ความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเสริมฐานชนิดแข็งต่อวัสดุฐานฟันเทียมต่างชนิด

ปริญญานิพนธ์

ของ

หยาดพิรุณ จิรวัฒนกุล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก

กรกฎาคม 2558

ความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเสริมฐานชนิดแข็งต่อวัสดุฐานฟันเทียมต่างชนิด

ปริญญานิพนธ์

ของ

หยาดพิรุณ จิรวัฒนกุล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก

กรกฎาคม 2558

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเสริมฐานชนิดแข็งต่อวัสดุฐานฟันเทียมต่างชนิด

บทคัดย่อ

ของ

หยาดพิรุณ จิรวัฒนกุล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก
กรกฎาคม 2558

หยาดพิรุณ จิรวัฒนกุล. (2558). *ความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเสริมฐานชนิดแข็งต่อวัสดุฐานฟันเทียม ต่างชนิด*. ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (ทันตกรรมคลินิก). กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์: อาจารย์ ทพญ. ดร. วัลลภัทน์ แสนทวีสุข.

วัตถุประสงค์ เพื่อประเมินความแข็งแรงยึดเฉือนระหว่างวัสดุเสริมฐานชนิดแข็งกับฐานฟันเทียมชนิดต่างๆ ที่มีการปรับสภาพพื้นผิวทางเคมี

วิธีการดำเนินการวิจัย: เตรียมชิ้นงานวัสดุฐานฟันเทียม 3 ชนิดๆ ละ 30 ชิ้น คือ 1.ชนิดบ่มด้วยความร้อน (เวอร์เท็กซ์ราพิดซิมพลิไฟด์) 2.ชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูง (ลูซิโตน199) และ 3. ชนิดบ่มด้วยตนเอง (ออร์โธเจ็ท) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20±1 มิลลิเมตร หนา 15±1 มิลลิเมตร แล้วแบ่งเป็น 2 กลุ่มๆละ 15 ชิ้น โดยปรับสภาพพื้นผิวทางเคมี 2 วิธี ด้วย 1.การใช้สารยึดติดของวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทูเพียงชนิดเดียว และ 2.สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ร่วมกับสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู หลังปรับสภาพพื้นผิวใส่วัสดุเรซินเสริมฐานโดยมีพื้นที่ยึดติดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร และบ่มตัวเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปแช่น้ำกลั่น 24 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือนด้วยเครื่องทดสอบสากล วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง และการทดสอบอิทธิพลหลักของกลุ่มการทดลอง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการศึกษา: ออร์โธเจ็ท ที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตร่วมกับสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู มีค่าความแข็งแรงยึดเฉือนมากที่สุด และมากกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

บทสรุป ชนิดของฐานฟันเทียม และวิธีการปรับสภาพพื้นผิวทางเคมีมีผลต่อค่าความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเสริมฐานชนิดแข็ง

SHEAR BOND STRENGTH OF A HARD-RELINING MATERIAL TO DIFFERENT TYPES OF DENTURE BASE MATERIALS

AN ABSTRACT

BY

YARDPIROON JIRAWATTANAKUL

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Master of Science (Clinical Dentistry) in Dentistry

at Srinakharinwirot University

July 2015

Yardpiroon Jirawattanakul. (2018). *Shear bond strength of a hard-relining material to different types of denture base materials*. Master thesis, M.S. (Dentistry). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: PHD. Wallapat Santawisuk.

Purpose: This study evaluated shear bond strength of a hard-relining material to different types of denture base materials with chemical surface treatment.

Materials and Methods: Three types of denture base materials were prepared in disk-shaped specimens (20±1 mm in diameter and 15±1 mm. thick.): 1.Heat-cured acrylic resin (Vertex Rapid-Simplified), 2.High impact heat-cured acrylic resin (Lucitone199) and 3.Self-cured acrylic resin (Ortho-Jet) (30 specimens per group). Each denture base was devided into two groups using two surface treatments: 1.The adhesive of Tokoyama rebase II and 2.The solution of methyl formate and methyl acetate and adhesive of Tokoyama rebase II. After surface treatment, the reline resin was applied to the bonding area (5 mm. diameter) and polymerized for 5 minutes. Bonded specimens were immersed in distilled water for 24 hours before testing. Shear bond strength tests were performed using a Universal testing machine. Data were statistically analyzed using two-way ANOVA and Simple main effect test at 0.05 significance level.

Results: Ortho-Jet with surface treated with the solution of methyl formate and methyl acetate and the adhesive of Tokoyama rebase II showed the highest and greater bond strength than other groups ($p<0.05$).

Conclusion: Types of denture base materials and methods of chemical surface treatment have affected the shear bond strength of a hard-relining material.

ปริญญานิพนธ์

ความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเสริมฐานชนิดแข็งต่อวัสดุฐานฟันเทียมต่างชนิด

ของ

หยาดพิรุณ จิรวัฒนกุล

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาทันตกรรมคลินิก
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 25.....

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาหลัก .....ประธาน
(อาจารย์ ทพญ.ดร.วัลลภัทน์ แสนทวีสุข) (อาจารย์ ทพญ.ดร.จารุมา ศักดิ์ดี)

.....ที่ปรึกษาร่วม .....กรรมการ
(ผศ. ทพญ.ดร.ศิริจันทร์ เจียรพุฒิ) (ผศ. ทพญ.ดร.ศศิวิมล เสนาะกรรณ์)

.....กรรมการ
(ผศ. ทพญ.ดร.ศิริจันทร์ เจียรพุฒิ)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ทพญ.ดร.วัลลภัทน์ แสนทวีสุข)

ประกาศคุณูปการ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ทพญ. ดร. วัลลภัทน์ แสนทวีสุข และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพญ.ดร.ศิริจันทร์ เจียรพุฒิ เป็นอย่างยิ่งที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำแนะแนวทางในการทำวิจัย อีกทั้งยังมีเมตตา ความเอาใจใส่ ให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมา ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำการวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนสารสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ทพญ.กิติยา กังคะพิลาศ นิสิตปริญญาโท คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปี 2556 ผู้ซึ่งให้คำแนะนำ กำลังใจ และความช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์ แนะนำเทคนิคการทำวิจัยต่างๆ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ ในหน่วยงานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือต่างๆ นอกจากนั้นยังให้ความรู้ และความช่วยเหลือทางด้านการทำวิจัย สอนวิธีการใช้งานเครื่องทดสอบสากลและเครื่องมืออื่นๆแก่ข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ผู้ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบปากเปล่าทุกท่าน อันได้แก่ อาจารย์ ทพญ. ดร.จารุมา ศักดิ์ดี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพญ.ดร.ศศิวิมล เสนาะกรรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพญ. ดร. ศิริจันทร์ เจียรพุฒิ ที่ช่วยตรวจทาน ให้คำแนะนำ และช่วยแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีความถูกต้องและมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

สุดท้ายข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดา นายวัฒนา จิรวัฒนกุล และมารดา นางพัชรี จิรวัฒนกุล ผู้ซึ่งให้การสนับสนุนการศึกษาของข้าพเจ้าเสมอมา เป็นกำลังสำคัญที่ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำการวิจัยได้สำเร็จลุล่วง

หยาดพิรุณ จิรวัฒนกุล

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง……	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย……	1
ความสำคัญของการวิจัย……	2
ขอบเขตของการวิจัย……..	2
สมมติฐานในการวิจัย……...	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…….……..	4
ฐานฟันเทียม……	4
ชนิดของฐานฟันเทียมพอลิเมอร์……	5
การเสริมฐานฟันเทียม……	8
ชนิดของวัสดุเสริมฐานฟันเทียม……..	8
ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของการยึดติดของฐานฟันเทียม และวัสดุเสริมฐานฟันเทียม……..…	10
วัสดุเสริมฐานฟันเทียมโดยตรงชนิดแข็งโทคุยามารีเบสทู……..	14
การทดสอบความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับ วัสดุเสริมฐานฟันเทียม……..	14
3 วิธีการดำเนินการวิจัย……..…….....	19
วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย……..……..	19
วิธีการดำเนินงานวิจัย……..	23
การทดสอบทางสถิติ……	27
4 ผลการวิจัย……	28

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และ ข้อเสนอแนะ…….……..	32
อภิปรายผล…….	32
สรุปผลการวิจัย……...……..	36
ข้อเสนอแนะ……...……	36
บรรณานุกรม…….……	38
ภาคผนวก…….……	45
ประวัติย่อผู้วิจัย…….……...	51

บัญชีตาราง

ตาราง **หน้า**

1 ประเภทฐานฟันเทียมพอลิเมอร์……..…….. 6

2 องค์ประกอบของวัสดุที่ใช้ในการศึกษาและบริษัทผู้ผลิต……..…….. 22

3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงยึดเฉือน…..……..... 28

4 ค่าความแข็งแรงยึดเฉือนของกลุ่มทดลองทั้ง 6 กลุ่ม……..…….. 46

5 ผลการทดสอบลักษณะการกระจายของข้อมูล……..…….. 47

6 ผลการตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวน……..……..… 47

7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง……..... 48

8 การทดสอบอิทธิพลหลักของกลุ่มการทดลองเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง
ชนิดของวัสดุฐานฟันเทียมในแต่ละวิธีการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียม……..... 49

9 การทดสอบอิทธิพลหลักของกลุ่มการทดลองเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง
วิธีการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมในแต่ละชนิดของวัสดุฐานฟันเทียม…… 50

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 การทดสอบความทนแรงดึง…….. 15

2 การทดสอบความแข็งแรงดัดขวาง…… 16

3 การทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือน…… 17

4 วัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู…… 19

5 สารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู…….. 20

6 สารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ของซียูอะคริลิกบอนด์…… 20

7 แม่แบบซิลิโคน……... 21

8 ชิ้นงานฐานฟันเทียม…….. 23

9 กระดาษทรายน้ำ…….. 23

10 กลุ่มชิ้นตัวอย่างที่นำมาทดสอบ…….. 25

11 การยึดติดของวัสดุเสริมฐานบนชิ้นงานฐานฟันเทียม……. 26

12 การทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือนด้วยเครื่องทดสอบสากล…….. 27

13 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงยึดเฉือน……... 29

14 ความล้มเหลวแบบยึดติด…….. 30

15 ความล้มเหลวแบบผสม…… 31

.

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

หนึ่งในปัญหาสุขภาพที่สำคัญคือการสูญเสียฟันธรรมชาติไปก่อนระยะเวลาอันควร ส่งผลต่อสุขภาพร่างกาย จิตใจและคุณภาพชีวิต จึงควรได้รับการรักษาโดยการใส่ฟันเทียมเพื่อเป็นการทดแทนฟันธรรมชาติที่สูญเสียไป แต่หลังจากผู้ป่วยใช้ฟันเทียมไประยะเวลาหนึ่ง มักพบว่าฟันเทียมมีลักษณะหลวม เกิดการกดเจ็บบริเวณเนื้อเยื่อใต้ฐานฟันเทียม ผู้ป่วยจะรู้สึกรำคาญและเคี้ยวอาหารไม่สะดวก[1] สาเหตุมาจากการละลายตัวบริเวณสันกระดูกที่รองรับฟันเทียม โดยที่บริเวณสันกระดูกล่างจะเกิดการละลายตัวมากกว่าสันกระดูกบนประมาณ 4 เท่า[2] และสันเหงือกว่างจะมีขนาดลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 6 เดือนแรกถึง 2 ปี[3] ดังนั้นหลังจากใส่ฟันเทียมให้ผู้ป่วยไปแล้ว ทันตแพทย์ควรนัดผู้ป่วยกลับมาเพื่อตรวจดูสภาพของฟันเทียม และเนื้อเยื่อภายในช่องปากของผู้ป่วยเพื่อทำการแก้ไขเสริมฐานฟันเทียม ฟื้นฟูความแนบสนิทของฐานฟันเทียมกับสันเหงือกว่าง ให้ฟันเทียมมีเสถียรภาพที่ดีขึ้น[1]

วัสดุที่นิยมนำมาใช้ทำฐานฟันเทียมคือพอลิเมทิลเมทาไครเลต(Polymethyl methacrylate) :PMMA) หรือเรซินอะคริลิก (Acrylic resin) เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย ราคาประหยัด นำมาใช้งานได้ง่าย มีคุณสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพดี และมีสีสวยงาม[4,5] อย่างไรก็ตามยังคงมีข้อจำกัดโดยเฉพาะเรื่อง ความแข็งแรงแนวดัดขวาง (Transvere strength) และความแข็งแรงทนแรงอัด (Impact strength)[5] จึงมีการคิดค้นพัฒนาเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ทำฐานฟันเทียมให้ดียิ่งขึ้น[6-8]

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการเสริมฐานฟันเทียม คือ การยึดติดที่ดีของวัสดุเสริมฐานฟันเทียม และฐานฟันเทียม[3,9] จึงมีความสนใจที่จะศึกษาความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเสริมฐานฟันเทียมกับฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดต่างๆ ได้แก่ ชนิดบ่มด้วยความร้อน (Heat-cured acrylic) ชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูง (High impact heat-cured acrylic) และชนิดบ่มด้วยตนเอง (Self-cured acrylic) โดยก่อนการทำการยึดติดกับวัสดุเสริมฐานจะทำการปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมด้วยการใช้สารยึดติดของวัสดุเสริมฐานของโทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II) ร่วมกับสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ของซียูอะคริลิกบอนด์ (CU Acrylic Bond) ที่จากการศึกษาของ Kungkapilas และSantawisuk ในปี 2014[10] พบว่า

เป็นวิธีการปรับสภาพพื้นผิวที่ให้ความแข็งแรงการยึดติดดีที่สุดสำหรับวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างวัสดุเสริมฐานฟันเทียมกับฐานฟันเทียมชนิดต่างๆ โดยที่มีการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมก่อนการยึดติด

ความสำคัญของการวิจัย

ปัญหาสำคัญที่พบภายหลังจากการเสริมฐานฟันเทียม คือ ความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างวัสดุเสริมฐานกับฐานฟันเทียมที่ไม่เพียงพอ อีกทั้งในปัจจุบันมีวัสดุที่นำมาใช้ทำฐานฟันเทียมหลากหลายชนิด การพัฒนาวิธีการปรับสภาพพื้นผิวมาใช้กับฐานฟันเทียมชนิดต่างๆ นั้นจะมีประโยชน์มาก เพื่อเป็นการเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเสริมฐานฟันเทียมกับฐานฟันเทียมชนิดต่างๆ ที่นิยมใช้ในทางทันตกรรม ทำให้ฟันเทียมที่เสริมฐานแล้วมีความคงทนแข็งแรง มีอายุการใช้งานได้นาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการเคี้ยวอาหารให้ดียิ่งขึ้น

ขอบเขตการวิจัย

1. เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (Laboratory experimantal study)

2. วัสดุฐานฟันเทียมที่ใช้ในการทดลองเป็นวัสดุขายในท้องตลาดและนิยมใช้ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนยี่ห้อเวอร์เท็กซ์ราพิดซิมพลิไฟด์ (Vertex Rapid-Simplified) วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูงยี่ห้อลูซิโตน 199 (Lucitone 199) และวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตนเองยี่ห้อออร์โธเจ็ท (Ortho-Jet)

3.กระบวนการทดลองจะดำเนินการ โดยผู้ทำการทดลองเพียงคนเดียว และใช้อุปกรณ์เดียวกันตลอดการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ ชนิดของฐานฟันเทียมและวิธีการปรับสภาพพื้นผิวที่แตกต่างกัน

2. ตัวแปรตาม คือ ค่าความแข็งแรงยึดเฉือน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. Bond strength หมายถึง ความแข็งแรงการยึดติด

2. Shear bond strength หมายถึง ความแข็งแรงยึดเฉือน

3. Surface treatment หมายถึง การปรับสภาพพื้นผิว

4. Denture base หมายถึง ฐานฟันเทียม

5. High impact heat-cured acrylic resin หมายถึง เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูง

6. Hard direct reline resin หมายถึง วัสดุเสริมฐานฟันเทียมโดยตรงชนิดแข็ง

7. Autopolymerizing denture relined material หมายถึง วัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตนเอง

สมมติฐานในการวิจัย

H0: ชนิดของฐานฟันเทียมและวิธีการปรับสภาพพื้นผิว ไม่มีผลต่อความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุเสริมฐานฟันเทียมโดยตรงชนิดแข็งกับฐานฟันเทียม

H1: ชนิดของฐานฟันเทียมและวิธีการปรับสภาพพื้นผิว มีผลต่อความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุเสริมฐานฟันเทียมโดยตรงชนิดแข็งกับฐานฟันเทียม

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ฐานฟันเทียม
2. ชนิดของฐานฟันเทียมพอลิเมอร์
3. การเสริมฐานฟันเทียม
4. ชนิดของวัสดุเสริมฐานฟันเทียม
5. ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของการยึดติดของฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐานฟันเทียม
6. วัสดุเสริมฐานฟันเทียมโดยตรงชนิดแข็งโทคุยามารีเบสทู
7. การทดสอบความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียม

ฐานฟันเทียม

ปัจจุบันได้มีการนำพอลิเมอร์มาใช้ทำวัสดุในทางทันตกรรมหลายชนิด ได้แก่ วัสดุอุดฟัน วัสดุพิมพ์ปาก ฐานฟันเทียม เป็นต้น

พอลิเมอร์เป็นสารประกอบทางเคมี เกิดจากสารประกอบทางเคมีขนาดเล็กๆจำนวนมาก หรือที่เรียกว่า มอนอเมอร์ รวมตัวกันจนกลายเป็นพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ โดยถ้านำมอนอเมอร์ที่ต่างชนิดกันมาผสมกันจะเรียกว่า โคพอลิเมอร์ (Copolymer)[11,12]

เมื่อแบ่งตามโครงสร้างของพอลิเมอร์จะสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ พอลิเมอร์ชนิดเส้น (Linear polymers) พอลิเมอร์ชนิดกิ่ง (Branched polymers) และพอลิเมอร์ชนิดเชื่อมไขว้ (Cross-linked polymers) ซึ่งเกิดจากการเชื่อมกันของสายพอลิเมอร์ จนมีลักษณะโครงสร้างสานกันเป็นร่างแห โดยที่สมบัติของพอลิเมอร์ขึ้นกับ

1.ความยาวของสายพอลิเมอร์และน้ำหนักโมกุล สายพอลิเมอร์ที่ยาวจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง รูปร่างยาก เนื่องจากจะมีส่วนของสายพอลิเมอร์ไปเกาะกับสายอื่นมาก โดยที่ความยาวของสายพอลิเมอร์และน้ำหนักโมเลกุลที่เพิ่มขึ้น จะทำให้สมบัติอื่นๆ อาทิ ความแข็งแรง และจุดหลอมเหลวจะเพิ่มสูงขึ้น

2.กิ่งของสายพอลิเมอร์และการเชื่อมไขว้ กิ่งของสายพอลิเมอร์ ทำให้มีแขนไปจับโมเลกุลอื่นเพิ่มขึ้น จัดเป็นการเชื่อมแบบชั่วคราว การเกิดการเชื่อมไขว้เป็นการเชื่อมกันของสายพอลิเมอร์

แบบถาวร การเชื่อมไขว้จะทำให้เกิดลักษณะสะพานเชื่อมระหว่างสายพอลิเมอร์ ทำให้มีน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มมากขึ้น และโครงสร้างร่างแห 3 มิติของสายพอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมไขว้กันจะมีความแข็งแรง และมีความต้านทานต่อตัวทำละลาย[11,12]

3.การจัดเรียงโมเลกุล วัสดุที่เป็นพอลิเมอร์ส่วนใหญ่จะมีการเรียงตัว 2 แบบ ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน คือ การเรียงตัวแบบไม่มีแบบแผน (Amorphous structure) และการเรียงตัวแบบมีแบบแผน (Crystalline structure) โดยที่การเรียงตัวแบบมีแบบแผน ช่วยเพิ่มความแข็งแรง และอุณหภูมิหลอมเหลว แต่จะลดความเหนียวและเพิ่มความเปราะของวัสดุ[12]

เรซินอะคริลิก มีสูตรโครงสร้าง คือ H_2C=CHR มีกลุ่มไวนิล และ เป็นอนุพันธ์ของเอทิลีน ในทางทันตกรรม มีเรซินอะคริลิก 2 ชนิดที่ได้รับความนิยม เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากมอนอเมอร์ที่เป็นอนุพันธ์จากกรดอะคริลิก และกรดเมทาไครลิก ผ่านปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบรวมตัว

เมทิลเมทาไครเลต ที่อุณหภูมิห้องเป็นของเหลว ใส มีความดันไอสูง และเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ที่ดี

พอลิเมทิลเมทาไครเลต เป็นเรซิน แข็ง ใส มีความคงรูป ไม่เปลี่ยนสีเมื่อเจอแสงอัลตร้าไวโอเลต และใช้งานได้นาน แต่มีการดูดน้ำผ่านกระบวนการอิมบิบิชั่น (Imbibition)[12]

มีการนำวัสดุหลายชนิดมาใช้ทำฐานฟันเทียม ได้แก่ วัลคาไนต์ (Vulcanite) ไนโตรเซลลูโลส (Nitrocellulose) ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ (Phenolformaldehyde) พลาสติกไวนิล (Vinyl plastic) และในปี ค.ศ.1937 จึงมีการนำเรซินอะคริลิก หรือ พอลิเมทิลเมทาไครเลตมาใช้ทำฐานฟันเทียม[13]

ชนิดของฐานฟันเทียมพอลิเมอร์

ชนิดของฐานฟันเทียมสามารถแบ่งตามรูปแบบการเกิดพอลิเมอร์ได้เป็น ชนิดบ่มด้วยความร้อน (Heat-cured) ชนิดบ่มด้วยตนเอง (Self-cured) ชนิดบ่มด้วยแสง (Light-cured) และชนิดบ่มด้วยไมโครเวฟ (Microwave-cured)

ตาม International Standard Organization (ISO) หมายเลข 20795-1[13] ได้แบ่งชนิดของฐานฟันเทียมพอลิเมอร์ ดังตาราง 1

ตาราง 1 จำแนกประเภทฐานฟันเทียมพอลิเมอร์ ตาม International Standard Organization (ISO) หมายเลข 20795-1[13]

Type	Class	Description
1	1	Heat-processing polymers, powder and liquid
1	2	Heat-processing (plastic cake)
2	1	Autopolymerised polymers, powder and liquid
2	2	Autopolymerised polymers (powder and liquid pour type resin)
3	-	Thermoplastic blank or powder
4	-	Light-activated material
5	-	Microwave-cured material

เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน (Heat-cured acrylic resin)

ตัวอย่างของวัสดุฐานฟันเทียมชนิดนี้ได้แก่ Vertex Rapid-Simplified, Trevalon C, Meliodent HC, Acron HC เป็นต้น ในส่วนผง (Powder) จะมีเม็ดพอลิเมทิลเมทาไครเลต และมีเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (Benzoyl peroxide) เป็นตัวเริ่มปฏิกิริยา ในส่วนเหลว (Liquid) จะมีมอนอเมอร์ หรือ เมทิลเมทาไครเลต และไฮโดรควิโนน (Hydroqinone) เป็นสารยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ในส่วนเหลวในระหว่างการเก็บ อาจมีการเติมสารเชื่อมไขว้ลงไปในส่วนเหลว คือ ไกลคอลไดเมทาไครเลต (Glycoldimethacrylate) เป็นตัวเชื่อมสายพอลิเมอร์เข้าด้วยกันเกิดเป็นโครงสร้างลักษณะตาข่าย ต้านทานต่อการเปลี่ยนรูป[12] วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนต้องใช้ความร้อนและความดันเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์โดยสมบูรณ์

วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูง (High impact heat-cured acrylic) ตัวอย่างของวัสดุฐานฟันเทียมชนิดนี้ได้แก่ Lucitone 199, Impracryl เป็นต้น เป็นวัสดุชนิด พอลิเมทิลเมทาไครเลต ชนิดบ่มด้วยความร้อน (Heat-cured PMMA denture base materials) มีการใส่ยาง บิวทาไดอีน-สไตรีน (Butadiene-styrene) ในเมทิลเมทาไครเลต กลายเป็นเมทิลเมทาไครเลต-สไตรีน-บิวทาไดอีน เทอร์พอลิเมอร์ (Methyl methacrylate-styrene-butadiene terpolymer) เทอร์พอลิเมอร์ มีความสามารถในการต้านการแรงกระแทกที่มากระทำต่อฟันเทียม ได้ดีกว่าพอลิเมอร์ชนิดอื่น มีความเหนียวสูง (High toughness) ซึ่งมอนอเมอร์ของวัสดุชนิดนี้จะแตกต่างจากมอนอเมอร์ทั่วไป[14]

เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตนเอง (Self-cured acrylic resin)

ตัวอย่างของวัสดุฐานฟันเทียมชนิดนี้ได้แก่ Ortho-Jet, Duz-all, Meliodent SC เป็นต้น ส่วนประกอบทางเคมีคล้ายกับ เรซินอะคริลิก ชนิดบ่มด้วยความร้อน แต่จะใช้สารเคมีในกลุ่มเทอร์เทียรีเอมีน (Tertiary amine) ซึ่งจะเติมในส่วนเหลวเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาต่างจากเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนที่มีความร้อนเป็นตัวกระตุ้นปฏิกิริยา โดยที่เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตนเองจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ทันทีตั้งแต่เริ่มผสม แต่ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ ไม่สมบูรณ์เหมือนในเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน และจะมีมอนอเมอร์หลงเหลือมากกว่า ส่งผลต่อการเกิดความระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อและความแข็งแรงดัดขวาง (Transverse strength) ที่ลดลง [11,12]

ถึงแม้ว่าวัสดุฐานฟันเทียมที่ทันตแพทย์นิยมใช้ คือ เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน แต่มีการนำเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตนเองมาเป็นวัสดุฐานฟันเทียม อาทิเช่น การผลิตฟันเทียมในการออกหน่วยทันตกรรม ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาอันจำกัด สำหรับการผลิตฟันเทียมให้กับผู้ป่วย นอกจากนั้นเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตนเอง ยังนิยมใช้ทำเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟันอีกหลายชนิดด้วย

เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยแสง (Light-cured acrylic resin)

ตัวอย่างของวัสดุฐานฟันเทียมชนิดนี้ได้แก่ Triad VLC, Palatray เป็นต้น เป็นฐานฟันเทียมที่มีส่วนเมทริกซ์ (Matrix) ประกอบ ด้วย ยูรีเทนไดเมทาไครเลต (Urethane dimethacrylate) ซิลิกาละเอียด (Microfine silica) และ มอนอเมอร์เรซินอะคริลิกที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ในส่วนวัสดุอัดแทรกอินทรีย์ (Organic filler) จะมีเม็ดเรซินอะคริลิก (Acrylic resin beads) ฐานฟันเทียมชนิดนี้จะมาในลักษณะอยู่ในซองป้องกันแสง ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์แบบไม่ตั้งใจ ฐานฟันเทียมชนิดนี้มีการหดตัวจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ร้อยละ 3 ต่างจากระบบดั้งเดิมที่มีการหดตัวประมาณร้อยละ 6 แต่ค่ากำลังดัดขวางของฐานฟันเทียมชนิดนี้ต่ำกว่าฐานฟันเทียมระบบดั้งเดิมเล็กน้อย[12,14]

เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยไมโครเวฟ (Microwave-cured acrylic resin)

ตัวอย่างของวัสดุฐานฟันเทียมชนิดนี้เช่น ACRON MC อะคริลิกชนิดนี้มีสูตรโครงสร้างทางเคมีต่างจากปกติ จะใช้ร่วมกับแบบหล่อที่ไม่ใช้โลหะ ใช้พลังงานไมโครเวฟในการบ่มตัว ฐานฟันเทียมชนิดนี้มีข้อดีคือ ใช้เวลา 3 นาทีในการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ ต่างจากวิธีปกติที่ต้มใน

น้ำอุ่นถึง 9 ชั่วโมง ใช้อุปกรณ์น้อย มีสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับอะคริลิกดั้งเดิม และมีความแนบสนิทกับชิ้นหล่อหลัก ดีกว่าวิธีดั้งเดิม[15]

การเสริมฐานฟันเทียม

หลังจากผู้ป่วยใช้ฟันเทียมไประยะเวลาหนึ่งพบว่า บริเวณสันกระดูกที่รองรับฟันเทียมมีการละลายตัว อย่างต่อเนื่องและสันเหงือกว่างจะมีขนาดลดลง ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของกระดูกเบ้าฟัน [2,3,9,16,17] โดยเฉพาะในช่วง 6 เดือนแรกถึง 2 ปี หลังจากที่ถอนฟันไป จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว[2] และจะมีขนาดลดลงเรื่อยๆ ตลอดชีวิต ส่งผลทำให้ฟันเทียมมีลักษณะหลวม สูญเสียเสถียรภาพ (Stability) การรองรับ (Support) และการยึดอยู่ (Retention) ของฐานฟันเทียมลดลง [2,3,9,16] ทำให้เกิดการกดเจ็บที่เนื้อเยื่อบริเวณใต้ฐานฟันเทียมได้ ส่งผลไปถึงการใช้งาน (Function) และความสวยงามของฟันเทียมด้วย เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถใช้งานฟันเทียมได้ดีนั้น จึงควรมาพบทันตแพทย์อย่างสม่ำเสมอ เพื่อตรวจดูสภาพฟันเทียมและเนื้อเยื่อภายในช่องปาก[9,16] และทำการแก้ไขฐานฟันเทียม เช่น การเสริมฐานฟันเทียม เพื่อให้ฐานฟันเทียมมีการยึดอยู่ที่ดีและมีความแนบสนิทกับสันเหงือกว่างของผู้ป่วย[9,16-19] ฟันเทียมที่จะสามารถนำมาเสริมฐานได้นั้นจะต้องยังคงมีสภาพที่ดี มีความสวยงามที่ผู้ป่วยยอมรับได้ ความสัมพันธ์ในการสบฟันของฟันเทียม (Occlusion relationship) ตำแหน่งการเรียงฟัน และมิติแนวดิ่งขณะสบฟัน (Occlusal vertical dimension) ยังคงเหมาะสม ถ้าในกรณีที่ขาดลักษณะดังกล่าวควรพิจารณาทำการเปลี่ยนฐาน (Rebase) หรือทำฟันเทียมชิ้นใหม่แทน[3] ซึ่งการเสริมฐานฟันเทียมที่นิยมใช้ในคลินิกคือ การเสริมฐานฟันเทียมด้วยวัสดุเสริมฐานเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตนเอง (Autopolymerizing reline resin) เนื่องจากไม่ต้องนำฟันเทียมของผู้ป่วยไปผ่านกระบวนการทางห้องปฏิบัติการ[9,17] และผู้ป่วยสามารถใส่ฟันเทียมและใช้งานได้โดยไม่ต้องเสียเวลารอนาน สะดวกรวดเร็ว[9,16,17,20] และช่วยลดค่าใช้จ่าย[9]

ชนิดของวัสดุเสริมฐานฟันเทียม

วัสดุเสริมฐานฟันเทียมแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1.**วัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดนุ่ม (Soft denture liners)** นำมาใช้ในกรณีที่ผู้ป่วยมีอาการเจ็บหลังจากใส่ฟันเทียมที่มีลักษณะแข็ง เนื้อเยื่อบริเวณส่วนคอดสัมผัสกับฟันเทียม หรือใช้ในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติบริเวณเพดานปาก วัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดนุ่มจะช่วยกระจายแรง และดูดซับแรงบดเคี้ยวที่ลงสู่เนื้อเยื่อภายในช่องปาก ผู้ป่วยจะสามารถใส่ฟันเทียมได้สบายขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อบดเคี้ยวได้อย่างเหมาะสม[21] วัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิด

นุ่มที่นิยมใช้มีทั้งที่เป็นเรซินอะคริลิก (Plasticized acrylics) และซิลิโคน (Silicone elastomers) และแบ่งตามลักษณะการบ่มตัวได้เป็น 2 แบบ คือ ชนิดบ่มด้วยตนเองและชนิดบ่มด้วยความร้อน[22]

2.**วัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดแข็ง (Hard reline resin)** นำมาใช้ในกรณีที่ต้องการปรับปรุงแก้ไขความแนบสนิทของฐานฟันเทียมกับสันเหงือกว่าง ที่รองรับฐานฟันเทียมนั้นเนื่องมาจากสันเหงือกว่าง มีขนาดเล็กลงจนส่งผลให้ฟันเทียมมีลักษณะหลวม เพื่อเป็นการเพิ่มการยึดอยู่ และเพิ่มเสถียรภาพของฟันเทียมให้ดีขึ้น วัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดแข็งสามารถแบ่งตามลักษณะการบ่มตัวได้ เป็น 3 ชนิด คือ ชนิดบ่มด้วยตัวเอง (Autopolymerized, auto-cured) ชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน (Heat-polymerized, heat-cured) และชนิดบ่มตัวด้วยแสง (Visible light-polymerized, light-cured[19]

วิธีการเสริมฐานฟันเทียมสามารถทำได้ 2 วิธี คือ วิธีการเสริมฐานฟันเทียมในห้องปฏิบัติการ (Laboratory reline technique) เป็นวิธีการเสริมฐานฟันเทียมด้วยวัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อน ผ่านกระบวนการในห้องปฏิบัติการ [3] และวิธีการเสริมฐานฟันเทียมโดยตรงในช่องปาก (Direct reline, chairside reline technique) เป็นวิธีการเสริมฐานฟันเทียมด้วยวัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตนเอง โดยใส่วัสดุเสริมฐานฟันเทียมที่บริเวณผิวด้านเนื้อเยื่อของฐานฟันเทียม แล้วรอให้วัสดุเกิดการบ่มตนเองภายในช่องปาก [3,18]

วัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดแข็งที่ใช้วิธีเสริมฐานฟันเทียมโดยตรงในช่องปากมีหลายชนิด ได้แก่ วัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยแสงในรูปแบบผงและน้ำ (Visible light-polymerized, powder-liquid type) ชนิดบ่มด้วยแสงในรูปแบบสารป้าย (Visible light-polymerized, paste type) และชนิดบ่มด้วยตนเองในรูปแบบผงและน้ำ (Autopolymerized, powder-liquid type)[20] ซึ่งได้รับความนิยม[18] ถึงแม้จะยังมีข้อจำกัดในเรื่องของกลิ่น[9,20] การใช้งานในช่องปาก การคงตำแหน่งเดิมของฟันเทียมและการสบฟันในขณะที่ทำการเสริมฐานฟันเทียม ความหนาและความยาวของขอบฟันเทียม การเกิดรูพรุน[3] การเปลี่ยนสี[3,18] การที่เนื้อเยื่อภายในช่องปากอาจเกิดความระคายเคืองจากความร้อน ที่เกิดขึ้นในช่วงการบ่มตัว ที่อาจมีอุณหภูมิสูงถึง 79 องศาเซลเซียส[9,20] และจากมอนอเมอร์ที่ละลายออกมาจากวัสดุเสริมฐานฟันเทียม[9,17, 18,20,23,24]

วิธีการเสริมฐานฟันเทียมที่ทันตแพทย์นิยมใช้นั้นคือ วิธีการเสริมฐานฟันเทียมโดยตรงในช่องปากเนื่องจากสามารถแก้ไขความแนบสนิทของสันเหงือกว่างกับฐานฟันเทียมได้ทันที ลอกเลียนรายละเอียดได้โดยตรงจากภายในช่องปาก[16] รูปร่างของฟันเทียมไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงมิติ [20] ไม่ต้องนำฟันเทียมของผู้ป่วยไปเสริมฐานในห้องปฏิบัติการ[9,17]

ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของการยึดติดของฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐานฟันเทียม

ปัญหาที่พบบ่อยหลังการเสริมฐานฟันเทียม คือ การยึดติดของฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียมได้ไม่ดีเพียงพอ[3,9,25] ทำให้มีน้ำลายซึมเข้าไปบริเวณรอยต่อ เป็นแหล่งสะสมของคราบอาหาร จุลินทรีย์ หินน้ำลาย[9,17,18,23,26] ทำให้วัสดุเสริมฐานฟันเทียมมีการแยกชั้น และหลุดลอกออกจากฐานฟันเทียม ส่งผลต่อความแข็งแรงของฐานฟันเทียม ทำให้เกิดการแตกหักในขณะใช้งานได้[3,23,27] คุณสมบัติการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียม[19,28] จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จในการรักษา และยังคงมีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง[17,18] เพื่อให้ได้วัสดุที่สามารถตอบสนองต่อการใช้งานได้ดียิ่งขึ้น

การยึดติดของฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียม เกิดขึ้นจากมอนอเมอร์ของวัสดุเสริมฐานฟันเทียมแทรกซึมผ่านไปในฐานฟันเทียม แล้วสร้างเป็นโครงข่ายพอลิเมอร์เชื่อมโยงกัน (Interwoven polymerized network, IPN)[26] โดยที่ความแข็งแรงการยึดติดของฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียมขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย อาทิ ชนิดของฐานฟันเทียม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ (Thermal cycling) และ การปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียม (Surface treatment)[23,26] เป็นต้น

ชนิดของฐานฟันเทียม

วัสดุที่ทันตแพทย์นิยมใช้ทำฐานฟันเทียมคือ พอลิเมทิลเมทาไครเลต เนื่องจากมีสมบัติเชิงกลและกายภาพดี หาได้ง่าย ค่าใช้จ่ายไม่สูง ใช้งานสะดวกและมีสีสันสวยงาม[4] ความสามารถของสารปรับสภาพพื้นผิวทางเคมีในการแทรกซึมผ่านฐานฟันเทียมขึ้นกับสายพอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมไขว้โยงข้ามกัน (Cross-linked of the polymers chain)[4,29,30] และน้ำหนักโมเลกุลของเม็ดพอลิเมอร์ (Polymer beads)[29] สายพอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมไขว้โยงข้ามกัน สามารถถูกทำละลายได้เฉพาะในสารเคมีบางชนิด ได้แก่ คลอโรฟอร์ม (Chloroform) หรืออะซีโตน (Acetone)[30] ส่งผลต่อการที่มอนอเมอร์ของวัสดุเสริมฐานฟันเทียมจะแทรกซึมผ่านฐานฟันเทียม สร้างเป็นโครงข่ายพอลิเมอร์ได้ ทำให้การยึดติดของฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียมมีความแข็งแรงลดน้อยลง[29,31,32-34]

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ

โดยปกติฟันเทียมต้องอยู่ภายในช่องปากที่มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปจากสิ่งที่รับประทาน เพื่อเป็นการจำลองสภาพในช่องปาก จึงมีการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะขึ้น เป็นการทดสอบวัสดุพอลิเมอร์ที่ใช้ในทางทันตกรรม[26,35-38] น้ำที่ถูกดูดซึมเข้าไปในฐานฟันเทียมอาจส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงกลที่ลดลงของฐานฟันเทียม ในขณะเดียวกันความร้อนที่เกิดจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอาจไปมีผลต่อการสร้างสายพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น ทำให้คุณสมบัติเชิงกลของฐานฟันเทียมดีขึ้นได้[35] Minami และคณะ[26] ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะมีผลต่อความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียม นอกจากนี้ความเค้นดัดขวางแบบเป็นวัฏจักร (Cyclic flexural stress) และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ขณะใช้งาน (Thermal stress during function) ก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการยึดติดของฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียมด้วยเช่นกัน[23,26]

การปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียม

การปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพการยึดติดของฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียมให้ดียิ่งขึ้น[3,9,16] โดยแบ่งเป็น

1. การปรับสภาพพื้นผิวทางกล (Mechanical surface treatment)[4,26,29,30,39-42] มีการเพิ่มความแข็งแรงของการยึดติด โดยการเพิ่มพื้นผิวที่ฐานฟันเทียมในการยึดเกาะด้วยกระบวนการทางกล เริ่มจากการกรอพื้นผิวของฐานฟันเทียมด้วยหัวกรอ[4,26,29] ก่อนที่จะทำการปรับสภาพผิวฐานฟันเทียมด้วยสารเคมี เพื่อเป็นการทำความสะอาด ปรับแต่งฐานฟันเทียม เพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดเกาะ และเพิ่มแรงดึงดูดแวนเดอร์วาลส์ (Van der waals force attraction)[29] แต่การใช้หัวกรออาจทำให้เกิดเศษสกปรกและร่องต่าง ๆ ตามรอยของหัวกรอ ทำให้การไหลแผ่ของวัสดุเสริมฐานฟันเทียมและแรงดึงดูดแวนเดอร์วาลส์ลดลงได้ มีศึกษาพบว่าการใช้กระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ (Silicon carbide paper) และการเป่าด้วยอนุภาคอลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminium oxide particle) ที่ผิวฐานฟันเทียมจะเพิ่มความสามารถในการยึดติดดี[4,26,30,43] เป็นการเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดของฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียม

2.การปรับสภาพพื้นผิวทางเคมี (Chemical surface treatment)[4,26,29,30,34,39-42] การทาสารเคมีที่ผิวของฐานฟันเทียมก่อนการเสริมฐานฟันเทียม เป็นการเพิ่มความสามารถของมอนอเมอร์ของวัสดุเสริมฐานฟันเทียมในการแทรกซึมเข้าสู่ผิวของฐานฟันเทียม[26] และเป็นการเพิ่มความสามารถในการยึดติดของวัสดุซ่อมแซมฐานฟันเทียม (Repair material) กับฐานฟันเทียม

สารเคมีที่ทาบริเวณพื้นผิวของฐานฟันเทียมจะแทรกผ่านทำให้เกิดรูพรุนขนาดเล็ก[4] เปลี่ยนแปลงรูปร่างพื้นผิวของฐานฟันเทียม[26,29,30] เพิ่มโครงสร้างการยึดติดทางกล (Mechanical interlocking structure)[44] และคุณสมบัติทางเคมีของฐานฟันเทียม[26,29,30] การยึดติดของฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียม จึงมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น[29,30] โดยขึ้นกับชนิดและระยะเวลาในการทาสารเคมี[44] เมื่อทาสารเคมีลงบนพื้นผิวของฐานฟันเทียมจะทำให้เกิดชั้นการบวมของพอลิเมอร์ (swollen layer)[23,45] เมื่อพื้นผิวฐานฟันเทียมเกิดการบวม สารเคมีจะสามารถแทรกผ่านเข้าไปในพื้นผิวฐานฟันเทียมเกิดการสร้างสายพอลิเมอร์เป็นร่างแห ดังนั้นความลึกในการแทรกผ่านของสารเคมี และชั้นการบวมของพอลิเมอร์ จึงมีความสำคัญต่อความแข็งแรงในการยึดติดของฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียม[23,45]

สารเคมีที่นำมาใช้ทาบริเวณพื้นผิวของฐานฟันเทียมก่อนการเสริมฐานด้วยวัสดุเสริมฐานฟันเทียม ได้แก่

- เมทิลเมทาไครเลตมอนอเมอร์ (Methyl methacrylate monomers, MMA)[4,9,23,26,30,39,40,43,44] และ ไอโซบิวทิลเมทาไครเลตมอนอเมอร์ (Isobutyl methacrylate, IBMA) ที่พบในมอนอเมอร์ของฐานฟันเทียม และมอนอเมอร์ของวัสดุเสริมฐานฟันเทียม[9] มีความสามารถในการทำละลายฐานฟันเทียมได้น้อย แต่สามารถแทรกผ่านผิวของฐานฟันเทียมสร้างสายพอลิเมอร์ได้[26,30] ระยะเวลาในการทาเมทิลเมทาไครเลตมอนอเมอร์ที่มีประสิทธิภาพคือ 180 วินาที[39,44] ในปี 2004 Sarac และคณะ[44] พบว่ามอนอเมอร์ทำให้เพิ่มความแข็งแรงการยึดติดของฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตนเอง
- เมทิลีนคลอไรด์[4,26,44,46] ช่วยเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดของฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียม แต่พบว่าเมทิลีนคลอไรด์อาจเป็นสารก่อมะเร็ง ส่วนเมทิลเมทาไครเลตทำให้เกิดการระคายเคืองและแพ้ได้[47]
- สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต (Methyl formate-methy acetate solutions)[48] จากการศึกษาของ Thunyakitpisal และคณะในปี 2011[48] ปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมด้วยสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซิเตต เป็นเวลา 15 วินาที พบพื้นผิวของฐานฟันเทียมเป็นรูพรุน มีลักษณะเป็นรวงผึ้งสามมิติ (3D Honeycomb apperance) ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดติด เกิดการแทรกผ่านของวัสดุเสริมฐานฟันเทียมมากขึ้น ค่าความแข็งแรงดัดขวางสูง มีประสิทธิภาพมากกว่าการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมด้วยเมทิลเมทาไครเลต และการใช้สารยึดติดชนิดรีเบสทู (Rebase II adhesive) ที่ทำให้เกิดเพียงลักษณะหลุมตื้นๆเท่านั้น

- คลอโรฟอร์ม เป็นตัวทำละลายพื้นผิวฐานฟันเทียมที่ดี ทำให้วัสดุเสริมฐานฟันเทียมไหลแผ่บนผิวของฐานฟันเทียมได้ดีกว่ามอนอเมอร์ แต่เนื่องจากคลอโรฟอร์มเป็นสารก่อมะเร็ง จึงต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง[30]

- อะซีโตน ทำให้พื้นผิวฐานฟันเทียมเกิดเป็นหลุมตื้น แต่จากการศึกษาในปี 2001 เรื่องความแข็งแรงดัดขวางของ Rached และคณะ[30] พบว่าค่าความแข็งแรงดัดขวางจากการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมโดยการแช่ในอะซีโตน และมอนอเมอร์ไม่แตกต่างกัน และทั้งสองกลุ่มให้ค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิว ระยะเวลาในการใช้คลอโรฟอร์มและอะซีโตน ทาปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมคือ 5 วินาที[4,9,29] เป็นการทำความสะอาดผิวฟันเทียมก่อนการยึดติด ปัจจุบันมีการใช้อะซีโตน และเอทิลอะซิเตต (Ethyl acetate) ที่ปลอดภัยกว่ามาใช้แทนเมทิลีนคลอไรด์ แต่พบว่ามีการยึดติดน้อยกว่า[49] Assmussen และPeutzfeldt[46] พบว่าเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตมีความแข็งแรงในการยึดติดของฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียม ใกล้เคียงกับเมทิลีนคลอไรด์ และมีความแข็งแรงการยึดติดสูงกว่าเอทิลอะซีเตต

- สารยึดติด (Bonding agent) เป็นสารที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้ก่อนยึดติดกับวัสดุเสริมฐาน มีส่วนประกอบแตกต่างกันตามแต่ละบริษัท โดยจะทำให้พื้นผิวฐานฟันเทียมมีชั้นที่เกิดการบวมของพอลิเมอร์[23,26] ทำให้มอนอเมอร์ของวัสดุเสริมฐานฟันเทียมสามารถแทรกผ่านได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้นด้วย[18,23] สารยึดติดสามารถจำแนกออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่มีมอนอเมอร์เป็นองค์ประกอบพื้นฐาน (Monomer-based) ได้แก่ เมทิลเมทาไครเลตมอนอเมอร์ และไฮดรอกซีเอทิลเมทาไครเลต (2-hydroxyethyl methacrylate, 2-HEMA) [23,26] จัดเป็นสารยึดติดที่ดี มีน้ำหนักโมเลกุลน้อย สามารถแทรกตัวผ่านพื้นผิวของฐานฟันเทียมได้ลึกและมีการยึดติดที่ดี[23]

2. กลุ่มที่มีตัวทำละลายเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน (Solvent-based) ได้แก่ ไดคลอโรมีเทน อะซีโตน และคลอโรฟอร์ม[23,26] โดยตัวทำละลายจะละลายพื้นผิวของฐานฟันเทียมทำให้พื้นผิวฐานฟันเทียมมีชั้นที่เกิดการบวมของพอลิเมอร์ มอนอเมอร์ของวัสดุเสริมฐานฟันเทียมจะสามารถแทรกผ่านได้[3,50,51] ไดคลอโรมีเทน คือ โทคุโซรีเบสเอด (Tokuso rebase aid) สามารถพบในสารยึดติดของโทคุโซรีเบส (Tokuso rebase) ระยะเวลาในการทาคือ 5 วินาที ทำให้พื้นผิวของฐานฟันเทียมเกิดรูพรุนลักษณะคล้ายฟองน้ำ (Sponge-like denture surface) วัสดุเสริมฐานฟันเทียมจะสามารถแทรกตัวผ่านได้ดียิ่งขึ้น[16,52]

3. กลุ่มที่มีมอนอเมอร์และพอลิเมอร์เป็นองค์ประกอบพื้นฐาน มีเมทิลเมทาไครเลตมอนอเมอร์ และพอลิเมอร์ ที่พื้นผิวของฐานฟันเทียมจะมีชั้นของพอลิเมอร์เคลือบ ซึ่งพอลิเมอร์มีโมเลกุล

ขนาดใหญ่ทำให้การแทรกตัวผ่านพื้นผิวของฐานฟันเทียมทำได้ยาก ทำให้วัสดุเสริมฐานฟันเทียมมีการยึดติดที่ต่ำลง[23]

วัสดุเสริมฐานฟันเทียมโดยตรงชนิดแข็งโทคุยามารีเบสทู

วัสดุเสริมฐานฟันเทียมในปัจจุบันมีมอนอเมอร์เป็นส่วนประกอบ สามารถแทรกตัวผ่านพื้นผิวฐานฟันเทียม แต่เนื่องจากมอนอเมอร์มีโมเลกุลขนาดใหญ่ทำให้แทรกตัวผ่านได้ช้า และปริมาณน้อย[23,26] แต่สามารถทำให้พื้นผิวของฐานฟันเทียมเกิดลักษณะบวมขึ้นได้ ยังแนะนำให้ใช้สารยึดติดร่วมด้วยเพื่อเพิ่มความสามารถของมอนอเมอร์ ถ้าระยะเวลาในการผสมวัสดุนานเกินไปจนเริ่มแข็งตัว วัสดุเสริมฐานฟันเทียมจะไหลแผ่บนพื้นผิวของฐานฟันเทียมลดลง[3]

วัสดุเสริมฐานฟันเทียมโทคุยามารีเบสทู สามารถใช้เสริมฐานฟันเทียมได้โดยตรงในช่องปากในคลินิก และใช้ในห้องปฏิบัติการ เป็นวัสดุที่มีกลิ่นน้อย เกิดความร้อนขณะบ่มตัวไม่มาก ขัดแต่งง่าย มีความแนบสนิท สามารถไหลแผ่ได้ดี และมีค่าความแข็งแรงเชิงกลสูง (High mechanical strength) วัสดุเสริมฐานฟันเทียมโทคุยามารีเบสทูมี 2 ชนิด คือ ชนิดบ่มตัวเร็ว (Fast set) ใช้เวลาในการบ่มตัว 4 นาที 30 วินาที และชนิดบ่มตัวปกติ (Regular set) ใช้เวลาในการบ่มตัว 8 นาทีภายในช่องปาก หลังจากบ่มตัวในช่องปากให้นำฐานฟันเทียมที่ได้รับการเสริมฐานแล้วแช่ในสารละลายโทคุยามา เรซินฮาร์ดเดนเนอร์ทู (Tokuyama resin hardener II solution) เป็นเวลา 3 นาที ทำให้วัสดุเสริมฐานฟันเทียมเกิดการบ่มตัวอย่างสมบูรณ์ และใช้หัวกรอตัดแต่งให้เหมาะสม วัสดุเสริมฐานฟันเทียมโทคุยามารีเบสทูหนึ่งชุดประกอบด้วย ส่วนผง ส่วนเหลว สารยึดติดและผงโทคุยามา เรซินฮาร์ดเดนเนอร์ทู[53]

สารยึดติดประกอบด้วย เอทิลอะซีเตต (Ethyl acetate) และอะซีโตน โดยทางบริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ทาสารยึดติดปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมเป็นเวลา 20 วินาที[53] เนื่องจากวัสดุเสริมฐานฟันเทียมของโทคุยามารีเบสทูมี 1,9-โนนานีไดออล ไดเมทาไครเลต (1,9-Nonanediol dimethacrylate) ทำให้สายพอลิเมอร์เกิดการเชื่อมไขว้กันและกัน[54] จึงทำให้วัสดุเสริมฐานฟันเทียมของโทคุยามารีเบสทูมีความแข็งแรง มีค่าความแข็งแรงดัดขวางสูง และมีการดูดน้ำต่ำ[16,18]

การทดสอบความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียม

สามารถทำการทดสอบได้หลายวิธี เช่น การทดสอบความทนแรงดึง[23] (Tensile bond strength test) การทดสอบความแข็งแรงดัดขวาง (Transverse bond strength test)[16,55] และการทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือน (Shear bond strength test)[4,26] เป็นต้น

1. **การทดสอบความทนแรงดึง**

เป็นวิธีที่นิยมมาก ชิ้นตัวอย่างจะถูกเตรียมเป็นลักษณะรูปแท่งหรือทรงกระบอก (Bar-shape หรือ rod-shape) ทำการยึดติดที่ปลายข้างหนึ่งกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียมก่อนนำไปทดสอบ ผลการทดสอบสามารถแปลค่าได้ง่ายและนำไปเปรียบเทียบกับวัสดุชนิดอื่นได้ โดยมีสูตรคำนวณหาค่าความทนแรงดึงดังนี้[23]

$$S = F/D$$

S คือ ค่าความทนแรงดึง หน่วยเป็น เมกะพาสคาล (MPa)

F คือ แรงดึง หน่วยเป็น นิวตัน (N)

D คือ ขนาดของพื้นที่ผิว หน่วยเป็น ตารางมิลลิเมตร (mm^2)

ภาพประกอบ 1 แสดงการทดสอบด้วยแรงดึง

2. **การทดสอบความแข็งแรงดัดขวาง**

สามารถทดสอบหาค่าความแข็งแรงดัดขวางตาม International standards organization specification ที่1567 ของการทดสอบฐานฟันเทียมชนิดพอลิเมอร์[56] ชิ้นตัวอย่างจะถูกเตรียมเป็นลักษณะรูปแท่ง ทดสอบโดยใส่แรงอัด (Compressive load) ลงตรงกลางความยาวของวัสดุ ในขณะทำการทดลองจะเกิดการโค้งงอ จากการใส่แรง 3 จุด (3-point bending mode) การทดสอบชนิดนี้มีข้อจำกัดในการแปลผลเนื่องจากความเค้น (Stress) ที่เกิดบริเวณรอยต่อของ

ฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียมเป็นผลมาจากหลายปัจจัย มีค่าไม่คงที่และไม่สามารถเปรียบเทียบกับวัสดุอื่นได้โดยมีสูตรคำนวณหาค่าความแข็งแรงดัดขวางดังนี้

$$\sigma = 3Fl/2bh^2$$

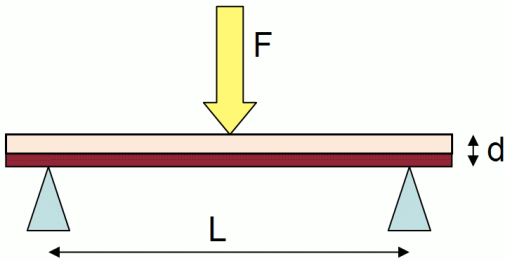
σ คือ ค่าความแข็งแรงดัดโค้งตามขวางหน่วยเป็น เมกะพาสคาล (MPa)

F คือ ค่าแรงที่สูงที่สุด หน่วยเป็น นิวตัน (N)

l คือ ความยาวระหว่างจุดที่รองรับแท่งตัวอย่างหน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm)

b คือ ความกว้างของชิ้นตัวอย่างหน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

h คือ ความสูงของชิ้นตัวอย่างหน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)



ภาพประกอบ 2 แสดงการทดสอบด้วยแรงดัดขวาง

3. **การทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือน**

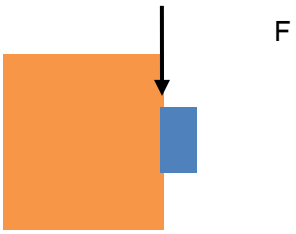
สามารถทดสอบหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือนตาม International standards organization specification ที่11405 [57] ทดสอบโดยจะใส่แรงที่รอยต่อระหว่างสองวัสดุ[4] ผลการทดสอบจะบอกถึงความสามารถในการยึดติดกันได้ดีกว่าการทดสอบด้วยแรงดึง เพราะการแตกหักจะเกิดที่บริเวณรอยต่อมากกว่า โดยมีสูตรคำนวณหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือนดังนี้

$$\tau = F/A$$

τ คือ ค่าความแข็งแรงยึดเฉือน หน่วยเป็น เมกะพาสคาล (MPa)

F คือ แรงเฉือน หน่วยเป็น นิวตัน (N)

A คือ ขนาดของพื้นที่ผิว หน่วยเป็น ตารางมิลลิเมตร (mm^2) โดยพื้นที่วงกลมสามารถคำนวณได้จากสูตร $D = \pi r^2$



ภาพประกอบ 3 แสดงการทดสอบด้วยแรงเฉือน

ภายหลังการทดสอบการยึดติดด้วยแรงชนิดต่างๆ จะพบลักษณะการแตกหักของวัสดุหรือความล้มเหลว 3 แบบ คือ ความล้มเหลวแบบยึดติด (Adhesive failure) เป็นการเสียสภาพที่เกิดระหว่างพื้นผิวของวัสดุ 2 ชนิดเนื่องจากมีการยึดติดกันไม่เพียงพอ, ความล้มเหลวแบบเชื่อมแน่น (Cohesive failure) เป็นการเสียสภาพภายในเนื้อวัสดุ เนื่องจากการยึดติดระหว่างสองวัสดุมีค่าสูงกว่าภายในของเนื้อวัสดุเอง ซึ่งอาจเป็นเนื้อวัสดุฐานฟันเทียมหรือเนื้อวัสดุเสริมฐานฟันเทียม และความล้มเหลวแบบผสม (Mixed failure) เป็นการผสมกันของการเสียสภาพแบบยึดติด และแบบเชื่อมแน่น[17,39]

จากหลายการศึกษาที่ผ่านมาสรุปได้ว่า การปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมควรทำการปรับสภาพพื้นผิวทางกล ก่อนจะทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเคมี[26] การใช้เมทิลฟอร์เมต เมทิลอะซีเตตและสาร ละลายของเมทิลฟอร์เมต และเมทิลอะซีเตต เพื่อปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียม จะให้ความแข็งแรงการยึดติดสูงกว่าการใช้เมทิลเมทาไครเลตมอนอเมอร์ และการใช้สารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู[48] การใช้เมทิลเมทาไครเลตมอนอเมอร์ ปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมให้การยึดติดที่สูงกว่าการใช้อะซีโตน[9,44] คลอโรฟอร์ม[9] เมทิลีนคลอไรด์ การเป่าด้วยอนุภาคอลูมิเนียมออกไซด์ร่วมกับการใช้สารยึดติด และการใช้สารยึดติดเพียงอย่างเดียว[44] การใช้สารยึดติดที่มีไดคลอโรมีเทนเป็นส่วนประกอบ ปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมจะให้การยึดติดของฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียมที่ดี[52] การใช้สารยึดติดมีความจำเป็นในการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมก่อนทำการเสริมฐานด้วยโทคุยามารีเบสทู และจากการศึกษาของ Kungkapilas และ

Santawisuk ในปี 2014[10] พบว่าการใช้สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ร่วมกับสารยึดติดให้ความแข็งแรงการยึดติดดีที่สุดสำหรับวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อน

โดยยังไม่มีการทดลองเปรียบเทียบความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเสริมฐานฟันเทียมกับวัสดุฐานฟันเทียมชนิดอื่น จึงมีความสนใจที่จะศึกษาความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเสริมฐานฟันเทียมยี่ห้อโทคุยามารีเบสทู กับวัสดุฐานฟันเทียมที่มีขายในท้องตลาด และนิยมใช้ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อน ยี่ห้อเวอร์เท็กซ์ราพิดซิมพลิไฟด์ (Vertex Rapid-Simplified) วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูง ยี่ห้อลูซิโตน 199 (Lucitone 199) และวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตนเอง ยี่ห้อออร์โธเจ็ท (Ortho-Jet) ที่นำมาปรับสภาพพื้นผิวด้วยการใช้สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ร่วมกับการใช้สารยึดติดเปรียบเทียบกับการใช้สารยึดติดเพียงอย่างเดียว

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย มีดังนี้

1. วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนยี่ห้อเวอร์เท็กซ์ราพิดซิมพลิไฟด์ (Vertex Rapid-Simplified, Vertex Dental B.V., Netherlands.)

2. วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูงยี่ห้อลูซิโตน 199 (Lucitone 199, Dentsply Company, USA.)

3. วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตนเองยี่ห้อออร์โธเจ็ท (Ortho-Jet, Lang Dental, USA.)

1. วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเอง โทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II, Tokuyama Dental Corporation, Japan)

ภาพประกอบ 4 วัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู

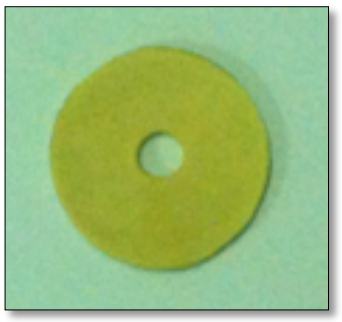
2. สารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II Adhesive, Tokuyama Dental Corporation, Japan)

ภาพประกอบ 5 สารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู

3. สารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ซียูอะคริลิกบอนด์ (CU Acrylic Bond, คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ภาพประกอบ 6 สารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ของซียูอะคริลิกบอนด์

4. แม่แบบซิลิโคน (Silicone mold) โดยทำจากซิลิโคน อีลิทเอชดีพลัส (Elite HD+, Zhermack SpA, Badia Polesine, Italy)



ภาพประกอบ 7 แม่แบบซิลิโคน

8. ท่อพีวีซี เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร

9. กระดาษทรายน้ำความละเอียด 400, 600, 800 (DCC; TOA Paint Co., Thailand)

10. เครื่องทดสอบสากล (Universal testing machine; Shimadzu, EZ-S, Japan)

11. กล้องสเตอริโอไมโครสโคป (Stereomicroscope; Kyowa Optical Co.,Ltd, Tokyo, Japan)

12. เครื่องอัลตราโซนิก (Crest Ultrasonics Corp., Cortland, New York)

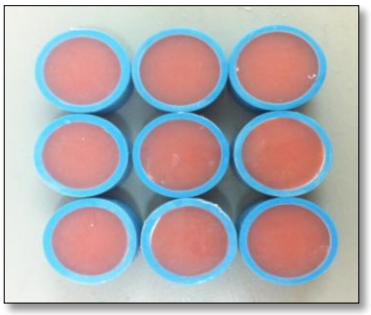
13. แผ่นพอลิเอทิลีน (Polyethylene film)

ตาราง 2 แสดงองค์ประกอบของวัสดุที่ใช้ในการศึกษาและบริษัทผู้ผลิต

วัสดุ	ส่วนประกอบ	บริษัทผู้ผลิต
วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนยี่ห้อเวอร์เท็กซ์ราพิดซิมพลิไฟด์ (Vertex Rapid-Simplified) Lot No.XT363P03	ส่วนผง : Polymethyl methacrylate ส่วนน้ำ : Methyl methacrylate	Vertex Dental B.V., Netherlands
วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูง ยี่ห้อลูซิโตน (Lucitone 199) Lot No.140826	ส่วนผง : Polymethyl methacrylate ส่วนน้ำ : Methyl methacrylate (80-100%) : Ethylene dimethacrylate (1-20%)	Dentsply Company,USA
วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตนเอง ยี่ห้อออร์โธเจ็ท (Ortho-Jet) Lot No.1380-14AI	ส่วนผง : Polymer (< 90%) : Diethyl phthalate (< 20%) ส่วนน้ำ : Methyl methacrylate (> 95%) : N,N-Dimethyl-p-Toluidine (< 2%)	Lang Dental ,USA
วัสดุเสริมฐาน โทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II) Lot No.025E63	ส่วนผง : Polyethyl methacrylate ส่วนน้ำ : 2-(Acetoacetoxy) ethylmethacrylate, 1,9-Nonanediol dimethacrylate	Tokuyama Dental Corporation, Japan
สารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II Adhesive) Lot No.XT363P03	Ethyl acetate, acetone	Tokuyama Dental Corporation, Japan
สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต (CU Acrylic Bond) Lot No.2015	Methyl formate ร้อยละ 25 Methyl acetate ร้อยละ 75	คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1.เตรียมชิ้นงานวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อน, ชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูง และชนิดบ่มด้วยตนเอง ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต โดยใช้ท่อพีวีซีเตรียมชิ้นงานเป็นรูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 20±1 มิลลิเมตร สูง 15±1 มิลลิเมตร เป็นจำนวนทั้งหมด 90 ชิ้น นำมาขัดแต่งพื้นผิวให้เรียบด้วยกระดาษทรายน้ำความละเอียด 400, 600 และ 800 ล้างทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิก เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำชิ้นงานมาแช่ในภาชนะที่บรรจุน้ำกลั่น นำไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพประกอบ 8 ชิ้นงานฐานฟันเทียม

ภาพประกอบ 9 กระดาษทรายน้ำ ความละเอียด 400, 600, 800

2. นำชิ้นงานฐานฟันเทียมแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 15 ชิ้น ดังรูปภาพที่ 10 นำเทปกาวที่มีรูวงกลมตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร นำมายึดติดบนพื้นผิวของชิ้นงานเพื่อเป็นการกำหนดขอบเขต พื้นที่ที่จะทำการยึดติดกับวัสดุเสริมฐาน นำชิ้นงานฐานฟันเทียมไปปรับสภาพพื้นผิวตามระยะเวลาที่กำหนดของสารแต่ละกลุ่ม เป่าลมเป็นเวลา 5 วินาที แล้วนำแม่แบบซิลิโคนที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร และมีรูวงกลมตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดเท่ากับรูของเทปกาว นำไปวางทับและยึดติดกันด้วยกระดาษเทปกาวสองหน้า โดยในแต่ละกลุ่มจะมีชนิดวัสดุฐานฟันเทียมและการปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนยี่ห้อเวอร์เท็กซ์ราพิดซิมพลิไฟด์ (Vertex Rapid-Simplified) ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการทาสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูเป็นระยะเวลา 20 วินาที **(VA)**

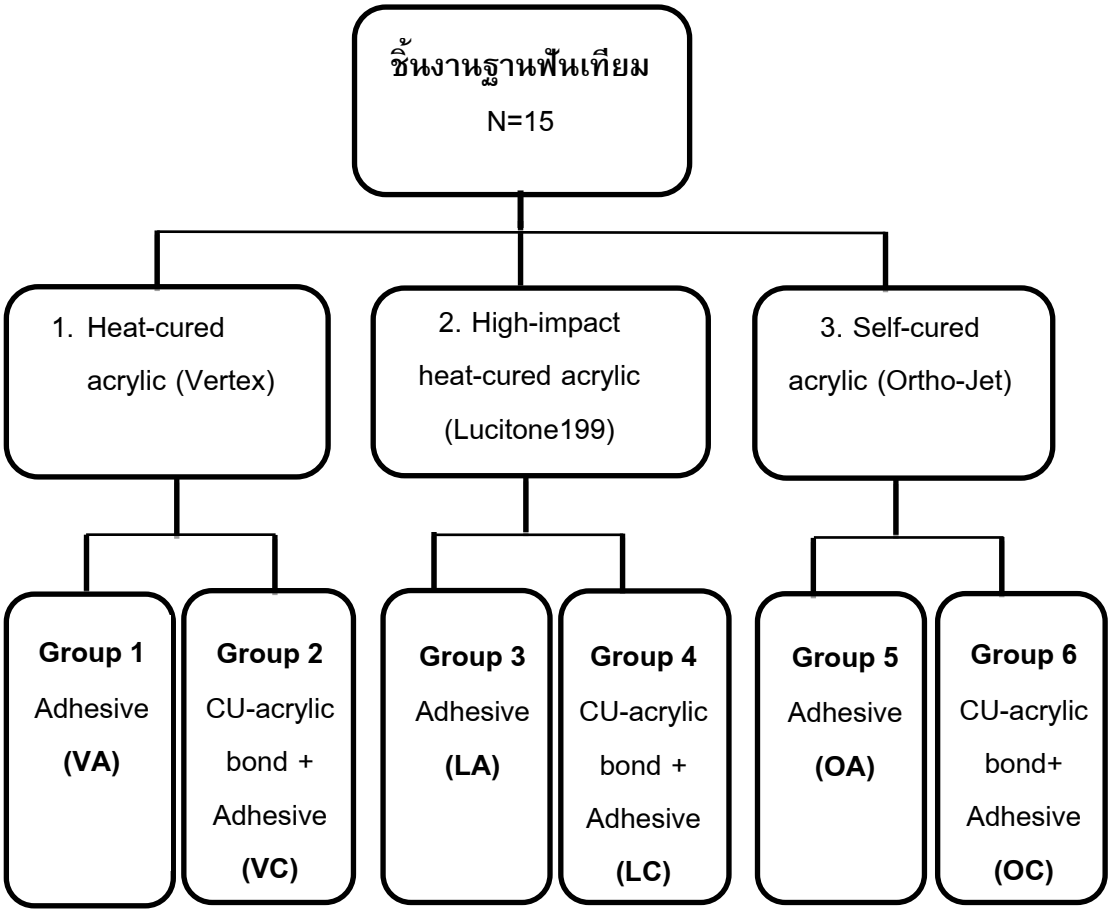
กลุ่มที่ 2 วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนยี่ห้อเวอร์เท็กซ์ราพิดซิมพลิไฟด์ (Vertex Rapid-Simplified) ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการทาสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ของซียูอะคริลิกบอนด์ เป็นระยะเวลา 15 วินาทีแล้วจึงทาสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูเป็นระยะเวลา 20 วินาที **(VC)**

กลุ่มที่ 3 วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูงยี่ห้อลูซิโตน (Lucitone 199) ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการทาสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูเป็นระยะเวลา 20 วินาที **(LA)**

กลุ่มที่ 4 วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูงยี่ห้อลูซิโตน (Lucitone 199) ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการทาสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ของซียูอะคริลิกบอนด์ เป็นระยะเวลา 15 วินาทีแล้วจึงทาสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูเป็นระยะเวลา 20 วินาที **(LC)**

กลุ่มที่ 5 วัสดุฐานฟันเทียมชนิดด้วยตนเองยี่ห้อออร์โธเจ็ท (Ortho-Jet) ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการทาสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูเป็นระยะเวลา 20 วินาที **(OA)**

กลุ่มที่ 6 วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตนเองยี่ห้อออร์โธเจ็ท (Ortho-Jet) ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการทาสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตของซียูอะคริลิกบอนด์ เป็นระยะเวลา 15 วินาทีแล้วจึงทาสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูเป็นระยะเวลา 20 วินาที **(OC)**



ภาพประกอบ 10 แสดงกลุ่มชิ้นตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

VA=Heat-cured acrylic (Vertex) + Adhesive Tokuyama Rebase II

VC=Heat-cured acrylic (Vertex) + CU-acrylic bond + Adhesive Tokuyama Rebase II

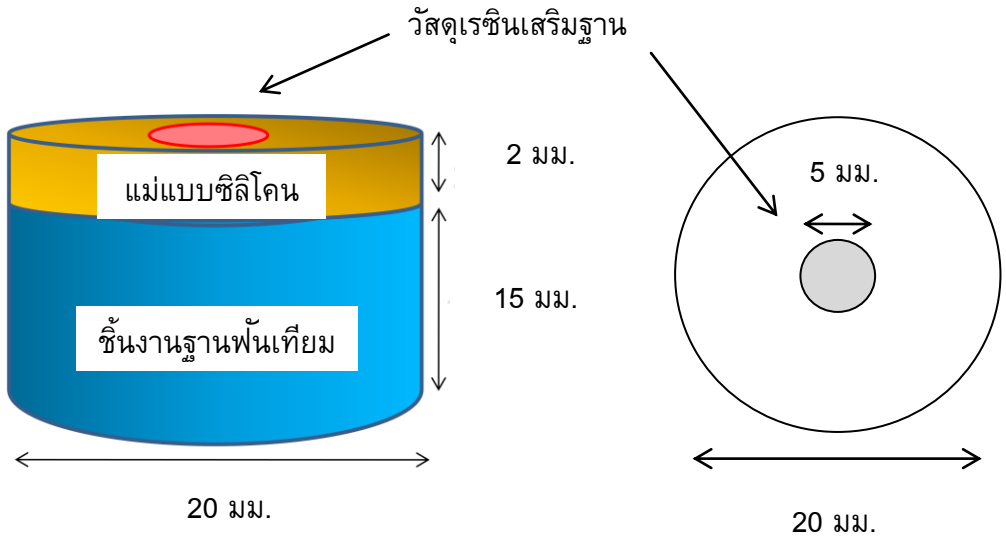
LA=High-impact heat-cured acrylic (Lucitone 199) + Adhesive Tokuyama Rebase II

LC=High-impact heat-cured acrylic (Lucitone 199) + CU-acrylic bond + Adhesive Tokuyama Rebase II

OA=Self-cured acrylic (Ortho-Jet) + Adhesive Tokuyama Rebase II

OC=Self-cured acrylic (Ortho-Jet) + CU-acrylic bond + Adhesive Tokuyama Rebase II

3. ผสมวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู อัตราส่วนผง 2 กรัมต่อส่วนน้ำ 1 มิลลิลิตร ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ใส่ลงไปในรูของแม่แบบซิลิโคนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร เพื่อทำการยึดติดกับบริเวณที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมแล้ว นำแผ่นพอลิ-เอทิลลีน ปิดด้านบนแม่แบบซิลิโคนและวางทับด้วยตุ้มเหล็กน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ให้วัสดุบ่มตัวที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที แล้วนำชิ้นงานไปแช่ในสารละลายของโทคุยามาเรซินฮาร์ดเดนเนอร์ทู อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 นาที เพื่อให้วัสดุเสริมฐานมีการบ่มตัวสมบูรณ์ นำชิ้นงานแช่ในน้ำกลั่นและเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบ



ภาพประกอบ 11 แสดงการยึดติดของวัสดุเสริมฐานบนชิ้นงานฐานฟันเทียม

4. นำชิ้นงานตัวอย่างมาทดสอบหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือน ด้วยเครื่องทดสอบสากลตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM หมายเลข D 4501[58] โดยการใส่แรงเฉือนตรงบริเวณรอยต่อและขนานกับบริเวณพื้นผิวที่มีการยึดติดกันของสองวัสดุ ด้วยความเร็วหัวกด (Crosshead speed) 1.26 มิลลิเมตรต่อนาที ในห้องทดสอบที่มีอุณหภูมิ 23±1 องศาเซลเซียส

5. บันทึกค่าความแข็งแรงยึดเฉือน (เมกะปาสคาล, MPa) และลักษณะการเสียสภาพในการยึดติด ได้แก่ แบบยึดติด แบบเชื่อมแน่น หรือแบบผสม โดยการใช้กล้องสเตอริโอไมโครสโคปส่องดูบริเวณพื้นผิวและรายงานข้อมูลที่ได้เป็นค่าร้อยละของการเสียสภาพในแต่ละรูปแบบ

ภาพประกอบ 12 การทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือนด้วยเครื่องทดสอบสากล

การทดสอบทางสถิติ

ทำการเปรียบเทียบ และวิเคราะห์ผลความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนของแต่ละกลุ่ม โดยการทดสอบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลด้วยการทดสอบ Shapiro-Wilk ตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวน (Homogeneity of Variances) ของข้อมูลด้วยการทดสอบ Levene Static จากนั้นทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ด้วยวิธีการทดสอบอิทธิพลหลักของกลุ่มการทดลอง (Simple Main Effect analysis) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชั่น 17 [59]

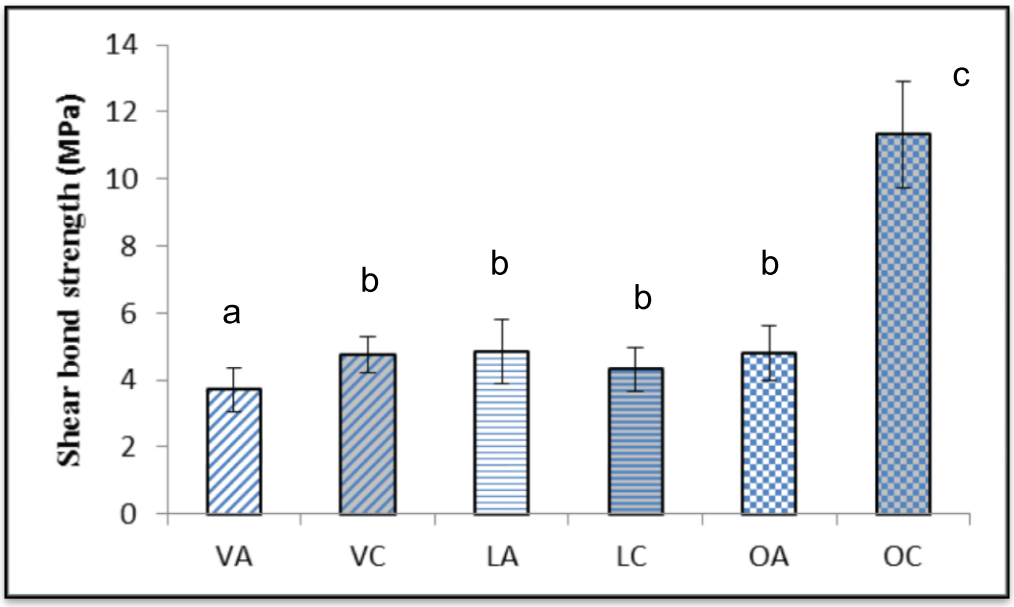
บทที่ 4
ผลการวิจัย

ความแข็งแรงยึดเฉือน

จากการทดลองหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือนของชิ้นงานฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อน, ชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูง และชนิดบ่มด้วยตนเอง ที่ยึดติดกับวัสดุเสริมฐานฟันเทียมโทคุยามารีเบสทู ที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการใช้สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ร่วมกับการใช้สารยึดติด เปรียบเทียบกับการใช้สารยึดติดเพียงอย่างเดียว พบว่ามีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงยึดเฉือน ดังแสดงในตาราง 3 และภาพประกอบ 13

ตาราง 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความแข็งแรงยึดเฉือน (ตัวอักษร a,b,c ที่ต่างกัน แสดงถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$)

วัสดุฐานฟันเทียม	ความแข็งแรงยึดเฉือน (MPa) (Mean±SD)	
	การปรับสภาพพื้นผิว Adhesive	การปรับสภาพพื้นผิว Cu+Adhesive
Vertex	3.71±0.65 [a]	4.76±0.54 [b]
Lucitone199	4.85±0.94 [b]	4.32±0.67 [b]
Ortho-Jet	4.81±0.82 [b]	11.33±1.59 [c]



ภาพประกอบ 13 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงยึดเฉือน

VA=Heat-cured acrylic (Vertex) + Adhesive Tokuyama Rebase II

VC=Heat-cured acrylic (Vertex) + CU-acrylic bond + Adhesive Tokuyama Rebase II

LA=High-impact heat-cured acrylic (Lucitone 199) + Adhesive Tokuyama Rebase II

LC=High-impact heat-cured acrylic (Lucitone 199) + CU-acrylic bond + Adhesive Tokuyama Rebase II

OA=Self-cured acrylic (Ortho-Jet) + Adhesive Tokuyama Rebase II

OC=Self-cured acrylic (Ortho-Jet) + CU-acrylic bond + Adhesive Tokuyama Rebase II

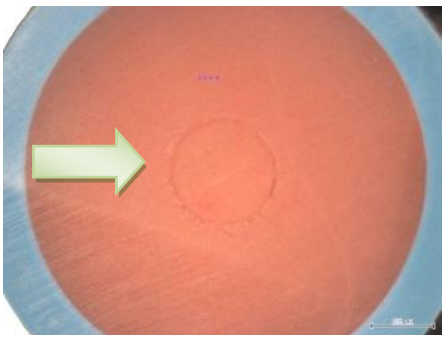
(ตัวอักษร a,b,c ที่ต่างกันแสดงถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$)

จากผลการศึกษาดังภาพประกอบ 13 พบว่าวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตนเองที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการทาสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตร่วมกับการใช้สารยึดติด (OC) ให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนสูงที่สุด และมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อน (VC), และชนิดบ่มด้วยตนเอง (OC) ที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการใช้สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ร่วมกับการใช้สารยึดติด มีผลเพิ่มของความแข็งแรงยึดเฉือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารยึดติดเพียง

อย่างเดียว (VA&OA) แต่ในกลุ่มวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูง (LA&LC) ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างวิธีการปรับสภาพผิว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การปรับสภาพพื้นผิวด้วยการใช้สารยึดติดเพียงอย่างเดียว ในวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูง (LA) และชนิดบ่มด้วยตนเอง (OA) พบว่าให้ค่าความแข็งแรงยึดเฉือนไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่การปรับสภาพพื้นผิวด้วยการใช้สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ร่วมกับการใช้สารยึดติด วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อน (VC) และชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูง (LC) ให้ค่าความแข็งแรงยึดเฉือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

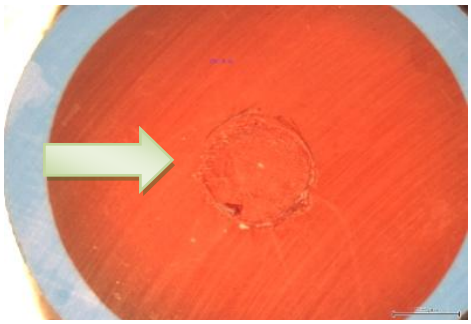
ความล้มเหลวในการยึดติดแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ แบบยึดติด (Adhesive failure) แบบเชื่อมแน่น (Cohesive failure) และแบบผสม (Mixed failure)[17,39] เมื่อศึกษาลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้น บริเวณที่มีการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐาน พบว่าในกลุ่มวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อน ชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูง ที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการใช้สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตร่วมกับการใช้สารยึดติด และที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการใช้สารยึดติดเพียงอย่างเดียว (VA,VC,LA,LC) และวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตนเอง ที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการใช้สารยึดติดเพียงอย่างเดียว (OA) ชิ้นงานมีชนิดความล้มเหลวเป็นแบบยึดติดทั้งหมด (ร้อยละ 100) คือมีการแตกที่รอยต่อระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐาน ดังแสดงในภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 ความล้มเหลวแบบยึดติด

และมีเพียงกลุ่มวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตนเอง ที่มีการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการใช้สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ร่วมกับการใช้สารยึดติด (OC) ที่พบว่าชิ้นงานมีชนิดความล้มเหลว

เป็นแบบผสม (ร้อยละ 33) ซึ่งเป็นการผสมกันของความล้มเหลวแบบยึดติดและแบบเชื่อมแน่น คือ การแตกที่รอยต่อระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐาน ผสมกับการแตกภายในเนื้อวัสดุ ดังแสดงในภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 ความล้มเหลวแบบผสม

บทที่ 5
อภิปรายผล สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

อภิปรายผล

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการเสริมฐานฟันเทียม คือ การยึดติดที่ดีของวัสดุเสริมฐานฟันเทียม กับฐานฟันเทียม[3,9] จึงมีความสนใจที่จะศึกษาความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเสริมฐานฟันเทียม กับฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดต่างๆ ที่ทันตแพทย์นิยมใช้ ได้แก่ ชนิดบ่มด้วยความร้อน ชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูง และชนิดบ่มด้วยตนเอง สำหรับการศึกษาครั้งนี้เลือกที่จะใช้การทดสอบแรงยึดเฉือน เนื่องจากเป็นวิธีที่บอกถึงความสามารถในการยึดติดกันที่รอยต่อระหว่างสองวัสดุ[4] เพราะการแตกหักส่วนใหญ่จะเกิดที่บริเวณรอยต่อมากกว่า โดยก่อนการทำการยึดติดกับวัสดุเสริมฐาน จะทำการปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียม 2 วิธี ด้วยการใช้สารยึดติดของวัสดุเสริมฐานของโทคุยามารีเบสทูเพียงอย่างเดียว และการใช้สารยึดติดของวัสดุเสริมฐานของโทคุยามารีเบสทู ร่วมกับสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตของซียูอะคริลิกบอนด์ ที่มีการศึกษาพบว่าให้ค่าความแข็งแรงยึดติดสูงกว่าวิธีการปรับสภาพพื้นผิวอื่นๆ[10] ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุ 2 ชนิด[18] ได้แก่ ชนิดของฐานฟันเทียม ชนิดของวัสดุเสริมฐาน การปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมทั้งทางกลและทางเคมี ปริมาณความอิ่มตัวของน้ำในฐานฟันเทียมเมื่อแช่ในน้ำ และปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งจากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าวัสดุฐานฟันเทียมแต่ละชนิด จะให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนที่แตกต่างกัน ในการทดลองนี้ใช้วัสดุฐานฟันเทียม 3 ชนิด คือ 1.ชนิดบ่มด้วยความร้อนยี่ห้อ เวอร์เท็กซ์ราพิดซิมพลิไฟด์ เป็นวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อน มีส่วนประกอบหลักเป็นเมทิลเมทาไครเลต 2.ชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูง ยี่ห้อลูซิโตน199 เป็นวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูง เป็นวัสดุชนิดพอลิเมทิลเมทาไครเลต ชนิดบ่มด้วยความร้อนที่มีการใส่ยาง บิวทาไดอีน-สไตรีน (Butadiene-styrene) ในเมทิลเมทาไครเลต กลายเป็น เมทิลเมทาไครเลต-สไตรีน-บิวทาไดอีน เทอร์พอลิเมอร์ (Methyl methacrylate-styrene-butadiene terpolymer) เทอร์พอลิเมอร์ มีความสามารถในการต้านการแรงกระแทกที่มากระทำต่อฟันเทียม ได้ดีกว่าพอลิเมอร์ชนิดอื่น มีความเหนียวสูง (High toughness)[14] วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนจะมีการเติมสารเชื่อมไขว้ลงไปในส่วนเหลว เป็นตัวเชื่อมสายพอลิเมอร์เข้าด้วยกัน (Crosslinker) เกิดเป็นโครงสร้างลักษณะตาข่าย ต้านทานต่อการเปลี่ยนรูป[12] ส่งผลต่อการแทรกผ่านของสารปรับสภาพพื้นผิว และ

มอนอเมอร์ของวัสดุเสริมฐาน เกิดขึ้นได้ยากกว่าในฐานฟันเทียมที่ไม่มีการเชื่อมโยงข้ามของสายพอลิเมอร์[4,29,30,31] โดยพอลิเมอร์ชนิดเชื่อมโยงข้ามจะละลายเฉพาะในตัวทำละลายบางชนิด เช่น คลอโรฟอร์ม หรือ อะซีโตน[30] ซึ่งในสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู มีองค์ประกอบคือ อะซีโตนและอะซีเตต และ3.ชนิดบ่มด้วยตนเอง ยี่ห้อออร์โธเจ็ท เป็นวัสดุฐานฟันเทียมที่มีส่วนประกอบทางเคมีคล้ายกับชนิดบ่มด้วยความร้อน แต่จะใช้สารเคมีในกลุ่มเทอร์เทียรีเอมีน (tertiary amine) ซึ่งจะเติมในส่วนเหลวเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยา เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตนเองจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ทันทีตั้งแต่เริ่มผสม แต่ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ ไม่สมบูรณ์เหมือนในเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน และจะมีมอนอเมอร์หลงเหลือมากกว่าซึ่งจะทำหน้าที่เป็นสารทำให้พอลิเมอร์นุ่ม (Plasticizer) ซึ่งน่าจะส่งผลทำให้สามารถเกิดการยึดติดที่ดีกับวัสดุเรซินเสริมฐาน[11,12] จากการทดลองพบว่ามีผลที่สอดคล้องกัน โดยค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนในกลุ่มวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตนเองที่ปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ร่วมกับสารยึดติดของวัสดุเสริมฐาน มีค่าสูงกว่าวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อน และชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามวัสดุฐานฟันเทียมที่ทันตแพทย์นิยมใช้ คือ เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน เนื่องจากเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนนี้มีปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ที่สมบูรณ์ ในขณะที่เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตนเองจะมีปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ไม่สมบูรณ์ และมีมอนอเมอร์หลงเหลือมากกว่า ซึ่งส่งผลให้เกิดความระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อ และความแข็งแรงดัดขวาง (Transverse strength) ที่ลดลง[11,12] แต่ก็มีการนำเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตนเองมาใช้เป็นวัสดุฐานฟันเทียม อาทิเช่น การผลิตฟันเทียมในการออกหน่วยทันตกรรม ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาอันจำกัดสำหรับการผลิตฟันเทียมให้กับผู้ป่วย หรือในกรณีทำเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟันหลายชนิด เช่น เครื่องมือคงสภาพหลังการจัดฟัน (Retainer) ,เครื่องมือที่ช่วยยกฟัน (Bite plate ,bite plane) เป็นต้น

วัสดุเสริมฐานในปัจจุบัน มีส่วนประกอบเป็นมอนอเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีผลข้างเคียงต่อผู้ใช้และผู้ป่วยน้อยกว่า และมีสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพดีกว่าชนิดดั้งเดิม แต่ขนาดโมเลกุลที่ใหญ่ทำให้ความสามารถในการแทรกผ่าน เกิดการบวมที่พื้นผิวของฐานฟันเทียมได้ช้าและน้อย[23,26] จึงต้องมีการใช้สารยึดติดปรับสภาพพื้นผิวก่อน เพื่อช่วยให้เกิดชั้นการบวมของพอลิเมอร์ (Swollen layer) [23,26] วัสดุเสริมฐานฟันเทียมของโทคุยามารีเบสทูมี 1,9-โนนานีไดออล ไดเมทาไครเลต (1,9-Nonanediol dimethacrylate) ทำให้สายพอลิเมอร์เกิดการเชื่อมไขว้กันและกัน[54] จึงทำให้วัสดุเสริมฐานฟันเทียมของโทคุยามารีเบสทูมีความแข็งแรง มีค่าความแข็งแรงดัดขวางสูงและมีการดูดน้ำต่ำ[16,18] เนื่องจากวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นพอลิ

เอทิล เมทาไครเลต แตกต่างจากฐานฟันเทียมที่เป็นพอลิเมทิล เมทาไครเลต จึงต้องทำการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมด้วยสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานก่อน เพื่อให้มีความแข็งแรงการยึดติดที่ดี โดยที่อะซีโตน และอะซีเตตในสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู ทำให้เกิดการละลายตัวของเรซิน อะคริลิกที่พื้นผิวให้อ่อนตัวลง[39] ทำให้วัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทูสามารถแทรกเข้าไปยึดติดได้ดีขึ้น ร่วมกับการใช้สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ที่ได้มีการศึกษาพบว่าสามารถทำละลายพอลิเมทิลเมทาไครเลตได้ [26]

การปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมทางกลในการทดลอง ได้กำหนดให้ทำการขัดพื้นผิวด้วยกระดาษทรายน้ำด้วยรูปแบบและระยะเวลาการขัดพื้นผิวที่เหมือนกันทุกชิ้น ก่อนนำมาทำการทดสอบ ส่วนการปรับสภาพพื้นผิวทางเคมีได้เลือกใช้ 2 วิธี คือใช้สารยึดติดของวัสดุเสริมฐานเพียงอย่างเดียว และการใช้สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ร่วมกับสารยึดติดของวัสดุเสริมฐาน โดยเมื่อพิจารณาการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ร่วมกับสารยึดติดของวัสดุเสริมฐาน พบว่ามีผลเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดในกลุ่มวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อน และชนิดบ่มด้วยตนเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้สารยึดติดเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kungkapilas และ Santawisuk ในปี 2014[10] พบว่าเป็นวิธีการปรับสภาพพื้นผิวที่ให้ความแข็งแรงการยึดติดดีที่สุดสำหรับวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อน เช่นเดียวกับการศึกษาของ Thunyakitpisal และคณะในปี 2011[48] พบว่าสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตช่วยเพิ่มค่าความทนแรงดัดขวางวัสดุฐานฟันเทียม โดยนำมาทดลองและใช้ร่วมกันกับสารยึดติดที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ แต่ชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูง มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้สารยึดติดเพียงอย่างเดียว

Mutluay และคณะ[23] พบว่าปริมาณน้ำในฐานฟันเทียมมีผลต่อความแข็งแรงในการยึดติด ในขณะที่ Minami และคณะ[26] พบว่าปริมาณการอิ่มตัวของน้ำในฐานฟันเทียมมีผลต่อการยึดติดน้อยที่สุด อะซีโตนที่เป็นส่วนประกอบในสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู เป็นตัวทำละลาย สามารถแทรกผ่านพื้นผิวฐานฟันเทียม เข้าไปแทนที่น้ำที่แทรกตัวระหว่างสายพอลิเมอร์ ทำให้สามารถแทรกเข้าพื้นผิวฐานฟันเทียมได้ลึกขึ้น ซึ่งในการศึกษานี้มีการนำชิ้นงานไปแช่น้ำกลั่นก่อนการทดสอบหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง น้ำที่แทรกเข้าไปที่พื้นผิวฐานฟันเทียม น่าจะมีผลต่อความแข็งแรงการยึดติด

นอกจากนี้ Minami และคณะ[26] ยังพบว่าปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขณะใช้งานในช่องปากมีผลให้ความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

โดยในงานวิจัยนี้ไม่ได้ใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ (Thermocycler) ทั้งก่อนและหลังการยึดติดกับวัสดุเสริมฐาน เนื่องจากต้องการเปรียบเทียบเฉพาะผลจากการปรับสภาพพื้นผิวทางเคมีที่มีผลต่อความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเสริมฐาน ต่อฐานฟันเทียมแต่ละชนิดเท่านั้น ซึ่งในหลายการศึกษาไม่ได้ใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะเช่นกัน[1,4,18,23,31] แรงกัดในขณะที่ทำการเสริมฐานภายในช่องปากเป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ที่มีผลต่อการยึดติดของวัสดุเสริมฐาน เนื่องจากแรงกัดจะทำให้วัสดุเกิดการไหลแผ่และเกิดความแนบสนิทกับวัสดุฐานฟันเทียมได้ดีกว่าการใส่วัสดุเสริมฐานที่พื้นผิวฐานฟันเทียมโดยไม่มีแรงกัด ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างสองวัสดุและการไหลแผ่ของวัสดุเสริมฐานไม่ทั่วถึง[26] ในการศึกษานี้ใช้ลูกตุ้มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม วางบนแม่แบบซิลิโคน เพื่อทดแทนแรงกัดในช่องปาก ทำให้วัสดุเสริมฐานไหลแผ่และแนบสนิทกับพื้นผิวฐานฟันเทียม ในขณะที่รอให้วัสดุเสริมฐานเกิดพอลิเมอร์

ในทางคลินิกจะพบสิ่งปนเปื้อนบนพื้นผิวฐานฟันเทียม เช่น น้ำลาย เศษอาหาร และเศษวัสดุจากการกรอแต่งพื้นผิวฐานฟันเทียมของทันตแพทย์ สิ่งปนเปื้อนบนพื้นผิวฐานฟันเทียมเป็นอุปสรรคอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการยึดติดของวัสดุเสริมฐาน[26] โดยในการทดลองได้ทำการปรับพื้นผิวฐานฟันเทียมให้เรียบ และกำจัดสิ่งปนเปื้อนออก โดยการใช้กระดาษทรายน้ำ และล้างอีกครั้งด้วยเครื่องอัลตราโซนิก

การทดสอบความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเสริมฐานมีหลายวิธี ได้แก่ การทดสอบด้วยแรงดัดขวาง[16,55] การทดสอบด้วยแรงดึง[23] และการทดสอบด้วยแรงยึดเฉือน[4,26] การทดสอบด้วยแรงดัดขวางจะทำการเตรียมชิ้นตัวอย่างเป็นทรงแท่ง ยึดติดกับวัสดุเสริมฐานบริเวณตรงกลาง แล้วนำชิ้นตัวอย่างวางบนแท่นที่รองรับบริเวณปลายของชิ้นตัวอย่างทั้งสอง ทำการทดสอบโดยใส่แรงลงบริเวณตรงกลางของชิ้นตัวอย่าง วิธีการนี้มีข้อจำกัดคือ การกระจายตัวของแรงที่ใช้ในการทดสอบขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ตำแหน่งของแรงที่ใส่ลงไปที่ชิ้นตัวอย่าง ความหนาของชิ้นตัวอย่าง ความยาวของชิ้นตัวอย่างที่อยู่ระหว่างแท่นรองรับที่ปลายทั้งสอง และมอดูลัสของสภาพยืดหยุ่นของฐานฟันเทียม กับวัสดุเสริมฐานซึ่งมีความแตกต่างกัน ดังนั้นค่าที่ได้จากการทดสอบ อาจมีค่าไม่คงที่ และไม่สามารถนำค่าไปเปรียบเทียบกับวัสดุตัวอื่นได้ การทดสอบด้วยแรงดึง จะทำการเตรียมชิ้นตัวอย่างเป็นทรงแท่งหรือทรงกระบอก ทำการยึดติดกับวัสดุอีกชนิดที่บริเวณปลายด้านหนึ่งของชิ้นตัวอย่าง ค่าที่ได้จากการทดสอบแสดงถึงความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างวัสดุ และสามารถใช้เปรียบเทียบกับวัสดุอื่นได้ การทดสอบด้วยแรงยึดเฉือน เป็นการใส่แรงบริเวณที่มีการยึดติดระหว่างสองวัสดุ ค่าที่ได้จากการทดสอบแสดงถึงความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุได้ดีเช่นกัน การเลือกวิธีทดสอบผู้วิจัยสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสม ในงานวิจัยนี้เลือกใช้การ

ทดสอบด้วยแรงยึดเฉือน เนื่องจากสามารถถึงความแข็งแรงการยึดติดระหว่างสองวัสดุได้ดีกว่าและเป็นแรงที่มีความคล้ายคลึงกับสภาพภายในช่องปากมากกว่าการทดสอบด้วยแรงดึง[4,60]

ถึงแม้ว่าการทดสอบหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือน มีการเตรียมชิ้นตัวอย่างที่ไม่ยุ่งยาก การจัดตำแหน่งชิ้นส่วนของเครื่องมือทดสอบสากลมีผลต่อการทดสอบน้อย แต่การคำนวณหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือน มีความสัมพันธ์กับระยะโมเมนต์ (Moment arm) และรูปร่างของพื้นที่ผิวที่ทำการยึดติด เมื่อตำแหน่งหัวกดใส่แรงเฉือนห่างจากบริเวณรอยต่อของวัสดุ จะเกิดแรงดึงซึ่งเหนี่ยวนำโดยโมเมนต์ดัด (Bending moment) เป็นแรงร่วมกระทำในขณะทำการทดสอบ ซึ่งทำให้ค่าคลาดเคลื่อนได้ ในการทดลองนี้จึงได้ใช้ความระมัดระวังในการจัดตำแหน่ง โดยให้หัวกดอยู่ชิดกับระนาบพื้นผิวชิ้นงานบริเวณรอยต่อมากที่สุด เพื่อให้ผลการทดลองเป็นผลจากการใส่แรงเฉือนเท่านั้น โดยค่าความแข็งแรงยึดเฉือนที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้ ที่มีการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมด้วยสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานของโทคุยามารีเบสทู ร่วมกับสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต พบว่าให้ค่าความแข็งแรงยึดติด สูงกว่าการใช้สารยึดติดของวัสดุเสริมฐานของโทคุยามารีเบสทูเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Osathananda และ Wiwatwarrapan ในปี 2014[61] ที่ศึกษาถึงผลของสารที่ใช้ปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียม ที่มีต่อความแข็งแรงยึดเฉือนระหว่าง เรซินเสริมฐานแบบแข็งชนิดบ่มด้วยตนเอง และฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน พบว่ากลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตที่อัตราส่วนต่างๆกัน มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือน คือ 6.07 ถึง 8.47 เมกะปาสคาล มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานของโทคุยามารีเบสทู ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือน คือ 5.86 ถึง 8.30 เมกะปาสคาล เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Kungkapilas และ Santawisik ในปี 2014[10] ที่พบว่ากลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ร่วมกับสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานของโทคุยามารีเบสทู มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือน คือ 4.9 ถึง 7.36 เมกะปาสคาล ซึ่งสูงกว่ากลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานของโทคุยามารีเบสทูเพียงอย่างเดียว ที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือน คือ 3.84 ถึง 5.6 เมกะปาสคาล

ลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นที่บริเวณที่มีการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐาน พบว่าในกลุ่มวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อน ชนิดบ่มด้วยความร้อนแบบทนแรงกระแทกสูง ที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการใช้สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตร่วมกับการใช้สารยึดติด และที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการใช้สารยึดติดเพียงอย่างเดียว และกลุ่มวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตนเอง ที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยการใช้สารยึดติดเพียงอย่างเดียว ชิ้นงานมีชนิดความล้มเหลวเป็นแบบยึดติดทั้งหมด (ร้อยละ 100) เนื่องมาจากความแข็งแรงภายในเนื้อวัสดุทั้งสองชนิด

มีค่ามากกว่าความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐาน และมีเพียงกลุ่มวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตนเอง ที่มีการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการใช้สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ร่วมกับการใช้สารยึดติด ที่พบว่าชิ้นงานมีชนิดความล้มเหลวเป็นแบบผสม (ร้อยละ 33) ซึ่งเป็นการผสมกันของการเสียสภาพแบบยึดติดและแบบเชื่อมแน่น เนื่องจากบางบริเวณการยึดติดระหว่างสองวัสดุมีค่าสูงกว่าภายในของเนื้อวัสดุเอง[17,39] ซึ่งอาจเป็นเนื้อวัสดุฐานฟันเทียมหรือเนื้อวัสดุเสริมฐานฟันเทียม ลักษณะความล้มเหลวแบบผสมนี้ สัมพันธ์กับค่าความแข็งแรงยึดเฉือนของกลุ่มนี้ที่มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ที่มีลักษณะความล้มเหลวแบบยึดติด (ร้อยละ 100)

สรุปผลการวิจัย

ชนิดของฐานฟันเทียม และวิธีการปรับสภาพพื้นผิวทางเคมี เป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเสริมฐานชนิดแข็งต่อวัสดุฐานฟันเทียม และพบว่าวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยตนเอง ที่มีการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ร่วมกับสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู มีค่าความแข็งแรงยึดเฉือนสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัด เป็นการศึกษาทางห้องปฏิบัติการ ไม่ได้จำลองสภาวะจริงในช่องปาก ที่จะมีสภาพความอิ่มตัวของน้ำของฐานฟันเทียมและสภาพฟันเทียมภายหลังผ่านการใช้งาน แนวทางการศึกษาต่อไปในอนาคต อาจศึกษาถึงความแข็งแรงในการยึดติดภายใต้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขณะใช้งานในช่องปากโดยใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ ทั้งก่อนและหลังการยึดติดกับวัสดุเสริมฐาน การศึกษาในวัสดุฐานฟันเทียม และวัสดุเสริมฐานชนิดอื่นๆ รวมถึงวิธีการปรับสภาพพื้นผิวทางเคมี นอกเหนือจากที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในทางคลินิกต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณนานุกรม

1. Takahashi Y, Kawaguchi M, Chai J. Flexural strength at the proportional limit of a denture base material relined with four different denture reline materials. Int J Prosthodont 1997; 10(6): 508-12.
2. Tallgren A. The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: a mixed-longitudinal study covering 25 years. 1972. J Prosthet Dent 2003; 89(5): 427-35.
3. Atwood DA. Bone loss of edentulous alveolar ridges. J Periodontol 1979; 50: 11-21.
4. 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.
5. Jagger DC, Jagger RG, Allen SM, Harrison A. An investigation into the transverse and impact strength of “high strength” denture base acrylic resins. J Oral Rehabil 2002; 29(3): 263-67.
6. Vallittu PK, Lassila VP, Lappalainen R. Transvese strength and fatigue of denture acrylic-glass fiber composite. Dent Mater 1994; 10(2): 116-21.
7. Kanie T, Arikawa H, Fuji K, Ban S. Deformation and flexural properties of denture base polymer reinforced with glass fiber sheet. Dent Mater 2005; 24(3): 297-303.
8. Nakamura M, Takahashi H, Hayakawa I. Reinforcement of denture base resin with short-rod glass fiber. Dent Mater 2007; 26(5): 733-38.
9. Leles CR, Machado AL, Vergani CE, Giampaolo ET, Pavarina AC. Bonding strength between a hard chairside reline resin and a denture base material as influence by surface treatment. J Oral Rehabil 2001; 28(12): 1153-57.
10. Kungkapilas K, Santawisuk W. Effect of surface treatment on bond strength of a denture base and a hard direct reline resin. CM Dent J 2014; 35(1): 51-61.
11. Powers JM, Sakaguchi RL. Craig’s Restorative dental materials. 12th ed. St. Louis: Mosby, 2006.

12. Anusavice KJ. Philips' Science of dental materials. 11th ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 2003.

13. ISO. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland. 1. August. ISO 20795-1: 2008: Dentistry - Base polymers - Part 1: Denture base polymers, 2008.

14. O'Brien WJ. Dental materials and their selection. 3rd ed. Canada: Quintessence, 2002.

15. Takamata T, Setcos JC, Philips RW, Boone ME. Adaptation of acrylic resin dentures as influenced by the activation mode of polymerization. J Am Dent Assoc 1989; 119(2): 271-6.

16. Reis JM, Vergani CE, Pavarina AC, Giampaolo ET, Machado AL. Effect of relining, water storage and cyclic loading on the flexural strength of a denture base acrylic resin. J Dent 2006; 34(7): 420-6.

17. Cucci AL, Vergani CE, Giampaolo ET, Afonso MC. Water sorption, solubility and bond strength of two autopolymerizing acrylic resins and one heat-polymerizing acrylic resin. J Prosthet Dent 1998; 80(4): 434-8.

18. Hayakawa I, Akiba N, Keh E, Kasuga Y. Physical properties of a new denture lining material containing a fluoroalkyl methacrylate polymer.J Prosthet Dent 2006; 96(1):53-8.

19. Aydin AK, Terzioglu H, Akinay AE, Ulubayram K, Hasirci N. Bond strength and failure analysis of lining materials to denture resin. Dent Mater 1999; 15(3): 211-8.

20.Murata H, Seo RS, Hamada T, Polyzois GL, Frangou MJ. Dynamic mechanical properties of hard, direct denture reline resins. J Prosthet dent 2007; 98(4): 319-26.

21.Murata H, Taguchi N, Hamada T, Kawamura M, McCabe JF. Dynamic viscoelasticity of soft liners and Masticatory function. J Dent Res 2002; 81(2): 123-8.

22.Powers JM, Wataha JC. Dental materials: Properties and manipulation 9th ed. St.Louis: Mosby, 2008

23.Mutluay MM, Ruyter IE. Evaluation of adhesion of chairside hard relining materials to denture base polymers. J Prosthet Dent 2005; 94(5): 445-52.

24. Wrangsjo K, Swartling C, Meding B. Occupational dermatitis in dental personnel: contact dermatitis with special reference to (meth)acrylates in 174 patients. Contact Dermatitis 2001; 45(3): 158-63.

25.Mese A, Guzel KG. Effect of storage duration on the hardness and tensile bond strength of silicone-and acrylic resin-based resilient denture liners to a processed denture base acrylic resin. J Prosthet Dent 2008; 99(2): 153-9.

26.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(2): 164-70.

27.Bettencourt AF, Neves CB, de Almeida MS, Pinheiro LM, Oliveira SAE, Lopes LP, et al. Biodegradation of acrylic based resins: A review. Dent Mater 2010; 26(5): e171-80.

28. Wright PS. Characterization of the adhesion of soft lining materials to poly(methyl methacrylate). J Dent Res 1982; 61(8): 1002-5.

29. Shen C, Colaizzi FA, Birns B. Strength of denture repairs as influenced by surface treatment. J Prosthet Dent 1984; 52(6): 844-8.

30. Rached RN, Del-Bel Cury AA. Heat-cured acrylic resin repaired with microwave-cured one: bond strength and surface texture. J Oral Rehabil 2001; 28(4): 370-5.

31. Takahashi Y, Chai J, Kawaguchi M. Strength of relined denture base polymers subjected to longterm water immersion. Int J Prosthodont 2000; 13(3): 205-8.

32. Takahashi Y, Chai J, Kawaguchi M. Equilibrium strengths of denture polymers subjected to long-term water immersion. Int J Prosthodont 1999; 12(4): 348-52.

33. Takahashi Y, Chai J, Takahashi T, Habu T. Bond strength of denture teeth to denture base resins. Int J Prosthodont 2000; 13(1): 59-65.

34. Chai J, Takahashi Y, Takahashi T, Habu T. Bonding durability of conventional resinous denture teeth and highly cross-linked denture teeth to a pour type denture base resin. Int J Prosthodont 2000; 13(2): 112-6.

35. Silva Cde S, Machado AL, Chaves Cde A, Pavarina AC, Vergini CE. Effect of thermal cycling on denture base and autopolymerizing reline resins. J Appl Oral Sci 2013; 21(3): 219-24.

36. Giampaolo ET, Jorge JH, Machado AL, Pavarina AC, Vergini CE. Effect of thermal cycling on microleakage between hard chairside relines and denture base acrylic resin. Gerodontology 2011; 28(2): 121–6.

37. Schneider RL, Curtis ER, Clancy JM. Tensile bond strength of acrylic resin denture teeth to a microwave- or heat-processed denture base. J Prosthet Dent 2002; 88(2): 145-50.

38. Archadian N, Kawano F, Ohguri T, Ichikawa T, Matsumoto N. Flexural strength of rebased denture polymers. J Oral Rehabil 2000; 27: 690–6.

39. 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(6): 639-43.

40. Curtis DA, Eggleston TL, Marshall SJ, Watanabe LG. Shear bond strength of visible-light-cured resin relative to heat-cured resin. Dent Mater 1989; 5(5): 314-8.

41. Jacobsen NL, Mitchell DL, Johnson DL, Holt RA. Lased and sandblasted denture base surface preparations affecting resilient liner bonding.J Prosthet Dent 1997; 78(2): 153-8.

42. Barpal D, Curtis DA, Finzen F, Perry J, Gansky SA. Failure load of acrylic resin denture teeth bonded to high impact acrylic resins. J Prosthet Dent 1998; 80(6): 666-71.

43. Sarac YS, Basoglu T, Ceylan GK, Sarac D, Yapici O. Effect of denture base surface pretreatment on microleakage of a silicone-based resilient liner. J Prosthet Dent 2004; 92(3): 283-7.

44. Sarac D, Sarac YS, Basoglu T, Yapici O, Yuzbasioglu E. The evaluation of microleakage and bond strength of a silicone-based resilient liner following denture base surface pretreatment. J Prosthet Dent 2006; 95(2): 143-51.

45. Vallittu PK, Ruyter IE, Nat R. The swelling phenomenon of acrylic resin polymer teeth at the interface with denture base polymers. J Prosthet Dent 1997; 78(2): 194-9.

46. Asmussen E, Peutzfeldt A. Substitutes for methylene chloride as softening agent. Eur J Oral Sci 2000; 108(4): 335-40.

47. NTP Toxicology and Carcinogenesis Studies of Dichloromethane (Methylene Chloride) (CAS No 75-09-2) in F344/N rats and B6C3F1 mice (inhalation studies). Natl Toxicol Program Tech Rep Ser 1986; 306: 1-208.

48. Thunyakitpisal N, Thunyakitpisal P, Wiwatwarapan C. The effect of chemical surface treatments on the flexural strength of repaired acrylic denture base resin. J Prosthodont 2011; 20(3): 195-9.

49. Shimisu H, Kakigi M, Fujii J, Tsue F, Takahashi Y. Effect of surface preparation using ethyl acetate on the shear bond strength of repair resin to denture base resin. J Prosthodont 2008; 17(6): 451-5.

50. Mutluay MM, Ruyter IE. Evaluation of bond strength of soft lining materials to denture base polymers. Dent Mater 2007; 23(11): 1373-81.

51. McCabe JF, Carrick TE, Kamohara H. Adhesive bond strength and compliance for denture soft lining materials. Biomaterials 2002; 23(5): 1347-52.

52. Mutsumura H, Tanoue N, Kawasaki K, Atsuta M. Clinical evaluation of a chemically cured hard denture relining material. J Oral Rehabil 2001; 28(7): 640-4.

53. Tokuyama-dental.com (homepage on the Internet). Tokyo: Tokuyama Dental Corporation, Inc.; (cited 2013 July 25). Available from: http://www.tokuyama-dental.com/denture_relines/rebase2.html

54. Machado AL, Giampaolo ET, Vergani CE, Souza JF, Jorge JH. Changes in roughness of denture base and reline materials by chemical disinfection or microwave irradiation: surface roughness of denture base and reline materials. J Appl Oral Sci 2011; 19(5): 521–8.

55. Economou PN, Fischer TE, Lemons J, Castleberry DJ. Bond strength of biomateral acrylic resin combinations. J Prosthet Dent 1980; 44(6): 604–7.

56. International organization for standardization. Specification 1567: denture base polymers. 2nd ed. Switzerland: ISO, 1988.

57. International Organization for Standardization. ISO 11405:2003. Dental materials - testing of adhesion to tooth structure. Available at: www.iso.ch/iso/en/prods-services/ISOstore/store.html. Accessed: June 16, 2012.

58. American Society for Testing and Materials. ASTM D4501: Standards test method for shear strength of adhesive bonds between rigid substrates by the block-shear method. ASTM International. West Conshohocken, PA; 2001.

59. SPSS Inc. Released 2008. SPSS Statistics for windows, Version 17.0. Chicago: SPSS Inc.

60. Takahashi Y, Chai J. Shear bond strength of denture reline polymers to denture base polymers. Int J Prosthodont 2001; 14: 271-5.

61. Osathananda R, Wiwatwarrapan C. Surface treatment with methyl formate-methyl acetate increased the shear bond strength between reline resins and denture base resin. Gerodontology 2014; doi: 10.1111/ger.12120.

ภาคผนวก

ตาราง 4 แสดงค่าความแข็งแรงยึดเฉือนของกลุ่มทดลองทั้ง 6 กลุ่ม ในหน่วยเมกะปาสคาล

ชิ้นที่	กลุ่ม VA	กลุ่ม VC	กลุ่ม LA	กลุ่ม LC	กลุ่ม OA	กลุ่ม OC
1	2.984	4.348	4.421	5.306	4.580	14.435
2	3.976	4.179	5.974	4.445	4.599	12.632
3	4.679	5.177	5.367	4.453	5.770	9.710
4	4.651	4.349	5.767	3.775	4.167	10.884
5	3.809	4.330	4.280	3.970	5.326	10.870
6	4.162	4.817	5.675	3.451	5.346	13.386
7	3.823	5.729	4.240	4.194	3.822	9.440
8	3.186	5.148	3.782	3.859	4.461	9.865
9	4.600	5.031	5.773	3.694	3.831	12.912
10	3.178	4.622	3.531	4.023	6.131	13.454
11	2.889	5.865	5.238	4.093	4.581	10.232
12	3.298	4.119	4.262	5.218	6.416	10.945
13	2.812	4.449	6.444	5.857	3.869	10.643
14	3.373	4.670	3.711	3.912	4.421	10.068
15	4.185	4.528	4.282	4.486	4.760	10.450
mean	3.707	4.757	4.850	4.316	4.805	11.328
SD	0.654	0.535	0.938	0.6710	0.822	1.593

VA=Heat-cured acrylic (Vertex) + Adhesive Tokuyama Rebase II

VC=Heat-cured acrylic (Vertex) + CU-acrylic bond + Adhesive Tokuyama Rebase II

LA=High-impact heat-cured acrylic (Lucitone 199) + Adhesive Tokuyama Rebase II

LC=High-impact heat-cured acrylic (Lucitone 199) + CU-acrylic bond + Adhesive Tokuyama Rebase II

OA=Self-cured acrylic (Ortho-Jet) + Adhesive Tokuyama Rebase II

OC=Self-cured acrylic (Ortho-Jet) + CU-acrylic bond + Adhesive Tokuyama Rebase II

ตาราง 5 แสดงผลการทดสอบลักษณะการกระจายของข้อมูล

Tests of Normality

การปรับสภาพพื้นผิว		วัสดุฟันฐานเทียม	Shapiro-Wilk		
			Statistic	df	Sig
Adhesive	ค่าความแข็งแรงยึดเฉือน	Vertex	0.920	15	0.195
		Lucitone	0.916	15	0.170
		Orthojet	0.915	15	0.161
Cu-Adhesive	ค่าความแข็งแรงยึดเฉือน	Vertex	0.904	15	0.110
		Lucitone	0.905	15	0.112
		Orthojet	0.883	15	0.053

ตาราง 6 แสดงผลการตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวน

Levene's Test of Equality of Error Variances

Shear bond strength

Levene	dF1	dF2	Sig
8.536	5	84	0.000

ตาราง 7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum Of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Corrected Model	599.873	5	119.975	137.801	.000
Intercept	2846.918	1	2846.918	3.270E3	.000
Denture	270.215	2	135.108	155.183	.000
Surface treatment	123.231	1	123.231	141.542	.000
Denture* Surface treatment	206.426	2	103.213	118.550	.000
Error	73.133	84	0.871		
Total	3519.924	90			
Corrected Total	673.007	89			

ตาราง 8 แสดงการทดสอบอิทธิพลหลักของกลุ่มการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของวัสดุฐานฟันเทียม ในแต่ละวิธีการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียม ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การปรับสภาพพื้นผิว	วัสดุฟันฐานเทียม		Std. Error	Sig*	95% Confidence Interval for Difference	
					Lower Bound	Upper Bound
Adhesive	Vertex	Lucitone	0.341	0001	-1.820	-0.465
		Orthojet	0.341	0.002	-1.776	-0.421
	Lucitone	Vertex	0.341	0.001	0.465	1.820
		Orthojet	0.341	0.897	-0.633	0.722
	Orthojet	Vertex	0.341	0.002	0.421	1.776
		Lucitone	0.341	0.897	-0.722	0.633
Cu-Adhesive	Vertex	Lucitone	0.341	0.181	-0.218	1.137
		Orthojet	0.341	0.000	-7.248	-5.893
	Lucitone	Vertex	0.341	0.181	-1.137	0.218
		Orthojet	0.341	0.000	-7.708	-6.353
	Orthojet	Vertex	0.341	0.000	5.893	7.248
		Lucitone	0.341	0.000	6.353	7.708

ตาราง 9 แสดงการทดสอบอิทธิพลหลักของกลุ่มการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียม ในแต่ละชนิดของวัสดุฐานฟันเทียม ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

วัสดุฟันฐานเทียม	การปรับสภาพพื้นผิว		Std. Error	Sig*	95% Confidence Interval for Difference	
					Lower Bound	Upper Bound
Vertex	Adhesive	Cu-Adhesive	0.341	0.003	-1.728	-0.373
	Cu-Adhesive	Adhesive	0.341	0.003	0.373	1.728
Lucitone	Adhesive	Cu-Adhesive	0.341	0.109	-0.125	1.230
	Cu-Adhesive	Adhesive	0.341	0.109	-1.230	0.125
Orthojet	Adhesive	Cu-Adhesive	0.341	0.000	-7.200	-5.845
	Cu-Adhesive	Adhesive	0.341	0.000	5.845	7.200

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	ทพญ. หยาดพิรุณ จิรวัฒนกุล
วัน เดือน ปีเกิด	8 ตุลาคม 2527
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	304/213 ถนน ประชาชื่น เขต หลักสี่ แขวง ทุ่งสองห้อง กรุงเทพมหานคร 10210
ตำแหน่งปัจจุบัน	ทันตแพทย์เอกชน
สถานที่ทำงาน	โรงพยาบาลเวิลด์เมดิคอลเซ็นเตอร์
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2547	ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต คณะทันตแพทยศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2557	ประกาศนียบัตร สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก (ทันตกรรมประดิษฐ์) คณะทันตแพทยศาสตร์ จามหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2558	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก (ทันตกรรมประดิษฐ์) คณะทันตแพทยศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ