

การพัฒนาปูนปลาสเตอร์เพื่อใช้ในการยึดชิ้นหล่อเข้ากับกลุ่ปลูกกรณ้ขากรรไกรจำลอง

สุพานี บุณธรรม* กุลธิดา บัวทอง** ชนินทร์ จิตติถาวร*** นุสรรา ศรีแสง**** วรพงศ์ ลิขพันธ์เศรษฐ์*****

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อพัฒนาคุณสมบัติของปูนปลาสเตอร์ให้เหมาะสมกับการยึดชิ้นหล่อเข้ากับกลุ่ปลูกกรณ้ขากรรไกรจำลอง วัสดุและวิธีการ: ตั้งเกณฑ์ในการพัฒนาปูนปลาสเตอร์ที่ต้องการ โดยให้ได้ระยะเวลาก่อตัวอยู่ระหว่าง 3 ถึง 5 นาที และมีการขยายขณะก่อตัว ไม่เกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ เตรียมผงแคลเซียมซัลเฟต ไดไฮเดรตที่ได้จากปลาสเตอร์ชนิดที่ 2, 3 และ 4 และสารละลายโพแทสเซียมซัลเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์ โซเดียมซัลเฟต และโซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ นำผงไดไฮเดรตมาผสมกับผงปลาสเตอร์ชนิดที่ 2 จากนั้นนำไปผสมน้ำกลั่นในอัตราส่วนผงต่อน้ำเท่ากับ 2 ต่อ 1 ส่วนกลุ่มที่เป็นสารละลายนำไปผสมกับปลาสเตอร์ชนิดที่ 2 โดยตรงในอัตราส่วนผงต่อน้ำเท่ากับ 2 ต่อ 1 นำส่วนผสมไปวัดระยะเวลาการก่อตัวและการขยายขณะก่อตัวตามมาตรฐาน ISO 6873:1988 ในการวัดจะมี 5 ชิ้นตัวอย่างต่อกลุ่ม

ผลการศึกษา: เมื่อเปรียบเทียบกับปลาสเตอร์ปกติ การเติมผงแคลเซียมซัลเฟต ไดไฮเดรตลงในปลาสเตอร์ชนิดที่ 2 มีผลลดระยะเวลาก่อตัว และเพิ่มการขยายขณะก่อตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการผสมปลาสเตอร์ชนิดที่ 2 กับสารละลายต่างๆ มีผลลดเวลาก่อตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและส่วนใหญ่มีผลลดการขยายขณะก่อตัว มีเพียงปลาสเตอร์ชนิดที่ 2 ผสมกับโพแทสเซียมซัลเฟต หรือผสมกับโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์โดยมวลเท่านั้นที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์โดยมีเวลาก่อตัวเท่ากับ 3.15 และ 3.7 นาที และการขยายขณะก่อตัวเท่ากับ 0.05 และ 0.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สรุป: ปลาสเตอร์ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ได้แก่ ปลาสเตอร์ชนิดที่ 2 ผสมโพแทสเซียมซัลเฟต หรือผสมกับโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์โดยมวล

คำสำคัญ: การขยายขณะก่อตัว; ปลาสเตอร์; ยึดชิ้นหล่อ; เวลาก่อตัว

*ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา

**โรงพยาบาลนราธิวาสราชนครินทร์ จ.นราธิวาส

***ศึกษาต่อต่างประเทศ

****โรงพยาบาลสังขะ จ.สุรินทร์

*****โรงพยาบาลลิซล จ.นครศรีธรรมราช

บทนำ

การติดตั้งชิ้นหล่อเข้ากับกลอุปกณ์ขากรรไกรจำลอง (articulator mounting) เป็นขั้นตอนที่ต้องทำในงานทางทันตกรรมเพื่อการวินิจฉัยและประเมินสภาวะการสบฟันของผู้ป่วย สำหรับวางแผนการรักษาต่างๆ และใช้สร้างชิ้นงานให้ผู้ป่วย การปฏิบัติงานในขั้นตอนนี้ควรมีความถูกต้องและแม่นยำ มิฉะนั้นอาจทำให้การวิเคราะห์ การวางแผนการรักษา ตลอดจนการบูรณะผิดพลาดได้ ทันตแพทย์และช่างทันตกรรมในประเทศไทยส่วนใหญ่นิยมใช้ปูนปลาสเตอร์ (plaster of Paris) หรือ ปลาสเตอร์ชนิดที่ 2 ตามการจำแนกของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา (American Dental Association, ADA) เป็นวัสดุใช้ในการติดตั้ง เนื่องจากมีราคาถูกเมื่อเทียบกับปลาสเตอร์ชนิดอื่นๆ ปฏิกิริยาก่อตัวของปลาสเตอร์ทุกชนิดเกิดจากการผสมผงแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต (Calcium sulfate hemihydrate, $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) กับน้ำ เกิดเป็นผลึกแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต (Calcium sulfate dihydrate, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างปลาสเตอร์ทางทันตกรรมชนิดต่างๆ คือ ลักษณะของผงแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต และลักษณะผลึกที่ได้ ซึ่งส่งผลต่ออัตราส่วนน้ำต่อผงที่ใช้ในการผสม และคุณสมบัติต่างๆของปลาสเตอร์แต่ละชนิด¹⁻⁴

เป็นที่ทราบกันดีว่าขณะรอให้ปูนปลาสเตอร์ก่อตัวนั้นต้องไม่มีการรบกวนอุปกรณ์

ต่างๆ เพราะอาจทำให้ชิ้นหล่อมีโอกาสเกิดการขยับเคลื่อนที่ ปูนปลาสเตอร์มีระยะเวลาก่อตัวที่ค่อนข้างนานประมาณ 12 นาที⁵ ระยะเวลาก่อตัวที่นานนี้จึงเป็นข้อด้อยที่สำคัญของปูนปลาสเตอร์เมื่อใช้ในการยึดชิ้นหล่อเข้ากับกลอุปกณ์ขากรรไกรจำลอง เพราะทำให้ต้องเสียเวลารอนานก่อนการทำงานขั้นต่อไป และระหว่างนั้นชิ้นหล่อมียุทธศาสตร์ขยับเคลื่อนที่ได้ อีกทั้งปลาสเตอร์หรือผลิตภัณฑ์ยิปซัมทุกชนิดจะเกิดการขยายขนาดก่อตัว (setting expansion) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปลาสเตอร์ชนิดที่ 2 ซึ่งเป็นประเภทที่มีการขยายตัวสูงสุด สามารถเกิดการขยายขนาดก่อตัวได้มากถึง 0.3 เปอร์เซ็นต์ตามข้อกำหนดที่ 25 ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา⁵ อาจส่งผลกระทบต่อความเที่ยงตรงในการยึดชิ้นหล่อกับกลอุปกณ์ขากรรไกรจำลอง

ระยะเวลาก่อตัวของปลาสเตอร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการเพิ่มหรือลดเวลาในการผสม หรือใช้สารเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่เหมาะสม ได้แก่ โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)¹⁻⁴ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)¹⁻⁴ โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4)⁴ และ โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)⁶ หรือใส่แคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต ในรูปแบบผงสารละลาย หรือน้ำสลอรี (slurry water) ซึ่งเป็นน้ำที่มีผงปลาสเตอร์ที่แข็งตัวแล้วแขวนลอยอยู่ในการผสมเพื่อลดเวลาก่อตัว¹⁻⁴ ส่วนการขยายขนาดก่อตัวของปลาสเตอร์นั้นจะลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อผงในการผสม¹⁻⁴ โดยมีค่าแตกต่างกันระหว่างปลาสเตอร์ชนิดต่างๆ¹⁻⁵ ทั้งนี้มีผู้ศึกษา

พบว่าการใช้วัสดุที่มีการขยายตัวสูงในการติดตั้ง จะส่งผลต่อความผิดพลาดในการยึดขึ้นหล่อกับกลอุปกรณ์ขากรรไกรจำลอง^{7,8} โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หากใช้ในปริมาณมาก⁸ และมีรายงานว่า การยกตัวของอินไซซัล พิน (incisal pin) ขึ้นจากอินไซซัล เทเบิล (incisal table) แปรผันตรงกับการขยายขณะ ก่อตัวของพลาสติกที่นำมาใช้ในการติดตั้งเข้ากับ กลอุปกรณ์ขากรรไกรจำลอง⁹

ความผิดพลาดจากขั้นตอนการยึดขึ้นหล่อ เข้ากับกลอุปกรณ์ขากรรไกรจำลองสามารถทำให้เกิดน้อยที่สุดได้ โดยการเลือกใช้พลาสติกที่มีการขยายตัวขณะก่อตัวต่ำ และมีการก่อตัวเร็วโดย ที่มีเวลาในการทำงานเพียงพอ¹⁰ ปัจจุบันมีการผลิต และจำหน่ายปูนพลาสติกและพลาสติกหิน สำหรับติดตั้ง (mounting plaster and mounting stone) ซึ่งมีระยะเวลาก่อตัวสั้นและมีการขยาย ขณะก่อตัวต่ำ ตัวอย่างเช่น ปูนพลาสติกและ พลาสติกหินสำหรับติดตั้ง ที่ผลิตโดยบริษัทวิป มิกซ์ (Whip Mix Corporation, USA) ซึ่งมี ระยะเวลาก่อตัว 3 ถึง 5 นาที และมีการขยายขณะ ก่อตัวเพียง 0.08 ถึง 0.09 เปอร์เซ็นต์¹¹ อย่างไรก็ตามวัสดุดังกล่าวมีราคาแพงกว่าปูนพลาสติก ปกติมาก นอกจากนี้ยังไม่มีการจัดจำหน่ายใน ประเทศไทย ดังนั้นหากสามารถปรับปรุงปูน พลาสติก ซึ่งมีราคาถูกให้สามารถมีคุณสมบัติที่ เหมาะสมกับการใช้งานติดตั้งขึ้นหล่อโดยเฉพาะ ได้ จะช่วยให้การทำงานในขั้นตอนต่างๆที่กล่าว มาแล้วมีประสิทธิภาพมากขึ้น ประหยัดเวลาใน การทำงาน และได้ผลงานที่ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

วัสดุและวิธีการ

การพัฒนาปูนพลาสติกให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการยึดแบบหล่อในการศึกษานี้ ได้กำหนดคุณสมบัติที่ต้องการ คือ มีระยะเวลาก่อ ตัว 3 ถึง 5 นาที ซึ่งเพียงพอในขั้นตอนการยึดแบบ หล่อ และมีอัตราการขยายตัวขณะก่อตัวไม่เกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นอัตราการขยายตัวสูงสุดของ พลาสติกชนิดที่ 4 ตามข้อกำหนดของสมาคม ทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา⁵

การเตรียมวัสดุเพื่อการทดสอบ

นำผงพลาสติกชนิดที่ 2 (ปูนพลาสติก, Siam gypsum industry, Saraburi, Thailand), ชนิดที่ 3 (พลาสติกหิน, Homedent Group Co. Ltd., Bangkok, Thailand) และ ชนิดที่ 4 (พลาสติกหินความแข็งแรงสูง, Dentalvision Co. Ltd., Bangkok, Thailand) มาอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาชั่ง บนเครื่องชั่งดิจิทัล เพื่อให้ได้ปริมาณตามต้องการ ในขั้นตอนเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบคุณสมบัติ นำผงปูนพลาสติกที่ชั่งแล้วใส่ถุงพลาสติก และ ปิดปากถุงด้วยเครื่องผนึกถุงพลาสติก นำไปเก็บไว้ในกล่องควบคุมความชื้น โดยจะรักษาความชื้นให้อยู่ในระดับไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลาอย่างน้อย 10 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้งาน จากนั้นเตรียม สารเร่งปฏิกิริยาก่อตัวต่างๆ ได้แก่

(1) ผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตของ พลาสติกชนิดที่ 2, 3 และ 4 โดยผสมพลาสติก ดังกล่าวด้วยอัตราส่วนผงต่อน้ำในการผสมเท่ากับ 2 ต่อ 1, 3 ต่อ 1 และ 4 ต่อ 1 ตามลำดับ นำพลาสติกที่ผสมแล้วเทลงบนแผ่นพลาสติกใส และรอให้แข็งตัวเต็มที่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทำเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ

70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำเข้าไปบดด้วยเครื่องบดเมล็ดกาแฟ (AKIRA 600N, Taiwan) นำผงที่ได้ไปคัดแยกโดยใช้ตะแกรงขนาดช่อง 75 และ 200 ไมโครเมตร (Retsch, Retsch GmbH & Co.KG, Hann, Germany) เพื่อจำแนกเฉพาะผงขนาด 75 ถึง 200 ไมโครเมตร จากนั้นนำผงที่คัดแยกแล้วไปชั่งน้ำหนักเพื่อให้ได้ปริมาณ 0.1, 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ต่อปริมาณผงพลาสติกที่จะใช้ทดสอบ ผึ่งปากถุงและนำไปเก็บในกล่องควบคุมความชื้น

(2) สารละลายของสารเคมีที่มีคุณสมบัติเร่งปฏิกิริยาการก่อตัวของพลาสติก 4 ชนิด ที่มีความเข้มข้นต่างๆโดยมวลดังนี้ โซเดียมคลอไรด์ 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมซัลเฟต 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมคลอไรด์ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียมซัลเฟต 0.5, 0.75, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ โดยความเข้มข้นที่เลือกใช้ได้ จากผลการศึกษา นำร่องว่ามีผลลดเวลาก่อตัวของพลาสติกชนิดที่ 2

การผสมพลาสติกเพื่อทดสอบ

ในกลุ่มควบคุม ใช้พลาสติกชนิดที่ 2, 3 และ 4 ปริมาณ 80 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วนผงต่อน้ำ เท่ากับ 2 ต่อ 1, 3 ต่อ 1 และ 4 ต่อ 1 ตามลำดับ โดยเติมส่วนผงลงในน้ำ ผสมด้วยอัตราเร็ว 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที เฉพาะในกลุ่มพลาสติกชนิดที่ 2 จะทำการผสมเป็นเวลา 20 วินาทีที่เพิ่มด้วยอีกกลุ่มหนึ่ง จากนั้นแบ่งส่วนผสมเป็น 2 ส่วนนำไปทดสอบระยะเวลาก่อตัวและการขยายขณะก่อตัวของวัสดุ ทำซ้ำกลุ่มละ 5 ครั้ง

ในกลุ่มทดลอง ใช้พลาสติกชนิดที่ 2 ผสมกับผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตที่ได้เตรียม

ไว้จากพลาสติกชนิดต่างๆ จากนั้นนำไปผสมกับน้ำกลั่น หรือใช้พลาสติกชนิดที่ 2 ผสมกับสารละลายที่เตรียมไว้ โดยใช้ปริมาณผง 80 กรัม และส่วนเหลว 40 มิลลิลิตร (อัตราส่วน 2 ต่อ 1) โดยการเติมผงลงในส่วนเหลว ใช้ความเร็วในการผสม 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 วินาที จากนั้นแบ่งส่วนผสมเป็น 2 ส่วนนำไปทดสอบระยะเวลาก่อตัวและการขยายขณะก่อตัวของวัสดุ ทำซ้ำกลุ่มละ 5 ครั้ง

การทดสอบวัสดุตามมาตรฐาน ISO 6873:1998¹²

ศึกษาระยะเวลาก่อตัว (Vicat setting time) โดยนำส่วนผสมที่ได้เทลงใน ท่อพีวีซีรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.8 เซนติเมตร ความสูง 2.5 เซนติเมตร ซึ่งวางอยู่บนแผ่นกระเบื้องขนาด 10.8X10.8 ตารางเซนติเมตร ใช้เครื่องมือทดสอบระยะเวลาก่อตัวของพลาสติกทางทันตกรรม (Vicat apparatus, Matest sir Via delle Industrie, Treviolo, Italy) ทำการทดสอบ โดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่เริ่มผสมยิปซัม นำแผ่นกระเบื้องพร้อมท่อพีวีซี มาวางบนฐานเครื่องทดสอบ จัดตำแหน่งปลายเข็มให้แตะผิวหน้าพลาสติก ปล่อยให้เข็มไม่สามรถทะลุผ่านเนื้อยิปซัมที่ก่อตัวแล้วได้อย่างสมบูรณ์ บันทึกเวลาที่ได้เป็นระยะเวลาก่อตัว

ศึกษาการขยายขณะก่อตัวของวัสดุ โดยใช้เครื่องมือวัดการขยายขณะก่อตัว (extensometer) ที่ผลิตขึ้นตามมาตรฐาน ISO 6873:1998 ประกอบด้วยส่วนแปลหน้าตัดสามเหลี่ยมด้านเท่าสำหรับใส่พลาสติก ส่วนแปลมีการบุพื้นผิวด้านในด้วยแผ่นพอลิเตตระฟลูออโรเอทีลีน (Polytetrafluoroethylene) และมีปลายด้าน

หนึ่งเป็นแท่งโลหะหนัก 200±1 กรัม ที่เคลื่อนที่ได้ สัมผัสกับไดอัล อินดิเคเตอร์ (Dial indicator, Mitutoyo Model 2046S-15) ซึ่งวัดได้ละเอียดถึงระดับ 0.01 มิลลิเมตร และมีความไวต่อแรงกดระดับน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.8 นิวตัน ปรับส่วนแท่งโลหะให้มีช่องว่างสำหรับใส่พลาสติกที่ต้องการทดสอบยาว 10 เซนติเมตร นำส่วนผสมพลาสติกเทใส่ลงในเปลจนได้ความสูง 2.5 เซนติเมตร ปรับมาตรวัดที่ไดอัล อินดิเคเตอร์ให้อยู่ที่ขีดศูนย์ วัดค่าการขยายตัวของแก้วของกลุ่มตัวอย่างโดยอ่านค่าจากมาตรวัดครั้งที่เวลา 1 นาทีก่อนระยะเวลาแก้วและอ่านค่าอีกครั้งที่เวลา 2 ชั่วโมงหลังจากเริ่มผสม นำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การขยายตัวของวัสดุ บันทึกผลการทดสอบ

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้สถิติครัสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis test) เพื่อศึกษาระยะเวลาแก้วและการขยายขณะแก้วของพลาสติก และ ใช้สถิติเชิงพรรณนา โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาแก้วและการขยายขณะแก้วในกลุ่มทดลองว่ามีกลุ่มใดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

ผลการศึกษา

ผลการทดสอบระยะเวลาแก้วและการขยายขณะแก้วของปูนพลาสติกที่ไม่ถูกดัดแปลง (กลุ่มควบคุม) แสดงในตารางที่ 1 พลาสติกชนิดที่ 2 และ 3 ที่นำมาทดสอบ มีเวลาแก้วไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีเวลาแก้วยาวนานกว่าระยะเวลาแก้วตามข้อกำหนดหมายเลข 25 ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา ส่วนพลาสติกชนิดที่ 4 มีเวลาแก้วอยู่ในช่วงที่สมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกาคำหนด⁵

ตารางที่ 1 ระยะเวลาแก้วและเปอร์เซ็นต์การขยายขณะแก้วของพลาสติกที่ไม่ถูกดัดแปลง

Plaster	Vicat setting time (minutes)		Setting expansion (percent)	
	Tested value	ADA ⁽⁵⁾	Tested value	ADA ⁽⁵⁾
Type II, 1 minute mixed	21.35 (2.04) ^(A)	12±4	0.15 (0.01) ^(a)	0.00-0.30
Type II, 20 seconds mixed	31.75 (2.07) ^(B)	N/A	0.11 (0.01) ^(b)	N/A
Type III, 1 minute mixed	20.60 (1.49) ^(A)	12±4	0.24 (0.01) ^(c)	0.00-0.20
Type IV, 1 minute mixed	12.85 (0.52) ^(C)	12±4	0.16 (0.01) ^(a)	0.00-0.10

N/A = not available

^{(A-C), (a-c)} Different superscript letters in the same column showed statistically significance difference ($p < 0.05$).

เมื่อพิจารณาการขยายเมื่อก่อตัว พบว่า
 ปลายเตอร์ชนิดที่ 2 มีค่าต่ำเพียง 0.15 ± 0.01
 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติจากการขยายตัว
 ของปลายเตอร์ชนิดที่ 4 (0.16 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์)
 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อกำหนดของ
 สมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา พบว่า
 ปลายเตอร์ชนิดที่ 2 ที่นำมาศึกษามีการขยายตัวต่ำ
 กว่าค่าสูงสุดที่กำหนด ในขณะที่ชนิดที่ 3 และ 4
 มีค่าสูงกว่าข้อกำหนดเล็กน้อย นอกจากนี้พบว่า
 การลดเวลาผสมเหลือเพียง 20 วินาที ใน
 ปลายเตอร์ชนิดที่ 2 จะเพิ่มเวลาก่อตัวถึง 10 นาที
 และลดการขยายตัวเหลือเพียง 0.11 ± 0.01
 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มที่ผสมนาน 1 นาที
 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.005$) การใส่ผง
 ตารางที่ 2 ระยะเวลาก่อตัวและเปอร์เซ็นต์การขยายขณะก่อตัวของปูนปลายเตอร์ที่ผสมผงแคลเซียมซัลเฟต
 ไดไฮเดรต

แคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตของปลายเตอร์ชนิดที่
 2, 3, และ 4 ในปริมาณ 0.1 ถึง 1% ของส่วนผง
 ทั้งหมด พบว่ามีผลลดเวลาก่อตัวของปลายเตอร์
 ชนิดที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดย
 จะทำให้เวลาก่อตัวอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 3 ถึง
 7 นาที ลดลงจากเวลาก่อตัวปกติที่ประมาณ 30
 นาที ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยประสิทธิภาพใน
 การลดเวลาก่อตัวแปรตามปริมาณสารที่ใส่ เมื่อ
 ทำการเปรียบเทียบระหว่างแคลเซียมซัลเฟตไดไฮ
 เดรตของปลายเตอร์ชนิดที่ 2, 3 และ 4 ที่ใส่ใน
 ปริมาณร้อยละที่เท่ากัน พบว่าระยะเวลาก่อตัว
 ของวัสดุไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
 ทางสถิติ

Calcium sulfate dehydrate powder		Vicat setting time	Setting expansion
Type	Amount (%w/w)	(minutes)	(%)
Plaster Type II	0.1	6.30 (0.37) ^(A)	0.20 (0.00) ^(a)
	0.5	4.90 (0.29) ^(B)	0.22 (0.01) ^(a)
	1	3.85 (0.29) ^(C)	0.27 (0.01) ^(b)
Plaster Type III	0.1	6.95 (0.37) ^(A)	0.19 (0.01) ^(a)
	0.5	5.55 (0.48) ^(AB)	0.24 (0.02) ^(ab)
	1	2.85 (0.42) ^(C)	0.27 (0.02) ^(b)
Plaster Type IV	0.1	5.45 (0.37) ^(AB)	0.17 (0.01) ^(a)
	0.5	4.75 (0.56) ^(BC)	0.24 (0.02) ^(ab)
	1	3.55 (0.37) ^(C)	0.25 (0.02) ^(ab)
Unmodified Plaster Type II		31.75 (2.07) ^(D)	0.11 (0.01) ^(c)

^{(A-D), (a-c)} Different superscript letters in the same column showed statistically significant difference ($p < 0.05$).

เมื่อศึกษาการขยายขณะก่อตัวของพลาสติกที่ใส่ผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮดรอกไซด์ พบว่า ทุกกลุ่มมีการขยายขณะก่อตัวของวัสดุเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับพลาสติกชนิดที่ 2 แบบที่ไม่ได้ดัดแปลง โดยวัดการขยายตัวได้อยู่ในช่วง 0.17 ถึง 0.27 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าการขยายตัวปกติที่มีค่าเท่ากับ 0.11 เปอร์เซ็นต์ โดยประสิทธิภาพในการเพิ่มการขยายตัวแปรผันตามปริมาณผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮดรอกไซด์ที่ใส่ เมื่อเปรียบเทียบผลระหว่างแคลเซียมซัลเฟตไดไฮดรอกไซด์ของพลาสติกชนิดที่ 2, 3 และ 4 ที่ใส่ในปริมาณร้อยละที่เท่ากัน พบว่าการขยายขณะก่อตัวของวัสดุไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ พบว่ามี 4 กลุ่มที่มีเวลาก่อตัวอยู่ในช่วงเวลา 3-5 นาที ได้แก่ กลุ่มที่ผสมกับผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮดรอกไซด์ พลาสติกชนิดที่ 2 ปริมาณ 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ผสมกับผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮดรอกไซด์ พลาสติกชนิดที่ 4 ปริมาณ 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามทุกกลุ่มมีการขยายเมื่อก่อตัวสูงกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดไว้

สารละลายที่ใช้ในการทดลองนี้ทุกชนิดสามารถลดเวลาก่อตัวของพลาสติกชนิดที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยจะทำให้เวลาก่อตัวอยู่ในช่วงประมาณ 3 ถึง 17 นาที จากเวลาก่อตัวปกติที่ประมาณ 30 นาที โดยเวลาก่อตัวแปรผกผันกับความเข้มข้นของสารละลาย ดังแสดงในตารางที่ 3 อย่างไรก็ตามการขยายขณะก่อตัวของพลาสติกที่ผสมสารละลายต่างๆ พบว่าส่วนใหญ่มีค่าลดลงแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับพลาสติกชนิดที่ 2 แบบที่ไม่ได้ดัดแปลง โดยวัดการขยายตัวได้อยู่ในช่วง 0.05 ถึง 0.12 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการขยายตัวปกติ 0.11 เปอร์เซ็นต์ การขยายตัวมีแนวโน้มที่จะแปรผกผันความเข้มข้นของสารเคมี

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ พบว่ามีเพียง 2 กลุ่มที่มีเวลาก่อตัวอยู่ในช่วงเวลา 3-5 นาทีและมีการขยายขณะก่อตัวไม่เกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ กลุ่มที่ผสมกับโพแทสเซียมซัลเฟต ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ และผสมกับโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในค่าเฉลี่ยระยะเวลาก่อตัวและการขยายขณะก่อตัวระหว่าง 2 กลุ่มนี้

ตารางที่ 3 ระยะเวลาก่อตัวและค่าเฉลี่ยการขยายขณะก่อตัวของปูนปลาสเตอร์ที่ได้รับการตัดแปลงโดยใส่สารเคมีที่มีคุณสมบัติเร่งปฏิกิริยาการก่อตัว

Accelerator solution (% w/v)		Vicat setting time (minutes)	Setting expansion (%)
Sodium Chloride	0.5	17.10 (0.84) ^(A)	0.12 (0.01) ^(b)
	1	9.95 (0.48) ^(B)	0.12 (0.01) ^(ab)
	2	7.05 (0.21) ^(C)	0.10 (0.01) ^(ab)
Potassium Sulfate	0.5	13.95 (0.65) ^(D)	0.09 (0.01) ^(ab)
	0.75	11.00 (0.40) ^(B)	0.07 (0.01) ^(ab)
	1	6.40 (0.29) ^(C)	0.07 (0.02) ^(a)
Potassium Chloride	2	3.15 (0.22) ^(E)	0.05 (0.01) ^(a)
	1	8.55 (0.57) ^(BC)	0.08 (0.01) ^(a)
	2	3.70 (0.86) ^(E)	0.07 (0.01) ^(a)
Sodium Sulfate	1	12.55 (0.33) ^(D)	0.11 (0.03) ^(ab)
	2	10.75 (0.25) ^(B)	0.10 (0.02) ^(ab)
	3	11.25 (0.31) ^(B)	0.05 (0.01) ^(a)
Unmodified Plaster Type II		31.75 (2.07) ^(F)	0.11 (0.01) ^(ab)

Mixing time = 20 seconds in all groups

(A-F), (a-b) Different superscript letters in the same column showed statistically significant difference ($p < 0.05$).

วิจารณ์

ในการศึกษานี้ ปลาสเตอร์ชนิดที่ 2 ที่ใช้มีการขยายตัวก่อนข้างต่ำกว่าปกติ ในขณะที่ปลาสเตอร์ชนิดที่ 3 และ 4 มีค่าสูงกว่าข้อกำหนดตามมาตรฐานของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกาเล็กน้อย อาจเป็นผลจากกระบวนการผลิตของแต่ละบริษัทที่แตกต่างกัน ในรายละเอียด เช่น การควบคุมขนาดของผง หรือการควบคุมความชื้นในการผลิตและการขนส่ง เป็นต้น การที่ปลาสเตอร์ชนิดที่ 2 ที่นำมาศึกษามีการขยายตัวต่ำกว่าปกติ อาจส่งผลให้การพัฒนาคุณสมบัติทางด้านการขยายตัวของวัสดุทำได้ไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามปลาสเตอร์ที่จัดจำหน่ายโดยบริษัทนี้ มีการใช้ในงานทางทันตกรรมภายในประเทศไทยอย่างแพร่หลายรวมถึงการใช้

งานที่คณะทันตแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คณะผู้วิจัยจึงเลือกใช้ปลาสเตอร์จากบริษัทดังกล่าวเป็นตัวอย่างในการศึกษา การผสมปลาสเตอร์เพื่อใช้งานปกติแนะนำให้ใช้เวลา 1 นาที โดยใช้ความเร็วประมาณ 120 รอบต่อนาที¹⁻⁴ โดยถ้าเพิ่มระยะเวลาในการผสมจะลดระยะเวลาก่อตัวเนื่องจากการผสมที่ใช้เวลานานกว่าจะส่งผลต่อการแตกตัวของผลึกคริสตัลเกิดเป็นนิวเคลียสใหม่ๆ สำหรับการเกิดผลึกได้รวดเร็วขึ้น เป็นผลให้เวลาก่อตัวของวัสดุลดลง¹⁻⁴ อย่างไรก็ตามในการใช้งานปูนปลาสเตอร์ที่มีการใช้สารเร่งปฏิกิริยาร่วมด้วยนั้น การผสมที่ใช้เวลานานร่วมกับผลของสารเร่งปฏิกิริยาอาจทำให้มีระยะเวลาในการทำงาน (working time) สั้น

เกินไป การใช้งานสำหรับติดตั้งขึ้นห่อกับกลุ่
อุปกรณ์ขากรรไกรจำลอง จึงมีการแนะนำให้ใช้
เวลาผสมที่สั้นเพียง 20 วินาที⁽¹⁰⁾ เพื่อเพิ่ม
ระยะเวลาในการทำงานก่อนที่วัสดุจะก่อตัว โดย
ปกติในการทำงานขั้นตอนนี้จะใช้ปริมาณปูน
พลาสติกน้อยจึงทำให้สามารถผสมได้อย่าง
ทั่วถึงในระยะเวลาสั้นๆ สำหรับการศึกษาคั้งนี้
เมื่อใช้เวลาผสมปูนพลาสติกนาน 20 วินาที
พบว่ามีส่วนเพิ่มเวลาก่อตัวถึง 10 นาทีเมื่อ
เปรียบเทียบกับการผสมนาน 1 นาที

เมื่อผสมผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต
กับผงพลาสติกชนิดที่ 2 โดยใช้ปริมาณ 0.1 ถึง
1% พบว่า สามารถลดเวลาก่อตัวอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ โดยมีเวลาก่อตัวเพียง 3 ถึง 7 นาที และ
ประสิทธิภาพในการลดเวลาก่อตัวแปรผันตาม
ปริมาณสารที่ใส่ ทั้งนี้เนื่องจากตัวผงแคลเซียม
ซัลเฟตไดไฮเดรตจะทำหน้าที่เป็นตำแหน่งที่เกิด
การสร้างนิวเคลียส (nucleation sites) ซึ่งทำให้
ผลึกแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตใหม่ถูกสร้างเร็ว
ขึ้น เป็นผลให้เกิดปฏิกิริยาก่อตัวที่รวดเร็ว¹⁻⁴
Lewry และ Williamson¹³ อธิบายว่าเมื่อใส่ไดไฮ
เดรตในการผสมพลาสติก พื้นผิวที่ใหญ่ ความ
ขรุขระของพื้นผิว และปริมาณที่เพิ่มขึ้นของไดไฮ
เดรตจะเร่งปฏิกิริยา โดยทำให้เกิดตำแหน่งสร้าง
นิวเคลียสที่มากขึ้น จากการศึกษาข้างพบว่า
หากใส่ผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตมากกว่า 1
เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เวลาก่อตัวสั้นมากกว่า 3 นาที
DeCounter, Jacob และ Scandrett¹⁴ เสนอวิธีทำ
น้ำสเลอรีที่มีความเข้มข้นแน่นอนเพื่อให้สามารถ
ควบคุมเวลาก่อตัวของปูนพลาสติกได้ โดย
แนะนำให้ใช้ผงปูนพลาสติกที่ก่อตัวแล้ว 2

มิลลิกรัม ผสมน้ำ 100 มิลลิลิตร เมื่อนำไปใช้ผสม
ปูนพลาสติกจะมีเวลาก่อตัวตั้งต้นเท่ากับ 2-2.5
นาที ซึ่งจะเป็นระยะเวลาทำงานที่น้อยกว่าเกณฑ์
ที่ตั้งไว้ในการศึกษา นี้ อย่างไรก็ตาม พบว่าปูน
พลาสติกที่ใส่ผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตทุก
กลุ่ม มีการขยายขณะก่อตัวของวัสดุเพิ่มขึ้นอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับปูน
พลาสติกแบบที่ไม่ได้ตัดแปลง โดยเปอร์เซ็นต์
การขยายตัวแปรตามปริมาณผงแคลเซียมซัลเฟต
ไดไฮเดรตที่ใส่ การที่ปูนพลาสติกมีการขยายตัว
เพิ่ม อาจเป็นเพราะผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต
ที่ใส่เข้าไปนั้นไปกีดขวางต่อการขยายตัวของผลึก
ที่เกิดขึ้นใหม่ ทำให้ผลึกเกิดการผลึกออกห่างจาก
กันมากขึ้น ดังนั้นเมื่อใส่ในปริมาณที่สูง จึงส่งผล
ให้วัสดุมีแนวโน้มที่จะขยายตัวมากขึ้น แต่
เนื่องจากการศึกษานี้จำกัดปริมาณสูงสุดที่ 1
เปอร์เซ็นต์ จึงยังไม่สามารถสรุปได้แน่นอนว่า
หากใส่ในปริมาณมากนี้จะมีผลอย่างไรต่อการ
ขยายขณะก่อตัว อาจเป็นไปได้ว่าหากใช้ปริมาณ
แคลเซียมไดไฮเดรตที่สูงขึ้น วัสดุอาจแข็งตัวเร็ว
มากจนผลึกไม่สามารถขยายตัวได้เต็มที่และอาจ
ส่งผลต่อการขยายตัวในทางกลับกันได้ ข้อดีของ
การใช้ผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต 1
เปอร์เซ็นต์ในการลดเวลาก่อตัว คือ การสามารถ
นำเอาชิ้นหล่อเก่าที่ไม่ใช้แล้ว มาบดและใช้เป็น
สารเร่งการก่อตัวอย่างมีประสิทธิภาพ ในการ
ใช้งานทางด้านอื่นๆที่ไม่จำเป็นต้องใช้ปูน
พลาสติกที่มีการขยายตัว

สารเคมีที่ใช้ในการศึกษาคือ โซเดียม
คลอไรด์ โซเดียมซัลเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์
และโพแทสเซียมซัลเฟต เป็นสารเคมีที่มีรายงาน

ว่ามีผลเร่งการก่อตัวของพลาสติกเป็นสารเคมีที่ไม่เป็นพิษ มีขายทั่วไป และราคาถูก จากการศึกษาพบว่าสารเคมีที่ใช้ในการทดลองนี้ทุกชนิดสามารถลดเวลาก่อตัวของปูนพลาสติก ซึ่งสอดคล้องกับที่ได้พบทวนหลายๆวรรณกรรม^{1-4, 6, 13, 15} โดยการศึกษาพบว่าในช่วงความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้เกือบทั้งหมด เวลาก่อตัวของแปรผกผันกับความเข้มข้นของสารเคมี อย่างไรก็ตามการเร่งหรือหน่วงปฏิกิริยามีความเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ด้วย^{2,4} การที่เวลาก่อตัวของปูนพลาสติกที่ใช้สารเคมีลดลง เชื่อว่ากลไกหลักน่าจะเกิดจากการที่สารเคมีไปเพิ่มตำแหน่งการตกผลึก หรือเพิ่มอัตราการละลายของแคลเซียมซัลเฟตไฮดรอกไซด์ทำให้เกิดเป็นผลึกไดไฮดรอกไซด์เร็วขึ้น¹⁵ จากผลการศึกษาพบว่าสารละลายโพแทสเซียมทั้งสองชนิดมีประสิทธิภาพสูงกว่าสารละลายโซเดียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อใช้ในความเข้มข้นที่เท่ากัน (ตารางที่ 3) เมื่อโพแทสเซียมซัลเฟตทำปฏิกิริยากับน้ำและแคลเซียมซัลเฟตไฮดรอกไซด์ จะเกิดเป็น “ซินจีไท์” (Synjenite, $K_2(CaSO_4)_2 \cdot 2H_2O$) ซึ่งจะตกผลึกอย่างรวดเร็ว ทำให้มีจำนวนผลึกมากขึ้น ลดการขยายตัวและเร่งปฏิกิริยาก่อตัว² สำหรับกลไกของโพแทสเซียมคลอไรด์นั้นยังไม่มีการอธิบายชัดเจน แต่อาจเป็นไปได้ว่าจะเกิดผลในลักษณะเดียวกัน Lewry และ Williamson¹³ รายงานว่า โพแทสเซียมซัลเฟตสามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาและมีผลทำให้ความแข็งแรงของพลาสติกลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเติมลงไปไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์โดยมวล ส่วนโซเดียมคลอไรด์จะทำให้เกิดการรวมตัวของผลึก ซึ่งการเพิ่มขึ้นของผลึกแคลเซียมซัลเฟตไดไฮดรอกไซด์จะส่งผลทำ

ให้อัตราการก่อตัวของวัสดุดังกล่าวเกิดได้รวดเร็วขึ้น อย่างไรก็ตามโซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นสูงมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์กลับหน่วงปฏิกิริยาก่อตัว เนื่องจากสารจะไปเกาะอยู่ที่พื้นผิวของผลึกทำให้ไม่เกิดการละลายตัว²

การขยายขณะก่อตัวของพลาสติกที่ผสมกับสารละลายที่มีคุณสมบัติเร่งปฏิกิริยาก่อตัวของพลาสติก พบว่ามีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปูนพลาสติกที่ผสมน้ำกลั่น แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวัดการขยายตัวได้อยู่ในช่วง 0.05 ถึง 0.12 เปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับการขยายตัวปกติ 0.11 เปอร์เซ็นต์ การขยายตัวมีแนวโน้มที่จะแปรผกผันความเข้มข้นของสารเคมี ซึ่งอาจเกิดจากสารเคมีไปลดความสามารถในการผลึกให้ผลึกห่างออกจากกัน ทำให้ช่วยลดการขยายขณะก่อตัวของยิปซัม² อย่างไรก็ตามผลของสารเคมีต่อการขยายขณะก่อตัวของปูนพลาสติกยังมีข้อมูลที่ขัดแย้งกัน โดยมีผู้อธิบายว่าโซเดียมคลอไรด์ในความเข้มข้นต่ำ จะเพิ่มการขยายขณะก่อตัวและลดเวลาก่อตัวของปูนพลาสติก ส่วนสารละลายโพแทสเซียม 1 เปอร์เซ็นต์ มีผลลดเวลาก่อตัวแต่ไม่มีผลต่อการขยายตัว⁴

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้พบว่ามียัง 2 กลุ่มทดลอง ที่มีเวลาก่อตัวอยู่ในช่วงเวลา 3 ถึง 5 นาทีและมีการขยายขณะก่อตัวไม่เกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ กลุ่มที่ผสมกับโพแทสเซียมซัลเฟต ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ และผสมกับโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2

เปอร์เซ็นต์ โดยกลุ่มโพแทสเซียมคลอไรด์มีการขยายตัวและเวลาก่อตัวสูงกว่าเล็กน้อยแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสารละลายทั้งสองชนิดสามารถนำไปใช้ผสมกับปูนปลาสเตอร์ เพื่อในการนำไปใช้ยึดชิ้นหล่อเข้ากับกลุ่บกรรไกรจำลอง เพราะใช้เวลาก่อตัวน้อยเพียง 3 ถึง 4 นาที โดยมีการขยายขณะก่อตัวเพียง 0.05 ถึง 0.07 เปอร์เซ็นต์ จากระยะเวลาก่อตัวที่ลดลงทำให้เวลายึดชิ้นหล่อเข้ากับกลุ่บกรรไกรจำลองไม่ต้องเสียเวลารอก่อนการทำงานขั้นตอนต่อไป และลดความเสี่ยงในการขยับเคลื่อนที่ของชิ้นหล่อได้ นอกจากนี้การขยายขณะก่อตัวที่น้อยทำให้เกิดความเที่ยงตรงในการยึดชิ้นหล่อกับกลุ่บกรรไกรจำลองอีกด้วย

การเตรียมสารละลายทั้งสองชนิดนี้ทำได้ง่าย สามารถนำไปใช้ได้สะดวก เพียงใช้แทนน้ำในการผสม นอกจากนี้ยังสามารถปรับลดหรือเพิ่มเวลาก่อตัวได้โดยง่ายโดยการเพิ่มหรือลดปริมาณสารเพียงเล็กน้อย ตัวอย่างเช่น หากต้องการให้ระยะเวลาก่อตัวนาน ขึ้น 2 เท่า อาจลดความเข้มข้นของสารละลายดังกล่าวเหลือ 1 เปอร์เซ็นต์ โดยที่มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (ตารางที่ 3) ดังนั้นเป็นไปได้ที่จะออกแบบให้ปูนปลาสเตอร์มีเวลาก่อตัวสั้นลงหรือยาวนานขึ้นกว่า 3 ถึง 5 นาที เพื่อให้เหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้งานเฉพาะ เช่น กลุ่มนักศึกษาทันตแพทย์ซึ่งต้องใช้เวลาทำงานแต่ละขั้นตอนยาวนานกว่ากลุ่มช่างทันตกรรมซึ่งมีความเชี่ยวชาญสูง หรือออกแบบให้เหมาะกับงานเฉพาะอย่างได้

ข้อจำกัดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้คือไม่สามารถสังวัตจากต่างประเทศมาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบได้เนื่องจากปัญหาในการนำเข้า และน้ำหนักในการขนส่งวัสดุ และ วิธีการผสมวัสดุสำหรับการยึดแบบหล่อ ซึ่งจะทำเหมือนกระบวนการในคลินิกหรือในห้องปฏิบัติการจริงคือใช้มือผสม ซึ่งอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้เมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้เครื่องผสม (Mixing machine) อย่างไรก็ตาม การใช้เครื่องผสม ไม่เหมาะกับการใช้งานในลักษณะที่ศึกษา เนื่องจากการผสมอย่างรวดเร็วเกินไปจะทำให้มีเวลาทำงานสั้นกว่าปกติและเพิ่มการขยายขณะก่อตัว ทำให้ผลการทดลองไม่สามารถนำไปใช้กับการใช้งานจริงได้ นอกจากนี้ในการใช้งานจริงมีข้อจำกัดคือ ผู้ใช้งานอาจไม่ได้ทำการตวงน้ำหรือผง ดังนั้นอาจเกิดความคลาดเคลื่อนจากผลการทดลองได้บ้าง

สำหรับงานวิจัยต่อไป ควรมีการทดลองนำไปใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการหรือคลินิก และศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เพื่อพัฒนาปลาสเตอร์ติดตั้งให้มีคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้น โดยอาจหาสารเคมีตัวอื่น หรือการผสมกันของสารเคมีตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป หรือนำสารเคมีมาผสมกับร่วมการใช้ผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตโดยตรงแทนที่จะใช้ในรูปแบบของสารละลาย เป็นต้น นอกจากนี้ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติอื่นๆ เช่น ความแข็งแรงและความแข็งผิวของปลาสเตอร์ที่ดัดแปลง เพื่อที่จะสามารถนำปูนปลาสเตอร์นี้ไปประยุกต์ใช้กับงานอื่นได้ เช่น การเทแบบหล่อเพื่อตรวจสอบหลังการกรอแต่ง

พื้น การใช้ต่อฐานแบบหล่อ การใช้ทำแบบหล่อ เพื่อซ่อมฟันเทียม เป็นต้น

สรุป

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า การใส่ผงแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรตลงในปูนปลาสเตอร์ 0.1 ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ระยะเวลาก่อตัวของวัสดุลดลงแต่จะทำให้การขยายขณะก่อตัวของวัสดุเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใส่สารเคมีที่มีคุณสมบัติเร่งปฏิกิริยาการก่อตัวของยิปซัม จะทำให้ระยะเวลาก่อตัวของวัสดุลดลงและทำให้การขยายขณะก่อตัวของวัสดุลดลงเล็กน้อย ตามความเข้มข้นของสารเคมีที่เพิ่มขึ้น ปลาสเตอร์ที่มีเวลาก่อตัว 3 ถึง 5 นาทีและมีการขยายขณะก่อตัวไม่เกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ ปลาสเตอร์ชนิดที่ 2 ผสมกับสารละลายโพแทสเซียมซัลเฟต ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ โดยมวล หรือ ผสมกับสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์โดยมวล

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

1. Craig RG, Powers JM, Wataha JC. Dental materials: properties and manipulation. 8th ed. St. Louis, Mo.: Mosby; 2004.198-215.
2. van Noort R. Introduction to dental materials. 3rd ed. Edinburgh: Mosby/Elsevier; 2007. 211-5.
3. Sakaguchi RL, Powers JM. Craig's restorative dental materials. 13th ed. St.

Louis, Mo.: Elsevier/Mosby; 20012. 300-9.

4. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Phillips' science of dental materials. 12th ed. St. Louis, Mo.: Elsevier/Saunders; 2013. 182-93.
5. American National Standards/American Dental Association Specification No. 25. Dental gypsum products. New York: American National Standards Institute.
6. von Fraunhofer JA, Spiers RR. Accelerated setting of dental stone. J Prosthet Dent. 1983;49(6):859-60.
7. Roraff AR, Stansbury BE. Errors caused by dimensional change in mounting material. J Prosthet Dent. 1972;28(3):247-52.
8. Peregrina A, Feil PH. Reproducibility of occlusal contacts relative to mounting cast variables. Quintessence Int. 1994;25(9):617-9.
9. Grant AA. Elevation of the incisal guide pin following attachment of casts to articulators. J Prosthet Dent. 1963;13(4):664-8.
10. Michalakis KX, Stratos A, Hirayama H, Pissiotis AL, Touloumi F. Delayed setting and hygroscopic linear expansion of three gypsum products used for cast articulation. J Prosthet Dent. 2009;102:313-8.
11. Whip Mix gypsum physical properties [database on the Internet]. Whip Mix Corporation. Available from: http://whipmix.com/wp-content/uploads/via-product_catalog/product_docs/gypsum_physical_prop_web_8.pdf.
12. International Organization for Standardization (ISO). ISO 6873:1988. Dental gypsum products. Geneva: International Organization for Standardization; 1998.
13. Lewry AJ, Williamson J. The setting of gypsum plaster. Part III: The effect of additives and impurities. J Mater Sci. 1994;29:6085-90.
14. DeCounter BL, Jacob RFK, Scandrett FR. Accelerating plaster set using a controlled

- slurry water concentration. J Prosthet Dent. 1982;47(3) 340-1.
15. Singh NB, Middendorf B. Calcium sulphate hemihydrate hydration leading to gypsum crystallization. Prog Cryst Growth Char Mater. 2007;53(1):57-77.

ผู้รับผิดชอบบทความ

สุพานี บุรณธรรม

ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

โทรศัพท์ : 074287561

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : bsupanee@hotmail.com

Development of a modified plaster for mounting procedure

Supanee Buranadham* Kultida Buathong** Chanin Jittithaworn*** Nutsara Srisaeng****
Worapong Sitchasate*****

Abstract

Objective: To develop a modified plaster for mounting procedure

Materials and Methods: The criteria of the developed plaster were set to have a Vicat setting time between 3 to 5 minutes and a setting expansion of 0 to 0.1%. Prepared calcium sulfate dihydrate powders of plaster types II, III and IV, and various concentrations of potassium sulfate, potassium chloride, sodium sulfate and sodium chloride solutions. Each type of dihydrate powders was incorporated into Type II plaster then mixed with distilled water. Each prepared solution was mixed with Type II plaster directly. The mixing ratio of powder to water or to solution was 2 to 1 by weight. The mixture was subjected to Vicat setting time and setting expansion measurements, according to ISO 6873:1988. Each measurement was performed on 5 samples/group.

Results: Adding dihydrate powder into Type II plaster significantly shortened the setting time but increased the setting expansion. Mixing Type II plaster with the solutions decreased both setting time and setting expansion, with most of the solutions fulfilled the setting expansion criterion. Only Type II plaster mixed with either 2% potassium sulfate (3.15 mins, 0.05 % expansion) or 2% potassium chloride solution (3.70 mins, 0.07 % expansion) satisfied both the setting time and setting expansion criteria.

Conclusion: Type II plaster mixed with either 2% potassium sulfate or 2% potassium chloride solution satisfied both the setting time of 3 to 5 mins and the setting expansion of less than 0.1% criteria.

Key words: mounting; plaster; setting expansion; setting time

*Department of Prosthetic dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand

**Narathiwas rajanakarin hospital, Narathiwas, Thailand

***Study Abroad

****Sangkha hospital, Surin, Thailand

***** Sichon Hospital, Nakhon Si Thammarat, Thailand