การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ และโพรโคซอลซีลเลอร์

สมไชย ลิ้มสมบัติอนันต์ วท.บ., ท.บ., ป.บัณฑิต (วิทยาเอ็นโดดอนต์), Cert. in Endodontics, M.S.[1]
วัชรี พีระวณิชกุล ท.บ., ป.บัณฑิต (วิทยาเอ็นโดดอนต์)[2]

[1]ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2]กองทันตกรรม โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช พอ. บนอ.

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญบางประการ ของจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ และเปรียบเทียบคุณสมบัติดังกล่าวกับโพรโคซอลซีลเลอร์

วัสดุและวิธีการ จุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ ได้ถูกนำมาทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานที่สำคัญบางประการ อันได้แก่ ความข้น เวลาก่อตัว ความทนต่อแรงอัด ความหนาของฟิล์ม และ การละลายตัว โดยยึดถือวิธีการทดสอบตามมาตรฐานสากล ISO 6876 และ Revised ANSI/ADA Specification No.30

ผลการศึกษา คุณสมบัติทางกายภาพของจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ที่ได้จากการทดสอบ มีค่าเฉลี่ยดังนี้คือ ความข้นเท่ากับ 27.57 มม. เวลาก่อตัวเท่ากับ 49 ชั่วโมง 38 นาที ความทนต่อแรงอัด เท่ากับ 1.189 เมกกะปาสคาล ความหนาของฟิล์ม เท่ากับ 0.104 มม. และการละลายตัวในน้ำกลั่น เท่ากับ 7.57 % ในขณะที่โพรโคซอลซีลเลอร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.94 มม. 12 ชั่วโมง 33 นาที 5.998 เมกกะปาสคาล 0.148 มิลลิเมตร และ 2.53% ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวในแต่ละคุณสมบัติของซีลเลอร์ทั้งสองชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สรุป คุณสมบัติทางกายภาพของจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ เมื่อเปรียบเทียบกับโพรโคซอลซีลเลอร์ เป็นดังนี้คือ มีความข้นมากกว่า เวลาก่อตัวนานกว่าประมาณสี่เท่า ความทนต่อแรงอัดน้อยกว่าประมาณห้าเท่า ความหนาของฟิล์มน้อยกว่า และมีการละลายตัวในน้ำกลั่นมากกว่าประมาณสามเท่า

(ว.ทันตฯ จุฬา 2544;24: 89-100)

บทนำ

ความสำเร็จของการรักษาคลองรากฟัน เป็นผลมาจากการทำความสะอาด และตกแต่งคลองรากอย่างประณีตและทั่วถึง แล้วมีการอุดคลองรากนั้นได้อย่างสมบูรณ์ทั้งสามมิติเป็นประการสำคัญ[1,2] การอุดคลองรากฟันมีวัตถุประสงค์เพื่อขจัดช่องทางรั่วซึมจากภายในช่องปาก หรือจากเนื้อเยื่อรอบปลายรากที่อาจมีโอกาสเข้าสู่ระบบคลองรากฟัน และช่วยปิดกั้นสิ่งที่จะก่อให้เกิดความระคายเคืองทั้งหลายซึ่งไม่สามารถกำจัดได้

หมดในระหว่างการเตรียมคลองราก ให้อยู่ภายในคลองรากนั้น เนื่องจากเป็นที่ประจักษ์แล้วว่าสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดโรคของเนื้อเยื่อในฟัน และเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟัน ก็คือ เชื้อจุลินทรีย์และสารพิษที่มาจากเชื้อเหล่านั้น รวมทั้งผลิตผลที่เกิดจากการสลายตัวของเนื้อเยื่อในฟันด้วย[3]

วัสดุอุดคลองรากฟันที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คือ กัตตาเปอร์ชา ซึ่งได้พิสูจน์จากประวัติศาสตร์อันยาวนานแล้วว่าให้ความสำเร็จในการรักษาเป็นอย่างดีถึงแม้ว่าจะไม่ใช่วัสดุอุดคลองรากในอุดมคติก็ตาม ด้วยเหตุที่คลองรากฟันส่วนใหญ่ ไม่สามารถเตรียมให้มีรูปร่างที่เรียบสม่ำเสมอได้[4] อีกทั้งยังประกอบด้วยระบบที่สลับซับซ้อน การอุดด้วยกัตตาเปอร์ชาซึ่งเป็นวัสดุกึ่งแข็ง จะไม่สามารถเกิดความแนบสนิทกับผนังคลองรากและไม่สามารถป้องกันการรั่วซึมได้ดี ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำรูทคะแนลซีลเลอร์ (Root canal sealer) หรือ รูทคะแนลซีเมนต์ (Root canal cement) มาใช้ร่วมในการอุดด้วย เพื่อเติมช่องว่างที่อาจมีเหลืออยู่ให้เต็ม อันจะเป็นการเสริมให้สามารถป้องกันการรั่วซึมได้ดียิ่งขึ้น[5] อีกทั้งมีอยู่บ่อยครั้ง ที่พบว่าซีลเลอร์ถูกดันเข้าไปในคลองรากย่อย (Accessory canal) ซึ่งจะมีส่วนช่วยควบคุมเชื้อที่อาจหลงเหลืออยู่ตามผนังคลองราก หรือในท่อเนื้อฟัน (Dentinal tubule)[6,7] นอกจากนั้นซีลเลอร์ยังทำหน้าที่หล่อลื่นให้วัสดุอุดเคลื่อนที่เข้าไปในตำแหน่งที่ต้องการ และช่วยยึดวัสดุอุดไว้ในคลองรากฟัน[8] โดยพบว่าในคลองรากที่กำจัดสเมียร์เลเยอร์ (Smear layer) ออกแล้ว มีซีลเลอร์หลายชนิดสามารถไหลเข้าไปในท่อเนื้อฟันที่เปิดอยู่และช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการยึดติดกับเนื้อฟันยิ่งขึ้น[9,10] จึงเป็นที่ยืนยันอย่างแน่นอนแล้วว่า การใช้ซีลเลอร์ร่วมกับวัสดุอุดคลองรากฟันเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้ได้การอุดคลองรากที่เต็มทั้งสามมิติ และนำไปสู่ความสำเร็จของการรักษาคลองรากฟันในที่สุด[2,11,12]

การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวกับคุณสมบัติของซีลเลอร์ อาจแบ่งได้เป็น 4 แนวทาง คือ ผลที่มีต่อเชื้อจุลินทรีย์ การเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อของร่างกาย การป้องกันการรั่วซึม และคุณสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ อันได้แก่ ค่าการไหล (Flow) เวลาก่อตัว (Setting time) ความทนต่อแรงอัด (Compressive strength) ความหนาของฟิล์ม (Film thickness) การละลายตัว (Solubility and disintegration) ความแข็ง (Hardness) เสถียรภาพด้านมิติ (Dimensional stability) ขนาดของอนุภาค (Particle size) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และความทึบต่อรังสี (Radiopacity) เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่ของคุณสมบัติทางกายภาพเหล่านี้มีการกำหนดรายละเอียดไว้ใน ADA specification no. 57 for endodontic sealer cements[13] และ International Standard ISO 6876[14] แล้ว รูทคะแนลซีลเลอร์ต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมบางประการเพื่อจะทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่มุ่งหวัง แต่ก็ยังไม่มีซีลเลอร์ชนิดใดที่มีคุณสมบัติครบถ้วนทั้งหมดในระดับที่น่าพอใจ แม้ว่าบางชนิดจะให้ผลการรักษาทางคลินิกที่ดีพอสมควรก็ตาม[15]

รูทคะแนลซีลเลอร์ที่ผลิตออกมาในปัจจุบันเพื่อใช้ในงานทันตกรรมประกอบไปด้วยชนิดต่าง ๆ ทั้งที่มีและไม่มีส่วนผสมของยูจีนอล (Eugenol) และมีอีกหลายชนิดที่มีส่วนผสมของตัวยาชนิดอื่น แต่ส่วนใหญ่แล้วจะพบว่ามีส่วนประกอบพื้นฐานสองอย่างคือ ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) และ ยูจีนอล ซึ่งได้มีการพัฒนาสูตรมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1931 โดยมีชื่อว่า สูตรของริกเกอร์ท (Rickert formula) เพื่อให้เลือกใช้แทนซีลเลอร์ที่เป็นชนิดคลอโรเปอร์ชา (Chloropercha) และ ยูคา-เปอร์ชา (Euca-percha) ซึ่งไม่มีเสถียรภาพด้านมิติหลังจากแข็งตัวแล้ว และไม่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้กับเทคนิคการอุดแบบใหม่ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นในขณะนั้นซึ่งอุดโดยใช้วัสดุแกนกลางแบบแข็ง (Solid core) ซีลเลอร์สูตรของริกเกอร์ทนี้ได้มีการใช้กันมายาวนานถึง 45 ปี โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสูตรพื้นฐาน แต่วัสดุนี้ค่อนข้างมีเวลาก่อตัว (Setting time) ที่เร็ว ดังนั้นบางครั้งจึงก่อให้เกิดปัญหาในการใช้งานในคลินิก เพื่อแก้ปัญหานี้ จึงมีการพัฒนาซีลเลอร์สูตรของกรอสแมน (Grossman formula) ขึ้นมาในปี ค.ศ. 1936 โดยที่ทั้งสองสูตรไม่แตกต่างกันในส่วนประกอบหลัก เนื่องจากส่วนผงต่างก็ประกอบด้วยซิงค์ออกไซด์ และตะกอนของเงิน (Precipitated silver) ในส่วนน้ำก็ประกอบด้วยยูจีนอล และแคนาดา บาลซัม (Canada balsam) เหมือนกัน เป็นที่วิจารณ์กันว่าการนำเอาตะกอนของเงินมาเป็นส่วนผสมเพื่อให้ทึบแสงเวลาถ่ายภาพรังสีนั้น อาจเป็นสาเหตุทำให้เนื้อฟันเปลี่ยนสี ดังนั้น Grossman จึงได้ปรับปรุงสูตรขึ้นใหม่ในปี ค.ศ. 1958 โดยแทนตะกอนของเงินด้วย บิสมัส ซับคาร์บอเนต (Bismuth subcarbonate) และ แบเรียมซัลเฟต (Barium sulfate) ในขณะเดียวกันก็เลิกใช้แคนาดา บาลซัมในส่วนผสมที่เป็นของเหลว แต่เพิ่ม สวีทออยล์ ออฟ อัลมอนด์ (Sweet oil of almond) ลงไปแทน สูตรนี้ได้ผลิตออกขายในชื่อการค้าว่า ProcoSol Non-Staining Root Canal Cement อยู่เป็นเวลาหลายปี ต่อมาในปี ค.ศ. 1974 ก็ได้มีการปรับปรุงสูตรอีกโดยเพิ่ม โซเดียม บอเรต

(Sodium borate) ในส่วนผง และนำส่วนประกอบอื่นออกเหลือเพียงยูจีนอลอย่างเดียวในส่วนผสมที่เป็นของเหลว จึงเห็นได้ว่าโพรโคซอล หรืออีกนัยหนึ่ง คือ ซีลเลอร์สูตรกรอสแมน[16] มีประวัติการพัฒนาและการใช้ในงานรักษาคลองรากฟันมานาน อีกทั้งยังได้รับการยอมรับว่าเป็นวัสดุที่สมควรเลือกใช้ (Material of choice)[17] ด้วยเหตุนี้เอง จึงมักมีผู้นำมาเป็นตัวอย่างในการศึกษาคุณสมบัติด้านต่างๆ กันมาก ถึงแม้ว่าต่อมาจะมีการพัฒนาซีลเลอร์ชนิดใหม่ๆ ขึ้นมาอีก ก็มักมีการนำไปศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติกับโพรโคซอลอยู่เสมอ[16,18-22]

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นคณะทันตแพทยศาสตร์แห่งแรกในประเทศไทย ได้มีการพัฒนารูทคะแนลซีลเลอร์ขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาเอ็นโดดอนต์มาตั้งแต่เริ่มแรก โดยยึดถือสูตรของกรอสแมน[23] เป็นพื้นฐาน และในเวลาต่อมาได้มีการปรับปรุงจนได้เป็นสูตรที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน[24] (ตารางที่ 1) อาจกล่าวได้ว่าสูตรและวิธีการผลิตของจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์นี้ ได้เป็นต้นแบบของซีลเลอร์ที่ผลิตขึ้นเพื่อจำหน่ายในประเทศไทย ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปในวงการทันตแพทย์ ไม่ว่าจะเป็นในสถาบันการศึกษา โรงพยาบาล ตลอดจนคลินิกเอกชน อย่างไรก็ตามนับจากอดีตเป็นต้นมา ยังไม่มีรายงานการทดสอบโดยยึดถือตามมาตรฐานสากล เกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานของซีลเลอร์ที่ผลิตขึ้นใช้เองภายในประเทศชนิดนี้เลย จึงยังไม่มีข้อมูลว่าวัสดุทันตกรรมดังกล่าว มีคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานที่สำคัญอย่างไรบ้างเมื่อเปรียบเทียบกับซีลเลอร์ที่ผลิตขึ้นจำหน่ายและเป็นที่นิยมใช้ในต่างประเทศ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานที่สำคัญบางประการ ของจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ และเปรียบเทียบคุณสมบัติดังกล่าวกับโพรโคซอลซีลเลอร์

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของ จุฬารูทคะแนลซีลเลอร์[24] โพรโคซอล[26] และซีลเลอร์สูตรกรอสแมน[23]

Table 1 Composition of CU root canal sealer[24], Proco-Sol®[26] and Grossman's sealer[23]

Composition		Percentage by weight			
		Chula sealer	Proco-Sol®	Grossman's sealer	
Powder	ZnO			ZnO	42
	Hydrogenated resin			Staybelite resin	27
	Bismuth subcarbonate			Bismuth subcarbonate	15
	Barium sulfate			Barium sulfate	15
	Sodium borate			Sodium borate	1
Liquid					

วัสดุและวิธีการ

วัสดุที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีสองชนิด คือ จุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ ซึ่งผลิตโดยภาควิชาเภสัชวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ โพรโคซอลซีลเลอร์ (Den-Tal-Ez, Inc., Lancaster, PA, U.S.A.) โดยทำการทดสอบหาข้อมูลของคุณสมบัติทางกายภาพดังต่อไปนี้ คือ ความข้น (Consistency) เวลาก่อตัว (Setting time) ความทนต่อแรงอัด (Compressive stength) ความหนาของฟิล์ม (Film thickness) และ การละลายตัว (Solubility) วิธีการที่ใช้ทดสอบได้ยึดถือตาม International Standard ISO 6876 for dental root canal sealing materials[14] และ Revised ANSI/ADA Specification No. 30 for dental zinc oxide-eugenol cements and zinc oxide non-eugenol cements[25]

การเตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

วัสดุและอุปกรณ์ทุกชิ้นที่ใช้ในการทดสอบ ได้เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 23 ± 1°C ความชื้นสัมพัทธ์ 50 ± 2% อย่างน้อย 1 ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบ การผสมซีลเลอร์กระทำที่อุณหภูมิ 23 ± 1°C ความชื้นสัมพัทธ์ 50 ± 2% อัตราส่วนและวิธีการผสมของโพรโคซอลซีลเลอร์ยึดถือตามคำแนะนำของบริษัท[26] สำหรับจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ใช้อัตราส่วนของผงปริมาณ 420 มิลลิกรัม ต่อ น้ำมันกานพลู (Oil of clove) 0.1 มิลลิลิตร ตามอัตราส่วนที่ได้จากการทดลองนำร่อง ซึ่งเมื่อผสมแล้วจะได้ความข้นที่เหมาะสมตามคำแนะนำสำหรับการใช้ซีลเลอร์ชนิดนี้ในคลินิก คือหลังจากผสมจนเข้ากันดีแล้ว เมื่อยกไม้พายที่ใช้ผสมขึ้นเนื้อของซีลเลอร์จะยืดขึ้นได้ระยะสูงประมาณ 1 นิ้ว ก่อนขาดออกจากกัน[19,23]

การทดสอบหาค่าความข้น (Consistency)

อุปกรณ์

1. แผ่นแก้วที่มีผิวแบนราบ น้ำหนัก 20 กรัม จำนวน 2 แผ่น
2. แท่งน้ำหนักขนาด 100 กรัม

วิธีทดสอบ

ผสมซีลเลอร์ ตามวิธีการที่กำหนด ใส่ในหลอดฉีดยาแก้ว แล้วฉีดวัสดุจำนวน 0.5 ± 0.05 มิลลิลิตร ลงบนแผ่นแก้วแผ่นหนึ่ง รอจนเวลาผ่านไปนับจากเริ่มผสม 3 นาที จึงนำแผ่นแก้วอีกแผ่นหนึ่งพร้อมกับแท่งน้ำหนักที่มีน้ำหนักรวมกับแผ่นแก้วเท่ากับ 120 ± 0.5 กรัม วางลงบนส่วนกลางของกองซีลเลอร์อย่างช้า ๆ ทิ้งไว้เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำชิ้นน้ำหนักออก จากนั้นวัดความยาวของเส้นผ่าศูนย์กลางหลัก (Major diameter) และเส้นผ่าศูนย์กลางรอง (Minor diameter) ของซีลเลอร์เป็นมิลลิเมตรแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ทำการทดสอบซ้ำจนครบสามครั้ง ค่าเฉลี่ยที่ได้จากทั้งสามการทดสอบ คือ ค่าความข้น

การทดสอบหาเวลาก่อตัว (setting time)

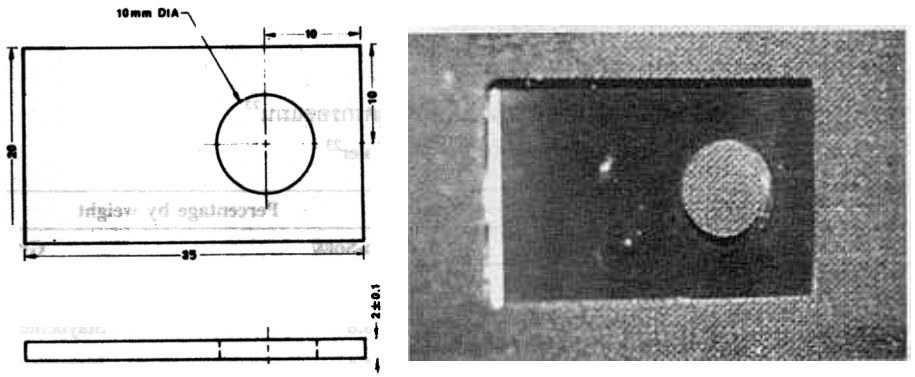
อุปกรณ์

1. ตู้ควบคุมที่สามารถรักษาระดับอุณหภูมิไว้ที่ 37°C ± 1°C และความชื้นสัมพัทธ์ 95–100%

2. เข็มกด (Indentor needle) ที่มีน้ำหนัก 400 ± 2 กรัม มีหน้าตัดที่แบนตรงปลาย และเส้นผ่าศูนย์กลางของหน้าตัดเท่ากับ 1.00 ± 0.1 มม.

3. แม่พิมพ์โลหะสี่เหลี่ยมที่มีรูวงกลม ตามขนาดที่แสดงดังรูปที่ 1

4. แผ่นแก้วแบน ความหนาประมาณ มม.



รูปที่ 1 แม่พิมพ์สำหรับการทดสอบหาเวลาก่อตัว

Fig.1 Mold for determination of setting time.

วิธีทดสอบ

วางแม่พิมพ์บนแผ่นแก้ว ผสมซีลเลอร์ใส่ลงในแม่พิมพ์ให้เต็มเสมอระดับผิวหน้า หลังจากผสมแล้วเป็นเวลา 3 นาที จึงนำเข้าไปทดสอบในตู้ควบคุม โดยค่อย ๆ ปล่อยเข็มลงสู่ผิวซีลเลอร์ในแนวดิ่ง ซึ่งเข็มจะกดผิวเป็นหลุมลงไป ทำการทดสอบทุกช่วงเวลา 15 วินาที จนกระทั่งสังเกตเห็นว่าเข็มไม่สามารถกดลงบนผิวซีลเลอร์ได้อีกต่อไปแล้ว เวลาตั้งแต่เริ่มผสมจนถึงเวลาที่เข็มไม่สามารถกดลงบนผิวซีลเลอร์ได้ คือเวลาก่อตัว ทำการทดสอบซ้ำสามครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยของเวลาดังกล่าวที่ใกล้หน่วยของ 15 วินาที

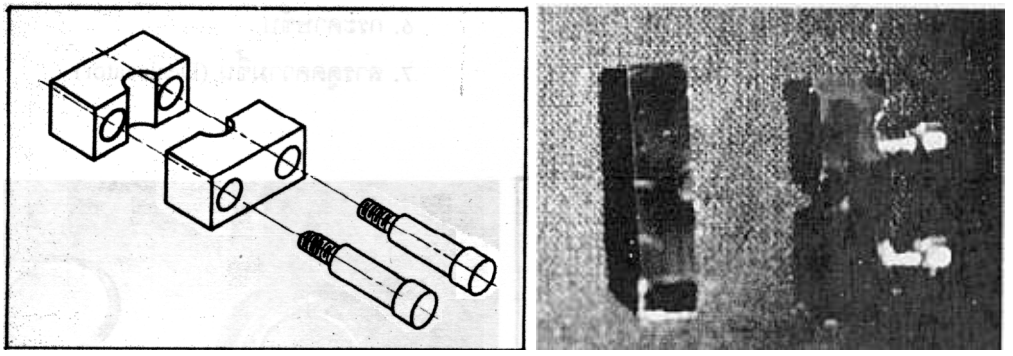
การทดสอบหาค่าความทนต่อแรงอัด (Compressive strength)

อุปกรณ์

1. ตู้ควบคุมที่สามารถรักษาระดับอุณหภูมิที่ 37°C ± 1°C และความชื้นสัมพันธ์ 95–100%

2. แม่พิมพ์โลหะที่แยกส่วนได้ ซึ่งมีความสูง 6 มม. และเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องภายในเท่ากับ 4 มม. ดังรูปที่ 2

3. ไขซิลิโคน (silicone grease) สำหรับใช้เคลือบบนแม่พิมพ์ ก่อนการเตรียมตัวอย่าง



รูปที่ 2 แม่พิมพ์สำหรับใช้เตรียมตัวอย่างในการทดสอบความทนต่อแรงอัด

Fig.2 Mold for preparation of compressive strength test specimens.

4. เครื่องอัดโดยวิธีขันสกรู (Screw clamp)

5. เครื่อง Universal testing machine ที่ใช้ cross-head speed เท่ากับ 1.00 ± 0.25 มม.ต่อนาที

วิธีทดสอบ

ผสมซีลเลอร์ ใส่ลงในแม่พิมพ์ที่วางบนแผ่นแก้ว โดยให้เกินไว้เล็กน้อย และทำให้เสร็จภายใน 1 นาทีหลังการผสม แล้วนำแผ่นแก้วอีกชิ้นวางทับด้านบน บีบเข้าด้วยกัน นำเข้าไปอัดในเครื่องอัด ขันสกรูให้แน่น นำทั้งหมดนี้ใส่ในตู้ควบคุมภายใน 2 นาทีหลังจากเริ่มผสม

เมื่อครบ 1 ชั่วโมงหลังจากเริ่มผสม ได้นำแผ่นแก้วออก ขัดผิวส่วนปลายของตัวอย่างให้เรียบ และตั้งฉากกับแนวแกน ยาวด้วยกระดาษทรายน้ำ จากนั้นแกะตัวอย่างออกมาสำรวจดูว่ามีฟองอากาศหรือมีการแตกหักของขอบหรือไม่ ซึ่งถ้ามีก็จะคัดออก ไม่ใช้เป็นตัวอย่าง นำตัวอย่างที่ดีไปแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37°C ± 1°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นแช่ตัวอย่างในน้ำกลั่นอีกอย่างน้อย 15 นาที ก่อนทำการทดสอบด้วยเครื่อง universal testing machine บันทึกแรงที่มากสุดที่ทำให้ชิ้นตัวอย่างแตก แล้วคำนวณค่าความทนต่อแรงอัด จากสูตร $K = 4F/\pi d^2$ โดย K คือ ความทนต่อแรงอัด (เมกกะปาสคาล) F คือ แรงที่มากที่สุดที่ใช้ (นิวตัน) และ d คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นตัวอย่าง (มม.) ทำซ้ำจำนวน 12 ตัวอย่าง

การหาค่าความหนาของฟิล์ม (Film thickness)

อุปกรณ์

1. แผ่นแก้ว 2 แผ่น ที่มีความหนาสม่ำเสมอ 5 มม. โดยตลอด มีพื้นที่ผิวสัมผัสประมาณ 200 มม.^{2} ± 10 มม.^{2}

2. เครื่องกด ที่ใช้แรง 147 นิวตัน (15 ก.ก.) สามารถกดลงในแนวดิ่งได้อย่างนุ่มนวลโดยที่แผ่นแก้วไม่มีการหมุน

3. ไมโครมิเตอร์ (micrometer) ที่วัดความละเอียดได้ถึง 1 ไมครอน

วิธีทดสอบ

วัดความหนาของแผ่นแก้ว 2 ชิ้น ที่วางทับกันสนิท (สมมติเป็นค่า A) จากนั้นผสมซีลเลอร์ นำไปวางบนกึ่งกลางของแผ่นแก้วแผ่นหนึ่ง แล้วใช้แผ่นแก้วอีกแผ่นหนึ่งปิดทับลงมา เมื่อเวลาผ่านไป 3 นาทีหลังจากเริ่มผสม จึงใช้แรงกดขนาด 147 นิวตัน กดบนชิ้นตัวอย่างเป็นเวลา 8 นาที จากนั้นวัดความหนาของแผ่นแก้วสองแผ่นซึ่งมีซีลเลอร์อยู่ตรงกลางนั้น (สมมติเป็นค่า B) ดังนั้น ค่าความหนาของฟิล์มจะมีค่าเท่ากับ B-A

ทำการทดสอบ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยที่ใกล้หน่วย 1 ไมครอน

การหาค่าการละลายตัว (Solubility)

อุปกรณ์

1. ตู้ควบคุมที่สามารถรักษาระดับอุณหภูมิที่ 37°C ± 1°C และความชื้นสัมพัทธ์ 95-100%

2. แม่พิมพ์โลหะรูปวงแหวนที่มีปลายแยกออกจากกันได้ มีความสูง 1.5 มม. และเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเท่ากับ 20 มม. ดังรูปที่ 3

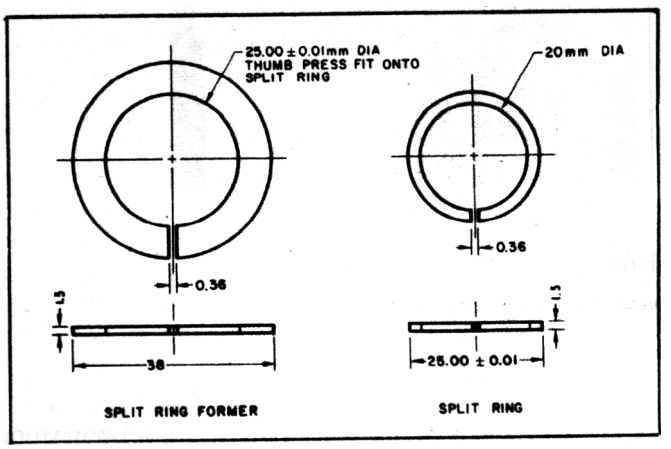
3. ลวดที่ทำจากโลหะปลอดสนิม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.25 มม. ความยาวประมาณ 50 มม. แต่ละอันได้บันทึกน้ำหนักไว้เป็นมิลลิกรัม

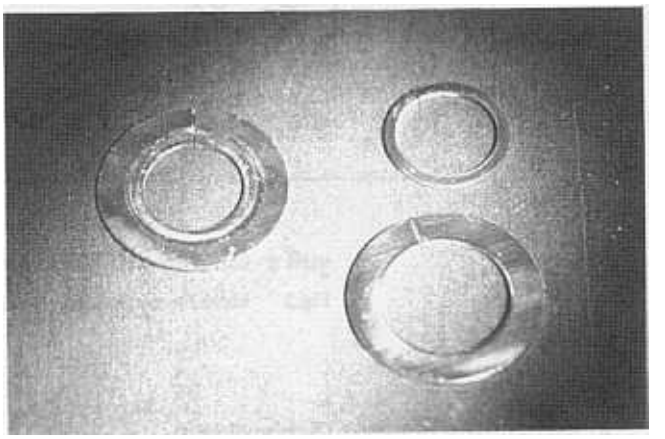
4. แผ่นโพลีเอทธีลีน (Polyethylene sheet)

5. ขวดปากกว้างที่ทราบน้ำหนักขวด ความจุอย่างน้อย 50 มิลลิลิตร

6. กระดาษซับ

7. สารดูดความชื้น (Desiccator)





รูปที่ 3 แม่พิมพ์โลหะรูปวงแหวนที่มีปลายแยกออกจากกันได้ สำหรับการเตรียมตัวอย่างในการทดสอบการละลายตัว

Fig.3 Split ring and split ring former for preparation of solubility specimens.

วิธีทดสอบ

เตรียมตัวอย่าง 2 ชิ้น แต่ละชิ้นทำโดยวางแม่พิมพ์บนแผ่นโพลีเอทธีลีน ที่รองด้วยแผ่นแก้วอีกทีหนึ่ง ผสมซีลเลอร์ใส่ในแม่พิมพ์วางลวดลงในชิ้นตัวอย่างในขณะที่ซีลเลอร์ยังเหลวอยู่ โดยให้ยื่นเข้าไปในแม่พิมพ์อย่างน้อย 10 มม. จากนั้นปิดทับด้วยแผ่นโพลีเอทธีลีน และแผ่นแก้วอีกชิ้นหนึ่ง กดให้แน่น เมื่อเวลาผ่านไปนับจากเริ่มผสม 3 นาที จึงยึดแม่พิมพ์และแผ่นแก้วเหล่านั้นไว้ ด้วยเครื่องหนีบ (Spring clamp) นำไปเก็บในตู้ควบคุม เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงแกะชิ้นตัวอย่างออกจากแม่พิมพ์ ตัดส่วนเกินออก แล้วนำตัวอย่างสองชิ้นนี้ไปแขวนในขวดปากกว้างโดยไม่ให้ชิ้นตัวอย่างสัมผัสกับขวด (รูปที่ 4) นำไปชั่งแล้วคำนวณหาน้ำหนักสุทธิของเนื้อซีลเลอร์เป็นมิลลิกรัม (M1) จากนั้นจึงเติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตรลงไปในขวดปิดฝาให้สนิทแล้วเก็บในตู้ควบคุม เมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง จึงนำชิ้นตัวอย่างออกมาล้างด้วยน้ำกลั่นปริมาณเล็กน้อย ซับด้วยกระดาษซับ นำไปเก็บในขวดดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำอีกหลายครั้ง จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ (M2)

คำนวณค่าการละลายตัวเป็นร้อยละของน้ำหนัก (D) จากสูตร $D = (M1-M2) \times 100/M1$

ทำการทดสอบ 2 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยโดยใช้ทศนิยมสองตำแหน่ง

รูปที่ 4 ชิ้นตัวอย่างสองชิ้น แขวนแช่อยู่ในน้ำกลั่นในขวดปากกว้างโดยไม่สัมผัสกับขวด

Fig.4 The two specimens being immersed in distilled water without touching the container.

ผลการศึกษา

ค่าความข้น ค่าเวลาก่อตัว ค่าความทนต่อแรงอัด ค่าความหนาของแผ่นฟิล์ม และค่าการละลายตัวในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 ตารางที่ 3 ตารางที่ 4 ตารางที่ 5 และตารางที่ 6 ตามลำดับ จากการทดสอบด้วยสถิติ t-test พบว่า ค่าทั้งหมดจากกลุ่มตัวอย่างทั้งสองนั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าความข้นของจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์และโพรโคซอล (มม.

Table 2 Consistency of CU root canal sealer and Proco-Sol (mm)

Types of sealer	Samples			Mean	S.D.
	1	2	3		
CU sealer	27.00	28.05	27.67	27.57	0.53

ตารางที่ 3 เวลาก่อตัวของจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ และโพรโคซอล

Table 3 Setting time of CU root canal sealer and Proco-Sol

Types of sealer	Samples			Mean
	1	2	3	
CU sealer	49 h 45 min	49 h 30 min	49 h 40 min	49 h 38 min

ตารางที่ 4 ค่าความทนต่อแรงอัดของจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ และโพรโคซอล (เมกกะปาสคาล)

Table 4 Compressive strenght of CU root canal sealer and Proco-Sol (MPa)

Types of sealer	Mean	S.D.
CU sealer	1.189	0.304

ตารางที่ 5 ค่าความหนาของแผ่นฟิล์มของจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ และโพรโคซอล (มม.)

Table 5 Film thickness of CU root canal sealer and Proco-Sol (mm)

Types of sealer	Samples			Mean	S.D.
	1	2	3		
CU sealer	0.101	0.108	0.102	0.104	0.004

ตารางที่ 6 ค่าการละลายตัวของจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์และโพรโคซอล (%)

Table 6 Solubility of CU root canal sealer and Proco-Sol (%)

Types of sealer	Samples		Mean	S.D.
	1	2		
CU sealer	7.65	7.50	7.57	0.106

วิจารณ์

ซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีลเลอร์ เป็นซีลเลอร์ที่มีผู้ผลิตออกมาจำหน่ายหลายบริษัทด้วยกัน ซึ่งจะสังเกตได้ว่าไม่มีสูตรที่แน่นอนตายตัว โดยสารที่เป็นส่วนผสมตัวอื่นๆ อาจแตกต่างกันออกไปทั้งชนิดและปริมาณ และเกือบทั้งหมด ก็ได้ยึดถือใช้ตามๆ กันมาเป็นประเพณีโดยไม่มีเหตุผลอธิบายที่ชัดเจน[20] ดังนั้นการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของซีลเลอร์แต่ละชนิดจึงทำได้ค่อนข้างลำบาก อีกทั้งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในอดีตส่วนใหญ่ ก็ไม่ได้มาจากการศึกษาที่ใช้มาตรฐานการทดสอบเดียวกัน เนื่องจากในระยะหลัง ได้มีการปรับปรุงและกำหนดมาตรฐานการทดสอบขึ้นมาใหม่อีกหลายครั้ง

แม้ว่าโพรโคซอลซีลเลอร์ จะไม่มีจำหน่ายในประเทศไทย แต่เนื่องจากเป็นซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีลเลอร์ ที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย และเป็นที่นิยมนำมาใช้เป็นหลักในการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติกับซีลเลอร์ชนิดอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งซีลเลอร์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ๆในภายหลัง[16,18-22] อีกทั้งยังมีสูตรเหมือนกับจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ทุกประการ (ตารางที่ 1) จึงนับว่ามีความเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับนำมาใช้ทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติกับจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ ในการศึกษาครั้งนี้ ได้พยายามควบคุมให้การผสมซีลเลอร์ เป็นไปอย่างสม่ำเสมอคงที่ทุกครั้ง โดยการผสมโพรโคซอล ได้ทำตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ซึ่งใช้ระยะเวลาในการผสม 3-5 นาที จนได้ส่วนผสมที่เนียนเข้ากันดี และได้ความข้นในลักษณะที่เมื่อยกไม้พายด้านแบนขึ้นจากซีลเลอร์อย่างช้าๆ แล้ว ส่วนผสมสามารถยืดขึ้นมาได้อย่างน้อย 1 นิ้วก่อนที่จะขาดออกจากกัน ตามหลักที่แนะนำสำหรับการใช้งานในคลินิกของซีลเลอร์ประเภทนี้[19,23] สำหรับจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์นั้น จากการทดลองนำร่องพบว่า ความข้นดังกล่าวนี้จะต้องใช้ส่วนผง 420 มิลลิกรัม ต่อน้ำมันกานพลู 0.1 มิลลิลิตร ซึ่งสอดคล้องกับที่ Stecher กล่าวไว้ ว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมอาจอยู่ที่ประมาณ 1-5 กรัม ต่อ 1 มิลลิลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าจะต้องการคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ในด้านใด[27] อย่างไรก็ตามควรคำนึงไว้เสมอว่าในการใช้งานจริงในคลินิกนั้นยากที่จะควบคุมอัตราส่วนดังกล่าวให้คงที่ทุกครั้งได้

ค่าความข้น จะแสดงถึงความสามารถของซีลเลอร์ในการแทรกตัวเข้าสู่ส่วนขรุขระของผนังคลองรากฟันและคลองรากย่อย (Accessory canals) จากการที่พบว่าจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์มีค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่าโพรโคซอลซีลเลอร์ ถ้าดูจากเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในการทดสอบแล้ว สามารถแปลผลได้ว่ามีความข้นมากกว่าโพรโคซอลนั่นเอง เพราะวัสดุที่ข้นกว่าเมื่อถูกน้ำหนักกดทับ ย่อมแผ่ตัวออกไปโดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางที่น้อยกว่า เพื่อไม่ให้เกิดความสับสน ในบางครั้งจึงเรียกค่าที่วัดได้นี้ว่าเป็นการไหล (Flow)[28] แทน โดยถ้าค่าที่วัดได้มีค่าน้อยก็แสดงว่ามีการไหลน้อยด้วย (แต่ในทางกลับกันคือมีความข้นมาก) Grossman[19] ได้ศึกษา การไหลของซีลเลอร์หลายชนิด โดยการหยดซีลเลอร์ที่ผสมแล้วลงบนแผ่นแก้วแล้วตั้งในแนวดิ่งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แต่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในระหว่างการทดลอง การวัดค่าพิจารณาจากระยะทางที่ซีลเลอร์ไหลลงมาเป็นเซ็นติเมตร พบว่า โพรโคซอล อยู่ในประเภทที่มีการไหลระดับปานกลาง ในขณะที่ McComb และ Smith[20] ใช้วิธีการทดสอบตาม ADA Specification No.8 for Zinc phosphate cement ซึ่งคล้ายกับวิธีที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ แต่ได้วัดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เวลา 10 นาทีหลังการผสม แทนที่จะเป็น 6 นาที พบว่าค่าการไหลของซีลเลอร์ที่ศึกษา 11 ชนิด มีช่วงกว้างมากตั้งแต่ 20-46 มม. โดยโพรโคซอลมีค่าประมาณ 30 มม. ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ Ørstavik[21] ได้ศึกษาการไหลของซีลเลอร์ 23 ชนิด โดยใช้วิธีการทดสอบตาม ISO Standard for dental zinc phosphate cement ซึ่งมีวิธีการที่แตกต่างจากที่ใช้ในครั้งนี้พอสมควร พบว่า อัตราส่วนระหว่างผงกับส่วนผสมที่เป็นของเหลวมีผลต่อการไหล ในซีลเลอร์บางชนิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนดังกล่าวนี้เพียงเล็กน้อยก็ทำให้ค่าการไหลเปลี่ยนไปมาก แต่พบว่าโพรโคซอลไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนดังกล่าว และให้ส่วนผสมที่มีการไหลค่อนข้างสม่ำเสมอ เป็นที่น่าสังเกตว่า ยังไม่มีรายงานในอดีตใดๆ เกี่ยวกับการไหล หรือความข้นของรูทคะแนลซีลเลอร์ที่ใช้วิธีทดสอบแบบเดียวกับที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ซึ่งพบว่าจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์มีการไหลน้อยกว่าโพรโคซอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาของ Weisman[29] ที่พบว่าขนาดของอนุภาคนั้นมีบทบาทต่อการไหลของซีลเลอร์ โดยซีลเลอร์ที่มีอนุภาคขนาดเล็กจะมีการไหลที่ดีกว่า อาจนำมาใช้อธิบายในกรณีนี้ได้ว่า คงเป็นเพราะจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ มีขนาดอนุภาคของผงที่ใหญ่กว่าผงของโพรโคซอลนั่นเองจึงทำให้มีการไหลน้อยกว่า โดยเฉพาะในขบวนการผลิตนั้น ส่วนประกอบที่เป็นเรซินของจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ ได้นำยางสนมาขูดและบดในโกร่งด้วยมือ แล้วนำไปกรองผ่านแร่ง จึงอาจได้ขนาดอนุภาคที่ไม่สม่ำเสมอ และไม่ละเอียดเท่ากับโพรโคซอลที่ผลิตในทางอุตสาหกรรม

ปฏิกิริยาก่อตัวของ ซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีลเลอร์นั้น เป็นปฏิกิริยา คีเลชัน (Chelation) โดยมีสองโมเลกุลของยูจีนอลทำปฏิกิริยากับหนึ่งโมเลกุลของซิงค์ออกไซด์ เกิดเป็นซิงค์ยูจีโนเลท (Zinc eugenolate) โดยมีน้ำเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการแข็งตัว เพราะถ้าส่วนผงปราศจากน้ำอย่างสมบูรณ์แล้ว เมื่อนำไปผสมกับยูจีนอลจะไม่มีการก่อตัวเกิดขึ้น[28] ในอดีตมีการศึกษาถึงเวลาก่อตัวของโพรโคซอลโดยใช้วิธีการทดสอบต่าง ๆกัน ทำให้ได้ผลที่แตกต่างกันอย่างมาก Higginbotham[18] ได้ทดสอบเวลาก่อตัวของซีลเลอร์หลายชนิด โดยใช้วิธีการทดสอบตาม ADA specification No.8 พบว่าสำหรับโพรโคซอลนั้น หลังจากสิ้นสุดเวลาของการทดสอบแล้ว จะพบเพียงลักษณะฟิล์มบาง ๆ อยู่บนผิวของชิ้นตัวอย่างเท่านั้น โดยภายในก้อนวัสดุยังไม่มีการแข็งตัวอย่างแท้จริง แต่ถ้าหากใช้วิธีการนำซีลเลอร์มาฉาบบาง ๆ บนแผ่นแก้ว จึงพบว่ามีการแข็งตัวเกิดขึ้น Caicedo และ von Fraunhofer[22] พบว่าเวลาก่อตัวของโพรโคซอล อาจนานมากกว่าสองสัปดาห์ แต่ Grossman[19] พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 36-42 ชั่วโมง ในขณะที่ McComb และ Smith[20] พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 70 นาทีเท่านั้น ความแตกต่างของค่าเหล่านี้น่าจะเกิดเนื่องจาก ในแต่ละการศึกษาใช้วิธีการทดสอบ ตลอดจนเกณฑ์ในการวัดที่แตกต่างกัน และยังไม่มีการศึกษาใดที่รายงานเวลาก่อตัวของโพรโคซอล โดยใช้วิธีการทดสอบเดียวกับที่ใช้ในครั้งนี้ ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของเวลาก่อตัวของโพรโคซอลเท่ากับ 12 ชั่วโมง 33 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับเวลาก่อตัวของจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 49 ชั่วโมง 38 นาทีแล้ว จะเห็นว่าแตกต่างกันมาก ซึ่งอาจอธิบายได้ด้วยเหตุผลหลายประการ ประการแรกเมื่อพิจารณาจากส่วนผสมที่เป็นเรซินนั้น ทางภาควิชาเภสัชวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาฯ ได้ใช้วัตถุดิบคือยางสนที่นำเข้าจากประเทศจีน ซึ่งอาจมีคุณสมบัติทางเคมีบางประการที่แตกต่างจากชนิดของเรซิน ที่ใช้เป็นส่วนผสมของโพรโคซอล ประการที่สอง วัตถุดิบนี้มีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มากน้อยไม่เท่ากันในแต่ละรุ่นขึ้นอยู่กับฤดูกาลที่เก็บยางสน โดยจะสังเกตได้จากสีที่มีความเข้มหรืออ่อนไม่เท่ากัน ดังนั้นปริมาณของน้ำที่มีอยู่อาจมีผลต่อเวลาก่อตัวไม่มากก็น้อย เรซินเป็นตัวช่วยให้ผสมซีลเลอร์ได้ง่ายขึ้น ทำให้มีความเหนียวยึดเกาะกับผนังคลองรากได้ดี แต่ก็มีผลทำให้เวลาก่อตัวช้าลง[28] ประการที่สาม ขบวนการผลิตจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์นั้นเป็นการเตรียมด้วยมือทั้งหมด จึงอาจไม่สามารถควบคุมให้ได้มาตรฐานคงที่ทุกขั้นตอน อันหมายรวมถึง ขนาดของอนุภาคของส่วนประกอบต่าง ๆ ที่เป็นส่วนผงที่อาจมีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งถือว่ามีความสำคัญต่อการก่อตัวของซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีลเลอร์ด้วย[30] Norman และคณะ[31] ได้พบว่าผงที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ จะมีเวลาก่อตัวที่ช้ากว่าผงที่มีขนาดอนุภาคเล็ก ประการสุดท้าย การที่จุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ใช้น้ำมันกานพลู ซึ่งมียูจีนอลเพียง 85%[32] เป็นส่วนผสม อัตราของการเกิดปฏิกิริยาย่อมต้องช้ากว่าที่เกิดกับโพรโคซอลซึ่งใช้ยูจีนอล 100% อย่างไรก็ตาม เวลาก่อตัวที่ได้จากการทดสอบบนแผ่นแก้ว อาจไม่มีความสัมพันธ์กับเวลาก่อตัวที่เกิดขึ้นจริงในคลองรากฟัน เพราะนอกจากอุณหภูมิและความชื้นในคลองรากฟันแล้ว ยังพบว่าความหนาของฟิล์มของซีลเลอร์ก็มีบทบาทสำคัญด้วย[19] ซึ่งอาจพิสูจน์ได้จากการสังเกตเห็นว่า การก่อตัวของซีลเลอร์ที่ผสมเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ บนแผ่นแก้ว จะมีการก่อตัวที่เร็วกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับซีลเลอร์ที่ผสมเป็นก้อนใหญ่โดยใช้ส่วนผสมที่เป็นของเหลวมากขึ้น

ถึงแม้ว่ายังไม่มีผู้ที่กำหนดเวลาก่อตัวที่เหมาะสมของรูทคะแนลซีลเลอร์ไว้อย่างชัดเจน แต่ก็ควรเป็นเวลาที่พอเหมาะไม่เร็วเกินไป เพื่อจะได้มีเวลาในการทำงาน หรือปรับแต่งกัตตาเปอร์ชาหลังจากอุดไปแล้วได้บ้าง ในขณะเดียวกันก็ไม่ควรช้าเกินไป เพราะส่วนเกินของยูจีนอลอิสระที่ยังไม่เกิดคีเลชันอย่างสมบูรณ์อาจมีโอกาสก่อให้เกิดความระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟันได้ Block และคณะ[33] พบว่ายูจีนอลอิสระในซีลเลอร์ มีความเป็นพิษต่อเซลล์ และยังมีโอกาสเป็นแอนติเจนได้อีกด้วย

มีผู้ศึกษาวิจัยจำนวนไม่มากนักที่เน้นถึงความสำคัญในเรื่องของความทนต่อแรงอัดของซีลเลอร์ แต่ถึงกระนั้นคุณสมบัติข้อนี้ก็น่าจะยังเป็นสิ่งที่ต้องการอยู่ เพราะเป็นการแสดงให้เห็นว่าซีลเลอร์นั้นมีความคงทนถาวร อีกทั้งอาจช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับฟันและช่วยป้องกันการขยับของแท่งกัตตาเปอร์ชาในระหว่างการทำแกนเดือยอีกด้วย Stewart[34] และ Curson และ Kirk[35] ได้ศึกษาพบว่าซีลเลอร์ชนิดต่าง ๆ มีความแข็งแรงแตกต่างกันออกไปเป็นอย่างมาก McComb และ Smith[20] ได้วัดค่าความทนต่อแรงอัดโดยใช้วิธีการของ ADA specification No.8 พบว่า ซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีลเลอร์ที่มีอายุหนึ่งสัปดาห์นั้น ชนิดที่มีค่าความทนต่อแรงอัดสูงสุดคือ รอธ 511 (Roth 511) และ โพรโคซอล ในขณะที่ ทิวบลิซีล (Tubliseal) มีค่าต่ำสุด แต่ von Fraunhofer และ Branstetter[16] ได้ศึกษาตัวอย่างที่มีอายุหนึ่งสัปดาห์แต่ด้วยวิธีการที่ต่างกัน พบว่าโพรโคซอล และ

ทิวบลิซีล มีค่าความทนต่อแรงอัดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามค่าความทนต่อแรงอัดดังกล่าวก็ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ศึกษาได้ในครั้งนี้ เนื่องจากวิธีการทดสอบยังคงแตกต่างกันอยู่นั่นเอง การที่ความทนต่อแรงอัดของจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ มีค่าต่ำกว่าของโพรโคซอลอย่างมีนัยสำคัญ อาจอธิบายได้ว่าเกิดจากส่วนผสมที่เป็นของเหลวของจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ที่ใช้น้ำมันกานพลูซึ่งมีปริมาณยูจีนอลที่จะไปทำปฏิกิริยากับซิงค์ออกไซด์น้อยกว่า อีกทั้งคุณภาพของเรซินซึ่งเป็นตัวลดความเปราะบางของซีลเลอร์ อาจแตกต่างไปจากเรซินที่ใช้เป็นส่วนผสมในโพรโคซอล อย่างไรก็ดี ยังไม่เป็นที่ตกลงกันว่าความแข็งแรงของรูทคะแนลซีลเลอร์ที่เหมาะสมควรเป็นเท่าใด และในขณะเดียวกัน ก็ยังไม่มีรายงานถึงปัญหาที่พบในคลินิกจากการใช้ซีลเลอร์ที่มีความแข็งแรงน้อยกว่า[15]

จากการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่าจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์มีค่าการไหลน้อยกว่าโพรโคซอล ทำให้คิดว่าน่าจะมีค่าความหนาของฟิล์มมากกว่าด้วย แต่จากการทดสอบกลับพบว่าจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์มีค่าความหนาของฟิล์มน้อยกว่าของโพรโคซอลอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานในอดีต ซึ่งพบว่าคุณสมบัติของการไหล[19,20,29] นั้น มีความสัมพันธ์น้อยมากกับค่าความหนาของฟิล์ม[18] การที่รูทคะแนลซีลเลอร์มีค่าความหนาของฟิล์มน้อย ย่อมเป็นประโยชน์ในกรณีที่ใช้อุดร่วมกับกัตตาเปอร์ชา เพราะจะทำให้ได้ปริมาณเนื้อกัตตาเปอร์ชาที่อุดในคลองรากมากขึ้น[15]

ในเรื่องคุณสมบัติด้านการละลายตัวนั้นรูทคะแนลซีลเลอร์ไม่ควรมีการละลายตัวเลยถ้าเป็นไปได้ เพราะในขณะที่มีการละลายตัวนั้น อาจมีการปล่อยสารที่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อออกมา[28] เนื่องจากซิงค์ยูจีโนเลทสามารถถูกไฮโดรไลซ์ (hydrolyzed) โดยความชื้นหรือน้ำได้ง่ายมาก ได้เป็นยูจีนอลและซิงค์ไฮดรอกไซด์ ซึ่งเมื่อสัมผัสกับเนื้อเยื่อโดยตรง จะมีฤทธิ์กระตุ้นให้เกิดการแพ้ และความระคายเคือง[36] Higginbotham[18] ได้ศึกษาการละลายตัวของโพรโคซอลเมื่อแช่ในน้ำกลั่นเป็นเวลาหนึ่งสัปดาห์ โดยใช้วิธีวัดน้ำหนักของสารที่ตกค้างอยู่หลังจากที่ทำการระเหยน้ำออกไปแล้ว พบว่ามีค่าต่ำมาก คือ 0.11% ในขณะที่ McComb และ Smith[20] ใช้วิธีหาความแตกต่างของน้ำหนักของวัสดุก่อนและหลังการแช่ในน้ำ ซึ่งเป็นวิธีเดียวกับที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ พบว่าโพรโคซอลมีค่าการละลายตัวที่สูงกว่าการศึกษาแรก คือ 1.24% โดยมีค่าพอ ๆ กับซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีลเลอร์ชนิดอื่น และให้ความเห็นว่าวิธีการทดสอบที่ใช้ น่าจะให้ค่าที่ถูกต้องกว่า เพราะวิธีการทดสอบที่กล่าวในครั้งแรกนั้นไม่ได้คำนึงถึงยูจีนอลที่ละลายออกมาในน้ำและถูกทำให้ระเหยไปแล้ว ก่อนที่จะวัดน้ำหนักสารที่ตกค้างอยู่ Von Fraunhofer และ Branstetter[16] ได้ศึกษาการละลายตัวของโพรโคซอลในช่วงเวลา 3 เดือนพบว่ามีค่า 10.92% ซึ่งมากกว่าทิวบลิซีล ซึ่งเป็นซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีลเลอร์เช่นกันถึงสองเท่า อย่างไรก็ตามค่าของการละลายตัวจากการศึกษาเหล่านี้ก็ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบในครั้งนี้ได้ เนื่องจากสถานการณ์ของการทดลองแตกต่างกัน ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าการละลายตัวของโพรโคซอลเท่ากับ 2.53% ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ที่มีค่าเท่ากับ 7.57% ในขณะที่ International Standard ISO 6876 (ANSI/ADA Spec.No.57)[14] กำหนดไว้ว่าไม่ควรเกิน 3% อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานใด ๆ ที่แสดงให้เห็นว่าการละลายตัวของซีลเลอร์ก่อให้เกิดปัญหาในทางคลินิก เนื่องจากเราไม่ได้ใช้ซีลเลอร์เหล่านี้อุดคลองรากโดยลำพัง แต่จะใช้อุดร่วมกับกัตตาเปอร์ชาเสมอ[15]

แม้ว่าจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์เป็นวัสดุที่นิยมใช้กันมานานและให้ผลสำเร็จในการรักษาคลองรากฟันอย่างเป็นที่น่าพอใจจวบจนปัจจุบัน แต่จากการศึกษาครั้งนี้ ได้พบว่ามีคุณสมบัติทางกายภาพบางข้อที่แตกต่าง อีกทั้งบางคุณสมบัติยังด้อยกว่าซีลเลอร์ที่ผลิตจากต่างประเทศทั้ง ๆ ที่ใช้สูตรเดียวกัน จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมให้ทราบถึงเหตุผลอันแท้จริงที่สามารถอธิบายถึงความแตกต่างอันนี้ เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ให้มีคุณสมบัติและประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น เมื่อถึงเวลานั้นคงเพิ่มความนิยมใช้ในหมู่ทันตแพทย์กันอย่างแพร่หลายกว่าที่เป็นอยู่ เพราะมีความเชื่อมั่นมากขึ้นในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นใช้ได้เองภายในประเทศ อันถือได้ว่าเป็นทางหนึ่งในการช่วยเกื้อหนุนเศรษฐกิจของชาติ บนพื้นฐานของการพึ่งตนเอง ตามแนวเศรษฐกิจพอเพียงอีกด้วย

สรุป

จุฬารูทคะแนลซีลเลอร์ ได้ถูกนำมาทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานที่สำคัญบางประการ อันได้แก่คุณสมบัติทางกายภาพดังต่อไปนี้ คือ ความข้น เวลาก่อตัว ความทนต่อแรงอัด ความหนาของฟิล์ม และ การละลายตัว โดยยึดถือวิธีการทดสอบตาม International Standard ISO 6876 for Dental root canal sealing materials และ Revised ANSI/ADA

Specification No.30 for dental zinc oxide-eugenol cements and zinc oxide non-eugenol cements และเปรียบเทียบคุณสมบัติดังกล่าวกับโพรโคซอลซีลเลอร์ ผลการทดสอบพบว่าจุฬารูทคะแนลซีลเลอร์มีคุณสมบัติดังกล่าวแตกต่างจากโพรโค-ซอลซีลเลอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กล่าวคือ มีความข้นมากกว่า มีเวลาก่อตัวช้ากว่าประมาณสี่เท่า มีความทนต่อแรงอัดน้อยกว่าประมาณห้าเท่า มีความหนาของฟิล์มน้อยกว่า และมีการละลายตัวมากกว่าประมาณสามเท่า เหตุผลของความแตกต่างดังกล่าวอาจเนื่องมาจากความแตกต่างของชนิด และคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ กรรมวิธีผลิต และการควบคุมคุณภาพในขบวนการผลิต ตลอดจนการใช้ส่วนผสมที่เป็นของเหลวที่เป็นน้ำมันกานพลู ซึ่งต่างจากโพรโคซอลซีลเลอร์ที่ใช้ยูจีนอล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนสนับสนุนจาก ทุนส่งเสริมการวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยประจำปี 2542

เอกสารอ้างอิง

1. Schilder H : Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am 1974;18:269-96.
2. Schilder H : Filling root canals in three dimensions. Dent Clin North Am 1967;11:723-44.
3. Naidorf IJ : Clinical microbiology in endodontics. Dent Clin North Am 1974;18:329-44.
4. Langeland K : The histopathologic basis in endodontic treatment. Dent Clin North Am 1967;11:491-520.
5. Langeland K : Root canal sealants and pastes. Dent Clin North Am 1974;18:309-27.
6. Peters LB, Wesselink PR, Moorer WR : The fate and role of bacteria left in root dentinal tubules. Int Endod J 1995;28:95-9.
7. Heling I, Chandler NP : The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. J Endod 1996;22:257-62.
8. Glickman GN, Gutmann JL : Contemporary perspectives on canal obturation. Dent Clin North Am 1992;36:327-46.
9. Oksan T, Aktener BO, Sen BH, Tezel H : The penetration of root canal sealers into dentinal tubules: a scanning electron microscopic study. Int Endod J 1993;26:301-5.
10. Wennberg A, Ørstavik D : Adhesion of root canal sealers to bovine dentine and gutta-percha. Int Endod J 1990;23:13-9.
11. Dow PR, Ingle JI : Isotope determination of root canal failure. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1955;8:1100-4.
12. Gutmann JL, Witherspoon DE : Obturation of the cleaned and shaped root canal system. In : Cohen S, Burns RC, editors, Pathways of the pulp. 7th ed., St Louis:Mosby, 1998:258-361.
13. American National Standards Institute. Specification no.57 for endodontic filling materials. J Am Dent Assoc 1984;108:88.
14. International Standard ISO 6876 for Dental root canal sealing materials. Reference No. ISO 6876-1986(E), International Organization for Standardization, 1986.
15. Branstetter J, von Fraunhofer JA : The physical properties and sealing action of endodontic sealer cements : A review of the literature. J Endod 1982;8:312-6.
16. Von Fraunhofer JA, Branstetter J : The physical properties of four endodontic sealer cements. J Endod 1982;8:126-30.
17. Mattison GD, von Fraunhofer JA : Electrochemical microleakage study of endodontic sealer/cements. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1983;55:402-7.
18. Higginbotham TL : A comparative study of the physical properties of five commonly used root canal sealers. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1967;24:89-101.
19. Grossman LI : Physical properties of root canal cement. J Endod 1976;2:166-75.
20. McComb D, Smith DC : Comparison of physical properties of polycarboxylate-based and conventional root canal sealers. J Endod 1976;2:228-35.
21. Ørstavik D : Physical properties of root canal sealers: measurement of flow, working time, and compressive strength. Int Endod J 1983; 16:99-107.
22. Caicedo R, von Fraunhofer JA : The properties of endodontic sealer cements. J Endod 1988;14:527-34.
23. Grossman LI, Oliet S, del Rio CE : Endodontic Practice. 11th ed., Philadelphia: Lea & Febiger, 1988:256.
24. วณี ทวีทรัพย์. เภสัชตำรับทางทันตกรรม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541;2.
25. Revised ANSI/ADA Specification No.30-1990, Council on Dental Materials, instrument and Equipment of the American Dental Association. J Am Dent Assoc 1990;114:291-304.
26. Proco-Sol Non-Staining Root Canal Cement, Dent-Tal-Ez, Inc., Lancaster, PA, U.S.A.
27. Stecher, PG : New dental materials. In : Chemical technology review No.151. Park Ridge: Noyes Data Corporation, 1980:121-3.
28. Craig, RG: Restorative dental materials. 10th ed., St Louis: Mosby, 1993:172-208.
29. Weisman, MI : A study of the flow rate of ten root canal sealers. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1970;29:255-61.
30. Smith DC : The setting of zinc oxide eugenol mixtures. Br Dent J 1958;105:313-21.
31. Norman RD, Phillips RW, Swartz ML, Frankiewicz T, : The effect of particle size on the physical properties of zincoxide eugenol mixtures. J Dent Res 1964;43:252-62.
32. O'Brien WJ : Dental materials : Properties and selection. Chicago: Quintessence Publishing, 1985;223-4.
33. Block RM, Sheats JB, Lewis RD : Immunologic skin testing of dog pulpal tissue altered by root canal filling materials. Abstract no., 293. J Dent Res (Special Issue A) 1977;56:116.
34. Stewart GG : Comparative study of three root canal sealing agents. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1958;11:1029-41.
35. Curson I, Kirk EE : An assessment of root canal-sealing cements. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1968;26:229-36.
36. Smith DC : Composition and characteristics of dental cement. In : Smith DC, Williams DF, editors, Biocompatibility of dental materials. Volume II, Boca Raton: CRC Press, Inc., 1982:143-99.

Comparative study of the physical properties of CU root canal sealer and Proco-Sol® sealer

Somchai Limsombutanon B.Sc., D.D.S., Grad.Dip.in Clin.Sc. (Endodontics), Cert. in Endodontics, M.S.
Wacharee Peeravanichkul D.D.S., Grad.Dip.in Clin.Sc. (Endodontics)[2]

[1]Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University
[2]Department of Dentistry, Bhumibol Adulyadej Hospital, Royal Thai Air Force

Abstract

Objective The purpose of this study was to evaluate some physical properties of CU (Chulalongkorn University) root canal sealer and to compare these properties with those of Proco-Sol sealer.

Materials and methods CU root canal sealer and Proco-Sol sealer were tested for some physical properties: consistency, setting time, compressive strength, film thickness and solubility. The test methods were based on International Standard ISO 6876 and Revised ANSI/ADA Specification No.30.

Results The values determined for the physical properties of CU root canal sealer were as the followings: consistency = 27.57 mm, setting time = 49 h 38 min, compressive strength = 1.189 MPa, film thickness = 0.104 mm and solubility in distilled water = 7.57%, whereas the values of Proco-Sol sealer were 30.94 mm, 12 h 33 min, 5.998 MPa, 0.148 mm and 2.53% respectively. Those values of each property showed statistically significant differences ($p < 0.05$).

Conclusion Physical properties of CU sealer when compared with those of Proco-Sol showed higher consistency, about four times longer in setting time, about five times lower in compressive strength, lower film thickness and about three times higher in solubility.

(CU Dent J 2001;24:89-100)

Key words: CU root canal sealer; physical properties; Proco-Sol; root canal sealer