

บทที่ 3



วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

หัวกรอากากเพชรกลมเบอร์ 2 (round diamond bur #2 ; Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Switzerland)

หัวกรอากากเพชรปลายสอบไม่มีหัวตัด (safe-tip diamond taper bur #010 ; Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Switzerland)

หัวกรอเก็ทกลิตเด็นเบอร์ 4-6 (Gates-Glidden bur #4-#6 ; Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Switzerland)

ด้ามกรอแบบหักมุม (contra-angle handpiece)

ด้ามกรอแบบความเร็วสูง (high-speed handpiece)

แผ่น (กลม) อากเพชร (diamond disk ; Carborundam, Carbodent-Gysi, Buenos Aires, Argentina)

ช้อนขุดโพรงฟัน (spoon excavator ; Hu-Friedy, Chicago, USA)

กระบอกฉีดรวม (triple syringe; dental 3-way syringe, Suzhou Dentasia Medical, Equipment, Suzhou Jiangsu, China)

เอ็นโดดอนติกปลั๊กเกอร์ (endodontic plugger ; Hu-Friedy, Chicago, USA)

กระบอกฉีดยาแก้วและพลาสติก (syringe ; Terumo (Thailand), Bangkok, Thailand)

เครื่องฉายแสงหลอดไฟฮาโลเจน (halogen light curing unit ; Spectrum 800, Dentsply Caulk, DE, USA)

ก้อนสำลี (cotton pellet)

กล่องเก็บความชื้นพลาสติก

เครื่องincuเบเตอร์ (incubator; Shel lab, Bangkok, Thailand)

เครื่องตัดชิ้นงาน (precision Saw; Isomet 4000, Buehler, Illinois, USA)

หัวกรอากากเพชรรูปเปอร์เฟกต์ (superfine diamond bur #014; Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Switzerland)

ดิจิตอลคาลิเปอร์ (digital caliper; CD-6" C, Mitutoyo, Kawasaki, Japan) แผ่นโลหะ

เครื่องทดสอบแรงแบบอเนกประสงค์ (universal testing machine; 8872, Instron, Buckinghamshire, England)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope/SEM; Leo1455VP, Karl Zeiss, Cambridge, UK)

ตู้ดูดความชื้น (dessicator ; Weifo Dry 70 T, Jwo Ruey Technical, Taichung, Taiwan)

แท่นสำหรับติดชิ้นตัวอย่าง (stub; G301F, Agar scientific, Stansted, UK)

เครื่องฉาบทอง (putter coater module; Spi 12155-Ax, Structure Probe, PA, USA)

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารละลายไทมอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ในน้ำกลั่น (0.1% thymol in distilled water)

สารละลายกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตระอะซีติก (ethylenediamine tetraacetic acid; EDTA) ความเข้มข้นร้อยละ 17

โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite; NaOCl) ความเข้มข้นร้อยละ 2.5

สารกัดขนิດกรด (Scotchbond™ Etchant, ESPE, Seefeld, Germany)

สารยึดติดระบบโทลเอท์ซ (total-etch adhesive; Adper™ Single Bond 2, ESPE, Seefeld, Germany)

เรซินคอมโพสิต (Filtek™ Z350, ESPE, Seefeld, Germany)

โซเดียมเปอร์โบรเมต

คลอเฮกซิดีน (chlorhexidine) ความเข้มข้นร้อยละ 2

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 3 และ 30

เควิท (Cavit-W, ESPE, Seefeld, Germany)

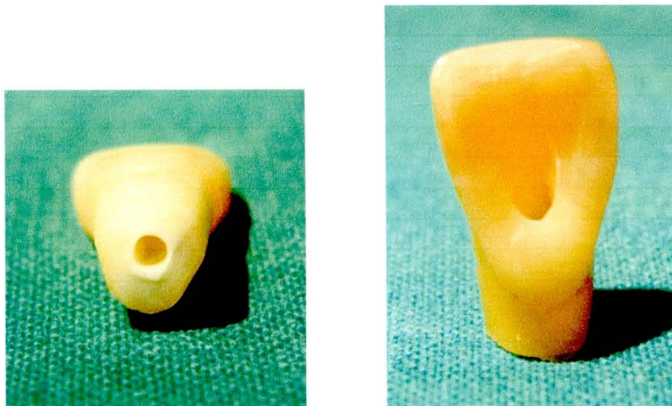
กาววิทยาศาสตร์ (cyanoacrylate adhesive; Model repair II Blue, Dentsply-Sankin, Otahara, Japan)

กลุ่มตัวอย่าง

ใช้ฟันหน้าบนแท้ จำนวน 40 ซี่ ซึ่งมีการเจริญปกติ รากฟันเจริญสมบูรณ์ ปราศจากรอยผุ วัสดุอุด รอยร้าวและรอยแตก ซึ่งถูกถอนด้วยสาเหตุของโรคปริทันต์และได้รับความยินยอมจากผู้ป่วย เก็บฟันทันทีภายหลังการถอนในสารละลายไทมอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ในน้ำกลั่น ที่ 4 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำมาทำการทดลอง

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การเตรียมชิ้นตัวอย่างสำหรับการทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค กรอเปิดทางเข้าสู่โพรงเนื้อเยื่อใน โดยใช้หัวกรอกากเพชรกลมเบอร์ 2 ร่วมกับด้ามกรอแบบความเร็วสูงและน้ำ กำจัดหลังคาโพรงเนื้อเยื่อในด้วยหัวกรอกากเพชรปลายสอบไม่มีหัวตัด ตัดรากฟันออกในแนวขวางตั้งฉากกับแนวแกนฟัน (long axis) โดยใช้แผ่นกากเพชรที่ตำแหน่งต่ำกว่ารอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction; CEJ) 4 มม. กำจัดเนื้อเยื่อในคลองรากฟันด้วยข้อสอดโพรงและขยายคลองรากฟันส่วนต้นด้วยหัวกรอเก็ทกลิตเด็นเบอร์ 4 5 และ 6 ตามลำดับ ล้างคลองรากฟันด้วย NaOCl ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาตร 2 มล. ทุกครั้งที่เปลี่ยนขนาดหัวกรอ และก่อนอุดคลองรากฟันล้างด้วย EDTA ความเข้มข้นร้อยละ 17 ปริมาตร 10 มล. 1 นาที ตามด้วย NaOCl ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 จำนวน 10 มล. (Calt and Serper, 2002, pp. 17-19; Yamada, et al., 1983, pp. 137-142) 1 นาที เป่าให้แห้งด้วยกระบอกฉีดลม

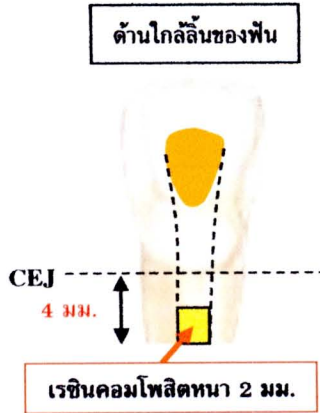


ภาพ 7 แสดงการกรอเปิดทางเข้าสู่โพรงเนื้อเยื่อใน



ภาพ 8 แสดงการตัดรากฟันออกที่ตำแหน่งต่ำกว่ารอยต่อเคลือบฟัน
กับเคลือบรากฟัน 4 มม.

อุดคลองรากฟันด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตหนา 2 มม. จากด้านปลายรากฟันที่ถูกตัดไว้ตามวิธีที่ผู้ผลิตแนะนำ ดังนี้ เริ่มจากทาสารกักชนิดกรดทิ้งไว้ 15 วินาที ล้างด้วยน้ำเบาๆ 10 วินาที ชีบน้ำออกด้วยสำลีก้อนเล็ก ทาสารยึดติดระบบไทอลเอทซ์ด้วยแปรงที่ถูกตัดขนแปรงให้สั้น 2 มม. เบาๆ 15 วินาที เป่าลมในโพรงเนื้อเยื่อในจากทางปลายฟันเบาๆ เพื่อป้องกันไม่ให้สารยึดติดไหลย้อนไปบริเวณโพรงเนื้อเยื่อใน 5 วินาที ฉายแสง 10 วินาที ด้วยเครื่องฉายแสง อุดเรซิน คอมโพสิตหนา 2 มม.โดยใช้เอ็นโดคอนติคพลั๊กเกอร์ฉายแสง 20 วินาที ให้ปลายท่อนำแสงอยู่ชิดวัสดุอุดเรซินคอมโพสิต (Pires, et al., 1993, pp. 517-521)



ภาพ 9 แสดงการอุดคลองรากฟันด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตหนา 2 มม.

แล้วล้างโพรงเนื้อเยื่อในด้วยน้ำกลั่น 5 มล. และขับให้แห้งด้วยก๊อนสำลี แบ่งฟันออกเป็น 4กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ โดยการสุ่มอย่างเป็นระบบ แล้วใส่สารฟอกสีฟันให้สัมผัสด้านใกล้ริมฝีปากของโพรงเนื้อเยื่อในแต่ละซี่ โดยใช้อัตราส่วนผง 2 ส่วนต่อน้ำ 1 ส่วน (Holmstrup, Palm and Lambjerg-Hansen, 1988, pp. 197-201) ดังนี้

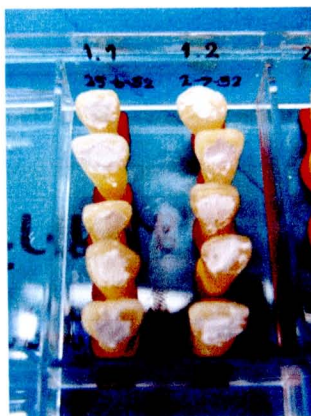
กลุ่ม 1 (กลุ่มควบคุมลบ) ใช้ก๊อนสำลีชุบน้ำกลั่นปริมาตร 0.01 มล.

กลุ่ม 2 ไฮเดียมเปอร์บอเรต 0.02 กรัม ผสมน้ำกลั่นปริมาตร 0.01 มล.

กลุ่ม 3 ไฮเดียมเปอร์บอเรต 0.02 กรัม ผสมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 30 ปริมาตร 0.01 มล.

กลุ่ม 4 ไฮเดียมเปอร์บอเรต 0.02 กรัม ผสมคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 0.01 มล.

ปิดทางเข้าโพรงเนื้อเยื่อในด้วยเควิตนา 1 มม. เก็บฟันไว้ในเครื่องอินคิวเบเตอร์อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นร้อยละ 100 เป็นเวลา 7 วัน



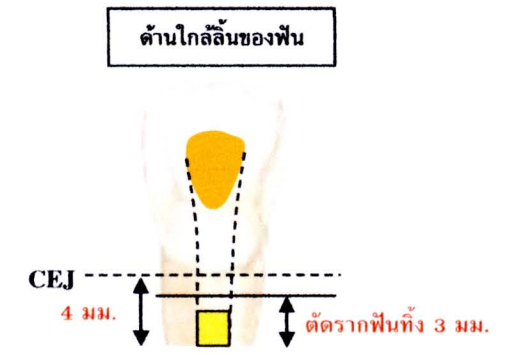
ภาพ 10 แสดงการปิดทางเข้าโพรงเนื้อเยื่อในด้วยเควิต



ภาพ 11 แสดงเครื่องอินคิวเบเตอร์

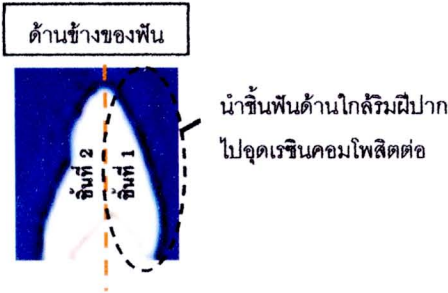
จากนั้นกำจัดเควิตออกด้วยข้อชุดโพรงและล้างสารฟอกสีฟันในโพรงเนื้อเยื่อในออกด้วยน้ำกลั่น 20 มล. ซับให้แห้งด้วยสำลี ทำการฟอกสีฟันด้วยวิธีเดิมเป็นเวลา 7 วันอีก 2 ครั้ง ภายหลังการฟอกสีฟันเสร็จสิ้น ล้างโพรงเนื้อเยื่อในด้วยน้ำกลั่น 20 มล. ซับให้แห้งด้วยสำลี ใส่สำลีชุบน้ำกลั่น ปริมาตร 0.2 มล. ในโพรงเนื้อเยื่อใน อุดปิดด้วยเควิตและเก็บฟันที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นร้อยละ 100 เป็นเวลาอีก 7 วัน เพื่อลดผลของเปอร์ออกไซด์ที่หลงเหลืออยู่จากการฟอกสีที่อาจมีต่อความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตกับเนื้อฟัน (Torneck, et al., 1990, pp. 123-128; 1991, pp. 156-160)

นำฟันที่ต้องการทดสอบมากำจัดเควิตออกและล้างโพรงเนื้อเยื่อในด้วยน้ำกลั่น 20 มล. ตัดรากฟันในแนวขวางตั้งฉากกับแนวแกนฟัน ออก 3 มม. โดยใช้แผ่นกากเพชร



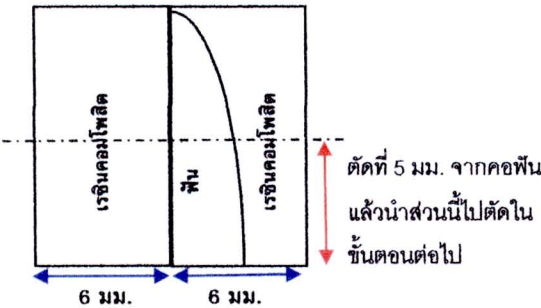
ภาพ 12 แสดงการตัดรากฟันออก 3 มม.

นำส่วนตัวฟันมาตัดแบ่งออกเป็นสองส่วนในแนวตั้งขนานกับแนวแกนฟัน โดยให้ใบมีดของเครื่องตัดขึ้นตัวอย่างอยู่ในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง (mesio-distal direction)



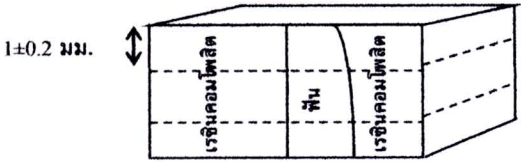
ภาพ 13 แสดงการตัดแบ่งตัวฟันเป็น 2 ชั้นในแนวตั้งขนานกับตัวฟัน

นำชิ้นฟันที่ 1 มาอุดด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตทั้ง 2 ด้าน ให้มีความหนา 6 มม. โดยทำการอุดทีละชั้นๆ ละ 2 มม. (Price, Murphy and Dérand, 2000, pp. 659-667 as cited in Senawongse, 2002, pp. 26-37) และนำชิ้นฟันที่อุดด้วยเรซินคอมโพสิตเรียบร้อยแล้ว มาตัดปลายฟันทั้งในแนวตั้งฉากกับแนวแกนฟัน ที่ตำแหน่ง 5 มม. จากด้านคอฟัน ด้วยเครื่องตัดขึ้นตัวอย่าง



ภาพ 14 แสดงการอุดชิ้นฟันที่ 1 ด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตทั้ง 2 ด้าน ให้มีความหนา 6 มม.

จากนั้นตัดฟันที่ได้ในแนวตั้งฉากกับแนวแกนฟันให้ได้แผ่นขึ้นตัวอย่างจำนวน 3 ชั้น (slab) ต่อฟัน 1 ซี่แต่ละแผ่นมีความหนา 1.0 ± 0.2 มม. จะได้แผ่นฟันซึ่งยึดกับวัสดุอุดเรซินคอมโพสิต กลุ่มละ 30 ชิ้น

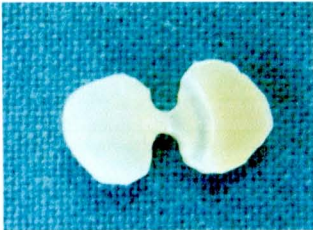


ภาพ 15 แสดงการตัดชั้นตัวอย่างในแนวตั้งฉากกับแกนฟัน
ให้ได้แผ่นชั้นตัวอย่าง 3 ชั้น

กรอแต่งแผ่นชั้นตัวอย่างด้วยหัวกรอจากเพชรรูปเปอร์เฟกต์พร้อมกับด้ามกรอแบบความเร็วสูงภายใต้สเปรย์น้ำ ที่รอยต่อระหว่างผิวเนื้อฟันกับวัสดุอุดให้เป็นรูปนาฬิกาทรายโดยส่วนที่แคบที่สุดมีความกว้างเท่ากับ 1.0 ± 0.2 มม. เพื่อให้ได้บริเวณรอยต่อระหว่างผิวเนื้อฟันกับวัสดุอุดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสที่มีพื้นที่หน้าตัดประมาณ 1.0 ± 0.4 มม.² ในขั้นตอนการเตรียมชั้นตัวอย่างนี้ใช้ดิจิตอลคาลิเปอร์เป็นเครื่องมือในการวัดขนาด



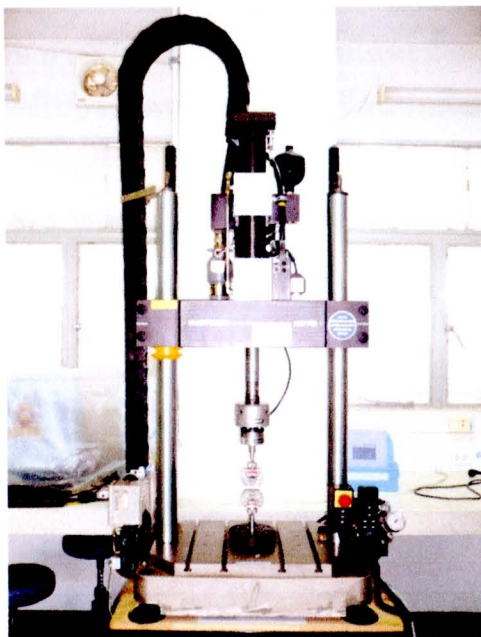
ภาพ 16 แสดงแผ่นชั้นตัวอย่างที่ตัดด้วยเครื่องตัดชั้นตัวอย่าง



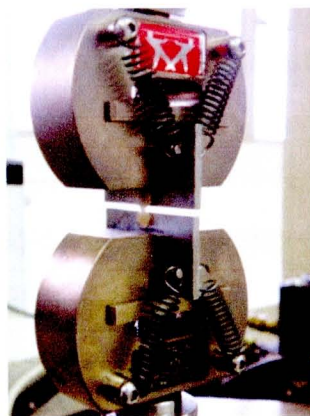
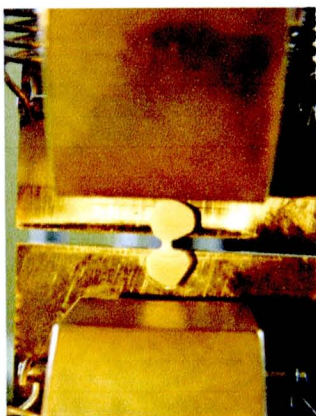
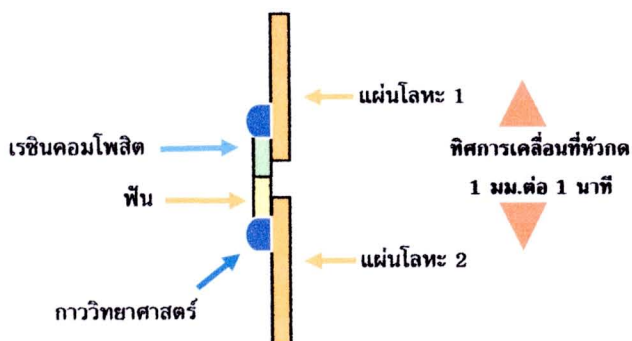
ภาพ 17 แสดงแผ่นชั้นตัวอย่างที่กรอแต่งเป็นรูปนาฬิกาทราย

นำชิ้นตัวอย่างที่ได้มาทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค โดยยึดแผ่นโลหะ (กว้าง 4 ซม. ยาว 5 ซม. และหนา 0.5 ซม.) จำนวน 2 แผ่น เข้ากับหัวจับของเครื่องทดสอบแรงแบบอเนกประสงค์ในลักษณะเรียงต่อกันและให้ขอบโลหะห่างกัน 2 มม. ยึดชิ้นตัวอย่างเข้ากับโลหะทั้งสองแผ่น โดยให้ปลายที่เป็นวัสดุอุดเรซินคอมโพสิตยึดกับแผ่นโลหะชิ้นบน และยึดด้านที่เป็นฟันกับโลหะชิ้นล่างด้วยกาววิทยาศาสตร์ โดยมีให้กาวไหลไปยังบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุอุดกับฟัน จากนั้นตั้งค่าของเครื่องทดสอบแรงแบบอเนกประสงค์ให้เป็นการทดสอบแรงแบบดึง โดยใช้ความเร็วของหัวกดเท่ากับ 1 มม.ต่อ 1 นาที ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคหน่วยเป็น MPa สามารถคำนวณจากแรงสูงสุดที่ให้ ณ จุดที่เกิดการแตกหัก หน่วยเป็น Nหารด้วยพื้นที่หน้าตัดของบริเวณที่เกิดการแตกหัก หน่วยเป็น มม.²

$$\begin{aligned} \text{ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค} &= \frac{\text{แรงสูงสุดที่ให้ ณ จุดที่เกิดการแตกหัก (N)}}{\text{พื้นที่หน้าตัดของบริเวณที่เกิดการแตกหัก (มม.}^2\text{)}} \\ (\text{MPa}) & \end{aligned}$$



ภาพ 18 แสดงเครื่องทดสอบแรงแบบอเนกประสงค์



ภาพ 19 การยึดชิ้นตัวอย่างเข้ากับโลหะทั้งสองแผ่น
ในการทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค

นำชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค มาตรวจสอบบริเวณที่เกิดการแตกหักผ่าน SEM โดยนำชิ้นตัวอย่างภายหลังการทดสอบซึ่งถูกเก็บในตู้ดูดความชื้นมาติดบนแท่นสำหรับติดชิ้นตัวอย่าง



ภาพ 20 แสดงการติดชิ้นตัวอย่างบนแท่นสำหรับติดชิ้นตัวอย่าง

นำชิ้นตัวอย่างไปฉาบทอง (gold coating) ด้วยเครื่องฉาบทอง นำชิ้นตัวอย่างไปตรวจสอบพื้นผิวบริเวณแตกหักผ่าน SEM เพื่อศึกษาลักษณะของความล้มเหลว (failure mode) ซึ่งแบ่งเป็น 4 ชนิด (Powers and Sakaguchi, 2006, p. 215) ดังนี้

ชนิดที่ 1 เกิดระหว่างสารยึดติดกับเนื้อฟัน (adhesive failure)

ชนิดที่ 2 เกิดบางส่วนภายในเนื้อฟัน หรือเกิดบางส่วนภายในสารยึดติดหรือเรซินคอมโพสิต (mixed failure)

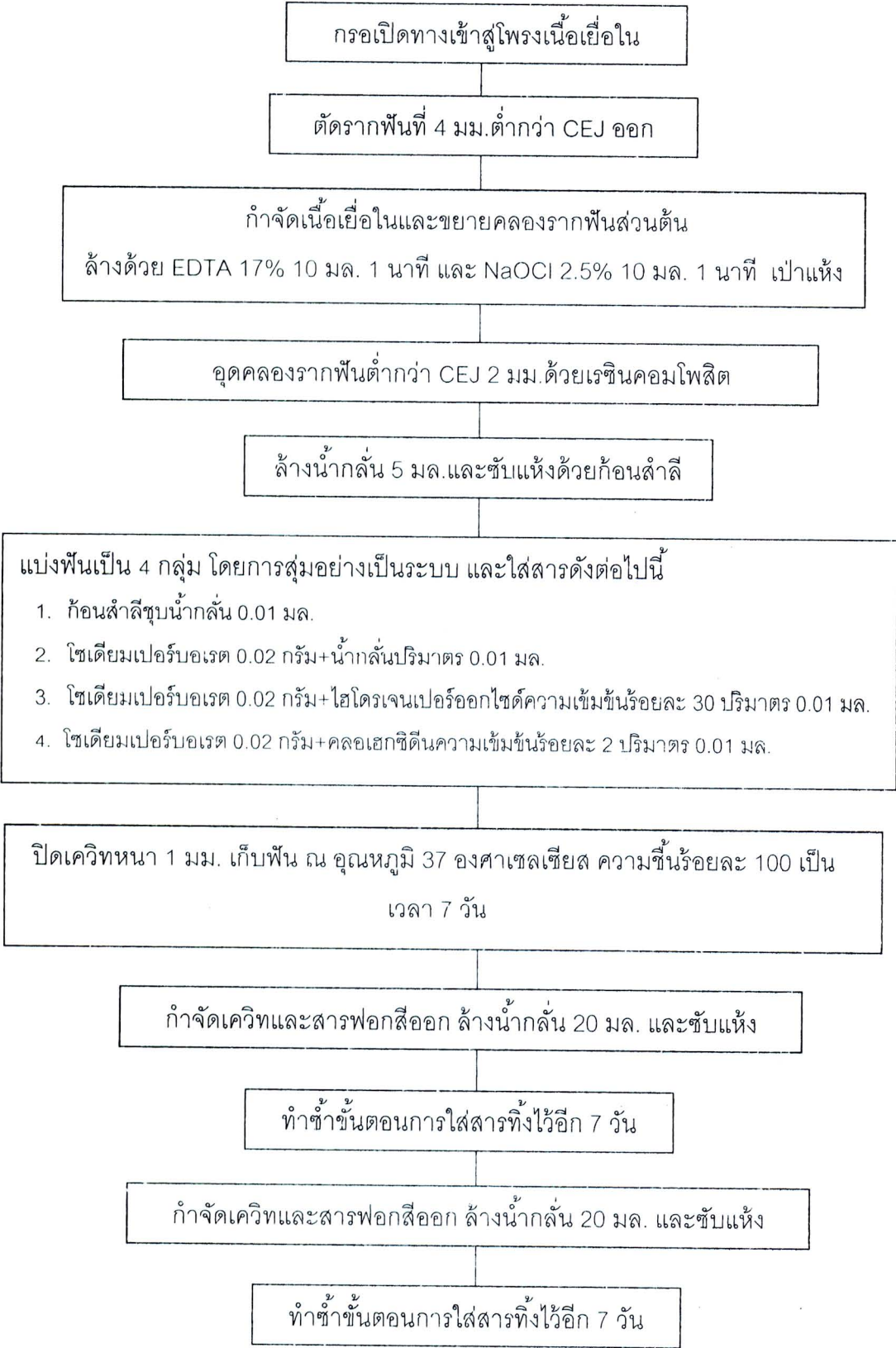
ชนิดที่ 3 เกิดภายในเนื้อฟัน (cohesive failure in dentin)

ชนิดที่ 4 เกิดภายในสารยึดติดหรือเรซินคอมโพสิต (cohesive failure in resin)



แผนภูมิสรุปวิธีดำเนินงานวิจัย

การทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค



กำจัดเควิตและสารฟอกสี ล้างน้ำกลั่น 20 มล. และซับแห้ง

ใส่ลากลีซบน้ำกลั่น 0.02 มล. ปิดเควิต และเก็บพันไว้ในเครื่องอินคิวเบเตอร์ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นร้อยละ 100 เป็นเวลา 7 วัน

ตัดรากฟันในแนวตั้งฉากกับแนวแกนออก 3 มม. และตัดแบ่งฟันออกเป็นสองส่วน ในแนวตั้งขนานกับแนวแกนฟันโดยให้ใบมีดของเครื่องตัดชิ้นงานอยู่ในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง นำชิ้นฟันด้านใกล้ริมฝีปากมาอุดด้วยเรซินคอมโพสิตต่อ

ล้างน้ำกลั่น 20 มล. เป่าแห้ง

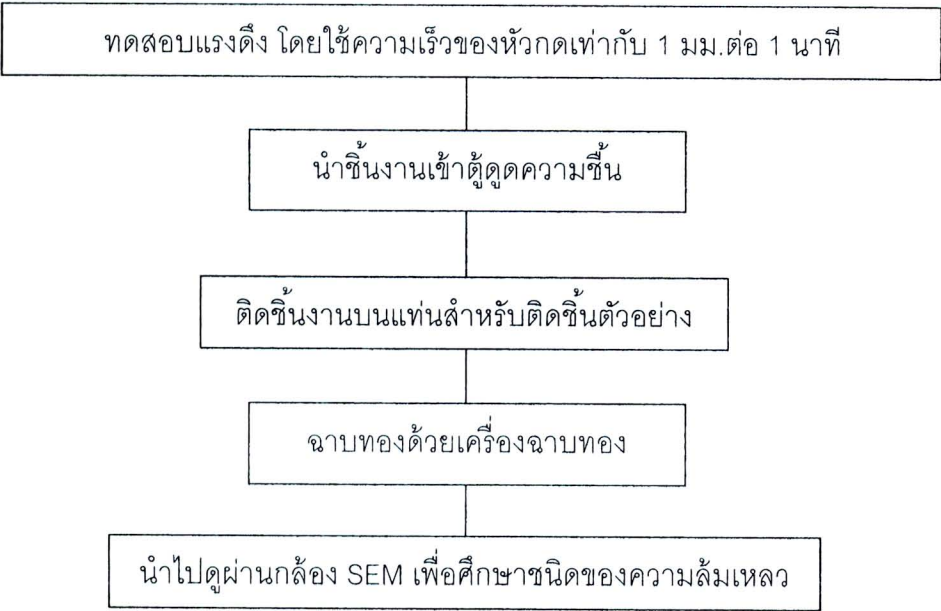
ทาสารกัณฑ์กรด 15 วินาที ล้างด้วยน้ำเบาๆ 10 วินาที ซับน้ำออกด้วยสำลีก้อนเล็ก ทาสารยึดติดด้วยแปรงเบาๆ 15 วินาที เป่าลมเบาๆ 5 วินาที ฉายแสง 10 วินาที ก่อเรซินคอมโพสิต เป็นชั้นๆ หนาชั้นละ 2 มม. รวม 6 มม. ทั้งสองด้าน ฉายแสงชั้นละ 20 วินาที

นำชิ้นฟันที่อุดด้วยเรซินคอมโพสิตเรียบร้อยแล้ว มาตัดปลายฟันออกในแนวตั้งฉากกับแนวแกนฟันให้ผ่านวัสดุอุดและฟัน ที่ตำแหน่ง 5 มม. จากด้านคอฟัน และตัดชิ้นงานในแนวตั้งฉากกับแนวแกนฟัน โดยให้ใบมีดของเครื่องตัดชิ้นงานอยู่ในแนวใกล้ริมฝีปาก-ใกล้ลิ้น ให้ได้แผ่นชิ้นงานที่อยู่ในส่วนของเนื้อฟันของโพรงเนื้อเยื่อในจำนวน 3 แผ่น ชิ้นงาน (ต่อฟัน 1 ซี่) แต่ละแผ่นมีความหนา 1.0 ± 0.2 มม. ได้แผ่นฟันซึ่งยึดกับวัสดุอุดเรซินกลุ่มละ 30 ชิ้นงาน

กรอแต่งแผ่นชิ้นงานที่รอยต่อระหว่างเนื้อฟันกับวัสดุอุดให้เป็นรูปนาฬิกาทราย (ส่วนที่แคบที่สุดเท่ากับ 1.0 ± 0.2 มม.)

ยัดชิ้นงานเข้ากับแผ่นโลหะสองแผ่น ซึ่งแต่ละแผ่นยึดอยู่กับหัวจับของเครื่องทดสอบแรงแบบอนเนกประสงค์ในลักษณะเรียงต่อกันและให้ขอบโลหะห่างกัน 2 มม. โดยให้ปลายที่เป็นวัสดุอุดเรซินคอมโพสิตยึดกับแผ่นโลหะชิ้นบน และยึดด้านที่เป็นฟันกับโลหะชิ้นล่าง

ศึกษาลักษณะของความล้มเหลว



การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคระหว่างกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) โดยกำหนดให้มีค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 และลักษณะของความล้มเหลวของการแตกหักของแต่ละกลุ่มที่ศึกษาคิดเป็นร้อยละ

งบประมาณของโครงการวิจัย

จากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 45,000 บาท (สี่หมื่นห้าพันบาทถ้วน)

