

บทความวิจัย (Research Article)

การผลิตทันตวัสดุใหม่ “ซีเมนต์ยึดชั่วคราวนาโน”

New production of dental materials “Nano-temporary cement”

ปราโมทย์ ลิ้มกุล^{1*}, อภิวัฒน์ ธีรวิมลกุลรักษ์² และ โรเบิร์ต มอลลอย²Pramote Limkool^{1*}, Aphiwat Teetawutgulrug² and Robert Molloy²

บทคัดย่อ

การใส่ครอบฟันชั่วคราว มักพบปัญหาการรั่วซึมของแบคทีเรียและของเหลวภายในช่องปาก นอกจากนี้ซีเมนต์ทางทันตกรรมทั้งหมดที่ใช้ภายในประเทศไทยต้องสั่งนำเข้าจากต่างประเทศ การใช้คุณสมบัติของวัสดุนาโนคาดว่าจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพกันการรั่วซึมของซีเมนต์ยึดครอบฟันได้ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อผลิตทันตวัสดุสิ้นเปลือง “วัสดุนาโน-ซีเมนต์ยึดชั่วคราว” มุ่งเน้นศึกษาประสิทธิภาพป้องกันการรั่วซึม และความทนแรงอัดของซีเมนต์ยึดครอบฟันชั่วคราวที่ทำจากสารอคริลิกเปรียบเทียบกับ 4 ชนิด ได้แก่ ซีเมนต์ยึดชั่วคราวจากการค้า (บริษัทเคอร์สหรัฐอเมริกา) ซีเมนต์ยึดชั่วคราวที่ผลิตได้เอง 3 สูตร ได้แก่ สูตร 1 ใช้วัสดุขนาดไมโครเมตรทั้งหมด สูตร 2 เพิ่มวัสดุนาโนและ สูตร 3 เพิ่มวัสดุนาโนและนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ ประสิทธิภาพป้องกันการรั่วซึม แต่ละกลุ่มใช้ฟันธรรมชาติกรามน้อยซี่ที่หนึ่งบน (upper first bicuspid) จำนวน 25 ซี่ วัดจากระดับการซึมของสี (Dye Penetration Test) การหาความทนแรงอัดอ้างอิงมาตรฐาน ANSI/ADA specification no.30 เปรียบเทียบค่าทั้ง 4 กลุ่ม จากผลการทดลองพบว่า ค่าการรั่วซึมกลุ่มที่ 1, 2, 3, 4 เท่ากับ 0.456, 0.647, 0.285, 0.354 มม. ตามลำดับ ส่วนความทนแรงอัด เท่ากับ 6.64, 3.45, 4.65, 6.08 เมกะปาสกาล (MPa) ตามลำดับ และเมื่อนำซีเมนต์ทั้ง 4 ชนิดมาวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคด้วยเทคนิค สแกนนิ่งอิเล็กตรอนไมโครสโคป (sem) พบว่า ซีเมนต์ยึดชั่วคราวชนิดที่ 4 ได้ฟิล์มที่บางและแนบสนิทกับฟันดีกว่าซีเมนต์ชนิดอื่น

คำสำคัญ: สารเชื่อมยึดชั่วคราว, ซิงค์ออกไซด์ยูนิออลซีเมนต์, การรั่วซึม, การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อน-เย็นเป็นจังหวะ, ความทนแรงอัด

^{1*} คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

² คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

^{1*} School of Dentistry, University of Phayao, Phayao Province 56000

² Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai Province 50200

* Corresponding author E - mail: drpramote@gmail.com

Abstract

Temporary crowns result in microleakage because of cracks in the temporary dental cements. All temporary cements made in Thailand are imported. Nano-materials can improve the properties of temporary cement. The aims of this investigation were, first, to develop a locally made temporary cement of high quality that meets universal standards to evaluate and compare the microleakage and compressive strength of the new temporary cement with imported commercial temporary cement. Microleakage test: four groups of 25 natural upper first bicuspid teeth were prepared for temporary crowns. In the first group, temporary crowns were cemented with the commercially available cement (Kerr, USA) and in the 2nd, 3rd, and 4th groups with the new temporary cements. The dye penetrated the microleakage space, enabling the latter to be measured. Compressive strength test: following ANSI/ADA Specification No. 30. The results showed that the 1st, 2nd, 3rd and 4th groups had microleakages of 0.456, 0.647, 0.285, 0.354 mm, and compressive strengths of 6.64, 3.45, 4.65 and 6.08 MPa, respectively. Under the experimental conditions used in this study, there was less microleakage with the new temporary cements 4th group than with the commercial temporary cement. The nano-materials could decrease microleakage while the titanium dioxide could improve the compressive strength of the temporary dental cement.

Keywords: Temporary cement, zinc oxide eugenol cement, microleakage, thermocycling, compressive strength

บทนำ

ในการทำครอบฟันจะมีการใช้ครอบฟันชั่วคราวปิดทับฟันที่ทำการกรอแต่งไว้ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเหลวในช่องปากและเชื้อแบคทีเรียจากภายในช่องปากเข้าไปที่เนื้อฟัน ส่งผลต่อโพรงประสาทฟันทำให้เกิดการอักเสบ รากฟันตายหรือเกิดรอยโรคปลายราก [1] ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพของครอบฟันชั่วคราว ขึ้นอยู่กับลักษณะการกรอแต่งฟัน ความแนบสนิทของครอบฟันชั่วคราว และที่สำคัญ คือ สารเชื่อมยึด (luting agent) ซึ่งมีการพบบ่อยครั้งว่า การรั่วซึมบริเวณขอบที่ทำให้ประสิทธิภาพของครอบฟันชั่วคราวลดลงนั้น [2] ซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีเมนต์ (zinc oxide eugenol cement) เป็นวัสดุอีกอย่างหนึ่งที่นิยมใช้ยึดครอบฟันชั่วคราวด้วยข้อดีคือ ยับยั้งแบคทีเรียได้ ซีเมนต์ชนิดนี้เป็นสารประกอบยูจีนโนเลต (zinc eugenolate) ได้จากปฏิกิริยาระหว่างซิงค์ออกไซด์กับยูจีนอล ถ้าใส่สารเพิ่มประสิทธิภาพ (additive) เช่น ตัวเร่ง (accelerator) ตัวเพิ่มกำลังความแข็งแรง (strengtheners) ทำให้ซิงค์ยูจีนโนเลตมีกำลังความแข็งแรงสูงและแข็งตัวเร็วขึ้น [3]

กระบวนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ (Thermocycling process) เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยจำลองสภาวะในช่องปากที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นตลอด โดยอุณหภูมิที่ใช้อุณหภูมิในช่วง 4-8°C และ 45-60°C [4] จากการศึกษาของ Heping Li และคณะในปี 2002 [5] ได้ทำการศึกษาถึงผลของกระบวนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ ต่อการเกิดการรั่วซึม เปรียบเทียบอุณหภูมิและจำนวนรอบที่ใช้ในการทำ กระบวนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ พบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิและจำนวนรอบ (cycle) มีผลต่อการเกิดการรั่วซึมทำให้การรั่วซึมที่ขอบของครอบฟันมากขึ้น

ขนาดของวัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อน ขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของวัสดุนั้นๆ [6] การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดความเค้น (stress) บนผิววัสดุทำให้เกิดการแตกร้าวในที่สุด อีกปัจจัยหนึ่งทำให้ซีเมนต์แตกหลุดร่อนได้ง่ายขึ้น เกิดการรั่วซึมขนาดไมครอนได้ ดังเช่น การศึกษาของ Gudbrand Φilo ปี 1987 [7] พบว่า การเปลี่ยนแปลงขนาดของซีเมนต์ขึ้นกับชนิดและสภาพแวดล้อมขณะก่อตัว ภายหลังการก่อตัวช่วง

เริ่มต้น ในสภาวะที่แห้งจะเกิดการหดตัวอย่างต่อเนื่อง (continued contraction) ส่วนในสภาวะชื้นพบว่ามีการหดตัวเล็กน้อย

ส่วนการวัดการซึมของสี (dye penetration test) เพื่อดูประสิทธิภาพในการยึดติดระหว่างวัสดุบูรณะกับผิวฟัน โดยพบว่าบริเวณที่ติดสีจะเป็นบริเวณที่เกิดการรั่วซึมขึ้น โดยจากการศึกษาของ P.T. Williams และคณะ ปี 2002 [8] ได้สรุปว่า ถึงแม้วิธีการวัดการรั่วซึมจะมีอยู่หลากหลายวิธีแต่การใช้วิธีย้อมสีแล้วตัดแนวขวาง ดู 2-6 ตำแหน่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการทดลองมากที่สุด

ตามมาตรฐาน American National Standard Institute/American Dental Association (ANSI/ADA) specification no.30 [9] ความทนแรงอัดของซีเมนต์ยึดชั่วคราวทางทันตกรรมควรมีค่าเพียงพอที่จะรับแรงบดเคี้ยว แต่ไม่ควรเกิน 35 MPa มีการศึกษาจากนักวิจัยหลายท่าน ดังเช่นงานวิจัยของ S.Y. Lee และคณะ ในปี 2000 [10] พบว่า เมื่อลดอัตราส่วนของเนื้อวัสดุชั่วคราว และสารเร่งที่ (Base/Accelerator) แล้ว ความทนแรงอัด การยึดติดของซีเมนต์สูงขึ้น แต่ความหนาของฟิล์มลดลง ส่วนการเติมปิโตรเลียมเจลและฟลูออไรด์ในส่วนผสมของซีเมนต์ ส่งผลให้ความทนแรงอัด การยึดติด ความหนาฟิล์มลดลง เมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่าปริมาณและการกระจายตัวของซิงค์ยูจีนอลเมทริกและซิงค์ออกไซด์ส่วนเกินนี้ส่งผลต่อสมบัติของซีเมนต์ หากอนุภาคซิงค์ออกไซด์ส่วนเกินมาก ความทนแรงอัดและการยึดติดของซีเมนต์ลดลง ขณะที่สัดส่วนของซิงค์ยูจีนอลเมทริกที่มาก ทำให้ซีเมนต์มีความแข็งแรงสูงขึ้น

การเพิ่มโลหะออกไซด์บางชนิด สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของซีเมนต์ได้ เช่น แมกนีเซียมออกไซด์ ไทเทเนียมไดออกไซด์ ดังเช่น สิทธิบัตรของ Cohen และคณะ [14] ได้เพิ่มผงไทเทเนียมออกไซด์ ขนาดอนุภาค 5-10 μm ในซีเมนต์ทางทันตกรรม ซึ่งไทเทเนียมออกไซด์จะเกิดปฏิกิริยาและแทรกตัวอยู่ระหว่างช่องว่างของพอลิเมอร์เมทริก (polymer matrix) ทำให้ความทนแรงอัดเพิ่มขึ้น สิทธิบัตรของ Yoshik Oshida ในปี 2005 [15] พบว่าในซีเมนต์ทางทันตกรรม

เมื่อเพิ่มไทเทเนียมออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์ จะเพิ่มความต้านทานแรงกระแทก (toughness) ไทเทเนียมออกไซด์เพิ่มความแข็งแรง (strength) และ เซอร์โคเนียมออกไซด์เพิ่มความแข็ง (rigidity) แก่ซีเมนต์ จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้ทำวิจัยจึงได้มีความสนใจที่จะทำการผลิตทันตวัสดุขึ้นเปลี่ยน “ซีเมนต์ยึดชั่วคราว” ด้วยการใช้ซิงค์ออกไซด์นาโน (30-100 นาโน) ไทเทเนียมนาโน

วิธีการทดลอง

วิธีการทดลองประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ส่วนของวิธีการผลิตซีเมนต์ยึดชั่วคราว รวมถึงการศึกษาสมบัติเบื้องต้น ส่วนที่ 2 การหาค่าการรั่วซึมของซีเมนต์ยึดชั่วคราวด้วยวิธีการย้อมสี (dye penetrate test) และส่วนที่ 3 การหาค่าความทนแรงอัด (compressive strength) ส่วนที่ 4 คือ การศึกษาโครงสร้างจุลภาค ซึ่งในการผลิตและการหาค่าสมบัติแต่ละอย่าง มีขั้นตอนโดยละเอียดตามลำดับ ดังต่อไปนี้

การผลิตซีเมนต์ยึดชั่วคราวและการศึกษาสมบัติเบื้องต้น

การผสมสารเคมีผลิต ซีเมนต์ยึดชั่วคราว งานวิจัยนี้ผลิตซีเมนต์ยึดชั่วคราวใช้ทางทันตกรรม ชนิดซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีเมนต์ ประเภท 1 ชนิด 2A ซึ่งใช้เป็นวัสดุยึดชั่วคราว การผลิตนี้ผลิตกันอยู่ในรูปเพสต์ 2 หลอด หลอดที่ 1 คือ เบสเพสต์ (Base Paste) ส่วนประกอบหลัก คือ ซิงค์ออกไซด์ ส่วนอีกหลอดเป็นเพสต์ตัวเร่ง (Accelerating Paste) ส่วนประกอบหลัก คือ ยูจีนอล ผลิตซีเมนต์ 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ซีเมนต์ยึดชั่วคราวที่ผลิตได้เอง ใช้วัสดุขนาดอนุภาคระดับไมโครเมตร, สูตรที่ 2 เพิ่มวัสดุนาโน, สูตรที่ 3 เพิ่มวัสดุนาโน และไทเทเนียมนาโนไดออกไซด์ สังเกตลักษณะทั่วไป ได้แก่ ความหนืด ลักษณะเนื้อซีเมนต์ เวลาผสมเวลาก่อนตัวของซีเมนต์ยึดชั่วคราวที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับซีเมนต์ยึดชั่วคราวทางการค้า

ประสิทธิภาพป้องกันการรั่วซึม วัดจากระดับการซึมของสี (dye penetration test) โดยแบ่งกลุ่มฟันตัวอย่างเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 25 ซี่ กลุ่มที่ 1, 2, 3, และ 4 ยึดฟันที่กรอแต่งแล้วกับครอบฟันชั่วคราวด้วยซีเมนต์ยึดชั่วคราวทางการค้า (USA), ซีเมนต์ยึดชั่วคราวที่

ผลิตได้เองสูตรที่ 1, 2, 3 ตามลำดับ นำฟันตัวอย่างทั้งหมดผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ (thermocycling process) ที่อุณหภูมิ 5°C และ 50°C จำนวน 100 รอบ วัดผลการรั่วซึมของสี หาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบค่าทั้ง 4 กลุ่ม

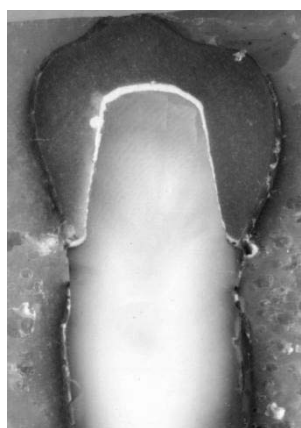
การหาความทนแรงอัดอ้างอิงมาตรฐาน ANSI/ADA Specification no.30 เตรียมชิ้นงานเป็น 4 กลุ่มเช่นเดียวกับการทดสอบการรั่วซึม ชิ้นงานซีเมนต์ยัดชั่วคราวรูปทรงกระบอกตัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มม. สูง 6 มม. แช่ในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37°C นาน 24 ชั่วโมง

หาค่าความทนแรงอัดด้วยเครื่อง Universal Testing Machine ความเร็วหัวกด 1.00 มม./นาที กดจนชิ้นงานแตก หาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบค่าทั้ง 4 กลุ่ม

การศึกษาโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เตรียมชิ้นงานนำฟันผ่านการกรอแต่งแล้วยัดครอบฟันด้วยซีเมนต์ยัดชั่วคราวทางการค้า ซีเมนต์ยัดชั่วคราวสูตร 1 และ 3 ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับการศึกษาการรั่วซึม ชิ้นงานหนา ไม่เกิน 2 มม.



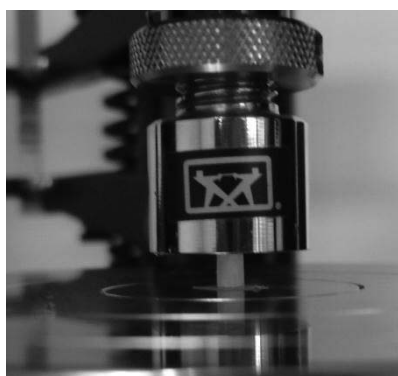
ก



ข

ภาพที่ 1 ก. ภาพเปรียบเทียบซีเมนต์ยัดชั่วคราวที่ผลิตเองสูตร 3 กับซีเมนต์ยัดชั่วคราวทางการค้า ทั้งก่อนผสมและหลังผสม

ข. แสดงฟันตัวอย่างที่จะนำไปวัดการซึมของสี บริเวณสีฟ้า คือ จุดที่มีการรั่วซึมของสี Methylene blue



ก



ข

ภาพที่ 2 การทดสอบความทนแรงอัด

ก. แสดงการจัดวางชิ้นงาน ทดสอบความทนแรงอัด (Compressive strength) ด้วยเครื่อง UTM

ข. ลักษณะชิ้นงานหลังทดสอบความทนแรงอัด

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

ผลผลิตซีเมนต์ยัดชั่วคราวที่ผลิตเอง 3 สูตรที่ได้จากวิธีการดังที่กล่าวมาแล้วและซีเมนต์ยัดชั่วคราว

ทางการค้า เมื่อนำมาศึกษาลักษณะและคุณสมบัติได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบลักษณะและสมบัติของซีเมนต์ยัดชั่วคราว 4 ชนิด

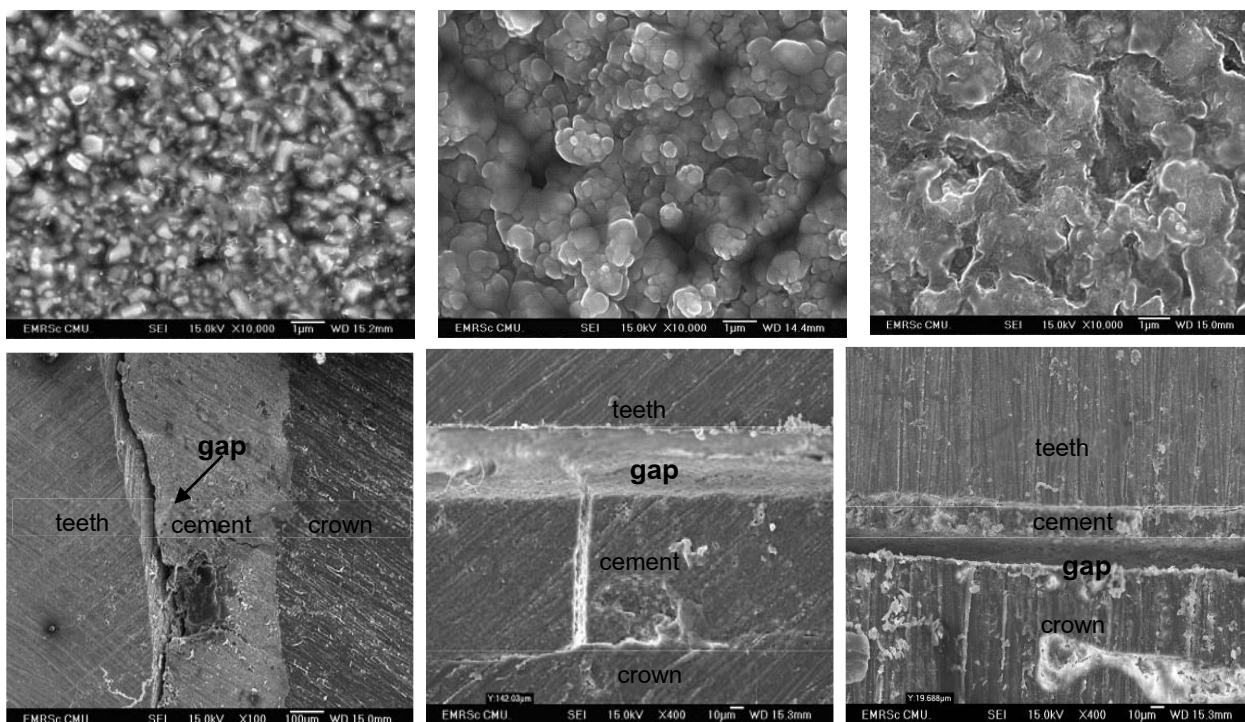
ชนิดซีเมนต์ยัด ชั่วคราว สมบัติ	ซีเมนต์ทางการค้า	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
เนื้อเบสเพสต์ก่อนผสม	เนื้อเนียน สีขาว อมเหลือง	เนื้อเนียน สีขาว	เนื้อเนียน สีขาว	เนื้อเนียน สีขาวอมเหลือง
เนื้อแอสซีลเรตติ้งเพสต์ก่อนผสม	สีเหลืองใส	สีเหลืองเข้ม	สีเหลืองเข้ม	สีเหลืองใส
เวลาผสม (นาที : วินาที)	01:30	00:45	00:30	01:00
เวลาก่อตัว (นาที : วินาที)	04:00	06:00	04:00	05:00
ความสามารถในการไหลของซีเมนต์	ดี	น้อย	ปานกลาง	ดี
ความเนียนของเนื้อซีเมนต์	ดี	หยาบเล็กน้อย	หยาบเล็กน้อย	ดี
สีซีเมนต์หลังผสม	ขาวอมเหลือง	สีเหลืองอ่อน	สีเหลืองอ่อน	ขาวอมเหลือง
ค่าการรั่วซึม (มม.)	0.456	0.647	0.285	0.354
ความทนแรงอัด (MPa)	6.64	3.45	4.65	6.08

เมื่อนำพ่นผ่านการกรองแล้วยัดครอบพ่นด้วยซีเมนต์ยัดชั่วคราวทางการค้า ซีเมนต์ยัดชั่วคราวสูตร 1 และ 3 มาวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ได้ผลการทดลอง ดังนี้

จากภาพที่ 3-บน ซีเมนต์ทางการค้า : พบซิงค์ออกไซด์ส่วนเกินลักษณะเป็นแท่งผลึกจำนวนมาก กระจายตัวอยู่และพบองค์ประกอบที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน สูตร 1 (New temporary cement Micro-particle) พบซิงค์ออกไซด์ ส่วนเกินลักษณะเป็นก้อนจำนวนมาก กระจายตัวอยู่และพบองค์ประกอบที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน สูตร 3 (New temporary cement

nano-particle) พบ ZnO ส่วนเกินลักษณะเป็นก้อนจำนวนมาก กระจายตัวอยู่และพบองค์ประกอบที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

ซีเมนต์ยัดชั่วคราวชนิดซิงค์ออกไซด์ยูจีนอล ซีเมนต์ไม่เชื่อมติดแน่นกับพื้นจริง แต่จะสามารถตรึงครอบพ่นเทียมได้ด้วยการล็อกเชิงกล แสดงดังภาพที่ 3-ล่าง ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดซึ่งพบช่องว่างขนาดเล็ก (micro gap) ที่บริเวณรอยต่อระหว่างชั้นซีเมนต์กับเนื้อพ่น เมื่อวัดความหนาของชั้นซีเมนต์และขนาด micro gap ค่าที่ได้แสดงดังตารางที่ 2



ก. ซีเมนต์ยัดชั่วคราวทางการค้า

ข. ซีเมนต์ผลิตเองสูตร 1

ค. ซีเมนต์ผลิตเองสูตร 3

ภาพที่ 3 บน - แสดงโครงสร้างจุลภาคและการกระจายตัวขององค์ประกอบในซีเมนต์ยัดชั่วคราว 3 ชนิด

จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 10,000 เท่า

ล่าง - ชั้นรอยต่อ ฟัน-ซีเมนต์-ครอบฟัน ด้วยเทคนิค SEM

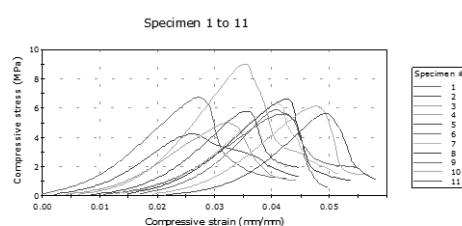
ภาพ ก กำลังขยาย 100 เท่า

ภาพ ข และ ค กำลังขยาย 400 เท่า

ตารางที่ 2 แสดงค่าความหนาของชั้นซีเมนต์และขนาดช่องว่างขนาดไมโคร (micro gap) เมื่อวัดจากภาพที่ถ่ายด้วยเทคนิค SEM

	ซีเมนต์ทางการค้า	ซีเมนต์ผลิตเองสูตร 1	ซีเมนต์ผลิตเองสูตร 3
Film thickness (µm)	111.11	98.01	19.67
Micro gap (µm)	32.16	77.73	17.81

กราฟจากการทดสอบ compressive strength ของ ซีเมนต์ยัดชั่วคราวผลิตเอง สูตร 3 ได้เป็นรูปประจักษ์ว่า



การรั่วซึมที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับช่องว่างขนาดไมโคร ซีเมนต์ที่ดีไม่ควรมีช่องว่างนี้หรือมีน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่าง 2 กลุ่มตัวอย่างคือ ซีเมนต์ยัด

ชั่วคราวทางการค้าผ่านและที่ไม่ผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ พบว่าชิ้นงานกลุ่มที่ผ่านกระบวนการนี้ ซึ่งจำลองสภาพภายใน

ช่องปาก มีระดับการซึมของสีมากกว่า ซึ่งผลที่ได้ตรงกันผลการทดลองของนักวิจัยหลายๆ ท่าน [2,3,16] จึงสามารถกล่าวได้ว่าสภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตลอดเวลาและมีความชื้นสัมพัทธ์สูง ทำให้ซีเมนต์ยึดชั่วคราวเกิดการรั่วซึมมากกว่า

จากตารางที่ 1 ระดับการรั่วซึมซีเมนต์ยึดชั่วคราวผลิตเองสูตรที่ 2 ซึ่งเพิ่มวัสดุนาโน มีการรั่วซึมน้อยกว่าสูตรที่ 3 เนื่องจากขนาดอนุภาคที่เล็กกว่าของซิงค์ออกไซด์ 3 %wt. (particle size 20-50 nm) Titanium dioxide 8 %wt (particle size 5 μ m) วัสดุนาโนสามารถเข้าไปแทรกอยู่ช่องว่างระหว่างอนุภาคใหญ่ ทำให้วัสดุมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงปริมาตรเนื่องจากความร้อนน้อยลงช่องว่างรอยต่อได้แน่นสนิทมากขึ้น การซึมของสีน้อยกว่า นอกจากนี้เทคนิคการผสมสารเคมีก็มีความสำคัญมาก หากการกระจายตัวของส่วนประกอบไม่สม่ำเสมอ ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของซีเมนต์

หลังการทดสอบความทนแรงอัดได้กราฟรูประฆังคว่ำ ซีเมนต์ทุกชนิดมีลักษณะการแตกแบบวัสดุเปราะ (brittle materials) เมื่อเปรียบเทียบกับซีเมนต์ยึดชั่วคราวที่ผลิตเองทั้ง 3 สูตร พบว่าสูตรที่ 3 ความทนแรงอัดสูงสุด 6.08 MPa (SD=1.19943 MPa) รองลงมาคือสูตรที่ 2 เท่ากับ 4.65 MPa (SD=1.16492 MPa) สูตรที่ 1 มีความทนแรงอัดน้อยที่สุด 3.45 MPa (SD=0.67700 MPa) ในอัตราส่วนผสมเบสเฟสต่อตัวเร่งเฟส 1:1 โดยปัจจัยที่มีผลต่อความทนแรงอัดของซีเมนต์ยึดชั่วคราวชนิด ซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีเมนต์ ได้แก่ วัสดุนาโน เมื่อเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคขนาดใหญ่ทำให้ความหนาแน่นของซีเมนต์เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้อนุภาคขนาดเล็กมีพื้นที่ผิวมากกว่า ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาเร็วและสมบูรณ์มากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ ทำให้ปริมาณการเกิดซิงค์ยูจีนอลสูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Havard J. และคณะ [13] จากผลการทดลอง S.Y. Lee และคณะ [10] สัดส่วนของซิงค์ยูจีนอลมาก การจับตัวเป็นก้อน (agglomerates) ของซิงค์ออกไซด์น้อยลง ความสามารถในการทนแรงอัดของซีเมนต์สูงขึ้น นอกจากนี้โลหะออกไซด์ เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีกับยูจีนอลได้

สารประกอบแทรกตัวอยู่ในเนื้อซีเมนต์ ซึ่งทำให้ซีเมนต์ทนแรงอัดได้สูงขึ้น ซึ่งตรงกับผลการทดลองของ Cohen [14] และ Yoshik Oshida [15]

สรุปผลการทดลอง

จึงสามารถสรุปได้ว่า ซีเมนต์ยึดชั่วคราวที่ผลิตได้เองเมื่อเพิ่มวัสดุนาโนสามารถป้องกันการรั่วซึมของแบคทีเรียและของเหลวได้ดีขึ้น ขณะที่ไทเทเนียมไดออกไซด์เพิ่มความทนแรงอัดให้แก่ซีเมนต์ยึดชั่วคราว ดังนั้นซีเมนต์ยึดชั่วคราวที่ผลิตเองสูตรที่ 3 ซึ่งเพิ่มวัสดุนาโนและไทเทเนียมไดออกไซด์ ให้ซีเมนต์ยึดชั่วคราวที่มีคุณภาพดีเทียบเท่ากับของต่างประเทศ

เอกสารอ้างอิง

1. Baldissara P, Comin G, Martone F, Scotti R. Comparative study of marginal microleakage of six luting agent in fixed provisional crowns. J Prosthet Dent 1998; 80: 417-22.
2. White SN, Ingles S, Kipnis V. Influence of marginal opening on microleakage of luting agent artificial crown. J Prosthet Dent 1994; 71: 257-263.
3. เจน รัตน์ไพศาล. ทันตวัสดุศาสตร์ พิมพ์ครั้งที่สอง. กรุงเทพมหานคร : บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด; 2533. หน้า 156-164.
4. Wendt DL, McInnes PM, Dickinson GL. The effect of thermocycling in microleakage analysis. Dent Mater 1992; 8 : 181-4.
5. Li H, Burrow MF, Tyas MJ. The effect of thermocycling regimens on the nanoleakage of dentin bonding systems. Dent Mater 2002; 18: 189-196.
6. Callister W.D. Jr., Materials Science & Engineering an Introduction, John Wiley & Sons, 2003 U.S.A, ISBN 0-471-22471-5
7. Øilo G. Sealing and retentive ability of dental luting cements. Scandinavian J Dental research 1978; 317-324.

8. Williams PT, Schramke D, Stockton L. Comparison of Two Methods of Measuring Dye Penetration in Restoration Microleakage Studies. *Oper Dent* 2002; 27: 628-635.
9. American National standard/American Dental Association (ASNI/ADA) Specification No. 30 for zinc oxide-eugenol cements and zinc oxide non-eugenol cements.
10. S.Y. Lee, C.C. Wang, D.C. Chen, Y.L. Lai. Retention and compressive strengths of modified zinc oxide eugenol cements. *J Dentistry* 2000; 28:69-75.
11. <http://www.ssnano.net/ehtml/0418a.php> (20/11/2007)
12. Hadassah Medical Organization. A Clinical study the effect of addition of insoluble antibacterial nanoparticles (IABN) in resin base provisional cement. Clinical trials gov. identifier NCT00502606. July 2007.
13. Harvard J. Prosser, Alan D. Wilson. Zinc oxide eugenol cements. VI. Effect of zinc oxide type on the setting reactions. *J Biomedical Materials Research* 1982;16: 585 – 598.
14. Cohen, brell I., Achan, Douglas M. Composite dental cement composition containing a lanthanide series compound. United States patent 5204398. 1993.
15. Yoshik Oshida. Dental and Medical cement. United state patent 6860932. 2005.
16. Ehrenberg DS, Weiner S. Changes in marginal gap size of provisional resin crowns after occlusal loading and thermal cycling. *J Prosthet Dent* 2000; 84: 84-148.