ผลของการปรับสภาพพื้นผิวต่อความแข็งแรงการยึดติดของฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็ง

ปริญญานิพนธ์

ของ

กิติยา กังคะพิลาศ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก

กุมภาพันธ์ 2557

ผลของการปรับสภาพพื้นผิวต่อความแข็งแรงการยึดติดของฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็ง

บทคัดย่อ

ของ

กิติยา กังคะพิลาศ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก

กุมภาพันธ์ 2557

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

กิติยา กังคะพิลาศ. (2557). *ผลของการปรับสภาพพื้นผิวต่อความแข็งแรงการยึดติดของฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็ง*. ปริญญานิพนธ์ วท.ม.(ทันตกรรมคลินิก). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: อ.ทพญ.ดร. วัลลภัทน์ แสนทวีสุข.

วัตถุประสงค์ เพื่อประเมินผลของการปรับสภาพพื้นผิวทางเคมีต่อความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานที่ยึดติดกับฐานฟันเทียม

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ ชิ้นงานเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนถูกเตรียมและแบ่งเป็น 8 กลุ่ม กลุ่มละ 15 ชิ้น ตามวิธีการปรับสภาพพื้นผิวทางเคมีที่แตกต่างกันดังนี้ 1) ไม่ปรับสภาพพื้นผิว (กลุ่มควบคุม) 2) สารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู 3) มอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรด 4) มอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรดร่วมกับสารยึดติด 5) มอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทู 6) มอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทูร่วมกับสารยึดติด 7) สารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต (25:75% โดยปริมาตร) 8) สารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตร่วมกับสารยึดติด ภายหลังการปรับสภาพพื้นผิวใส่วัสดุเรซินเสริมฐานโดยมีพื้นที่ยึดติดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม. บ่มตัวที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที แล้วนำไปแช่ในน้ำกลั่น 24 ชั่วโมง ก่อนทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือนด้วยเครื่องทดสอบสากล วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและการทดสอบทูคีย์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการศึกษา ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงยึดเฉือนของกลุ่มที่ไม่ใช้สารยึดติดมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตร่วมกับสารยึดติดมีค่าความแข็งแรงยึดเฉือนสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

บทสรุป การใช้สารยึดติดมีความจำเป็นในการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมก่อนทำการเสริมฐานด้วยโทคุยามารีเบสทู การใช้สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตร่วมกับสารยึดติดช่วยเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐาน

EFFECT OF SURFACE TREATMENT ON BOND STRENGTH OF A DENTURE BASE AND A HARD DIRECT RELINE RESIN

AN ABSTRACT

BY

KITIYA KUNGKAPILAS

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Master of Science (Clinical Dentistry) in Dentistry

at Srinakharinwirot University

February 2014

Kitiya Kungkapilas. (2014). *Effect of Surface Treatment on Bond Strength of a Denture Base and a Hard Direct Reline Resin.* Master thesis, M.S. (Dentistry). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: PH.D. Wallapat Santawisuk.

Purpose : This study evaluated the influence of chemical surface treatment on bond strength of a reline resin bonded to a denture base.

Materials and Methods : Heat-polymerized acrylic resin disks were fabricated and divided into 8 groups (n=15) with different surface treatments: 1) no treatment (control), 2) Tokuyama Rebase II adhesive, 3) Unifast trad monomer, 4) Unifast trad monomer + adhesive, 5) Tokuyama Rebase II monomer, 6) Tokuyama Rebase II monomer + adhesive, 7) methyl formate-methyl acetate solution (25:75% v/v), 8) methyl formate-methyl acetate solution + adhesive. After chemical treatment, the reline resin was applied to the bond area (5 mm diameter) and polymerized at 37±1°c for 8 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 analysed using one-way ANOVA and Tukey's HSD test at a 0.05 significance level.

Results : The mean shear bond strengths of the groups without adhesive were not significantly different ($p>0.05$). The surface treatment with methyl formate-methyl acetate solution and the adhesive had significantly greater bond strength than those of the others ($p<0.05$).

Conclusion : The adhesive is needed to treat surface of the denture base before relining with Tokuyama Rebase II. The use of methyl formate-methyl acetate solution combined with the adhesive could help increase the bond strength.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการปรับสภาพพื้นผิวต่อความแข็งแรงการยึดติดของฐานฟันเทียมและ

วัสดุเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็ง

ของ

กิติยา กังคะพิลาศ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

…….. คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่ ..... เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ทพญ.ดร. วัลลภัทน์ แสนทวีสุข)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

…….. ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ทพญ.ทิพาพร วงศ์สุรสิทธิ์)

…….. กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ทพ.ดร.วิชญ กาญจนะวสิต)

…….. กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพญ.ดร.ศิริจันทร์ เจียรพุฒิ)

…….. กรรมการ

(อาจารย์ ทพญ.ดร. วัลลภัทน์ แสนทวีสุข)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก
เงินรายได้มหาวิทยาลัย ประจำปี 2555 ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประกาศคุณูปการ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ทพญ. ดร.วัลลภัทน์ แสนทวีสุข เป็นอย่างยิ่งที่ท่านคอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางการทำวิจัย และเป็นผู้ติดต่อประสานงานไปยังคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือต่างๆในหน่วยงานบริการวิชาการและวิจัย นอกจากนี้ท่านยังมีความเมตตา ความเอาใจใส่ คอยให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมา ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำการวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.พรเกียรติ ชื่นจิตอภิรมย์ หน่วยงานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ผู้ซึ่งให้ความรู้และความช่วยเหลือทางด้านเทคนิคการทำวิจัย และสอนวิธีการใช้งานเครื่องทดสอบสากลและเครื่องมืออื่นๆแก่ข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ นางสาว สุนิสา กองแก้ว เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ ภาควิชาชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ผู้ซึ่งให้ความรู้และให้ความช่วยเหลือด้านการใช้กล้องสเตอริโอไมโครสโคป

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สำหรับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2555 ทำให้การวิจัยของข้าพเจ้ามีทรัพยากรที่เพียงพอและสามารถดำเนินการวิจัยได้สำเร็จลุล่วงตามที่ตั้งวัตถุประสงค์ไว้

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบปากเปล่าทุกท่าน อันได้แก่ รองศาสตราจารย์ ทพญ.ทิพาพร วงศ์สุรสิทธิ์ รองศาสตราจารย์ ทพ.ดร.วิชญ กาญจนะวสิต ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพญ. ดร.ศิริจันทร์ เจียรพุฒิ ที่ช่วยตรวจทาน ให้คำแนะนำ และช่วยแก้ไขจุดบกพร่อง ทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีความถูกต้องและมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

สุดท้าย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณมารดา นางกำไร กลั่นเชื้อ ผู้ซึ่งพึ่งล่วงลับ ซึ่งเป็นผู้ที่ให้การสนับสนุนการศึกษาของข้าพเจ้าในทุกๆด้าน ขอขอบพระคุณที่ท่านให้ความรักและความเมตตาแก่ข้าพเจ้าเสมอมา เป็นแรงใจสำคัญที่ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำการวิจัยได้สำเร็จลุล่วง

กิติยา กังคะพิลาศ

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**.....	1
	ภูมิหลัง.....	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
	ความสำคัญของการวิจัย.....	2
	ขอบเขตของการวิจัย.....	2
	สมมติฐานในการวิจัย.....	3
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**.....	4
	บทบาทของวัสดุเสริมฐานฟันเทียม.....	4
	ชนิดของวัสดุเสริมฐาน.....	4
	ปัจจัยที่มีผลต่อการยึดติดของฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐาน.....	6
	วัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็ง โทคุยามารีเบสทู.....	14
	การทดสอบความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐาน.....	15
3	**วิธีการดำเนินการวิจัย**.....	20
	วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	20
	วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	26
	การทดสอบทางสถิติ.....	32
4	**ผลการวิจัย**.....	33
5	**อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ**.....	36
	อภิปรายผล.....	36
	สรุปผลการวิจัย.....	41
	ข้อเสนอแนะ.....	41

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก.....	52
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	57

บัญชีตาราง

ตาราง **หน้า**

1 องค์ประกอบของวัสดุที่ใช้ในการศึกษาและบริษัทผู้ผลิต..... 25

2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงยึดเฉือนของวิธีการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียม 8 กลุ่ม..... 33

3 แสดงค่าความแข็งแรงยึดเฉือนของกลุ่มทดลองทั้ง 8 กลุ่ม..... 53

4 พรรณนาลักษณะของข้อมูลของกลุ่มทดลองทั้ง 8 กลุ่ม..... 54

5 แสดงการทดสอบความแปรปรวนหรือการกระจายของกลุ่มตัวอย่าง..... 55

6 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เพื่อใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองทั้ง 8 กลุ่ม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05..... 55

7 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของความแข็งแรงยึดเฉือนของกลุ่มทดลองทั้ง 8 กลุ่ม โดยวิธีการทดสอบของทูคีย์ (Tukey's HSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05..... 56

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 การทดสอบด้วยแรงดัดโค้งตามขวาง..... 16

2 การทดสอบด้วยแรงดึง..... 17

3 การทดสอบด้วยแรงเฉือน..... 18

4 วัสดุเรซินเสริมฐาน โทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II, Lot No. 439, Tokuyama dental corporation, Japan)..... 20

5 มอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรด (Unifast Trad – Liquid, Lot No. 1208022, GC Dental Products Corp, Japan)..... 21

6 มอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II Liquid, Lot No. 574, Tokuyama dental corporation, Japan)..... 21

7 สารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II Adhesive, Lot No.E962, Tokuyama dental corporation, Japan)..... 22

8 สารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ซียูอะคริลิกบอนด์ (CU Acrylic Bond, Lot No. 002/2012, คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย) 22

9 ซิลิโคน อิลิทเอชดีพลัส (elite HD+, Lot No. 160521, Zhermack SpA, Badia Polesine, Italy) 23

10 แม่แบบซิลิโคน..... 23

11 ชิ้นงานฐานฟันเทียม 26

12 กระดาษทรายน้ำ ความละเอียด 400, 600, 800 (DCC; TOA Paint Co., Thailand)..... 26

13 เครื่องขัดผิวชิ้นงานที่ความเร็ว 300 rpm (TNP-200F-1; Future-Tech Corp., Tokyo, Japan)..... 27

14 เครื่องอัลตราโซนิก (Model-275D; Crest Ultrasonics Corp., Cortland, New York)..... 27

15 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator; Siam cement industry CO., LTD., Thailand)..... 28

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

16 แผนภาพแสดงการแบ่งกลุ่มทดลองการปรับสภาพพื้นผิว 8 กลุ่ม 29

17 แสดงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานบนชิ้นงานฐานฟันเทียม..... 30

18 แสดงการวางตุ้มเหล็กทับบนแม่แบบซิลิโคน ในขณะที่วัสดุเรซินเสริมฐานบ่มตัว.. 30

19 การทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือนด้วยเครื่องทดสอบสากล (Universal testing Machine; Instron model 5566, Instron Corporation, Canton, MA)..... 31

20 กล้องสเตอริโอไมโครสโคป (Stereomicroscope; No. 887615, Kyowa Optical Co., Ltd, Tokyo, Japan)..... 32

21 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงยึดเฉือนของการปรับสภาพพื้นผิว 8 กลุ่ม..... 34

22 แสดงลักษณะการเสียสภาพยึดติดที่บริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุ..... 35

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

ภายหลังการถอนฟัน สันเหงือกว่างจะมีขนาดลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 6 เดือนแรกถึง 2 ปี และหลังจากนั้นจะมีการดำเนินไปอย่างช้าๆตลอดชีวิต[1] ส่งผลให้ฐานฟันเทียมมีความแนบสนิท เสถียรภาพ และการยึดอยู่ลดลง นอกจากนี้ช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างฐานฟันเทียมกับสันเหงือกว่างยังส่งผลให้เศษอาหารเข้าไปติดได้ง่าย ผู้ป่วยจะรู้สึกรำคาญ มีอาการเจ็บสันเหงือก เคี้ยวอาหารไม่สะดวก และเกิดความไม่สวยงามโดยเฉพาะเมื่อเกิดที่บริเวณสันเหงือกฟันหน้า

การเสริมฐานฟันเทียม เป็นการฟื้นฟูความแนบสนิทของฐานฟันเทียมกับสันเหงือกว่าง โดยจะทำเมื่อฟันเทียมยังมีสภาพที่ใช้งานได้ดี มีความสวยงาม และมีความสัมพันธ์ของการสบฟันที่ดี[2] โดยทั่วไปหลังจากใส่ฟันเทียมไปแล้ว ผู้ป่วยจะต้องกลับมาพบทันตแพทย์อย่างต่อเนื่อง เพื่อตรวจดูความเปลี่ยนแปลงของสภาพเนื้อเยื่อในช่องปากและฟันเทียม และเพื่อแก้ไขให้ฐานฟันเทียมคงความแนบสนิทและมีเสถียรภาพที่ดี[3]

ภายหลังจากการเสริมฐานฟันเทียม ปัญหาที่มักพบ คือ การยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐานที่ไม่เพียงพอ[2-4] ทำให้สารน้ำและจุลินทรีย์ภายในช่องปากเข้ามาเจริญเติบโตในบริเวณรอยต่อ นำไปสู่การเกิดกลิ่น คราบสกปรก นอกจากนี้อาจทำให้วัสดุเรซินเสริมฐานมีการแยกชั้นและหลุดลอกออกจากฐานฟันเทียม[3-6]

ความสามารถในการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐานขึ้นอยู่กับ ปริมาณและความสามารถของมอนอเมอร์ของวัสดุเรซินเสริมฐานในการทะลุแทรกเข้าไปในฐานฟันเทียม เพื่อสร้างการทอสานเป็นโครงข่ายพอลิเมอร์ (interwoven polymerized network,IPN)[4,5] การส่งเสริมประสิทธิภาพการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐาน ได้แก่ การใช้สารยึดติด (bonding agent)[2-4] การปรับสภาพพื้นผิวทางกล (Mechanical surface treatments) เช่น การใช้หัวกรอ อนุภาคอลูมิเนียมออกไซด์ (aluminium oxide particle)[3,4] หรือกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ (silicon carbide paper)[4] การปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเคมี (Chemical surface treatments) เช่น การใช้มอนอเมอร์ของฐานฟันเทียม (methyl methacrylate monomer, MMA) มอนอเมอร์ของวัสดุเรซินเสริมฐาน คลอโรฟอร์ม (chloroform) อะซีโตน (acetone)[3] ไดคลอโรมีเทน (dichloromethane)[7] หรือสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต (methyl formate-methyl acetate solutions)[8]

ปัจจุบันยังคงพบปัญหาการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐาน จึงมีความสนใจที่จะศึกษาและปรับปรุงความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐาน และเปรียบเทียบผลของ

การประยุกต์ใช้วัสดุต่างๆที่มีภายในคลินิก เพื่อปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมก่อนทำการยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน โดยใช้การปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเคมี ได้แก่ การใช้สารยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐาน โทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II), มอนอเมอร์ของวัสดุเรซินเสริมฐาน โทคุยามารีเบสทู, มอนอเมอร์ของเรซินอะคริลิกชนิดบ่มเอง ยูนิฟาสท์แทรด (Unifast Trad) และสารละลายของเมทิล-ฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ซียูอะคริลิกบอนด์ (CU Acrylic Bond) เปรียบเทียบกับฐานฟันเทียมที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิว และฐานฟันเทียมที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐาน โทคุยามารีเบสทู เพียงอย่างเดียวตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐานด้วยวิธีการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมที่แตกต่างกัน

ความสำคัญของการวิจัย

ความแข็งแรงการยึดติดที่ไม่เพียงพอระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐาน พบว่าเป็นปัญหาสำคัญที่พบเสมอภายหลังการใช้งาน การพัฒนารูปแบบวิธีการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมจึงมีความสำคัญมาก เพื่อเป็นการเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐาน ทำให้ฟันเทียมที่เสริมฐานแล้วมีความคงทนแข็งแรง มีอายุการใช้งานได้นาน และผู้ป่วยมีประสิทธิภาพในการบดเคี้ยวอาหารได้ดียิ่งขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (laboratory experimental study)

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ วิธีการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมที่แตกต่างกัน
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. Hard direct reline resin หมายถึง วัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็ง

6. Autopolymerizing denture reline material หมายถึง วัสดุเรซินเสริมฐานฟันเทียมชนิดบ่มเอง

สมมุติฐานในการวิจัย

H_0: การปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมไม่มีผลต่อความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็ง

H_A: การปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมมีผลต่อความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็ง

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. บทบาทของวัสดุเสริมฐานฟันเทียม
2. ชนิดของวัสดุเสริมฐาน
3. ปัจจัยที่มีผลต่อการยึดติดของฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐาน
4. วัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็ง โทคุยามารีเบสทู
5. การทดสอบความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐาน

บทบาทของวัสดุเสริมฐานฟันเทียม

ภายหลังการถอนฟัน สันเหงือกว่างมักมีขนาดลดลง ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของกระดูกเบ้าฟัน[1-3,9-11] โดยจะเกิดอย่างรวดเร็วในช่วง 6 เดือนถึง 2 ปีแรกภายหลังการถอนฟัน[1] ส่งผลให้การมีเสถียรภาพ (stability) การรองรับ (support) และการยึดอยู่ (retention) ของฐานฟันเทียมลดลง[1-3,9] ดังนั้นภายหลังจากการใส่ฟันเทียมไปแล้ว ผู้ป่วยควรกลับมาพบทันตแพทย์เป็นประจำอย่างต่อเนื่องเพื่อตรวจสภาพภายในช่องปาก สภาพฟันเทียม[2,9] และอาจจะได้รับการเสริมฐานฟันเทียมเพื่อให้ฐานฟันเทียมเกิดความแนบสนิทและมีการยึดอยู่ที่ดีกับสันเหงือกว่างของผู้ป่วย[2,9-13]

วัสดุเสริมฐานเป็นวัสดุที่ใช้เสริมที่ผิวด้านเนื้อเยื่อของฐานฟันเทียมเพื่อฟื้นฟูความแนบสนิทของฐานฟันเทียมกับสันเหงือกว่าง ทำให้ฐานฟันเทียมมีเสถียรภาพและการยึดอยู่ที่ดีขึ้น[3,13,14] สภาพของฟันเทียมที่สามารถทำการเสริมฐานได้นั้น จะต้องมีมิติแนวดิ่งขณะสบ (occlusal vertical dimension)[3,15] มีความสัมพันธ์ของการสบฟัน (occlusal relationship)[3] และมีตำแหน่งการเรียงฟันที่ดี[15] นอกจากนี้ฟันเทียมต้องมีสภาพที่ดี มีความสวยงามที่ผู้ป่วยยอมรับได้[3] ซึ่งถ้าฟันเทียมขาดลักษณะดังกล่าวควรพิจารณาทำการเปลี่ยนฐาน (rebase) หรือทำฟันเทียมชิ้นใหม่ทดแทน[3]

ชนิดของวัสดุเสริมฐาน

วัสดุเสริมฐานมี 2 ชนิด ได้แก่ 1. วัสดุเสริมฐานชนิดนุ่ม (soft denture liners) ใช้เพื่อปรับสภาพเนื้อเยื่อที่ได้รับบาดเจ็บภายในช่องปากและเพื่อลดแรงบดเคี้ยวลงสู่เนื้อเยื่อใต้ฐานฟันเทียม เนื่องจากเนื้อเยื่อของผู้ป่วยมีความอ่อนแอไม่สามารถใช้ฐานฟันเทียมชนิดแข็งได้ และ 2. วัสดุเรซิน

เสริมฐานชนิดแข็ง ใช้เพื่อฟื้นฟูความแนบสนิทของฐานฟันเทียมกับสันเหงือกว่างเนื่องจากสันเหงือกว่างมีขนาดเล็กลงจนทำให้ฟันเทียมหลวม[16]

วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดแข็งสามารถจำแนกตามรูปแบบการบ่มตัวได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ ชนิดบ่มเอง (auto-cured) ชนิดบ่มด้วยแสง (light-cured) และชนิดบ่มด้วยความร้อน (heat-cured)[13,17,18] ซึ่งแต่ละชนิดจะมีส่วนประกอบที่แตกต่างกัน[19] วิธีการเสริมฐานฟันเทียมสามารถทำได้ 2 วิธี คือ วิธีการเสริมฐานโดยตรงในช่องปาก (direct reline, chairside reline technique)[3] โดยใช้วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มเอง[3,15] หรือชนิดบ่มด้วยแสง และวิธีการเสริมฐานฟันเทียมในห้องปฏิบัติการ (laboratory reline technique) ซึ่งทำได้โดยการพิมพ์ปาก[3] แล้วเสริมฐานด้วยวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยความร้อนในห้องปฏิบัติการ[3,15]

การเสริมฐานโดยตรงในช่องปากด้วยวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มเอง เป็นวิธีที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย[3] สะดวก รวดเร็ว[2,9,11,14,20-22] และประหยัดค่าใช้จ่าย[2,10] มากกว่าการเสริมฐานในห้องปฏิบัติการ สามารถฟื้นฟูความแนบสนิทของฐานฟันเทียมกับสันเหงือกว่างได้ทันที[10] ลอกเลียนรายละเอียดและรูปร่างสันเหงือกได้โดยตรงจากในช่องปาก[9,21,22] ผู้ป่วยไม่ต้องอยู่ในสภาวะปราศจากฟันเทียมเนื่องจากต้องส่งไปเสริมฐานในห้องปฏิบัติการ[2,11] ฐานฟันเทียมมีการเปลี่ยนแปลงเชิงมิติน้อย[20] และเป็นวิธีที่สามารถทำได้ในคลินิกไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ[10]

การเสริมฐานโดยตรงในช่องปาก ทำโดยการใส่วัสดุเรซินเสริมฐานที่ผิวด้านเนื้อเยื่อของฐานฟันเทียมแล้วให้รอวัสดุบ่มตัวภายในช่องปาก[3,12] วัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงในช่องปากชนิดแข็งมีหลายชนิด แบ่งตามส่วนประกอบและรูปแบบการบ่มตัว ได้แก่ วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มตัวด้วยแสง รูปแบบผงและน้ำ (visible light-polymerized, powder-liquid type) วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มตัวด้วยแสง รูปแบบสารป้าย (visible light-polymerized, paste-type) และวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มเอง รูปแบบผงและน้ำ (autopolymerized, powder-liquid type)[20]

สมบัติของวัสดุเรซินเสริมฐานยังคงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ 1. สมบัติเชิงกล (mechanical properties) เช่น ความแข็งผิว (surface hardness) และความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐาน[11,12] 2. สมบัติเชิงกายภาพ (physical properties) เช่น การไม่ละลายน้ำ (insolubility)[11,12,23] การดูดซึมน้ำ (water sorption)[11,12,23] ความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ (tissue compatibility)[10] เสถียรภาพของสี (color stability)[10] เสถียรภาพเชิงมิติ (dimensional stability)[10] และไม่มีกลิ่น เพื่อให้ได้วัสดุที่มีสมบัติที่ดีขึ้น สามารถตอบสนองการต่อใช้งานได้ดีขึ้น

วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มเอง มีการใช้กันอย่างแพร่หลายและมีหลากหลายงานวิจัยที่สนับสนุนและให้การยอมรับวัสดุดังกล่าว[12,14,24,25] แต่วัสดุก็ยังมีข้อจำกัดหลายประการ ได้แก่ 1. การมีกลิ่นไม่พึงประสงค์[2,14,15,20] 2. การควบคุมวัสดุขณะใช้งานในช่องปาก[15,22,26] 3. การคงตำแหน่งการ

สบฟันและคงตำแหน่งฟันเทียมทำได้ยากในขณะทำการเสริมฐาน[15] 4. การควบคุมความหนาและความยาวของขอบฟันเทียมทำได้ยาก[15] 5. มีความบกพร่องที่ผิวของวัสดุเรซินเสริมฐาน[15] 6. มีรูพรุน[3,15,22] 7. วัสดุเปลี่ยนสีได้ง่าย[3,12,15,22,23,27] 8. มีการระคายเคืองของเนื้อเยื่อในช่องปากจากมอนอเมอร์ที่ละลายออกมาจากวัสดุเรซินเสริมฐาน[2,6,11,12,20,22,28-37] และจากความร้อนในระหว่างการบ่มตัวซึ่งอาจสูงถึง 79 องศาเซลเซียส[2,14,20,27,29] 9. มีรสชาติไม่ดี[2,28] 10. มีสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพต่ำกว่าวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยความร้อน[21,29] และ 11. มีแรงการยึดติดกับฐานฟันเทียมที่ต่ำ[22,26]

การเลือกใช้วัสดุเรซินเสริมฐานควรพิจารณาจากวัสดุที่มีสมบัติเชิงกล สมบัติเชิงกายภาพ สมบัติในการใช้งาน (handling properties) และสมบัติการยึดติดที่ดี[6] โดยเฉพาะสมบัติการยึดติดกับฐานฟันเทียมเป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่อความสำเร็จในการรักษา[13,38] ความล้มเหลวในการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานยังเป็นปัญหาที่พยายามพัฒนาแก้ไข[21] เนื่องจากการยึดติดไม่ดีจะเกิดเป็นแหล่งสะสมของของเหลวในช่องปาก (oral fluids)[4] คราบอาหาร[4-6,10-12,19,21,39] เศษอาหาร[12] จุลชีพ[2,4-6,10-12,19,21] หินน้ำลาย[11] และอาจเกิดการหลุดลอกออกของวัสดุเรซินเสริมฐาน[2,4-6,10,11,19,21] นอกจากนี้ความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุที่ไม่เพียงพอยังมีผลต่อความแข็งแรงของฐานฟันเทียม[4,5,19,40] อาจทำให้เกิดการแตกหักในขณะใช้งาน[5,6,10,19,40]

ปัจจัยที่มีผลต่อการยึดติดของฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐาน

ความแข็งแรงการยึดติดเป็นผลมาจากหลายปัจจัย Minami และคณะ ในปี 2004[39] ได้เปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อการยึดติดของฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐาน พบว่าชนิดของฐานฟันเทียม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ (thermocycling) การปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียม (surface treatment) และปริมาณความอิ่มตัวของน้ำในฐานฟันเทียม (water content in denture base) มีผลต่อความแข็งแรงการยึดติดเรียงจากมากไปหาน้อยตามลำดับ[6,39] การปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุ[2,3,9,21] และช่วยเพิ่มอายุการใช้งานของฟันเทียมให้นานขึ้น[39,41] ปัจจัยที่มีผลต่อการยึดติดของฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐาน มีดังนี้

1. **ชนิดของฐานฟันเทียม**[3-6,39]

ฐานฟันเทียมมีหลายชนิดแต่ชนิดที่ได้รับความนิยม คือ พอลิเมทิลเมทาคริเลตพอลิเมอร์ (poly(methyl methacrylate) polymers, PMMA) เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย ราคาประหยัด ใช้งานง่าย สมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพดี และมีสีสวยงาม[42] การเชื่อมโยงข้ามของสายพอลิเมอร์ (cross-link of the polymers chains)[41-43] และน้ำหนักโมเลกุลของเม็ดพอลิเมอร์ (polymer beads)[41] มีผลต่อ

ระดับการซึมผ่านของสารปรับสภาพพื้นผิวทางเคมี[5,41-44] และส่งผลต่อความสามารถของมอนอเมอร์ในการทอสานเป็นโครงข่ายพอลิเมอร์ เนื่องจากพอลิเมอร์ชนิดเชื่อมโยงข้ามจะถูกทำละลายแค่ในตัวสารเคมีบางชนิด เช่น คลอโรฟอร์ม (chloroform) หรืออะซีโตน (acetone)[43,45] ซึ่งมีผลให้ความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานกับฐานฟันเทียมลดลง[4,5,41,44,46-48]

2. ปริมาณความอิ่มตัวของน้ำในฐานฟันเทียม

เรซินอะคริลิกเป็นพอลิเมอร์ที่มีประจุ[19] สามารถดึงดูดโมเลกุลน้ำให้แทรกผ่านเข้าไปในฐานฟันเทียมและเกิดการแลกเปลี่ยนกับมอนอเมอร์ภายในฐานฟันเทียมที่หลงเหลืออยู่จากปฏิกิริยาการบ่มตัวซึ่งจะซึมผ่านออกมาจากฐานฟันเทียม[19,39] โมเลกุลน้ำที่แทรกเข้าไปจะผลักแยกสายพอลิเมอร์ให้ห่างออกจากกัน[44,49] เป็นผลให้ฐานฟันเทียมเกิดการบวมขึ้น เป็นการส่งเสริมให้โมเลกุลน้ำจากภายนอกสามารถแทรกผ่านเข้าไปได้มากขึ้นและทำให้สายพอลิเมอร์เกิดการพันกัน[39] โมเลกุลน้ำทำให้ความแข็งแรงของฐานฟันเทียมลดลง (plasticizing effect)[19,44] โดยความแข็งแรงของฐานฟันเทียมจะลดลงถึงที่สุดเมื่อฐานฟันเทียมดูดซับน้ำจนอิ่มตัว ซึ่งจะใช้ระยะเวลาในการอิ่มน้ำประมาณ 4 เดือน[5,44,46]

ในการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับผลของน้ำต่อการยึดติดของฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐานพบว่ามีความหลากหลาย โดยในบางการศึกษาระบุว่าปริมาณของน้ำในฐานฟันเทียมไม่มีผลต่อความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มเองกับฐานฟันเทียมแต่อย่างใด[6,19,39] แต่บางการศึกษาระบุว่าปริมาณน้ำในฐานฟันเทียมมีผลให้ความแข็งแรงการยึดติดมากขึ้นเมื่อใช้สารยึดติดชนิดชอบน้ำในเทคนิคการยึดติดแบบเปียก (wet bonding technique of hydrophilic bonding agent) ซึ่งอาศัยน้ำเพื่อช่วยในการเคลื่อนตัวของสารเคมี เช่น อะซีโตน และเมทิลีนคลอไรด์[39]

3. ชนิดของวัสดุเรซินเสริมฐาน[3-6,50]

วัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงในช่องปากมีผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด ด้วยส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันจึงมีผลต่อความสามารถในการยึดติดกับฐานฟันเทียมที่แตกต่างกัน[21] ปัจจุบันวัสดุเรซินเสริมฐานจะมีองค์ประกอบเป็นมอนอเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ (น้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 100) ซึ่งมีความสามารถในการซึมผ่านและทำให้เกิดการบวมที่พื้นผิวของฐานฟันเทียมได้ช้าและน้อยลง[6,39,50] จึงต้องใช้สารยึดติดร่วมด้วยเพื่อส่งเสริมให้พอลิเมอร์ที่พื้นผิวฐานฟันเทียมเกิดการบวมมากขึ้น[5,6,21,39]

วัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงในช่องปากที่มีส่วนประกอบของเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์สามารถให้การยึดติดที่ดีกับฐานฟันเทียมชนิดพอลิเมทิลเมทาคริเลต[6,39] แต่วัสดุเสริมฐานชนิดใหม่จะ

ไม่มีเมทิลเมทาคริเลตและพอลิเมทิลเมทาคริเลตเป็นองค์ประกอบ เนื่องจากต้องการพัฒนาสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพ ควบคุมระยะเวลาการแข็งตัว (setting time) ลดอุณหภูมิขณะบ่มตัวในช่องปากและลดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อในช่องปาก[6,9,11,14,21,22,28,38] โดยเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกัน บางการศึกษาระบุว่าวัสดุเรซินเสริมฐานทั้งสองชนิดมีความสามารถในการยึดติดกับฐานฟันเทียมไม่แตกต่างกัน[6] แต่บางการศึกษาระบุว่าวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดที่มีเมทิลเมทาคริเลตจะสามารถยึดติดกับฐานฟันเทียมได้ดีกว่าชนิดไม่มีเมทิลเมทาคริเลตเป็นองค์ประกอบ[39]

ภายหลังจากวัสดุเรซินเสริมฐานบ่มตัว มอนอเมอร์ที่ยังหลงเหลือจากการเกิดปฏิกิริยาสามารถละลายออกมาจากวัสดุเรซินเสริมฐานได้ ทำให้มีรสชาติที่ไม่ดี[28] และมีการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อในช่องปาก[12,14,28,30-33] เช่น ทำให้เกิดอาการปวด แดง และบวม[12,30,31] โดยระดับการระคายเคืองจะขึ้นอยู่กับปริมาณมอนอเมอร์ที่ละลายออกมา[12,51] การละลายออกของส่วนประกอบและการดูดน้ำของวัสดุเรซินเสริมฐานส่งผลต่อสมบัติของวัสดุเรซินเสริมฐานได้เช่นกัน ได้แก่ 1. สมบัติเชิงกล เช่น ความแข็ง (hardness)[11,12,23,52-54] ความแข็งแรงดัดโค้งตามขวาง (transverse strength)[11,12,52-54] และความล้า (fatigue limit)[11,12,52-54] 2. สมบัติเชิงกายภาพ เช่น ความคงตัวทางมิติของวัสดุ[11,12,54] การเปลี่ยนสี และความสามารถในการยึดติดของของวัสดุเรซินเสริมฐานกับฐานฟันเทียม[12] ดังนั้นความแข็งแรงของฐานฟันเทียมที่เสริมฐานแล้วจะเป็นผลมาจากทั้งสมบัติของฐานฟันเทียมร่วมกับสมบัติและความหนาของวัสดุเรซินเสริมฐานรวมกัน[44]

4. **ความเหนียวข้นของวัสดุเรซินเสริมฐาน** (Consistency of denture reline material)[3,7,43,55,56]

วัสดุเรซินเสริมฐานที่มีความเหนียวข้นสูงตั้งแต่ช่วงแรกของการแข็งตัว (early setting stage)[3,7] หรือจากการผสมวัสดุที่นานเกินไปจนเริ่มแข็งตัว[3] เป็นสาเหตุทำให้ความสามารถในการไหลแผ่ของวัสดุบนพื้นผิวของฐานฟันเทียมลดลง[3,7] จากการศึกษาของ Ware และ Docking ในปี 1959[56] และ Stanford ในปี 1955[55] พบว่าวัสดุจะสามารถยึดติดกับฐานฟันเทียมได้ดียิ่งขึ้นเมื่อถูกใช้ในระยะเหนียวยืด (sticky consistency)

5. **การปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียม** (Surface treatments)

เนื่องจากฐานฟันเทียมมีสิ่งปนเปื้อน[57] เช่น คราบจุลินทรีย์[21] คราบอาหาร[21] เศษวัสดุจากการใช้หัวกรอ[57] หรือจากกระบวนการในห้องปฏิบัติการ[21] การปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญเพื่อเพิ่มการยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน[21,39] โดยการปรับสภาพพื้นผิวสามารถทำได้ทั้งวิธีทางกล[4,21,39,41-43,50,57-65] และด้วยสารเคมี[4,21,39,41-43,48,57-64,67-70] มีรายละเอียดดังนี้

5.1 การปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมทางกล

ได้แก่ การใช้อนุภาคอลูมิเนียมออกไซด์ (aluminium oxide particle)[4,39,42,43,66] การใช้หัวกรอ[4, 39,41,42] การใช้กระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ (silicon carbide paper)[4] และการใช้เลเซอร์[39,42] เพื่อทำความสะอาด เพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดติด และเพิ่มการยึดติดทางกล (mechanical retention)[39,42]

การใช้หัวกรอปรับสภาพพื้นผิวเป็นขั้นตอนมาตรฐานก่อนที่จะปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมด้วยสารเคมี มีวัตถุประสงค์เพื่อทำความสะอาด ปรับแต่งรูปร่างฐานฟันเทียม เพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดติด และเพิ่มแรงดึงดูดแบบแวนเดอร์วาลส์ (van der Waals force attraction)[41] แต่ในขณะเดียวกันภายหลังการใช้หัวกรอก็ทำให้เกิดเศษสิ่งสกปรก ช่องว่างขนาดเล็ก (microvoids) และร่องบากตามร่องของหัวกรอ ทำให้แรงดึงดูดแบบแวนเดอร์วาลส์ลดลงและเป็นอุปสรรคต่อการไหลแผ่ของวัสดุเรซินเสริมฐาน ซึ่งเศษสิ่งสกปรกบนพื้นผิวไม่สามารถกำจัดออกด้วยการใช้เครื่องล้างชนิดอัลตราโซนิกชนิดบรรจุน้ำกลั่น (ultrasonic bath with distilled water) แต่จะสามารถกำจัดได้โดยการใช้สารเคมีเช่น คลอโรฟอร์ม ทำความสะอาดเป็นระยะเวลา 5 วินาที[41]

การใช้กระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์และการใช้อนุภาคอลูมิเนียมออกไซด์[4,39,42,43,66] ที่มีอนุภาคขนาด 50[4] และ 250[66] ไมโครเมตร เป็นการส่งเสริมการยึดติดระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานและฐานฟันเทียม โดยกำจัดสิ่งปนเปื้อนและเพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดติด[4] จากการศึกษาของ Takahashi และ Chai ในปี 2001[4] พบว่าการใช้กระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์และอนุภาคอลูมิเนียมออกไซด์สามารถเพิ่มความสามารถในการยึดติดได้ดี แต่จากการศึกษาการรั่วซึม (microleakage study) ของ Sarac และคณะ ในปี 2004[66] พบว่าการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมด้วยอนุภาคอลูมิเนียมออกไซด์จะเกิดการรั่วซึมที่รอยต่อของวัสดุเป็น 4 เท่าของการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเคมีชนิดเมทิลเมทาคริเลต และเป็น 1.5 เท่าของพื้นผิวที่ไม่ปรับสภาพ เนื่องจากพื้นผิวที่ไม่เรียบขนาดเล็กมีผลให้สารยึดติดไหลแผ่บนพื้นผิวได้ไม่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นผิวที่ไม่ปรับสภาพใดๆ

5.2 การปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเคมี

การปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเคมีเป็นการส่งเสริมให้เกิดการแทรกผ่านของมอนอเมอร์ของวัสดุเรซินเสริมฐานเข้าสู่พื้นผิวของฐานฟันเทียม[4,39] Sarac และคณะ ในปี 2005[42] พบว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเคมีสามารถเพิ่มความสามารถในการยึดติดของวัสดุเรซินซ่อมฐาน (repair material) กับฐานฟันเทียมได้[42] โดยชนิดและระยะเวลาการทาสารเคมีเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุ[71] โดยสารเคมีจะซึมเข้าไปและเปลี่ยนแปลงรูปร่างพื้นผิวของฐานฟันเทียม[39,41,43,72] ทำให้พื้นผิวฐานฟันเทียมเกิดเป็นรูพรุนขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 ไมโครเมตร[42,73] ซึ่งเป็นการเพิ่มโครงสร้างในการยึดติดทางกล (mechanical interlocking

structure)[4,71] และเปลี่ยนสมบัติทางเคมีของฐานฟันเทียม[39,41,43,72] ทำให้มีความแข็งแรงการยึดติดสูงขึ้น[41,43,72]

5.2.1 สารเคมีที่เกิดพอลิเมอร์ได้ (Polymerizable solvents)[4,43,57,74]

ได้แก่ มอนอเมอร์ของฐานฟันเทียมและมอนอเมอร์ของวัสดุเรซินเสริมฐาน[2,4] เช่น เมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ (methyl methacrylate monomers, MMA)[2,6,39,42,43,50,57,59,66,71] และไอโซบิวทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ (isobutyl methacrylate, IBMA)[2,4]

ความสามารถในการยึดติดเป็นผลมาจากความสามารถของมอนอเมอร์ของวัสดุเรซินเสริมฐานในการแทรกผ่านพื้นผิวของฐานฟันเทียมและเกิดการทอสานเป็นโครงข่ายพอลิเมอร์ (interpenetrating polymer network, IPN)[4,21,39] เมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์มีความสามารถในการละลายฐานฟันเทียมต่ำแต่ยังสามารถแทรกผ่านและเกิดพอลิเมอร์ได้[4,21,22,39,43] ความสามารถในการแทรกผ่านพื้นผิวของฐานฟันเทียมเป็นผลมาจากขนาดของโมเลกุลมอนอเมอร์ โดยโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่จะมีความสามารถในการแทรกผ่านได้น้อยกว่าและทำให้พื้นผิวของฐานฟันเทียมเกิดการบวมได้ช้ากว่ามอนอเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก[6,21,39,50]

สวอลเลนเลเยอร์ (Swollen layer) เป็นชั้นที่เกิดการบวมขึ้นของพอลิเมอร์จากการซึมผ่านของสารเคมีหรือมอนอเมอร์[6,50,75,76] ที่ถูกทาลงบนพื้นผิวของฐานฟันเทียมก่อนจะทำการยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน ชั้นพื้นผิวที่บวมจะเกิดที่ส่วนของพอลิเมอร์เมทริกซ์ (polymer matrix)[50] เนื่องจากมีกลุ่มเมทาคริเลตที่ไม่เกิดปฏิกิริยาบ่มตัว (unreacted pendant methacrylate groups, PMG) หลงเหลืออยู่[50] ทำให้โครงสร้างของพอลิเมอร์บริเวณนี้มีลักษณะหลวมๆ สารเคมีหรือมอนอเมอร์จึงสามารถซึมผ่านเข้าไปได้ง่ายกว่าส่วนของพีเอ็มเอ็มเอเพิร์ล (PMMA pearls) ของพอลิเมอร์[50] ความลึกในการซึมผ่านของสารเคมีหรือมอนอเมอร์ (diffusion depth) ขึ้นอยู่กับระยะเวลา อุณหภูมิ ชนิดของสารเคมีหรือมอนอเมอร์ อุณหภูมิสภาพแก้ว (glass transition temperature, T_g) ของพอลิเมอร์และโครงสร้างพอลิเมอร์ของฐานฟันเทียม[6,50,75,76] ภายหลังจากพื้นผิวของฐานฟันเทียมเกิดการบวม เมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์และมอนอเมอร์ชนิดมีการเชื่อมโยงข้าม (cross-linked monomers) ของวัสดุเรซินเสริมฐานจะซึมผ่านเข้าไปและเกิดการทอสานเป็นโครงข่ายพอลิเมอร์ ดังนั้นการเพิ่มความลึกของสวอลเลนเลเยอร์จึงมีความสำคัญในการเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดของระหว่างสองวัสดุ[6,50,76]

นอกจากนี้ ระยะเวลาในการทามอนอเมอร์ก็มีผลต่อการยึดติดเช่นกัน[50] โดยระยะเวลาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดของเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์คือ 180 วินาที[8,50,57,71] ทำให้เกิดสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมที่เรียบกว่าพื้นผิวที่ไม่ปรับสภาพ[42] และพบว่าให้ความแข็งแรงการยึดติด

ที่ดีกว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยอะซีโตน (acetone)[2,71] คลอโรฟอร์ม (chloroform)[2] และเมทิลีน-คลอไรด์[71] (methylene chloride)

จากหลายการศึกษาพบว่า มอนอเมอร์สามารถเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มเองกับฐานฟันเทียมได้[4,22,50,71] และจากการศึกษาการรั่วซึมเมื่อปรับสภาพพื้นผิวด้วยเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์และเสริมฐานด้วยวัสดุเสริมฐานแบบนุ่มชนิดซิลิโคน (silicone-based resilient reline material) พบว่าค่าการรั่วซึมต่ำกว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยอนุภาคอลูมิเนียมออกไซด์ร่วมกับการใช้สารยึดติดและต่ำกว่าการใช้สารยึดติดเพียงอย่างเดียว[66] แต่ในบางการศึกษาพบว่ามอนอเมอร์ไม่ช่วยเพิ่มการยึดติดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[4,77] และพบว่าเมื่อทำการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมด้วยมอนอเมอร์และยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มเองพบว่าไม่เพิ่มความแข็งแรงดัดโค้งตามขวางแต่อย่างใด[74,77,78]

5.2.2 สารเคมีที่ไม่เกิดพอลิเมอร์ (Nonpolymerizable solvents)

ได้แก่ อะซีโตน[5,6,21,39,42,43,71,79] คลอโรฟอร์ม[2,5,6,21,39,42,43] ไดคลอโรมีเทน (dichloromethane)[4,5,6,21,39] เมทิลีนคลอไรด์[39,42,71] เมทิลฟอร์เมต (methyl formate) เมทิลอะซีเตต (methyl acetate) และสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต[8]

สารเคมีทำหน้าที่เตรียมพื้นผิวของฐานฟันเทียม โดยทำให้เกิดสวอลเลนเลเยอร์และส่งเสริมการไหลแผ่ของวัสดุเรซินเสริมฐาน[3,4,80,81] เมื่อมีการละลายที่พื้นผิวของฐานฟันเทียมก็จะส่งเสริมให้มีการแทรกผ่านของส่วนที่เกิดพอลิเมอร์ได้โดยเฉพาะเมทิลเมทาคริเลตของวัสดุเรซินเสริมฐานทำให้เกิดการทอสานเป็นโครงข่ายพอลิเมอร์[4,64,65,67]

จากการศึกษาความแข็งแรงดัดโค้งตามขวางโดยใช้เมทิลฟอร์เมต เมทิลอะซีเตต และสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ความเข้มข้นร้อยละโดยปริมาตร 75:25, 50:50 และ 25:75[8] ปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมเป็นระยะเวลา 15 วินาที พบว่าทำให้พื้นผิวของฐานฟันเทียมให้เกิดลักษณะเป็นรวงผึ้งสามมิติ (3D honeycomb appearance) ที่มีรูพรุนหลายขนาดและหลากหลายความลึก ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดติด เพิ่มการยึดติดทางกล ส่งเสริมให้เกิดการแทรกซึมของวัสดุเรซินเสริมฐานมากขึ้น ทำให้ค่าความแข็งแรงดัดโค้งตามขวางสูงขึ้น และพบว่าพื้นผิวบริเวณที่ยึดติดกันเมื่อถูกแยกออกจะเกิดเป็นลักษณะการเสียสภาพเชื่อมแน่นทั้งหมด (cohesive failure) ซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยเมทิลเมทาคริเลตและการใช้สารยึดติดชนิดรีเบสทู (rebase II adhesive) ที่ทำให้พื้นผิวฐานฟันเทียมเกิดเป็นลักษณะหลุมตื้นและเป็นเนินขนาดเล็กตามลำดับ นอกจากนี้เมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตยังเป็นสารที่ปลอดภัยกว่าการใช้เมทิลเมทาคริเลตอีกด้วย[8]

คลอโรฟอร์มและอะซีโตนถูกแนะนำให้ใช้ทาปรับสภาพพื้นผิวเป็นระยะเวลา 5 วินาที[2,41,42] เพื่อทำความสะอาดผิวฐานฟันเทียมให้เหมาะสมในการยึดติด[41] คลอโรฟอร์มเป็นตัวทำละลายพื้นผิวของฐานฟันเทียมที่มีประสิทธิภาพดีกว่ามอนอเมอร์เนื่องจากสามารถกำจัดสิ่งสกปรกและร่องส่วนเกิน (overhanging grooves) ซึ่งทำให้วัสดุเรซินเสริมฐานสามารถไหลแผ่และแนบสนิทกับพื้นผิวของฐานฟันเทียมได้ดีกว่าแต่ต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง[41] เนื่องจากการศึกษาในหนูทดลองพบว่าคลอโรฟอร์มเป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้นสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกาสั่งห้ามใช้เป็นส่วนผสมของยา เครื่องสำอางค์ และผลิตภัณฑ์บรรจุอาหาร[41] แม้ว่าในคลินิกจะใช้คลอโรฟอร์มในปริมาณที่น้อยและเป็นสารที่สามารถระเหยได้ง่าย แต่ผู้ใช้ก็ควรระมัดระวังการสูดดมในระหว่างการใช้งาน[41] ส่วนอะซีโตนพบว่าสามารถปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมได้เรียบกว่ามอนอเมอร์[42] และทำให้พื้นผิวเกิดเป็นลักษณะหลุมตื้น แต่จากการทดสอบความแข็งแรงดัดโค้งตามขวางเมื่อปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมด้วยการจุ่มในอะซีโตนเปรียบเทียบกับกลุ่มที่จุ่มในมอนอเมอร์ พบว่าให้ค่าความแข็งแรงดัดโค้งตามขวางไม่แตกต่างกันและทั้งสองกลุ่มให้ค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิวใดๆ[43]

จากการศึกษาโดยการใช้เมทิลีนคลอไรด์ปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมเป็นระยะเวลา 5 วินาที พบว่าประสิทธิภาพการแทรกซึมมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในฐานฟันเทียม โดยในฐานฟันเทียมที่อิ่มน้ำ เมทิลีนคลอไรด์สามารถซึมผ่านพื้นผิวของฐานฟันเทียมได้ลึกกว่าในฐานฟันเทียมที่ปราศจากน้ำ เนื่องจากเมทิลีนคลอไรด์จะเคลื่อนที่โดยการแทนที่น้ำที่มีอยู่ในฐานฟันเทียม ส่งผลให้มอนอเมอร์ของวัสดุเรซินเสริมฐานสามารถซึมผ่านตามเข้าไปได้ลึกขึ้นและได้แรงยึดติดที่สูงขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยเมทิลีนคลอไรด์ช่วยเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานกับฐานฟันเทียม ทำให้สามารถต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะได้ดียิ่งขึ้น[39]

ไดคลอโรมีเทน เป็นส่วนประกอบหลักในสารยึดติดของโทคุโซรีเบส (Tokuso rebase) ชื่อโทคุโซรีเบสเอด (Tokuso rebase aid)[4,21] มีหน้าที่ส่งเสริมการแทรกซึมของวัสดุเรซินเสริมฐาน[9] ระยะเวลาการใช้งาน 5 วินาที พบว่าสามารถทำให้พื้นผิวของฐานฟันเทียมเกิดลักษณะเป็นรูพรุนคล้ายฟองน้ำ (sponge-like denture surface)[21] Rupp และคณะ ในปี 1971[67] และ Mutsumura และคณะ ในปี 2001[7] พบว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการกรอผิวร่วมกับการใช้ไดคลอโรมีเทนให้ความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานและฐานฟันเทียมที่ดี[7] และจากการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุเรซินเสริมฐานยี่ห้อโทคุโซรีเบส จำนวน 50 ราย ภายหลังจากการใช้งานไป 1 ปี พบว่าวัสดุเรซินเสริมฐานสามารถยึดติดกับฐานฟันเทียมได้ดีและมี 3 รายที่มีการหลุดลอกของวัสดุเรซินเสริมฐานที่ขอบของฐานฟันเทียมเนื่องจากเป็นบริเวณที่ไม่ได้ปรับสภาพพื้นผิว[7]

5.2.3 สารยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐาน (Primer[2,6,10,21,43,57] หรือ bonding agent [2,4,14,59,80,81])

สารยึดติดเป็นปัจจัยหลักหนึ่งในการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานกับฐานฟันเทียม โดยเป็นสารที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้ก่อนยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน[3,4] ซึ่งมีส่วนประกอบที่แตกต่างกันในแต่ละบริษัท สารยึดติดจะปรับเปลี่ยนสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียม ทำให้พื้นผิวของฐานฟันเทียมบวมขึ้น[5,6,21,39] และส่งเสริมการแทรกผ่านของมอนอเมอร์ของวัสดุเรซินเสริมฐาน[6,12,82]

จากหลายการศึกษาพบว่าสารยึดติดสามารถเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[10,11,17] และสามารถปรับสภาพพื้นผิวได้ดีด้วยวิธีการใช้แปรงทา (brush application)[21] Curtis และคณะ ในปี 1989[59] พบว่าการปรับสภาพด้วยสารยึดติดให้ความแข็งแรงยึดเฉือนดีกว่ามอนอเนอร์ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Lawinstein และคณะ ในปี 1995[77] ซึ่งพบว่าสารยึดติดมีประสิทธิภาพด้อยกว่ามอนอเมอร์ การที่ผลการศึกษาไม่สอดคล้องกันอาจเป็นผลจากหลายปัจจัย ได้แก่ ความแตกต่างของวิธีการ ชนิดของมอนอเมอร์ ชนิดของสารยึดติด วิธีการทดสอบ[77] ความไม่เข้ากันของสารยึดติดกับฐานฟันเทียมหรือวัสดุเรซินเสริมฐาน[3,6] ชั้นของสารยึดติดหนาเกินไป หรือมีอากาศแทรกเข้าไปในชั้นของสารยึดติดขณะใช้งาน[3]

สารยึดติดแบ่งตามส่วนประกอบออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ 1. ชนิดมีมอนอเมอร์เป็นส่วนประกอบพื้นฐาน (monomer-based) เช่น เมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์[4,5,6,21,39,50] และสอง-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต (2-hydroxyethyl methacrylate, 2-HEMA)[5,6,21,39,50] 2. ชนิดมีตัวทำละลายเป็นส่วนประกอบพื้นฐาน (solvent-based) เช่น ไดคลอโรมีเทน อะซีโตน และคลอโรฟอร์ม[5,6,21,39] 3. ชนิดมีมอนอเมอร์และพอลิเมอร์เป็นส่วนประกอบพื้นฐาน[21]

สารยึดติดชนิดมีมอนอเมอร์เป็นส่วนประกอบพื้นฐาน มีส่วนประกอบหลักเป็นเมทาคริเลตมอนอเมอร์[21] แม้ว่าเมทาคริเลตมอนอเมอร์จะมีความสามารถในการละลายพื้นผิวฐานฟันเทียมต่ำแต่ก็สามารถซึมผ่านเกิดพอลิเมอร์กับฐานฟันเทียม[2,21,39,43] และมีการยึดติดทางกลกับวัสดุเสริมฐานได้[2] นอกจากนี้เมทิลเมทาคริเลตและไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลตได้รับการพิจารณาให้เป็นสารยึดติดที่ดีเนื่องจากมีน้ำหนักโมเลกุลน้อยจึงสามารถแทรกผ่านพื้นผิวของฐานฟันเทียมลงไปได้ลึกและได้แรงยึดติดที่ดี[6]

สารยึดติดชนิดมีตัวทำละลายเป็นส่วนประกอบพื้นฐาน ส่วนประกอบหลัก คือ ไดคลอโรมีเทน และอะซีโตน[21] ตัวทำละลายสามารถละลายพื้นผิวของฐานฟันเทียมทำให้พื้นผิวเกิดการบวม เพิ่มการไหลแผ่ และเป็นการเตรียมพื้นผิว[3,4,80,81] เพื่อส่งเสริมให้เกิดการซึมผ่านของมอนอเมอร์ของวัสดุเรซินเสริมฐาน[3,21,39,80,81] ตัวทำละลายบางตัวสามารถเข้าไปแทนที่น้ำในฐานฟันเทียมส่งเสริมให้มอนอเมอร์สามารถซึมผ่านได้ลึกขึ้น[80,81]

สารยึดติดชนิดมีมอนอเมอร์และพอลิเมอร์เป็นส่วนประกอบพื้นฐาน ส่วนประกอบหลักคือ เมทาคริเลตมอนอเมอร์และพอลิเมอร์ โดยพอลิเมอร์จะเป็นชั้นบางๆเคลือบอยู่บนพื้นผิวของฐานฟันเทียมเพื่อเพิ่มการยึดติดให้สูงขึ้น[21] แต่จากการศึกษาของ Mutluay และ Ruyter ในปี 2005[6] พบว่าการใช้สารยึดติดที่มีส่วนผสมของมอนอเมอร์และพอลิเมอร์ ทำให้การยึดติดต่ำลงเนื่องจากโพลิเมอร์มีโมเลกุลขนาดใหญ่ยากต่อการแทรกซึมเข้าฐานฟันเทียมแม้จะมีเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ผสมอยู่ด้วยก็ตาม และเมื่อทำการเป่าแห้งส่วนของเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์จะเกิดการระเหยออกหลงเหลือแต่ส่วนโพลิเมอร์เป็นชั้นหนาประมาณ 28 ไมโครเมตร ส่งผลให้วัสดุเรซินเสริมฐานมีการยึดติดที่ไม่ดี[6]

6. **ปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม**

เช่น ความเค้นดัดขวางแบบวัฏจักร (cyclic flexural stress) และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขณะใช้งาน (thermal stress during function)[6,21,39] เป็นปัจจัยที่มีผลทำให้ความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานลดลง

7. **สิ่งปนเปื้อน**[20,21,39,80]

สิ่งปนเปื้อนบนพื้นผิวของฐานฟันเทียมอันเกิดจากน้ำลาย[73] จุลินทรีย์ในช่องปาก และจากอาหารที่รับประทาน เป็นปัญหาที่สำคัญซึ่งมีผลลดความสามารถในการยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน[21] ดังนั้นขั้นตอนการกำจัดสิ่งปนเปื้อนต่างๆออกด้วยการปรับสภาพพื้นผิวทางกลเป็นกระบวนการที่สำคัญ ก่อนจะปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมด้วยสารเคมี[21,39]

วัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็ง โทคุยามารีเบสทู

วัสดุเรซินเสริมฐาน โทคุยามารีเบสทู เป็นวัสดุเรซินเสริมฐานและเป็นวัสดุเรซินซ่อมฐานฟันเทียม (repair material) สามารถใช้เสริมฐานโดยตรงในช่องปากในคลินิกและใช้ในห้องปฏิบัติการ เป็นวัสดุที่มีกลิ่นน้อย เกิดความร้อนขณะบ่มตัวไม่มาก ขัดแต่งง่าย มีความแนบและการไหลแผ่ที่ดี พบฟองอากาศน้อย มีค่าความแข็งแรงเชิงกลสูง (high mechanical strength) และประหยัดค่าใช้จ่ายจากการที่ไม่ต้องส่งไปทำที่ห้องปฏิบัติการ[83]

วัสดุหนึ่งชุดประกอบด้วย ส่วนผง ส่วนน้ำ สารยึดติด และผงโทคุโซเรซินฮาร์ดเดนเนอร์ทู (Tokuso resin hardener II)[83] ส่วนผงประกอบด้วยร้อยละ 99 ของพอลิเอทิลเมทาคริเลตที่มีน้ำหนักโมเลกุล 198,000 และร้อยละ 1 ของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide) และส่วนน้ำเป็นโคโพลิเมอร์ (copolymer) ชนิดไม่มีเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์เป็นองค์ประกอบพื้นฐาน (non-MMA-based-liquid) ประกอบด้วย ร้อยละ 59 ของ 2-อะซีโตอะซีทอกซีเอทิลเมทาคริเลต (2-

(Acetoacetoxy) ethylmethacrylate) และร้อยละ 39 ของ 1,9-โนนานีไดออลไดเมทาคริเลต (1,9-Nonanediol dimethacrylate)[83,84] มีน้ำหนักโมเลกุล 214.22 และ 296.4 ตามลำดับ ซึ่งมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่าเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 100 ขนาดโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้นอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพในการยึดติดลดลงได้[39] สารยึดติดประกอบด้วยร้อยละ 47 ของเอทิลอะซีเตต (ethyl acetate) และร้อยละ 47 ของอะซีโตน บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้ทาปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมเป็นระยะเวลา 20 วินาที[83] โดยอะซีโตนจะมีประสิทธิภาพการแทรกซึมได้ดีเมื่อใช้กับฐานฟันเทียมที่อิ่มน้ำ[39]

โทคุยามารีเบสทูเป็นพอลิเมอร์ชนิดเชื่อมโยงข้ามสูง[9,14,84,85] เนื่องจากมี 1,9-โนนานีไดออล-ไดเมทาคริเลตเป็นสารที่ทำให้เกิดการเชื่อมโยงข้าม (crosslinking agent)[84] ทำให้วัสดุมีความแข็งแรงมากขึ้น มีค่าความแข็งแรงดัดโค้งตามขวางสูง (transverse bend strength)[14] และมีการดูดซึมน้ำที่ต่ำ[9,12,14,85] เมื่อเปรียบเทียบกับพอลิเมอร์ชนิดไม่มีการเชื่อมโยงข้าม[14]

วัสดุมี 2 ชนิด คือ ชนิดบ่มตัวเร็ว (fast set) ใช้ระยะเวลาการบ่มตัว 4 นาที 30 วินาที และชนิดบ่มตัวปกติ (regular set) ใช้ระยะเวลาการบ่มตัว 8 นาทีภายในช่องปาก ภายหลังจากวัสดุบ่มตัวในช่องปากให้นำฐานฟันเทียมที่เสริมฐานแล้วแช่ในสารละลายของโทคุโซเรซินฮาร์ดเดนเนอร์ทูเป็นระยะเวลา 3 นาทีเพื่อทำให้วัสดุเรซินเสริมฐานบ่มตัวสมบูรณ์ วัสดุสามารถตัดแต่งโดยใช้ใบมีด และขัดแต่งด้วยหัวกรอคาร์ไบด์ หัวกรอชนิดอิมเพรกเนทเตตพอยท์ (impregnated points) และวีล (wheels) ผงขัด และชุดหัวขัดอะคริลิก (acrylic polishers)

จากการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดไม่มีเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์เป็นส่วนประกอบพื้นฐาน (ยี่ห้อ โทคุโซรีเบส) กับวัสดุซ่อมฐาน ยี่ห้อรีแพร์แมททีเรียล (repair material) ซึ่งเป็นชนิดมีเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์เป็นส่วนประกอบพื้นฐาน นำมายึดติดกับฐานฟันเทียมที่ได้รับการปรับสภาพพื้นผิวรูปแบบเดียวกัน พบว่าวัสดุชนิดไม่มีเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์เป็นส่วนประกอบพื้นฐานมีประสิทธิภาพการยึดติดน้อยกว่าวัสดุชนิดมีเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์เป็นส่วนประกอบพื้นฐาน[39] แต่กระนั้นมอนอเมอร์ชนิดไม่มีเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ก็มีข้อดีหลายประการ ได้แก่ เป็นสารที่มีการระเหยน้อยกว่า มีอุณหภูมิขณะบ่มตัวต่ำกว่า มีการระคายเคืองเนื้อเยื่อในช่องปากน้อย เมื่อเทียบกับการใช้มอนอเมอร์ชนิดเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์เป็นส่วนประกอบพื้นฐาน[7,39]

การทดสอบความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐาน

การทดสอบความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐานสามารถทดสอบได้หลายวิธี เช่น ทดสอบด้วยแรงดึง (tensile test)[22,86-89] ทดสอบด้วยแรงเฉือน (shear

test)[4,5,29,39,42] ทดสอบด้วยแรงดัดโค้ง (bending test)[90,91] และทดสอบด้วยแรงดัดโค้งตามขวาง (transverse test)[9,92,93]

1. **การทดสอบความแข็งแรงดัดโค้งตามขวาง (transverse bond strength test)**

ตามมาตรฐานสากล International standards organization specification ลำดับที่ 1567 ซึ่งเป็นมาตรฐานการทดสอบของฐานฟันเทียมชนิดพอลิเมอร์ (denture base polymer)[94] ชิ้นตัวอย่างที่ทำการทดสอบจะถูกเตรียมเป็นทรงเหลี่ยม (bar-shape) ทดสอบโดยใส่แรงอัด (compressive load) ลงตั้งฉากตรงกลางความยาวของวัสดุ (ภาพประกอบ 1) การทดสอบชนิดนี้มีข้อจำกัดในการแปลผล เนื่องจากความเค้น (stress) ที่เกิดบริเวณรอยต่อของฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐานเป็นผลมาจากหลายปัจจัย โดยในขณะทำการทดลองจะเกิดการโค้งงอจากการใส่แรง 3 จุด (3-point bending mode) ธรรมชาติของความเค้นจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ ตำแหน่งของวัสดุ เช่น จุดที่ลงแรงอัดจะรับแรงมากกว่าบริเวณอื่น การกระจายแรงภายในวัสดุขึ้นอยู่กับความหนาของวัสดุ ระยะระหว่างจุดที่รองรับแท่งตัวอย่าง และมอดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (elastic modulus) ซึ่งมอดูลัสของสภาพยืดหยุ่นของฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐานที่มีความแตกต่างกัน จะทำให้ความเค้นที่เกิดขึ้นบริเวณรอยต่อมีค่าไม่คงที่และไม่สามารถนำไปเปรียบเทียบกับวัสดุตัวอื่นได้[5] การคำนวณหาค่าความแข็งแรงดัดโค้งตามขวางมีสูตรคำนวณดังนี้[8]

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

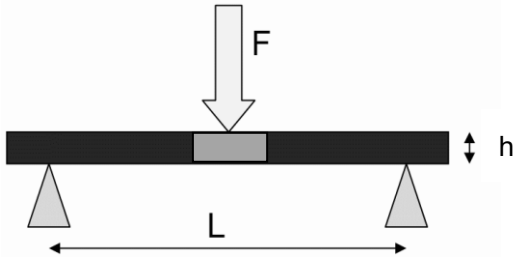
δ คือ ค่าความแข็งแรงดัดโค้งตามขวาง หน่วยเป็น เมกะพาสคาล (MPa)

F คือ ค่าแรงที่สูงที่สุด หน่วยเป็น นิวตัน (N)

l คือ ความยาวระหว่างจุดที่รองรับแท่งตัวอย่าง หน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

b คือ ความกว้างของชิ้นตัวอย่าง หน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

h คือ ความสูงของชิ้นตัวอย่าง หน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)



ภาพประกอบ 1 การทดสอบด้วยแรงดัดโค้งตามขวาง

2. **การทดสอบความทนแรงดึง** (tensile bond strength test)

เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ชิ้นตัวอย่างถูกเตรียมเป็นทรงแท่งหรือทรงกระบอก (bar- หรือ rod-shape) และทำการยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐานที่ปลายข้างหนึ่งก่อนนำไปทดสอบ[5] ผลจากการทดสอบสามารถนำไปแปลค่าได้ง่ายและสามารถนำไปเปรียบเทียบกับวัสดุอื่นได้[5,6] การคำนวณหาค่าความทนแรงดึงมีสูตรคำนวณดังนี้[6]

$S = F/D$

S คือ ค่าความทนแรงดึง หน่วยเป็น เมกะพาสคาล (MPa)

F คือ แรงดึง หน่วยเป็น นิวตัน (N)

D คือ ขนาดของพื้นที่ผิว หน่วยเป็น ตารางมิลลิเมตร (mm^2)

ภาพประกอบ 2 การทดสอบด้วยแรงดึง

3. **การทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือน** (shear bond strength test)

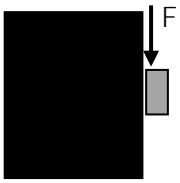
การทดสอบหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือน[5,12,42] สามารถทดสอบตามมาตรฐานสากล International standards organization specification ลำดับที่ 11405[95] ซึ่งใช้ในการศึกษาของ Hayakawa และคณะ ในปี 2006[12] หรือตามมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM standards) หมายเลข D 4501[96] โดยจะใส่แรงที่รอยต่อระหว่างสองวัสดุ[5,42] (ภาพประกอบ 3) ผลจากการทดสอบบ่งบอกถึงความสามารถในการยึดติดกันระหว่างวัสดุได้ดีกว่าการทดสอบด้วยแรงดึงเนื่องจากการแตกมักจะเกิดที่รอยต่อมากกว่าภายในเนื้อของวัสดุ การประเมินโดยดูค่าความแข็งแรงยึดเฉือนจึงสามารถสื่อถึงความสามารถในการยึดติดกันได้ดีกว่า[5] การคำนวณหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือนมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\tau = \frac{F}{A}$$

τ คือ ค่าความแข็งแรงยึดเฉือน หน่วยเป็น เมกะพาสคาล (MPa)

F คือ แรงเฉือน หน่วยเป็น นิวตัน (N)

A คือ ขนาดของพื้นที่ผิว หน่วยเป็น ตารางมิลลิเมตร (mm^2) โดยพื้นที่วงกลมสามารถคำนวณได้จากสูตร D = πr^2



ภาพประกอบ 3 การทดสอบด้วยแรงเฉือน

ลักษณะการแตกหักของวัสดุภายหลังการทดสอบการยึดติดด้วยแรงชนิดต่างๆ จะพบการเสียสภาพ 3 ลักษณะ คือ การเสียสภาพยึดติด (adhesive failure) คือ การเสียสภาพที่เกิดระหว่างพื้นผิวของสองวัสดุเนื่องจากประสิทธิภาพการยึดติดกันไม่เพียงพอ การเสียสภาพเชื่อมแน่น (cohesive failure) คือ การเสียสภาพภายในเนื้อวัสดุซึ่งอาจเป็นของฐานฟันเทียมหรือวัสดุเรซินเสริมฐาน ซึ่งแสดงว่าความสามารถในการยึดติดระหว่างสองวัสดุมีค่าสูงกว่าภายในเนื้อของวัสดุเอง และการเสียสภาพผสม (mixed failure) คือ มีทั้งการเสียสภาพยึดติดและการเสียสภาพเชื่อมแน่นผสมกัน[11,57]

จากการศึกษาที่ผ่านมาสรุปได้ว่า วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดมีเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์เป็นส่วนประกอบพื้นฐานมีประสิทธิภาพการยึดติดสูงกว่าวัสดุชนิดไม่มีเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์เป็นส่วนประกอบพื้นฐาน[39]

การปรับสภาพพื้นผิวทางกลเป็นวิธีการมาตรฐานในการปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมก่อนจะทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดติด[21,39] เพราะเป็นการทำความสะอาด กำจัดสิ่งปนเปื้อน ปรับแต่งรูปร่าง เพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดติด เพิ่มการยึดติดทางกล และเพิ่มแรงดึงดูดแบบแวนเดอร์วาลส์[39,41,42] แต่มีผลการศึกษาขัดแย้ง โดยพบว่าการใช้อนุภาคอลูมิเนียมออกไซด์ปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมให้ผลการยึดติดน้อยกว่าพื้นผิวที่ไม่ปรับสภาพและพื้นผิวที่ปรับสภาพด้วยเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์[66]

การปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมด้วยใช้เมทิลฟอร์เมต เมทิลอะซีเตต และสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต พบว่าให้ความแข็งแรงการยึดติดที่สูงกว่าการใช้เมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์และการใช้สารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู (มีส่วนประกอบของอะซีโตน)[8]

การปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมด้วยเมทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ให้ความแข็งแรงการยึดติดที่สูงกว่าการใช้อะซีโตน[2,71] คลอโรฟอร์ม[2] เมทิลีนคลอไรด์[71] การใช้อนุภาคอลูมิเนียมออกไซด์ร่วมกับการใช้สารยึดติด[66] และการใช้สารยึดติดเพียงอย่างเดียว[66,77] แต่ในบางการศึกษามีผลขัดแย้ง

โดยพบว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ให้ผลการยึดติดน้อยกว่าการใช้สารยึดติด[59] และการใช้มอนอเมอร์ให้ผลการยึดติดไม่แตกต่างกับการใช้อะซีโตนและทั้งสองมีค่าสูงกว่าพื้นผิวที่ไม่ปรับสภาพใดๆ[43]

การปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมด้วยสารยึดติดที่มีส่วนประกอบของไดคลอโรมีเทน พบว่าให้การยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานกับฐานฟันเทียมได้ดี แม้ผ่านการใช้งานไปเป็นเวลา 1 ปี[7] และมีการทดลองพบว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการกรอร่วมกับการใช้ไดคลอโรมีเทนให้ผลการยึดติดที่ดี[7,67]

ทั้งนี้ผลการทดลองที่ได้ในแต่ละงานวิจัยมีทั้งที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกัน อาจมีปัจจัยมาจากชนิดของวัสดุฐานฟันเทียม วัสดุเรซินเสริมฐาน วิธีการปรับสภาพพื้นผิว วิธีการทดสอบความแข็งแรงการยึดติด และปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นๆที่แตกต่างกันไป โดยยังไม่มีการทดลองใดที่ทำการทดลองและเปรียบเทียบความสามารถในการยึดติดของวัสดุฐานฟันเทียม เวอร์เทกซ์ราพิดซิมพลิไฟด์ กับวัสดุเรซินเสริมฐาน โทคุยามารีเบสทู กับวิธีการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมที่ทำการปรับเปลี่ยนให้มีความเหมาะสมกับชนิดของวัสดุที่มีใช้ในคลินิก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย มีดังนี้

1. วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อน เวอร์เทกซ์ราพิดซิมพลิไฟด์ (Vertex™ Rapid Simplified, Lot No. XW334P01, Vertex Dental B.V., Netherlands)

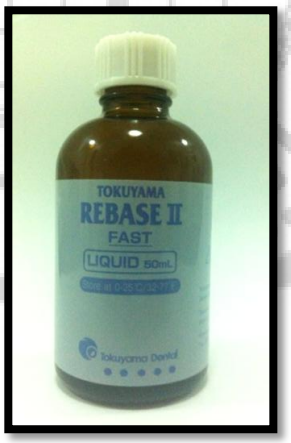
2. วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มเอง โทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II, Lot No. 439, Tokuyama dental corporation, Japan)

ภาพประกอบ 4 วัสดุเรซินเสริมฐาน โทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II, Lot No. 439, Tokuyama dental corporation, Japan)

3. มอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรด (Unifast Trad – Liquid, Lot No. 1208022, GC Dental Products Corp, Japan)

ภาพประกอบ 5 มอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรด (Unifast Trad – Liquid, Lot No. 1208022, GC Dental Products Corp, Japan)

4. มอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II Liquid, Lot No. 574, Tokuyama dental corporation, Japan)



ภาพประกอบ 6 มอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II Liquid, Lot No. 574, Tokuyama dental corporation, Japan)

5. สารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II Adhesive, Lot No. E962, Tokuyama dental corporation, Japan)

ภาพประกอบ 7 สารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II Adhesive, Lot No. E962, Tokuyama dental corporation, Japan)

6. สารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ซียูอะคริลิกบอนด์ (CU Acrylic Bond, Lot No. 002/2012, คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ภาพประกอบ 8 สารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ซียูอะคริลิกบอนด์ (CU Acrylic

Bond, Lot No. 002/2012, คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

7. แม่แบบซิลิโคน (Silicone mold) โดยทำจากซิลิโคน อีลิทเอชดีพลัส (elite HD+, Lot No. 160521, Zhermack SpA, Badia Polesine, Italy)

ภาพประกอบ 9 ซิลิโคน อีลิทเอชดีพลัส (elite HD+, Lot No. 160521, Zhermack SpA, Badia Polesine, Italy)

ภาพประกอบ 10 แม่แบบซิลิโคน

8. ท่อพีวีซี เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร

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

10. เครื่องทดสอบสากล (Universal testing machine; Instron model 5566, Instron Corporation, Canton, MA)

11. กล้องสเตอริโอไมโครสโคป (Stereomicroscope; No. 887615, Kyowa optical Co., Ltd, Tokyo, Japan)

12. เครื่องอัลตราโซนิก (Model-275D, Crest Ultrasonics Corp., Cortland, New York)

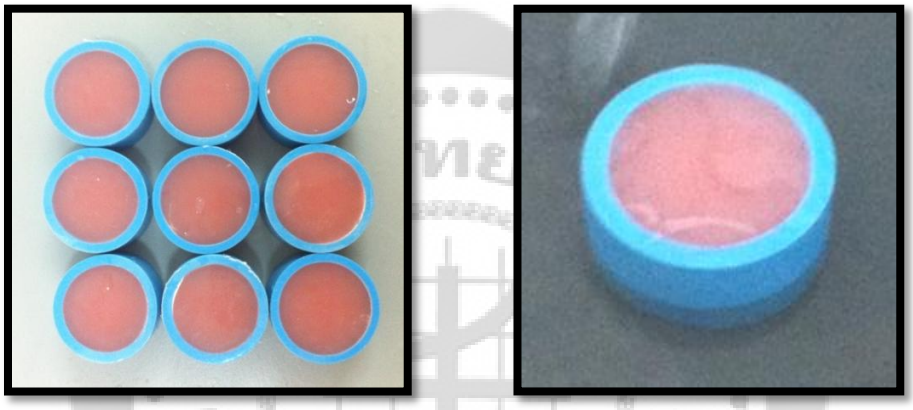
13. แผ่นพอลิเอทิลีน (Polyethylene film)

ตาราง 1 องค์ประกอบของวัสดุที่ใช้ในการศึกษาและบริษัทผู้ผลิต

วัสดุ	ส่วนประกอบ	บริษัทผู้ผลิต
วัสดุฐานฟันเทียม เวอร์เทกซ์ราพิด ซิมพลิไฟด์ (Vertex™ Rapid Simplified) Lot No. XW334P01	ส่วนผง : Polymethyl methacrylate ส่วนน้ำ : Methyl methacrylate	Vertex Dental B.V., Netherlands
วัสดุเสริมฐาน โทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II) Lot No. 439	ส่วนผง : Polyethyl methacrylate ส่วนน้ำ : 2-(Acetoacetoxy) ethylmethacrylate, 1,9-Nonanediol dimethacrylate	Tokuyama dental corporation, Japan
มอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรด (Unifast Trad – Liquid) Lot No. 1208022	Methyl methacrylate	GC Dental Products Corp, Japan
มอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II Liquid) Lot No. 574	ส่วนน้ำ : 2-(Acetoacetoxy) ethylmethacrylate, 1,9-Nonanediol dimethacrylate	Tokuyama dental corporation, Japan
สารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II Adhesive) Lot No. E962	Ethyl acetate, acetone	Tokuyama dental corporation, Japan
สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต (CU Acrylic Bond) Lot No. 002/2012	Methyl formate ร้อยละ 25 Methyl acetate ร้อยละ 75	คณะทันตแพทย-ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. เตรียมชิ้นงานฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต โดยใช้ท่อพีวีซีเตรียมชิ้นงานเป็นรูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 16±1 มิลลิเมตร สูง 15±1 มิลลิเมตร เป็นจำนวนทั้งหมด 120 ชิ้น นำมาขัดแต่งพื้นผิวให้เรียบด้วยกระดาษทรายน้ำความละเอียด 400, 600 และ 800 ล้างทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำชิ้นงานมาแช่ในภาชนะที่บรรจุน้ำกลั่น นำไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพประกอบ 11 ชิ้นงานฐานฟันเทียม

ภาพประกอบ 12 กระดาษทรายน้ำ ความละเอียด 400, 600, 800 (DCC; TOA Paint Co., Thailand)

ภาพประกอบ 13 เครื่องขัดผิวชิ้นงานที่ความเร็ว 300 rpm (TNP-200F-1; Future-Tech Corp., Tokyo, Japan)

ภาพประกอบ 14 เครื่องอัลตราโซนิก (Model-275D; Crest Ultrasonics Corp., Cortland, New York)

ภาพประกอบ 15 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator; Siam cement industry CO., LTD., Thailand)

2. นำชิ้นงานฐานฟันเทียมแบ่งออกเป็น 8 กลุ่ม กลุ่มละ 15 ชิ้น นำเทปกาวที่มีรูวงกลมตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร นำมายึดติดบนพื้นผิวของชิ้นงานเพื่อเป็นการกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่จะทำการยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน นำชิ้นงานฐานฟันเทียมไปปรับสภาพพื้นผิวตามระยะเวลาที่กำหนดของสารแต่ละกลุ่ม เป่าลมเป็นเวลา 5 วินาที แล้วนำแม่แบบซิลิโคนที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร และมีรูวงกลมตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดเท่ากับรูของเทปกาว นำไปวางทับและยึดติดกันด้วยกระดาษเทปกาวสองหน้า โดยในแต่ละกลุ่มจะมีการปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ 1 ไม่ปรับสภาพพื้นผิว (กลุ่มควบคุม)

กลุ่มที่ 2 ปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมด้วยการทาสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูเป็นระยะเวลา 20 วินาที

กลุ่มที่ 3 ปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมด้วยการทามอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรดเป็นระยะเวลา 180 วินาที

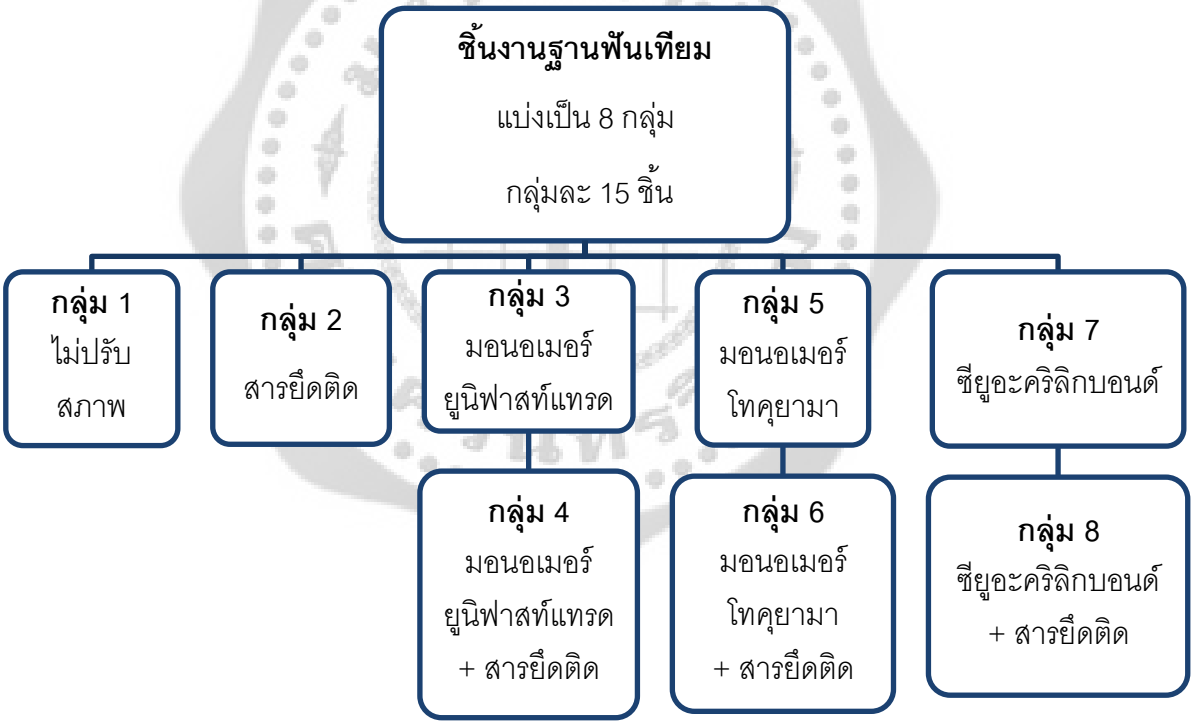
กลุ่มที่ 4 ปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมด้วยการทามอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรดเป็นระยะเวลา 180 วินาที แล้วจึงทาสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูอีก 1 ชั้น เป็นระยะเวลา 20 วินาที

กลุ่มที่ 5 ปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมด้วยการทามอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทู เป็นระยะเวลา 180 วินาที

กลุ่มที่ 6 ปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมด้วยการทามอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทู เป็นระยะเวลา 180 วินาที แล้วจึงทาสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูอีก 1 ชั้น เป็นระยะเวลา 20 วินาที

กลุ่มที่ 7 ปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมด้วยการทาสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต เป็นระยะเวลา 15 วินาที

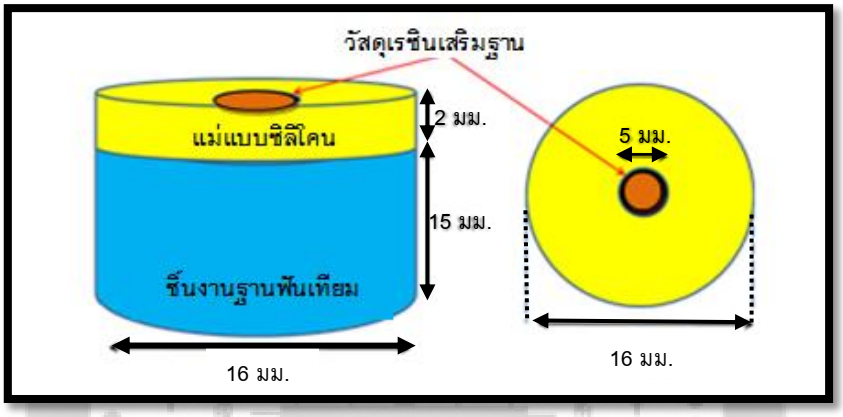
กลุ่มที่ 8 ปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมด้วยการทาสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตเป็นระยะเวลา 15 วินาที แล้วจึงทาสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูอีก 1 ชั้น เป็นระยะเวลา 20 วินาที



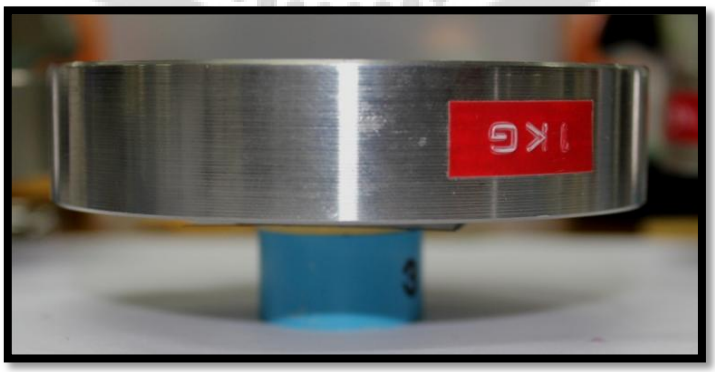
ภาพประกอบ 16 แผนภาพแสดงการแบ่งกลุ่มทดลองการปรับสภาพพื้นผิว 8 กลุ่ม

3. ผสมวัสดุเรซินเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู อัตราส่วนผง 2 กรัมต่อส่วนน้ำ 1 มิลลิลิตร ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ใส่ลงไปในรูของแม่แบบซิลิโคนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร

สูง 2 มิลลิเมตร เพื่อทำการยึดติดกับบริเวณที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมแล้ว นำแผ่นพอลิ-เอทิลลีนปิดด้านบนแม่แบบซิลิโคนและวางทับด้วยตุ้มเหล็กน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ให้วัสดุบ่มตัวที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที แล้วนำชิ้นงานไปแช่ในสารละลายของโทคุโซเรซิน-ฮาร์ดเดนเนอร์ทู อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 นาที เพื่อให้วัสดุเรซินเสริมฐานมีการบ่มตัวสมบูรณ์ นำชิ้นงานแช่ในน้ำกลั่นและเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบ



ภาพประกอบ 17 แสดงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานบนชิ้นงานฐานฟันเทียม



ภาพประกอบ 18 แสดงการวางตุ้มเหล็กทับบนแม่แบบซิลิโคนในขณะที่วัสดุเรซินเสริมฐานบ่มตัว

4. นำชิ้นงานตัวอย่างมาทดสอบหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือนด้วยเครื่องทดสอบสากล ตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM หมายเลข D 4501[96] โดยการใส่แรงเฉือนตรงบริเวณรอยต่อและขนานกับบริเวณพื้นผิวที่มีการยึดติดกันของสองวัสดุ ด้วยความเร็วหัวกด (crosshead speed) 1.26 มิลลิเมตรต่อนาที ในห้องทดสอบที่มีอุณหภูมิ 23±1 องศาเซลเซียส

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

ภาพประกอบ 19 การทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือนด้วยเครื่องทดสอบสากล (Universal testing machine; Instron model 5566, Instron Corporation, Canton, MA)

ภาพประกอบ 20 กล้องสเตอริโอไมโครสโคป (Stereomicroscope; No. 887615, Kyowa optical Co., Ltd, Tokyo, Japan)

การทดสอบทางสถิติ

ทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนของแต่ละกลุ่ม โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA)) เมื่อข้อมูลมีการกระจายปกติและมีความแปรปรวนแบบเดียวกัน (homogeneity of varience) โดยใช้ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยวิธีการทดสอบของทูคีย์ (Tukey's HSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชั่น 17[97]

บทที่ 4

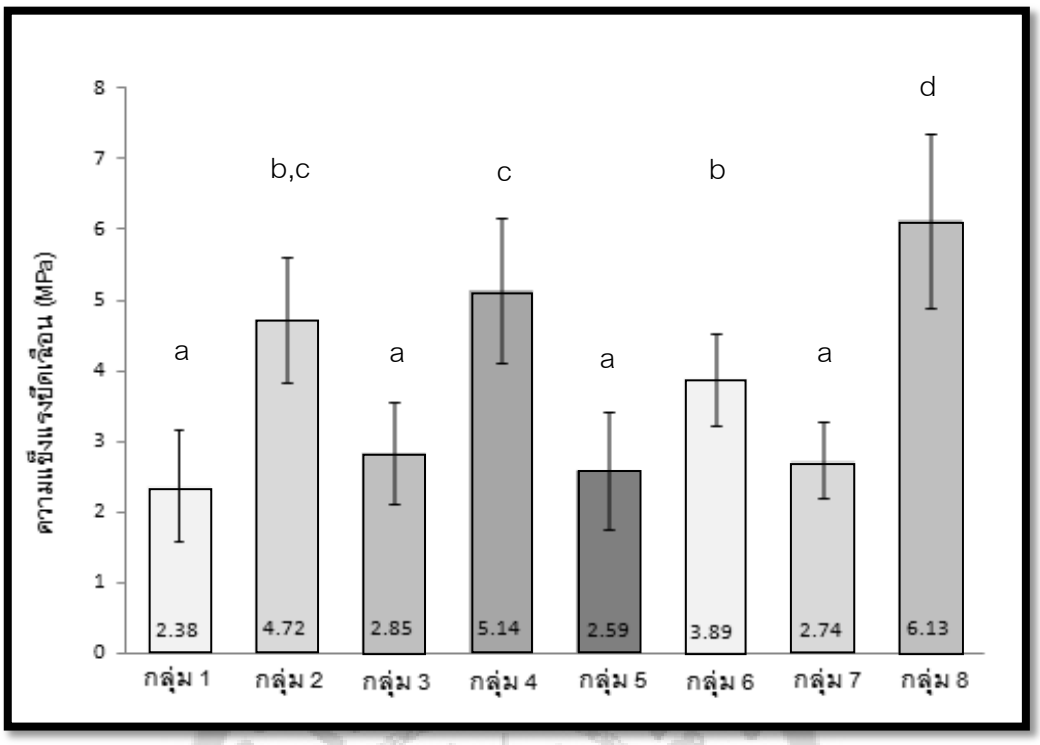
ผลการวิจัย

ความแข็งแรงยึดเฉือน

จากการทดลองหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือนของชิ้นงานฐานฟันเทียมที่ยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐานด้วยวิธีการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมที่แตกต่างกันทั้งหมด 8 กลุ่ม พบว่ามีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงยึดเฉือน ดังแสดงในตาราง 2 และภาพประกอบ 21

ตาราง 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงยึดเฉือนของวิธีการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียม 8 กลุ่ม (ตัวอักษร (a,b,c,d) บนค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$))

กลุ่มที่	วิธีการปรับสภาพพื้นผิว (n=15)	ความแข็งแรงยึดเฉือน (MPa) (Mean±SD)
1	ไม่ปรับสภาพพื้นผิว	2.38 ± 0.80^{a}
2	สารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู	$4.72 \pm 0.88^{b,c}$
3	มอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรด	2.85 ± 0.72^{a}
4	มอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรดร่วมกับสารยึดติด	5.14 ± 1.02^{c}
5	มอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทู	2.59 ± 0.83^{a}
6	มอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทูร่วมกับสารยึดติด	3.89 ± 0.65^{b}
7	สารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต	2.74 ± 0.54^{a}
8	สารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ร่วมกับสารยึดติด	6.13 ± 1.23^{d}

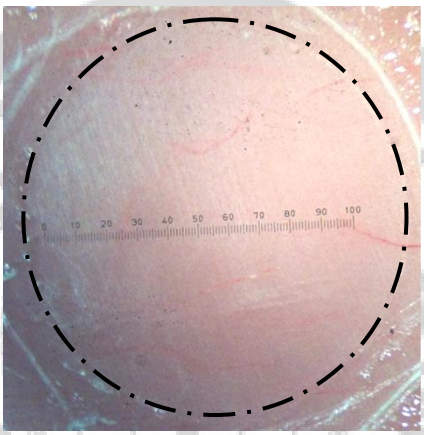


ภาพประกอบ 21 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงยึดเฉือนของการปรับสภาพพื้นผิว 8 กลุ่ม (ตัวอักษร (a,b,c,d) บนกราฟแท่งที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างทางสถิติ (p >0.05))

จากผลการทดลองดังตาราง 2 และภาพประกอบ 21 เมื่อนำค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกัน พบว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิล-อะซีเตตร่วมกับสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนสูงที่สุดและมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) วิธีการปรับสภาพพื้นผิวที่มีการใช้สารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูร่วมด้วย (กลุ่มที่ 2, 4, 6, 8) มีผลเพิ่มความแข็งแรงยึดเฉือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิว ส่วนการปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรด มอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทู และสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต มีผลให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนสูงขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (p >0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิว

การปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูตามที่ผู้ผลิตแนะนำ พบว่ามีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (p>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทูร่วมกับสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู และการปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรดร่วมกับสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู

เมื่อศึกษาลักษณะการเสียสภาพในการยึดติดบนพื้นผิวของชิ้นงานฐานฟันเทียมบริเวณรอยต่อระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐาน พบว่าเป็นการเสียสภาพยึดติดทั้งหมด (ร้อยละ 100) ดังภาพประกอบ 22



ภาพประกอบ 22 แสดงลักษณะการเสียสภาพยึดติดที่บริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุ (พื้นที่ในเส้นรอยประ)

บทที่ 5
อภิปรายผล สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

อภิปรายผล

การศึกษาเกี่ยวกับวิธีการเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐานยังคงมีอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากในทางคลินิกเมื่อผู้ป่วยได้รับการเสริมฐานไปแล้วระยะหนึ่งมักเกิดการหลุดล่อนของวัสดุเสริมฐาน การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาทดลองปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมด้วยสารเคมีที่มีในคลินิกและสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ซึ่งมีการศึกษาพบว่าช่วยเพิ่มค่าความแข็งแรงดัดโค้งตามขวางของวัสดุฐานฟันเทียม[8] นำมาทดลองและประยุกต์ใช้ร่วมกับสารยึดติดที่เป็นของบริษัทผู้ผลิตแนะนำ ผลการศึกษาพบว่าการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมด้วยสารเคมีนั้นมีผลเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ[2,3,4,9,21,39,42] โดยสารเคมีแต่ละชนิดให้ผลในการเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดที่แตกต่างกัน[71]

เมื่อพิจารณาการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้เปรียบเทียบกับการปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรดร่วมกับสารยึดติดและการปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทูร่วมกับสารยึดติด พบว่ามีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (p>0.05) ทำให้เห็นว่าการเพิ่มการปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรด และมอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทู ไม่ได้มีส่วนช่วยส่งเสริมให้ความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานสูงขึ้นแต่อย่างใด นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูกับการปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรดและการปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทู พบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนของการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูมีค่าสูงกว่าทั้งสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thunyakitpisal และคณะ[8] ที่พบว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดติดของวัสดุเสริมฐาน (มีส่วนประกอบเป็นอะซีโตนและเอทิลอะซีเตต) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรด (p>0.05)

การปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ปรับสภาพพื้นผิว การปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทู และการปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรด พบว่ามีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (p>0.05) ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Thunyakitpisal และคณะ[8] ที่ทดสอบความแข็งแรงการยึดติดจากค่าความแข็งแรงดัดโค้งตามขวาง พบว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต (เมทิลฟอร์เมต ร้อยละ 25 และเมทิลอะซีเตต ร้อยละ 75) มีค่า

ความแข็งแรงดัดโค้งตามขวางสูงกว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และมีค่าความแข็งแรงดัดโค้งตามขวางที่สูงกว่าแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู อย่างไรก็ตามความไม่สอดคล้องกันดังกล่าวอาจเป็นผลจากเทคนิคและวิธีการทดสอบที่มีความแตกต่างกัน[5]

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าสารเคมีแต่ละชนิดให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนที่แตกต่างกัน โดยความแข็งแรงการยึดติดระหว่างสองวัสดุเป็นผลมาจากหลายปัจจัย ได้แก่ ชนิดของฐานฟันเทียม ปริมาณความอิ่มตัวของน้ำในฐานฟันเทียม ชนิดของวัสดุเรซินเสริมฐาน ความเหนียวข้นของวัสดุเรซินเสริมฐาน การปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมทั้งทางกลและทางเคมี ปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม สิ่งปนเปื้อน

ชนิดของฐานฟันเทียม ในการทดลองนี้ใช้ชนิดเดียว คือ ยี่ห้อเวอร์เทกซ์ราพิดซิมพลิไฟด์ ซึ่งเป็นวัสดุฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน วัสดุชนิดนี้มีส่วนประกอบพื้นฐานเป็นเมทิล-เมทาคริเลต (ร้อยละ 99 ในส่วนผง และร้อยละ 95 ในส่วนน้ำ) และมีสารที่ทำให้เกิดการเชื่อมโยงข้ามของสายพอลิเมอร์ ซึ่งจะมีผลให้การแทรกผ่านของสารปรับสภาพพื้นผิวและมอนอเมอร์ของวัสดุเรซินเสริมฐานเกิดขึ้นได้ยากกว่าในฐานฟันเทียมที่ไม่มีการเชื่อมโยงข้ามของสายพอลิเมอร์[5,41-44] โดยพอลิเมอร์ชนิดเชื่อมโยงข้ามจะถูกละลายแค่ในตัวทำละลายบางชนิด เช่น คลอโรฟอร์ม หรือ อะซีโตน[43,45] อาจส่งผลให้ความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐานมีค่าลดลง[4,5,41,44,46-48] จากผลการศึกษาพบว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานที่มีองค์ประกอบเป็นอะซีโตนและเอทิลอะซีเตต มีค่าความแข็งแรงยึดเฉือนสูงกว่าการใช้มอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรด มอนอเมอร์ของวัสดุเรซินเสริมฐาน และสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ปริมาณความอิ่มตัวของน้ำในฐานฟันเทียม เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องในการยึดติดของฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐาน Minami และคณะ[39] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐานและวัสดุเรซินซ่อมฐาน พบว่าปริมาณความอิ่มตัวของน้ำในฐานฟันเทียมมีผลต่อความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุน้อยที่สุด[6,19,39] เมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยจากชนิดของฐานฟันเทียม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ และการปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียม[39] แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาของ Mutluay และคณะ[6] กล่าวว่าปริมาณน้ำในฐานฟันเทียมและสภาพความชื้นในอากาศขณะทำการทดลองอาจส่งผลต่อการทดลองได้[6] ยกเว้นในกรณีที่สารปรับสภาพพื้นผิวเป็นตัวทำละลาย เช่น อะซีโตน[39] ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในสารยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานที่ใช้ในการศึกษานี้ เนื่องจากอะซีโตนจะแทรกผ่านเข้าไปในฐานฟันเทียมและแทนที่น้ำที่แทรกตัวอยู่ระหว่างสายพอลิเมอร์ ทำให้มีความสามารถแทรกเข้าสู่ฐานฟันเทียมได้ลึกมากขึ้น ใน

การศึกษานี้ได้นำชิ้นงานแช่น้ำก่อนทำการทดลอง 24 ชั่วโมง ซึ่งน้ำที่แทรกเข้าไปในฐานฟันเทียมน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการวิจัย เนื่องจากเมื่อทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานซึ่งมีอะซีโตนเป็นส่วนประกอบ ทั้งในกรณีที่ใช้ชนิดเดียวและกรณีที่ใช้ร่วมกับสารปรับสภาพพื้นผิวชนิดอื่น พบว่าให้ค่าความแข็งแรงยึดเฉือนสูงกว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเคมีชนิดอื่นๆ

ชนิดของวัสดุเรซินเสริมฐานที่ใช้โดยตรงในช่องปาก แต่เดิมมีองค์ประกอบหลักเป็นเมทิลเมทาคริเลต ซึ่งมีโมเลกุลขนาดเล็ก มีความสามารถในการแทรกผ่านพื้นผิวของฐานฟันเทียมชนิดที่เป็นเมทิลเมทาคริเลตได้ดี แต่พบว่ามีผลระคายเคืองต่อตา ระบบทางเดินหายใจ และผิวหนัง ในปัจจุบันวัสดุเรซินเสริมฐานจึงมีการปรับเปลี่ยนให้มีองค์ประกอบเป็นมอนอเมอร์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ เนื่องจากมีผลข้างเคียงต่อผู้ใช้และผู้ป่วยน้อยกว่า และมีสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพดีกว่า แต่การที่มีขนาดโมเลกุลที่ใหญ่กว่าทำให้ความสามารถในการซึมผ่านและทำให้เกิดการบวมที่พื้นผิวของฐานฟันเทียมได้ช้าและน้อย[6,21,39,50] จึงต้องมีการใช้สารยึดติดปรับสภาพพื้นผิวก่อน เพื่อช่วยส่งเสริมให้เกิดการบวมของพอลิเมอร์มากขึ้น[5,6,21,39] โดยในการทดลองนี้ใช้วัสดุเสริมฐานยี่ห้อโทคุยามารีเบสทู ซึ่งเป็นวัสดุเรซินเสริมฐานที่นิยมใช้ในคลินิกและได้รับการยอมรับว่ามีคุณสมบัติที่ดี[7] ส่วนผงกับส่วนน้ำเป็นชนิดที่มีไม่มีเมทิลเมทาคริเลตเป็นส่วนประกอบ ส่วนน้ำเป็นโคโพลิเมอร์ของ 2-อะซีโตอะซีทอกซี-เอทิลเมทาคริเลต และ1,9-โนนานีไดออลไดเมทาคริเลต[83,84] มีน้ำหนักโมเลกุล 214.22 และ 296.4 ตามลำดับ ซึ่งมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่าเมื่อเทียบกับเมทิลเมทาคริเลต (น้ำหนักโมเลกุล 100) ความสามารถในการแทรกผ่านพื้นผิวของฐานฟันเทียมจึงต่ำกว่า[39] จากการทดลองพบว่ามีผลที่สอดคล้องกัน เนื่องจากพบว่าค่าความแข็งแรงยึดเฉือนของกลุ่มที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิวใดๆและกลุ่มการปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของวัสดุเสริมฐานไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (p>0.05) และจะพบว่าวัสดุเรซินเสริมฐานจะมีความแข็งแรงการยึดติดสูงขึ้นเมื่อปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมด้วยสารยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานก่อนทำการเสริมฐาน

การปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมทางกล ในการทดลองได้กำหนดให้ทำการขัดพื้นผิวด้วยกระดาษทรายน้ำความละเอียด 400, 600, 800 ด้วยรูปแบบและระยะเวลาการขัดพื้นผิวที่เหมือนกันทุกชิ้นก่อนนำมาทำการทดสอบ ส่วนการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมทางเคมีได้เลือกใช้สารเคมีทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ มอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรด มอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทู สารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต และสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู ผลการทดลองพบว่าสารเคมีแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพช่วยในการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานที่แตกต่างกัน โดยสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูช่วยให้วัสดุเรซินเสริมฐานมีการยึดติดที่ดี และพบว่าการใช้สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตร่วมกับสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูให้ค่าความแข็งแรงการยึดติดสูงที่สุด ซึ่ง

ความรู้ทางด้านกลไกของปฏิกิริยาทางเคมีของสารเคมีดังกล่าวยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่การใช้สารเคมีสองชนิดร่วมกัน ก็เป็นการเพิ่มระยะเวลาในการปรับสภาพพื้นผิวน่าจะทำให้พื้นผิวของฐานฟันเทียมเกิดการละลายตัวและมีการบวมมากขึ้น[42,57,79] นอกจากนี้ความสามารถในการทำละลายของสารเคมีขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านพารามิเตอร์การละลาย (solubility parameter) ความเป็นขั้ว (polarity) ขนาดและโครงสร้างโมเลกุลของตัวทำละลาย[8] โดยสารเคมีที่มีค่าพารามิเตอร์การละลายใกล้เคียงและมีความเป็นขั้วที่เหมือนกับฐานฟันเทียม จะมีความสามารถในการละลายพื้นผิวฐานฟันเทียมได้ดีกว่า เนื่องจากจะมีความสามารถเป็นพลาสติไซเซอร์ (plasticizer)[8] ทำให้พอลิเมอร์บนพื้นผิวของฐานฟันเทียมอ่อนตัวและนุ่มขึ้น โดยค่าพารามิเตอร์การละลายของฐานฟันเทียมชนิดพอลิเมทิล-เมทาคริเลตมีค่า 18.3 เมกะปาสคาล$^{1/2}$ (MPa$^{1/2}$) ส่วนค่าพารามิเตอร์การละลายของสารเคมีที่ใช้ในการทดลองพบว่าทุกชนิดมีค่าใกล้เคียงกับฐานฟันเทียม ได้แก่ เมทิลเมทาคริเลต 18.00 เมกะปาสคาล$^{1/2}$ เมทิลฟอร์เมต 20.90 เมกะปาสคาล$^{1/2}$ เมทิลอะซีเตต 19.60 เมกะปาสคาล$^{1/2}$ เอทิลอะซีเตต 18.2 เมกะปาสคาล$^{1/2}$ และอะซีโตน 19.7 เมกะปาสคาล$^{1/2}$ ด้านความเป็นขั้ว เมทิลเมทาคริเลต เมทิลฟอร์เมต และเมทิลอะซีเตต อยู่ในกลุ่มเดียวกันกับฐานฟันเทียม คือ กลุ่มเมทิลเอสเตอร์ (methyl ester) จึงมีแนวโน้มที่จะสามารถในการละลายพื้นผิวฐานฟันเทียมได้ดีกว่าเอทิลอะซีเตตซึ่งอยู่ในกลุ่มเอทิล-เอสเตอร์ (ethyl ester)[8]

ปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขณะใช้งานในช่องปาก[5,6,21,39,50,75,98] ซึ่งจากการศึกษาของ Minami และคณะ[39] พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขณะใช้งานในช่องปากมีผลให้ความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.001) โดยในงานวิจัยนี้ไม่ได้ใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ (Thermocycler) ทั้งก่อนและหลังการยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน เนื่องจากต้องการเปรียบเทียบเฉพาะผลจากการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเคมีที่มีผลต่อความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานเท่านั้น ซึ่งก็พบว่ามีหลายการศึกษาที่ไม่ได้ใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะเช่นกัน[3,6,12,29,42,44] นอกจากนี้ปัจจัยจากแรงกัดในขณะที่ทำการเสริมฐานภายในช่องปากเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐาน เนื่องจากแรงกัดจะทำให้วัสดุเกิดการไหลแผ่และเกิดความแนบสนิทกับวัสดุฐานฟันเทียมได้ดีกว่าการใส่วัสดุเรซินเสริมฐานไว้บนพื้นผิวฐานฟันเทียมโดยไร้แรงกัดซึ่งมักจะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างสองวัสดุและการไหลแผ่ของวัสดุเรซินเสริมฐานเกิดได้ไม่ทั่วถึง[39,99] โดยในการศึกษานี้ใช้ลูกตุ้มเหล็กน้ำหนัก 1 กิโลกรัม วางกดทับบนแม่แบบซิลิโคนเพื่อทดแทนแรงกัดในช่องปาก เพื่อให้วัสดุเรซินเสริมฐานมีการไหลแผ่และมีความแนบสนิทกับฐานฟันเทียมขณะรอให้วัสดุเรซินเสริมฐานเกิดการบ่มตัว

สิ่งปนเปื้อนบนพื้นผิวของฐานฟันเทียมเป็นอุปสรรคอย่างหนึ่งต่อการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐาน[21,39] ในการทดลองทำการปรับแต่งพื้นผิวฐานฟันเทียมให้เรียบและกำจัดสิ่งปนเปื้อนออกด้วยการใช้กระดาษทรายน้ำและล้างอีกครั้งด้วยเครื่องอัลตราโซนิก ซึ่งในทางคลินิกจะพบสิ่งปนเปื้อนบนพื้นผิวของฐานฟันเทียมได้มากกว่าทั้งจากน้ำลาย จุลินทรีย์ในช่องปาก อาหาร สารเคมี และเศษวัสดุจากการกรอแต่งพื้นผิวฐานฟันเทียมโดยทันตแพทย์เอง

การทดสอบหาค่าความแข็งแรงยึดติด นอกจากจะเป็นผลมาจากปัจจัยข้างต้นแล้ว อาจเป็นผลมาจากอีกหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ขนาดและรูปร่างของพื้นที่ผิวที่มีการยึดติดกัน, , การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง[99], วิธีการเก็บชิ้นงานตัวอย่าง[98], ความหนาและความบกพร่องในชั้นรอยต่อ (film thickness)[99], รูปแบบแรงและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ, ความเร็วหัวกด[98] และการจัดตำแหน่งชิ้นส่วนของเครื่องมือทดสอบสากล (machine alignment)[99]

วิธีการทดสอบความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐานที่ได้รับความนิยมมีหลายวิธี ได้แก่ ทดสอบด้วยแรงดัดโค้งตามขวาง[9,92,93] ทดสอบด้วยแรงดึง[22,86-89] และทดสอบด้วยแรงเฉือน[4,5,29,39,42] การทดสอบด้วยแรงดัดโค้งตามขวางเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมมากที่สุด[5] โดยทำการเตรียมชิ้นตัวอย่างเป็นทรงเหลี่ยม ทำการยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐานบริเวณตรงกลางแล้วนำชิ้นตัวอย่างวางบนแท่นที่รองรับบริเวณปลายของชิ้นตัวอย่างทั้งสอง แล้วทำการทดสอบโดยการใส่แรงลงบริเวณตรงกลางของชิ้นตัวอย่าง ซึ่งวิธีการนี้มีข้อจำกัดเนื่องจากการกระจายตัวของแรงที่ใช้ในการทดสอบจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ตำแหน่งของแรงที่ใส่ลงไปที่ชิ้นตัวอย่าง ความหนาของชิ้นตัวอย่าง ความยาวของชิ้นตัวอย่างที่อยู่ระหว่างแท่นรองรับที่ปลายทั้งสอง และมอดูลัสของสภาพยืดหยุ่นของฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐานซึ่งมีความแตกต่างกัน ดังนั้นค่าที่ได้จากการทดสอบอาจมีค่าไม่คงที่และไม่สามารถนำค่าไปเปรียบเทียบกับวัสดุตัวอื่นได้[5] การทดสอบด้วยแรงดึงมักจะทำชิ้นตัวอย่างเป็นทรงแท่งหรือทรงกระบอก และทำการยึดติดกับวัสดุอีกชนิดที่บริเวณปลายด้านหนึ่งของชิ้นตัวอย่าง ค่าจากการทดสอบเป็นค่าที่แสดงถึงความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุและสามารถใช้เปรียบเทียบกับวัสดุอื่นได้[5] ส่วนการทดสอบด้วยแรงเฉือนเป็นการใส่แรงลงบริเวณที่มีการยึดติดระหว่างสองวัสดุ ค่าจากการทดสอบเป็นค่าที่แสดงถึงความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุได้ดีเช่นกัน[5] ดังนั้นการเลือกวิธีการทดสอบผู้วิจัยสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม[6] โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้การทดสอบด้วยแรงเฉือน เนื่องจากการทดสอบสามารถแสดงถึงความแข็งแรงการยึดติดระหว่างสองวัสดุได้ดีกว่าและเป็นแรงที่มีความคล้ายคลึงกับสภาพจริงภายในช่องปากมากกว่าการทดสอบด้วยแรงดึง[5]

แม้ว่าการทดสอบหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือนจะมีวิธีการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างที่ง่าย และการจัดตำแหน่งชิ้นส่วนของเครื่องมือทดสอบสากลมีผลต่อการทดสอบน้อย แต่ผลจากการทดลองอาจมีค่าคลาดเคลื่อนไปจากการคำนวณตามสูตรสมการ เนื่องมาจากความแข็งแรงยึดเฉือนมีความสัมพันธ์กับระยะโมเมนต์ (moment arm) และรูปร่างของพื้นที่ผิวที่ทำการยึดติด เมื่อตำแหน่งหัวกดใส่แรงเฉือนห่างจากบริเวณรอยต่อของวัสดุจะเกิดแรงดึงซึ่งเหนี่ยวนำโดยโมเมนต์ดัด (bending moment) เป็นแรงร่วมกระทำในขณะทำการทดสอบซึ่งทำให้ค่าคลาดเคลื่อนได้ ซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้ความระมัดระวังในการจัดตำแหน่งให้หัวกดอยู่ชิดกับระนาบพื้นผิวชิ้นงานบริเวณรอยต่อมากที่สุด เพื่อให้ผลการทดลองเป็นผลจากการใส่แรงเฉือนเท่านั้น[99]

ลักษณะการเสียสภาพที่เกิดภายหลังการแตกหักของวัสดุ พบว่าเป็นการเสียสภาพยึดติดทั้งหมด ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากความแข็งแรงภายในเนื้อของวัสดุทั้งสองชนิดมีค่ามากกว่า ความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐานที่มีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

1. การปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูมีความจำเป็นก่อนทำการยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู โดยพบว่ามีค่าความแข็งแรงยึดเฉือนสูงกว่าการไม่ปรับสภาพพื้นผิว การปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรด การปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทู และการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2. การปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตร่วมกับสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู ให้ค่าความแข็งแรงยึดเฉือนสูงที่สุด และสูงกว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ข้อเสนอแนะ

1. การวิจัยนี้มีข้อจำกัด เนื่องจากเป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมุ่งเน้นศึกษาเฉพาะผลของการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเคมีที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงยึดเฉือนเพียงอย่างเดียว โดยไม่ได้จำลองสภาพความอิ่มตัวของน้ำในฐานฟันเทียม และสภาพฐานฟันเทียมภายหลังการใช้งานภายในช่องปาก ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่ให้ความแข็งแรงการยึดติดมีค่าเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไป อาจพิจารณาออกแบบการทดลองให้มีความคล้ายคลึงกับการใช้งานภายในช่องปากมากยิ่งขึ้น

เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด ตลอดจนนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยทางคลินิกต่อไป

2. การปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตร่วมกับสารยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานมีค่าความแข็งแรงการยึดติดที่สูง สามารถนำไปศึกษาต่อยอดเพื่อพัฒนาความรู้ในการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

1. Atwood DA. Bone loss of edentulous alveolar ridges. J Periodontol 1979; 50: 11-21.
2. 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;28:1153-1157.
3. 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;10:508-512.
4. Takahashi Y, Chai J. Assessment of shear bond strength between three denture reline materials and a denture base acrylic resin. Int J Prosthodont 2001;14:531-535.
5. Takahashi Y, Chai J. Shear bond strength of denture reline polymers to denture base polymers. Int J Prosthodont 2001;14:271-275.
6. Mutluay MM, Ruyter IE. Evaluation of adhesion of chairside hard relining materials to denture base polymers. J Prosthet Dent 2005;94:445-452.
7. Mutsumura H, Tanoue N, Kawasaki K, Atsuta M. Clinical evaluation of a chemically cured hard denture relining material. J Oral Rehabil 2001;28:640-644.
8. Thunyakitpisal N, Thunyakitpisal P, Wiwatwarapan C. The effect of chemical surface treatments on the flexural strength of repaired acrylic denture base resin. J Prosthond 2011;20:195-199.
9. Reis JMDSN, 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;34:420-426.
10. Arena CA, Evans DB, Hilton TJ. A comparison of bond strengths among chairside hard reline materials. J Prosthet Dent 1993;70:126-31.
11. Cucci ALM, Vergani CE, Giampaolo ET, Afonso MCDSF. Water sorption, solubility, and bond strength of two autopolymerizing acrylic resins and one heat-polymerizing acrylic resin. J Prosthet Dent 1998;80:434-8.

12. 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;96:53-8.
13. Aydin AK, Terzioglu H, Akinay AE, Ulubayram K, Hasirci N. Bond strength and failure analysis of lining materials to denture resin. Dent Mater 1999;15:211-218.
14. Arima T, Murata H, Hamada T. Properties of highly cross-linked autopolymerizing reline acrylic resins. J Prosthet Dent 1995;73:55-9.
15. Smith DE, Lord JL, Bolender CL. Complete denture relines with autopolymerizing acrylic resin processed in water under air pressure. J Pros Dent 1967;18:103-115.
16. Murata H, Hamada T, Sadamori S. Relationship between viscoelastic properties of soft denture liners and clinical efficacy. Jpn Dent Sci Rev 2008;44:128-132.
17. Ogle RE, Sorensen SE, Lewis EA. A new visible light-cured resin system applied to removable prosthodontics. J Prosthet Dent 1986;56:497-506.
18. Segall BW, Glassman A. Use of a medical-grade silicone adhesive as a denture liner in the treatment of idiopathic oral mucosal irritation. J Prosthet Dent 1982;47:85-87.
19. Bettencourt AF, Neves CB, Almeida MSD, Pinheiro LM, Oliveira SAE, Lopes LP, et al. Biodegradation of acrylic based resins: A review. Dent Mater 2010;26:e171-e180.
20. Murata H, Seo RS, Hamada T, Polyzois GL, Frangou MJ. Dynamic mechanical properties of hard, direct denture reline resins. J Prosthet dent 2007;98:319-26.
21. Arima T, Nikawa H, Hamada T, Harsini. Composition and effect of denture base resin surface primers for reline acrylic resins. J Prosthet Dent 1996;75:457-62.
22. Bunch J, Johnson GH, Brudvik JS. Evaluation of hard direct reline resins. J Prosthet Dent 1987;57:512-9.
23. Woelfel JB, Paffenbarger GC, Sweeney WT. Some physical properties of organic denture base materials. J Am Dent Assoc 1963;67:499-504.
24. McCabe JF, Walls AW. Applied dental materials. 8th ed. London: Blackwell Science; 1998. p. 109.
25. Arima T, Murata H, Hamada T. Analysis of composition and structure of hard autopolymerizing reline resins. J Oral Rehabil 1996;23:346-52.

26. Smith DC. Recent developments and prospects in dental polymers. J Prosthet Dent 1962;12:1066-1078.
27. Brauer GM, White EE, Burns CL, Woelfel JB. Denture reliners-direct, hard, self-curing resin. J Am Dent Assoc 1959;59:270-83.
28. Wyatt CCL, Harrop TJ, MacEntee MI. A comparison of physical characteristics of six hard denture reline materials. J Prosthet Dent 1986;55:343-6.
29. Razavi R, Khan Z, Fraunhofer JAV. The bond strength of a visible light-cured reline resin to acrylic resin denture base material. J Prosthet Dent 1990;63:485-7.
30. Giunta JL, Grauer I, Zablotsky N. Allergic contact stomatitis caused by acrylic resin. J Prosthet Dent 1979;42:188-90.
31. Hensten-Pettersen A, Jacobsen N. Perceived side effect of biomaterials in prosthetic dentistry. J Prosthet Dent 1991;65:138-44.
32. Weaver RE, Goebel WM. Reactions to acrylic resin dental prostheses. J Prosthet Dent 1980;43:138-42.
33. Stysiak ZD. Experimental investigations on the cytotoxic nature of methyl methacrylate. J Prosthet Dent 1980;44:13-6.
34. Hirabayashi S, Nasu I, Harashima I, Hirasawa T. Studies on dental methacrylic resins: part 9-on composition of heat-shock, pour-type and self-curing denture base resins. J J Dent Mater 1984;3:338-49.
35. Kalipcilar B, Karaagaclioglu L, Hasanreisoglu U. Evaluation of the level of residual monomer in acrylic denture base materials having different polymerization properties. J Oral Rehabil 1991;18:399-401.
36. 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;45:158-63.
37. Kanerva L, Estlander T, Jolanki R, Tarvainen K. Occupational allergic contact dermatitis caused by exposure to acrylates during work with dental prostheses. Contact Dermatits 1993;28:268-75.
38. Wright PS. Characterization of the adhesion of soft lining materials to poly(methyl methacrylate). J Dent Res 1982;61:1002-5.

39. 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;91:164-170.
40. Chai J, Takahashi Y, Kawaguchi M. The flexural strengths of denture base acrylic resins after relining with a visible-light activated material. Int J Prosthodont 1998;11:121-124.
41. Shen C, Colaizzi FA, Birns B. Strength of denture repairs as influenced by surface treatment. J Prosthet Dent 1984;52:844-8.
42. 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;94:259-266.
43. Rached RN, Del-Bel Cury AA. Heat-cured acrylic resin repaired with microwave-cured one: bond strength and surface texture. J Oral Rehabil 2001;28:370-5.
44. Takahashi Y, Chai J, Kawaguchi M. Strength of relined denture base polymers subjected to long-term water immersion. Int J Prosthodont 2000;13:205-8.
45. Ellis B, Faraj SAA. The structure and surface topography of acrylic denture base materials. J dent 1980;8:102-8.
46. Takahashi Y, Chai J, Kawaguchi M. Equilibrium strengths of denture polymers subjected to long-term water immersion. Int J Prosthodont 1999;12:348-52.
47. Takahashi Y, Chai J, Takahashi T, Habu T. Bond strength of denture teeth to denture base resins. Int J Prosthodont 2000;13:59-65.
48. 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;13:112-6.
49. Ristic B, Carr L. Water sorption by denture acrylic resin and consequent changes in vertical dimension. J Prosthet Dent 1987;58:689-93.
50. Vallittu PK, Ruyter IE. Swelling of poly(methyl methacrylate) resin at the repair joint. Int J Prosthodont 1997;10:254-258.
51. McCabe JF, Basker RM. Tissue sensitivity to acrylic resin. A method of measuring the residual monomer content and its clinical application. Br Dent J 1976;140:347-50.

52. Dixon DL, Ekstrand KG, Breeding LC. The transverse strengths of three denture base resins. J Prosthet Dent 1991;66:510-3.

53. Fujii K. Fatigue properties of acrylic denture base resins. Dent Mater J 1989;8:243-59.

54. Kalachandra S, Turner DT. Water sorption of plasticized denture acrylic lining materials. Dent Mater 1989;5:161-4.

55. Stanford JW, Burns CL, Paffenbarger GC. Self-curing resins for repairing dentures: some physical properties. J Am Dent Assoc 1955;51:307-15.

56. Ware AL, Docking AR. The strength of acrylic repairs. Dent J Aust 1950;22:261-71.

57. 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;72:639-643.

58. Jagger RG, al-Athel MS, Jagger DC, Vowles RW. Some variables influencing the bond strength between PMMA and a silicone denture lining material. Int J Prosthodont 2002;15:55-8.

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

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

61. 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.

62. Amin WM, Flether AM, Ritchie GM. The nature of the interface between polymethylmethacrylate denture base materials and soft lining materials. J Dent 1981;9:336-46.

63. 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;80:666-71.

64. Fletcher AM, Al-Mulla MAS, Amin WM, Dodd AW, Ritchie GM. A method of improving the bonding between artificial teeth and PMMA. J Dent 1985;13:102-8.

65. Huggett R, John G, Jagger RG, Bates JF. Strength of the acrylic denture base tooth bond. Br Dent J 1982;153:187-90.

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

67. Rupp NW, Bowen RL, Paffenbarger GC. Bonding cold-curing denture base acrylic resin to acrylic resin teeth. J Am Dent Assoc 1971;83:601-6.

68. Morrow RM, Matvias FM, Windeler AS, Fuchs FJ. Bonding of plastic teeth to two heat-curing denture base resins. J Prosthet Dent 1978;39:565-8.

69. Spratley MH. An investigation of the adhesion of acrylic resin teeth to dentures. J Prosthet Dent 1987;58:389-92.

70. Geerts GAVM, Jooste CH. A comparison of the bond strengths of microwave- and water bath-cured dental material. J Prosthet Dent 1990;70:406-9.

71. 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;95:143-51.

72. Mijovic JS, Koutsby JA. Etching of polymeric surfaces: A review. Polymer-Plastic Technology 1977;9:139-79.

73. 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.

74. Grajower R, Goultschin J. The transverse strength of acrylic resin strips and of repaired acrylic samples. J Oral Rehabil 1984;11:237-47.

75. Vallittu PK. Some factors affecting the transverse strength of repaired denture acrylic resin. Eur J Prosthodont Restor Dent 1996;4:7-9.

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

77. Lewinstein I, Zeltser C, Mayer CM, Tal Y. Transverse bond strength of repaired acrylic resin strips and temperature rise of dentures relined with VLC reline resin. J Prosthet Dent 1995;74:392-9.

78. Beysi MS, Von Fraunhofer JA. Repair of fractured acrylic resin. J Prosthet Dent 1980;44:497-503.
79. 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.
80. Mutluay MM, Ruyter IE. Evaluation of bond strength of soft lining materials to denture base polymers. Dent Mater 2007;23:1373-81.
81. McCabe JF, Carrick TE, Kamohara H. Adhesive bond strength and compliance for denture soft lining materials. Biomaterials 2002;23:1347-52.
82. Arima T, Murata H, Hamada T. The effects of cross-linking agents on the water sorption and solubility characteristics of denture base resin. J Oral Rehabil 1996;23:476-80.
83. 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
84. 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;19:521–8.
85. Takahashi Y, Chai J, Kawaguchi M. Effect of water sorption on the resistance to plastic deformation of a denture base material relined with four different denture reline materials. Int J Prosthodont 1998;11:49-54.
86. Clancy JMS, Boyer DB. Comparative bond strengths of light cured, heat-cured and autopolymerizing denture resins to denture teeth. J Prosthet Dent 1989;61:457–62.
87. Clancy JMS, Hawkins LF, Keller JC, Boyer DB. Bond strength and failure analysis of light-cured denture resins bonded to denture teeth. J Prosthet Dent 1991;65:315–324.
88. Curtis D, Eggleston T, Watanabe L, Marshall S. Visible light cured resin as a reline material. J Dent Res 1989;68:337 Abstract.
89. Smith LT, Powers JM. In vitro properties of light-polymerized reline materials. Int J Prosthodont 1991;4:445–8.

90. Bolouri A, Marker VA, Sarampote R. Comparison of a visible light curing and chemically activating repair resins. J Dent Res 1989;68:337 Abstract.
91. Kawara M, Carter JM, Ogle R, Johnson RR. Bonding of plastic teeth to denture base resins. J Prosthet Dent 1991;66:566–71.
92. Economou PN, Fischer TE, Lemons J, Castleberry DJ. Bond strength of biomateral acriylic resin combinations. J Prosthet Dent 1980;44:604–7.
93. Leong A, Grant AA. The transverse strength of repairs in polymethyl methacrylate. Aust Dent J 1971;16:232–4.
94. International organization for standardization. Specification 1567: denture base polymers. 2nd ed. Switzerland: ISO, 1988.
95. 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.
96. 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.
97. SPSS Inc. Released 2008. SPSS Statistics for windows, Version 17.0. Chicago: SPSS Inc.
98. Brago RR, Meira JBC, Boaro LCC, Xavier TA. Adhesion to tooth structure: A critical review of “macro” test methods. Dent Mater 2010;26:e38-e49.
99. Rasmussen ST. Analysis of dental shear bond strength tests, shear or tensile?. Int. J. Adhesion and Adhesives 1996;16:147-154.

ภาคผนวก

ตาราง 3 แสดงค่าความแข็งแรงยึดเฉือนของกลุ่มทดลองทั้ง 8 กลุ่ม

ชิ้นที่	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	กลุ่มที่ 6	กลุ่มที่ 7	กลุ่มที่ 8
1	1.344	3.239	2.073	3.400	1.722	2.669	1.962	4.107
2	1.579	3.627	2.155	3.727	1.833	3.016	1.971	4.225
3	1.672	3.668	2.240	4.236	1.973	3.061	2.062	5.331
4	1.748	4.050	2.291	4.442	2.051	3.22	2.196	5.342
5	1.794	4.290	2.404	4.454	2.096	3.725	2.243	5.454
6	1.869	4.428	2.516	4.504	2.115	3.752	2.570	5.853
7	2.008	4.681	2.545	5.088	2.142	3.933	2.833	6.173
8	2.103	4.706	2.582	5.107	2.233	4.071	2.885	6.193
9	2.207	4.899	2.782	5.222	2.469	4.074	2.929	6.223
10	2.349	5.044	2.919	5.505	2.552	4.124	2.948	6.260
11	3.099	5.050	3.075	5.759	2.574	4.301	3.070	6.294
12	3.209	5.064	3.111	6.036	3.293	4.464	3.095	6.637
13	3.505	5.787	3.305	6.151	3.409	4.535	3.121	7.004
14	3.578	5.972	4.274	6.579	3.774	4.667	3.548	8.383
15	3.680	6.293	4.482	6.881	4.633	4.775	3.602	8.503

หมายเหตุ

กลุ่มที่ 1 ไม่ปรับสภาพพื้นผิว

กลุ่มที่ 2 ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู

กลุ่มที่ 3 ปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรด

กลุ่มที่ 4 ปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของยูนิฟาสท์แทรดและสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู

กลุ่มที่ 5 ปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทู

กลุ่มที่ 6 ปรับสภาพพื้นผิวด้วยมอนอเมอร์ของโทคุยามารีเบสทูและสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู

กลุ่มที่ 7 ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต

กลุ่มที่ 8 ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตและสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู

ตาราง 4 พรรณนาลักษณะของข้อมูลของกลุ่มทดลองทั้ง 8 กลุ่ม

Descriptives

shear bond strength

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
gr1	15	2.38293	.804497	.207720	1.93742	2.82845	1.344	3.680
gr2	15	4.71987	.876685	.226359	4.23437	5.20536	3.239	6.293
gr3	15	2.85027	.720764	.186100	2.45112	3.24941	2.073	4.482
gr4	15	5.13940	1.023206	.264191	4.57277	5.70603	3.400	6.881
gr5	15	2.59127	.826027	.213279	2.13383	3.04871	1.722	4.633
gr6	15	3.89247	.647061	.167070	3.53414	4.25080	2.669	4.775
gr7	15	2.73567	.541990	.139941	2.43552	3.03581	1.962	3.602
gr8	15	6.13213	1.233487	.318485	5.44905	6.81522	4.107	8.503

ตาราง 5 แสดงการทดสอบความแปรปรวนหรือการกระจายของกลุ่มตัวอย่าง

Test of Homogeneity of Variances

shear bond strength

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.160	7	112	.331

ตาราง 6 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เพื่อใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองทั้ง 8 กลุ่ม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ANOVA

shear bond strength

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	203.868	7	29.124	39.500	.000
Within Groups	82.579	112	.737		
Total	286.447	119			

ตาราง 7 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของความแข็งแรงยึดเฉือนของกลุ่มทดลองทั้ง 8 กลุ่ม โดยวิธีการทดสอบของทูคีย์ (Tukey's HSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

shear bond strength

Tukey HSD[a]

Group	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
gr1	15	2.38293			
gr5	15	2.59127			
gr7	15	2.73567			
gr3	15	2.85027			
gr6	15		3.89247		
gr2	15		4.71987	4.71987	
gr4	15			5.13940	
gr8	15				6.13213

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	ทพญ. กิติยา กังคะพิลาศ
วัน เดือน ปีเกิด	9 พฤษภาคม 2527
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	612/217 คอนโดเอสเปซอโศก-รัชดา ถ.อโศก-ดินแดง แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร
ตำแหน่งปัจจุบัน	ทันตแพทย์ระดับปฏิบัติการ แผนกทันตกรรม โรงพยาบาลท่าวุ้ง
สถานที่ทำงาน	โรงพยาบาลท่าวุ้ง อำเภอท่าวุ้ง จังหวัดลพบุรี
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2549	ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 2) คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
พ.ศ. 2557	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก (ทันตกรรมประดิษฐ์) คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ