บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันชนิดติดแน่น มีแบรกเกต (bracket) เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ติดอยู่บนตัวฟัน เพื่อควบคุมให้ฟันสามารถเคลื่อนที่ไปตามลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน (orthodontic archwire) เข้าสู่ตำแหน่งที่ทันตแพทย์ต้องการได้ แบรกเกตสามารถยึดอยู่บนผิวเคลือบฟัน (enamel) โดยการใช้วัสดุยึด (bonding agent) หรือ แอดฮีซีฟเรซิน (adhesive resin) ยึดแบรกเกตให้ติดกับผิวเคลือบฟันโดยตรง เรียกว่าวิธีไดเรกบอนด์ (direct bonding technic) (Newman, 1964) เมื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันสิ้นสุดลง จำเป็นต้องมีการถอดแบรกเกตออก (bracket removal, debracket) และขจัดแอดฮีซีฟเรซินที่เหลือติดค้างอยู่บนผิวเคลือบฟัน รวมทั้งบูรณะผิวเคลือบฟันให้มีลักษณะใกล้เคียงกับผิวเคลือบฟันปกติมากที่สุด รวมเรียกวิธีการถอดแบรกเกต ขจัดแอดฮีซีฟเรซินและบูรณะผิวเคลือบฟันนี้ว่า วิธีดีบอนด์ (debonding technic) (Kinami และคณะ, 1988a; Oliver, 1988)

การถอดแบรกเกตโลหะ (metal bracket) นิยมใช้แรงเชิงกล (mechanical force) ในลักษณะต่างๆ ได้แก่

1. แรงเฉือน (shear force) เป็นแรงที่ได้จากคีมดีบอนด์ (debonding plier) หรือคีมตัดลวด (ligature cutter) ซึ่งวางขอบคมของคีมขนานกับผิวเคลือบฟัน ระหว่างรอยต่อของผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซิน (enamel / adhesive resin interface) หรือระหว่างรอยต่อของแอดฮีซีฟเรซินและแบรกเกต (adhesive resin / bracket interface) (Kinami และคณะ, 1988a; Oliver, 1988; Kinch และคณะ, 1989; Zarrinnia, Eid และ Kehoe, 1995) แล้วออกแรงบีบคีมให้แบรกเกตหลุดออกจากตัวฟัน

2. แรงปอก (peel force) เป็นแรงที่ได้จากคีมดีบอนด์ หรือคีมตัดลวด ซึ่งใช้ขอบคมของคีมจับใต้ปีกแบรกเกต (bracket wing) โดยวางขนานกับผิวเคลือบฟัน ออกแรงบีบคีมให้แบรกเกตหลุดออกจากตัวฟัน (Kinami และคณะ, 1988a; Oliver, 1988; Kinch และคณะ, 1989; Zarrinnia, Eid และ Kehoe, 1995)

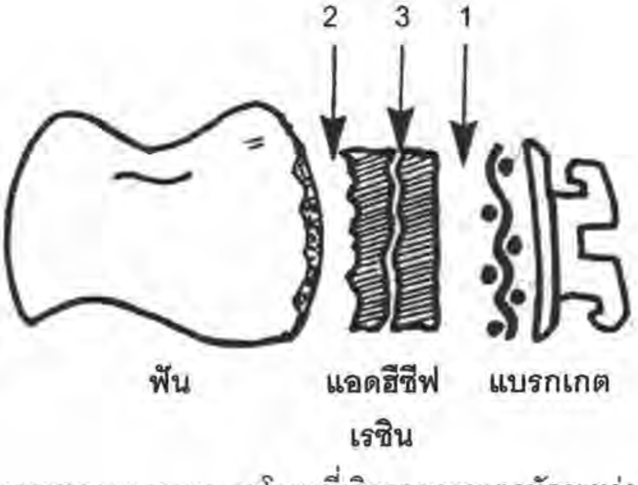
3. แรงดึง (pull force) เป็นแรงที่ได้จากเครื่องมือถอดแบรกเกตชนิดที่เรียกว่า เครื่องมือดีบอนด์ลิฟท์-ออฟ (Lift-off debonding instrument) เครื่องมือนี้ประกอบด้วยห่วงลวดสำหรับเกี่ยวที่ปีกของแบรกเกต เพื่อออกแรงดึงแบรกเกตออกจากผิวเคลือบฟัน (Oliver, 1988; Williams Cook, Issacson และ Thom, 1995; Zarrinnia, Eid และ Kehoe, 1995)

วิธีการถอดแบรกเกตเหล่านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้แบรกเกตหลุดออก โดยไม่เกิดอันตรายต่อผิวเคลือบฟัน หรือเกิดอันตรายต่อผิวเคลือบฟันน้อยที่สุด ซึ่งแต่ละวิธีให้ผลดีและผลเสียแตกต่างกัน กล่าวคือภายหลังการถอดแบรกเกตพบว่า ลักษณะการหลุดของแบรกเกตโลหะเกิดจากการแตกหักระหว่างผิวเคลือบฟัน แอดฮีซีฟเรซิน และแบรกเกต ได้ 3 ลักษณะดังรูปที่ 1 (Gwinnett และ Gorelick, 1977; Sheykholeslam และ Brandt, 1977; Dickinson และ Powers, 1980; Diedrich, 1981; Bennett, Shen และ Waldron, 1984; O'Brien, Watts และ Read, 1988) ดังนี้

1. เกิดจากการแตกหักที่รอยต่อระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและแบรกเกต ทำให้มีแอดฮีซีฟเรซินเหลือติดอยู่บนตัวฟัน ภายหลังจากการถอดแบรกเกต

2. เกิดจากการแตกหักที่รอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแอดฮีซีฟเรซิน ทำให้มีแอดฮีซีฟเรซินหลุดติดออกมากับฐานแบรกเกต ซึ่งอาจเกิดการแตกหักของผิวเคลือบฟันร่วมออกมาด้วย

3. เกิดจากการแตกหักภายในเนื้อของแอดฮีซีฟเรซิน (cohesive fracture) ทำให้บางส่วนของเรซินติดอยู่ทั้งบนผิวเคลือบฟันและบนฐานแบรกเกต



รูปที่ 1 แสดงลักษณะการหลุดของแบรกเกตโลหะที่เกิดจากการแตกหักระหว่างผิวเคลือบฟัน แอดฮีซีฟเรซิน และแบรกเกต (Sheykholeslem และ Brandt, 1977)

Årtun และ Bergland (1984) ได้ทำการศึกษาปริมาณแอดฮีซีฟเรซินที่เหลือค้างอยู่บนผิวเคลือบฟันภายหลังจากการถอดแบรกเกต และเสนอดัชนีในการวัดเรียกว่า Adhesive Remnant Index (ARI) โดยมีคะแนน 4 ค่าคือ

คะแนน 0 แสดงว่าไม่มีแอดฮีซีฟเรซินเหลือค้างอยู่บนผิวเคลือบฟัน

คะแนน 1 แสดงว่ามีแอดฮีซีฟเรซินเหลือค้างอยู่บนผิวเคลือบฟันน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ฐานแบรกเกต

คะแนน 2 แสดงว่ามีแอดฮีซีฟเรซินเหลือค้างอยู่บนผิวเคลือบฟันมากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ฐานแบรกเกต

คะแนน 3 แสดงว่าแอดฮีซีฟเรซินทั้งหมดเหลืออยู่บนผิวเคลือบฟัน โดยพื้นผิวของแอดฮีซีฟเรซินมีลักษณะเหมือนพิมพ์ด้วยฐานแบรกเกต

ยังไม่มีข้อสรุปแน่ชัดในการกำหนดว่าภายหลังการถอดแบรกเกตแล้ว แอดฮีซีฟเรซินควรติดอยู่บนผิวเคลือบฟันหรือบนฐานแบรกเกต โดยกลุ่มหนึ่งเชื่อว่าการถอดแบรกเกตให้มีค่า ARI ต่ำหรือมีแอดฮีซีฟเรซินติดออกมากับฐานแบรกเกตมากเท่าใด ก็จะทำให้ประหยัดเวลาและแรงงานในการกำจัดแอดฮีซีฟเรซินออกจากผิวเคลือบฟัน รวมทั้งเป็นการยากในการเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมสำหรับกำจัดแอดฮีซีฟเรซินและบูรณะผิวเคลือบฟัน ที่จะทำให้เกิดการสูญเสียผิวเคลือบฟันน้อยที่สุด และจะต้องใช้ความระมัดระวังอย่างสูงในการทำงานเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อผิวเคลือบฟันและทำให้ผู้ป่วยเจ็บปวดน้อยที่สุด (Pus และ Way, 1980; Maijer และ Smith, 1981; Thompson และ Way, 1981; Kinami และคณะ, 1988a,b; Kinch และคณะ, 1989; Sinha, Nanda, Duncanson และ Hosier, 1995)

Fitzpatrick และ Way (1977) พบว่ามีการสูญเสียผิวเคลือบฟันจากขั้นตอนการกำจัดแอดฮีซีฟเรซินออกลึกถึง 55.6 ไมครอน และเขากล่าวว่าเรซินแทก (resin tag) สามารถแทรกลึกเข้าไปในรูพรุนของผิวเคลือบฟันที่เกิดจากการกัดด้วยกรดได้ประมาณ 50-55 ไมครอน การกำจัดแอดฮีซีฟเรซินออกโดยสูญเสียความหนาผิวเคลือบฟันไป 55.6 ไมครอนนี้ น่าจะเพียงพอในการกำจัดเรซินแทกเหล่านั้นออกได้หมด เพื่อป้องกันการเปลี่ยนสีของเรซินและนำมาสู่การเปลี่ยนสีของฟันในภายหลัง และจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าจากความหนาของผิวเคลือบฟันทั้งหมด 1500-2000 ไมครอน การสูญเสียผิวเคลือบฟันไปเพียง 55.6 ไมครอน หรือประมาณร้อยละ 3 นี้อาจจะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามผิวเคลือบฟันที่ความหนา 20 ไมครอนแรก

เป็นบริเวณที่มีปริมาณฟลูออไรด์ (fluoride) สูงที่สุด (Brudevold, Gardner และ Smith, 1956; Koch และ Friberger, 1971; Weatherell, Robinson และ Hallsworth, 1971; Koch และ Peterson, 1972; Mellberg, Nicholson และ Law, 1972; Jordan, Suzuki, Gwinnett และ Hunter, 1977) ซึ่งการสูญเสียผิวเคลือบฟันด้านนอกสุดนี้ อาจเป็นผลให้ฟันผุได้ง่ายกว่าฟันปกติ เช่นเดียวกันกับ Brown และ Way (1978) พบว่าขั้นตอนในการกำจัดเรซินทำให้สูญเสียผิวเคลือบฟัน 50-60 ไมครอน ส่วน Pus และ Way (1980) พบว่าในขั้นตอนของการดีบอนด์มีการสูญเสียผิวเคลือบฟันไปประมาณ 29.5-41.2 ไมครอน ขึ้นอยู่กับความเร็วของหัวกรอ (bur) ที่ใช้ในการกำจัดแอดฮีซีฟเรซินและชนิดของหัวขัด ถ้าใช้หัวกรอความเร็วสูง (high speed) และใช้หัวขัดแบบแปรง (bristle brush) จะสูญเสียผิวเคลือบฟันไปมากกว่าการใช้หัวกรอความเร็วต่ำ (low speed) และใช้หัวขัดแบบถ้วยยาง (rubber cup)

ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งเชื่อว่าการถอดแบรกเกตควรใช้วิธีการที่จะทำให้มีค่า ARI สูง หรือมีแอดฮีซีฟเรซินติดอยู่บนผิวเคลือบฟันทั้งหมด จากนั้นจึงใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการขจัดแอดฮีซีฟเรซินและบูรณะผิวเคลือบฟันต่อไปเป็นวิธีที่ดีกว่า (Årtun และ Bergland, 1984; Bennett, Shen และ Waldron, 1984; Meister, 1984; McGuinness, 1992) เนื่องจากการถอดแบรกเกตโดยมีแอดฮีซีฟเรซินหลุดติดออกมากับแบรกเกตด้วย จะทำให้ผิวเคลือบฟันซึ่งเป็นรูพรุนจากการใช้กรดกัดแตกหักออกมาพร้อมกับแอดฮีซีฟเรซิน โดยเฉพาะในฟันที่มีรอยร้าวอยู่เดิม (Andreasen และ Chan, 1981) หรืออาจเกิดความเสียหายต่อผิวเคลือบฟันจากคมของเครื่องมือที่ขูดทำลายผิวเคลือบฟันในขณะทำงาน Burapavong, Marshall, Apfel และ Perry (1978) ศึกษาความลึกของผิวเคลือบฟันที่แตกหักจากคมของคีมตัดลวด โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope) ชนิด stereopair พบว่าผิวเคลือบฟันแตกหักลึกถึง 10-20 ไมครอน

ทันตแพทย์จัดฟันส่วนใหญ่ต้องการให้ภายหลังจากการถอดแบรกเกตแล้ว แอดฮีซีฟเรซินควรจะติดออกมากับฐานแบรกเกตทั้งหมด โดยไม่มีการแตกหักของผิวเคลือบฟันหรือแอดฮีซีฟเรซิน (Kinch และคณะ, 1989; Fox, McCabe และ Buckley, 1994) เพื่อประหยัดเวลาในการกำจัดเรซินและบูรณะผิวเคลือบฟันได้ง่าย และวิธีการถอดแบรกเกตที่นิยมใช้ในคลินิกคือการใช้แรงเฉือนและแรงปอก ดังนั้นจึงควรศึกษาว่าการถอดแบรกเกตด้วยแรงทั้งสองลักษณะดังกล่าวจะทำให้เกิดการสูญเสียผิวเคลือบฟันออกมากับแอดฮีซีฟเรซินที่ติดบนฐานแบรกเกตเป็นปริมาณเท่าใด เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ผิวทั้งหมดของแอดฮีซีฟเรซินที่ติดอยู่บนฐานแบรกเกตนั้น

ในปริมาณที่เท่ากัน ผลที่ได้จากการศึกษาน่าจะเป็นแนวทางในการเลือกใช้วิธีการถอดแบรกเกตที่เหมาะสมในทางคลินิกต่อไป

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและแรงปอกที่ใช้ในการถอดแบรกเกตกับปริมาณของแอดฮีซีฟเรซินที่เหลืออยู่บนผิวเคลือบฟันภายหลังการถอดแบรกเกต ตามค่า ARI

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียผิวเคลือบฟัน ภายหลังการถอดแบรกเกตด้วยแรงเฉือน และแรงปอก ในกลุ่มที่มีค่า ARI เท่ากับ 0, 1 และ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ผิวของแอดฮีซีฟเรซินที่ติดอยู่บนฐานแบรกเกต

สมมติฐานของการวิจัย

1. ลักษณะของแรงที่ใช้ในการถอดแบรกเกต มีความสัมพันธ์กับปริมาณของแอดฮีซีฟเรซินที่เหลืออยู่บนผิวเคลือบฟันภายหลังการถอดแบรกเกตตามค่า ARI

2. ปริมาณการสูญเสียผิวเคลือบฟันภายหลังการถอดแบรกเกตด้วยแรงเฉือน และแรงปอกในกลุ่มที่มีค่า ARI เท่ากับ 0, 1 และ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ผิวของแอดฮีซีฟเรซินที่ติดอยู่บนฐานแบรกเกต มีความแตกต่างกัน

ประโยชน์ของการวิจัย

1. เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้วิธีการถอดแบรกเกตที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้มีการสูญเสียผิวเคลือบฟันน้อยที่สุด

2. เพื่อเป็นพื้นฐานและแนวทางในการวิจัยต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยนี้เป็นการศึกษาปริมาณของแอดฮีซีฟเรซินที่เหลืออยู่บนผิวเคลือบฟันภายหลังการถอดแบรกเกตตามค่า ARI ของ Årtun และ Bergland (1984) โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (stereo microscope) ที่กำลังขยาย 40 เท่า

2. การวิจัยนี้เป็นการศึกษาโดยใช้ระบบการวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอกซ์เรืองแบบอีดีเอส (EDS : energy dispersive X-ray spectrometer) เพื่อหาอัตราส่วนระหว่างธาตุแคลเซียม (calcium: Ca) และฟอสฟอรัส (phosphorus: P) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผลึกไฮดรอกซีแอปพาไทต์ (hydroxyapatite crystal) ในผิวเคลือบฟัน รวมทั้งเพื่อยืนยันตำแหน่งของผิวเคลือบฟันในภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

3. การวิจัยนี้เป็นการศึกษาปริมาณการสูญเสียผิวเคลือบฟันจากการถอดแบรกเกตโดยใช้กระบวนการภาพและการวิเคราะห์ภาพสำหรับกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope image processing and analysis) เพื่อศึกษาและคำนวณ

พื้นที่ของผิวเคลือบฟันที่ติดอยู่กับแอดฮีซีฟเรซินบนฐานแบรกเกต เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ของแอดฮีซีฟเรซินซึ่งติดอยู่บนฐานแบรกเกตทั้งหมด

4. ศึกษาในฟันกรามน้อยทั้งบนและล่างของผู้ป่วยเพศชายและหญิง อายุระหว่าง 12-18 ปี ที่ถอนฟันออกเพื่อการบำบัดรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน จำนวน 120 ซี่

5. ผิวเคลือบฟันด้านแก้ม (buccal surface) ของฟันทุกซี่ ต้องมีลักษณะปกติ ไม่มีลักษณะการเจริญบกพร่อง (hypoplasia) หรือไฮโปแคลซิฟิเคชัน (hypocalcification) ไม่มีลักษณะฟลูออโรซิส (fluorosis) ไม่ผุ และไม่เคยใช้กรดกัดผิวเคลือบฟันมาก่อน

6. การติดแบรกเกตบนผิวฟันด้านแก้มด้วยแอดฮีซีฟเรซิน กระทำโดยวิธีไดเรกบอนด์ ตามวิธีของ Zachrisson (1994) เพื่อจำลองสภาพให้เหมือนกับฟันในช่องปากของผู้ป่วยที่ได้รับการติดเครื่องมือจัดฟันแล้ว ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการปฏิบัติงานจริงและเป็นประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ในคลินิกได้

7. แอดฮีซีฟเรซินที่ใช้ยึดแบรกเกตเป็นชนิดเดียวกัน โดยเลือกใช้ Concise® ซึ่งใช้ในงานทันตกรรมจัดฟันโดยเฉพาะของบริษัท 3M Unitek เนื่องจากเป็นแอดฮีซีฟเรซินที่ใช้ในภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเป็นที่นิยมใช้ในคลินิกทันตแพทย์จัดฟันทั่วไป

8. แบรกเกตที่ใช้ในงานวิจัยเป็นแบรกเกตจากบริษัทเดียวกันที่หล่อขึ้นรูปเป็นชิ้นเดียว (casting bracket) เพื่อป้องกันไม่ให้แบรกเกตฉีกขาดในขณะถอดแบรกเกตและมีฐานแบบร่อง (Dynalok) ของบริษัท 3M Unitek ซึ่งใช้ในภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. การทำความสะอาดฟันตัวอย่างใช้ผงขัดฟัน (pumice) ชนิดละเอียด เบอร์ 3 ผสมน้ำในอัตราส่วน 2 : 1 จนมีลักษณะเป็นครีม (paste) ขัดด้านแก้มของฟันทุกซี่เป็นเวลา 10 วินาที ก่อนเริ่มทำการทดลอง

2. การติดแบรกเกตกระทำโดยวิธีไดเรกบอนด์ การผสมแอดฮีซีฟเรซินทำตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต และการควบคุมความหนาของเรซินทำโดยการกดแบรกเกตให้แนบกับผิวฟันมากที่สุดด้วยแรงกดเพียงจุดเดียว (one point contact) ตามวิธีของ Zachrisson (1994)

3. การถอดแบรกเกตกระทำโดยใช้คีมตัดลวด (ligature cutter) วางด้านคมของคีมในตำแหน่งที่ต้องการและใช้เครื่องมือที่ออกแบบให้จับด้ามคีมได้ ซึ่งสามารถควบคุมแรงบีบรวมทั้งทิศทางของแรงให้คงที่ในลักษณะที่คล้ายการบีบคีมด้วยมือ จากนั้นจึงบีบด้ามคีมเข้าหากัน ด้วยขนาดของแรงที่เพียงพอให้แบรกเกตหลุดออกจากตัวฟันได้พอดี

4. ศึกษาปริมาณของแอดฮีซีฟเรซินที่เหลืออยู่บนผิวเคลือบฟัน ภายหลังการถอดแบรกเกตตามค่า ARI ของ Årtun และ Bergland (1984) โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 40 เท่า

5. ใช้ระบบการวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอกซ์เรืองแบบอีดีเอส เพื่อ

5.1 ยืนยันตำแหน่งของผิวเคลือบฟันในภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

5.2 หาอัตราส่วนระหว่างธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสซึ่งเป็นส่วนประกอบของผลึกไฮดรอกซีแอปพาไทต์ในผิวเคลือบฟัน

6. ศึกษาปริมาณการสูญเสียผิวเคลือบฟันจากการถอดแบรกเกตโดยการคำนวณพื้นที่ของผิวเคลือบฟันที่ติดอยู่กับแอดฮีซีฟเรซินบนฐานแบรกเกต เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ของแอดฮีซีฟเรซินซึ่งติดอยู่บนฐานแบรกเกตทั้งหมด โดยใช้กระบวนการภาพและการวิเคราะห์ภาพสำหรับกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และคำนวณหาพื้นที่ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมคณิตศาสตร์ชนิดออมนิเมต 4 (Omnimet 4) สำหรับงานวิเคราะห์ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย

1. การทดลองนี้จำกัดเฉพาะในฟันกรามน้อย เนื่องจากไม่สามารถจัดหาฟันซี่อื่นๆ มาทำการทดลองนอกช่องปากได้ ลักษณะทางกายภาพของฟันแต่ละซี่ มีผลต่อปริมาณของเรซินที่เหลืออยู่บนผิวเคลือบฟัน และส่งผลไปถึงปริมาณการสูญเสียผิวเคลือบฟันที่ออกมากับเรซินที่ติดอยู่บนฐานแบรกเกตด้วย ดังนั้นผลการวิจัยไม่สามารถนำไปอ้างอิงถึงฟันซี่อื่นๆ ได้

2. ความโค้งของฟันกรามน้อยแต่ละซี่ไม่สามารถควบคุมได้ การศึกษานี้จึงเลือกใช้ฟันที่มีลักษณะปกติ และใช้ฟันกรามน้อยบนและล่างคละกันในจำนวนเท่าๆ กัน จึงทำให้ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความโค้งของฟันลดน้อยลง

3. การควบคุมความหนาของเรซินขณะติดแบรกเกตกระทำโดยบุคคลเดียวกัน ทำการกดแบรกเกตให้แนบกับผิวฟันมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ด้วยแรงกดเพียงจุดเดียวและใช้แบรกเกตมาตรฐานที่เหมาะสมกับฟันกรามน้อย ทำให้ลดความคลาดเคลื่อนจากความหนาของเรซินได้

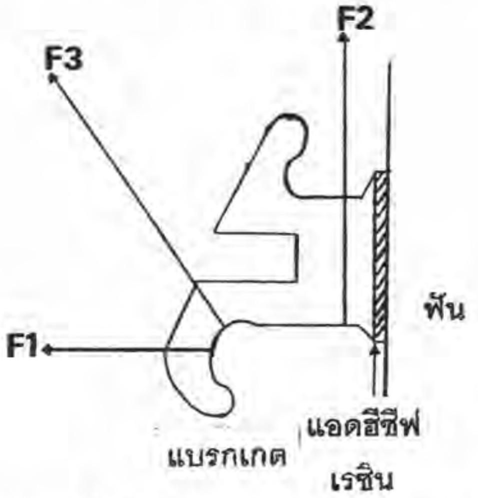
4. การวางคีมขณะถอดแบรกเกต โดยวางขอบคมของคีมอยู่บนรอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันและแบรกเกต หรือใต้ปีกของแบรกเกต ให้ขนานกับผิวเคลือบฟันทางด้านแก้ม ซึ่งตำแหน่งนี้เป็นส่วนที่แบรกเกตมีความกว้าง ดังนั้นจึงมีเพียงส่วนหนึ่งของขอบคมของคีมเท่านั้นที่สัมผัสกับตำแหน่งดังกล่าว

คำจำกัดความ

1. แรงเฉือน หมายถึงแรงที่ใช้ในการถอดแบรกเกตที่มีทิศทางขนานกับผิวฟันในตำแหน่งใกล้กับรอยต่อระหว่างแบรกเกตและแอดฮีซีฟเรซิน หรือระหว่างแอดฮีซีฟเรซินและผิวเคลือบฟัน จนแบรกเกตหลุดออกจากตัวฟัน (Fox, McCabe และ Buckley, 1994) ดังรูปที่ 2

2. แรงปอก หมายถึงแรงที่ใช้ในการถอดแบรกเกตที่มีทิศทางของแนวแรงทำมุมกับแนวแกน (long axis) ของฟัน โดยออกแรงในตำแหน่งที่ไกลจากรอยต่อระหว่างแบรกเกตและแอดฮีซีฟเรซิน ในที่นี้ให้แรงที่ปีกด้านสบฟัน (occlusal surface) และด้านคอฟัน (cervical surface) ของแบรกเกต จนแบรกเกตหลุดออกจากตัวฟัน (Fox, McCabe และ Buckley, 1994) ดังรูปที่ 2

3. แรงดึง หมายถึงแรงที่ใช้ในการถอดแบรกเกตที่มีทิศทางของแนวแรงตั้งฉากกับผิวเคลือบฟัน จนแบรกเกตหลุดออกจากตัวฟัน (Fox, McCabe และ Buckley, 1994) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงทิศทางของแนวแรงที่ใช้ในการถอดแบรกเกต (Fox, McCabe และ Buckley, 1994)
F1 = แรงดึง, F2 = แรงเฉือน, F3 = แรงปอก

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ประชากรเป็นฟันกรามน้อยบนและล่างที่มีรูปร่างและผิวเคลือบฟันปกติ

2. กลุ่มตัวอย่างเป็นฟันกรามน้อยบนและล่าง ที่ถูกถอนจากผู้ป่วยเพศชายและหญิงอายุระหว่าง 12-18 ปี เพื่อบำบัดรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน จากคลินิกและโรงพยาบาลในกรุงเทพมหานคร มีรูปร่างและผิวเคลือบฟันเป็นปกติ จำนวน 120 ซี่ ภายหลังการถอนฟัน นำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นและแช่น้ำเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.9 ตลอดเวลาจนกว่าจะนำมาทดลอง โดยเปลี่ยนน้ำเกลือทุกวัน (Retief, 1991; Panighi และ G'Sell, 1993)

3. การรวบรวมข้อมูล

3.1 การเตรียมกลุ่มตัวอย่าง

ใช้ฟันกรามน้อยบนและล่างจำนวน 120 ซี่ ขัดด้านแก้มของฟันด้วยผงขัดฟันชนิดละเอียดเบอร์ 3 ผสมน้ำในอัตราส่วน 2 : 1 และใช้หัวขัดยางรูปถ้วย ขัดเป็นเวลา 10 วินาที เพื่อกำจัดเมือกและสิ่งสกปรกบนผิวฟัน เป่าฟันให้แห้งด้วยลูกยางเป่าลม ติดแบรกเกตบนด้านแก้มของฟันทุกซี่ด้วยวิธีไดเรกบอนด์ของ Zachrisson (1994) กำจัดส่วนเกินของเรซินออกด้วยซีเมนต์สเกเลอร์ (cement scaler) ทิ้งไว้นาน 5 นาที แล้วนำไปแช่ในน้ำลายเทียมที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์อย่างสมบูรณ์ (complete polymerization) จากนั้นนำมาแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 2 กลุ่ม กลุ่มละ 60 ซี่โดยวิธีการสุ่ม

3.2 การถอดแบรกเกต

กลุ่มทดลองที่ 1 ถอดแบรกเกตด้วยแรงเฉือนโดยใช้คีมตัดลวดซึ่งวางขอบคมของคีมอยู่ระหว่างรอยต่อแอดฮีซีฟเรซินและผิวเคลือบฟัน ให้แนวขอบคมของคีมขนานกับด้านแก้มของผิวเคลือบฟัน ใช้เครื่องมือที่ออกแบบให้สามารถจับด้ามคีมได้โดยให้มีขนาดและทิศทางของแรงคงที่ บีบคีมจนกระทั่งแบรกเกตหลุดออกจากตัวฟัน

กลุ่มทดลองที่ 2 ถอดแบรกเกตด้วยแรงปอกโดยใช้คีมตัดลวดเช่นเดียวกัน แต่วางขอบคมของคีมไว้ใต้ปีกของแบรกเกต และให้แนวขอบคมของคีมขนานกับด้านใกล้แก้มของผิวเคลือบฟัน ใช้เครื่องมือที่ออกแบบให้สามารถจับด้ามคีมได้โดยที่มีขนาดและทิศทางของแรงคงที่ บีบคีมจนกระทั่งแบรกเกตหลุดออกจากตัวฟัน

3.3 บันทึกปริมาณของแอดฮีซีฟเรซินที่เหลืออยู่บนผิวเคลือบฟันตามค่า ARI ของ Årtun และ Bergland (1984) โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 40 เท่า ซึ่งจะได้แบรกเกตที่ถอดออกมาแล้วในแต่ละกลุ่มทดลอง แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ตามค่า ARI คือกลุ่มที่มีค่าคะแนน 0, 1, 2 และ 3

3.4 สุ่มแบรกเกตจากกลุ่มที่มีค่า ARI เท่ากับ 0, 1 และ 2 จากกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มากลุ่มละ 5 ซี่ นำมาตรวจหาพื้นที่ของผิวเคลือบฟันที่ติดอยู่บนแอดฮีซีฟเรซิน โดยเปรียบเทียบกับพื้นที่ของแอดฮีซีฟเรซินที่ติดอยู่บนฐานแบรกเกตทั้งหมดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และคำนวณหาพื้นที่ออกมาเป็นร้อยละต่อหน่วยพื้นที่ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมคณิตศาสตร์ชนิดออมนิเมต 4 สำหรับงานวิเคราะห์ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

3.5 หาอัตราส่วนระหว่างธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสซึ่งเป็นส่วนประกอบของผลึกไฮดรอกซีแอปพาไทต์ในผิวเคลือบฟันจากกลุ่มตัวอย่างในข้อ 3.4 จำนวน 5 ตัวอย่าง และ

ยืนยันตำแหน่งของผิวเคลือบฟันในภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีระบบการวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอกซ์เรืองแบบอีดีเอส

4. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

4.1 เครื่องมือที่ออกแบบให้สามารถจับด้ามคีมได้ เพื่อควบคุมแรงบีบและทิศทางของแรงให้คงที่ในลักษณะที่คล้ายการบีบคีมด้วยมือ

4.2 กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 40 เท่า สำหรับส่องขยายผิวเคลือบฟันบริเวณที่ถอดแบรกเกตออกแล้ว เพื่อหาปริมาณของแอดฮีซีฟเรซินที่เหลืออยู่บนผิวเคลือบฟันตามค่า ARI

4.3 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อตรวจศึกษาผิวเคลือบฟันที่ติดอยู่บนแอดฮีซีฟเรซิน และใช้ระบบการวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอกซ์เรืองแบบอีดีเอส สำหรับหาอัตราส่วนระหว่างปริมาณธาตุแคลเซี่ยมและฟอสฟอรัสบนผิวของแอดฮีซีฟเรซินที่ติดอยู่บนฐานแบรกเกต และยืนยันตำแหน่งของผิวเคลือบฟันในภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

4.4 เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมคณิตศาสตร์ชนิดออมนิเมต 4 สำหรับงานวิเคราะห์ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยคำนวณเป็นร้อยละของพื้นที่ของผิวเคลือบฟัน ต่อพื้นที่ผิวของแอดฮีซีฟเรซินทั้งหมดที่ติดอยู่บนฐานแบรกเกต

5. ตัวแปรของการวิจัย

5.1 ตัวแปรอิสระ (independent variable) คือลักษณะของแรงที่ใช้ในการถอดแบรกเกต ได้แก่

5.1.1 แรงเฉือน

5.1.2 แรงปอก

5.2 ตัวแปรตาม (dependent variable) คือ

5.2.1 ปริมาณของแอดฮีซีฟเรซินที่เหลืออยู่บนผิวเคลือบฟันภายหลังการถอดแบรกเกตด้วยแรงเฉือน และแรงปอก ศึกษาตามค่า ARI

5.2.2 ปริมาณการสูญเสียผิวเคลือบฟันภายหลังการถอดแบรกเกตด้วยแรงเฉือน และแรงปอก ในกลุ่มที่มีค่า ARI เท่ากับ 0, 1 และ 2 โดยคำนวณหาพื้นที่ของผิวเคลือบฟันบนแอดฮีซีฟเรซินที่ติดอยู่บนฐานแบรกเกต เมื่อเทียบกับพื้นที่ของแอดฮีซีฟซินที่ติดอยู่บนฐานแบรกเกตทั้งหมด คิดเป็นร้อยละต่อหน่วยพื้นที่

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 หาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของแรงที่ใช้ในการถอดแบรกเกตกับปริมาณของแอดฮีซีฟเรซินที่เหลืออยู่บนผิวเคลือบฟันภายหลังจากการถอดแบรกเกต ตามค่า ARI ด้วยสถิติวิเคราะห์ไค-สแควร์ (chi-square)

6.2 หาค่าเฉลี่ย (mean : $\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation : S.D.) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error of mean : S.E.) และสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (coefficient of variance : C.V.) ของพื้นที่ผิวเคลือบฟันที่ติดอยู่บนแอดฮีซีฟเรซิน เมื่อเทียบกับพื้นที่ของแอดฮีซีฟเรซินที่ติดอยู่บนฐานแบรกเกตทั้งหมด ภายหลังจากการถอดแบรกเกตด้วยแรงเฉือน และแรงปอก ในกลุ่มที่มีค่า ARI เท่ากับ 0, 1 และ 2

6.3 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพื้นที่ผิวเคลือบฟันที่ติดอยู่บนแอดฮีซีฟเรซิน โดยเทียบกับพื้นที่ของแอดฮีซีฟเรซินที่ติดอยู่บนฐานแบรกเกต ภายหลังจากการถอดแบรกเกตด้วยแรงเฉือน และแรงปอก ในกลุ่มที่มีค่า ARI เท่ากับ 0, 1 และ 2 ด้วยสถิติที (t-test)