ผลของการแปรงฟันต่อความหยาบผิวและพลังงานอิสระบนพื้นผิวของวัสดุบูรณะชั่วคราวชนิดพอลิเมทิลเมทาคริเลต

ชนชน วะชังเงิน ผุสดีพร ธรรมจารึก** สุพาณี บูรณธรรม***

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแปรงต่อความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิวของวัสดุทำครอบชั่วคราวพอลิเมทิลเมทาคริเลต โดยเตรียมชิ้นทดสอบจากพอลิเมทิลเมทาคริเลต 3 ชนิด คือ ชนิดบ่มตัวเอง ชนิดบ่มด้วยความร้อน และชนิดแคด-แคม อย่างละ 20 ชิ้น แบ่งเป็น 2 กลุ่ม สำหรับแปรงด้วยน้ำกลั่นและแปรงด้วยยาสีฟัน (n=10) วัดความหยาบผิวและหาพลังงานอิสระพื้นผิวก่อนแปรง และหลังแปรงด้วยเครื่องแปรงฟัน 720 และ 1440 รอบ ผลการทดสอบพบว่า วัสดุทั้งสามชนิดหลังการขัดมีความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิวเริ่มต้นไม่แตกต่างกัน การแปรงด้วยน้ำกลั่น 720 และ 1440 รอบ ไม่ทำให้ความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิวของวัสดุเปลี่ยนแปลง ภายหลังแปรงด้วยยาสีฟัน 720 และ 1440 รอบ วัสดุชนิดบ่มตัวเองมีค่าความหยาบผิวเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงกว่าชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และภายหลังแปรงด้วยยาสีฟัน 1440 รอบ วัสดุชนิดบ่มตัวเองมีค่าพลังงานอิสระพื้นผิวเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงกว่าชนิดแคด-แคมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามการแปรงด้วยยาสีฟัน 1440 รอบ ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิวของวัสดุชนิดแคด-แคม นอกจากนี้พบว่าความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิวมีความสัมพันธ์เชิงบวกในวัสดุชนิดบ่มตัวเองและชนิดบ่มด้วยความร้อน แต่ไม่พบความสัมพันธ์กันในชนิดแคด-แคม ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษานี้สรุปได้ว่าหลังแปรงด้วยยาสีฟัน1440 รอบ วัสดุชนิดบ่มตัวเองมีการเพิ่มขึ้นของค่าความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิวมากกว่าชนิดอื่น ส่วนวัสดุชนิดแคด-แคมค่าทั้งสองไม่เปลี่ยนแปลง และมีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิวในวัสดุชนิดบ่มตัวเองและชนิดบ่มด้วยความร้อน แต่ไม่พบในชนิดแคด-แคม

คำไขรหัส: *แปรง/ ความหยาบผิว/ พลังงานอิสระบนพื้นผิว/ พอลิเมทิลเมทาคริเลต/ ครอบฟันชั่วคราว*

Received: *Mar 13, 2021*
Revised: *Sep 12, 2021*
Accepted: *Oct 12, 2021*

บทนำ

วัสดุชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการทำครอบและสะพานฟันชั่วคราว คือ พอลิเมทิลเมทาคริเลต (Polymethyl methacrylate) ชนิดบ่มเอง (Self-cured) และชนิดบ่มด้วยความร้อน (Heat-cured) โดยใช้พอลิเมอร์ซึ่งเป็นส่วนผงผสมกับโมโนเมอร์ซึ่งเป็นส่วนเหลว จากนั้นนำไปสร้างเป็นครอบฟันโดยการปั้นหรือกดขึ้นรูปในเบ้าที่เตรียมจากแบบขี้ผึ้งและผ่านการบ่มด้วยวิธีที่เหมาะสม ทำให้ได้ครอบฟันชั่วคราวที่มีความแข็งแรง มีสีเหมือนฟันและมีความคงตัวของสีเมื่อใช้ในระยะสั้น สามารถขัดให้เรียบและมันเงา ซ่อมแซมได้ง่าย และราคาไม่แพง แต่มีข้อเสียในเรื่องการหดตัวและคายความร้อนขณะเกิดปฏิกิริยา[1,2] วัสดุชนิดบ่มด้วยความร้อนมีคุณสมบัติเชิงกลดีกว่าชนิดบ่มเอง[3] จึงมักใช้ในผู้ป่วยรายที่ต้องใส่ครอบชั่วฟันคราวเป็นระยะเวลานาน เช่น ในรายที่ต้องบูรณะฟันทั้งปากซึ่งจำเป็นต้องใช้ครอบฟันชั่วคราวเป็นเวลา 2-6 เดือน[4] ปัจจุบันมีการใช้ระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการออกแบบชิ้นงานครอบฟันหรือแคด (CAD, Computer-aided design) จากนั้นนำไปขึ้นรูปชิ้นงานด้วยการกลึงหรือแคม (CAM, Computer-aided manufacturing) ซึ่งสามารถทำชิ้นงานได้รวดเร็วและมีความเที่ยงตรง การทำครอบฟันชั่วคราวในระบบนี้จะกลึงชิ้นงานจากแผ่นพอลิเมทิลเมทาคริเลตสำเร็จรูปที่ผ่านปฏิกิริยาการก่อตัวด้วยความร้อนสูงและควบคุมแรงดันจากโรงงานผู้ผลิต ทำให้มีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพคงที่[5,6] และมีคุณสมบัติเชิงกลหลายประการดีกว่าแบบที่ผสมเอง เช่น ความต้านทานการแตกหัก[7-9] ความแข็งแกร่งต่อการดัดงอ[10] ความแนบสนิทของครอบฟัน[8,10] ความแข็งผิว[9] ความต้านทานการสึก[5,9] เป็นต้น

ครอบฟันชั่วคราวจำเป็นต้องมีการขัดเรียบและขัดมันก่อนนำไปยึดในช่องปาก เพื่อความสวยงาม ความสบายของผู้ป่วย พื้นผิวของครอบฟันชั่วคราวที่ผ่านการใช้งานในช่องปากและผ่านการแปรงฟันอาจเกิดการสึกและมีความขรุขระมากขึ้น

** ฝ่ายทันตกรรม โรงพยาบาลท่ายาง อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี*
*** สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา*

หากมีการใช้ครอบฟันชั่วคราวในช่องปากเป็นระยะเวลานานจะยิ่งมีโอกาสเกิดการเปลี่ยนสี หรือติดสี[11] การศึกษาของ Soles พบว่าการแปรงวัสดุในกลุ่มพอลิเมทิลเมทาคริเลตทั้งชนิดบ่มตัวเองและชนิดแคด-แคม ด้วยแปรงขนนุ่มและแปรงขนแข็งปานกลางร่วมกับยาสีฟัน ส่งผลให้วัสดุมีค่าความหยาบผิวเพิ่มขึ้นภายหลังจากการแปรง 20000 รอบ[12] ซึ่งสอดคล้องกับศึกษาอื่นๆ ที่พบว่าการแปรงวัสดุสำหรับทำครอบฟันชนิดแคด-แคมด้วยยาสีฟันส่งผลให้วัสดุมีความหยาบผิวสูงขึ้น[13,14] นอกจากนี้พื้นผิววัสดุที่ขรุขระจะมีผลต่อการเปลี่ยนสีและการยึดติดของคราบสี[15,16] ซึ่งจะส่งผลเสียในด้านความสวยงามและยังส่งเสริมให้เกิดการยึดเกาะของแผ่นคราบฟลูลินทรีย์ซึ่งจะทำให้เกิดภาวะเหงือกอักเสบได้ โดย Morgan และ Wilson ได้ทำการศึกษาวัสดุทำฐานฟันเทียมอะคริลิกชนิดบ่มตัวเองและชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน พบว่าชนิดของอะคริลิกและความหยาบผิวมีผลกับการยึดเกาะของจุลินทรีย์ในระยะแรก[17] จากการทบทวนวรรณกรรมโดย Bollen และคณะ พบว่าค่าความหยาบที่สามารถยอมรับได้ทางคลินิกสำหรับพื้นผิวแข็ง (Hard surface) ที่อยู่ในช่องปากคือ 0.2 ไมโครเมตร ถ้ามีค่าความหยาบผิวสูงกว่านี้จะเกิดการยึดเกาะของจุลินทรีย์ได้[18]

นอกจากความขรุขระที่พื้นผิวแล้ว พลังงานอิสระพื้นผิวของวัสดุ (Surface free energy, SFE) เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการยึดเกาะของคราบจุลินทรีย์ โดยผิวที่หยาบจะส่งเสริมการสร้างและการแก่ตัว (Formation and maturation) ของแผ่นคราบจุลินทรีย์ ส่วนพลังงานอิสระพื้นผิวที่มีค่าสูงจะมีผลต่อการสะสมและทำให้คราบจุลินทรีย์มีการยึดเกาะที่แข็งแรงขึ้น[19] ทั้งนี้การลดพลังงานอิสระพื้นผิวของวัสดุพื้นผิวแข็งที่อยู่ในช่องปาก จะทำให้มีการเกิดคราบจุลินทรีย์ช้าลงเนื่องจากมีการลดการเกิดการเกาะติดตั้งต้น (Initial adhesion) และ ลดความสามารถในการยึดติดของจุลินทรีย์ต่างๆ[19] ดังนั้นหากทราบค่าพลังงานอิสระพื้นผิวของของแข็งจะสามารถนำไปใช้ในการทำนายการยึดเกาะของจุลินทรีย์ได้โดยอาศัยสมการทางเทอร์โมไดนามิกส์[20]

ในปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานอิสระพื้นผิวของวัสดุทางทันตกรรมมีค่อนข้างน้อย โดยส่วนใหญ่เป็นการศึกษามุมสัมผัส (Contact angle) ที่เกิดขึ้นจากน้ำกลั่นหรือของเหลวอื่นๆบนพื้นผิวเท่านั้น ซึ่งไม่ใช่คุณสมบัติของวัสดุโดยตรง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ศึกษาผลของการแปรงฟันในระยะสั้นเทียบเท่า 2 และ 4 สัปดาห์ต่อความหยาบผิว และพลังงานพื้นผิวของวัสดุทำครอบฟันชั่วคราวชนิดพอลิเมทิลเมทาคริเลต ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพิจารณาขัดพื้นผิวของวัสดุใหม่เมื่อผ่านการใช้งานในช่วงระยะเวลาดังกล่าวหรือไม่ และเพื่อการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวและพลังงานพื้นผิวของวัสดุที่ใช้ทำครอบฟันชั่วคราวชนิดพอลิเมทิลเมทาคริเลต

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมชิ้นทดสอบเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 13 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร จากวัสดุพอลิเมทิลเมทาคริเลตสำหรับทำครอบฟันชั่วคราว 3 ชนิด ได้แก่ ชนิดบ่มตัวเอง ชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน และชนิดแคด-แคม อย่างละ 20 ชิ้นโดยมีรายละเอียดของวัสดุและวิธีการเตรียม (ตารางที่ 1) แบ่งกลุ่มชิ้นทดสอบวัสดุแต่ละชนิดโดยการสุ่มออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น สำหรับแปรงด้วยน้ำกลั่นและแปรงด้วยยาสีฟัน แต่งชิ้นทดสอบให้ได้ตามขนาดที่กำหนดและขัดทุกด้านให้เรียบด้วยกระดาษทรายน้ำ (Silicon carbide paper) เบอร์ 200 320 และ 600 ตามลำดับ ขัดด้านที่ใช้ทดสอบต่อด้วยกระดาษทรายน้ำเบอร์ 800 และ 1000 และขัดขั้นสุดท้ายด้วยผงขัดเพชรขนาด 1 ไมโครเมตร (Wirtz-Buehler GmbH, Germany) โดยใช้เครื่องขัดชิ้นงาน (Jeanwirtz, pheonix 4000, Wirtz-buehler GmbH, Düsseldorf, Germany) ชิ้นทดสอบทุกชิ้นจะถูกแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง (25°C) เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำไปวัดค่าความหยาบผิวและพลังงานอิสระบนพื้นผิว

นำชิ้นทดสอบไปผ่านการแปรงโดยใช้เทปใสปิดบนด้านที่ใช้ทดสอบบริเวณขอบทั้งสองข้างตามแนวยาว ให้เหลือพื้นที่สัมผัสกับแปรงสีฟันตรงกลางกว้าง 7 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปยึดกับเครื่องจำลองการแปรงฟัน (Tooth brushing simulator:TBS-V8, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand) ซึ่งออกแบบและสร้างตามมาตรฐาน ISO/TR 14569-1:2007[21] ติดตั้งแปรงสีฟัน (ตารางที่ 1) โดยใช้แรงกดแปรง 200 กรัม ระยะทางในการเคลื่อนแปรง 2 เซนติเมตร ด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที แปรงตามแนวยาวของชิ้นงาน ตลอดเวลาที่ทดสอบส่วนหัวแปรงสีฟันและชิ้นทดสอบจะแช่อยู่ในน้ำกลั่น หรือสารละลายยาสีฟัน[22,23] (ตารางที่ 1) แปรงชิ้นทดสอบเป็นจำนวน 720 รอบ และจะเปลี่ยนแปรงสีฟันใหม่หลังแปรงชิ้นทดสอบครบ 10 ชิ้น ภายหลังการแปรงล้างชิ้นทดสอบด้วยน้ำสะอาดไหลผ่าน ซับน้ำและเป่าลมเบาๆให้แห้งแล้วนำไปวัดค่าความหยาบผิวและพลังงานอิสระบนพื้นผิว จากนั้นชิ้นทดสอบเดิมจะถูกแปรงซ้ำอีก 720 รอบ แล้วทำการวัดค่าความหยาบผิวและพลังงานอิสระบนพื้นผิวอีกครั้ง

ตารางที่ 1 แสดงวัสดุที่ใช้
Table 1 Materials used

Material	Product	Compositions & preparation
Self-cured polymethyl methacrylate	Unifast-TRAD (Ivory) GC Dental Products Corp., Aichi, Japan Lot.1702215, 1710031	Powder: Methyl methacrylate, Ethyl methacrylate copolymer Liquid: Methyl methacrylate, butylated hydroxytoluene, hydroquinone Preparation: Powder 10 g and liquid 5 ml were mixed, loaded into the Teflon mold covered with glasslab, placed in pressure pot under 29.0076 psi for 10 minutes
Heat-cured polymethyl methacrylate	Major C&B dentine (4F) Major Prodotti Dentari S.p.A., Moncalieri, Italy	Powder: Methyl methacrylate, benzoyl peroxide Liquid: Methyl methacrylate Preparation: Powder 18.5 g and liquid 10 ml were mixed. Packed dough-stage acrylic into the gypsum mold within metal flask, trial packed and final packed under pressure of 3500 psi. Placed metal flask in water bath at 74°C for 8 hours.
CAD-CAM polymethyl methacrylate	DD temp MED (A3) Dental Direkt GmbH, Spenge, Germany Lot.18038	Block: Methyl methacrylate, pigments Preparation: Polymethyl methacrylate plate (12*20*2.2 mm) were prepared by cutting CAD-CAM block using a precision saw (Isomet 4000, Buehler Ltd., Lake Bluff, Illinois, USA)
Toothbrush	Systema Original soft & slim (regular soft) Lion Ltd., Chonburi, Thailand	Soft and slim bristles made from Polybutylene Terephthalate (PBT)
Toothpaste	Colgate Proven cavity Protection Colgate-Palmolive Ltd., Chonburi, Thailand	Ingredients: Dicalcium Phosphate Dihydrate, Sorbital, Sodium Lauryl Sulfate, Cellulose gum, Flavor, Sodium Monofluorophosphate, Tetrasodium Pyrophosphate, Sodium Saccharin Preparation: Mixed toothpaste with distilled water at a ratio of 1:1[22,23]

การวัดความหยาบผิว วัดค่าความหยาบผิวเฉลี่ย (Roughness Average: Ra) โดยใช้เครื่องวัดความหยาบผิวแบบสัมผัส (Contact Profilometer, Surfcorder, SE 2300, Kosaka Laboratory Ltd, Tokyo, Japan) ขนาดรัศมีหัวทดสอบ 5 ไมโครเมตร ลากเส้นทดสอบยาวเส้นละ 5 มิลลิเมตร ด้วยความเร็ว 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที ในทิศทางตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของแปรง จำนวน 3 เส้น นำค่า Ra มาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละชิ้นทดสอบ

การทดสอบหาค่าพลังงานอิสระบนพื้นผิว วัดมุมสัมผัสของของเหลว 3 ชนิด ได้แก่ น้ำปราศจากไอออน (Deionized water) ฟอร์มาไมด์ (Formamide) และ เอทิลีนไกลคอล (Ethylene glycol) บนผิวชิ้นทดสอบด้วยวิธีหยดติดฐาน (Sessile drop method) โดยนำชิ้นทดสอบมาซับน้ำและเป่าลมเบาๆให้แห้ง วางบนเครื่องวัดมุมสัมผัส หยดของเหลว 5 ไมโครลิตรที่อุณหภูมิห้องบนชิ้นทดสอบด้วยไมโครปิเปต (Keruite, Model:H10, Ningbo Beilun Keruite Instrument Co.,Ltd. Zhejiang, China) บันทึกภาพเคลื่อนไหวตั้งแต่เริ่มหยด แล้วนำไปตัดเป็นภาพนิ่งหลังหยด 1 นาที ทำซ้ำโดยเปลี่ยนของเหลวที่ใช้ทดสอบตามลำดับ นำภาพที่ได้ไปวัดมุมสัมผัสด้วยโปรแกรมอิมเมจเจ ร่วมกับโปรแกรมเสริมดร๊อป-สเน็ค (ImageJ/ Drop_analysis/ dropsnake, Biomedical Imaging Group, Lausanne, Switzerland) จากนั้นนำค่ามุมสัมผัสเฉลี่ยที่ได้จากของเหลวทั้ง 3 ชนิดไปคำนวณค่าพลังงานอิสระพื้นผิวโดยใช้วิธีจากทฤษฎีของโอเวน-เวนด์ท (Owen-Wendt Theory)[24,25] และใช้ค่าแรงตึงผิวของของเหลวทั้งสามชนิด (ตารางที่ 2) ในการคำนวณ[25]

ตารางที่ 2 แสดงค่าแรงตึงผิวของของเหลวที่ใช้สำหรับหาค่าพลังงานอิสระพื้นผิว
Table 2 Surface tension of probe liquids for surface free energy measurement [27]

Liquid	Room Temperature Surface Tension (mN/m)	Dispersive Component (mN/m)	Polar Component (mN/m)
Water	72.8	26.4	46.4
Formamide	57	22.4	34.6
Ethylene glycol	47.7	26.4	21.3

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ นำค่าความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิวที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมเอสพีเอสเอส (IBM SPSS statistics for Window, Version 21.0, IBM corp., New York, USA) จากการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ

(Kolmogorov - Smirnov test) พบค่าความหยาบผิวมีการกระจายตัวไม่ปกติ จึงใช้สถิติแบบนอนพาราเมตริก (Nonparametric statistics) ในการวิเคราะห์

ผล

ค่ามัธยฐานของความหยาบผิว (ตารางที่ 3) เมื่อนำค่าความหยาบผิวเริ่มต้นก่อนการแปรงของวัสดุทุกกลุ่มมาวิเคราะห์ด้วยสถิติครัสคาลและวัลลิส (Kruskal Wallis ANOVA) ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าความหยาบผิวอยู่ในช่วง 0.05 ถึง 0.10 ไมโครเมตร เมื่อเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวระหว่างวัสดุ 3 ชนิดด้วยสถิติเดียวกันและทำการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple comparison) ด้วยวิธีของดันน์ (Dunn's test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าภายหลังผ่านการแปรงด้วยยาสีฟัน 720 และ 1440 รอบ วัสดุชนิดบ่มตัวเองมีค่าความหยาบผิวสูงกว่าชนิดอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าความหยาบผิวเท่ากับ 0.23 และ 0.27 ไมโครเมตรตามลำดับ ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกลุ่มที่แปรงด้วยน้ำกลั่น เมื่อพิจารณาภายในกลุ่มวัสดุชนิดเดียวกันโดยใช้สถิติฟรีดแมน (Friedman test) เพื่อเปรียบเทียบก่อนแปรง หลังแปรง 720 รอบ และ 1440 รอบพบว่า วัสดุชนิดบ่มตัวเองและชนิดบ่มด้วยความร้อนที่แปรงด้วยยาสีฟัน 1440 รอบมีค่าความหยาบผิวสูงกว่าก่อนการแปรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.000$ และ 0.030 ตามลำดับ) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวระหว่างการแปรงด้วยน้ำกลั่น และยาสีฟันด้วยสถิติแมน-วิทนีย์ (Mann-Whitney U test) พบว่า กลุ่มที่แปรงด้วยยาสีฟันมีค่าความหยาบผิวสูงกว่ากลุ่มที่แปรงด้วยน้ำกลั่นในทุกกลุ่มวัสดุ ยกเว้นวัสดุชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนภายหลังการแปรง 720 รอบ

ตารางที่ 3 แสดงค่ามัธยฐานของความหยาบผิว
Table 3 Median (IQR) of surface roughness values

Groups	Surface roughness in micrometers					
	Baseline		720 cycles brushing		1440 cycles brushing	
	Water	Toothpaste	Water	Toothpaste	Water	Toothpaste
Self-cured	0.10(0.01)^{1}	0.10(0.01)^{1,X}	0.10(0.03)^{1,a}	0.23(0.07)$^{1,b,\ XY}$	0.10(0.01)^{1,c}	0.27(0.05)^{1,d,Y}
Heat-cured	0.10(0.03)^{1}	0.10(0.00)^{1,X}	0.10(0.06)^{1,a}	0.10(0.07)$^{2,a,\ XY}$	0.10(0.03)^{1,c}	0.13(0.07)^{2,d,Y}
CAD-CAM	0.05(0.08)^{1}	0.10(0.07)^{1,X}	0.07(0.07)^{1,a}	0.10(0.00)$^{2,b,\ X}$	0.07(0.07)^{1,c}	0.10(0.00)$^{2,d,\ X}$

- Different numbers^{1,2} indicate statistically significant differences ($p<0.05$) in each column
- Different superscript lowercase letters ^{a,b,c,d} indicate significant differences ($p<0.05$) between groups brushed with water versus toothpaste in each material: ^{a,b} at 720 cycles and ^{c,d} at 1440 cycles.
- Different superscript uppercase letters $^{X,\ Y}$ indicate significant differences ($p<0.05$) among groups brushed with toothpaste.

ค่าเฉลี่ยของพลังงานอิสระบนพื้นผิว (ตารางที่ 4) เปรียบเทียบค่าพลังงานอิสระบนพื้นผิวเริ่มต้นก่อนการแปรงของวัสดุทุกกลุ่มโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ (Two-way repeated ANOVA) และทำการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธีบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni correction) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าพลังงานอิสระบนพื้นผิวอยู่ในช่วง 38.7 ถึง 40.2 มิลลินิวตัน/เมตร (mN/m) และเมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานอิสระบนพื้นผิวภายหลังการแปรงด้วยจำนวนรอบที่เท่ากันระหว่างวัสดุ 3 ชนิดด้วยสถิติเดียวกัน และทำการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธีบอนเฟอร์โรนี ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะระหว่างชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนกับชนิดแคด-แคม ที่แปรงด้วยยาสีฟัน 720 รอบ ($p=0.008$) และ ระหว่างชนิดบ่มตัวเองกับชนิดแคด-แคม ที่แปรงด้วยยาสีฟัน 1440 รอบ ($p=0.002$) อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกลุ่มที่แปรงด้วยน้ำกลั่น เมื่อเปรียบเทียบก่อนแปรงและหลังแปรงภายในกลุ่มวัสดุชนิดเดียวกันโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ พบว่าภายหลังการแปรงด้วยยาสีฟัน เฉพาะวัสดุชนิดบ่มตัวเองที่ผ่านการแปรง 1440 รอบมีค่าพลังงานอิสระบนพื้นผิวเพิ่มเป็น 46.74 มิลลินิวตัน/เมตร ซึ่งสูงกว่าก่อนแปรง และหลังแปรง 720 รอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.000$ และ 0.003 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่แปรงด้วยน้ำกับกลุ่มที่แปรงด้วยยาสีฟันในจำนวนรอบที่เท่ากันด้วยการทดสอบทีที่กลุ่มทดลองเป็นอิสระจากกัน (Independent t-test) พบว่าค่าพลังงานอิสระบนพื้นผิวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกลุ่มวัสดุ

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของพลังงานอิสระพื้นผิว
Table 4 Mean (SD) of surface free energy (SFE)

Groups	Surface free energy in mN/m					
	Baseline		720 cycles brushing		1440 cycles brushing	
	Water	Toothpaste	Water	Toothpaste	Water	Toothpaste
Self-cured	38.74(5.94)[1]	37.94(5.90)[1,X]	40.33(5.70)[1]	41.63(5.91)[12,X]	40.55(6.40)[1]	46.74(7.62)[1,Y]
Heat-cured	39.27(2.29)[1]	40.20(2.42)[1,X]	41.94(2.23)[1]	43.49(2.29)[1,X]	42.13(2.39)[1]	43.48(3.38)[12,X]
CAD-CAM	38.76(5.21)[1]	38.81(4.93)[1,X]	38.92(4.13)[1]	37.08(3.94)[2,X]	39.89(2.69)[1]	37.88(3.36)[2,X]

- Different numbers[1,2] indicate statistically significant differences ($p<0.05$) in each column
- Different superscript uppercase letters [X, Y] indicate significant differences ($p<0.05$) among groups brushed with toothpaste

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิวภายในกลุ่มวัสดุชนิดเดียวกันด้วยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman's rank correlation coefficient) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบความสัมพันธ์ทางสถิติในเชิงบวกระหว่างค่าความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิวในกลุ่มวัสดุชนิดบ่มตัวเองและ ชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิวในกลุ่มแคด-แคม (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิว
Table 5 Relation between surface roughness (Ra) and surface free energy (SFE)

Type	Correlation Coefficient	p-value
Self-cured	0.410	0.001*
Heat-cured	0.601	0.000*
CAD-CAM	0.118	0.371

*Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). n=60

บทวิจารณ์

จากการศึกษานี้พบว่าการแปรงด้วยน้ำกลั่นโดยใช้แปรงสีฟันขนนุ่มไม่ทำให้ความหยาบผิวเพิ่มขึ้นในวัสดุทั้งสามชนิด แต่การแปรงด้วยยาสีฟัน 1440 รอบ ทำให้ความหยาบผิวเพิ่มขึ้นในวัสดุชนิดบ่มเองจาก 0.10 เป็น 0.27 ไมโครเมตร และชนิดบ่มด้วยความร้อนจาก 0.10 เป็น 0.13 ไมโครเมตร สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าที่ทดสอบกับพอลิเมทิลเมทาคริเลตสำหรับทำฐานฟันเทียม พบว่ากลุ่มที่แปรงด้วยน้ำกลั่นมีค่าความหยาบผิวระหว่างก่อนและหลังแปรงไม่แตกต่างกันและมีค่าความหยาบผิวน้อยกว่ากลุ่มที่แปรงด้วยยาสีฟันอย่างมีนัยสำคัญ[22,26] คาดว่าเป็นผลจากผงขัดในยาสีฟันทำให้เกิดลักษณะของการขัดสีแบบวัตถุสามชิ้น (Three-body abrasion) โดยชนิด ขนาด รูปร่าง และปริมาณผงขัดในยาสีฟันเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการสึกเหตุขัดถูและค่าความหยาบผิวที่เพิ่มขึ้น[27-29] ยาสีฟันที่ใช้ในการศึกษานี้มีไดแคลเซียมฟอสเฟสไดไฮเดรต (Dicalcium phosphate dihydrate) เป็นผงขัด ซึ่งมีค่าอาร์ดีเอ (Relative dentin abrasion: RDA) เท่ากับ 68-80 จัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำ[30,31] หากใช้ยาสีฟันที่มีค่าอาร์ดีเอสูงขึ้นอาจทำให้มีความหยาบผิวหรือการสึกของวัสดุเพิ่มขึ้น[32] ในการศึกษานี้ใช้แปรงสีฟันชนิดขนนิ่มปลายเรียว ซึ่งจากการศึกษาของ Dyer และคณะรายงานว่าความแข็งของขนแปรงมีผลน้อยมากต่อการสึกของอะคริลิกเมื่อเปรียบเทียบกับผลจากยาสีฟัน[33]

สำหรับวัสดุกลุ่มแคด-แคม ในการศึกษานี้ไม่พบความเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวอย่างมีนัยสำคัญเมื่อแปรงด้วยยาสีฟัน อาจเป็นผลจากการที่วัสดุมีความแข็งผิวสูงกว่าวัสดุอื่น[9] และจากกระบวนการผลิตที่ทำให้ไม่เกิดรูพรุนที่พื้นผิวของวัสดุ โดยค่าความหยาบผิวที่วัดได้ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Kamonkhantikul และคณะ ที่พบว่าเมื่อแปรงพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดแคด-แคม 10,000 รอบ มีค่าเฉลี่ยความหยาบผิวเท่ากับ 0.082 ไมโครเมตร[14] อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Mormann และคณะ พบว่าภายหลังการแปรง 1500 รอบซึ่งใกล้เคียงกับที่ใช้ในการศึกษานี้ วัสดุ พอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดแคด-แคม สำหรับทำครอบฟันชั่วคราวมีค่าความหยาบผิวเฉลี่ย 0.32 ถึง 0.36 ไมโครเมตร[13] ซึ่งสูงกว่าที่พบในการศึกษานี้ (0.10 ไมโครเมตร) ทั้งนี้อาจเป็นผลจากชนิดของวัสดุแคด-แคม แปรงสีฟันและยาสีฟันที่ต่างชนิดกัน

จากผลการศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างของพลังงานอิสระพื้นผิวเฉลี่ยของพอลิเมทิลเมทาคริเลตแต่ละชนิดก่อนการแปรงโดยมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 38-40 มิลลินิวตัน/เมตร ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Liebermann และคณะ ที่รายงานค่าพลังงานอิสระพื้นผิวของพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดแคด-

แคมสำหรับทำครอบฟันชั่วคราวเท่ากับ 43 มิลลินิวตัน/เมตร[34] ส่วนการศึกษาอื่นๆที่วัดในวัสดุพอลิเมทิลเมทาคริเลตสำหรับทำฐานฟันเทียมที่ขัดเรียบ พบว่ามีค่าตั้งแต่ 28-41 มิลลินิวตัน/เมตร[35,36] ค่าพลังงานอิสระพื้นผิวสามารถคำนวณได้จากหลายทฤษฎี เช่น ทฤษฎีของซิสแมน (Zisman Theory) ทฤษฎีของโฟคส์ (Fowkes Theory) และทฤษฎีของแวนออสส์ (van Oss Theory) เป็นต้น การศึกษานี้เลือกใช้ทฤษฎีของโอเวน-เวนด์ท เนื่องจากเป็นวิธีที่แม่นยำเมื่อใช้กับพื้นผิวของพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่มีประจุไฟฟ้าต่ำ และมีพลังงานอิสระพื้นผิวต่ำ ทั้งนี้เมื่อคำนวณจากทฤษฎีต่างๆกัน หรือใช้ของเหลวทดสอบที่ต่างกันอาจได้ค่าที่ไม่เท่ากัน[25] นอกจากนี้ในการวัดมุมสัมผัสอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อการเกิดมุมสัมผัส เช่น อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และความชื้นของชิ้นทดสอบ เป็นต้น ซึ่งในการศึกษานี้ได้ควบคุมสภาวะทุกอย่างให้เหมือนกันในการวัดมุมสัมผัสของชิ้นทดสอบทุกชิ้น และอ่านค่าด้วยผู้ตรวจสอบเพียงคนเดียว ในการหาค่ามุมสัมผัสของเหลวจากภาพนิ่งจะทำการตรวจสอบความเที่ยงภายในผู้ทดสอบ (Intra-examiner Reliability) โดยได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass correlation coefficient: ICC) (n=30) เท่ากับ 0.932 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม[37]

การแปรงด้วยน้ำกลั่นไม่มีผลต่อค่าพลังงานอิสระพื้นผิวของวัสดุทั้งสามชนิด และภายหลังการแปรงด้วยยาสีฟัน 1440 รอบมีเพียงวัสดุชนิดบ่มเองที่มีพลังงานอิสระพื้นผิวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนแปรง ในการศึกษานี้พบความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวกับพลังงานอิสระพื้นผิวเฉพาะในวัสดุชนิดบ่มเอง ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกระหว่างความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิวในระดับต่ำ[38] และในวัสดุชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนซึ่งมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกระหว่างความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิวในระดับปานกลาง[38] สอดคล้องกับการศึกษาของ Lampin และคณะซึ่งทำการหาค่าพลังงานอิสระพื้นผิวด้วยวิธีการของออสและกู๊ด (Oss and Good method) ในวัสดุพอลิเมทิลเมทาคริเลตที่มีค่าความหยาบผิวในระดับต่าง ๆ พบว่าค่าความหยาบผิวที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้พลังงานอิสระบนพื้นผิวในส่วนไม่มีขั้วเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน แต่ค่าที่เพิ่มขึ้นเป็นปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับพลังงานอิสระพื้นผิวทั้งหมด[39] นอกจากนี้จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวและมุมสัมผัสของเหลวของ Busscher และคณะพบว่าเมื่อค่าความหยาบผิวน้อยกว่า 0.1 ไมโครเมตรจะไม่มีผลต่อค่ามุมสัมผัสของเหลว แต่หากค่าความหยาบผิวมากกว่า 0.1 ไมโครเมตร จะส่งผลต่อค่ามุมสัมผัสของเหลว ทั้งนี้ขึ้นกับคุณสมบัติพื้นผิวของของเหลวด้วย[40] ส่วนชนิดแคด-แคมไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว อาจเป็นไปได้ว่าค่าความหยาบผิวที่วัดได้ในการศึกษานี้มีค่าต่ำมากและมีความใกล้เคียงกันจนไม่ส่งผลหรือส่งผลน้อยต่อพลังงานอิสระพื้นผิว

ทั้งความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิวมีอิทธิพลต่อการยึดเกาะของจุลชีพและเกิดคราบจุลินทรีย์ในช่องปาก[41] เมื่อความหยาบผิวมีค่ามากกว่า 2 ไมโครเมตร ค่าพลังงานอิสระพื้นผิวจะไม่มีผลใดๆต่อการเกิดคราบจุลินทรีย์ หากความหยาบผิวมีค่าน้อยกว่า 0.1 ไมโครเมตร พลังงานอิสระพื้นผิวจึงจะมีผลต่อการยึดเกาะและก่อตัวของคราบจุลินทรีย์ กล่าวโดยสรุปได้ว่าค่าความหยาบผิวมีอิทธิพลเหนือกว่าค่าพลังงานอิสระพื้นผิวในการเกิดคราบจุลินทรีย์บนพื้นผิวภายในช่องปาก[19] วัสดุที่มีค่าความหยาบผิวสูงกว่า 0.2 ไมโครเมตรเมื่ออยู่ในช่องปาก จะส่งเสริมให้เกิดการยึดเกาะของแผ่นคราบจุลินทรีย์ และเมื่อค่าความหยาบผิวมากถึง 0.8 ไมโครเมตร จะยิ่งมีผลต่อการเปิดคราบจุลินทรีย์ในช่องปากอย่างชัดเจน[42,43] นอกจากนี้ค่าความหยาบผิวยังมีผลต่อการยึดติดของคราบสีและการเปลี่ยนสีของวัสดุ ดังนั้นจากผลการศึกษานี้จึงสนับสนุนว่าควรขัดผิวครอบฟันชั่วคราวโดยเฉพาะที่ทำจากวัสดุพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดบ่มเองที่ใช้ในช่องปากนานกว่า 2 ถึง 4 สัปดาห์ก่อนยึดกลับใหม่ เพื่อช่วยลดความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิวที่เพิ่มขึ้นอันเป็นผลจากการแปรงด้วยยาสีฟัน และอาจลดโอกาสเกิดการยึดเกาะของแผ่นคราบจุลินทรีย์รวมถึงการติดคราบสีได้

ในการศึกษานี้มีการเตรียมพื้นผิวชิ้นทดสอบ โดยการขัดด้วยกระดาษทรายและผงขัดเพชรร่วมกับเครื่องขัดชิ้นงานแทนการขัดด้วยหัวขัดที่ใช้ในทางคลินิกซึ่งเป็นวิธีที่ใช้งานจริง แต่ควบคุมชิ้นทดสอบให้มีมาตรฐานเดียวกันได้ยาก[14] จากผลการทดสอบนี้พบว่าภายหลังการขัดวัสดุทั้งสามชนิดมีค่าความหยาบผิวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0-0.1 ไมโครเมตร และใกล้เคียงกับการศึกษาก่อน[13,14] ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการขัดด้วยหัวขัดซิลิโคน (Silicone-SiC) หรือหัวขัดแบบแปรงร่วมกับผงขัดเพชร (Goat-hair with diamond paste) ที่มักใช้ในคลินิก[44-46] การแปรงฟันโดยทั่วไปในชีวิตประจำวันจากการสำรวจพบว่า อยู่ที่ประมาณ 10-15 รอบต่อครั้งต่อชี่[47] ในการศึกษานี้วัดความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิวภายหลังการแปรง 720 และ 1440 รอบ เปรียบเทียบโดยประมาณเท่ากับการแปรงฟันครั้งละ 25 รอบต่อชี่ วันละ 2 ครั้งเป็นเวลา 2 และ 4 สัปดาห์ตามลำดับ ซึ่งเป็นระยะเวลาปกติที่ทันตแพทย์

จะต้องนัดผู้ป่วยมาเปลี่ยนซีเมนต์ยึดครอบฟันชั่วคราว หากการแปรงส่งผลให้พื้นผิววัสดุมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญซึ่งจะส่งเสริมให้เกิดการติดคราบต่าง ๆ หรือเกิดการเกาะติดของแผ่นคราบจุลินทรีย์ ผลจากการศึกษานี้ช่วยให้ทันตแพทย์สามารถเลือกใช้วัสดุทำครอบฟันชั่วคราวที่เหมาะสม หรือพิจารณาทำการขัดผิวครอบฟันชั่วคราวก่อนยึดกลับใหม่ (Recement)

บทสรุป

ภายใต้ข้อจำกัดในการศึกษา สามารถสรุปได้ดังนี้

1. หลังแปรงด้วยยาสีฟัน 720 และ 1440 รอบ วัสดุพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดบ่มตัวเองมีค่าความหยาบผิวเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงกว่าชนิดบ่มด้วยความร้อนและชนิดแคด-แคมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. หลังแปรงด้วยยาสีฟัน 1440 รอบ วัสดุพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดบ่มตัวเองมีค่าพลังงานอิสระพื้นผิวสูงเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงกว่าชนิดแคด-แคมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
3. การแปรงด้วยยาสีฟัน 1440 รอบ ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความหยาบผิวและค่าพลังงานอิสระพื้นผิวของวัสดุพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดแคด-แคม
4. พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างความหยาบผิวและพลังงานอิสระพื้นผิวของพอลิเมทิลเมทาคริเลตชนิดบ่มตัวเองและชนิดบ่มด้วยความร้อน แต่ไม่พบความสัมพันธ์กันในชนิดแคด-แคม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย และเอื้อเฟื้อเครื่องมือและสถานที่ทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Burns DR, Beck DA, Nelson SK. A review of selected dental literature on contemporary provisional fixed prosthodontic treatment: report of the committee on research in fixed prosthodontics of the academy of fixed prosthodontics. J Prosthet Dent 2003;90(5):474-97.
2. Christensen GJ. The fastest and best provisional restorations. J Am Dent Assoc 2003;134(5):637-9.
3. Gettleman L, Phoenix RD, Rawls HR. Prosthetic polymers and resins. in: Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR, editors. Phillips' science of dental materials. 12th ed. Missouri:Saunders;2013.474-98.
4. Turner KA, Missirlian DM. Restoration of the extremely worn dentition. J Prosthet Dent 1984; 52:467-74.
5. Stawarczyk B, Özcan M, Trottmann A, Schmutz F, Roos M, Hämmerle C. Two-body wear rate of CAD/CAM resin blocks and their enamel antagonists. J Prosthet Dent 2013;109(5):325-32.
6. Güth JF, Almeida e Silva JS, Beuer F, Edelhoff D. Enhancing the predictability of complex rehabilitation with a removable CAD/ CAM-fabricated long-term provisional prosthesis: A clinical report. J Prosthet Dent 2012;107(1):1-6.
7. Alt V, Hannig M, Wostmann B, Balkenhol M. Fracture strength of temporary fixed partial dentures: CAD/CAM versus directly fabricated restorations. Dent Mater 2011;27(4):339-47.
8. Abdullah AO, Tsitrou EA, Pollington S. Comparative *in vitro* evaluation of CAD/CAM vs conventional provisional crowns. J Appl Oral Sci 2016;24(3):258-63.
9. Rayyan MM, Aboushelib M, Sayed NM, Ibrahim A, Jimbo R. Comparison of interim restorations fabricated by CAD/CAM with those fabricated manually. J Prosthet Dent 2015;114(3):414-9.
10. Yao J, Li J, Wang Y, Huang H. Comparison of the flexural strength and marginal accuracy of traditional and CAD/CAM interim materials before and after thermal cycling. J Prosthet Dent 2014; 112(3):649-57.
11. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Dawson DV. Color stability of provisional crown and fixed partial denture resins. J Prosthet Dent 2005;93(1):70-5.
12. Soles JO. *In-Vitro* beverage discoloration, stain removal and tooth-brushing abrasion of crown and bridge provisional materials. Boston (MA): Boston University;2017.

13. Mormann WH, Stawarczyk B, Ender A, Sener B, Attin T, Mehl A. Wear characteristics of current aesthetic dental restorative CAD/CAM materials: two-body wear, gloss retention, roughness and Martens hardness. J Mech Behav Biomed Mater 2013;20:113-25.
14. Kamonkhantikul K, Arksornnukit M, Lauvahutanon S, Takahashi H. Toothbrushing alters the surface roughness and gloss of composite resin CAD/CAM blocks. Dent Mater J 2016;35(2):225-32.
15. Sexson JC, Phillips RW. Studies on the effect of abrasives on acrylic resins. J Prosthet Dent 1951; 1(4):454-71.
16. De Oliveiraa JC, Aielloa G, Mendes B, Urban VM, Campanha NH, Jorge JH. Effect of storage in water and thermocycling on hardness and roughness of resin materials for temporary restorations. Mater Res 2010;13(3):355-9.
17. Morgan TD, Wilson M. The effects of surface roughness and type of denture acrylic on biofilm formation by Streptococcus oralis in a constant depth film fermentor. J Appl Microbiol 2001;91(1): 45-53.
18. Bollen C, Lambrechts P, Quirynen M. The surface roughness of different oral hard materials in comparison to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention. A review of the literature. Dent Mater 1997;13:258-69.
19. Quirynen M, Bollen CML. The influence of surface roughness and surface-free energy on supra- and subgingival plaque formation in man. A review of the literature. J Clin Periodontol 1995;22:1-14.
20. Absolom DR, Lamberti FV, Policova Z, Zingg W, van Oss CJ, Neumann AW. Surface thermodynamics of bacterial adhesion. Appl Environ Microbiol 1983; 46(1):90-7.
21. Organization.14569-1. IS. Dental materials–Guidance on testing of wear–Part 1: Wear by tooth brushing. Switzerland: International Standards Organization; 2007.
22. Pisani MX, Bruhn JP, Paranhos HF, Silva-Lovato CH, de Souza RF, Panzeri H. Evaluation of the abrasiveness of dentifrices for complete dentures. J Prosthodont 2010;19(5):369-73.
23. Trauth KGS, Godoi APT, Colucci V, Corona SAM, Benitez Catirse ABCE. The influence of mouthrinses and simulated toothbrushing on the surface roughness of a nanofilled composite resin. Braz Oral Res 2012 26(3):209-14.
24. Owens DK, Wendt RC. Estimation of the surface free energy of polymers. J Appl Polym Sci 1969; 13:1741-7.
25. Rulison C. So you want to measure surface energy? Hamburg, Germany.: KRÜSS GmbH, 1990; Technical note: TN306e.
26. Harrison Z, Johnson A, Douglas C. An *in vitro* study into the effect of a limited range of denture cleaners on surface roughness and removal of Candida albicans from conventional heat-cured acrylic resin denture base material. J Oral Rehabil 2004;31(5):460-7.
27. Harrison A. Wear of dental materials. Part 1. Modes of wear. Dent Adver 1984;39:8-11.
28. Oliveira LV, Mesquita MF, Henriques GE, Consani RL, Fragoso WS. Effect of polishing technique and brushing on surface roughness of acrylic resins. J Prosthodont 2008;17(4):308-11.
29. De Boer P, Duinkerke A, Arends J. Influence of tooth paste particle size and tooth brush stiffness on dentine abrasion *in vitro*. Caries Res 1985; 19(3):232-9.
30. Rath SK, Sharma V, Pratap CB, Chaturvedi TP. Abrasivity of dentrifices: An update. SRM J Res Dent Sci 2016;7(2):96.
31. Schemehorn BR, Moore MH, Putt MS. Abrasion, polishing, and stain removal characteristics of various commercial dentifrices *in vitro*. J Clin Dent 2011;22(1):11-8.
32. McCabe J, Molyvda S, Rolland S, Rusby S, Carrick T. Two-and three-body wear of dental restorative materials. Int Dent J 2002;52(S5):406-16.

33. Dyer D, Addy M, Newcombe R. Studies in vitro of abrasion by different manual toothbrush heads and a standard toothpaste. J Clin Periodontol 2000;27(2):99-103.
34. Liebermann A, Keul C, Bähr N, Edelhoff D, Eichberger M, Roos M, et al. Impact of plasma treatment of PMMA-based CAD/CAM blanks on surface properties as well as on adhesion to self-adhesive resin composite cements. Dent Mater 2013;29(9):935-44.
35. Bourlidi S, Qureshi J, Soo S, Petridis H. Effect of different initial finishes and Parylene coating thickness on the surface properties of coated PMMA. J Prosthet Dent 2016;115(3):363-70.
36. Moura JS, da Silva WJ, Pereira T, Del Bel Cury AA, Rodrigues Garcia RC. Influence of acrylic resin polymerization methods and saliva on the adherence of four Candida species. J Prosthet Dent 2006;96(3):205-11.
37. Koo TK, Li MY. A Guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. J Chiropr Med 2016;15(2):155-63.
38. Hinkle DE, Wiersma W, Jurs SG. Correlation: a measure of relationship. J Appl Stat 1998;4:105-31.
39. Lampin M, Warocquier-Clérout R, Legris C, Degrange M, Sigot-Luizard M. Correlation between substratum roughness and wettability, cell adhesion, and cell migration. J Biomed Mater Res 1997;36(1):99-108.
40. Busscher H, Van Pelt A, De Boer P, De Jong H, Arends J. The effect of surface roughening of polymers on measured contact angles of liquids. Colloids Surf 1984;9(4):319-31.
41. Quirynen M, Marechal M, Busscher H, Weerkamp A, Darius P, van Steenberghe D. The influence of surface free energy and surface roughness on early plaque formation: an *in vivo* study in man. J Clin Periodontol 1990;17(3):138-44.
42. Quirynen M, Bollen CM, Papaioannou W, Van Eldere J, van Steenberghe D. The influence of titanium abutment surface roughness on plaque accumulation and gingivitis: short - term observations. Int J Oral Maxillofac Implants 1996; 11(2):169-78.
43. Bollen CM, Papaioanno W, Van Eldere J, Schepers E, Quirynen M, Van Steenberghe D. The influence of abutment surface roughness on plaque accumulation and peri-implant mucositis. Clin Oral Implants Res 1996;7(3):201-11.
44. Borchers L, Tavassol F, Tschernitschek H. Surface quality achieved by polishing and by varnishing of temporary crown and fixed partial denture resins. J Prosthet Dent 1999;82(5):550-6.
45. Hilgenberg SP, Orellana-Jimenez EE, Sepúlveda-Navarro WF, Arana-Correa BE, Alves DCT, Campanha NH. Evaluation of surface physical properties of acrylic resins for provisional prosthesis. Mater Res 2008;11(3):257-60.
46. Tupinamba IVM, Giampa PCC, Rocha IAR, Lima E. Effect of different polishing methods on surface roughness of provisional prosthetic materials. J Indian Prosthodont Soc 2018;18(2):96-101.
47. Wiegand A, Attin T. Design of erosion/abrasion studies–insights and rational concepts. Caries Res 2011;45(Suppl.1):53-9.

ผู้รับผิดชอบบทความ

สุพาณี บูรณธรรม
สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112
โทรศัพท์: 074 287 561
จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: bsupanee@hotmail.com

Effect of Brushing on Surface Roughness and Surface Free Energy of PMMA Provisional Restoration Materials

Wachangngoen C Thammajaruk P** Buranadham S***

Abstract

The objectives of this study were to evaluate the effect of brushing on surface roughness (Ra) and surface free energy (SFE) of 3 PMMA provisional crown materials. Twenty specimens each were prepared from self-cured, heat-cured, and CAD-CAM materials. Each material group was randomly divided into 2 groups of 10 to receive brushing with either distilled water or toothpaste, using a brushing machine. Measurements of Ra and SFE were performed prior to, and after being brushed for 720 and 1440 cycles, respectively. It was found that Ra and SFE of all materials were not different prior to brushing. Brushing with distilled water had no significant effect on both Ra and SFE in all materials. Self-cured PMMA developed significantly higher Ra than the others when brushed with toothpaste for 720 and 1440 cycles. In addition, self-cured PMMA developed significantly higher SFE than CAD-CAM PMMA when brushed with toothpaste for 1440 cycles. On the other hand, brushing with toothpaste up to 1440 cycles did not have any effect on both Ra and SFE of CAD-CAM PMMA. There was some positive correlation between Ra and SFE in self-cured and heat-cured but none in CAD-CAM group. In conclusion, after being brushed with toothpaste for 1440 cycles, self-cured PMMA developed significantly higher Ra and SFE than the others while there were no significant changes of both values in CAD-CAM PMMA. There was some positive correlation between Ra and SFE in self-cured and heat-cured groups.

Keywords: *Brushing/ Surface roughness/ Surface free energy/ PMMA/ Provisional crown materials*

Corresponding Author

Supanee Buranadham

Department of Prosthetic Dentistry,

Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University,

Hatyai, Songkhla. 90112.

Tel.: +66 74 287 561

Email: bsupanee@hotmail.com

** Dental Department Thayang Hospital, Amphur Thayang, Phetchaburi*

*** Department of Prosthetic Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla.*