ว ทันต จุฬาฯ 2553;33:89-98
CU Dent J. 2010;33:89-98

Original Article
บทวิทยาการ

ผลของสารปรับสภาพพื้นผิวที่มีต่อความแข็งแรงดัดขวางของวัสดุฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซินที่ผ่านการซ่อมแซม

นงลักษณ์ ธัญญะกิจไพศาล ท.บ.[1]
ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์ ว.ทบ., ว.ทม. (วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์)[2]

[1]นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2]ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อประเมินผลของสารปรับสภาพผิวหน้าของฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนเมื่อซ่อมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยตัวเอง โดยพิจารณาจากค่าความแข็งแรงดัดขวาง

วัสดุและวิธีการ เตรียมชิ้นงานอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนตามมาตรฐาน ISO 1567 จำนวน 60 ชิ้น แบ่งเป็น 6 กลุ่มดังนี้ กลุ่มควบคุมบวก (กลุ่ม 1) กลุ่มควบคุมลบ (กลุ่ม 2) และกลุ่มทดลอง 4 กลุ่ม (กลุ่ม 3-6) โดยนำกลุ่ม 2 และกลุ่มทดลอง มาตัดตรงกลางให้ได้หน้าตัดเฉียง 45 องศา โดยกลุ่ม 2 ไม่ทำการปรับสภาพผิวหน้า และกลุ่ม 3-6 ทำการปรับสภาพผิวหน้าโดย กลุ่ม 3 และ 4 ใช้ส่วนเหลวของยูนิฟาสไทรเอด® เป็นเวลา 5 และ 180 วินาที ตามลำดับ กลุ่ม 5 และ 6 ใช้สารเมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์เมต เป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นซ่อมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยตัวเอง ทดสอบความแข็งแรงดัดขวาง ด้วยเครื่องทดสอบสากล ใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยทูคีย์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากนั้นนำชิ้นงานมาจำแนกลักษณะการแตกหัก

ผลการศึกษา ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวางของกลุ่ม 1 และกลุ่ม 3-6 มีค่ามากกว่ากลุ่ม 2 อย่างมีนัยสำคัญ กลุ่ม 5 และ 6 มีค่าความแข็งแรงดัดขวางมากกว่ากลุ่ม 3 อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาลักษณะการแตกหักพบว่ากลุ่ม 5 และ 6 พบการแตกหักแบบเชื่อมแน่นทั้งหมด

สรุป การปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเมทิลอะซิเตต และเมทิลฟอร์เมต ให้ค่าความแข็งแรงดัดขวางที่สูง เมื่อนำมาซ่อมฐานฟันปลอม

(ว ทันต จุฬาฯ 2553;33:89-98)

คำสำคัญ: *การซ่อมแซม; ความแข็งแรงดัดขวาง; เมทิลฟอร์เมต; เมทิลอะซิเตต; อะคริลิกเรซิน*

บทนำ

ในอดีตและปัจจุบันวัสดุที่นิยมใช้ในการทำฐานฟันปลอม คือ พอลิเมทิลเมทาคริเลต (poly (methyl methacrylate) : PMMA) หรืออะคริลิกเรซิน (acrylic resin) เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีเวลาในการทำงาน คุณสมบัติทางกายภาพ และความสวยงามที่เหมาะสม รวมถึงความสะดวกในการสร้างชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ที่ราคาไม่แพง[1]

Hargreaves[2] พบว่าภายใน 3 ปี ฟันปลอมร้อยละ 68 จะเกิดการแตกหัก และร้อยละ 40 ของการแตกหักเกิดขึ้นระหว่างรับประทานอาหาร โดยรอยแตกที่เกิด จะพบในฟันปลอมทั้งปากบนมากกว่าฟันปลอมทั้งปากล่าง เป็นอัตราส่วน 2:1 และมักพบรอยแตกที่กึ่งกลางฟันปลอม[2-6] ในการทำฟันปลอมใหม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และใช้เวลาในกระบวนการทำค่อนข้างนาน อีกทั้งการไม่มีฟันปลอม ยังสร้างความไม่สะดวกให้แก่ผู้ป่วยเป็นอย่างมาก จากเหตุผลดังกล่าวจึงมีแนวคิดในการซ่อมแซมฟันปลอม เพื่อใช้เป็นฟันปลอมเฉพาะกาล (interim denture) หรือฟันปลอมถาวร (definitive denture) แก่คนไข้ สำหรับวัสดุที่นิยมใช้ คือ อะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง[7-9] โดยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองมีข้อดีกว่า อะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน ชนิดบ่มด้วยแสง และอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยไมโครเวฟ คือ สามารถทำการซ่อมแซมได้อย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดบ่มด้วยความร้อนซึ่งใช้เวลานานหลายชั่วโมง และในการซ่อมแซมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อควบคุมความร้อน และเวลาในการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ อีกทั้งไม่เกิดการบิดเบี้ยวเนื่องมาจากความร้อนภายนอก[9,10]

อย่างไรก็ตามหลังจากการซ่อมฟันปลอมแล้วมักพบการแตกหักซ้ำ โดยการซ่อมชิ้นงานด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยตัวเองจะมีค่าความแข็งแรงดัดขวางร้อยละ 60 ของชิ้นงานที่ไม่ผ่านซ่อมแซม[9] การแตกหักของฟันปลอมอาจเกิดได้ทั้งแบบยึดติด (adhesive) และแบบเชื่อมแน่น (cohesive) โดยถ้าการแตกหักเป็นแบบยึดติด จะเกิดจากรอยต่อระหว่างวัสดุเดิมและวัสดุที่นำมาซ่อมแซมมีแรงยึดติดที่ไม่มากพอ ในทางกลับกันการแตกหักแบบเชื่อมแน่น จะเกิดขึ้นในกรณีที่รอยต่อระหว่างวัสดุเดิมและวัสดุที่นำมาซ่อมแซมมีแรงยึดติดที่มากพอ[11] ดังนั้นเพื่อให้เกิดการแตกหักแบบยึดติดน้อยที่สุด การเตรียมผิวหน้าบริเวณรอยต่อจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ[12] ได้มีการศึกษาเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของส่วนที่ซ่อมแซมด้วยการออกแบบพื้นผิวซ่อมแซมรูปแบบต่าง ๆ[11,13,14] และการปรับพื้นผิวซ่อมแซมด้วยสารเคมีร่วมด้วย[10,12,15-20] จากการศึกษา พบว่าการออกแบบพื้นผิว ชนิดแบบมนและแบบหน้าตัดเฉียง 45 องศา มีค่าความแข็งแรงดัดขวางที่มากกว่าแบบอื่น ๆ และแบบหน้าตัดเฉียง 45 องศามีความเหมาะสมมากกว่าในการเตรียมชิ้นงาน[11,13,14] ส่วนขนาดของช่องว่าง (Gap) เมื่อทำการซ่อมชิ้นงานด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง Beyli และ von Fraunhofer[21] รายงานว่า ขนาดของช่องว่างควรมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 มิลลิเมตร เพื่อลดการหดตัวของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง และความกลมกลืนของสีฐานฟันปลอมเก่าและวัสดุที่ใช้ซ่อมแซม

สำหรับสารเคมีได้มีการพัฒนาเพื่อให้ฟันปลอมที่ซ่อมแซมแล้วมีค่าความความแข็งแรงดัดขวางที่มากขึ้น ในขณะเดียวกันก็มีการหาสารเคมีทดแทนเพื่อลดความเป็นพิษลง โดยได้มีการศึกษาต่าง ๆ ดังนี้ Shen และคณะ[12] แนะนำให้ใช้คลอโรฟอร์ม (chloroform) ทาบริเวณรอยต่อเป็นเวลา 5 วินาทีก่อนทำการซ่อมแซม ต่อมา Vallittu และคณะ[15] ได้ทำการทดลองพบว่าการใช้เมทิลเมทาคริเลต ปรับสภาพพื้นผิว 180 วินาทีเป็นเวลาที่เหมาะสมในการซ่อมแซม จากนั้นได้มีการหาสารทดแทนคลอโรฟอร์ม เนื่องจากเป็นสารก่อมะเร็ง โดยมีการแทนที่ด้วย เมทิลีนคลอไรด์ (methylene chloride)[18,19,22] แต่ในปัจจุบันพบว่าสารชนิดนี้เป็นสารก่อมะเร็ง จึงมีการแนะนำให้ใช้อะซีโตน (acetone)[10,16,23] เอทิลอะซีเตต (ethyl acetate)[20,23] เมทิลอะซิเตต (methyl acetate) และ เมทิลฟอร์เมต (methyl formate) ซึ่งสาร 2 ตัวหลังนี้ Asmussen และ Peutzfeldt[17] ได้ทำการศึกษาพบว่าให้ค่าแรงเฉือนที่ไม่ต่างจากเมทิลีนคลอไรด์ อีกทั้งไม่ก่อให้เกิดมะเร็งหรือเป็นพิษอีกด้วย

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาสารเคมีที่เหมาะสมในการปรับสภาพผิวหน้าของฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน หลังจากการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยตัวเอง โดยพิจารณาจากค่าความแข็งแรงดัดขวาง

วัสดุและวิธีการ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยในห้องปฏิบัติการ รายละเอียดเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ในการทดลองและองค์ประกอบ ตลอดจนบริษัทผู้ผลิต แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง และบริษัทผู้ผลิต

Table 1 Chemical composition and manufacturer of testing materials.

Product name	Material	Lot. no.	Manufacturer
Meliodent	Heat-activated acrylic resin	08DP0017	Heraeus Kulzer, Germany.
Unifast trad®	Auto-polymerized acrylic resin	Powder: 0710151	GC Dental Products
		Liquid: 0701051	Corp, Japan.
# 18138 Methyl acetate	Methyl acetate	A0259676	Acros Organics, Belgium
# 06550 Methyl formate	Methyl formate	1239211	Fluka & Riedel-de Haen,
			Switzerland

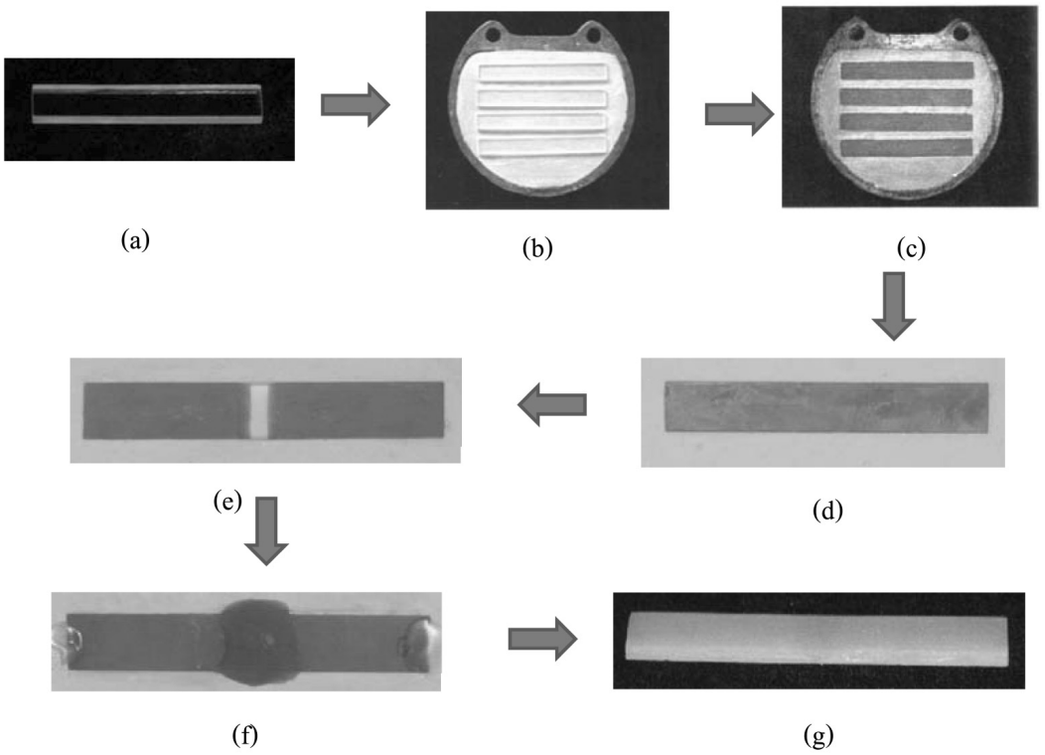
เตรียมชิ้นแม่แบบเป็นแผ่นพลาสติกใส (Panglas, Pan Asia Industrial Co., Ltd.) ลงในแบบภาชนะหล่อทองเหลืองด้วยปลาสเตอร์หินเวลมิกซ์ เมื่อรอจนปลาสเตอร์หินแข็งตัวเต็มที่ แกะแม่แบบพลาสติกออกจากแบบหล่อ แทนที่ด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน นำภาชนะหล่อแบบบ่มในน้ำที่อุณหภูมิ 73.9 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมง นำชิ้นงานอะคริลิกที่ได้จำนวน 60 ชิ้น มาขัดแต่งครีบด้วยหัวกรอคาร์ไบด์ โดยใช้แรงกระทำน้อยที่สุด แล้วทำการขัดพื้นผิวให้เรียบและได้ระนาบด้วยเครื่องขัดผิววัสดุ (Polishing machine, Imptech, South Africa) วัดด้วยดิจิทอล เวอเนียร์คาลิปเปอร์ จนได้ขนาดรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความยาว 64 มิลลิเมตร ความกว้าง 10 ± 0.2 มิลลิเมตร ความหนา 3.3 ± 0.2 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ISO 1567:1999(E)[24] บนกระดาษทรายเบอร์ 600 และ 1000 (รูปที่ 1) สุ่มชิ้นงานแบ่งเป็น 6 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมบวก (ชิ้นงานอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ไม่มีการกรอตัด) (กลุ่ม 1) กลุ่มควบคุมลบ (กลุ่ม 2) และกลุ่มทดลอง 4 กลุ่ม (กลุ่ม 3-6) โดยนำกลุ่มควบคุมลบ และกลุ่มทดลอง 4 กลุ่ม ทำการลงแบบในปลาสเตอร์ออฟปารีส เพื่อให้เป็นแม่แบบ จากนั้นนำชิ้นงานมากรอตัดหัวกรอคาร์ไบด์ ตรงกลางขนาด 3 มิลลิเมตร ให้ได้หน้าตัดเฉียง 45 องศาโดยใช้แบบแท่งโลหะเป็นตัวกำหนดระยะและมุมในการกรอตัด กลุ่ม 2 ไม่ทำการปรับสภาพผิวหน้า และกลุ่ม 3-6 ทำการปรับสภาพผิวหน้าโดย กลุ่ม 3 และ 4 ใช้ส่วนเหลวของ ยูนิฟาสไทรเอด® เป็นเวลา 5 และ 180 วินาที[15] ตามลำดับ กลุ่ม 5 และ 6 ใช้สารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์เมต ตามลำดับ เป็นเวลา 15 วินาที[17] จากนั้นซ่อมชิ้นงานด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยตัวเอง ผสมในอัตราส่วน ส่วนผง 1 กรัมต่อส่วนน้ำ 0.5 มิลลิลิตร (ตามคำแนะนำของผู้ผลิต) นำชิ้นงานที่ซ่อมแซมขัดพื้นผิวให้เรียบและได้ระนาบ ทำการวัดความหนาและความกว้างของชิ้นงาน จากนั้นนำชิ้นงานทั้ง 60 ชิ้น ไปเก็บในน้ำกลั่น 50 ± 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 ± 1 องศาเซลเซียสก่อนนำไปทดสอบ ทำการทดสอบชิ้นงานโดยใช้เครื่องทดสอบแรงอัดระบบไฮดรอลิก (Universal Testing Machine 8872, INSTRON UK) โดยวางชิ้นงานแบบการทดสอบความแข็งแรงดัดขวางแบบ 3 จุด (three point bending test) มีระยะห่างหัวรองรับ (span length) 50 มิลลิเมตร ใช้หัวทดสอบ (load cell) ขนาด 1000 นิวตัน ความเร็ว (crosshead speed) 5 มิลลิเมตรต่อนาที ทดสอบในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 37 ± 1 องศาเซลเซียส เพื่อจำลองให้เหมือนสภาวะในช่องปาก วางหัวทดสอบให้ตั้งฉากกับพื้นผิว ณ จุดกึ่งกลางของชิ้นงาน จากนั้นเริ่มให้แรงจนชิ้นงานแตก

นำค่าแรงที่ได้มาคำนวณค่าความแข็งแรงดัดขวางของชิ้นงานที่แตกหัก โดยใช้สูตร

สูตร[24] $$\delta = \frac{3Fl}{2bh^2}$$

โดย δ คือ ค่าความแข็งแรงดัดขวาง หน่วยเป็นเมกะปาสคาล (flexural strength/MPa)

F คือ แรงมากที่สุดที่กระทำบนชิ้นงาน หน่วยเป็นนิวตัน (maximum load/Newtons)



รูปที่ 1 การเตรียมชิ้นตัวอย่างเพื่อทดสอบความแข็งแรงดัดขวาง

a. แม่แบบเป็นแผ่นพลาสติกใส

b. ลงแผ่นพลาสติกใสในแบบภาชนะหล่อทองเหลือง ด้วยปลาสเตอร์หินเวลมิกซ์

c. แทนที่แผ่นพลาสติกใสด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน

d. ขัดแต่งชิ้นงานจนได้รูปร่าง ตามมาตรฐาน ISO 1567:1999(E) จากนั้นลงแบบในปลาสเตอร์ออฟปารีส

e. นำชิ้นงานมาตัดตรงกลางให้ได้หน้าตัดเฉียง 45 องศา ทำการปรับสภาพผิวหน้า

f. ซ่อมชิ้นงานด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยตัวเอง

g. ชิ้นงานขัดแต่งที่พร้อมทำการทดสอบ

Fig. 1 Preparation of the flexural test specimens.

a. Plastic die

b. Flasking the plastic mold with velmix

c. Packing heat cured acrylic resin

d. Prepared the specimens according to ISO 1567:1999(E) then prepared mold with plaster of paris

e. Cut in the middle and beveled 45 degree

f. Repaired with auto-polymerized acrylic resin

g. Prepared test specimens

l คือ ระยะระหว่างหัวรองรับ หน่วยเป็นมิลลิเมตร (span length/millimetres)

b คือ ความกว้างของชิ้นงาน หน่วยเป็นมิลลิเมตร (width/millimetres)

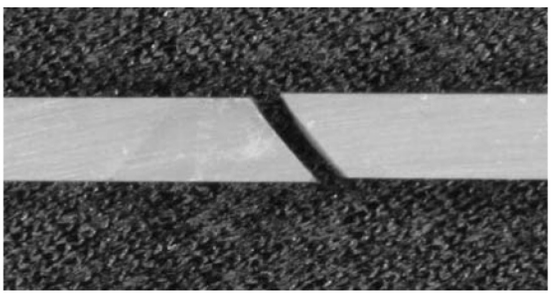
h คือ ความหนาของชิ้นงาน หน่วยเป็นมิลลิเมตร (width/millimetres)

นำชิ้นงานในกลุ่มทดลองทั้งหมดที่แตกหักมาวิเคราะห์ตำแหน่งที่เกิดการแตกหักด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย 7 เท่า โดยการแตกหักที่มีอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยตัวเองทั้ง 2 ด้านของชิ้นงานที่ซ่อมแซมให้ถือเป็น การแตกหักแบบเชื่อมแน่น[15] (รูปที่ 2)

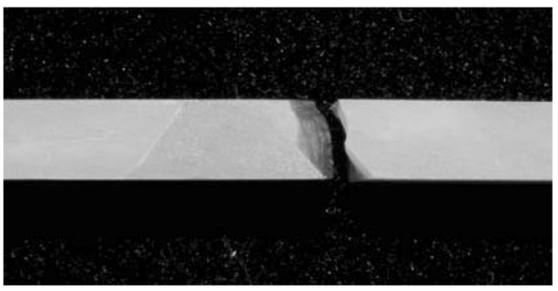
วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวางที่คำนวนได้จากแต่ละกลุ่มทดลองด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโดยการทดสอบแบบทูคีย์ (Tukey's HSD multiple comparison) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรม เอสพีเอสเอส วินโดว์ เวอร์ชั่น 13 (SPSS version 13, SPSS Inc.;Chicago, IL, USA)

ผลการศึกษา

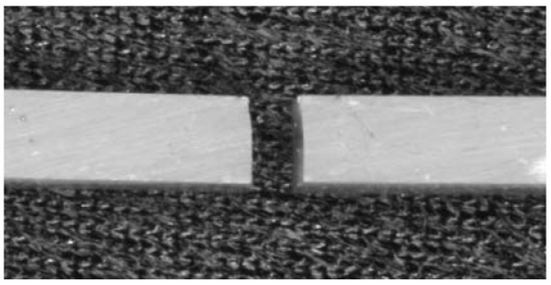
ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวางและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและลักษณะการแตกหักของฟันปลอมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน เมื่อซ่อมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยตัวเองหลังผ่านการปรับสภาพพื้นผิวหน้าด้วยสารเคมี แสดงในตารางที่ 2



A



B



C

รูปที่ 2 แสดงลักษณะการแตกหักของชิ้นทดสอบต่างๆ A, การแตกหักแบบยึดติด; B, การแตกหักแบบยึดติด; C, การแตกหักแบบเชื่อมแน่น

Fig. 2 Fracture analysis of specimens. A, adhesive failure; B, adhesive failure; C, cohesive failure.

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบด้วยสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยทูคีย์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า พบว่าการปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเคมี โดยการใช้ส่วนเหลวของยูนิฟาส ไทรเอด® 5 และ 180 วินาที สารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์เมต เป็นเวลา 15 วินาที ปรับสภาพพื้นผิวอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนก่อนทำการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง มีผลเพิ่มความแข็งแรงดัดขวางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมลบที่ไม่ได้ปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเคมี การปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์เมต เป็นเวลา 15 วินาที ให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวางที่มากกว่า กลุ่มที่ปรับสภาพผิวหน้าด้วยส่วนเหลวของยูนิฟาสไทรเอด® เป็นเวลา 5 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อศึกษาลักษณะการแตกหักของชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 7 เท่า (ตารางที่ 2) พบว่ากลุ่มที่มีการปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์เมต เป็นเวลา 15 วินาที เกิดการหักแบบเชื่อมแน่นร้อยละ 100 ส่วนกลุ่มที่ใช้ส่วนเหลวของยูนิฟาสไทรเอด® เป็นเวลา 5 และ 180 วินาที มีการแตกหักแบบเชื่อมแน่นร้อยละ 40 และ 60 ตามลำดับ

วิจารณ์

การศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์การยึดติดของการซ่อมแซมฟันปลอมด้วย การวัดความแข็งแรงดัดขวาง[13] ลักษณะแรงดัดโค้งแบบ 3 จุด ซึ่งเป็นการจำลองลักษณะแรงที่เกิดขึ้นในฟันปลอมทั้งปากขากรรไกรบน[15]

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวาง (เมกะพาสคาล) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของการแตกหัก

Table 2 Mean Flexural strength (MPa) with Standard deviation and failure types in percentage.

Group	Surface treatment	Mean flexural strength ± SD (MPa)	Percentage	Significance*	Failure types and percentage**
1	Intacted heat cured specimen	71.93 ± 3.39	100	e	-
2	No treatment	47.79 ± 4.17	66	a	CO:10 AD:90
3	Liquid part of Unifast trad® 5 s	54.37 ± 4.16	75.5	b	CO:40 AD:60
4	Liquid part of Unifast trad® 180 s	58.81 ± 2.80	82	b,c	CO:60 AD:40
5	Methyl acetate 15 s	60.23 ± 4.13	83.7	c,d	CO:100
6	Methyl formate 15 s	65.14 ± 3.85	90.4	d	CO:100

*ในกรณีที่ตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่ากลุ่มนั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

No significant difference ($p > 0.05$) within groups denoted by the same letter.

**CO : การแตกหักแบบเชื่อมแน่นที่อะคริลิกชนิดบ่มได้เอง (cohesive failure)

AD : การแตกหักแบบยึดติดที่บริเวณรอยต่อของวัสดุ (adhesive failure)

ในทางคลินิกการซ่อมฟันปลอมที่แตกหักนิยมใช้อะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง ในการเชื่อมรอยแตกหักเพื่อความสะดวกรวดเร็วของการซ่อมฟันปลอม แต่อย่างไรก็ตามหลังจากการซ่อมฟันปลอมแล้วมักพบการแตกหักซ้ำ และมักพบการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน และอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง ดังนั้นเพื่อให้เกิดการยึดติดที่ดีของวัสดุทั้งสอง การเตรียมพื้นผิวหน้าบริเวณรอยต่อจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ[4,12,15,19-22] จากการศึกษาของ Vallitu และคณะ[15] พบว่าการยึดติดที่ดีเกิดจากการแทรกซึมของเมทิลเมทาคริเลต ทำให้เกิดการบวมของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน และการสร้างร่างแหพอลิเมอร์แบบสอดไขว้ของพอลิเมอร์ (interpenetrating polymer network) ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง ในขณะเดียวกันการใช้สารเคมี เช่น คลอโรฟอร์ม และอะซีโตนจะทำให้เกิดการละลายบริเวณพื้นผิวให้อ่อนตัว เพื่อช่วยให้เมทิลเมทาคริเลต สามารถแทรกซึมเข้าไปเกิดการยึดติดทางกล (mechanical interlocking) ได้ดียิ่งขึ้น[10,19,20]

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบร้อยละของความแข็งแรงดัดขวางจากการศึกษาของ Leong และ Grant[25] พบว่าเมื่อทำการซ่อมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองจะมีค่าความแข็งแรงดัดขวางร้อยละ 65 ของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน ในขณะที่เมื่อซ่อมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนจะมีค่าความแข็งแรงดัดขวางร้อยละ 75[25] ถึง 80[9] ของวัสดุเดิม จากตารางที่ 2 พบว่าการปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเคมี โดยการใช้ส่วนเหลวของยูนิฟาสไทรเอด® 180 วินาที สารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์เมต เป็นเวลา 15 วินาที ปรับสภาพพื้นผิวอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนก่อนทำการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง มีร้อยละของการเพิ่มความแข็งแรงดัดขวางมากกว่าการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน

จากการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดัดขวางของกลุ่มที่ได้รับการปรับสภาพผิวหน้าด้วย สารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์เมต เป็นเวลา 15 วินาที มีค่าที่สูงกว่ากลุ่มที่ปรับสภาพผิวหน้าด้วยส่วนเหลวของยูนิฟาสไทรเอด® โดยมีลักษณะการแตกหักเป็นแบบเชื่อมแน่นที่อะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เองทั้งหมด ในขณะที่เมื่อปรับสภาพด้วยส่วนเหลวของยูนิฟาสไทรเอด® พบว่ายังมีการแตกหักแบบยึดติด แสดงให้เห็นว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์เมต สามารถทำให้เกิดการยึดติดระหว่างพื้นผิวอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน และอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง ได้ดีกว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยส่วนเหลวของยูนิฟาสไทรเอด®

การทำละลายของสารขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่างคือ 1) ความเป็นขั้ว (polarity) ที่เหมือนกัน 2) พารามิเตอร์การละลาย (solubility parameter) ที่ไม่ต่างกันมาก จากการศึกษานี้พบว่า สารพอลิเมทิลเมทาคริเลต สารเมทิลเมทาคริเลต (ส่วนเหลวของยูนิฟาสไทรเอด®) สารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์เมต เป็นสารที่อยู่ในกลุ่มเมทิลเอสเตอร์ (methyl ester) จึงมีความเป็นขั้วที่ใกล้เคียงกัน[17,26-28] ส่วนค่าพารามิเตอร์การละลายของสารพอลิเมทิลเมทาคริเลต สารเมทิลเมทาคริเลต สารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์เมต มีค่าตามลำดับดังนี้[29] 18.27 18.00 19.60 และ 20.90 เมกะพาสคาล$^{1/2}$ จะเห็นได้ว่าสารที่ใช้ในการศึกษามีค่าพารามิเตอร์การละลายที่ไม่แตกต่างกันมาก

ถึงแม้ว่า สารเมทิลเมทาคริเลต จะมีค่าพารามิเตอร์การละลายที่ใกล้เคียง และมีความเป็นขั้วเหมือนพอลิเมทิลเมทาคริเลต แต่จากการศึกษานี้พบว่า สารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์เมต สามารถทำละลายก่อให้เกิดแรงยึดติดที่สูง และยังใช้เวลาในการซ่อมแซมน้อยกว่าสารเมทิลเมทาคริเลต 180 วินาที อีกทั้งมีค่าความเป็นพิษที่น้อยกว่าโดยมีค่าขีดจำกัดของสารเคมีในบรรยากาศการทำงาน (Workplace exposure limit) เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ของสารเมทิลเมทาคริเลต สารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์เมต ตามลำดับ ดังนี้ 50 200 และ 100 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ[26-28]

สรุป

ภายใต้สภาวะของการทดสอบในครั้งนี้พบว่า

1. การปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเคมีโดยการใช้ส่วนเหลวของยูนิฟาสไทรเอด® สารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์เมต ปรับสภาพพื้นผิวอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อนก่อนทำการซ่อมแซมด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มได้เอง มีผลเพิ่มความแข็งแรงดัดขวางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมลบที่ไม่ได้ปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเคมี

2. การปรับสภาพผิวหน้าด้วยสารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์เมต เมื่อทดสอบความแข็งแรงดัดขวางลักษณะ

แรงดัดโค้งแบบ 3 จุด เกิดลักษณะการแตกหักแบบเชื่อมแน่น ร้อยละ 100

3. ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่าความแข็งแรงดัดขวาง และลักษณะการแตกหักจึงมีความน่าจะเป็นที่จะนำสารเมทิลอะซิเตต และสารเมทิลฟอร์เมต มาใช้ทดแทน สารเมทิลเมทาคริเลต ในทางคลินิกได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้นิพนธ์ขอขอบคุณ หน่วยงานปฏิบัติการทางทันตกรรม และศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับคำแนะนำ และความช่วยเหลือเป็นอย่างดีแก่งานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Zarb GA, Bolender CL. Prosthodontic treatment for edentulous patients: Complete dentures and implant- supported prostheses. 12th ed. St.Louis: Mosby, 2004:190-6.
2. Hargreaves AS. The prevalence of fractured dentures. Br Dent J. 1969;126:451-5.
3. Tallgren A. The continuing reduction of residual alveolar ridges in complete denture wearers: A mixed-longitudinal study covering 25 years. J Prosthet Dent. 1972;27:120-32.
4. Berge M. Bending strength of intact and repaired denture base resins. Acta Odontol Scand. 1983;41: 187-91.
5. Beyli MS, von Fraunhofer JA. An analysis of causes of fracture of acrylic resin dentures. J Prosthet Dent. 1981;46:238-41.
6. Smith DC. The acrylic denture: Mechanical evaluation mid-line fracture. Br Dent J. 1961; 110: 257-67.
7. Anusavice KJ. Phillips' Science of Dental Materials. 11th ed. Philadephia: WB Saunders, 2003:154-62, 721-48.
8. Winkler S, Essentials of complete denture prosthodontics. 2nd ed. Littleton: PSG publishing company, 1988:352-3.
9. Stanford JW, Burns CL, Paffenbarger GC. Self-curing resins for repairing dentures: some physical properties. J Am Dent Assoc. 1955;51:307-15.
10. Rached RN, Powers JM, Del-Bel Cury AA. Repair strength of autopolymerizing, microwave, and conventional heat-polymerized acrylic resins. J Prosthet Dent. 2004;92:79-82.
11. Ward JE, Moon PC, Levine RA, Behrendt CL. Effect of repair surface design, repair material, and processing method on the transverse strength of repaired acrylic denture resin. J Prosthet Dent. 1992;67:815-20.
12. Shen C, Colaizzi FA, Birns B. Strength of denture repairs as influenced by surface treatment. J Prosthet Dent. 1984;52:844-8.
13. Seo RS, Neppelenbroek KH, Filho JNA. Factors affecting the strength of denture repairs. J Prosthodont. 2007;16:302-10.
14. Harrison WM, Stansbury BE. The effect of joint surface contours on the transverse strength of repaired acrylic resin. J Prosthet Dent. 1970;23:464-72.
15. Vallittu PK, Lassila VP, Lappalainen R. Wetting the repair surface with methyl methacrylate affects the transverse strength of repaired heat-polymerized resin. J Prosthet Dent. 1994;72:639-43.
16. Rached RN, Del-Bel Cury AA. Heat-cured acrylic resin repaired with microwave-cured on bond strength and surface texture. J Oral Rehabil. 2001;28:370-5.
17. Asmussen E, Peutzfeldt A. Substitutes for methylene chloride as dental softening agent. Eur J Oral Sci. 2000;108:335-40.
18. Minami H, Suzuki S, MInesaki Y, Kurashige H, Tanaka T. *In vitro* evaluation of the influence of repairing condition of denture base resin on the bonding of autopolymerizing resins. J Prosthet Dent. 2004;91:164-70.
19. Sarac YS, Sarac D, Kulunk T, Kulunk S. The effect of chemical surface treatments of different denture base resins on the shear bond strength of denture

repair. J Prosthet Dent. 2005;94:259-66.

20. Shimizu H, Ikuyama T, Hayakawa E, Tsue F, Takahashi Y. Effect of surface preparation using ethyl acetate on the repair strength of denture base resin. Acta Odontol Scand. 2006;64:159-63.
21. Beyli MS, von Fraunhofer JA, Repair of fractured acrylic resin. J Prosthet Dent. 1980;44:497-503.
22. Nagai E, Otani K, Satoh Y, Suzuki S. Repair of denture base resin using woven metal and glass fiber: effect of methylene chloride pretreatment. J Prosthet Dent. 2001;85:496-500.
23. Tokuyama Dental Corporation [database on the Internet]. Material safety data sheet. 2006 [cited 2009 APR 2]. Available from: http://www.tokuyama-dental.com/pdfs/product/msds/REBASE_MSDS.pdf
24. International Organization for Standardization. ISO 1567:1999(E). Dentistry-denture base polymers. Geneva, Switzerland; 1999.
25. Leong A, Grant AA. The transverse strength of repairs in polymethyl methacrylate. Aust Dent J. 1971;16:232-4.
26. New Jersey Department of Health and Senior Services. Hazardous substance fact sheet: Methyl methacrylate [database on the Internet]. Trenton: New Jersey Department, 2002 [cited 2009 Apr 2]. Available from: http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1277.pdf
27. New Jersey Department of Health and Senior Services. Hazardous substance fact sheet: Methyl acetate [database on the Internet]. Trenton: New Jersey Department, 2002 [cited 2009 Apr 2]. Available from: http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1217.pdf
28. New Jersey Department of Health and Senior Services. Hazardous substance fact sheet: Methyl formate [database on the Internet]. Trenton: New Jersey Department, 2002 [cited 2009 Apr 2]. Available from: http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1262.pdf
29. Brandrup J, Immergut EH, Grulke EA. Polymer Handbook. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 1999:696-7, 708.

The effect of chemical surface treatments on the flexural strength of repaired acrylic denture base resin material

Nonglax Thunyakitpisal D.D.S.[1]
Chairat Wiwatwarapan B.Sc., M.S. (Polymer Science)[2]

[1]Graduate Student, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University
[2]Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

Abstracts

Objective To evaluate the effect of the selected chemical surface treatment agents on flexural strength of heat-cured acrylic resin after repairing with auto-polymerized acrylic resin.

Materials and methods Sixty heat-cured acrylic resin specimens were prepared according to ISO 1567 and divided into six groups; positive control (group 1), negative control (group 2) and four experimental groups (group 3-6). Group 2 and all experimental groups were cut in the middle and beveled at 45 degree. Group 2 was untreated. Group 3 and 4 were treated with liquid part of Unifast triad® for 5 and 180 seconds, respectively. Group 5 and 6 were treated with methyl acetate and methyl formate for 15 seconds, respectively. All the specimens in group 2-6 were then repaired with auto-polymerized acrylic resin. A three-point loading test was performed using universal testing machine (Instron Corp, USA). Statistically analysis was done by one-way ANOVA and post hoc Tukey's analysis at $p < 0.05$. Failure analysis was also categorized as adhesive or cohesive failure for each specimen.

Results The flexural strength of group 1 and 3-6 were significantly greater than that of the group 2 ($p < 0.05$) and the flexural strength of group 5 and 6 were significantly greater than that of the group 3 ($p < 0.05$). All fractured specimens in group 5 and 6 showed only cohesive failure.

Conclusion From this study, surface treatment with methyl acetate and methyl formate showed high flexural strength when repairing denture base resin.

(CU Dent J. 2010;33:89-98)

Key words: *acrylic resin; flexural strength; methyl acetate; methyl formate; repair*