



กำลังแรงดึงไดอะเมทรัลและความทนแรงอัด ของวัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดซิงค์ออกไซด์- แคลเซียมซัลเฟตที่พัฒนาขึ้นใหม่

นิยม ธำรงค์อนันต์สกุล ท.บ., วท.ม. (ทันตกรรมประดิษฐ์), วท.ด. (ชีววิทยาช่องปาก)¹
ณัฐปภัสร วัฒนาศรมศิริ ท.บ.²
เจนจิรา ธีระวัฒน์ ท.บ., วท.ม. (วิทยาเอ็นโดดอนต์), วท.ม. (พัฒนาสุขภาพ)³

¹ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

²นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

³ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาค่ากำลังแรงดึงไดอะเมทรัลและความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดซิงค์ออกไซด์-แคลเซียมซัลเฟตที่พัฒนาขึ้นใหม่

วัสดุและวิธีการ สังเคราะห์โคพอลิเมอร์ระหว่างพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนด้วยกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบดิฟเฟอเรนเชียลไมโครอิมัลชันเพื่อใช้เป็นวัสดุเสริมแรงให้กับวัสดุอุดฟันชั่วคราว โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่างพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนเป็น 1:1 1:2 1:3 และ 1:4 จากนั้นนำมาผสมกับซิงค์ออกไซด์ แคลเซียมซัลเฟตและวัสดุอื่น ๆ ซึ่งจะได้วัสดุอุดฟันชั่วคราวที่พัฒนาขึ้นใหม่ทั้งหมด 4 สูตร และแบ่งเป็น 4 กลุ่มเพื่อใช้ในการศึกษา โดยใช้เควิต เป็นกลุ่มควบคุมเตรียมขึ้นตัวอย่างกลุ่มละ 15 ชิ้น เพื่อหาค่ากำลังแรงดึงไดอะเมทรัลที่ดัดแปลงจากดาร์เวลล์ และเตรียมขึ้นตัวอย่างกลุ่มละ 30 ชิ้น เพื่อหาค่าความทนแรงอัดตามวิธีที่ดัดแปลงจากมาตรฐานสากล ไอเอสโอ 3107/2004 วิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ผลการศึกษา วัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดซิงค์ออกไซด์-แคลเซียมซัลเฟตที่เสริมแรงด้วยโคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนในอัตราส่วนต่างๆ ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงดึงและความทนแรงอัดที่แตกต่างกันทุกสูตร เมื่อปริมาณของพอลิสไตรีนเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยกำลังแรงดึงและความทนแรงอัดมีค่าลดลง โดยสูตรที่ใช้อัตราส่วนของพอลิเมทิลเมทาคริเลตต่อพอลิสไตรีนเท่ากับ 1:1 ให้ค่าเฉลี่ยของกำลังแรงดึงไดอะเมทรัลและค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดมากที่สุด และยังมีค่ามากกว่าเควิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สรุป วัสดุอุดฟันชั่วคราวที่พัฒนาขึ้นใหม่ที่เสริมแรงด้วยโคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนในอัตราส่วน 1:1 มีกำลังแรงดึงไดอะเมทรัลและความทนแรงอัดมากกว่าเควิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(วทันต จุฬาฯ 2555;35:157-66)

คำสำคัญ: กำลังแรงดึง; ความทนแรงอัด; โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีน; วัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์-แคลเซียมซัลเฟต

บทนำ

วัสดุอุดฟันชั่วคราว (temporary filling material) คือ วัสดุที่ใช้บูรณะฟันชั่วคราวในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยมีระยะเวลาการใช้งานในช่องปากนานนับสัปดาห์หรือมากกว่านั้น ทั้งนี้จำเป็นต้องมีความแข็งแรงในระดับที่สามารถต้านทานต่อการใช้งานในช่องปากได้ ปัจจุบันมีการใช้วัสดุอุดฟันชั่วคราวเพื่อการรักษาทางทันตกรรมหลายประเภท อาทิเช่น ใช้เพื่อวิเคราะห์ติดตามอาการของโรค ใช้ในงานรักษาคลองรากฟันที่ไม่สามารถทำการรักษาเสร็จได้ในครั้งเดียว (multivisit endodontic) ใช้ปิดโพรงฟันที่เตรียมสำหรับวัสดุอุดฝัง (inlay) และอุดช่องสกรูที่หลักยึดของรากเทียม นอกจากนี้วัสดุอุดฟันชั่วคราวยังมีหน้าที่ช่วยให้ฟันซี่นั้นยังคงทำหน้าที่ได้ตามปกติ รักษาตำแหน่งเดิมของฟัน (positioning) รวมทั้งช่วยในเรื่องความสวยงามด้วย¹ ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันมีการใช้วัสดุหลายชนิดเพื่อเป็นวัสดุอุดฟันชั่วคราว เช่น ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ พอลิคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เรซินคอมพอสิต ซิงค์ออกไซด์ยูจินอลซีเมนต์ และวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์-แคลเซียมซัลเฟต (zinc oxide-calcium sulfate based temporary filling material) โดยประเภทหลังนี้เป็นวัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดสำเร็จรูปที่สามารถใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้องผสม ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก คือ ซิงค์ออกไซด์ (zinc oxide) แคลเซียมซัลเฟต (calcium sulfate) ซิงค์ซัลเฟต (zinc sulfate) แบเรียมซัลเฟต (barium sulfate) พอลิไวนิลแอซีเตต (polyvinyl acetate) เอทิลีนบิสไดแอซีเตต (ethylenebisdiacetate) และทัลก์ (talc) เป็นต้น โดยผลิตภัณฑ์ที่ออกวางจำหน่ายและเป็นที่ยอมรับในคลินิก คือ เควิต (Cavit™; 3M Espe, Seefeld, Germany) ต่อมาบริษัทผู้ผลิตได้นำเควิตจี (Cavit™ G) และเควิตดับเบิลยู (Cavit™ W) ออกวางจำหน่ายตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดนี้มีปริมาณของเรซินในองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อค่าความแข็งผิว (surface hardness) ของวัสดุหลังการก่อตัว อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบสมบัติของวัสดุประเภทเควิตทั้ง 3 ชนิด พบว่าเควิตมีความแข็งผิวมากที่สุด ถัดมาเป็นเควิตดับเบิลยู และเควิตจี ตามลำดับ²

ข้อดีของวัสดุอุดฟันชั่วคราวซิงค์ออกไซด์-แคลเซียมซัลเฟต คือ สะดวกในการใช้งาน รื้อออกง่าย มีการพ่นกตามขอบที่ดี ซึ่งทำให้ด้านการรั่วซึมได้ดีด้วย เพราะวัสดุชนิดนี้มีการขยายตัวเมื่อสัมผัสความชื้น (hygroscopic expansion) และมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นสูง (high coefficient

of linear expansion) ถึงร้อยละ 18 ซึ่งมากกว่าวัสดุประเภทซิงค์ออกไซด์ยูจินอลถึง 2 เท่า³ สำหรับข้อดีของวัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดนี้ ได้แก่ พบการรั่วซึมผ่านเนื้อวัสดุสูงก่อนที่วัสดุจะก่อตัวสมบูรณ์ มีความทนแรงอัดต่ำ (low compressive strength) ก่อตัวช้า และมีการสลายตัวในน้ำสูง (high water disintegration) จากงานวิจัยของ Wideman และคณะ³ ที่ศึกษาเปรียบเทียบความทนแรงอัดของเควิตกับซิงค์ออกไซด์ยูจินอลพบว่าเควิตมีค่าความทนแรงอัดเพียงครึ่งหนึ่งของซิงค์ออกไซด์ยูจินอลเท่านั้น โดย Webber และคณะ⁴ แนะนำว่าหากต้องการให้มัลติสแตมป์ที่ดีและสามารถต้านทานการรั่วซึมได้ เควิตต้องมีความหนาอย่างน้อย 3.5 มิลลิเมตร Draheim และคณะ⁵ ศึกษาเปรียบเทียบความทนแรงอัดของเควิต (cavitec) และไออาร์เอ็ม (IRM) ซึ่งทั้งสองผลิตภัณฑ์เป็นวัสดุประเภทซิงค์ออกไซด์ยูจินอลพบว่าเควิตมีความทนแรงอัดน้อยกว่าไออาร์เอ็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Ono และ Matsumoto⁶ พบว่าเควิตจีมีความทนแรงอัดต่ำซึ่งไม่เพียงพอที่จะทนแรงบดเคี้ยวในฟันหลังและไม่แนะนำให้ใช้ในโพรงฟันที่มีการสูญเสียเนื้อฟันหลายด้าน (complex cavity) สำหรับการศึกษากำลังแรงดึงซึ่งเป็นสมบัติเชิงกลที่สำคัญ อีกประการหนึ่งของวัสดุอุดฟันชั่วคราวยังไม่พบการว่ามีการศึกษาและรายงานผล

วัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์-แคลเซียมซัลเฟตนี้มีการผลิตในหลายประเทศด้วยชื่อทางการค้าที่ต่างกัน และยังไม่พบว่ามีการผลิตในประเทศไทย โดยปี 2008 สุพัชราและคณะ⁷ ได้พัฒนาวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์-แคลเซียมซัลเฟตขึ้นใหม่ เพื่อให้มีสมบัติการสลายตัวในน้ำน้อยกว่าวัสดุอุดฟันชั่วคราวยี่ห้อเควิต โดยปรับปรุงอัตราส่วนของซิงค์ออกไซด์ต่อแคลเซียมซัลเฟตร่วมกับใช้ไดไอโซไนลฟทาเลต หรือดีไอเอ็นพี (diisononyl phthalate or DINP) เป็นพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) ซึ่งเป็นสารที่มีความปลอดภัยในการนำมาใช้กับร่างกายมนุษย์^{8,9} ถึงแม้วัสดุที่พัฒนาขึ้นใหม่มีความทนต่อการสลายตัวในน้ำที่ดี แต่สมบัติด้านความทนแรงอัดยังมีค่าต่ำกว่าเควิต ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ที่จะพัฒนาวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์-แคลเซียมซัลเฟตให้มีค่ากำลังแรงดึงและความทนแรงอัดที่สูงขึ้น โดยใช้อัตราส่วนของซิงค์ออกไซด์ต่อแคลเซียมซัลเฟต (20:40) ซึ่งเป็นสูตรจากงานวิจัยของสุพัชราและคณะที่ให้ค่าการสลายตัวในน้ำต่ำที่สุดมาเสริมแรงด้วยโคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีน (copolymer PMMA-PS)

วัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาค่ากำลังแรงดึงและค่าความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่พัฒนาขึ้นใหม่ที่เสริมแรงด้วยโคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีน และเปรียบเทียบกับเควิต โดยมีสมมติฐาน คือ วัสดุอุดฟันชั่วคราวที่พัฒนาใหม่น้อย 1 สูตร มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงดึงและความทนแรงอัดมากกว่าหรือเท่ากับเควิต

วัสดุและวิธีการ

สารเคมีและวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้สังเคราะห์โคพอลิเมอร์และในการเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวเป็นผลิตภัณฑ์ของซิกมา-อัลดริช (Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Munich, Germany)

การสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีน

กระบวนการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์แบบดิฟเฟอเรนเชียลไมโครอิมัลชัน (differential microemulsion) ได้ดัดแปลงมาจากวิธีการของศรีสุตาและคณะ¹⁰ โดยใช้โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต (sodium dodecyl sulphate, SDS) เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดแอนไอออนิก (anionic) และ 2,2'-เอโซบิสไอโซบิวทิโรไนไตรล์ (azobisisobutyronitrile, AIBN) เป็นสารเริ่มต้นปฏิกิริยา (initiator) ซึ่งการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนจะเกิดพอลิเมอร์โซลแบบรวมตัวโดยอนุมูลอิสระ (free radical addition polymerization) โดยมีขั้นตอนอย่างย่อดังนี้

เริ่มจากการล้างเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ (methyl methacrylate monomer) และสไตรีนมอนอเมอร์ (styrene monomer) ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 10 จำนวน 3 ครั้ง โดยใช้กรวยแยก (separatory funnel) เพื่อกำจัดสารยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา (inhibitor) จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นและทดสอบด้วยกระดาษลิตมัสจนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นกลาง ใส่โซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ (Na_2SO_4 anhydrous) ในอัตราส่วน 100 กรัมต่อลิตร ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที แล้วกรองโซเดียมซัลเฟตออก เตรียม SDS และ AIBN ในอัตราส่วน 10 ต่อ 1 โดยน้ำหนักในน้ำกลั่นที่อัตราส่วน 1 ต่อ 2.5 โดยน้ำหนัก [(SDS+AIBN): น้ำกลั่นเท่ากับ 1:2.5] ในขวดก้นกลมแบบ 3 คอ ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่มีแท่งแม่เหล็กกวนสาร (magnetic bar) ส่วน

ควบแน่น (condenser) และช่องผ่านสำหรับก๊าซไนโตรเจน จากนั้นผ่านก๊าซไนโตรเจนลงในขวดก้นกลมเพื่อไล่ให้อากาศที่อยู่ภายในขวดออกประมาณ 5 นาที ให้ความร้อนกับปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องให้ความร้อน (heating mantle) พร้อมกับตั้งระดับการกวนให้ทำงานที่ความเร็วประมาณ 100 รอบต่อนาที เตรียมเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์และสไตรีนมอนอเมอร์ที่ได้จากการเตรียมข้างต้นในอัตราส่วน 1:1 1:2 1:3 และ 1:4 ในขวดรูปกรวย (separation funnel) ควบคุมมอนอเมอร์ให้หยดอย่างช้า ๆ ลงในสารละลายที่มีการกวนอยู่ตลอดเวลาภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน ดังรูปที่ 1 ขั้นตอนนี้ใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง หลังจากมอนอเมอร์หยดสุดท้ายหมดลงแล้วให้ปฏิกิริยาคงดำเนินต่อไปอีก 1 ชั่วโมง จากนั้นหยุดให้ความร้อนและปล่อยให้ของผสมเย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงเทของผสมลงในบีกเกอร์ที่มีเมทิลแอลกอฮอล์อยู่ ดังรูปที่ 2 จากนั้นกรองและล้างของผสมด้วยเมทิลแอลกอฮอล์และน้ำกลั่น 3 ครั้ง โดยใช้เครื่องช่วยดูด (suction pump) นำสารที่กรองได้ไปทำให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ซึ่งจะได้ผงโคพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะดังรูปที่ 3 และเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดพบว่าผงโคพอลิเมอร์มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร ดังรูปที่ 4

การเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทซิงค์ออกไซด์-แคลเซียมซัลเฟต

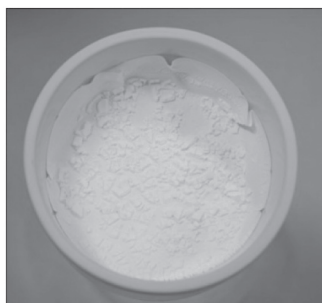
วัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นประกอบด้วยซิงค์ออกไซด์ แคลเซียมซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีนและสารอื่น ๆ ซึ่งมีน้ำหนักคิดเป็นร้อยละ 20 40 8 9 และ 23 ตามลำดับ โดยวัสดุอุดฟันชั่วคราวสูตรที่ 1 2 3 และ 4 จะมีโคพอลิเมอร์ที่มีอัตราส่วนระหว่างพอลิเมทิลเมทาคริเลตกับพอลิสไตรีนเป็น 1:1 1:2 1:3 และ 1:4 ตามลำดับ โดยการชั่งสารเคมีส่วนที่เป็นผงด้วยเครื่องชั่งวิเคราะห์ ความละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง (analytical balance, A & D Weighing, California, USA) ควบคู่ไปกับการชั่งน้ำหนักตามน้ำหนักที่คำนวณได้ด้วยไมโครปิเปต (Socorex®, Calibra 822, Switzerland) เริ่มจากผสมโคพอลิเมอร์กับไดโอซิโนนิฟทาเลต โดยทิ้งไว้ในภาชนะที่มีฝาปิดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งจะได้ของเหลวที่มีสีใสขุ่น จากนั้นจึงเติมองค์ประกอบอื่น ๆ และบดให้เข้ากันด้วยโกร่ง (mortar) เป็นเวลา 10 นาที จนวัสดุดังกล่าวมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ดังรูปที่ 5 เตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวทั้งหมด



รูปที่ 1 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์
Fig. 1 shows the apparatus used for copolymer synthesis.



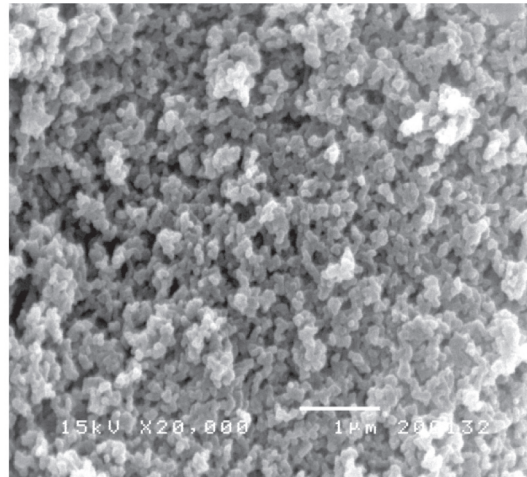
รูปที่ 2 แสดงโคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนที่สังเคราะห์ได้ก่อนที่จะทำให้แห้ง
Fig. 2 shows the copolymer of polymethyl methacrylate and polystyrene before being dried.



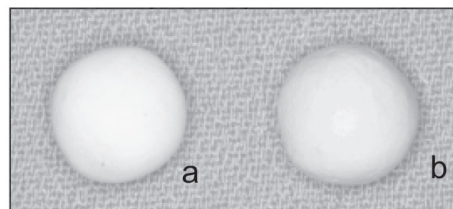
รูปที่ 3 แสดงผงโคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีน หลังจากอบให้แห้ง
Fig. 3 shows the powder of copolymer (PMMA-PS) after being dried.

4 กลุ่ม ที่มีส่วนประกอบของโคพอลิเมอร์ในอัตราส่วนที่ต่างกัน 4 อัตราส่วน ซึ่งกำหนดให้เป็นสูตรที่ 1 2 3 และ 4 โดยในแต่ละกลุ่มจะเตรียมวัสดุอุดฟันชั่วคราวดังกล่าวนี้จำนวน 3 ชุด จากการศึกษาข้างต้นได้ทำการทดสอบความเที่ยงของการผสมวัสดุในแต่ละครั้งแล้วพบว่าวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นใหม่

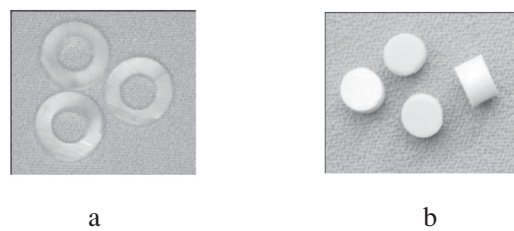
จำนวน 3 ชุดมีค่ากำลังแรงดึงและค่าความทนแรงอัดต่างกัน อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จึงทำการสุ่มตัวอย่าง (simple random sampling) จากวัสดุในแต่ละชุด เพื่อนำมาทดสอบกำลังแรงดึงไดอะเมทริคัล (diametral tensile strength)¹¹ และความทนแรงอัด



รูปที่ 4 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดของผงโคพอลิเมอร์ที่กำลังขยาย 20,000 เท่า
Fig. 4 shows illustration of copolymer from SEM at 20,000 X.



รูปที่ 5 แสดงภาพวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่ปั้นเป็นก้อน (a) เควิต (b) วัสดุที่พัฒนาขึ้นใหม่
Fig. 5 shows the spheres of temporary filling materials (a) Cavit® (b) the newly developed of temporary filling material.



รูปที่ 6 แสดงแม่แบบพอลิเทตระฟลูออโรเอทิลีน สำหรับขึ้นรูปชิ้นตัวอย่างเพื่อทดสอบกำลังแรงดึงไดอะเมทรัล (a) และขึ้นตัวอย่างของวัสดุอุดชั่วคราวที่ขึ้นเสร็จแล้ว (b)
Fig. 6 shows polytetrafluoroethylene molds preparing the specimens for diametral tensile strength testing (a) and the temporary filling material specimens (b).

เตรียมขึ้นตัวอย่างกลุ่มละ 15 ชิ้น สำหรับทดสอบกำลังแรงดึงไดอะเมทรัลจากแม่แบบพอลิเทตระฟลูออโรเอทิลีน (polytetrafluoroethylene) ดังรูปที่ 6a ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงในเท่ากับ 6 มิลลิเมตร และสูง 3 มิลลิเมตร วาง

แม่แบบบนแผ่นแก้วสไลด์ นำวัสดุอุดฟันชั่วคราวใส่และอัดให้แน่น ปาดส่วนเกินออก ให้ผิวหน้าของวัสดุอุดชั่วคราวเสมอขอบของแม่แบบทั้งสองด้าน จากนั้นนำขึ้นงานและแม่แบบแช่น้ำกลั่นที่อยู่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator,

Contherm 160M, Contherm Scientific Ltd., New Zealand) ที่ 37 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แกะขึ้นตัวอย่างออกจากแม่แบบ ดังรูปที่ 6b แล้วแช่ในน้ำ กลั่นอุณหภูมิ 23 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ก่อนที่จะนำขึ้นตัวอย่างมาทดสอบกำลังแรงดึงไดอะเมตริคัลด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Lloyd universal testing machine ModelLR10K) โดยกำหนดให้ความเร็วของหัวกด (cross-head speed) เท่ากับ 0.50 มิลลิเมตร/นาที จนกระทั่งขึ้นตัวอย่างเกิดการแตกหัก บันทึกค่าแรงกดสูงสุดที่ทำให้ขึ้นตัวอย่างแตก มีหน่วยเป็นนิวตัน จากนั้นคำนวณค่ากำลังแรงดึงโดยใช้สูตร

$$DTS = 2P/\pi DT$$

DTS คือ กำลังแรงดึง (เมกะปาสกาล)

P คือ แรงกดสูงสุดที่ทำให้ขึ้นตัวอย่างแตก (นิวตัน)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของขึ้นตัวอย่าง (มิลลิเมตร)

T คือ ความหนาของขึ้นตัวอย่าง (มิลลิเมตร)

คำนวณข้อมูลโดยใช้สถิติทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดบอนเฟอร์โรนินที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ส่วนการทดสอบค่าความทนแรงอัดด้วยวิธีการที่ดัดแปลงจากมาตรฐานสากล ไอเอสโอ 3107/2004¹² โดยเตรียมขึ้นตัวอย่างกลุ่มละ 30 ชิ้น จากแม่แบบโลหะชนิดแยกส่วน (split

molds) ที่มีช่องทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร และสูง 6 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 7a วางแม่แบบบนแผ่นแก้วสไลด์ ทาผิวแม่แบบทั้งหมดด้วยเจลกลีเซอริน (glycerine jelly) ใ้ผิวสดและอัดให้แน่น ปาดส่วนเกินออกจากนั้นนำขึ้นงานและแม่แบบแช่น้ำกลั่นเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงแกะขึ้นตัวอย่างออก ดังรูปที่ 7b และแช่น้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 23 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที หาความทนแรงอัดด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ด้วยความเร็วของหัวกดเท่ากับ 1.00 มิลลิเมตร/นาที บันทึกค่าแรงกดสูงสุดที่ทำให้ขึ้นตัวอย่างแตก มีหน่วยเป็นนิวตัน จากนั้นคำนวณค่าความทนแรงอัดโดยใช้สูตร

$$C = 4F/\pi d^2$$

C คือ ความทนแรงอัด (เมกะปาสกาล)

F คือ แรงกดสูงสุดที่ทำให้ขึ้นตัวอย่างแตก (นิวตัน)

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของขึ้นตัวอย่าง (มิลลิเมตร)

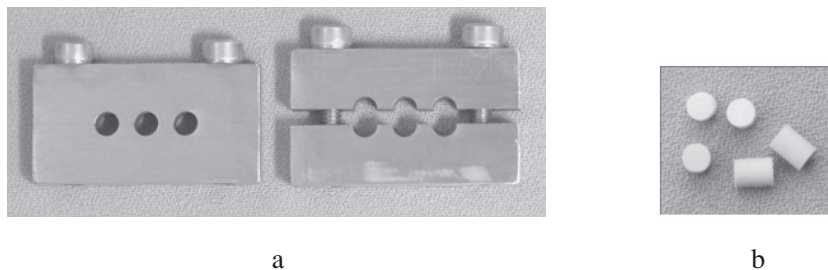
คำนวณค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวทุกกลุ่มและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดแทมเฮน (Tamhane's test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากำลังแรงดึงและความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่พัฒนาขึ้นใหม่ทั้ง 4 สูตร และวัสดุยี่ห้อคีวิต

Table 1 Table shows mean and standard deviation of the diametral tensile and compressive strengths of newly developed temporary filling material in 4 formulas and Cavit®.

| Formula (PMMA:PS) | Diametral tensile strength (MPa) | Compressive strength (MPa) |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 1 (1:1) | 4.038 ± 0.203 ^a | 10.693 ± 0.709 ^a |
| 2 (1:2) | 3.799 ± 0.163 ^b | 7.046 ± 0.350 ^b |
| 3 (1:3) | 3.016 ± 0.124 ^c | 5.124 ± 0.352 ^c |
| 4 (1:4) | 2.726 ± 0.176 ^d | 4.381 ± 0.438 ^d |
| Cavit® | 3.614 ± 0.144 ^b | 9.781 ± 0.362 ^e |

Same superscript letter means not significantly different between each column ($p > 0.05$).



รูปที่ 7 แสดงแม่แบบโลหะชนิดแยกส่วนสำหรับขึ้นรูปชิ้นตัวอย่างเพื่อทดสอบความทนแรงอัด (a) และชิ้นตัวอย่างของวัสดุอุดชั่วคราวที่ขึ้นรูปเสร็จแล้ว (b)

Fig. 7 shows split metal molds preparing the specimens for compressive strength testing (a) and the temporary filling material specimens (b).

ผลการศึกษา

ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 สำหรับค่าเฉลี่ยกำลังแรงดึงไดอะเมทรัลของวัสดุอุดฟันชั่วคราวพบว่าสูตรที่ 1 มีค่ามากที่สุด คือ 4.038 ± 0.203 เมกะปาสกาล โดยแตกต่างจากสูตรอื่นๆ และเควิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดย ที่สูตรที่ 2 3 4 และเควิตมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงดึงเท่ากับ 3.799 ± 0.163 3.016 ± 0.124 2.726 ± 0.176 และ 3.614 ± 0.144 เมกะปาสกาล ตามลำดับ และพบว่าสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงดึงแตกต่างจากเควิตอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ขณะที่สูตรที่ 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงดึงน้อยกว่าเควิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนค่าความทนแรงอัด พบว่ามีวัสดุอุดฟันชั่วคราว สูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยความทนแรงอัดมากกว่าสูตรที่ 2 3 4 และเควิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดย สูตรที่ 1 2 3 4 และเควิตมีค่าเฉลี่ยความทนแรงอัด คือ 10.693 ± 0.709 7.046 ± 0.350 5.124 ± 0.352 4.381 ± 0.438 และ 9.781 ± 0.362 เมกะปาสกาล ตามลำดับ

วิจารณ์

วัสดุอุดฟันชั่วคราวชนิดซิงค์ออกไซด์-แคลเซียมซิลิเฟตที่สุพัชราและคณะพัฒนาขึ้นใหม่เป็นวัสดุที่อยู่ในรูปพร้อมจะใช้งานได้ทันที ไม่ต้องมีขั้นตอนการผสม สามารถก่อตัวโดยอาศัยน้ำหรือความชื้น และมีค่าการสลายตัวในน้ำต่ำ แต่เมื่อก่อตัวสมบูรณ์กลับมีค่าความทนแรงอัดน้อยกว่าเควิต ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งพัฒนาสมบัติด้านกำลังแรงดึงและความทนแรงอัดซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญที่แสดงถึงความสามารถของ

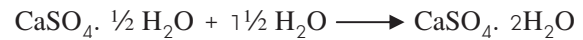
วัสดุอุดฟันในการต้านทานต่อแรงบดเคี้ยวในช่องปาก เนื่องจากวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทนี้ไม่มีการกำหนดมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบสมบัติเชิงกล ดังนั้นการหาค่ากำลังแรงดึงไดอะเมทรัลและความทนแรงอัดจึงได้ดัดแปลงจากคาร์เวลล์¹¹ และจากมาตรฐานสากล ไอเอสโอ 3107/2004¹² ตามลำดับ

ค่าความทนแรงอัดของวัสดุที่ใช้อุดฟันเป็นค่าที่แสดงถึงความแข็งแรงของวัสดุนั้นๆ ที่สามารถทนต่อแรงอัดก่อนที่จะเกิดการแตกออก โดยมีความสัมพันธ์กับวัสดุที่บรรจุในโพรงฟันที่มีผนังด้านข้างโอบล้อมทั้ง 4 ด้าน เช่น โพรงฟันประเภทที่หนึ่ง (cavity class I) แต่ในกรณีที่วัสดุอุดถูกบรรจุในโพรงฟันที่มีผนังด้านข้างโอบล้อมไม่ครบทั้ง 4 ด้าน เช่น โพรงฟันประเภทที่สอง (cavity class II) และเมื่อได้รับแรงบดเคี้ยวจะเกิดแรงกระทำที่ขึ้นวัสดุ 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ เกิดแรงอัด (compression force) ณ ด้านที่ติดกับผนังฟันที่โอบขึ้นวัสดุไว้ และเกิดแรงดึง (tensile force) ณ ด้านที่ปราศจากผนังฟันโอบล้อม เมื่อแรงที่กระทำบนชิ้นวัสดุมีปริมาณเกินขีดความสามารถของวัสดุที่จะทนได้ ชิ้นวัสดุก็จะเกิดการแตกหักเป็นสองส่วน ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกันกับการทดสอบวัสดุด้วยวิธีการดึง (tensile test) แต่วัสดุที่มีความเปราะไม่สามารถใช้วิธีการทดสอบหาค่ากำลังแรงดึงแบบวิธีโดยตรง (direct tensile strength test) ได้ จึงต้องใช้วิธีทางอ้อม (indirect tensile strength test) ซึ่งค่าที่ได้เรียกว่า กำลังแรงดึงไดอะเมทรัล ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการทดสอบหาค่าความทนแรงดึงและความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราว เพื่อให้ครอบคลุมการอุดฟันโพรงฟันทั้งชนิดที่มีผนังโอบล้อมครบและไม่ครบทั้ง 4 ด้าน

การศึกษานี้ยังได้สังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนแล้วผสมกับไดโอไซโนนิลฟทาเลตที่ทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ ซึ่งเป็นของเหลวชนิดเดียวในองค์ประกอบของวัสดุอุดชั่วคราวที่พัฒนาขึ้นใหม่ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์การละลายของเฮนเซน (Hansen solubility parameter) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการละลายเข้ากันได้ของวัสดุ พบว่าไดโอไซโนนิลฟทาเลต¹³ สามารถละลายพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนได้¹⁴ แต่เนื่องจากลักษณะอนุภาคของโคพอลิเมอร์ที่มีลักษณะค่อนข้างเป็นทรงกลม จึงทำให้มีพื้นผิวที่จำกัดที่จะสัมผัสกับไดโอไซโนนิลฟทาเลต ดังนั้นจึงต้องทิ้งสารผสมระหว่างโคพอลิเมอร์กับไดโอไซโนนิลฟทาเลตไว้ 24 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการเป็นการละลายที่สมบูรณ์ ซึ่งจะได้ของเหลวที่มีลักษณะข้นใส โดยของเหลวนั้นนอกจากจะทำหน้าที่เสริมแรงและลดความเปราะแล้วยังเป็นตัวประสาน (binder) องค์ประกอบอื่นๆ เข้าด้วยกัน เกิดเป็นสารผสมที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันที่สามารถปั้นได้

กระบวนการโคพอลิเมอร์ไฮบริด หมายถึง การนำมอนอเมอร์มากกว่าหนึ่งชนิดมาพอลิเมอร์เข้าด้วยกันเพื่อปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ โดยแนวความคิดที่นำเอาทั้งพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนมาเป็นองค์ประกอบของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่พัฒนาขึ้นใหม่ ได้มาจากวัสดุอุดฟันชั่วคราวยี่ห้อ “ไออาร์เอ็ม” ซึ่งเป็นวัสดุประเภทซิงค์ออกไซด์ยูจินอลที่เสริมแรงด้วยพอลิเมทาคริเลต¹⁶⁻¹⁹ ที่ทำให้มีความทนต่อการขัดสี (abrasive resistance) และมีค่าความทนแรงอัดที่เพิ่มขึ้น ขณะค่าการละลายตัวในน้ำกลัลดลง²⁰ และจากวัสดุอุดฟันชั่วคราวยี่ห้อ “คาลซินอล” (Kalzinol) ที่เป็นวัสดุประเภทซิงค์ออกไซด์ยูจินอลที่เสริมแรงด้วยพอลิสไตรีน¹⁷ ซึ่งสามารถเพิ่มค่าความทนแรงอัดเป็น 2 เท่าของวัสดุประเภทซิงค์ออกไซด์ยูจินอลปกติ²¹ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงนำมอนอเมอร์ทั้งสองชนิดมาโคพอลิเมอร์กันในส่วนที่ต่างกัน จากผลการศึกษาพบว่าโคพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นในส่วนที่ต่างกันทั้ง 4 สูตรให้สมบัติเชิงกลที่แตกต่างกัน โดยพบว่าสูตรที่ 2 3 และ 4 คือ สูตรที่มีอัตราส่วนของพอลิสไตรีนที่เพิ่มขึ้นจะให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงดึงและความทนแรงอัดของวัสดุอุดฟันชั่วคราวที่ลดลงและมีค่าต่ำกว่าสูตรที่ 1 อาจเป็นเพราะว่าเมื่อผสมไดโอไซโนนิลฟทาเลตกับผงโคพอลิเมอร์ที่เพิ่มอัตราส่วนของพอลิสไตรีนแล้วได้ของเหลวที่มีความหนืดมากขึ้น ซึ่งความหนืดอันเนื่องมาจากปริมาณของพอลิสไตรีนที่เพิ่มขึ้นอาจไปบดบังการดูดน้ำและรบกวนการก่อตัวของ

แคลเซียมซัลเฟตไฮโดรเจนที่ปกติจะเกิดการก่อตัวด้วยน้ำดังสมการ²²



แสดงให้เห็นว่าในการพัฒนาสมบัติความทนแรงอัดและกำลังแรงดึงของวัสดุอุดฟันชั่วคราวประเภทนี้เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดและปริมาณของพอลิเมอร์ที่นำมาเสริมแรง นอกจากนี้ น้ำหนักโมเลกุลของโคพอลิเมอร์ก็อาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อสมบัติของวัสดุอุดฟันชั่วคราวได้ ซึ่งต้องทำการศึกษาต่อในอนาคต ส่วนการศึกษาเพื่อปรับปรุงสมบัติอื่นๆ และทดสอบสมบัติเพิ่มเติม เช่น ระยะเวลาก่อตัว (setting time) ความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ (biocompatibility) การทดสอบที่จำลองสภาวะและการใช้งานจริงในช่องปากก็เป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้สามารถผลิตวัสดุอุดฟันชั่วคราวนี้ใช้เองได้ในประเทศต่อไป

สรุป

วัสดุอุดฟันชั่วคราวที่เตรียมขึ้นจากการสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ของพอลิเมทิลเมทาคริเลตและพอลิสไตรีนในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 มีค่าความทนแรงอัดและค่ากำลังแรงดึงมากกว่าเควิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุน จากทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

1. Shen C. Dental cements. In: Anusavice KJ. editor. Phillips' Science of Dental Materials. 11th ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 2003:443-92.
2. Naoum HJ, Chandler NP. Temporization for endodontics. Int Endod J. 2002;35:964-78.
3. Wideman FH, Eames WB, Serene TP. The physical and biologic properties of Cavit. J Am Dent Assoc. 1971;82:378-82.
4. Webber RT, del Rio CE, Brady JM, Segall RO. Sealing quality of a temporary filling material. Oral

- Surg Oral Med Oral Pathol. 1978;46:123-30.
5. Draheim RN, Titus HW, Murrey AJ. A comparison of compressive strengths of six cavity base materials. *J Prosthet Dent.* 1988;60:317-9.
 6. Ono K, Matsumoto K. The physical properties of a new sealing cement. *Int Endod J.* 1992;25:130-3.
 7. Boonyawee. S, Thirawat J, Thamrongananskul N. Disintegration of newly developed zinc oxide-calcium sulfate base temporary filling material. *CU Dent J.* 2008;31:331-8.
 8. Hall M, Matthews A, Webley L, Harling R. Effects of di-isononyl phthalate (DINP) on peroxisomal markers in the marmoset DINP is not a peroxisome proliferator. *J Toxicol Sci.* 1999; 24:237-44.
 9. Jayflex DINP plasticizer material safety data sheet [online].(n.d.). 2005. Available at: <http://www.msds.com> [2008, November 10].
 10. Sridao S. Preparation of silica/poly (methyl methacrylate) composite nanoparticles via differential microemulsion polymerization. *KKU Res J.* 2008;13:759-62.
 11. Darvell BW. *Materials Science for Dentistry.* 9th ed. New Delhi: Woodhead Publishing Ltd, 2009:1-36.
 12. International standard ISO 3107:2004, Dentistry-Zinc oxide/eugenol and zinc oxide/non-eugenol cements.
 13. Miller-Chou BA, Koenig JL. A review of polymer dissolution. *Prog Polym Sci.* 2003;28:1223-70.
 14. Hansen CM. Polymer additives and solubility parameters. *Prog Org Coat.* 2004;51:109-12.
 15. Hansen CM. Why you shouldn't use Hildebrand parameters. Available at <http://hansensolubility.com/index.php?id=20> [2012, February 20].
 16. Powers JM. Cements. In: Powers JM, Sakaguchi RL, editors. *Craig's restorative dental material* 12th ed. St. Louis: Mosby, 2006:479-511.
 17. Chong BS, Pitt Ford TR. Root-end filling materials: rationale and tissue response. *Endodontic Topics.* 2005;11:114-30.
 18. Blaney TD, Peters DD, Setterstrom J, Bernier WE. Marginal sealing quality of IRM and Cavit as assessed by microbial penetration. *J Endod.* 1981; 7:453-7.
 19. Anderson RW, Powell BJ, Pashley DH. Microleakage of IRM used to restore endodontic access preparations. *Endod Dent Traumatol.* 1990;6:137-41.
 20. Jendresen MD, Phillips RW, Swartz ML, Norman RD. A comparative study of four zinc oxide and eugenol formulations as restorative materials. Part I. *J Prosthet Dent.* 1969;21:176-83.
 21. Phillips RW, love DR. The effect of certain additive agents on the physical properties of zinc oxide-eugenol mixtures. *J Dent Res.* 1961;40: 294-303.
 22. Anusavice KJ. Gypsum products. In: Anusavice KJ. editor. *Phillips' Science of Dental Materials.* 11th ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 2003:255-81.

Diametral tensile and compressive strengths of a newly developed zinc oxide–calcium sulfate based temporary filling material

Niyom Thamrongananskul D.D.S., M.Sc.D. (Prosthodontics), Ph.D. (Oral Biology)¹

Natpaphat Watanasomsiri D.D.S.²

Janejira Thirawat D.D.S., M.Sc.D. (Endodontics), M.S. (Health Development)³

¹Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

²Graduated Student, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

³Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

Abstract

Objective To study the diametral tensile and compressive strengths of newly developed zinc oxide–calcium sulfate based temporary filling material.

Materials and methods The reinforcing copolymer PMMA–PS were performed by altering the ratio of poly (methylmethacrylate) and polystyrene as 1:1, 1:2, 1:3 and 1:4 in the copolymerization process. The copolymers were then mixed with zinc oxide, calcium sulphate, and other materials that provided 4 formulas and divided into 4 groups. Cavit[®] was used as a control group. Fifteen specimens from each group were prepared and measured diametral tensile strength that modified from Darvell. For the compressive strength test, thirty specimens from each group were prepared and measured according to the method modified from ISO 3107/2004. The data were statistically analyzed using one-way ANOVA at $p = 0.05$.

Results Diametral tensile strength and compressive strengths of all groups of newly developed temporary filling material were significantly different between groups. Increasing in amount of polystyrene decreased material strength. In the group prepared with copolymer PMMA–PS ratio 1:1 showed the highest mean of diametral tensile and compressive strengths and it provided strength significantly higher than Cavit at the 0.05 level of significance.

Conclusion The newly developed temporary filling materials from copolymer PMMA–PS ratio 1:1 had significantly higher diametral tensile and compressive strengths than Cavit[®].

(*CU Dent J. 2012;35:157-66*)

Key words: *compressive strength; copolymer PMMA-PS; diametral tensile strength; zinc oxide–calcium sulfate based temporary filling material*
