Original Article

Dimensional Accuracy and Surface Detail Reproduction of Polyvinylsiloxanether Impression Material Tested in Dry, Moist and Wet Conditions

Umaporn Vimonkittipong[1]

[1]Department of Prosthodontics, Faculty of Dental Medicine, Rangsit University, Pathumthani, Thailand

Correspondence to:

Umaporn Vimonkittipong. Department of Prosthodontics, Faculty of Dental medicine, Rangsit University, 52/347, Muan-Ake Phahonyothin Road Lak-Hok, Pathumthani, 12000 Thailand Tel: 086-5435593 E-mail: mos_aum@hotmail.com

Abstract

The purpose of this study was evaluated dimensional accuracy and surface detail reproduction of polyvinylsiloxanether impression (Identium®light) tested in dry, moist and wet conditions and compared with addition silicone (Panasil®contact plus X-light) and polyether (Impregum™Penta™Soft). Ninety samples for each impression were replicated using stainless steel metal die according to American dental association (ADA) specification No. 19, 30 samples of each condition. Then, (1) dimensional accuracy of dry and moist samples was done by measuring the average length of the middle horizontal line of each impression by measuring microscope with 0.001 milimeters accuracy. Two-way analysis of variance (ANOVA) was used to compare the mean dimensional change of three impressions in dry and moist condition (α = 0.05) and studied about time factor by compared length of line between 1 hours and 24 hours by Paired *t*-test. (2) Surface detail reproduction of all above conditions was evaluated following the criteria specified in ADA standard for details reproduction: clear continuous replication at least 2 of 3 horizontal lines. Furthermore, this research also compared the amount of defects on impression. The change of length of dimension accuracy test after 24 hours compare with original model in each impression was signification and condition in dry and moist impression are not affected to dimensional change. Impegum™Penta™Soft impression in moist condition was found the most dimensional change value at 24 hours and there is difference in dimensional accuracy after 24 hours and 1 hours in all types of impression ($p < 0.05$). In dry conditions, all impressions showed a definitive continuous horizontal line with no deformities. In moist conditions, Identium®light, Panasil®contact plus X-light and Impegum™Penta™Soft showed a continuous line 86.7 %, 63.3 % and 100 % respectively. There were no difference in deformities in all three impression materials. In wet conditions, only the Impegum™Penta™Soft impression passed the ADA standard, however many deformities were seen. This study shows dimensional change accuracy for three

impression materials was within ADA standard (< 0.5 %) and the polyvinylsiloxanether impression showed excellent detail reproduction in dry condition but not as well as Impegum™Penta™Soft in moist conditions.

Key words: Detail reproduction; Dimensional accuracy; Polyvinylsiloxanether

Received Date: Nov 9, 2015, Accepted Date: Mar 30, 2016

doi: 10.14456/jdat.2016.10

บทวิทยาการ

การคงเสถียรภาพเชิงมิติ และการลอกรายละเอียดของวัสดุพิมพ์ปากพอลิไวนิลไซลอคเซนอีเทอร์ในสภาวะแห้ง ชื้นและเปียก

อุมาพร วิมลกิตติพงศ์[1]

[1]ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

อุมาพร วิมลกิตติพงศ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ 52/347 เมืองเอก ถ.พหลโยธิน ต.หลักหก อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000

โทรศัพท์: 086-5435593 อีเมล: mos_aum@hotmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อประเมินการคงเสถียรภาพเชิงมิติ และการลอกรายละเอียดของวัสดุพิมพ์ปากพอลิไวนิลไซลอคเซนอีเทอร์ (ไอเด็นเทียม®ไลท์) เมื่อพิมพ์ในสภาวะแห้ง ชื้น และเปียก โดยเปรียบเทียบกับวัสดุพิมพ์ปากแอดดิชันซิลิโคน (พานาซิล®คอนแทคพลัสเอ็กซ์ไลท์) และพอลิอีเทอร์ (อิมพิกุม™เพ็นตะ™ซอฟต์) โดยวัสดุพิมพ์ปากชนิดละ 90 รอยพิมพ์จะถูกพิมพ์บนโมเดลโลหะต้นแบบตามมาตรฐานการประเมินคุณสมบัติของวัสดุพิมพ์ปาก เบอร์ 19 ของทันตแพทย์สมาคมอเมริกา สภาวะละ 30 รอยพิมพ์ โดยศึกษา (1) ความแม่นยำของการคงเสถียรภาพของรอยพิมพ์ทั้ง 3 ชนิดในสภาวะแห้ง และชื้น โดยวัดความยาวของเส้นแนวราบบนรอยพิมพ์ที่พิมพ์แบบจากโมเดลต้นแบบด้วยเครื่องวัดมิติวัสดุ ความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร โดยหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเสถียรภาพที่เปลี่ยนแปลงไปจากโมเดลต้นแบบของวัสดุทั้ง 3 ชนิด ภายหลังเก็บรอยพิมพ์ไว้ 24 ชั่วโมงด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบความยาวของเส้นบนรอยพิมพ์ที่เวลา 1 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง ด้วยการทดสอบทีชนิดจับคู่ และศึกษา (2) ความสามารถของการลอกรายละเอียดของวัสดุพิมพ์ปากทั้ง 3 ชนิดในทุกสภาวะการพิมพ์ข้างต้น โดยใช้มาตรฐานตามข้อตกลงของทันตแพทย์สมาคมอเมริกาคือ การปรากฏของเส้นแนวราบบนรอยพิมพ์ที่ต่อเนื่องตลอดความยาวของเส้นอย่างน้อยสองในสามเส้น และนอกจากนั้น การวิจัยครั้งนี้ได้เปรียบเทียบจำนวนตำหนิที่เกิดขึ้นจากรอยพิมพ์ทั้ง 3 ชนิดในสภาวะการพิมพ์เดียวกัน ผลการศึกษาพบว่า ความยาวบนรอยพิมพ์ที่เปลี่ยนไปจากโมเดลต้นแบบของวัสดุทั้ง 3 ชนิดเมื่อวัดที่ 24 ชั่วโมงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สภาวะการพิมพ์แห้งและชื้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเสถียรภาพเชิงมิติของวัสดุพิมพ์ปาก รอยพิมพ์ของวัสดุพิมพ์ปากอิมพิกุมเพ็นตะซอฟต์ในสภาวะชื้นมีค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงความยาวจากโมเดลต้นแบบมากที่สุด และพบว่าเวลาเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อเสถียรภาพ เนื่องจากความยาวบนรอยพิมพ์ของวัสดุแต่ละชนิดเมื่อวัดที่ 24 ชั่วโมงมีความแตกต่างกับเมื่อวัดที่ 1 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ ในสภาวะแห้งรอยพิมพ์ทุกชนิดมีการลอกเลียนรายละเอียดโดยปรากฏเส้นแนวราบที่ต่อเนื่องชัดเจน ไม่พบตำหนิใด ๆ ในสภาวะการพิมพ์ที่ชื้น วัสดุพิมพ์ปากไอเด็นเทียม®ไลท์ พานาซิล®คอนแทคพลัสเอ็กซ์ไลท์ และอิมพิกุม™เพ็นตะ™ซอฟต์ สามารถลอกรายละเอียดคิดเป็น ร้อยละ 86.7, 63.3 และ 100 แต่ไม่พบความแตกต่างของตำหนิที่เกิดในวัสดุทั้ง 3 ชนิด และเมื่อพิมพ์ในสภาวะเปียกมีเพียงวัสดุพิมพ์ปากอิมพิกุม™ที่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานทันตแพทย์สมาคมอเมริกา แต่พบตำหนิบนรอยพิมพ์หลายตำแหน่ง สรุปว่า การเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพของรอยพิมพ์ของวัสดุพิมพ์ปากทั้ง 3 ชนิดมีค่าไม่เกินตามที่มาตรฐานกำหนด (น้อยกว่าร้อยละ 0.5) และวัสดุพิมพ์ปากไอเด็นเทียม®ไลท์สามารถลอกรายละเอียดได้ดีในสภาวะแห้ง แต่ในสภาวะชื้นวัสดุชนิดนี้ยังมีการลอกเลียนรายละเอียดได้ต่ำกว่าอิมพิกุม™เพ็นตะ™ซอฟต์

คำสำคัญ: การลอกรายละเอียด; การคงเสถียรภาพเชิงมิติ; พอลิไวนิลไซลอคเซนอีเทอร์

บทนำ

การบูรณะฟันด้วยครอบฟันหรือการทดแทนฟันที่สูญเสียไปด้วยสะพานฟัน ทันตแพทย์ไม่สามารถสร้างชิ้นงานโดยตรงในช่องปากได้ ดังนั้น คุณสมบัติของวัสดุพิมพ์ปากที่สามารถลอกรายละเอียดของฟันหลัก (detail reproduction) ได้อย่างชัดเจน ครบถ้วน และความสามารถคงเสถียรภาพเชิงมิติของวัสดุพิมพ์ปาก (dimension accuracy) คือ การคงรูปร่างและเกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดของรอยพิมพ์น้อยที่สุดเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวเป็นคุณสมบัติที่ต้องการในอุดมคติของวัสดุพิมพ์ปาก[1,2] ที่ส่งผลให้กระบวนการทางห้องปฏิบัติการทันตกรรมแลปสามารถสร้างชิ้นงานที่ได้ขอบครอบฟันและสะพานฟันที่แนบสนิทกับฟันหลักในผู้ป่วย[3,4] ปัจจัยที่มีผลต่อการคงเสถียรภาพเชิงมิติของวัสดุพิมพ์ปาก[5-7] ได้แก่ ความชื้น ช่วงเวลาภายหลังการผสมวัสดุพิมพ์ปากจนเทแบบปูน ความหนาของวัสดุพิมพ์ปากในถาดพิมพ์ปาก สารที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงเป็นสารพอลิเมอร์ที่มีองค์ประกอบของสารที่ระเหยได้ (sub-product in polymerization) การสูญเสียน้ำ การสูญเสียความยืดหยุ่นของวัสดุพิมพ์ปาก[8] และสารที่มีฤทธิ์ในการทำลายเชื้อโรคบนพื้นผิวรอยพิมพ์[9] การประเมินเสถียรภาพเชิงมิติของวัสดุพิมพ์ปากมีหลายวิธี เช่น การวัดโดยตรงจากรอยพิมพ์ของวัสดุพิมพ์ปากที่เปลี่ยนแปลงจากแม่แบบโลหะตั้งต้นที่ใช้ในการพิมพ์[10,11] การวัดการเปลี่ยนแปลงจากแบบปูนภายหลังการเทแบบพิมพ์จากวัสดุพิมพ์ปาก[7,12] การประเมินการเปลี่ยนแปลงจากแบบพิมพ์เป็นการวัดที่แม่นยำ โดยไม่นำปัจจัยเรื่องการหดขยายของปูนมาเกี่ยวข้อง ตามมาตรฐานการประเมินคุณสมบัติของวัสดุพิมพ์ปากชนิดยืดหยุ่นเบอร์ 19 ของทันตแพทย์สมาคมอเมริกา (American Dental Association Specification No. 19; ADA)[13] และองค์กรระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐานของวัสดุพิมพ์ปากชนิดยืดหยุ่น (ISO 4823)[14] ได้กำหนดมาตรฐานของวัสดุพิมพ์ปากไปทางเดียวกันคือ วัสดุพิมพ์ปากชนิดยืดหยุ่นที่มีความหนืดน้อย (low viscosity) มีเสถียรภาพเชิงมิติที่เปลี่ยนแปลงได้จากการหดตัวระหว่างเกิดปฏิกิริยาและภายหลังเอารอยพิมพ์ออกจากช่องปาก แต่ไม่ควรมีค่าการเปลี่ยนแปลงมากกว่าร้อยละ 0.5 เมื่อวัดรอยพิมพ์ที่ 24 ชั่วโมง นอกจากนี้เป็นที่รู้กันว่า การพิมพ์ในสภาวะการพิมพ์ที่แห้งจะทำให้วัสดุพิมพ์ปากสามารถลอกเลียนรายละเอียดได้ดีและชัดเจน แต่เนื่องจากการพิมพ์ปากในผู้ป่วยอาจมีความจำเป็นต้องวางแผนให้ขอบของครอบฟันอยู่ใต้เหงือกเพื่อความสวยงาม ซึ่งมีความชื้นจากน้ำเหลืองเหงือก (ginigival crevice fluid) หรืออาจมีเลือดออกขณะพิมพ์ ซึ่งทำให้การลอกเลียนรายละเอียดทำได้ไม่ชัดเจน ปัจจุบันผู้ผลิตจึงพัฒนาวัสดุพิมพ์ปากให้มีคุณสมบัติในการวิ่งเข้าหาน้ำหรือไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) เพื่อให้การพิมพ์ปากในบริเวณที่ไม่สามารถกันความชื้นได้ วัสดุพิมพ์ปากสามารถวิ่งเข้าหาบริเวณส่วนใต้เหงือกซึ่งมีความชื้นเพื่อลอกรายละเอียดของเส้นสิ้นสุด (finishing line) บนฟันหลักได้อย่างชัดเจน[4,15] แต่คุณสมบัตินี้อาจเกิดปัญหาการดึงน้ำจากบรรยากาศหรือในสภาวะที่มีความชื้นสูงได้หากวัสดุพิมพ์ปากถูกเก็บไว้ในสภาวะไม่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น สภาวะแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 50[16] สามารถทำให้วัสดุพิมพ์ปากพอลิอีเทอร์ (polyether impression) มีการบวมหรือขยายขนาดของรอยพิมพ์ได้ (hygroscopic expansion) ส่งผลต่อความเสถียรภาพของรอยพิมพ์[8] วัสดุพิมพ์ปากพอลิอีเทอร์ และวัสดุพิมพ์ปากพอลิไวนิลไซลอคเซน (polyvinylsiloxane impression) หรือที่รู้จักกันในชื่อ แอดดิชันซิลิโคน (addition silicone) วัสดุทั้ง 2 กลุ่มเป็นวัสดุพิมพ์ปากอีลาสโตเมอร์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการพิมพ์ปากขั้นสุดท้าย (final impression)[6,11,16,17] เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความแม่นยำในการคืนรูปของวัสดุ (elastic recovery) ถ่ายทอดลักษณะพื้นผิวฟันที่กรอแต่งได้ครบถ้วน มีการคงเสถียรภาพเชิงมิติที่ดี เนื่องจากภายหลังการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันไม่เกิดผลลัพธ์ของสารที่ระเหย ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่กระทบกับเสถียรภาพที่เปลี่ยนแปลงของวัสดุพิมพ์ปาก[3] ได้มีการพัฒนาวัสดุพิมพ์ปากชนิดยืดหยุ่นขึ้นสำหรับการพิมพ์ปากขั้นสุดท้าย วัสดุกลุ่มนี้ถูกเรียกว่า “พอลิไวนิลไซลอคเซนอีเทอร์” (polyvinylsiloxanether)[12,18,19] เป็นวัสดุพิมพ์ปากที่มีการ

รวมโครงสร้างเคมีของวัสดุพิมพ์ปากพอลิไวนิลไซลอคเซนและวัสดุพิมพ์ปากพอลิอีเทอร์ ทำให้พอลิไวนิลไซลอคเซนอีเทอร์มีความแข็งแรงต้านต่อการฉีกขาด (high tear strength) มีความยืดหยุ่นสูง ดึงวัสดุพิมพ์ปากออกจากส่วนคอดได้ง่าย มีเสถียรภาพเชิงมิติที่แม่นยำ (dimension accuracy) ไม่เกิดผลลัพธ์ของปฏิกิริยา สามารถเทแบบปูนได้ทันที ต้านทานต่อการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวร (deformation) มีการไหลแผ่ดีมาก (excellent flow) และมีคุณสมบัติไฮโดรฟิลิกในขณะที่วัสดุพิมพ์ปากยังไม่ก่อตัวจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน รวมถึงภายหลังการก่อตัวจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันซึ่งทำให้วัสดุมีการไหลแผ่ที่ดีโดยเฉพาะในบริเวณที่มีความชื้น เนื่องจากมีค่ามุมสัมผัสที่กระทำกับพื้นผิว (contact angle) น้อยกว่า 10 องศาเซลเซียส ในเวลา 1 วินาที มีระยะเวลาการทำงานในช่องปากที่เพียงพอ มีระยะเวลาก่อตัวในช่องปากสั้น ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสชาติขมเหมือนพอลิอีเทอร์ เอาชิ้นงานออกจากแบบปูนง่าย มีการศึกษาไม่มากที่กล่าวถึงวัสดุกลุ่มนี้ จากการศึกษาเสถียรภาพเชิงมิติของวัสดุพอลิไวนิลไซลอคเซนอีเทอร์ชนิดหนึ่งพบว่า เมื่อพิมพ์แบบจากแบบพิมพ์หลักและนำมาเทปูนเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของขนาดจากระยะอ้างอิงบนแม่แบบหลักในแต่ละด้านพบว่า ขนาดของแบบปูนในบางด้านมีระยะที่แตกต่างกับแม่แบบหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าวัสดุพิมพ์ปากพอลิไวนิลไซลอคเซนอีเทอร์นี้มีเสถียรภาพแม่นยำมากที่สุดเมื่อเทรอยพิมพ์ทันทีเมื่อดึงวัสดุออกจากแม่แบบหลักที่ใช้พิมพ์และมีการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพเชิงมิติเพิ่มขึ้นภายหลังเก็บแบบพิมพ์ 1 วัน โดยการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพที่วัดจากแบบปูนของวัสดุชนิดนี้มีค่าใกล้เคียงกับวัสดุแอดดิชันซิลิโคน[12,15] แม้ว่าวัสดุแอดดิชันซิลิโคนและพอลิอีเทอร์เป็นวัสดุที่ได้รับการยอมรับจากหลายงานวิจัยว่า มีเสถียรภาพที่ดี แต่พบว่าในสภาวะที่มีความชื้นความสามารถของวัสดุในการลอกเลียนรายละเอียดยังคงให้ผลไม่แน่นอน[11,15] โดยมีผิวขรุขระและเกิดฟองอากาศเล็ก ๆ บริเวณรอยพิมพ์[11] ดังนั้น จุดประสงค์ของการศึกษาของงานวิจัยนี้คือ เพื่อประเมินการคงเสถียรภาพเชิงมิติและการลอกเลียนรายละเอียดของวัสดุพิมพ์ปากพอลิไวนิลไซลอคเซนอีเทอร์ เมื่อถูกพิมพ์ในสภาวะแห้ง ชื้น และเปียก โดยเปรียบเทียบกับวัสดุพิมพ์ปาก แอดดิชันซิลิโคนและพอลิอีเทอร์ในสภาวะการพิมพ์เดียวกัน

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุพิมพ์ปาก ทั้ง 3 ชนิด จำนวน 270 รอยพิมพ์ ประกอบด้วยวัสดุพิมพ์ปากพอลิไวนิลไซลอคเซนอีเทอร์ยี่ห้อไอเด็นเทียม®ไลท์ (Identium®light, Kettenbach, Germany) วัสดุพิมพ์ปากแอดดิชันซิลิโคนยี่ห้อพานาซิล®คอนแทคพลัส (Panasil®contact plus X-light, Kettenbach, Germany) และวัสดุพิมพ์ปากยี่ห้ออิมพิกุม™ (Impregum™Penta™ Soft, 3M ESPE, Germany) โดยวัสดุพิมพ์ปากทั้งสามมีคุณสมบัติตามตารางที่ 1 วัสดุพิมพ์ปากชนิดละ 90 ชิ้น พิมพ์ในสภาวะแห้ง 30 ชิ้น สภาวะชื้น 30 ชิ้น และเปียก 30 ชิ้น โดยพิมพ์บนแม่แบบโลหะ (apparatus for detail reproduction) ตามมาตรฐานการประเมินคุณสมบัติของวัสดุพิมพ์ปากตามที่ทันตแพทย์สมาคมอเมริกากำหนด ซึ่งประกอบด้วยเส้นที่มีขนาด 0.020 มิลลิเมตร จำนวน 3 เส้น โดยมีเส้นแนวดิ่งตัดผ่านเส้นแนวราบเพื่อเป็นจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของการวัด ทำความสะอาดพื้นผิวก่อนการพิมพ์ด้วยแอลกอฮอล์ และเป่าลมพื้นผิวให้แห้งก่อนการฉีดวัสดุบนแบบพิมพ์ทุกครั้งในการพิมพ์สภาวะแห้ง และก่อนการเตรียมพื้นผิวในสภาวะการพิมพ์ชื้นและเปียก ผสมส่วนเบส (base) และคะตะลิสต์ (catalyst) ของวัสดุพิมพ์ปากพอลิอีเทอร์ด้วยเครื่องเพ็นตะมิกซ์ (pentamix, 3M ESPE, Germany) และวัสดุพิมพ์ปากพานาซิลคอนแทคพลัส และไอเด็นเทียม®ไลท์ด้วยเครื่องออโตมิกซ์ (automix, Kettenbach, Germany) เพื่อลดการเกิดฟองอากาศที่อาจเกิดขึ้น การพิมพ์ทำโดยให้ส่วนปลายหัวฉีดกดลงบนแม่แบบโลหะฉีดวัสดุพิมพ์ในทิศทางเดียวกัน ต่อเนื่องจนสิ้นสุดการพิมพ์ ฉีดวัสดุให้มีความหนา 3 มิลลิเมตรจนพอดีกับขอบบนของแท่นพิมพ์ นำแท่นโลหะหนัก 300 กรัมกดทับบนผิวของวัสดุพิมพ์ปาก รอวัสดุเซ็ตตัวตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด นำวัสดุพิมพ์ปากออกจากแบบมาตรฐาน การพิมพ์จะทำในห้องปรับอากาศที่มีอุณหภูมิห้อง 26 องศาเซลเซียส

และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่างร้อยละ 45 - 50 โดยการพิมพ์ในสภาวะแห้งผิวโมเดลแม่แบบสำหรับพิมพ์จะแห้งจากการเป่าลม การพิมพ์ในสภาวะชื้น (รูปที่ 1) ผิวโมเดลแม่แบบสำหรับพิมพ์จะมีคราบน้ำตกค้างร่วมกับละอองน้ำขนาดเล็กมากบนพื้นผิว จากการเช็ดผิวต้นแบบพิมพ์ด้วยกระดาษเปียก (babywipe) ถูไปกลับ 2 ครั้ง และการพิมพ์ภายใต้สภาวะเปียก (รูปที่ 2) จะทำการพิมพ์ขณะที่โมเดลแม่แบบพิมพ์อยู่ใต้น้ำ โดยมีระดับน้ำเหนือส่วนขอบบนของแม่แบบพิมพ์ 0.5 เซนติเมตร ฉีดวัสดุพิมพ์ปากใต้น้ำโดยมีลักษณะการพิมพ์เหมือนการพิมพ์ในสภาวะแห้งและชื้น เมื่อวัสดุก่อตัว นำวัสดุพิมพ์ปากออกจากแม่แบบ เป่าน้ำและลมให้แห้ง และติดหมายเลขด้านหลังและทำการสุ่มรอยพิมพ์จากสภาวะแห้ง และชื้นของวัสดุพิมพ์ปากทั้งสามชนิดเพื่อเปรียบเทียบเสถียรภาพเชิงมิติที่เปลี่ยนแปลงไปโดยประเมินการเปลี่ยนแปลงจากความยาวของเส้นแนวราบบนรอยพิมพ์เมื่อพิมพ์แบบไปแล้ว 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับความยาวบนเส้นเดียวกันจากแม่แบบต้น โดยการวัดระยะด้วยเครื่องวัดมิติวัสดุ (measurement microscope, Nikon measurescope MM-11, Tokyo, Japan) ความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร หรือ 1 ไมครอน การหาความยาวของเส้นบนรอยพิมพ์จะหาจากค่าเฉลี่ยของเส้นที่ปรากฏให้เห็นความต่อเนื่องเท่านั้น หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของเสถียรภาพที่เปลี่ยนแปลงไปของรอยพิมพ์ทั้ง 3 ชนิดที่พิมพ์แบบจากแม่แบบต้นในสภาวะแห้งและชื้นด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (two-way analysis of variance; ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และหาร้อยละการเปลี่ยนแปลงของเสถียรภาพ (dimensional change) (%) = (A-B)/A X 100 เมื่อ A คือ ความยาวที่วัดจากแม่แบบต้น และ B คือ ความยาวที่วัดจากรอยพิมพ์ และศึกษาปัจจัยของเวลาโดยการเปรียบเทียบความยาวของเส้นแนวราบบนรอยพิมพ์ที่เวลา 1 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง ด้วยสถิติการทดสอบทีแบบจับคู่ (Pair t-test) และศึกษาความสามารถของการลอกรายละเอียดของวัสดุพิมพ์ปากทั้ง 3 ชนิดจากรอยพิมพ์ที่ถูกพิมพ์ในสภาวะแห้ง ชื้น และเปียก โดยประเมินรอยพิมพ์ทันที และประเมินผลจาก 2 วิธี คือ 1) ใช้มาตรฐานตามข้อตกลงของทันตแพทย์สมาคมอเมริกาซึ่งมีลักษณะเดียวกับมาตรฐานการรับรองคุณภาพ คือ เห็นเส้นแนวราบที่มีขนาดตามมาตรฐานกำหนด คือ การปรากฏของเส้นแนวราบที่ยาวต่อเนื่องตลอดความยาวอย่างน้อยสองในสามเส้น แต่จากการพิมพ์ในการทดลองแนวนำในสภาวะการพิมพ์ที่มีความชื้นและเปียกพบลักษณะความขรุขระ (roughness) เช่น การเกิดพื้นผิวขรุขระไม่เรียบเป็นผิวคลื่นจากคราบน้ำ หรือหลุมฟองอากาศขนาดเล็กเกิดขึ้นบ้างบนรอยพิมพ์ในส่วนที่ไม่ใช่สามเส้นหลัก (รูปที่ 3) ซึ่งหากเกิดขึ้นในสภาวะการทำงานในตำแหน่งที่สำคัญของฟันหลักมักส่งผลต่อรอยพิมพ์ที่ไม่อาจยอมรับได้ ดังนั้น การประเมินความสามารถของวัสดุในการลอกรายละเอียดจึงใช้เกณฑ์เพิ่มเติมคือการเปรียบเทียบปริมาณข้อบกพร่องหรือตำหนิ (defect) ที่เกิดขึ้นบนรอยพิมพ์ ได้แก่ ลักษณะผิวที่ขรุขระ เป็นรอยไม่เรียบบนรอยพิมพ์ เกิดหลุมเล็ก ๆ หรือฟองอากาศที่ทำให้รอยพิมพ์ไม่สมบูรณ์ ประเมินโดยนำแผ่นใสที่ประกอบด้วยช่องขนาด 1 มิลลิเมตร จำนวน 400 ช่องตีเป็นตาราง (รูปที่ 4) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ของรอยพิมพ์ทั้งหมด นำมาทาบบนรอยพิมพ์เพื่อนับจำนวนข้อบกพร่องหรือตำหนิที่เกิดขึ้นบนชิ้นรอยพิมพ์ทั้งหมดภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายวัตถุ 2.5 เท่า (polarized microscope, E-400 pol, Japan) เนื่องจากรอยพิมพ์มีรูปร่างเป็นวงกลม ดังนั้น กรณีที่ตำหนิอยู่บนพื้นที่ไม่เต็มช่องของตารางบริเวณใกล้ขอบวงกลมจะพิจารณาคิดเป็นครึ่งช่องหรือ 0.5 ตารางมิลลิเมตร เพื่อให้เป็นค่ากลางมากที่สุด และหาค่าเฉลี่ยของพื้นที่ตำหนิบนรอยพิมพ์และคำนวณเป็นร้อยละของตำหนิที่เกิดขึ้นบนรอยพิมพ์โดยเปรียบเทียบกับพื้นที่ของวงกลมของรอยพิมพ์ที่เกิดตำหนิ (ตารางที่ 4) การนับตำหนิบนรอยพิมพ์ทำโดยผู้วัดที่ไม่ทราบวัสดุชนิดของวัสดุพิมพ์ปาก และไม่ใช่ผู้พิมพ์วัสดุพิมพ์ปากและไม่ใช่ผู้วัดเสถียรภาพเชิงมิติที่เปลี่ยนแปลงของรอยพิมพ์ (triple blind technique)

ตารางที่ 1 *คุณสมบัติของวัสดุพิมพ์ปากทั้ง 3 ชนิด ที่ใช้ในการทดสอบ*

Table 1 *Properties of three impression materials used in this study*

Product	Manufacturer	Chemical Type	Lot	Working time 23°c (mins)	Intraoral setting time 35°c (mins)	ISO 4823 (Type)	Color	Consistency (mm.)
Identium® Light	Kettenbach GmbH	Vinylsiloxanether (VSXE)	140121	2.00	2.30	3	Violet	42
Panasil® contact plus X-light	Kettenbach GmbH	Vinylpolysiloxane (VPS)	140951	2.00	2.00	3	Violet	42
Impregum™ Penta™ Soft	3M ESPE	Polyether (PE)	31792	2.45	3.30	3	Violet	36

รูปที่ 1 *การพิมพ์ในสภาวะชื้นซึ่งมีคราบน้ำและละอองน้ำขนาดเล็กมากบริเวณพื้นผิวแม่แบบ*

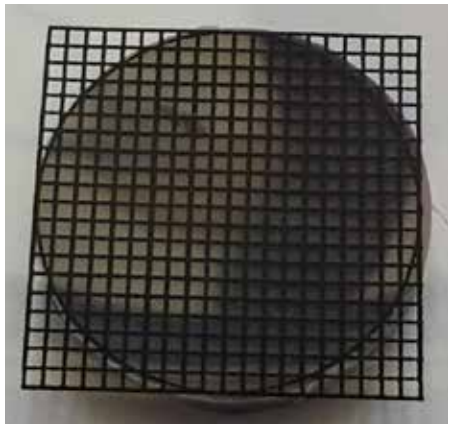
Figure 1 *Moist impression with water stain and spray on mold's surface*

รูปที่ 2 *การพิมพ์ในสภาวะเปียกที่มีส่วนขอบบนของแม่แบบอยู่ใต้ระดับน้ำ 0.5 เซนติเมตร*

Figure 2 *Wet impression with 0.5 centimeters underwater edge*

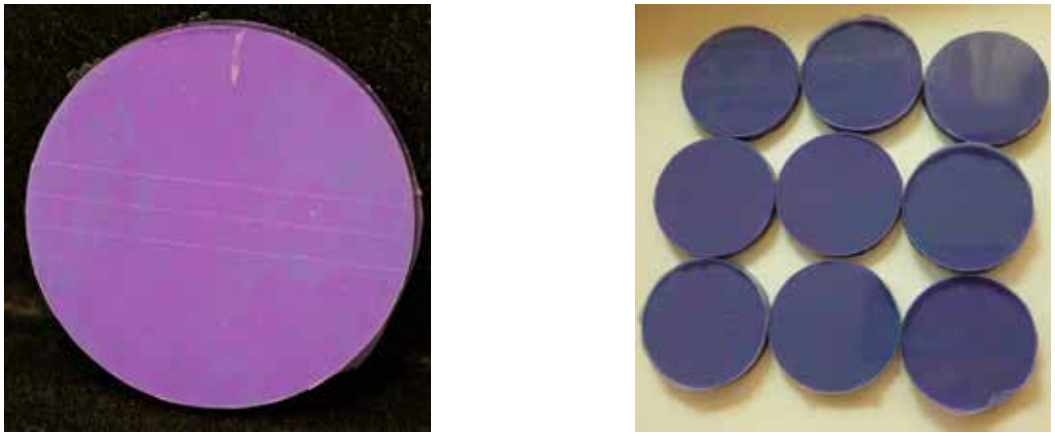
รูปที่ 3 *รอยพิมพ์ที่มีตำหนิ เช่น ผิวไม่เรียบ มีหลุม ฟองอากาศ หรือคราบน้ำที่ทำให้ขาดความชัดเจนของเส้น*

Figure 3 *Impression defects affecting line clarity, i.e. rough surface, void or water stain*



รูปที่ 4 *ตารางแผ่นใสเพื่อใช้นับจำนวนข้อบกพร่องหรือตำหนิที่เกิดขึ้น*

Figure 4 *Grid for counting defects*



รูปที่ 5 *รอยพิมพ์ที่ปรากฏของเส้นแนวราบที่ต่อเนื่องชัดเจนและไม่พบตำหนิหรือข้อบกพร่องบนรอยพิมพ์*

Figure 5 *Clear and continuous impression of lines with no defect on surface*

ผล

จากการวัดเสถียรภาพเชิงมิติจากความยาวของเส้นบนรอยพิมพ์พบว่า รอยพิมพ์ที่พิมพ์ในสภาวะเปียกนั้นไม่สามารถอ่านค่าความยาวของเส้นอ้างอิงได้อย่างชัดเจนภายใต้เครื่องวัดมิติวัสดุ ดังนั้น การวัดเสถียรภาพเชิงมิติของรอยพิมพ์ จึงเป็นการสุ่มวัสดุพิมพ์ปากแต่ละชนิดที่พิมพ์ในสภาวะแห้ง 30 ชิ้นและสภาวะชื้น 30 ชิ้นมาศึกษา การพิมพ์ในสภาวะเปียกจะถูกนำมาใช้ในการศึกษาคุณสมบัติการลอกเลียนรายละเอียดของวัสดุพิมพ์ปากเพื่อเปรียบเทียบกับรอยพิมพ์ในสภาวะแห้งและชื้น

ผลการวิเคราะห์ด้านเสถียรภาพเชิงมิติ

จากการวัดความยาวของเส้นบนรอยพิมพ์เมื่อผ่านไป 24 ชั่วโมงกับความยาวของเส้นบนโลหะของแม่แบบพิมพ์ ค่าการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพเชิงมิติ หรือค่าเดลต้า (ΔL) ของวัสดุพิมพ์ปากทั้ง 3 ชนิดหาได้จาก

$$\Delta L = |L_1 - L_2|$$

L_1 = ระยะทางบนเส้นแนวราบระหว่างจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดบนแม่แบบพิมพ์

L_2 = ระยะทางบนเส้นแนวราบระหว่างจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดบนรอยพิมพ์

ใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงของเส้นความยาวบนรอยพิมพ์จากโลหะต้นแบบของรอยพิมพ์ (ค่าเดลตา) ในสภาวะแห้งและชื้นของวัสดุพิมพ์ปากทั้ง 3 ชนิด และใช้การวิเคราะห์ด้วยสถิติเทมเฮน (Tamhane's T2) โดยเมื่อวิเคราะห์รอยพิมพ์ที่ 1 ชั่วโมงภายหลังการพิมพ์ (ตารางที่ 2) พบว่า ผลของชนิดของวัสดุพิมพ์ปากต่อค่าเฉลี่ยของค่าเดลตาและผลของสภาวะในการพิมพ์ต่อค่าเฉลี่ยของค่าเดลตามีค่าระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05 แสดงว่า เมื่อศึกษารอยพิมพ์ที่ 1 ชั่วโมง พบว่า ชนิดของวัสดุพิมพ์ปาก และสภาวะการพิมพ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเสถียรภาพเชิงมิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่า วัสดุพิมพ์ปากและสภาวะการพิมพ์มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 คิดเป็นร้อยละ 13.3 แต่เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของรอยพิมพ์ภายหลังการพิมพ์ 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 2) พบว่า ผลของชนิดของวัสดุพิมพ์ปากต่อค่าเฉลี่ยของเดลตาให้ค่าระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 ($p < 0.05$) แสดงว่า ชนิดของวัสดุพิมพ์ปากมีผลต่อค่าการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพเชิงมิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบความแตกต่างกันในวัสดุพิมพ์ปากทั้ง 3 กลุ่ม โดยวัสดุพิมพ์ปากอิมพิกุมเมื่อพิมพ์ในสภาวะชื้นให้ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพจากต้นแบบมากที่สุดเมื่อวัดรอยพิมพ์ที่ 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 3) แต่จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางในเรื่องสภาวะการพิมพ์พบว่า การวัดผลที่ 1 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง การพิมพ์ในสภาวะแห้งและชื้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเสถียรภาพเชิงมิติอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน และพบว่าวัสดุพิมพ์ปากและสภาวะการพิมพ์มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 คิดเป็นร้อยละ 8.5 และเมื่อใช้สถิติการทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ยประชากรแบบจับคู่ พบว่า ความยาวของเส้นที่ปรากฏบนรอยพิมพ์เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง มีความแตกต่างจากความยาวเมื่อวัดที่ 1 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชนิดของรอยพิมพ์ ($p < 0.05$) ซึ่งแสดงว่า เวลาที่ผ่านไป 24 ชั่วโมงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพทางมิติของวัสดุพิมพ์ปากทั้ง 3 ชนิด

ตารางที่ 2 *ผลการทดสอบความแปรปรวนสองทาง (ปัจจัยของตัวแปรต้นที่มีผลต่อตัวแปรอื่นและตัวแปรตาม)*

Table 2 *Two-way ANOVA (Test of Between-Subjects Effects)*

Test of Between-Subjects Effects						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean square	F	Sig	Partial Eta Squared
1 Hour						
Impression	0.001	2	0	2.787	0.064	0.031
Condition	1.100	1	1.1	0.306	0.581	0.002
Impression*condition	0.003	2	0.002	13.37	0.000	0.133
24 Hours						
Impression	0.007	2	0.004	20.58	0.000	0.191
Condition	4.827	1	4.827	0.572	0.450	0.003
Impression*condition	0.003	2	0.001	8.033	0.000	0.085

ตารางที่ 3 *การเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพเชิงมิติของรอยพิมพ์ทั้ง 3 ชนิด เมื่อรอยพิมพ์ถูกวัดใน 2 ช่วงเวลา*

Table 3 *Showing dimensional change of three impression at two different time*

			Impegum	Panasil	Identium
Material Hours	N	Condition	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
1 Hour	30	dry	0.0212 ± 0.0170	0.0188 ± 0.0065	0.0098 ± 0.0064
1 Hour	30	moist	0.0108 ± 0.0079	0.0209 ± 0.0089	0.0208 ± 0.0158
24 Hours	30	dry	0.0267 ± 0.0165	0.0127 ± 0.0096	0.0286 ± 0.0094
24 Hours	30	moist	0.0350 ± 0.0150	0.0184 ± 0.0152	0.0191 ± 0.0107

ผลการวิเคราะห์การลอกเลียนรายละเอียดของวัสดุพิมพ์ปากในสภาวะแห้ง ชื้นและเปียก

ในสภาวะแห้งรอยพิมพ์ของวัสดุพิมพ์ปากทั้ง 3 ชนิดมีการปรากฏของเส้นแนวราบที่ต่อเนื่องชัดเจนทุกเส้น ทุกรอยพิมพ์ และไม่พบตำหนิใด ๆ บนรอยพิมพ์ทั้ง 3 ชนิด (รูปที่ 5) ในสภาวะการพิมพ์ที่ชื้น วัสดุพิมพ์ปากไอเด็นเทียม พานาซิล และอิมพิกุม สามารถลอกเลียนรายละเอียดได้โดยปรากฏความต่อเนื่องของเส้นมากกว่าสองในสามเส้นได้ คิดเป็น ร้อยละ 86.7 ร้อยละ 63.3 และร้อยละ 100 ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างของพื้นที่ของตำหนิที่เกิดในวัสดุทั้งสามชนิดเมื่อทดสอบด้วยสถิติความแปรปรวนทางเดียว เมื่อพิมพ์ในสภาวะเปียก วัสดุพิมพ์ปากไอเด็นเทียม® และพานาซิล® พบการปรากฏของเส้นที่ไม่ต่อเนื่องไม่ผ่านตามข้อกำหนดของมาตรฐานทุกชิ้น แต่พบว่า วัสดุพิมพ์ปากอิมพิกุม™ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานกำหนดได้คิดเป็น ร้อยละ 90 อย่างไรก็ตามยังพบตำหนิบนรอยพิมพ์ที่ผ่าน และไม่ผ่านเกณฑ์บนรอยพิมพ์ซึ่งมีขนาดเล็กและใหญ่ครอบคลุมพื้นที่ดังแสดงในตารางที่ 4 โดยค่าเฉลี่ยของพื้นที่ของตำหนิที่เกิดขึ้นพบในสภาวะการพิมพ์เปียกมากกว่าสภาวะชื้น และพบตำหนิเกิดขึ้นมากที่สุดในรอยพิมพ์พานาซิลที่พิมพ์ในสภาวะเปียก ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของพื้นที่ของตำหนิที่เกิดขึ้นบนรอยพิมพ์ทั้งสามกลุ่มในสภาวะเดียวกัน และผลการวิจัยพบว่า พื้นที่ของตำหนิที่เกิดขึ้นพบสูงสุดคิดเป็นร้อยละไม่เกินร้อยละ 1.1 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 *จำนวนข้อบกพร่องและตำหนิที่พบบนรอยพิมพ์ เมื่อพิมพ์ในสภาวะชื้นและเปียก*

Table 4 *Numbers of defects on impressions in moist and wet conditions*

	Number of defective impressions (pieces)					
	Moist			Wet		
Size of defect ($mm.^2$) per area of impression (A) (A = 314 $mm.^2$)	Identium N = 30	Panasil N = 30	Impregum N = 30	Identium N = 30	Panasil N = 30	Impregum N = 30
13 to 15 mm^2	0	0	0	0	3	0
10 to 12 mm^2	0	0	0	0	3	0
7 to 9 mm^2	0	0	0	3	1	1
4 to 6 mm^2	0	0	0	2	11	17
1 to 3 mm^2	2	4	4	25	12	12
Average area (mm^2) of defects on one impression $\bar{\chi} = \frac{\Sigma X}{N}$	0.13	0.33	0.22	2.6	3.5	3.37
Percentage (%) $\frac{100\ (\bar{\chi})}{314}$	0.04	0.11	0.07	0.82	1.11	1.07

$A = \pi r^2 = (3.14 \times 10^2) = 314\ mm^2$

บทวิจารณ์

วัสดุพิมพ์ปากอีลาสโตเมอร์ทุกชนิดเกิดการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพขณะก่อตัวได้ด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอไรซ์ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงตัวของการเชื่อมต่อกันภายในและระหว่างสายโซ่พอลิเมอร์ ขณะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันและจะมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นหากมีผลลัพธ์จากปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดองค์ประกอบของสารที่ระเหยได้ เช่น น้ำหรือเอทานอลหรือการขยายตัวจากการดูดน้ำจากสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม[1] เช่น การขยายตัวของวัสดุพิมพ์ปากพอลิอีเทอร์จากการดูดน้ำจากสภาวะแวดล้อมที่มีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่าร้อยละ 50[16] หรือในอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป[16] อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บวัสดุพิมพ์ปากชนิดยืดหยุ่น คือ 19 - 23 องศาเซลเซียส[21] การเก็บแบบพิมพ์ในสภาวะแวดล้อมเหมาะสม จะสามารถเก็บแบบพิมพ์พอลิอีเทอร์ได้ถึง 14 วัน[22] ตามมาตรฐานการประเมินคุณสมบัติของวัสดุพิมพ์ปากชนิดยืดหยุ่นได้กำหนดมาตรฐานของวัสดุพิมพ์ปากชนิดยืดหยุ่นที่มีความหนืดน้อย (low viscosity) ว่า เมื่อวัดรอยพิมพ์ที่ 24 ชั่วโมงไม่ควรมีค่าการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพเชิงมิติมากกว่าร้อยละ 0.5[13,14] จากงานวิจัยนี้พบว่า วัสดุอิมพิกุม พานาซิลและไอเด็นเทียม ให้ค่าการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพที่ 24 ชั่วโมง ($\Delta L = L_1 - L_2$) ในสภาวะแห้งและชื้นสูงสุด คือ 0.0350, 0.0184 และ 0.0286 หรือคิดเป็นร้อยละได้จาก $\Delta L\% = 100\ (L_1 - L_2)/L_1$ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 0.140, 0.074 และ 0.114 ตามลำดับ ซึ่งให้ค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด จากงานวิจัยของ Gonclave และคณะ[3] พบว่า แอดดิชันซิลิโคนเกิดการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 0.15 และพอลิอีเทอร์ร้อยละ 0.2 ในการทดลองนี้พบว่าอิมพิกุมเป็นวัสดุพิมพ์ปากที่มีเสถียรภาพดีที่สุดหรือมีการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพน้อยที่สุดเมื่อวัดการเปลี่ยนแปลงของความยาวไม่เกิน 1 ชั่วโมง คือ ให้ค่าเฉลี่ย 0.0108 มิลลิเมตรและให้ค่าเสถียรภาพที่แย่สุดเช่นกันเมื่อ

วัดที่ 24 ชั่วโมง คือ ให้ค่าเฉลี่ย 0.0350 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นรอยพิมพ์ที่ถูกพิมพ์ในสภาวะชื้น ซึ่งอาจเป็นผลจากความชื้นที่สะสมภายในตัวรอยพิมพ์ แม้ในการศึกษาผู้ทดสอบจะทำการเป่าลมเบา ๆ เพื่อไล่เอาละอองน้ำที่ติดอยู่ออกก่อนทำการวัดเสถียรภาพของรอยพิมพ์ การพิมพ์ในสภาวะเปียกไม่ได้ถูกนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพเชิงมิติ เนื่องจากการอ่านค่าด้วยเครื่องวัดมิติวัสดุ ไม่สามารถวัดค่าได้อย่างแม่นยำ ขาดความชัดเจนของเส้นในรอยพิมพ์ ซึ่งอาจส่งผลต่อค่าเสถียรภาพเชิงมิติที่คลาดเคลื่อนได้หากทำการศึกษา ในงานวิจัยจึงต้องศึกษาเสถียรภาพเชิงมิติจากการสุ่มรอยพิมพ์ในสภาวะแห้งและชื้นเท่านั้น และจากสถิติการทดสอบความแปรปรวนแบบสองทางไม่พบความแตกต่างของเสถียรภาพบนรอยพิมพ์ในสภาวะแห้งและชื้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Walker[23] ที่พบว่าการพิมพ์ปากในสภาวะที่มีความชื้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพเชิงมิติของวัสดุพิมพ์ปากของพอลิอีเทอร์และพอลิไวนิลไซลอคเซน จากการเปรียบเทียบระยะความยาวบนรอยพิมพ์ที่ 24 ชั่วโมงและ 1 ชั่วโมง พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าปัจจัยเรื่องของเวลามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพเชิงมิติ ซึ่งแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงนั้นไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด ซึ่งกำหนดให้วัดที่ 24 ชั่วโมง แต่ในการศึกษาต่อไปควรศึกษาในช่วงเวลาที่มากขึ้นเพื่อหาเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงเกินมาตรฐานกำหนดเพื่อหลีกเลี่ยงสภาวะการทิ้งวัสดุพิมพ์ปากเกินช่วงเวลา จากงานวิจัยการคงเสถียรภาพเชิงมิติของวัสดุพิมพ์ปากพอลิไวนิลไซลอคเซนอีเทอร์จากการวัดในแบบพิมพ์ปูน[12] พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับแอดดิชันซิลิโคนเมื่อเก็บรอยพิมพ์ไว้ 1 สัปดาห์ และมีการเปลี่ยนแปลงไม่ต่างจากวัสดุพิมพ์ปากพอลิอีเทอร์เมื่อเก็บไว้ 2 สัปดาห์ และวัสดุจะมีความแม่นยำที่สุดเมื่อเทแบบทันที[12,19] แม้ในงานวิจัยนี้จะพบความแตกต่างของเสถียรภาพเชิงมิติที่เปลี่ยนแปลงในวัสดุทั้ง 3 ชนิด เมื่อเก็บรอยพิมพ์ 24 ชั่วโมง แต่ขนาดของการเปลี่ยนแปลงเป็นค่าที่ยอมรับได้ในคลินิกคือ มีช่องว่างบริเวณขอบของครอบฟัน (marginal gap) น้อยกว่า 100 - 150 ไมครอน[24,25] แต่ในงานวิจัยพบว่า การพิมพ์ในชั่วโมงแรกให้ค่าเสถียรภาพที่ดีกว่าเมื่อ 24 ชั่วโมง เช่นเดียวกับงานวิจัยก่อน[12,19] คุณสมบัติเรื่องความสามารถของวัสดุพิมพ์ปากในการลอกเลียนรายละเอียดของฟันที่ทันตแพทย์กรอแต่งก็เป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญที่ทำให้ครอบฟันมีความแนบสนิท เนื่องจากวัสดุพิมพ์ปากควรมีความสามารถในการเก็บรายละเอียดของเส้นสิ้นสุด (finishing line) บนตัวฟันหลักได้ ซึ่งเป็นตำแหน่งของการวางขอบของครอบฟันให้มีความแนบสนิทกับฟันหลัก และตามมาตรฐานของทันตแพทย์สมาคมอเมริกา[13] และตามมาตรฐานข้อกำหนดวัสดุพิมพ์ปาก[14] ได้กำหนดว่า มาตรฐานของวัสดุพิมพ์ปากจะต้องสามารถลอกเลียนรายละเอียดได้อย่างน้อย 25 ไมครอน โดยวัสดุพิมพ์ปากชนิดความหนืดน้อยและปานกลาง ควรมีความสามารถในการลอกเลียนรายละเอียดของพื้นผิวที่มีความกว้างของเส้นที่มีขนาด 0.020 มิลลิเมตรได้ ซึ่งเป็นขนาดของเส้นที่อยู่บนแบบพิมพ์ต้นแบบ และหากปรากฏให้เห็นความต่อเนื่องของเส้นสองในสามเส้นถือว่าวัสดุสามารถลอกเลียนรายละเอียดได้ผ่านตามเกณฑ์ในทางทฤษฎี[26] การพิมพ์ปากครั้งสุดท้ายเพื่อให้ได้รายละเอียดของเส้นสิ้นสุดที่ชัดเจน วัสดุพิมพ์ปากควรถูกพิมพ์ในสภาวะแห้งปราศจากความชื้น ปัจจุบันผู้ผลิตวัสดุพิมพ์ปากจะมีการเติมสารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุ (nonionic surfactant) เช่น โนนิลฟีนอคซีพอลิเอทอคซีเอทานอล (nonylphenoxy polyethoxyethanol) ลงไปในวัสดุพิมพ์ปากหลายชนิด[26,27] เพื่อลดมุมสัมผัสที่กระทำต่อผิว (contact angle) ปรับปรุงความสามารถของวัสดุให้มีความสามารถของของเหลวในการรักษาหน้าสัมผัสกับพื้นผิวที่มีน้ำ (wetting) ได้ดี ซึ่งเรียกว่า ไฮโดรฟิลิก (hydrophillic) เพื่อให้วัสดุพิมพ์ปากสามารถเข้าใกล้ในการสัมผัสกับฟันและเนื้อเยื่อมากที่สุด เพื่อประโยชน์ในการลอกเลียนรายละเอียดของพื้นผิวได้ดีขึ้นและเกิดข้อบกพร่อง (defect) หรือตำหนิบนรอยพิมพ์น้อยที่สุด บนรอยพิมพ์วัสดุพิมพ์ปากตามอุดมคติควรมีคุณสมบัติไฮโดรฟิลิกทั้งก่อนและหลังการก่อตัว คุณสมบัติไฮโดรฟิลิกนั้นมีอิทธิพลกับวัสดุพิมพ์ปากได้ 2 สภาวะ คือ สภาวะที่วัสดุพิมพ์ปากยังไม่เกิดการพอลิเมอไรเซชัน ซึ่งจะนำพาให้วัสดุพิมพ์ปากสามารถเข้าไปใกล้ผิวฟันและเนื้อเยื่อได้

และสภาวะที่วัสดุพิมพ์ปากมีการก่อตัวแล้วซึ่งทำให้การเทแบบจำลองปูนทำได้โดยปราศจากฟองอากาศในเนื้อปูน ซึ่งทำให้การครอบฟันในห้องปฏิบัติการมีประสิทธิภาพและแม่นยำ[28] การประเมินลักษณะไฮโดรฟิลิกสามารถจะศึกษาจากตำหนิที่เกิดขึ้นบนรอยพิมพ์ และจากแบบปูนที่ถูกพิมพ์ หากค่ามุมสัมผัสซึ่งเป็นมุมที่เกิดจากผิวสัมผัสกับรอยพิมพ์น้อยกว่า 90 องศาเซลเซียส วัสดุจะแสดงความเป็นไฮโดรฟิลิก[29] โดยพบว่า วัสดุพิมพ์ปากพอลิอีเทอร์แสดงค่ามุมสัมผัสน้อยที่สุดคือ 35.2 องศาเซลเซียส รองลงมาคือพอลิไวนิลไซลอคซีน ซึ่งได้ 60.8[30] คุณสมบัติไฮโดรฟิลิกเป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญระหว่างกระบวนการพิมพ์ เนื่องจากช่วยทำให้วัสดุไหลแผ่และเข้าไปใกล้แนบติดกับส่วนของตัวฟันและเหงือกซึ่งอาจมีบางส่วนมีการปนเปื้อนจากความชื้น เช่น เลือด น้ำลาย และน้ำ เมื่อวัสดุพิมพ์ปากมีความเป็นไฮโดรฟิลิก น้ำหรือความชื้นจะเป็นตัวดึงให้วัสดุพิมพ์ปากมายึดติดกับพื้นผิวได้ หากวัสดุพิมพ์ปากมีลักษณะไฮโดรโฟรบิก (hydrophobic) หรือสภาวะไม่ชอบน้ำ วัสดุจะสร้างหยดน้ำเล็ก ๆ ซึ่งสุดท้ายจะทำให้เกิดฟองอากาศบนรอยพิมพ์และเกิดช่องว่างหรือรูบนแบบปูนที่เทจากรอยพิมพ์ ซึ่งหากพบตำหนิจากช่องว่างบริเวณขอบจุดสิ้นสุดของครอบก็ส่งผลต่อความแนบสนิทของครอบ[15] จากการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติไฮโดรฟิลิกที่เกิดขึ้นก่อนและหลังก่อตัวของวัสดุพิมพ์ปากพอลิอีเทอร์เปรียบเทียบกับพอลิไวนิลไซลอคเซนหลายยี่ห้อ พบว่า รอยพิมพ์และแบบปูนที่เทแบบจากวัสดุพิมพ์ปากพอลิอีเทอร์มีการเกิดรูพรุนน้อยที่สุดและพบว่าพอลิอีเทอร์สามารถให้รายละเอียดของรอยพิมพ์ได้ดีกว่าไวนิลพอลิไซลอคเซนในสภาวะที่ชื้น[29] การศึกษาของ Takahashi และ Finger[15] พบว่าวัสดุพิมพ์ปากแอดดิชันซิลิโคน และพอลิอีเทอร์นั้นสามารถพิมพ์ได้ดีในสภาวะที่มีความชื้นปานกลางมีการศึกษา[10] แนะนำว่าควรใช้พอลิอีเทอร์เมื่อต้องพิมพ์ในสภาวะที่ควบคุมความชื้นได้ยาก อย่างไรก็ตาม ความชื้นที่มากเกินไปอาจเป็นปัญหาต่อการลอกเลียนรายละเอียดได้ จากงานวิจัยนี้พบว่าเมื่อนำเกณฑ์การปรากฏของเส้นที่ต่อเนื่องมากกว่าสองในสามเส้น พบว่าวัสดุพิมพ์ปากทั้งสามชนิดสามารถให้รอยพิมพ์ที่ชัดเจนทุกชิ้นงานเมื่อพิมพ์ในสภาวะแห้ง แต่ในสภาวะชื้นมีเพียงรอยพิมพ์ของวัสดุอิมพิกุมที่พบชิ้นงานทุกชิ้นผ่านเกณฑ์และในการพิมพ์สภาวะเปียกอิมพิกุมเป็นวัสดุชนิดเดียวที่ผ่านตามเกณฑ์ (จำนวนร้อยละ 90) แม้จะพบว่ารอยพิมพ์จะมีตำหนิบ้างซึ่งคิดเป็นร้อยละ 1 ของพื้นที่ ในสภาวะชื้นวัสดุพิมพ์ปากไอเด็นเทียมให้การลอกเลียนรายละเอียดได้ดีกว่าพานาซิลเมื่อเปรียบเทียบจากจำนวนร้อยละของการปรากฏเส้นต่อเนื่องมากกว่าสองในสามและเกิดร้อยละของการเกิดตำหนิบนรอยพิมพ์ แต่การพิมพ์ในสภาวะเปียกวัสดุทั้งสองชนิดไม่สามารถให้รอยพิมพ์ที่ผ่านเกณฑ์ แม้ว่าจะมีร้อยละการเกิดตำหนิไม่แตกต่างกัน แต่การไม่มีชิ้นตัวอย่างใดผ่านเกณฑ์ย่อมแสดงให้เห็นถึงความสามารถของวัสดุในการลอกเลียนรายละเอียด อย่างไรก็ตามยังมีอีกหลายปัจจัยที่มีผลต่อการลอกเลียนรายละเอียดของวัสดุ เช่น ความชื้นความหนืดของวัสดุ การผสมวัสดุ (handling properties) ทฤษฎีการไหลของวัสดุ (rheological theory) และความลึกในการผ่านได้ของวัสดุที่เป็นของเหลวระหว่างกระบวนการพอลิเมอไรเซชันซึ่งต้องทำการศึกษาต่อไป ดังนั้นในงานวิจัยในอนาคตอาจต้องทำการศึกษาความสามารถของวัสดุพิมพ์ปากพอลิไวนิลไซลอคเซนอีเทอร์ในคุณสมบัติอื่น ๆ ทางอุดมคติหรือมีข้อกำหนดตามมาตรฐานการรับรองคุณภาพโดยเปรียบเทียบกับวัสดุพิมพ์ปากในกลุ่มที่เป็นที่นิยมและเป็นที่ยอมรับในคลินิกและอาจต้องศึกษาวัสดุพิมพ์ปากพอลิไวนิลไซลอคเซนอีเทอร์ในยี่ห้ออื่นที่เริ่มเข้ามาจำหน่ายในประเทศไทย นอกจากนี้อาจต้องพัฒนาการทดลองให้เลียนแบบกับลักษณะช่องปากหรือการใช้งานของวัสดุในทางคลินิกมากขึ้น เช่น การทดสอบการลอกเลียนรายละเอียดกับผิวเนื้อฟัน หรือการใช้สารซึ่งมีคุณสมบัติของสารคัดหลั่งของร่างกายซึ่งจำลองสภาพในช่องปากมีความเหมือนจริงมากกว่าการใช้น้ำ[30]

บทสรุป

เมื่อวัดรอยพิมพ์ที่ 24 ชั่วโมง รอยพิมพ์ของวัสดุพิมพ์ปากทั้งสามชนิดมีการเปลี่ยนแปลงเสถียรภาพของรอยพิมพ์จากโมเดลต้นแบบและให้ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่า มีค่าไม่เกินตามที่มาตรฐานกำหนด (ร้อยละ 0.5) และวัสดุพิมพ์ปากไอเด็นเทียมไลท์สามารถลอกรายละเอียดได้ดีในสภาวะแห้งแต่ในสภาวะชื้นวัสดุชนิดนี้ยังมีการลอกเลียนรายละเอียดได้ต่ำกว่าอิมพิกุมเพ็นตะซอฟต์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิตที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยและขอขอบพระคุณ ศ.คลินิก ทญ. อิศราวัลย์ บุญศิริ ที่ให้คำแนะนำในการทำวิจัยและชี้แนะวัสดุพิมพ์ปากชนิดนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Sakaguchi RL, Powers JM. Craig's restorative dental materials. 13th ed. Philadelphia: Mosby; 2012. p.277-325.
2. Anusavice KJ, Shen C, Rawls R. Phillips' Science of Dental Materials. 12th ed. St. Louise: Elsevier; 2013. p.151-81.
3. Gonçalves FS, Popoff DA, Castro CD, Silva GC, Magalhães CS, Moreira AN. Dimensional stability of elastomeric impression materials: a critical review of the literature. ***Eur J Prosthodont Restor Dent*** 2011;19:163-6.
4. Shillingburg HT, Hobo S, Whistsett LD, Jacobi R, Brackett SE. Fundamentals of fixed prosthodontics. 3rd ed. Chicago: Quintessence; 1997. p.281-307.
5. Chen SY, Liang WM, Chen FN. Factor affecting the accuracy of elastomeric impression materials. ***J Dent*** 2004;32:603-9.
6. Donovan TE, Chee WW. A review of contemporary impression materials and techniques. ***Dent Clin North Am.*** 2004;48:445-70
7. Thongthammachat S, Moore BK, Barco MT 2nd, Hovijitra S, Brown DT, Andres CJ. Dimensional accuracy of dental casts: influence of tray material, impression material and time. ***J Prosthodont*** 2002;11:98-108.
8. Kanehira M, Finger WJ, Endo T. Volatilization of components from and water absorption of polyether impressions. ***J Dent*** 2006;34:134-8.
9. Kotsiomiti E, Tzialla A, Hatjivasiliou K. Accuracy and stability of impression materials subjected to chemical disinfection-a literature review. ***J Oral Rehabil*** 2008;35:291-9.
10. Johnson GH, Lepe X, Aw TC. The effect of surface moisture on detail reproduction of elastomeric impressions. ***J Prosthet Dent*** 2003;90:354-64.
11. Petrie CS, Walker MP, O'mahony AM, Spencer P. Dimensional accuracy and surface detail reproduction of two hydrophilic vinyl polyvinylsiloxane impression materials tested under dry, moist and wet conditions. ***J Prosthet Dent*** 2003;90:365-72.
12. Nassar U, Oko A, Adeeb S, El-Rich M, Flores-Mir C. An *In vitro* study on the dimensional stability of a vinyl polyether silicone impression material over a prolonged storage period. ***J Prosthet Dent*** 2013;109:172-8.
13. Anonymous. Revised American Dental Association Specification no. 19 for non-aqueous, elastomeric dental impression

materials. ***J Am Dent Assoc*** 1977;94:733-41.
14. International Organization for Standardization. ISO 4823:2000. Dentistry - Elastomeric impression materials. Geneva, Switzerland, 2000.
15. Takahashi H, Finger WJ. Dentin surface reproduction with hydrophilic and hydrophobic impression materials. ***Dent Mater*** 1991;7:197-201.
16. Endo T, Finger WJ. Dimensional accuracy of a new polyether impression material. ***Quintessence Int*** 2006;37:47-51.
17. Mandikos MN. Polyvinyl siloxane impression materials: an update on clinical use. ***Aust Dent J*** 1998;43:428-34.
18. Burgess JO. Impression material basics. Inside Dentistry. 2005;1(1)[cited 2016 Mar 28] Available from: http://www.dentalaegis/id/2005/10/impression-material-basics
19. Stober T, Johnson GH, Schmitter M. Accuracy of the newly formulated vinyl siloxanether elastomeric impression material. ***J Prosthet Dent*** 2010;103:228-39.
20. Christopher JB. Identium® Vinylsiloxanether®. Inside Dentistry. 2011;7(6) [cited 2016 Mar 28] Available from: http://www.dentalaegis.com/id/2011/06/identium-vinylsiloxanether
21. Corso M, Abanomy A, Di Canzio J, Zurakowski D, Morgano SM. The effect of temperature changes on the dimensional stability of polyvinyl siloxane and polyether impression materials. ***J Prosthet Dent*** 1998;79;626-31.
22. Franco EB, da Cunha LF, Benetti AR. Effect of storage period on the accuracy of elasto meric impressions. ***J Appl Oral Sci*** 2007;15:195-8.
23. Walker MP, Petrie CS, Haj-Ali R, Spencer P, Dumas C, Williams K. Moisture effect on polyether and polyvinylsiloxane dimensional accuracy and detail reproduction. ***J Prosthodont*** 2005;14:158-63.
24. Pilo R, Cardash HS. *In vivo* retrospective study of cement thickness under crowns. ***J Prosthet Dent*** 1998;79:621-5.
25. McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an *in vivo* technique. ***Br Dent J.*** 1971;131:107-11.
26. Craig RG, O' Brien WJ, Power JM. Dental materials: properties and manipulation. 6th ed. St. Louise: Mosby; 1995. p.136-177.
27. Chai JY, Yeung TC. Wettability of nonaqueous elastomeric impression materials. ***Int J Prosthodont*** 1991;4:555-60.
28. O` Brien WJ. Dental materials and their selection. 2nd ed. Chicago: Quintessence; 1997. p.40-1.
29. Michalakis KX, Bakopoulou A, Hirayama H, Garefis DP, Garefis PD. Pre- and post-set hydrophilicity of elastomeric impression materials. ***J Prosthodont*** 2007;16:238-48.
30. Tenovuo J. Human saliva: clinical chemistry and microbiology. 1st ed Florida: CRC Press; 1989. p.6-25.