

การวิเคราะห์ความเค้นขณะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์และนาโนคอมโพสิตด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

อติพงศ์ ถิ่นสอน* ณัฏฐิวัฒน์ พลดี** กรกมล สุขจิตร์***

Received: February 7, 2019

Revised: May 28, 2019

Accepted: September 26, 2019

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อวิเคราะห์ความเค้นจากการหดตัวขณะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันในฟันกรามล่างซี่ที่ 1 ที่ถูกบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์และนาโนคอมโพสิต ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 3 มิติ สร้างแบบจำลองฟันกรามล่างซี่ที่หนึ่งแบบ 3 มิติ จากฟันธรรมชาติที่ถูกถอนออกมา โดยใช้เครื่องมือโครซีทีและโปรแกรมโซลิดเวิร์ค จำลองโพรงฟันชนิดที่ 2 แบบใกล้กลาง-บดเคี้ยว-ไกลกลาง จำลองการบูรณะด้วยเทคนิคบัลค์ฟิลล์สำหรับวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์ 4 ชนิด ได้แก่ ฟิลเท็ก บัลค์ฟิลล์ โพสที่เรีย เรสโตเรทีฟ เอ็กซ์ทราฟิล เททริก เอ็น ซีแรม บัลค์ฟิลล์ และ โซนิคฟิลล์ จำลองการบูรณะแบบเป็นชั้นจำนวน 2 ชั้น ชั้นละ 2 มิลลิเมตร ในแนวระนาบสำหรับวัสดุนาโนคอมโพสิตฟิลเท็ก ชุด 350 เอ็กซ์ที นำแบบจำลองทั้งหมดเข้าสู่วิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมแอนลิส เวอร์คเบนซ์ จำลองการหดตัวของวัสดุเรซินคอมโพสิตด้วยการอุปมาความร้อน บันทึกค่าความเค้นแบบพอนมิสสูงสุดที่เกิดขึ้นในโพรงฟัน ความเค้นหลักสูงสุดในชั้นสารยึดติด และวิเคราะห์อัตราส่วนปลอดภัย ในชั้นสารยึดติด วิเคราะห์ผลด้วยสถิติพรรณนาผลการศึกษาพบว่า ความเค้นที่เกิดขึ้นในโพรงฟันที่บูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์ ทั้ง 4 ชนิด เกิดความเค้นแบบพอนมิสเซลในโพรงฟัน ความเค้นหลักสูงสุดในชั้นสารยึดติด สูงกว่าการบูรณะด้วย วัสดุนาโนคอมโพสิต และจากการวิเคราะห์อัตราส่วนความปลอดภัย พบว่าไม่เกิดการแตกหักในชั้นสารยึดติด

คำชี้แจง: บัลค์ฟิลล์/ ความเค้น/ ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

บทนำ

วัสดุเรซินคอมโพสิตในปัจจุบันได้รับความนิยมมากเนื่องจากความสวยงาม วัสดุสามารถใช้บูรณะได้ทั้งฟันหน้าและฟันหลัง การพัฒนาด้วยนาโนเทคโนโลยี ทำให้วัสดุอัดแทรก (Filler) มีขนาดเล็กลง และมีปริมาณสารอัดแทรกมากกว่าร้อยละ 60 โดยปริมาตร¹ ด้วยข้อจำกัดเกี่ยวกับความลึกของการก่อตัวในวัสดุเรซิน คอมโพสิตชนิดก่อตัวด้วยแสงปัจจุบัน ซึ่งสามารถก่อตัวด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันได้ที่มีความลึกของวัสดุหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ทำให้ใช้เวลานานในการบูรณะโพรงฟันที่มีความลึกมากกว่า 2 มิลลิเมตร จึงได้มีการพัฒนาวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์ (Bulk-fill resin composites) ให้สามารถก่อตัวได้ที่มีความหนามากขึ้น สามารถบูรณะโพรงฟันที่มีความลึก

ถึง 4 มิลลิเมตรได้ในครั้งเดียว อีกทั้งยังมีค่าการหดตัวต่ำและแข็งแรงเพียงพอสำหรับการบูรณะฟันหลัง และให้ความแนบสนิท ตามขอบเช่นเดียวกับการบูรณะเป็นชั้น (Incremental technique)² แต่อย่างไรก็ตาม กระบวนการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของมอนอเมอร์ชนิดเมทาไครเลท ทำให้เกิดการหดตัวเชิงปริมาตร (Volumetric shrinkage) ส่งผลให้เกิดความเค้น (Stress) ที่โพรงฟัน³ เมื่อเกิดความเค้นบริเวณรอยต่อของผิวโพรงฟันและวัสดุเรซินคอมโพสิต เป็นสาเหตุให้เกิดความล้มเหลวของการยึดติด เกิดการเสียวฟันหลังบูรณะ รอยร้าวซึมเล็ก การเปลี่ยนสีตามขอบวัสดุ และฟันผุซ้ำได้⁴

การประเมินค่าความเค้นจากการหดตัวของเรซินคอมโพสิตในห้องปฏิบัติการสามารถทำได้หลายวิธี เช่น

* โรงพยาบาลเอกชน จังหวัดอุดรธานี

** ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

*** สาขาวิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

เครื่องมือทรานสดิวเซอร์วัดแรง (Force transducer)⁵ วิธีวิเคราะห์โฟโตอีลาสติก (Photoelastic analysis)⁶ วิธีการตัดวงแหวน (Ring slitting method)⁷ เป็นต้น แต่วิธีการเหล่านี้เป็นการวัดเชิงเส้นในแนวแกนเดียว ไม่สามารถแสดงผลรวมแบบ 3 มิติได้

การวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element analysis) ถูกนำมาใช้ในทางทันตกรรมมากขึ้น เป็นวิธีการทดสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถจำลองเหตุการณ์เชิงกลของวัสดุแบบเสมือนจริงใน 3 มิติ แสดงผลในส่วนที่วิธีการทดสอบอื่นไม่สามารถแสดงได้ สามารถพิสูจน์และยืนยันผลการรักษาที่ไม่สามารถทดสอบในสิ่งมีชีวิตได้ รวมถึงการทดสอบทางคลินิก ทำให้สามารถนำผลการศึกษามาปรับใช้ในทางคลินิก ช่วยลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากผู้วิจัย และความผิดพลาดจากห้องปฏิบัติการ อีกทั้งยังลดเวลาและค่าใช้จ่ายด้วย⁸

การบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์เป็นการบูรณะที่มีความหนาแน่นมากกว่า 2 มิลลิเมตร ด้วยปริมาตรของเรซินคอมโพสิตที่มากขึ้นอาจทำให้เกิดความเค้นที่สูงขึ้นได้ ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาความเค้นจากการหดตัวขณะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์ เปรียบเทียบกับวัสดุเรซิน คอมโพสิตชนิดนาโนคอมโพสิตที่นิยมใช้ในปัจจุบัน จึงเป็นที่มาของวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อวัดค่าความเค้นที่เกิดจากการหดตัวขณะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์เปรียบเทียบกับวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนคอมโพสิต จากการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

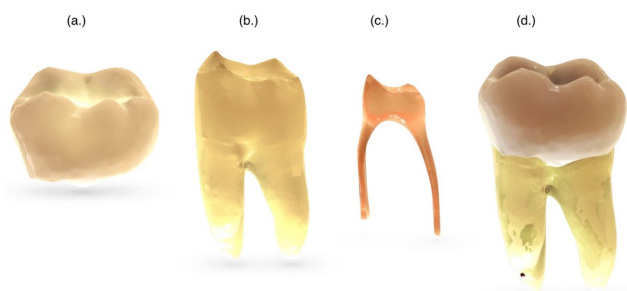
การสร้างแบบจำลองฟัน 3 มิติ คัดเลือกฟันกรามแท้ล่างซี่ที่หนึ่งรูปร่างสมบูรณ์ที่ถูกถอนออกมาในระยะ 6 เดือน โดยต้องเป็นฟันที่ไม่มีรอยผุ รอยร้าว รอยสึกคอฟัน การสึกด้านบดเคี้ยวรุนแรง ฟันที่ได้รับการบูรณะมาก่อน ฟันต้องไม่มีการพัฒนาหรือสร้างที่ไม่สมบูรณ์ เช่น ภาวะเคลือบฟันเจริญพร่อง และฟันต้องไม่ผ่านการรักษาคงรูปฟันมาก่อน นำฟันตัวอย่างมาทำความสะอาดด้วยผงฟอัมมิชร่วมกับหัวขัดยางรูปถ้วย แล้วจึงสแกนด้วยเครื่องไมโครซีที ยี่ห้อ Skyscan (Skyscan 1173, Aartselaar, Belgium) ด้วยขนาด

วอกซ์เซล (Voxel) 11.97 ไมโครเมตร นำภาพตัดขวางที่ได้มาสร้างแบบจำลองของฟันแบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมเอ็นรีคอน (NRecon, Skyscan, Aartselaar, Belgium) จะได้ 3 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองเคลือบฟัน เนื้อฟัน และโพรงประสาทฟันในรูปแบบสเตอริโอไลโทกราฟี (Stereolithography (.STL)) จากนั้นเปลี่ยนแบบจำลองให้อยู่ในรูปแบบโซลิด (Solid) ชนิด IGES (.igs) หรือพาราโซลิด (Parasolid (.x_t)) ด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์ค (SolidWorks® version 2014, Dassault System, France) (รูปที่ 1) จำลองโพรงฟันชนิดที่ 2 แบบใกล้กลาง-บดเคี้ยว-ใกล้กลาง ขนาดกว้าง 2.7 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระยะครึ่งหนึ่งของระยะระหว่างปุ่มฟันในแนวด้านแก้มด้านลิ้น ความลึกของฟันโพรงฟัน 2 มิลลิเมตร และมีความลึกของโพรงฟันด้านประชิด 4 มิลลิเมตร จากสันริมฟัน ความกว้างของโพรงฟันใกล้เหงือก (Gingival wall) เท่ากับ 1 มิลลิเมตร มุมภายในเป็นมุมมน ครอบคลุมส่วนของเคลือบฟันและเนื้อฟัน และสีผนังตามแกน (Axial wall) อยู่ในส่วนของเนื้อฟัน ผนังของโพรงฟันเรียบทั้งหมดเพื่อลดปัจจัยกวนจากซีแฟคเตอร์ (C-Factor) และให้มีความสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้⁹ (รูปที่ 2) จากนั้นจำลองส่วนของชั้นสารยึดติดหนา 50 ไมโครเมตร⁹ และส่วนของวัสดุเรซินคอมโพสิต จำลอง 2 แบบ คือแบบจำลองการบูรณะแบบ 1 ชั้น สำหรับวัสดุชนิดบัลค์ฟิลล์ ได้แก่ ฟิลเท็ก บัลค์ฟิลล์โพสทีเรียเรสตอเรทีฟ (Filtek™ Bulkfill Posterior Restorative (FBF)(3M ESPE, Minnesota, USA)) เททริก เอ็น ซีแรม บัลค์ฟิลล์ (Tetric® N Ceram Bulk fill (TNB)(Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)) เอ็กซ์ทรา ฟิล (X-tra fil® (XF)(VOCO, Cuxhaven, Germany)) และโซนิคฟิลล์ (SonicFill™ (SF)(Kerr, California, USA)) และแบบจำลองการบูรณะแบบ 2 ชั้น ชั้นละ 2 มิลลิเมตร ในแนวระนาบ สำหรับวัสดุชนิดนาโนคอมโพสิต ได้แก่ ฟิลเท็ก แซต 350 เอ็กซ์ที (Filtek™ Z350XT (Z350) (3M ESPE, Minnesota, USA)) (รูปที่ 3) นำแบบจำลองที่ได้เข้าสู่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม แอนซิส เวิร์คเบ็นช์ (ANSYS Workbench version 15, ANSYS Inc., USA) โดยใช้ระบบการวิเคราะห์แบบสเตติก สตรัคเชอรัล (Static structural) กำหนดค่าคุณสมบัติ ได้แก่ โมดูลัสสภาพยืดหยุ่น (Elastic modulus) และอัตราส่วนปัวซอง (Poisson's ratio) แก่เคลือบฟัน เนื้อฟัน เนื้อเยื่อใน⁹ ชั้นสารยึดติดชนิดแอตเพอร์ สกอตซ์บอนด์

มัลติเพอร์โพส⁹ (AdperTM ScotchbondTM Multi-Purpose) (3M ESPE, Minnesota, USA) สำหรับวัสดุเรซินคอมโพสิตทั้ง 5 ชนิด หาค่ามอดุลัสสภาพยึดหยุ่น ได้จากการทดสอบกำลังดัดขวางแบบกด 3 จุด (3 Point bending test) ตามองค์กรมาตรฐานสากล 4049 ปี ค.ศ. 2000¹⁰ โดยเตรียมชิ้นตัวอย่างวัสดุเรซินคอมโพสิตแต่ละชนิด ขนาด 2x2x25 มิลลิเมตร จำนวนชนิดละ 5 ชิ้น ชัดด้วยกระดาษความละเอียด 600 1000 1500 และ 2000 เก็บตัวอย่างในตู้ควบคุมความชื้นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปทดสอบกำลังดัดขวางวิธีกดสามจุด ด้วยเครื่องทดสอบแรงสากล (Universal testing machine) (LLOYD LR30K, Florida, USA) กำหนดระยะห่างระหว่าง 2 จุด ของแท่นวางขึ้นทดสอบเท่ากับ 20 มิลลิเมตร กำหนดแรงกดขนาด 100 นิวตัน ความเร็ว 0.5 มิลลิเมตร/นาที กดบนกึ่งกลางตัวอย่างจนชิ้นงานหัก นำไปคำนวณค่ามอดุลัสสภาพยึดหยุ่นดังสมการ¹¹

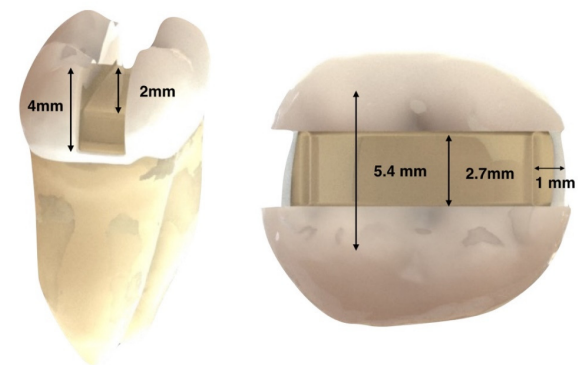
$$E = \frac{FL^3}{4BH^3d}$$

โดย E = ค่ามอดุลัสสภาพยึดหยุ่น (MPa)
F = แรงกดสูงสุด (F_{max}) (N)
L = ระยะระหว่างจุดบนฐาน 2 จุด (mm)
B = ความกว้างของชิ้นตัวอย่าง (mm)
H = ความสูงของชิ้นตัวอย่าง (mm)
d = ระยะการโค้งงอสูงสุดของชิ้นงาน (mm)



รูปที่ 1 แสดงแบบจำลองฟัน 3 มิติชนิดพาราโซลิด (.x_t)
(a.) แบบจำลองเคลือบฟัน (b.) แบบจำลองเนื้อฟัน
(c.) แบบจำลองเนื้อเยื่อในฟัน (d.) แบบจำลองฟันทั้งซี่

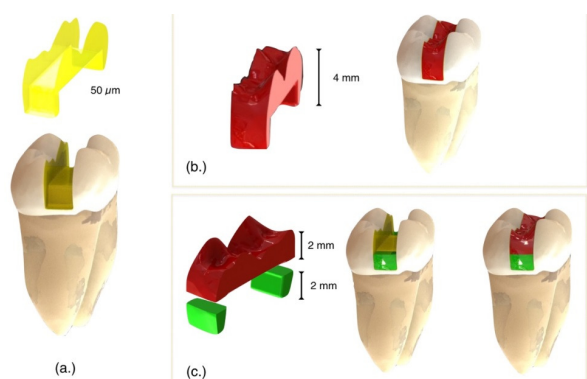
Figure 1 Shows parasolid type (.x_t) of three-dimensional tooth model (a.) Enamel model (b.) Dentin model (c.) Pulp model (d.) Tooth model



รูปที่ 2 แสดงการจำลองโพรงฟันประเภทที่ 2 ชนิด ไกลกลาง-บดเคี้ยว-ไกลกลาง

Figure 2 Shows class II Mesio-Occluso-Distal cavity tooth model.

ค่าอัตราส่วนปัวซอง ใช้วิธีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model validating) ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยมีค่าตั้งแต่ 0.1-0.5 วิธีการโดยทำการหาค่าเฉลี่ยของความกว้าง ความยาวและความสูงของชิ้นงานที่ทดสอบทางห้องปฏิบัติการค่าเฉลี่ยแรงสูงสุดและค่าการเสียรูปที่ได้จากการทดลอง นำมาสร้างแบบจำลองแท่งขึ้นงานเรซินคอมโพสิตให้มีมิติเท่ากับค่าเฉลี่ยของชิ้นงานเพื่อวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์ เอลิเมนต์ แบ่งเอลิเมนต์ย่อยชนิดละเอียด กำหนดเงื่อนไขขอบเขตบริเวณขอบทั้งสองด้าน โดยกำหนดให้ไม่มีการเคลื่อนที่ในแนวแกนยาว ($Y=0$) ให้แรงในแนวแกนยาวเป็นแรงกระทำที่โนด (Nodal force) ที่บริเวณกึ่งกลางชิ้นงาน ขนาดเท่ากับแรงสูงสุดเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองทางห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 3 (a.) แสดงชั้นสารยึดติด หนา 50 ไมโครเมตร
(b.) แบบจำลองสำหรับกลุ่มวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิด บัลค์ฟิลล์
(c.) แบบจำลองสำหรับกลุ่มวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์
Figure 3 (a.) The 50 μm thickness of adhesive layer
(b.) The model for bulk-fill resin composites
(c.) The model for nanofill resin composite.

เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ไม่มีการวิเคราะห์สำหรับการหดตัวจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน ดังนั้นจึงประยุกต์การจำลองอุณหภูมิ (Analogy of thermal expansion) จากสถิติสตรัคเชอร์ล และจำลองการเกิดความเค้นจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน ด้วยการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน การหดตัวของวัสดุเรซินคอมโพสิตจึงถูกจำลองโดยการลดลงของอุณหภูมิที่ส่วนของวัสดุบูรณะด้วยความเครียด (Strain) ขณะเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ¹² ดังนั้นความเครียดการหดตัวจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน จะเกิดขึ้นตามสมการ¹³

$$\epsilon_{\text{polymerization}} = \alpha_p \Delta T$$

คือ ความเครียดจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน

α_p คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัวจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันโดยกำหนดที่ 0.005 ต่อองศาเซลเซียส สำหรับการหดตัวเชิงเส้น¹³

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเป็นตัวแทนของการหดตัวเชิงเส้น

ตารางที่ 1 แสดงค่ามอดุลัสสภาพยืดหยุ่น อัตราส่วนปัวซอง และการหดตัวเชิงเส้นของวัสดุเรซินคอมโพสิต 5 ชนิดที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 3 มิติ

Table 1 Shows modulus of elasticity, Poisson's ratio and liner polymerization shrinkage values of five resin composites that used for 3D finite element analysis.

Materials	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's ratio	Linear polymerization shrinkage (%)
เคลือบฟัน (Enamel) ^a	84,100	0.30	-
เนื้อฟัน (Dentin) ^a	18,600	0.31	-
เนื้อเยื่อใน (Pulp) ^a	2	0.45	-
สารยึดติด (Adhesive) (Adper™ Scotchbond™ Multi-purpose) ⁹	3,800	0.28	-
Filtek™ Z350XT	6,693.69±182.53	0.26	0.51 ¹⁵
Filtek™ Bulkfill posterior restorative	6,314.38 ±238.77	0.25	0.58 ¹⁵
X-tra fil [®]	8,461.37±343.52	0.27	0.56 ¹⁵
Tetric [®] N Ceram Bulk fill	5,385.88±87.40	0.31	0.61 ¹⁵
SonicFill™	5,739.5±137.53	0.25	0.68 ¹⁵

ตารางที่ 2 แสดงผลจากการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Table 2 Shows the results from finite element analysis

Materials	Von Misses stress (MPa)		Maximum principal stress in adhesive layer (MPa)	Safety factor
	Enamel	Dentin		
Filtek™ Z350XT	216.47	81.08	33.13	1.31
Filtek™ Bulkfill posterior restorative	238.67	82.98	36.93	1.18
X-tra fil [®]	256.37	93.91	36.73	1.18
Tetric [®] N Ceram Bulk fill	257.29	88.56	39.39	1.10
SonicFill™	271.10	92.90	42.78	1.01

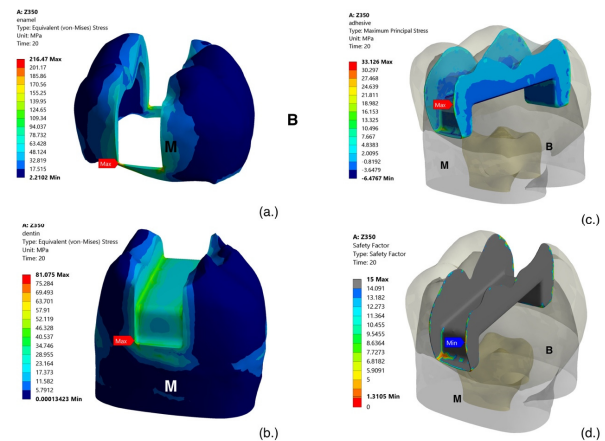
จำลองการเกิดการหดตัวขณะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยการอุปมาความร้อน (Thermal analogy) ซึ่งใช้สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Coefficient of thermal expansion) ในอัตรา 0.005 ต่อองศาเซลเซียส โดยเมื่ออุณหภูมิลดลง 1 องศาเซลเซียส จะมีค่าเท่ากับ การหดตัวเชิงเส้น (Linear shrinkage) ร้อยละ 1 วิธีการนี้จะทำให้วัสดุเรซินคอมโพสิตหดตัวโดยอุณหภูมิไม่มีผลต่อตัวฟัน¹⁴ ค่าคุณสมบัติและการหดตัวเชิงเส้นของวัสดุแต่ละชนิด¹⁵ (ตารางที่ 1) ทำการตรึงส่วนรากใต้คอฟัน 2 มิลลิเมตรไว้ในทุกแนว เนื่องจากตัวฟันมีระยะห่างจากรากฟันมาก ตามทฤษฎีแล้วความเค้นจะไม่สามารถส่งผลได้ไกลถึงรากฟัน¹³ วิเคราะห์ความเค้นโดยรวมในโพรงฟัน ด้วยค่าความเค้นแบบพอนมิสสูงสุด (Equivalent Von-Mises Stress) วิเคราะห์แรงดึงที่เกิดขึ้นในชั้นสารยึดติดด้วยแรงเค้นหลักสูงสุด (Maximum principle stress) และวิเคราะห์อัตราส่วนปลอดภัย (Safety factor) ในชั้นสารยึดติด ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความทนแรงดึงเล็ก (Microtensile strength) จากสารยึดติดชนิดแอตเปอร์สกอตซ์บอนด์ มัลติเพอร์โพส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 43.41 เมกะปาสคาล¹⁶ กับค่าความเค้นแรงดึงสูงสุดจากการวิเคราะห์ด้วยแรงเค้นหลักสูงสุด โดยเมื่อผลที่ได้มีค่ามากกว่า 1 หมายถึงปลอดภัย ไม่พบการแตกหักของชั้นสารยึดติด ผลเท่ากับ 1 หมายถึง มีความเสี่ยงต่อการแตกหักของชั้นสารยึดติดและเมื่อผลที่ได้มีค่าน้อยกว่า 1 หมายถึง มีโอกาสเกิดการแตกหักของชั้นสารยึดติดสูง¹³

วิเคราะห์ผล โดยการบันทึกค่าความเค้นแบบพอนมิสสูงสุดในโพรงฟัน แรงเค้นหลักสูงสุดในชั้นสารยึดติด และอัตราส่วนความปลอดภัยนำมาเปรียบเทียบกับสถิติพรรณนา

ผล

การวิเคราะห์ความเค้นด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า ฟิลเท็ก แซด 350 เอ็กซ์ทีเกิดความเค้นต่ำที่สุดในวัสดุเรซินคอมโพสิตทุกชนิด โดยมีค่าความเค้นสูงสุดบริเวณโพรงฟันเท่ากับ 216.47 เมกะปาสคาล ความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นในโพรงฟันด้านประชิด

ใกล้กลางบริเวณมุมด้านนอกของจุดบรรจบส่วนเคลือบฟันของผนังใกล้ลิ้นและผนังใกล้เหงือก ความเค้นสูงสุดในเนื้อฟันมีค่าเท่ากับ 81.08 เมกะปาสคาล ความเค้นหลักสูงสุดในชั้นสารยึดติดมีค่าเท่ากับ 33.13 เมกะปาสคาลที่ขอบด้านแก้มใกล้ส่วนโพรงฟันประชิดด้านใกล้กลาง และอัตราส่วนปลอดภัยเท่ากับ 1.31 (รูปที่ 4)



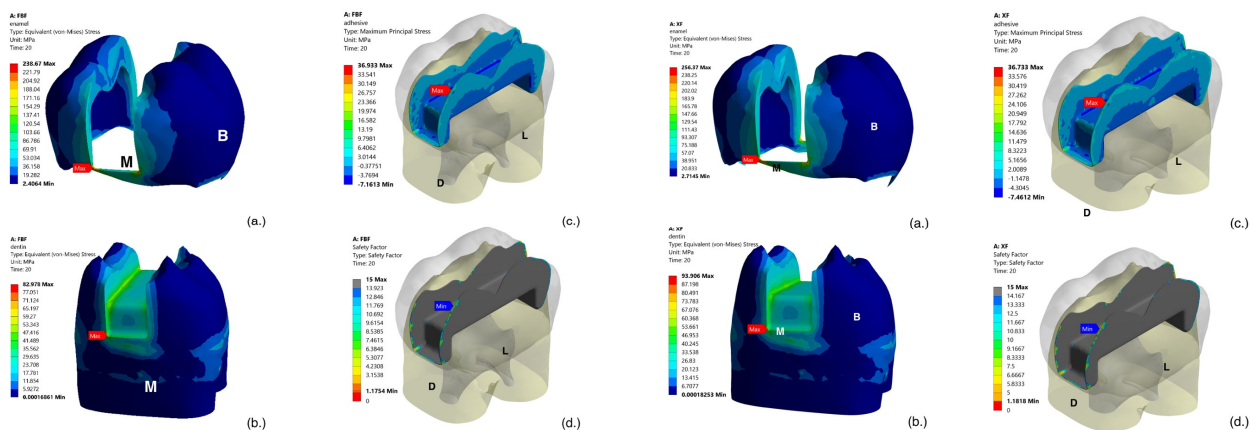
รูปที่ 4 แสดงความเค้นในวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิด ฟิลเท็ก แซด 350 เอ็กซ์ที

- ความเค้นแบบพอนมิสเซลในเคลือบฟัน
- ความเค้นแบบพอนมิสเซลในเนื้อฟัน
- ความเค้นหลักสูงสุดในชั้นสารยึดติด
- อัตราส่วนความปลอดภัยในชั้นสารยึดติด

Figure 4 Shows the stress of Filtek™ Z350XT

- Von Mises stress in Enamel
- Von Mises stress in Dentin
- Maximum principal stress in adhesive layer
- Safety factor in adhesive layer

ความเค้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ ได้แก่ ฟิลเท็ก บัลค์ฟิลล์ โพสทีเรีย เรสตอเรทีฟ มีค่าความเค้นสูงสุดเท่ากับ 238.67 เมกะปาสคาลที่ตำแหน่งโพรงฟันด้านประชิดใกล้กลางบริเวณมุมด้านนอกของส่วนเคลือบฟันในจุดบรรจบของผนังใกล้ลิ้นและผนังใกล้เหงือก ความเค้นสูงสุดในเนื้อฟันมีค่าเท่ากับ 82.98 เมกะปาสคาล ความเค้นหลักสูงสุดในชั้นสารยึดติดมีค่าเท่ากับ 36.93 เมกะปาสคาล ที่ผนังด้านลิ้นใกล้โพรงฟันประชิดด้านใกล้กลาง และอัตราส่วนปลอดภัยเท่ากับ 1.18 (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 แสดงความเค้นในวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิด ฟิลเท็ก บัลคฟิล โพลีที่เรีย เรสตอเรทีฟ

- ความเค้นแบบพอนมิสเซลในเคลือบฟัน
- ความเค้นแบบพอนมิสเซลในเนื้อฟัน
- ความเค้นหลักสูงสุดในชั้นสารยึดติด
- อัตราส่วนความปลอดภัยในชั้นสารยึดติด

Figure 5 Shows the stress of Filtek™ Bulkfil Posterior Restorative

- Von Mises stress in Enamel
- Von Misses stress in Dentin
- Maximum principal stress in adhesive layer
- Safety factor in adhesive layer

เอ็กซ์ทรา ฟิลล์ มีค่าความเค้นสูงสุดบริเวณโพรงฟัน เท่ากับ 256.37 เมกะปาสคาล ที่ตำแหน่งโพรงฟันด้าน ประชิดใกล้กลาง บริเวณมุมด้านนอกของส่วนเคลือบฟัน ในจุดบรรจบของผนังใกล้ลิ้นและผนังใกล้เหงือก ความเค้น สูงสุดในเนื้อฟัน มีค่าเท่ากับ 93.91 เมกะปาสคาล ความเค้น หลักสูงสุดในชั้นสารยึดติดมีค่าเท่ากับ 36.73 เมกะปาสคาล ที่ผนังด้านลิ้นใกล้โพรงฟันประชิดด้านใกล้กลาง และ อัตราส่วนปลอดภัยเท่ากับ 1.18 (รูปที่ 6)

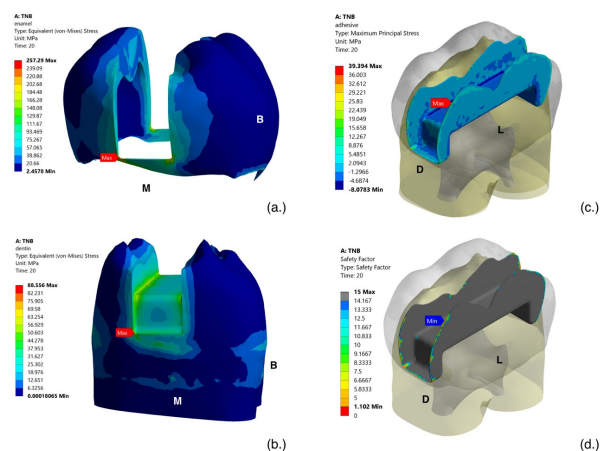
เททริก เอ็น ซีแรม บัลคฟิลล์ มีค่าความเค้น สูงสุดบริเวณโพรงฟัน เท่ากับ 257.29 เมกะปาสคาล ที่ตำแหน่งโพรงฟันด้านประชิดใกล้กลาง บริเวณมุมด้าน นอกของส่วนเคลือบฟันในจุดบรรจบของผนังใกล้ลิ้นและ ผนังใกล้เหงือก ความเค้นสูงสุดในเนื้อฟัน มีค่าเท่ากับ 88.56 เมกะปาสคาล ความเค้นหลักสูงสุดในชั้นสารยึดติดมีค่า เท่ากับ 39.39 เมกะปาสคาล ที่ขอบด้านลิ้นใกล้โพรงฟัน ประชิดด้านใกล้กลาง และอัตราส่วนปลอดภัยเท่ากับ 1.10 (รูปที่ 7)

รูปที่ 6 แสดงความเค้นในวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิด เอ็กซ์ทรา ฟิลล์

- ความเค้นแบบพอนมิสเซลในเคลือบฟัน
- ความเค้นแบบพอนมิสเซลในเนื้อฟัน
- ความเค้นหลักสูงสุดในชั้นสารยึดติด
- อัตราส่วนความปลอดภัยในชั้นสารยึดติด

Figure 6 Shows the stress of X-tra fil®

- Von Mises stress in Enamel
- Von Misses stress in Dentin
- Maximum principal stress in adhesive layer
- Safety factor in adhesive layer



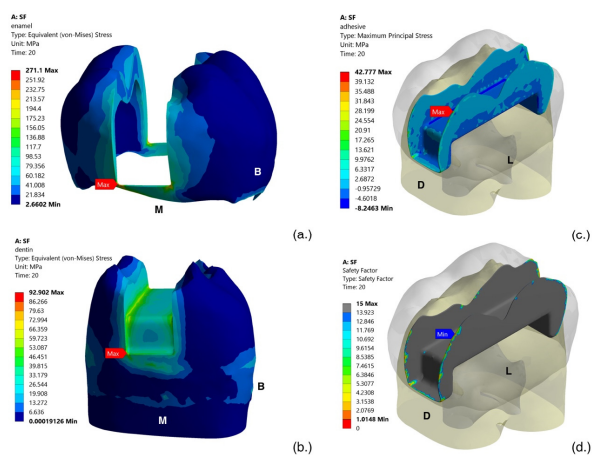
รูปที่ 7 แสดงความเค้นในวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิด เททริก เอ็น ซีแรม บัลคฟิลล์

- ความเค้นแบบพอนมิสเซลในเคลือบฟัน
- ความเค้นแบบพอนมิสเซลในเนื้อฟัน
- ความเค้นหลักสูงสุดในชั้นสารยึดติด
- อัตราส่วนความปลอดภัยในชั้นสารยึดติด

Figure 7 Shows the stress of Tetric® N Ceram Bulk Fill

- Von Mises stress in Enamel
- Von Misses stress in Dentin
- Maximum principal stress in adhesive layer
- Safety factor in adhesive layer

โซนิคฟิลล์ มีค่าความเค้นสูงสุดบริเวณโพรงฟัน เท่ากับ 271.10 เมกะปาสคาล ตำแหน่งที่โพรงฟัน ด้าน ประชิดใกล้กลางบริเวณมุมด้านนอกของส่วนเคลือบฟันใน จุดบรรจบของผนังใกล้ลิ้นและผนังใกล้เหงือก ความเค้นสูงสุดในเนื้อฟัน มีค่าเท่ากับ 92.90 เมกะปาสคาล ความเค้นหลัก สูงสุดในชั้นสารยึดติดมีค่าเท่ากับ 42.78 เมกะปาสคาล ที่ขอบด้านลิ้นใกล้โพรงฟันประชิดด้านใกล้กลาง และ อัตราส่วนปลอดภัยเท่ากับ 1.01 (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 แสดงความเค้นในวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิด โซนิคฟิลล์
(a.) ความเค้นแบบพอนมิสเซลในเคลือบฟัน
(b.) ความเค้นแบบพอนมิสเซลในเนื้อฟัน
(c.) ความเค้นหลักสูงสุดในชั้นสารยึดติด
(d.) อัตราส่วนความปลอดภัยในชั้นสารยึดติด

Figure 8 Shows the stress of SonicFill™.

- (a.) Von Mises stress in Enamel
- (b.) Von Misses stress in Dentin
- (c.) Maximum principal stress in adhesive layer
- (d.) Safety factor in adhesive layer

บทวิจารณ์

การศึกษานี้จำลองโพรงฟันชนิดที่ 2 แบบใกล้ กลาง-บดเคี้ยว-ใกล้กลาง เนื่องจากต้องการความลึกของ โพรงฟันด้านประชิดที่ลึกมากกว่า 2 มิลลิเมตรและเป็น โพรงฟันที่มีการสูญเสียสันริมฟันซึ่งมีความแข็งแรงทั้งสองข้าง จะทำให้เกิดความอ่อนแอต่อโครงสร้างฟันทั้งผนังด้านแก้ม และผนังด้านลิ้น การออกแบบโพรงฟันชนิดที่ 2 นี้ สามารถ เปรียบเทียบกับการศึกษาอื่นๆ ได้ โดยจากการศึกษาในอดีต พบว่า ในฟันที่บูรณะด้วยวัสดุเรซิน คอมโพสิต มีการเกิด

ความเครียดจากการหดตัวขณะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน ทำให้เกิดแรงเค้นดึง ส่งผ่านชั้นสารยึดติดไปยังผนังโพรง ฟัน อีกทั้งยังส่งผลให้การดึงปมฟันเข้าหาโพรงฟันอีกด้วย¹⁷ นอกจากนี้การหดตัวของวัสดุเรซินคอมโพสิตส่งผลให้เกิด ความเค้นบริเวณโพรงฟัน จากผลการศึกษาพบว่าความเค้น ในโพรงฟัน จากวัสดุชนิดบัลค์ฟิลล์มีค่าสูงกว่าวัสดุชนิด นาโนฟิลล์ โดยวัสดุชนิดโซนิคฟิลล์ ทำให้เกิดความเค้นทั้ง ในโพรงฟันและชั้นสารยึดติดมากที่สุด ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ การหดตัวที่สูงที่สุด โดยเกิดขึ้นในชั้นของเคลือบฟันมากกว่า ชั้นของเนื้อฟัน เนื่องจากมีความยืดหยุ่นที่น้อยกว่าชั้นเนื้อ ฟัน บริเวณที่พบว่าเกิดความเค้นมากที่สุด ได้แก่ บริเวณมุม บรรจบแนวฟัน จากการศึกษาพบว่าเกิดขึ้นมากที่สุดบริเวณ แนวบรรจบของผนังใกล้ลิ้นและผนังใกล้เหงือกของผนัง โพรงฟันด้านใกล้กลาง เนื่องจากในแบบจำลอง บริเวณนี้ มีความหนาของเคลือบฟันที่น้อยที่สุดเพียง 0.2 มิลลิเมตร เท่านั้น และอยู่ในตำแหน่งแห่งของคอฟัน จากการศึกษา ในอดีตพบว่า ชั้นรอยต่อของเคลือบฟันและเนื้อฟัน บริเวณ คอฟันมีการยึดเชิงกลของเคลือบฟันและเนื้อฟันต่ำกว่า บริเวณอื่นๆ จึงมีความเสี่ยงต่อการแตกหักมากที่สุด¹⁸ นอกจากนี้ยังพบว่าบริเวณแนวบรรจบนี้ ทำหน้าที่คล้ายจุด หมุนของผนังโพรงฟัน ขณะเกิดการเหวี่ยงปมฟันจึงทำให้ เกิดความเค้น โดยเฉพาะความเค้นจากแรงกดมากที่สุด¹² ดังนั้นเคลือบฟันบริเวณนี้จึงสามารถเกิดการร้าวได้ง่ายกว่า บริเวณอื่น ซึ่งอาจนำไปสู่การเกิดฟันผุหรือรอยโรค ที่ไม่ใช่ ฟันผุบริเวณคอฟันได้¹⁷ ผลจากการศึกษามีความสอดคล้อง กับการศึกษาของ Haak และคณะ ในปี ค.ศ. 2003 ซึ่งพบ ว่าบริเวณขอบของเคลือบฟันมักเกิดการแตกกร้าว เนื่องจา การเกิดการหดตัวจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน¹⁹ แต่อย่างไรก็ตาม ชั้นเคลือบฟันสามารถทนแรงกดได้ถึง 384 เมกะปาสคาล²⁰ จากความเค้นที่เกิดขึ้นจึงยังไม่พบ การแตกหักของชั้นเคลือบฟัน

เมื่อวิเคราะห์จากผลการศึกษาพบว่า ความเค้นหลัก สูงสุดซึ่งเป็นตัวแทนของแรงเค้นดึงจากการหดตัวของวัสดุ เรซินคอมโพสิต พบว่าความเค้นหลักสูงสุดของวัสดุเรซิน คอมโพสิตชนิดบัลค์ฟิลล์มีค่าต่ำกว่าวัสดุเรซิน คอมโพสิต ชนิดนาโนฟิลล์ อาจเนื่องมาจากการบูรณะด้วยวัสดุฟิลเท็กแซด 350 เอ็กซ์ที ชั้นที่ 1 มีค่าซีแพคเตอร์ที่สูง จำกัดการหดตัว อย่างอิสระของวัสดุเรซินคอมโพสิตชั้นที่ 1 จึงส่งผลให้

ความเค้นโดยรวมสูงขึ้น แรงเค้นดึงส่งผ่านไปสู่อันตรียึดติดชั้นสารยึดติดซึ่งทำหน้าที่คล้ายสปริง มีความยืดหยุ่นจึงช่วยลดความเค้นที่เกิดขึ้นในชั้นสารยึดติด ค่าความเค้นหลักสูงสุดภายในชั้นของสารยึดติดของกลุ่มวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดบัสคัลฟิลล์มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยในวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดบัสคัลฟิลล์ โซนิคฟิลล์ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 42.78 เมกะปาสคาล

เมื่อวิเคราะห์อัตราส่วนปลอดภัยในชั้นสารยึดติดพบว่าวัสดุทุกชนิดมีส่วนปลอดภัยมากกว่า 1 และวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดโซนิคฟิลล์มีส่วนความปลอดภัยต่ำที่สุดเท่ากับ 1.01 โดยส่วนปลอดภัยมีค่ามากกว่า 1 หมายถึงแรงที่กระทำจากแรงเค้นดึง มีค่าน้อยกว่าความทนแรงดึงเล็กของสารยึดติด แต่อย่างไรก็ตาม ในวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดโซนิคฟิลล์ นั้นมีส่วนปลอดภัยค่าใกล้เคียง 1 มาก อาจเกิดการแตกของชั้นสารยึดติด¹³ บริเวณนี้ได้ ถึงแม้ว่าเป็นบริเวณเล็กๆ ก็ตาม อาจเป็นจุดเริ่มการเกิดการแตกหัก หากได้รับความรับความเค้นที่เพิ่มมากขึ้นจากการบดเคี้ยว²¹ และหากใช้สารยึดติดที่มีความทนแรงดึงที่ต่ำกว่า 43.41 เมกะปาสคาล¹⁶ อาจนำไปสู่การแตกหักได้สูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าบริเวณที่มีอัตราส่วนปลอดภัยต่ำนั้น อยู่บริเวณขอบของชั้นสารยึดติด โดยเฉพาะบริเวณขอบของโพรงฟันด้านประชิดและขอบด้านบนของโพรงฟัน ซึ่งอาจนำไปสู่การเกิดรอยร้าวซึมเล็กบริเวณดังกล่าวได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Ausiello และคณะปี ค.ศ. 2002 ที่พบว่าความเค้นจากการหดตัวของวัสดุเรซินคอมโพสิต ถูกปลดปล่อยด้วยความยืดหยุ่นของชั้นสารยึดติด และการเกิดรอยร้าวมักเกิดบริเวณขอบด้านบนของชั้นสารยึดติดก่อน โดยเฉพาะบริเวณใกล้กับปุ่มฟันด้านล่าง⁹

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ให้รายละเอียดมากกว่าการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการสามารถวิเคราะห์ค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นซึ่งแสดงด้วยค่าและตำแหน่งบนแผนที่ อีกทั้งยังวิเคราะห์ซ้ำได้ ในแบบจำลองเดียวกัน ลดความผิดพลาดจากการเตรียมตัวอย่างได้ แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ควบคุมและกำจัดปัจจัยกวนที่อาจเกิดขึ้นได้ในทางคลินิก ดังนั้นถ้ามีการศึกษาเพิ่มเติมในคลินิกก็จะให้ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับทางคลินิกเพิ่มมากขึ้น

บทสรุป

จากผลการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์พบว่าค่าความเค้นแบบพอนมัสเซสสูงสุดที่เกิดขึ้นในโพรงฟันและค่าความเค้นหลักสูงสุดในชั้นสารยึดติดที่เกิดจากการหดตัวขณะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันในกลุ่มวัสดุเรซินคอมโพสิตบัสคัลฟิลล์มีค่าสูงกว่ากลุ่มนาโนคอมโพสิตแต่ความเค้นดังกล่าวไม่ก่อให้เกิดการแตกหักของโครงสร้างฟันและชั้นสารยึดติด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ทพญ.รัชฎา ฉายจิตสำหรับคำปรึกษาทางสถิติ ขอขอบคุณหน่วยวิจัยด้านการออกแบบเชิงกลและภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์โปรแกรม ANSYS และโปรแกรม SolidWorks® ที่ใช้ในการศึกษานี้ และคุณณัฐมน ทองใบอ่อน เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ไมโครซีที คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องไมโครซีที

เอกสารอ้างอิง

1. Ferracane JL. Resin composite--state of the art. Dent Mater 2011;27(1):29-38.
2. Campos EA, Ardu S, Lefever D, Jasse FF, Bortolotto T, Krejci I. Marginal adaptation of class II cavities restored with bulk-fill composites. J Dent 2014;42(5):575-81.
3. Taha NA, Palamara JE, Messer HH. Cuspal deflection, strain and microleakage of endodontically treated premolar teeth restored with direct resin composites. J Dent 2009;37(9):724-30.
4. Hilton TJ. Can modern restorative procedures and materials reliably seal cavities? *In vitro* investigations. Part 1. J Am Dent Assoc 2002;135(4):198-210.
5. Watts DC, Marouf AS, Al-Hindi AM. Photo-polymerization shrinkage--stress kinetics in resin-composites: methods development. Dent Mater 2003;19(1):1-11.
6. Kinomoto Y, Torii M, Takeshige F, Ebisu S. Comparison of polymerization contraction stresses between self and light curing composites. J Dent 1999;27(5):383-9.

7. Park JW, Ferracane JL. Measuring the residual stress in dental composites using a ring slitting method. *Dent Mater* 2005;21(9):882-9.
8. Magne P. Efficient 3D finite element analysis of dental restorative procedures using micro-CT data. *Dent Mater* 2007;23(5):539-48.
9. Ausiello P, Apicella A, Davidson CL. Effect of adhesive layer properties on stress distribution in composite restorations—a 3D finite element analysis. *Dent Mater* 2002;18(4):295-303.
10. International Standards Organization. Dentistry—Polymer-based filling, restorative and luting material. 3rd ed: ISO 4049;2000. p.15-8.
11. Kim ME, Park SH. Comparison of premolar cuspal deflection in bulk or in incremental composite restoration methods. *Oper Dent* 2011;36(3):326-34.
12. Chen TY, Huang PS, Chuang SF. Modeling dental composite shrinkage by digital image correlation and finite element methods. *Opt Lasers Eng* 2014;61:23-30.
13. Chuang SF, Chang CH, Chen TY. Contraction behaviors of dental composite restorations—finite element investigation with DIC validation. *J Mech Behav Biomed Mater* 2011;4(8):2138-49.
14. Rodrigues FP, Silikas N, Watts DC, Ballester RY. Finite element analysis of bonded model Class I 'restorations' after shrinkage. *Dent Mater* 2012;28(2):123-32.
15. Sakchuchawan C, Sukjit K, Pasasuk A, Pwasiri S. *In Vitro* Comparison of volumetric polymerization shrinkage and microleakage of bulk fill resin based composites [Unpublished master's thesis]: Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University; 2015.
16. Sangwichit K, Kingkaew R, Pongprueksa P, Senawongse P. Effect of thermocycling on the durability of etch-and-rinse and self-etch adhesives on dentin. *Dent Mater J* 2016;35(3):360-8.
17. Lee SY, Park SH. Correlation Between the Amount of Linear Polymerization Shrinkage and Cuspal Deflection. *Oper Dent* 2006;31(3):364-70.
18. Goel VK, Khera SC, Ralston JL, Chang KH. Stresses at the dentin enamel junction of human teeth—a finite element investigation. *J Prosthet Dent* 1991;66(4):451-9.
19. Haak R, Wicht MJ, Noack MJ. Marginal and internal adaptation of extended class I restorations lined with flowable composites. *J Dent* 2003;31(4):231-9.
20. Dejak B, Mlotkowski A. A comparison of stresses in molar teeth restored with inlays and direct restorations, including polymerization shrinkage of composite resin and tooth loading during mastication. *Dent Mater* 2015;31(3):e77-87.
21. Toparli M, Aksoy T. Fracture toughness determination of composite resin and dentin/composite resin adhesive interfaces by laboratory testing and finite element models. *Dent Mater* 1998;14(4):287-93.

ผู้รับผิดชอบบทความ

กรกมล สุขจิตร์

สาขาวิชาทันตกรรมบูรณะ

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

โทรศัพท์: 0 4320 2405 #45144

โทรสาร: 0 4320 2862

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: nidchan46@yahoo.com

Analysis of the Contraction Stresses During the Polymerization Shrinkage of Bulk-fill Resin Composites and Nanocomposite by Finite Element Method

Thinson T* Pholdee N** Sukjit K***

Abstract

This study aimed to analyze stress values in three dimensional (3D) solid model of mandibular first molar restored with four bulk-fill resin composite materials and one nanocomposite material using finite element method. A 3D solid model of mandibular first molar was designed using micro-CT data and SolidWorks software. Class II mesio-occluso-distal (MOD) cavity design was simulated. Four bulk-fill resin composites are Filtek™ Bulkfill Posterior Restorative (FBF), X-tra fil® (XF), SonicFill (FS) and Tetric® N Ceram Bulk fill (TNB). For all 4 bulk-fill resin composites, the cavities were simulated to fill up with bulk technique. For one nanocomposite is Filtek™ Z350XT (Z350). The cavity was simulated to fill up with 2 horizontal layers (2mm each) incremental technique. Polymerization shrinkage of resin composite materials were simulated by thermal analogy. Von-Mises stress in cavity, Maximum principal stress in adhesive layer and safety factor in adhesive layer were analyzed by descriptive statistics. This study found that cavities restored with bulk fill resin composites had Von-Mises stress and Maximum principal stress in adhesive layer higher than nanocomposite. Safety factor showed no debonding area in adhesive layer.

Keywords: Bulkfill/ Stress/ Finite element analysis

Corresponding author

Kornkamon Sukjit

Department of Restorative Dentistry,

Faculty of Dentistry, Khon Kaen University,

Amphur Muang, Khon Kaen, 40002.

Tel. : 0 4320 2405 #45144

Fax. : 0 4320 2862

E-mail: nidchan46@yahoo.com

* Private dental practice, Udonthani.

** Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineer, Khon Kaen University, Amphur Muang Khon Kaen.

*** Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Amphur Muang, Khon Kaen.