
8	6.086	10.156	6.528	8.030
9	7.858	13.044	10.371	6.938
10	9.027	9.337	7.066	6.158
11	7.263	10.797	9.494	8.961
12	8.948	10.427	8.205	6.708
13	9.253	10.905	8.714	7.382
14	7.510	8.190	8.528	8.434
15	7.081	10.087	7.879	8.428
16	7.930	12.259	9.891	7.121
17	9.385	11.775	9.627	6.565
18	6.997	9.013	10.087	6.263
19	7.899	11.000	6.783	5.540
20	7.051	12.150	8.087	6.887
21	6.014	9.319	6.690	9.253
22	7.412	8.633	6.977	8.261
23	8.777	11.381	8.032	7.988
24	9.375	8.147	9.776	7.693
25	6.451	10.466	7.000	7.794
26	7.206	8.270	9.352	6.497
27	7.673	9.624	7.448	7.190
28	9.484	9.852	11.188	5.750
29	7.983	10.540	6.526	7.890
30	8.657	9.094	7.420	8.315

ตารางที่ 8 แสดงบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดของแบรกเกตเซรามิกและแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม

ตัวอย่างที่	Transcend series 6000	20/40 m	Crytaline	Dyna-lock
1	3	3	3	3
2	3	1	3	3
3	3	3	1	3
4	2	2	3	3
5	3	3	3	3
6	3	3	1	3
7	3	3	3	3
8	3	1	2	3
9	2	3	3	1
10	2	2	3	3
11	3	3	2	3
12	3	3	2	3
13	3	1	1	3
14	2	1	3	1
15	3	2	2	2
16	2	3	3	2
17	3	2	2	3
18	1	3	1	3
19	2	3	1	1
20	3	1	3	1
21	3	3	2	3
22	2	1	3	3
23	3	3	3	3
24	3	1	3	3
25	3	1	3	3
26	2	1	3	1
27	3	3	3	1
28	3	3	3	1
29	3	3	3	2
30	3	1	3	3

1 = บริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุยึด

2 = บริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดภายในวัสดุยึด

3 = บริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดระหว่างแบรกเกตและวัสดุยึด

ตารางที่ 9 แสดงสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียวที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิก 3 ชนิด และแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม

Oneway*

Variable STRENGTH shear/peel bond strength

by Variable BRACKET base designs

ANOVA

STRENGTH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	159.759	3	53.253	36.907	.000
Within Groups	167.377	116	1.443		
Total	327.136	119			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 แสดงการทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติเชฟเฟ่ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน/ปอกของแบรกเกตเซรามิก 3 ชนิด และแบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: STRENGTH

Scheffe

(I) Bracket types	(J) Bracket types	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
Dyna-lock	Transcend series 6000	-.35743	.31015	.723
	20/40 m	-2.98083*	.31015	.000
	Crytaline	-.92350*	.31015	.035
Transcend series 6000	Dyna-lock	.35743	.31015	.723
	20/40 m	-2.62340*	.31015	.000
	Crytaline	-.56607	.31015	.348
20/40 m	Dyna-lock	2.98083*	.31015	.000
	Transcend series 6000	2.62340*	.31015	.000
	Crytaline	2.05733*	.31015	.000
Crytaline	Dyna-lock	.92350*	.31015	.035
	Transcend series 6000	.56607	.31015	.348
	20/40 m	-2.05733*	.31015	.000

* The mean difference is significant at the .05 level.

ตารางที่ 11

Homogeneous Subsets

STRENGTH

Scheffe

	N	Subset for alpha = .05		
Bracket types		1	2	3
Dyna-lock	30	7.41347		
Transcend series 6000	30	7.77090	7.77090	
Crytaline	30		8.33697	
20/40 m	30			10.39430
Sig.		.723	.348	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 แสดงสถิติการทดสอบของครัสคาล-วอลลิสที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ของบริเวณที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดของแบรกเกต เซรามิก 3 ชนิด และ แบรกเกตเหล็กกล้าไร้สนิม

Kruskal-Wallis Test

Ranks

	BRACKET	N	Mean Rank
ARI	Dyna-lock	30	61.20
	Transcend series 6000	30	67.22
	20/40m	30	52.53
	Crytaline	30	61.05
	Total	120	

Test Statistics

	ARI
Chi-Square	3.696
df	3
Asymp. Sig.	.296

a Kruskal Wallis Test

b Grouping Variable: BRACKET

ตารางที่ 13 แสดงพื้นที่ของฐานแบรกเกตที่มีลักษณะของฐานแตกต่างกัน 4 กลุ่ม

แบรกเกต	พื้นที่ของฐานแบรกเกต (มม.^{2})	บริษัทผู้ผลิต
Transcend series 6000	12.40	3 M Unitek
20/40 m	10.52	American Orthodontics
Crytaline	12.42	Tomy
Dyna-lock	13.01	3 M Unitek

ข้อมูลของพื้นที่ฐานแบรกเกตได้มาจากบริษัทผู้ผลิต

ประวัติผู้เขียน

นางสาวอรนุช เฉลิมสกุลรัตน์ เกิดวันที่ 17 กรกฎาคม ที่โรงพยาบาลหัวเฉียว จังหวัดกรุงเทพมหานคร จบมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนมาแตร์ เดอีวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีทันตแพทยศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยม) จากคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2537 ทำงานที่โรงพยาบาลค่ายสุรสิงหนาท อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว เป็นเวลา 1/2 ปี และทำงานในคลินิกเอกชนเป็นเวลา11/2 ปี เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2540

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย