ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะต่อความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็งต่อวัสดุฐานฟันเทียม

ปริญญานิพนธ์

ของ

กนกพร ตุ้มทอง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก

กรกฎาคม 2558

ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะต่อความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็งต่อวัสดุฐานฟันเทียม

ปริญญานิพนธ์

ของ

กนกพร ตุ้มทอง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก

กรกฎาคม 2558

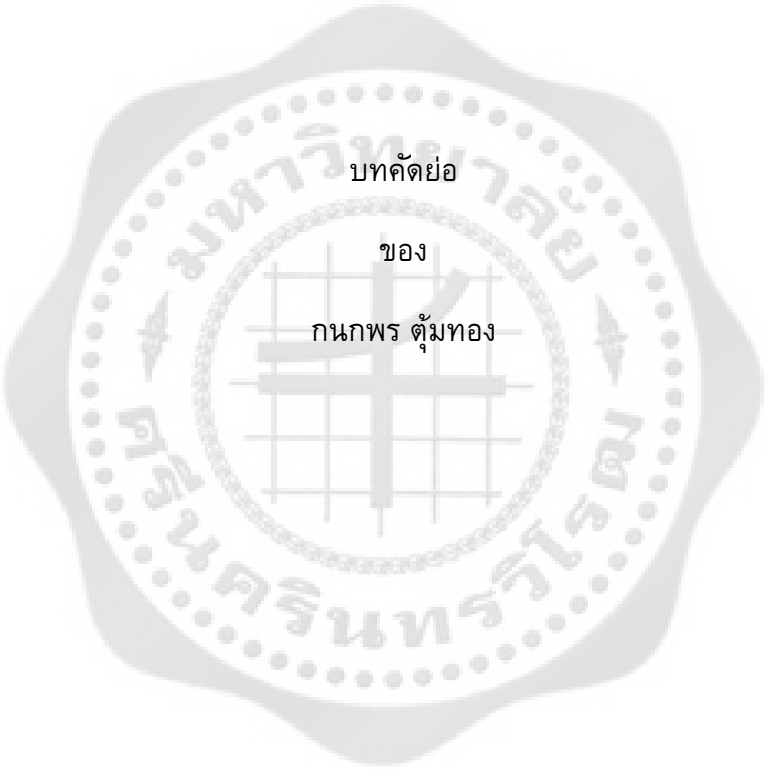
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะต่อความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็งต่อวัสดุฐานฟันเทียม

บทคัดย่อ

ของ

กนกพร ตุ้มทอง



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก

กรกฎาคม 2558

กนกพร ตุ้มทอง. (2558). *ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะต่อความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็งต่อวัสดุฐานฟันเทียม.* ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (ทันตกรรมคลินิก). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: อ.ทพญ.ดร. วัลลภัทน์ แสนทวีสุข.

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะต่อความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็งกับฐานฟันเทียม

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ เตรียมชิ้นงานเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนเป็นรูปทรงกระบอก จำนวน 60 ชิ้น แบ่งเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 15 ชิ้น ดังนี้ 1) กลุ่มควบคุม (ไม่ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ) 2) ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นจำนวน 5,000 รอบ ก่อนยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน 3) ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นจำนวน 5,000 รอบ ก่อนและหลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน 4) ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นจำนวน 5,000 รอบ ก่อนยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน และ 10,000 รอบ หลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน โดยเตรียมพื้นผิวเรซินอะคริลิกด้วยสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ร่วมกับสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู แล้วยึดติดกับวัสดุเสริมฐานโดยมีพื้นที่ยึดติดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม. ทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือนด้วยเครื่องทดสอบสากล วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและการทดสอบของทามเฮน (Tamhane's T2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการศึกษา ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงยึดเฉือนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิก่อนยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐานมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ กลุ่มที่ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิก่อนและหลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐานเป็นจำนวน 5,000 และ 10,000 รอบ มีค่าความแข็งแรงยึดเฉือนต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

บทสรุป การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะมีผลต่อความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็งกับฐานฟันเทียม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน จำนวน 5,000 และ 10,000 รอบ ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเสริมฐานลดลง

EFFECT OF THERMOCYCLING ON SHEAR BOND STRENGTH OF A HARD DIRECT RELINE MATERIAL TO A DENTURE BASE

AN ABSTRACT

BY

KANOKPORN TUMTHONG

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Science (Clinical Dentistry) in Dentistry
at Srinakharinwirot University
July 2015

Kanokporn Tumthong. (2015). *Effect of thermocycling on shear bond strength of a hard direct reline material to a denture base.* Master thesis, M.S. (Dentistry). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee:
PH.D. Wallapat Santawisuk.

Objectives This study evaluated the influence of thermocycling on shear bond strength of a hard direct reline resin to a denture base

Methods Sixty heat-cured acrylic resin disks were fabricated and divided into 4 groups (n=15): 1) Control group (non-thermocycling) 2) thermocycling 5,000 cycles before bonding to a reline resin 3) thermocycling 5,000 cycles before and after bonding to a reline resin 4) thermocycling 5,000 cycles before bonding to a reline resin and 10,000 cycles after bonding to a reline resin. The acrylic resin surface was treated with the solution of methyl formate and methyl acetate and adhesive of Tokuyama Rebase II and bonded with a reline material (bonding area 5 mm diameter). The shear bond strength test was performed using a Universal testing machine. Data were statistically analyzed using one-way ANOVA and Tamhane's T2 test at 0.05 significance level.

Results The mean shear bond strength between the non-thermocycling and the thermocycling before bonding groups were not significantly different. The thermocycling 5,000 and 10,000 cycles before and after bonding group had significantly lower shear bond strength than those of the others ($p<0.05$).

Conclusion The Shear bond strength of the hard direct reline resin to the denture base were influenced by thermocycling. Thermocycling 5,000 and 10,000 cycles after bonding to the reline resin could decrease the shear bond strength of the hard direct reline resin to the denture base.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะต่อความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็งต่อวัสดุฐานฟันเทียม

ของ

กนกพร ตุ้มทอง

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่..... เดือน..... พ.ศ. 2558

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

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

..... ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพญ.ดร. ศิริจันทร์ เจียรพุฒิ)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน
(อาจารย์ ทพญ.ดร. จารุมา ศักดิ์ดี)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพญ.ดร. ศศิวิมล เสนาะกรรณ์)

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

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

ประกาศคุณูปการ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ทพญ.ดร. วัลลภัทน์ แสนทวีสุข อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพญ.ดร. ศิริจันทร์ เจียรพุฒิ เป็นอย่างยิ่งที่ท่านคอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางในการทำวิจัย และมีความเมตตา ความเอาใจใส่ เป็นแรงผลักดันให้ข้าพเจ้าเสมอมา ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบปากเปล่าทุกท่าน อันได้แก่ อาจารย์ ทพญ.ดร. จารุมา ศักดิ์ดี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพญ.ดร. ศศิวิมล เสนาะกรรณ์ ที่ช่วยตรวจทาน ให้คำแนะนำ และแก้ไขจุดบกพร่อง ทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีความถูกต้องและมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ชัยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ข้าพเจ้าขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้ อีกทั้งยังให้ความรู้ ความช่วยเหลือ และสอนวิธีการใช้งานเครื่องทดสอบสากล เครื่องแช่สลับน้ำร้อนน้ำเย็น และเครื่องมืออื่นๆ แก่ข้าพเจ้า และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานบริการวิชาการและวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือต่างๆ เช่นกัน

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ทพญ. กิติยา กังคะพิลาศ นิสิตปริญญาโท คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ผู้ซึ่งให้คำแนะนำเกี่ยวกับเทคนิคต่างๆ ในการทำวิจัย และให้ความช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้าย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณมารดา นางรุจิรา ตุ้มทอง และบิดา นายฉลอง ตุ้มทอง ผู้ซึ่งให้การสนับสนุนการศึกษาของข้าพเจ้าเสมอมา และเป็นกำลังใจสำคัญที่ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำการวิจัยได้สำเร็จลุล่วง

กนกพร ตุ้มทอง

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	2
	ความสำคัญของการวิจัย	2
	ขอบเขตการวิจัย	3
	สมมุติฐานการวิจัย	3
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	4
	ฐานฟันเทียมและบทบาทของวัสดุเสริมฐาน	4
	วัสดุเสริมฐาน	5
	วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเองในรูปแบบผงกับน้ำ	6
	การยึดติดของฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐาน	7
	ความแข็งแรงของฟันเทียมเสริมฐาน	10
	การทดสอบความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐาน	10
	การสลายตัวทางชีวภาพ (Biodegradation) ของวัสดุเรซินอะคริลิก	13
	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ (Thermocycling)	15
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	18
	วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	18
	วิธีดำเนินงานวิจัย	22
	การทดสอบทางสถิติ	26
4	**ผลการวิจัย**	27

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	30
อภิปรายผล.....	30
สรุปผลการวิจัย.....	35
ข้อเสนอแนะ.....	35
บรรณานุกรม.....	37
ภาคผนวก.....	43
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	49

บัญชีตาราง

ตาราง **หน้า**

1 องค์ประกอบของวัสดุที่ใช้ในการศึกษาและบริษัทผู้ผลิต..... 21

2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงยึดเฉือน ของการทดสอบอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ 4 กลุ่ม..... 27

3 ค่าความแข็งแรงยึดเฉือนของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม..... 44

4 พรรณนาลักษณะของข้อมูลของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม..... 45

5 การวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล..... 46

6 การทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง..... 46

7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เพื่อใช้ในการทดสอบ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ที่ระดับ นัยสำคัญ 0.05..... 47

8 การเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของความแข็งแรงยึดเฉือน ของกลุ่มทดลอง 4 กลุ่ม โดยวิธีการทดสอบของทามเฮน (Tamhane's T2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05..... 48

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	การทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือน……..	11
2	การทดสอบด้วยแรงดึง……	12
3	การทดสอบด้วยแรงดัดขวาง……...	13
4	วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเอง ยี่ห้อโทคุยามารีเบสทู……...	18
5	สารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ซียูอะคริลิกบอนด์……...	19
6	แม่แบบซิลิโคน……..	19
7	ชิ้นงานฐานฟันเทียม……..	22
8	เครื่องขัดผิวชิ้นงาน……	22
9	แผนภาพแสดงการแบ่งกลุ่มการทดลอง 4 กลุ่ม…….....	23
10	เครื่องแช่สลับน้ำร้อนน้ำเย็น (Thermo Cycling Unit)…….....	24
11	ภาพจำลองการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานบนชิ้นงานฐานฟันเทียม……..	25
12	ภาพจำลองการทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือน……	25
13	กล้องสเตอริโอไมโครสโคป (Stereomicroscope)……..	26
14	แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงยึดเฉือนของการทดสอบอุณหภูมิแบบร้อนเย็น เป็นจังหวะ 4 กลุ่ม……..	28
15	ความล้มเหลวแบบยึดติดของชิ้นงาน……..	29

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

เนื่องจากฟันเทียมต้องอยู่ภายในช่องปากภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการรับประทานอาหารหรือจากการดื่มน้ำร้อน เย็น[1-4] ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทั้งร้อน เย็น ในสภาวะแวดล้อมที่เปียกน้ำเช่นนี้ อาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติของวัสดุพอลิเมอร์ที่นำมาใช้ทำฟันเทียมได้ ทั้งในด้านความต้านทานต่อการแตกหัก ความแข็งแรงต่อแรงกระแทก หรือหากเป็นกรณีของฟันเทียมเสริมฐาน ก็อาจส่งผลต่อการยึดติดระหว่างวัสดุที่นำมาเสริมฐานกับฐานฟันเทียมได้[4-8]

การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ (thermocycling) เป็นการจำลองสภาวะในช่องปาก เพื่อใช้ในการทดสอบวัสดุพอลิเมอร์ที่ใช้ในทางทันตกรรม โดยนอกจากจะเป็นกระบวนการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแล้ว ยังเกี่ยวข้องกับสภาวะแวดล้อมที่มีน้ำอีกด้วย[4,5,9-11] การทดสอบเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะนี้ จึงถือเป็นกระบวนการที่ใช้ตรวจสอบอายุการใช้งานของวัสดุในสภาวะที่จำลองเสมือนว่าวัสดุถูกใช้งานอยู่ในช่องปาก[5]

การละลายตัวของกระดูกอย่างต่อเนื่องที่เกิดภายหลังจากถอนฟันไป เป็นสาเหตุให้ฟันเทียมมีเสถียรภาพลดลงเมื่ออยู่ในช่องปาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการนัดผู้ป่วยกลับมาเพื่อตรวจสภาพสันเหงือกว่างและฟันเทียมของผู้ป่วย เพื่อทำการเสริมฐานฟันเทียมให้กลับมามีความแนบสนิทกับเนื้อเยื่อที่รองรับฟันเทียม มีเสถียรภาพ การยึดอยู่ และการรองรับที่ดีขึ้น[12] การเสริมฐานฟันเทียมโดยตรงในช่องปากสามารถทำได้โดยใช้วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเอง (autopolymerizing reline resin) ซึ่งการเสริมฐานฟันเทียมด้วยวิธีนี้ เป็นวิธีที่ง่าย ไม่ต้องมีขั้นตอนทางห้องปฏิบัติการ และที่สำคัญผู้ป่วยสามารถใส่ฟันเทียมกลับไปได้เลย ด้วยเหตุนี้ การเสริมฐานฟันเทียมโดยตรงในช่องปาก จึงเป็นวิธีที่ถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย[4,13-14] ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของฟันเทียมเสริมฐานก็คือ การยึดติดที่ดีระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานและฐานฟันเทียม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ และการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมก่อนทำการเสริมฐาน ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานและฐานฟันเทียม

ทั้งนี้จากการศึกษาของ Kungkapilas และ Santawisuk ในปี 2014[15] ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับผลของการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วยสารเคมีต่อความแข็งแรงการยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน โดยพบว่าการใช้สารยึดติดมีความจำเป็นในการปรับสภาพพื้นผิวก่อนเสริมฐานด้วยโทคุยามารีเบสทู และการใช้สารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตร่วมกับสารยึดติดช่วยเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเสริมฐาน แต่ยังไม่ได้ทำการศึกษาร่วมกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ และจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ผลการทดลองที่ได้ในแต่ละการศึกษามีทั้งที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกันในด้านของการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆ ของฟันเทียมเสริมฐาน หลังการทดสอบด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ จึงมีความสนใจที่จะศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะที่ส่งผลต่อความแข็งแรงการยึดติดของฟันเทียมเสริมฐานที่มีการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตร่วมกับสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู และเพื่อจำลองสภาวะให้ใกล้เคียงกับการใช้งานฟันเทียมในช่องปากมากขึ้น จึงทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะก่อนการเสริมฐาน ซึ่งเปรียบเสมือนการใช้งานฟันเทียมในช่องปากมาระยะหนึ่งแล้วจึงนำมาเสริมฐาน และทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะหลังการเสริมฐาน ซึ่งเปรียบเสมือนการนำฟันเทียมไปใช้งานหลังจากเสริมฐานฟันเทียมแล้ว

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะต่อความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็งกับฐานฟันเทียม

ความสำคัญของการวิจัย

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของฟันเทียมเสริมฐาน คือ การยึดติดที่ดีระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานและฐานฟันเทียม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ ที่เป็นการจำลองสภาวะการใช้งานฟันเทียมในช่องปาก ถือเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานและฐานฟันเทียม การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลของปัจจัยนี้จะนำไปสู่การพัฒนาความรู้ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิก เพื่อประโยชน์สูงสุดของผู้ป่วยต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (laboratory experimental study)

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ
2. ตัวแปรตาม คือ ค่าความแข็งแรงยึดเฉือน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. Thermocycling หมายถึง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ
2. Bond strength หมายถึง ความแข็งแรงการยึดติด
3. Shear bond strength หมายถึง ความแข็งแรงยึดเฉือน
4. Denture base หมายถึง ฐานฟันเทียม
5. Hard direct reline resin หมายถึง วัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็ง
6. Autopolymerizing reline resin หมายถึง วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเอง

สมมุติฐานในการวิจัย

H_0 : การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะไม่มีผลต่อความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็งกับฐานฟันเทียม

H_1 : การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะมีผลต่อความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็งกับฐานฟันเทียม

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ฐานฟันเทียมและบทบาทของวัสดุเสริมฐาน
2. วัสดุเสริมฐาน
3 วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเองในรูปแบบผงกับน้ำ
4. การยึดติดของฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐาน
5. ความแข็งแรงของฟันเทียมเสริมฐาน
6. การทดสอบความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐาน
7. การสลายตัวทางชีวภาพ (Biodegradation) ของวัสดุเรซินอะคริลิก
8. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ (Thermocycling)

ฐานฟันเทียมและบทบาทของวัสดุเสริมฐาน

วัสดุฐานฟันเทียมมีหลายชนิด ได้แก่ เรซินอะคริลิก โลหะ ไนลอน (Nylon) เป็นต้น แต่ชนิดที่นิยมนำมาใช้ทำฐานฟันเทียมมากที่สุดคือ เรซินอะคริลิก หรือ พอลิเมทิล เมทาไครเลต (polymethyl methacrylate)[8,15-16] เนื่องจากง่ายต่อการใช้งาน มีความสวยงามเป็นที่น่าพึงพอใจ มีสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพดี[15-17] และข้อดีอีกประการหนึ่งคือ ฟันเทียมที่ทำด้วยวัสดุชนิดนี้สามารถเสริมฐานเพื่อปรับปรุงความแนบสนิทต่อเนื้อเยื่อที่รองรับฟันเทียม ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากมีการละลายตัวของกระดูกอย่างต่อเนื่อง[4] โดยวัสดุฐานฟันเทียมชนิดเรซินอะคริลิกสามารถจำแนกตามรูปแบบการเกิดพอลิเมอร์ได้เป็น ชนิดบ่มด้วยตนเอง (self-cured) ชนิดบ่มด้วยแสง (light-cured) และชนิดบ่มด้วยความร้อน (heat-cured) และพลังงานไมโครเวฟ โดยวัสดุฐานฟันเทียมชนิดที่นิยมใช้ในการทำฟันเทียมให้ผู้ป่วย คือ ชนิดบ่มด้วยความร้อน[8,15-16] เนื่องจากมีความแข็งแรงสูง รูพรุนน้อย และมีปริมาณมอนอเมอร์หลงเหลือน้อย

โดยปกติภายหลังจากการถอนฟันไปแล้ว สันเหงือกว่างจะมีขนาดลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 6 เดือนแรก ถึง 2 ปี หลังจากถอนฟันไป และจะมีขนาดลดลงเรื่อยๆ ตลอดชีวิต การละลายตัวของกระดูกอย่างต่อเนื่องนี้ส่งผลต่อเสถียรภาพ (stability) การยึดอยู่

(retention) ความสบาย (comfort) การใช้งาน (function) และความสวยงามของฟันเทียม ดังนั้น เพื่อให้ฟันเทียมอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี จึงต้องมีการนัดผู้ป่วยกลับมาพบทันตแพทย์ เพื่อตรวจสภาพในช่องปาก และเสริมฐานฟันเทียม[18] ซึ่งการเสริมฐานโดยตรงด้วยวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเอง (autopolymerizing reline resin) เป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ในการเสริมฐานฟันเทียม เนื่องจากใช้งานง่าย เสียค่าใช้จ่ายน้อย ไม่เสียเวลาในการทำ สามารถทำได้โดยตรงในช่องปาก (chair-side technique) ซึ่งเป็นการลดขั้นตอนทางห้องปฏิบัติการ ทำให้ผู้ป่วยไม่ต้องเสียเวลารอนาน และไม่ต้องอยู่ในสภาวะที่ไร้ฟันเทียมเนื่องจากการนำฟันเทียมไปเสริมฐานด้วยวิธีทางห้องปฏิบัติการ[12-14]

วัสดุเสริมฐาน

1. คุณสมบัติของวัสดุเสริมฐาน[19]

วัสดุเสริมฐานที่ดี ควรมีลักษณะ ดังต่อไปนี้

1.1 มีความแข็งแรงยึดเฉือนสูงต่อวัสดุฐานฟันเทียม

1.2 มีความต้านทานต่อการติดสี

1.3 ดูดซึมน้ำน้อย

1.4 ไม่มีส่วนประกอบที่ละลายน้ำ หรือมีการละลายน้ำน้อย

1.5 มีสีที่คงทน

1.6 มีความแข็งแรงที่เหมาะสม

1.7 มีความคงทนต่อแรงที่ลงมากระทำซ้ำๆ สูง

1.8 มีความแข็งแรงดัดขวาง (transverse strength) สูง

1.9 มีเสถียรภาพเชิงมิติ (dimensional stability) มีการเปลี่ยนแปลงเชิงมิติน้อยระหว่างเกิดการบ่มตัว

1.10 กรอแต่งง่าย

1.11 ต้านทานต่อการสึกกร่อน

1.12 เข้ากับเนื้อเยื่อได้ดี

1.13 ไม่มีรสชาดและกลิ่นไม่พึงประสงค์

1.14 ปล่อยความร้อนออกมาน้อยขณะเกิดการบ่มตัว

1.15 ไม่มีมอนอเมอร์หลงเหลืออยู่หลังเกิดการบ่มตัว

2. ชนิดของวัสดุเสริมฐาน

วัสดุเสริมฐาน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ วัสดุเสริมฐานชนิดนุ่ม (soft denture liners) และวัสดุเสริมฐานชนิดแข็ง (hard denture liners)

2.1 วัสดุเสริมฐานชนิดนุ่ม (soft denture liners) ใช้เพื่อปรับสภาพเนื้อเยื่อใต้ฐานฟันเทียมที่ได้รับบาดเจ็บ[21] มีข้อดีสำหรับผู้ป่วยในการช่วยลดแรงบดเคี้ยวลงสู่เนื้อเยื่อใต้ฐานฟันเทียมที่อยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสมในการรับแรง วัสดุเสริมฐานชนิดนุ่มนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ชนิดที่เป็นอะคริลิก (plasticized acrylics) และชนิดที่เป็นซิลิโคน (silicone elastomers) ซึ่งทั้งสองชนิด สามารถนำไปใช้งานทั้งในรูปแบบที่บ่มด้วยตนเอง และในรูปแบบที่บ่มด้วยความร้อน[21-22]

2.2 วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดแข็ง (hard reline resin) ใช้เพื่อปรับปรุงเสถียรภาพและความยึดอยู่ของฟันเทียมให้ดีขึ้น และฟื้นฟูความแนบสนิทของฐานฟันเทียมกับเนื่อเยื่อที่รองรับฟันเทียม เนื่องจากสันเหงือกว่างมีขนาดลดลง[4,14,18] แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) ชนิดบ่มด้วยตนเอง (autopolymerized) 2) ชนิดบ่มด้วยแสง (visible light-polymerized) และ 3) ชนิดบ่มด้วยความร้อน (heat-polymerized)[23]

วัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงในช่องปาก (hard, direct reline resin) เป็นวัสดุเรซินเสริมฐานระบบที่ทำได้โดยตรงในช่องปาก (chairside reline system) มีความสะดวกในการใช้งานมากกว่าระบบที่ต้องทำในห้องปฏิบัติการ ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงมิติ[14] และสามารถลอกเลียนรายละเอียดรูปร่างของเนื้อเยื่อในช่องปากได้โดยตรงบนฐานฟันเทียม[23] แบ่งออกเป็น ตามส่วนประกอบและรูปแบบของการบ่มตัว ได้แก่ วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยแสงในรูปแบบผงกับน้ำ (visible light-polymerized, powder-liquid type), ชนิดบ่มด้วยแสงในรูปแบบสารป้าย (visible light-polymerized, paste type), และชนิดบ่มด้วยตนเองในรูปแบบผงกับน้ำ (autopolymerized ,powder-liquid type)[23]

วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเองในรูปแบบผงกับน้ำ[23]

วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเอง ในรูปแบบผงกับน้ำประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนผง และส่วนที่เป็นของเหลว โดยส่วนผงประกอบด้วย พอลิเอทิล เมทาไครเลต) (polyethyl methacrylate) หรือ พอลิเมทิล เมทาไครเลต (polymethyl methacrylate) ร่วมกับตัวเริ่มต้นปฏิกิริยาที่เป็นเปอร์ออกไซด์ (peroxide initiator) และสารสี ส่วนของเหลวประกอบด้วย ส่วนผสมของมอนอเมอร์ที่มีเมทาไครเลต (methacrylate) เป็นองค์ประกอบพื้นฐาน ได้แก่ เมทิลเมทาไครเลต เอ็น-บิวทิล เมทาไครเลต (n-butyl methacrylate) หรือ ไซโคลเฮซิล เมทาไครเลต (cyclohexyl

methacrylate) ร่วมกับ สารที่ทำให้เกิดการเชื่อมโยงข้าม (cross-linking agent) และตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี ตัวอย่างของวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดนี้ ได้แก่ วัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็งยี่ห้อโทคุยามารีเบสทู

วัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็งยี่ห้อโทคุยามารีเบสทู[25]

วัสดุเรซินเสริมฐานยี่ห้อโทคุยามารีเบสทู สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุเสริมฐานฟันเทียมโดยตรงในช่องปากในคลินิก และใช้เสริมฐานฟันเทียมในห้องปฏิบัติการ ใช้สำหรับเสริมฐานฟันเทียมในระยะยาว ใช้สำหรับขยายขอบของฟันเทียมให้มีขอบตามที่ต้องการและมีการยึดอยู่ที่ดีขึ้น หรือใช้สำหรับซ่อมฟันเทียม มีข้อดี คือ ขัดแต่งง่าย ใช้งานง่าย ส่วนใหญ่ไม่มีกลิ่นและรส ปล่อยความร้อนออกมาน้อยในขณะบ่มตัว ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อน้อย มีความทนทาน มีความแข็งแรงเชิงกลสูง (high mechanical strength) และมีความถูกต้องแม่นยำสูงเมื่อนำไปเสริมฐานฟันเทียม

วัสดุชุดหนึ่งประกอบด้วย ส่วนผง ส่วนน้ำ สารยึดติด และผงโทคุยามาเรซินฮาร์ดเดนเนอร์ทู (Tokuyama resin hardener II) โดยส่วนผง ประกอบด้วย พอลิเอทิล เมทาไครเลต (PEMA) ส่วนน้ำ ประกอบด้วย 2-อะซีโตอะซีทอกซีเอทิลเมทาไครเลต (2-acetoacetoxy ethylmethacrylate) และ 1,9-โนนานีไดออลไดเมทาไครเลต (1,9-nonanediol dimethacrylate) สารยึดติด ประกอบด้วย เอทิลอะซีเตต (ethyl acetate) และอะซีโตน (acetone) โดยบริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ทาสารยึดติดเป็นเพื่อปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมเป็นระยะเวลา 20 วินาที และหลังจากวัสดุเกิดการบ่มตัวในช่องปากแล้วให้นำฟันเทียมที่เสริมฐานแล้วแช่ในสารละลายของโทคุยามาเรซินฮาร์ดเดนเนอร์ทู เป็นระยะเวลา 3 นาที เพื่อให้เกิดการบ่มตัวอย่างสมบูรณ์ของวัสดุเรซินเสริมฐาน

การยึดติดของฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐาน

ความแข็งแรงการยึดติดที่เพียงพอระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานและฐานฟันเทียมเป็นองค์ประกอบสำคัญในการป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่บริเวณรอยต่อของพื้นผิวทั้งสอง ป้องกันการเกิดคราบอาหารบริเวณรอยต่อ และป้องกันความล้มเหลวในการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานกับฐานฟันเทียม ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จในการเสริมฐานฟันเทียมเพื่อปรับปรุงฟื้นฟูให้มีความแนบสนิทกับเนื่อเยื่อที่รองรับฟันเทียม[6,24-30] การยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐานเกิดขึ้นจาก การแพร่ผ่าน แทรกซึม และเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงเป็นพอลิเมอร์ของมอนอเมอร์ของวัสดุเสริมฐานข้ามบริเวณผิวรอยต่อระหว่างวัสดุ

เสริมฐานและฐานฟันเทียม เกิดการสร้างเป็นโครงข่ายของพอลิเมอร์เชื่อมโยงซึ่งกันและกัน (inter-penetrating polymer network; IPN)[5,29] ความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานกับฐานฟันเทียมขึ้นอยู่กับส่วนประกอบทางเคมีของทั้งวัสดุเสริมฐานและพอลิเมอร์ที่ใช้ทำฐานฟันเทียม[27,29,31] และปัจจัยอื่นๆ เช่น การปรับสภาพพื้นผิวฟันเทียม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ ซึ่งการยึดติดที่ไม่เพียงพอมีความสัมพันธ์กับการลดลงของความแข็งแรงเชิงกลของฟันเทียมเสริมฐาน ทำให้เกิดการสะสมของแบคทีเรียและคราบอาหารต่างๆ[26,31]

การเสริมฐานโดยตรงด้วยวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเอง แม้จะเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่ยังพบว่ามีการยึดติดที่น้อยระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเองกับฐานฟันเทียม[12] จึงต้องมีการปรับปรุงความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเองกับฐานฟันเทียมให้ดีขึ้น ซึ่งสามารถทำได้โดย การปรับสภาพพื้นผิวทางกล (mechanical surface modification) และการปรับสภาพพื้นผิวทางเคมี (chemical surface modification) ซึ่งวิธีเหล่านี้เป็นวิธีที่ช่วยให้วัสดุเรซินเสริมฐานยึดติดกับฐานฟันเทียมได้ดีขึ้น[11] การปรับสภาพพื้นผิวทางกล ได้แก่ การใช้หัวกรอ กรอบริเวณพื้นผิวของฐานฟันเทียม[32] การทำให้เกิดการสึกกร่อนของพื้นผิว[33-34] และการใช้เลเซอร์[35] ทำเพื่อเพิ่มบริเวณพื้นผิวและการยึดอยู่ทางกล ส่วนการปรับสภาพพื้นผิวทางเคมี ทำเพื่อส่งเสริมการแพร่ผ่านและการแทรกซึมของมอนอเมอร์ของวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเอง ให้เข้าไปในฐานฟันเทียมได้ดีขึ้น[32-35] โดยทำการปรับสภาพพื้นผิว ด้วยการทำให้พื้นผิวเรซินอะคริลิก ที่เป็นฐานฟันเทียมเปียกด้วยสารเคมี เช่น เมทิลเมทาไครเลต มอนอเมอร์ (methyl methacrylate monomer)[12] นอกจากนี้ การศึกษาของ Curtis และคณะ ในปี 1989[33] พบว่าการใช้สารยึดติด (bonding agent) เป็นการช่วยเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานต่อฐานฟันเทียม

ปัจจุบันวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดแข็ง ชนิดใหม่ๆ ประกอบด้วย เมทาไครเลต มอนอเมอร์ (methacrylate monomers) แทน เมทิลเมทาไครเลต (methyl methacrylate) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับพอลิเมอร์ชนิดดั้งเดิม ที่มีส่วนประกอบหลักเป็นเมทิลเมทาไครเลต ความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานเหล่านี้อาจไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีการแทรกซึมของมอนอเมอร์ได้ต่ำ ซึ่งสัมพันธ์กับขนาดโมเลกุลที่ใหญ่กว่าด้วย การทาสารยึดติด (bonding agent) ที่พื้นผิวของฐานฟันเทียมเป็นที่แนะนำให้ปฏิบัติโดยบริษัทผู้ผลิต โดยสารเหล่านี้จะส่งผลทางเคมี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่บริเวณพื้นผิวของฐานฟันเทียม เพื่อเพิ่มการยึดติดทางเคมี (chemical bonding) กับวัสดุเสริมฐาน[5,36]

จากการศึกษาของ Giampaolo และคณะ ในปี 2011[5] ซึ่งทำการทดสอบการรั่วซึมระหว่างวัสดุเสริมฐานและฐานฟันเทียม โดยมีการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมด้วย เมทิลเมทาไครเลต มอนอเมอร์ เป็นเวลา 180 วินาที พบว่าไม่เกิดการรั่วซึมเกิดขึ้น ซึ่งเป็นข้อบ่งชี้ได้ว่า การใช้สารปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมก่อนทำการเสริมฐาน เป็นสิ่งที่แนะนำให้ปฏิบัติ เพื่อให้ฟันเทียมที่ทำการเสริมฐานมีอายุการใช้งานที่นานขึ้น โดยสารตัวหนึ่งที่สามารถใช้ได้ในทางคลินิก คือ เมทิลเมทาไครเลต มอนอเมอร์ ที่ใช้เป็นสารปรับสภาพพื้นผิวในการศึกษานี้

จากการศึกษาของ Leles และคณะ ในปี 2001[12] พบว่า การปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมด้วย Lucitone 550 เมทิลเมทาไครเลต มอนอเมอร์ (methyl methacrylate monomer; MMA) เป็นเวลา 180 วินาที ให้ค่าความแข็งแรงการยึดติดที่มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารปรับสภาพพื้นผิว และการใช้อะซีโตน (acetone) ปรับสภาพพื้นผิว เป็นเวลา 5 วินาที Vallittu และคณะ ในปี 1994[37] ได้กล่าวไว้ว่า การปรับสภาพพื้นผิวของฐานฟันเทียมที่ต้องการซ่อมด้วย เมทิลเมทาไครเลท มอนอเมอร์ เป็นการละลายโครงสร้างพื้นผิวของพอลิเมทิล เมทาไครเลต และระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิว 180 วินาที ช่วยให้การยึดติดของฐานฟันเทียมที่ซ่อมมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เกิดความล้มเหลวในการยึดติดที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวที่สั้นกว่านี้[12,38] Shen และคณะในปี 1984[39] พบว่า การใช้สารคลอโรฟอร์ม (Chloroform) ปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมเป็นเวลา 5 วินาที ช่วยให้ฐานฟันเทียมสะอาดขึ้น ช่วยทำให้พื้นผิวฐานฟันเทียมมีประสิทธิภาพในการยึดติดที่ดีขึ้น และเพิ่มความแข็งแรงในการยึดติดของฐานฟันเทียมที่ถูกซ่อม ซึ่งจากการศึกษาของ Leles และคณะ ในปี 2001[12] พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมด้วย Lucitone 550 เมทิลเมทาไครเลต มอนอเมอร์ และคลอโรฟอร์ม ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้เมทิลเมทาไครเลต มอนอเมอร์ แทนการใช้คลอโรฟอร์ม เนื่องจากภายหลังพบว่า คลอโรฟอร์มเป็นสารก่อมะเร็ง[40] ต่อมาได้มีการหาสารทดแทนคลอโรฟอร์มโดยมีการใช้เมทิลีนคลอไรด์ (methylene chloride) แต่ในปัจจุบันพบว่าเป็นสารก่อมะเร็งเช่นกัน จึงได้หาสารอื่นมาทดแทน โดยแนะนำให้ใช้อะซีโตน (acetone) เอทิลอะซีเตต (ethyl acetate) เมทิลอะซีเตต (methyl acetate) และ เมทิลฟอร์เมต (methyl formate) ซึ่ง Asmussen และ Peutzfeldt ได้ทำการศึกษาในปี 2000[41] พบว่าเมทิลอะซีเตต และเมทิลฟอร์เมต ให้ค่าแรงเฉือนที่ไม่ต่างจาก เมทิลีนคลอไรด์ และไม่ก่อให้เกิดมะเร็งหรือเป็นพิษต่อร่างกาย และจากการศึกษาของ Thunyakitpisal และ Wiwatwarapan ในปี 2010[40] พบว่า การปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมด้วยสารเมทิลอะซีเตต และเมทิลฟอร์เมต ก่อนนำฟันเทียมมาซ่อม ให้ค่าความแข็งแรงดัดขวางที่สูง และจากการศึกษาของ Kungkapilas และ Santawisuk ในปี 2014[15] พบว่า การปรับ

สภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วยสารยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานจำเป็นต้องทำก่อนการยึดติดกับวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู โดยพบว่ามีค่าความแข็งแรงยึดเฉือนสูงกว่าการไม่ปรับสภาพพื้นผิว และการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเคมีชนิดอื่นโดยไม่ใช้สารยึดติดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่า การปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วยสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตร่วมกับสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู ให้ค่าความแข็งแรงยึดเฉือนสูงที่สุด และสูงกว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานเพียงชนิดเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาของ Minami และคณะ ในปี 2004[11] พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเสริมฐานต่อฐานฟันเทียม โดยจากการศึกษาพบว่า ความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเองต่อฐานฟันเทียมได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ และการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียม

ความแข็งแรงของฟันเทียมเสริมฐาน

ในขั้นตอนกระบวนการเสริมฐานด้วยวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเอง ส่งผลให้สมบัติเชิงกลของวัสดุที่ใช้ทำฐานฟันเทียมลดลงได้[10,42] เนื่องจากมีปริมาณมอนอเมอร์ที่เหลือตกค้างอยู่ในวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเองมากกว่าในวัสดุเรซินชนิดบ่มด้วยความร้อน ซึ่งจากหลายๆ การศึกษาระบุว่าความแข็งแรงของฟันเทียมเสริมฐานขึ้นกับความแข็งแรงของวัสดุที่ใช้ทำฐานฟันเทียม ความแข็งแรงของวัสดุเรซินเสริมฐาน และความสามารถของพอลิเมอร์ในการเชื่อมโยงยึดติดซึ่งกันและกัน[8] นอกจากนี้การยึดติดที่ไม่ดีระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานและฐานฟันเทียมยังส่งผลทำให้ความแข็งแรงของฟันเทียมลดลงและเป็นสาเหตุให้เกิดการแตกหักของฟันเทียมได้[43]

การทดสอบความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐาน

การทดสอบความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐาน สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทดสอบด้วยแรงเฉือน (shear test)[29] การทดสอบด้วยแรงดึง (tensile test)[42] การทดสอบด้วยแรงดัดขวาง (transverse test) และการทดสอบด้วยแรงดัดโค้ง (bending test)[40]

1. การทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือน (Shear bond strength test)

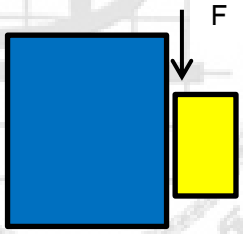
การทดสอบหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือน สามารถทดสอบตามมาตรฐานสากลของ American society for testing and materials (ASTM standards) หมายเลข D 4501[44] โดยใส่แรงที่รอยต่อระหว่างสองวัสดุที่ต้องการทดสอบ (ภาพประกอบ 1) ซึ่งผลการทดสอบมักพบว่า การแตกมักเกิดขึ้นที่บริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุทั้งสอง มากกว่าภายในเนื้อของวัสดุ จึงสามารถแสดงถึงความสามารถในการยึดติดของวัสดุได้เป็นอย่างดี[29] โดยสามารถคำนวณหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือน ได้จากสูตร

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

τ คือ ความแข็งแรงยึดเฉือน หน่วยเป็น เมกะพาสคาล (MPa)

F คือ แรงเฉือน หน่วยเป็น นิวตัน (N)

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



ภาพประกอบ 1 การทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือน

2. การทดสอบความทนแรงดึง (tensile bond strength)

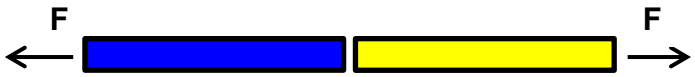
การเตรียมชิ้นตัวอย่าง จะเตรียมเป็นทรงแท่งหรือทรงกระบอก (bar- หรือ rod-shape) จากนั้นจึงทำการยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐานที่ปลายข้างใดข้างหนึ่งก่อนนำไปทดสอบ (ภาพประกอบ 2) ผลการทดสอบสามารถนำไปแปลค่าได้ง่าย จึงเป็นวิธีการทดสอบที่นิยมใช้ โดยสามารถคำนวณหาค่าความทนแรงดึง ได้จากสูตร[42]

$$S = \frac{F}{D}$$

S คือ ค่าความทนแรงดึง หน่วยเป็น เมกะพาสคาล (MPa)

F คือ แรงดึง หน่วยเป็น นิวตัน (N)

D คือ ขนาดของพื้นที่ผิว หน่วยเป็น ตารางมิลลิเมตร (mm^2)



ภาพประกอบ 2 การทดสอบด้วยแรงดึง

3. การทดสอบความแข็งแรงดัดขวาง (transverse bond strength test)

การทดสอบสามารถทดสอบได้ตามมาตรฐานสากลของ International standards organization specification ลำดับที่ 1567[45] ซึ่งเป็นมาตรฐานการทดสอบของฐานฟันเทียมชนิดพอลิเมอร์ โดยเตรียมชิ้นตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบเป็นทรงแท่ง (bar-shape) ทดสอบโดยใส่แรงอัด (compressive load) ลงที่บริเวณตรงกลางความยาวของวัสดุ (ภาพประกอบ 3) การทดสอบชนิดนี้มีข้อจำกัดในการแปลผล ความเค้น (stress) ที่บริเวณรอยต่อของฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐานเป็นผลมาจากหลายปัจจัย โดยในขณะทำการทดลองจะเกิดการโค้งงอจากการใส่แรง 3 จุด (3-point bending mode) ซึ่งจุดที่ลงแรงอัดจะได้รับแรงมากกว่าบริเวณอื่น การกระจายแรงภายในวัสดุขึ้นอยู่กับความหนาของวัสดุ ระยะระหว่างจุดที่รองรับแท่งชิ้นงาน และมอดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (elastic modulus) ซึ่งค่ามอดูลัสของสภาพยืดหยุ่นของฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐานมีค่าไม่เท่ากัน ส่งผลให้ความเค้นที่บริเวณรอยต่อของวัสดุทั้งสองมีค่าไม่คงที่ การคำนวณหาค่าความแข็งแรงดัดขวาง สามารถคำนวณได้จากสูตร[40,46]

$$\delta = \frac{3FI}{2bh^2}$$

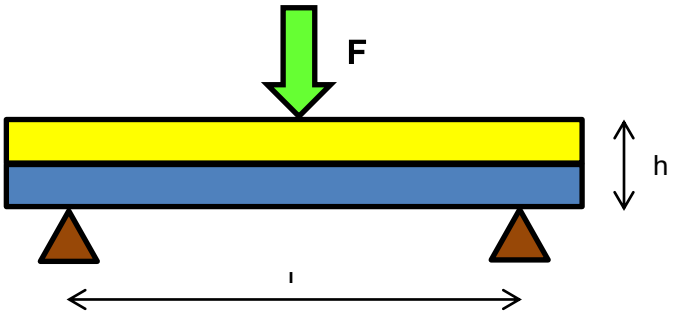
δ คือ ค่าความแข็งแรงดัดขวาง หน่วยเป็น เมกะพาสคาล (MPa)

F คือ ค่าแรงที่สูงที่สุด หน่วยเป็น นิวตัน (N)

I คือ ความยาวระหว่างจุดที่รองรับแท่งตัวอย่าง หน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

b คือ ความกว้างของชิ้นตัวอย่าง หน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

h คือ ความสูงของชิ้นตัวอย่าง หน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)



ภาพประกอบ 3 การทดสอบด้วยแรงดัดขวาง

ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติด (bonding failure) ที่พื้นผิวของวัสดุเมื่อเกิดการแตกหัก แบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ ความล้มเหลวแบบยึดติด (adhesive failure) คือ ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นที่บริเวณระหว่างผิวรอยต่อของวัสดุทั้งสอง ความล้มเหลวแบบเชื่อมแน่น (cohesive failure) คือ ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นภายในเนื้อวัสดุ และความล้มเหลวแบบผสม (mixed failure) คือ ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นผสมกันทั้งบริเวณระหว่างผิวรอยต่อของวัสดุทั้งสอง และภายในเนื้อวัสดุ[6]

การสลายตัวทางชีวภาพ (Biodegradation) ของวัสดุเรซินอะคริลิก[47]

การสลายตัวทางชีวภาพ (Biodegradation) ของวัสดุที่ถูกใช้งานภายในช่องปาก หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของวัสดุเนื่องจากสภาวะสิ่งแวดล้อมในช่องปาก

ภายในช่องปากวัสดุต้องสัมผัสกับสภาวะแวดล้อมที่ซับซ้อน ที่ประกอบด้วยสารต่างๆ จากภายใน เช่น โปรตีน เอนไซม์ แบคทีเรีย และจากภายนอกจากสิ่งที่รับประทาน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ การสลายตัวทางชีวภาพ ซึ่งเป็นกระบวนการที่อาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติของวัสดุอย่างถาวร และอาจกระทบต่อการใช้งาน

สาเหตุของการเกิดการสลายตัวทางชีวภาพของวัสดุ

การสลายตัวทางชีวภาพของวัสดุเกิดจากหลายปัจจัย เช่น จากน้ำลาย การบดเคี้ยว การเปลี่ยนแปลอุณหภูมิและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากสิ่งที่รับประทาน

1. **ส่วนประกอบของน้ำลาย**

น้ำเป็นองค์ประกอบที่มากที่สุดในน้ำลาย ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่เป็นสาเหตุของการเกิดการสลายตัวทางชีวภาพ วัสดุทางทันตกรรมเกิดการเสื่อมสภาพโดยผ่านกลไกหลัก 2 กลไก คือ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีน้ำเข้าไปสลายพันธะ และปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ต่างๆ ที่อยู่ในน้ำลาย โดยเอนไซม์ในน้ำลายจะเข้าไปสลายพอลิเมอร์และสร้างสารที่ส่งผลให้สมบัติของโครงข่ายพอลิเมอร์แย่ลง ส่งผลต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุ โดยมีผลทำให้ความแข็งผิวและความต้านทานต่อการสึกของวัสดุลดลง และจากการศึกษาของ Willershausen และคณะ[48] พบว่า การรวมกลุ่มกันของแบคทีเรียที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุเรซินอะคริลิก ส่งผลให้พื้นผิวมีความขรุขระเพิ่มขึ้น และเกิดการเสียหายที่บริเวณพื้นผิวนั้น

2. **แรงบดเคี้ยว**

การสลายตัวทางชีวภาพของวัสดุ สามารถเกิดได้จากความล้าของวัสดุที่เกิดจากมีแรงมากระทำซ้ำๆ เช่น แรงบดเคี้ยว ส่งผลให้เกิดการเสียหายของวัสดุ เกิดรอยร้าว และแตกหักได้ โดยทั่วไปรอยร้าวจะก่อตัวที่ผิวของชิ้นงาน อันเนื่องมาจากมีตำหนิหรือจุดบกพร่องบนชิ้นงาน แรงบดเคี้ยวที่เกิดซ้ำๆ สามารถทำให้เกิดแรงเฉือนและแรงกดลงบนซี่ฟันเทียม ส่งผลให้ซี่ฟันเกิดการสึกได้

การทดสอบที่ใช้จำลองการบดเคี้ยว คือ การใส่แรงกระทำแบบเป็นวัฏจักร (cyclic loading) โดยใส่แรงซ้ำๆ กันเป็นรอบที่ความถี่คงที่ 2 Hz โดยมีจำนวนรอบของการใส่แรง 11,000 และ 100,000 รอบ แรงที่ใส่ลงไปมีระดับ 60% ของแรงที่ทำให้วัสดุเกิดการแตกหักในครั้งเดียว

3. **การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากสิ่งที่รับประทาน**

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในช่องปาก เกิดได้จากการรับประทานอาหารและดื่มน้ำ ความผันผวนของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดความเครียดที่บริเวณผิวของวัสดุได้ ความเครียดเชิงกลที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดโดยอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ส่งผลโดยตรงให้เกิดรอยร้าวผ่านพื้นผิวที่มีการยึดติดกันระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐาน ส่งผลต่อความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐาน

การทดสอบที่ใช้จำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในช่องปาก คือ การทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ โดยชิ้นงานจะถูกแช่อยู่ในน้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงระหว่างร้อนและเย็น

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ (thermocycling)

การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ เป็นการจำลองสภาวะในช่องปาก เพื่อใช้ในการทดสอบวัสดุพอลิเมอร์ที่ใช้ในทางทันตกรรม[4-5,9-11] แนะนำให้เป็นส่วนหนึ่งของเกณฑ์ในการทดสอบวัสดุพอลิเมอร์ที่ใช้ในทางทันตกรรม[4] ในการทดสอบวัสดุจะถูกแช่ในน้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสลับระหว่างร้อนและเย็น ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบอาจมีความแตกต่างกันไป เช่น ระหว่าง 5 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส[4-5,7-8,49-50] ระหว่าง 4 องศาเซลเซียส และ 60 องศาเซลเซียส[9,29,51] หรือระหว่าง 5±2 องศาเซลเซียส และ 55±2 องศาเซลเซียส[6,47] อุณหภูมิมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบโดยส่วนใหญ่ คือ 5 องศาเซลเซียสสำหรับอุณหภูมิเย็น และ 55 องศาเซลเซียสสำหรับอุณหภูมิร้อน ซึ่งค่อนข้างจะครอบคลุมสำหรับช่วงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริงในช่องปาก[2] ระยะเวลาที่อยู่ในแต่ละอุณหภูมิอาจเป็นเวลา 30 หรือ 60 วินาที โดยจำนวนรอบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ อาจเป็น 5,000, 10,000, 20,000, 30,000 หรืออาจสูงถึง 50,000 รอบ ซึ่งเปรียบเทียบได้กับระยะเวลา 6 เดือน 1 ปี 2 ปี 3 ปี และ 5 ปี ของการใช้งานวัสดุในช่องปาก ตามลำดับ[4-5,8-9,29,50]

โดยปกติฟันเทียมจะอยู่ในช่องปากภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป จากสิ่งที่รับประทาน[1-4] และมักเป็นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในสภาวะแวดล้อมที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ ซึ่งในสภาวะเช่นนี้อาจส่งผลต่อสมบัติของวัสดุพอลิเมอร์ที่นำมาใช้ทำฟันเทียมได้ ซึ่งน้ำร้อนจะช่วยเร่งให้เกิดการดูดซึมน้ำเข้าไปในฟันเทียม น้ำที่ถูกดูดซึมเข้าไปในฟันเทียมมีผลทำให้พอลิเมอร์บนพื้นผิวฐานฟันเทียมอ่อนตัวลง ส่งผลทำให้สมบัติเชิงกลของวัสดุที่ใช้ทำฐานฟันเทียมลดลงได้ ในทางกลับกัน ความร้อนที่เกิดจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น อาจส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงเป็นพอลิเมอร์ของวัสดุเรซินอะคริลิกเพิ่มขึ้น มีผลช่วยปรับปรุงสมบติเชิงกลของวัสดุให้ดีขึ้นได้[4]

การศึกษาของ Seo และคณะ ในปี 2006[8] พบว่า ค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เกิดการแตกหัก (maximum fracture load) ของฐานฟันเทียมและฟันเทียมที่เสริมฐานด้วยวัสดุเรซินเสริมฐานยี่ห้อ Tokuyama Rebase Fast II มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังจากการทดสอบด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ และจากการศึกษาของ Machado และคณะ ในปี 2012[7] พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะมีผลลดความแข็งแรงต่อแรงกระแทก (impact strength) ของวัสดุเรซินเสริมฐานยี่ห้อ Tokuyama Rebase II และฐานฟันเทียมยี่ห้อ Lucitone 550 ที่เสริมฐานด้วยวัสดุเรซินชนิดเดียวกันคือ Lucitone 550 แต่ในขณะเดียวกันก็พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไม่มีผลต่อฐานฟันเทียมที่ทำด้วยวัสดุยี่ห้อ Lucitone 550 และไม่มีผลต่อวัสดุ

เรซินเสริมฐานยี่ห้อ Ufi-Gel Hard, New-Truliner และ Kooliner และยังพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของฟันเทียมที่เสริมฐานด้วย Tokuyama Rebase II , Ufi-Gel Hard, New-Truliner และ Kooliner ระหว่างกลุ่มที่ทำการทดสอบด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและกลุ่มที่ไม่ได้ทดสอบด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Silva และคณะ ในปี 2013[5] กลับพบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ มีผลเพิ่มความต้านทานต่อการแตกหัก (fracture toughness) ของวัสดุเรซินเสริมฐานยี่ห้อ Kooliner และไม่มีอิทธิพลต่อความต้านทานต่อการแตกหักของฐานฟันเทียมที่ทำจากเรซินอะคริลิกยี่ห้อ Lucitone 550 และวัสดุเรซินเสริมฐานยี่ห้อ Tokuyama Rebase II , Ufi-Gel Hard และ New-Truliner

นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะมีอิทธิพลต่อความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐาน[4-8,11] โดยโมเลกุลน้ำจะถูกดูดซึมเข้าไปโดยตรงที่พื้นผิวที่เชื่อมต่อกันระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐาน ส่งผลทำให้ความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐานลดลง[5-6] นั่นคือ ในระหว่างที่ใช้งานอยู่ในช่องปาก การดูดซึมน้ำโดยวัสดุเสริมฐาน สามารถทำให้เกิดการแยกของวัสดุเสริมฐานออกจากฐานฟันเทียมได้[5] ในอีกแง่มุมหนึ่งพบว่า ระหว่างที่เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ มอนอเมอร์ที่เหลือตกค้างซึ่งอาจมีผลลดความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐาน อาจลดลงจากการชะล้างของน้ำ และทำให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงเป็นพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น นั่นคือเป็นการเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานต่อฐานฟันเทียม[6] ความล้มเหลวของการยึดติดระหว่างวัสดุเสริมฐานและฐานฟันเทียมเนื่องจากมีความแข็งแรงการยึดติดน้อย ส่งผลให้เกิดการรั่วซึมระหว่างพื้นผิวทั้งสองได้ ซึ่งจะเป็นทางผ่านให้สารน้ำ โมเลกุล หรือไอออนต่างๆ และแบคทีเรีย เข้าไปเจริญเติบโตอยู่ในช่องว่างระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานและฐานฟันเทียมได้[5,52] ซึ่งการรั่วซึมระหว่างพื้นผิวทั้งสองนี้ เป็นข้อบ่งชี้เบื้องต้นของการเกิดการแยกของวัสดุเรซินเสริมฐานจากฐานฟันเทียม และส่งผลให้เกิดความล้มเหลวในการเสริมฐานฟันเทียมในที่สุด[12] ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นขณะใช้งานเป็นปัจจัยหนึ่งที่อาจมีอิทธิพลต่อการเกิดการรั่วซึมระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐาน

การศึกษาของ Neppelenbroek และคณะในปี 2006[6] พบว่าความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานยี่ห้อ Tokuso rebase Fast และ Duraliner II ต่อวัสดุที่ใช้ทำฐานฟันเทียมชนิดบ่มตัวเร็ว (rapid polymerizing denture base) ยี่ห้อ QC-20 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญหลังจากทำการทดสอบด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ และการศึกษาของ Giampaolo

และคณะในปี 2011[5] พบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ ไม่มีผลต่อการรั่วซึมระหว่างวัสดุเสริมฐานและฐานฟันเทียม

ทั้งนี้ผลการทดลองที่ได้ในแต่ละการศึกษามีทั้งที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกันในด้านของการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆ ของฟันเทียมและฟันเทียมเสริมฐาน หลังจากการทดสอบด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ ซึ่งอาจมีผลมาจากปัจจัยต่างๆ คือ ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำฐานฟันเทียม ชนิดของวัสดุเรซินเสริมฐาน และวิธีการปรับสภาพพื้นผิว ดังนั้น การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะต่อฟันเทียม และฟันเทียมเสริมฐาน ซึ่งเป็นการจำลองสภาวะของการใช้งานในช่องปาก จะนำไปสู่การพัฒนาความรู้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิก เพื่อประโยชน์สูงสุดของผู้ป่วยต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อน ยี่ห้อเวอร์เท็กซ์ราพิดซิมพลิไฟด์ (Vertex™ Rapid Simplified, Lot No. XT363P03, Vertex Dental B.V., Netherlands)

2. วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเอง ยี่ห้อโทคุยามารีเบสทู (Tokuyama Rebase II, Lot No. 025E63, Tokuyama Dental Corporation, Japan)

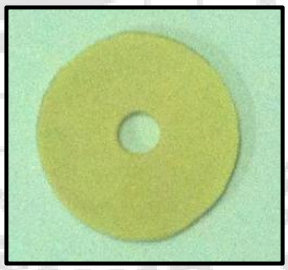
3. สารยึดติดของวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู (Adhesive Tokuyama Rebase II, Lot No. 025E63, Tokuyama Dental Corporation, Japan)

ภาพประกอบ 4 วัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเอง ยี่ห้อโทคุยามารีเบสทู

4. สารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ซียูอะคริลิกบอนด์ (CU Acrylic Bond, Lot No. 2015 คณะทันตแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ภาพประกอบ 5 สารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ซียูอะคริลิกบอนด์

5. แม่แบบซิลิโคน (silicone mold) โดยทำจากซิลิโคน ยี่ห้ออีลิทเอชดีพลัส (elite HD+, Lot No. 160521, Zhermack SpA, Badia Polesine, Italy)



ภาพประกอบ 6 แม่แบบซิลิโคน

6. ท่อพีวีซีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20±1 มิลลิเมตร

7. กระดาษทรายน้ำความละเอียดเบอร์ 400, 600 และ 800 (DCC; TOA Paint Co., Thailand)

8. เครื่องแช่สลับน้ำร้อนน้ำเย็น (Thermo Cycling Unit; มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ประเทศไทย

9. เครื่องทดสอบสากล (Universal testing machine; รุ่น EZ-S ยี่ห้อ SHIMADZU, Japan)

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

11. เครื่องขัดผิววัสดุ (TNP-200F-1; Future-Tech Corp., Tokyo, Japan)

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

13. แผ่นพอลิเอทิลลีน (Polyethylene film)

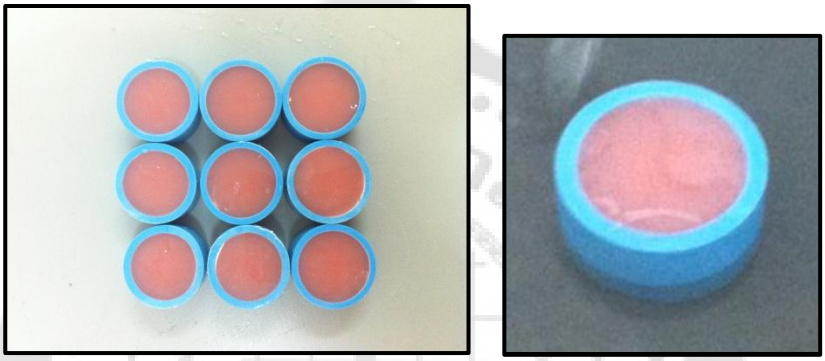
14. ตุ้มเหล็กน้ำหนัก 1 กิโลกรัม

ตาราง 1 องค์ประกอบของวัสดุที่ใช้ในการศึกษาและบริษัทผู้ผลิต

วัสดุ	ส่วนประกอบ	บริษัทผู้ผลิต
วัสดุฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน (Vertex™ Rapid Simplified) Lot No. XT363P03	ส่วนผง : Polymethyl methacrylate ส่วนน้ำ : Methyl methacrylate	Vertex Dental B.V., Netherlands
วัสดุเรซินเสริมฐาน ชนิดบ่มด้วยตนเอง (Tokuyama Rebase II) Lot No. 025E63	ส่วนผง : Polyethyl methacrylate ส่วนน้ำ : 2-(Acetoacetoxy) ethyl methacrylate, 1,9-Nonanediol dimethacrylate	Tokuyama Dental Corporation, Japan
สารยึดติดของวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู (Adhesive Tokuyama Rebase II) Lot No. 025E63	Ethyl acetate, acetone	Tokuyama Dental Corporation, Japan
สารละลายเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต (CU Acrylic Bond) Lot No. 2015	Methyl formate ร้อยละ 25 Methyl acetate ร้อยละ 75	คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. เตรียมชิ้นงานฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต โดยใช้ท่อพีวีซีเตรียมชิ้นงานเป็นรูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 20±1 มิลลิเมตร สูง 15±1 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 60 ชิ้น นำมาขัดแต่งพื้นผิวให้เรียบด้วยกระดาษทรายน้ำความละเอียดเบอร์ 400, 600 และ 800 ล้างทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำชิ้นงานมาแช่ในภาชนะที่บรรจุน้ำกลั่น นำไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปทดสอบ



ภาพประกอบ 7 ชิ้นงานฐานฟันเทียม

ภาพประกอบ 8 เครื่องขัดผิวชิ้นงาน

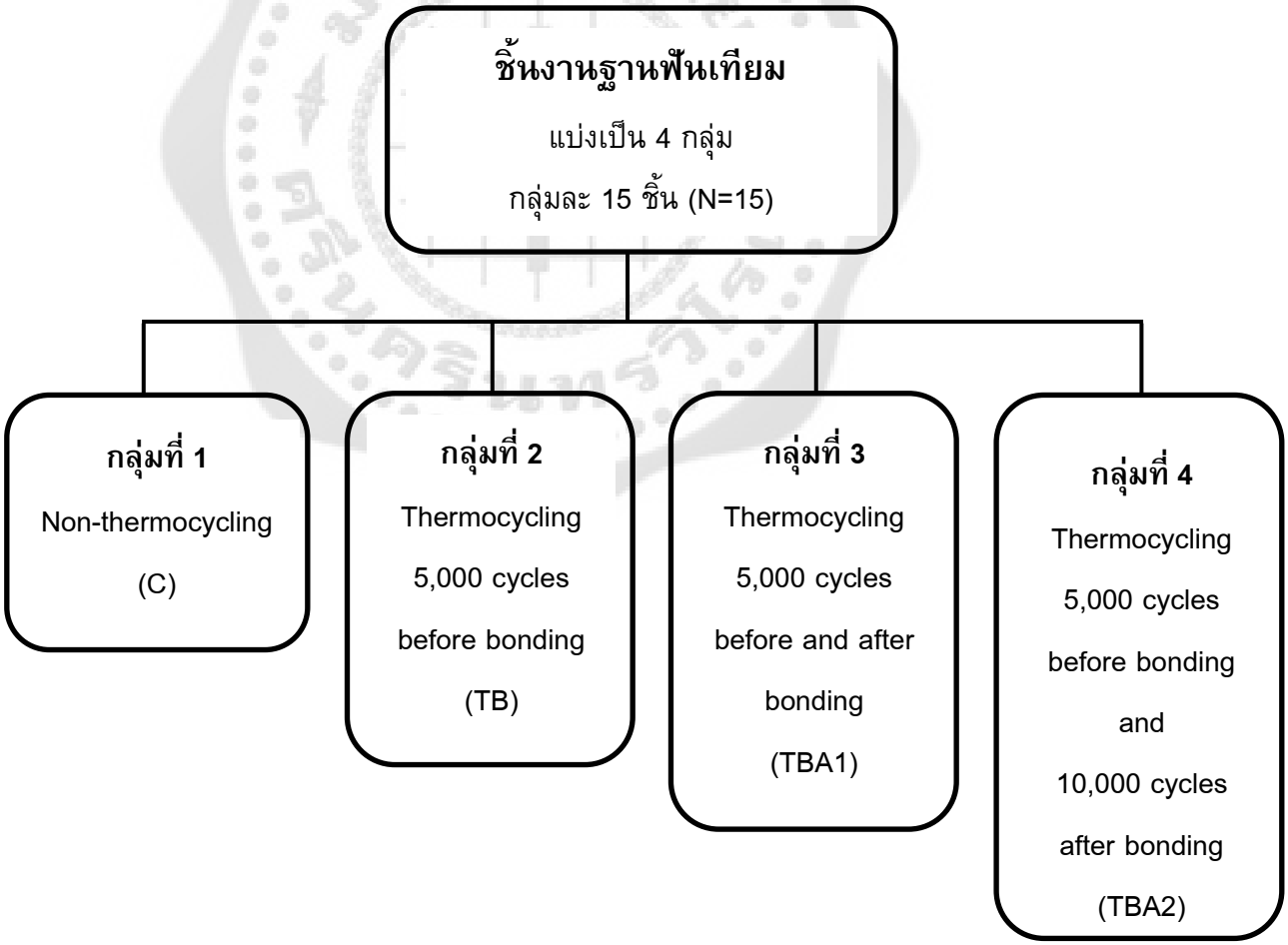
2. แบ่งชิ้นงานฐานฟันเทียมออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 15 ชิ้น ดังแสดงในภาพประกอบ 9 ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม (ไม่ผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ) (C)

กลุ่มที่ 2 ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะเป็นจำนวน 5,000 รอบก่อนยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน (TB)

กลุ่มที่ 3 ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะเป็นจำนวน 5,000 รอบ ก่อนและหลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน (TBA1)

กลุ่มที่ 4 ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะเป็นจำนวน 5,000 รอบ ก่อนยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน และทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ เป็นจำนวน 10,000 รอบ หลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน (TBA2)



ภาพประกอบ 9 แผนภาพแสดงการแบ่งกลุ่มการทดลอง 4 กลุ่ม

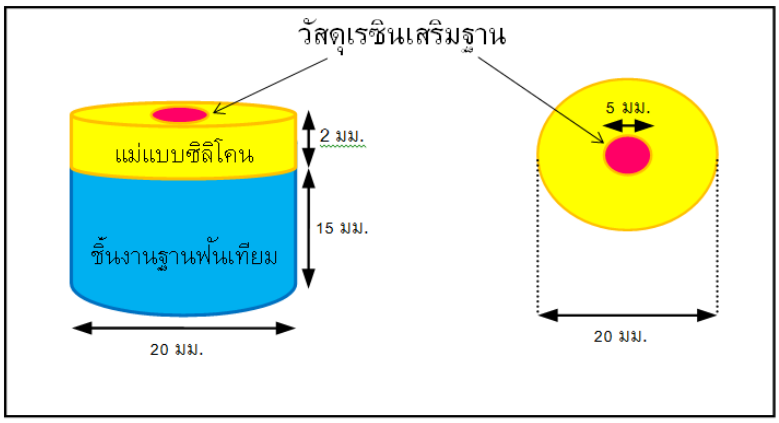
กลุ่มที่ 2, 3 และ 4 ทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ ด้วยการแช่ชิ้นงานฐานฟันเทียมในเครื่องแช่สลับน้ำร้อนน้ำเย็น (Thermo Cycling Unit; มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ประเทศไทย) โดยชิ้นงานจะถูกแช่ในน้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไประหว่าง 5 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส และมีระยะเวลาที่อยู่ในแต่ละอุณหภูมิเป็นเวลา 30 วินาที โดยมีจำนวนรอบในการแช่ตามที่ได้กำหนดไว้ในแต่ละกลุ่ม

ภาพประกอบ 10 เครื่องแช่สลับน้ำร้อนน้ำเย็น (Thermo Cycling Unit)

3. กำหนดบริเวณที่จะยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน โดยนำเทปกาวที่มีรูวงกลมตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร มาติดบนชิ้นงาน นำชิ้นงานฐานฟันเทียมไปปรับสภาพพื้นผิวก่อนยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน โดยทาสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตเป็นระยะเวลา 15 วินาที แล้วทาสารยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานโทคุยามารีเบสทูอีก 1 ชั้น เป็นระยะเวลา 20 วินาที เป่าลมเป็นเวลา 5 วินาที

4. นำแม่แบบซิลิโคนที่มีรูวงกลมตรงกลาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร และมีความหนา 2 มิลลิเมตร ยึดติดที่กึ่งกลางของชิ้นงานฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนโดยใช้เทปกาวสองหน้า

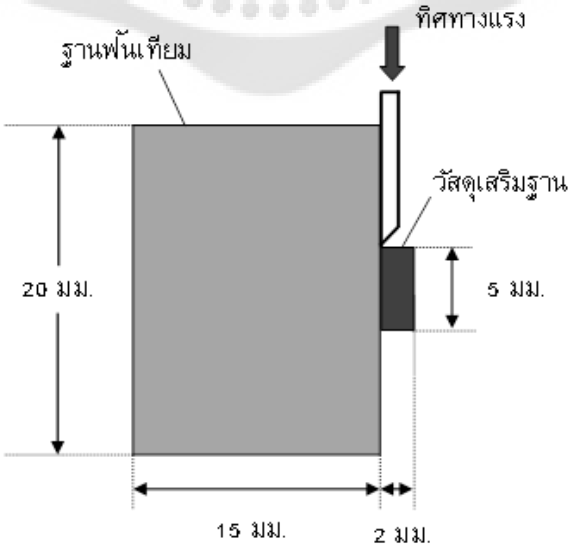
5. ผสมวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู อัตราส่วนผง 2 กรัมต่อส่วนน้ำ 1 มิลลิลิตร ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ใส่ลงในแม่แบบซิลิโคน เพื่อทำการยึดติดกับบริเวณที่ทำการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมแล้ว จากนั้นปิดทับด้านบนด้วยแผ่นพอลิเอทิลลีน (polyethylene) และวางทับด้วยตุ้มเหล็กน้ำหนัก 1 กิโลกรัม รอให้วัสดุบ่มตัวเป็นเวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส



ภาพประกอบ 11 ภาพจำลองการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานบนชิ้นงานฐานฟันเทียม

6. นำชิ้นงานไปแช่ในน้ำผสมโทคุยามาเรซินฮาร์ดเดนเนอร์ (Tokuyama resin hardener) อัตราส่วนผง 1 ช้อนต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที เพื่อให้วัสดุเรซินเสริมฐานมีการบ่มตัวอย่างสมบูรณ์ จากนั้นนำชิ้นงานแช่ในน้ำกลั่น เก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 37±1 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปทดสอบ

7. นำชิ้นงานมาทดสอบหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือนด้วยเครื่องทดสอบสากล (Universal testing machine; รุ่น EZ-S ยี่ห้อ SHIMADZU, Japan) ตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM หมายเลข D 4501[44] โดยใส่แรงเฉือนบริเวณรอยต่อของวัสดุเรซินเสริมฐานกับชิ้นงานฐานฟันเทียม ในลักษณะขนานกับบริเวณพื้นผิวที่มีการยึดติดกันของวัสดุทั้งสอง ด้วยความเร็วหัวกด (crosshead speed) 1.26 มิลลิเมตรต่อนาที



ภาพประกอบ 12 ภาพจำลองการทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือน

8. บันทึกค่าความแข็งแรงยึดเฉือน (เมกะปาสคาล, MPa) และบันทึกรูปแบบของความล้มเหลวในการยึดติด (bonding failure) ที่พื้นผิวของวัสดุทั้งสอง ว่าเป็นแบบยึดติด แบบเชื่อมแน่น หรือแบบผสม ด้วยกล้องสเตอริโอไมโครสโคป (Stereomicroscope) รายงานข้อมูลที่ได้เป็นค่าร้อยละของความล้มเหลวในแต่ละรูปแบบ

ภาพประกอบ 13 กล้องสเตอริโอไมโครสโคป (Stereomicroscope)

การทดสอบทางสถิติ

วิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล โดยใช้การทดสอบของโคโมโกรอฟ สเมอร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov test) และทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน (Homogeneity of Variances) ของข้อมูล โดยใช้การทดสอบของลีวีน (Levene Statistic) จากนั้นทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนของแต่ละกลุ่ม โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่โดยวิธีการทดสอบของทามเฮน (Tamhane's T2) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชั่น 21

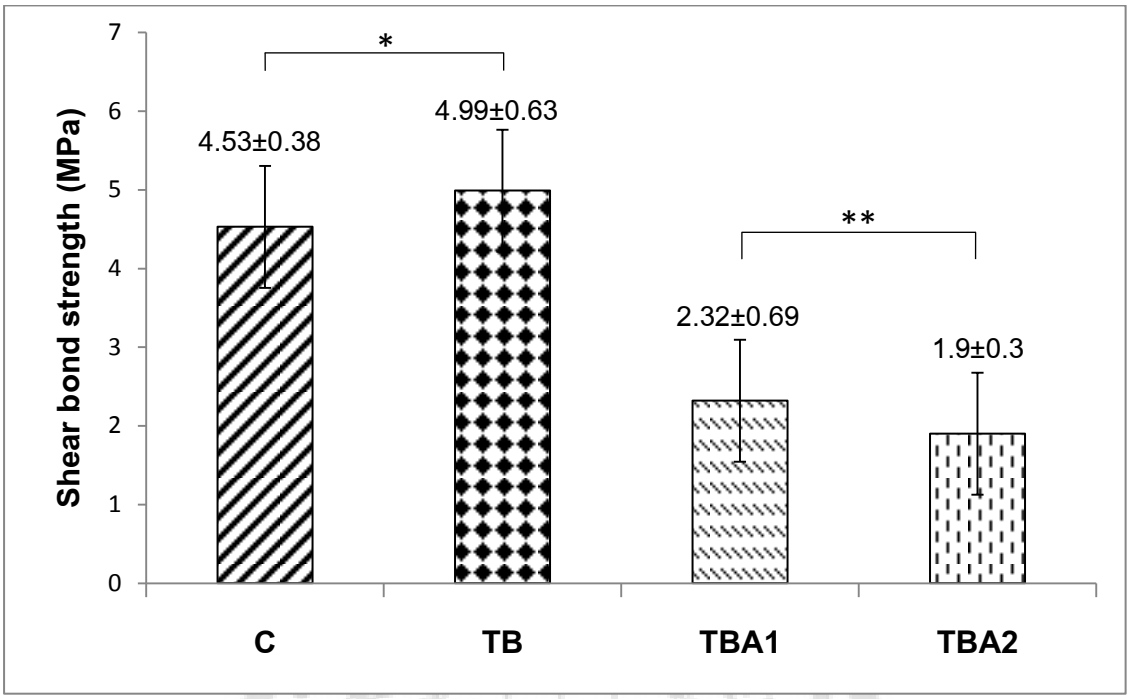
บทที่ 4
ผลการวิจัย

ความแข็งแรงยึดเฉือน

จากการทดลองหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือนของชิ้นงานฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนที่ยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐานโทคูยามารีเบสทู ซึ่งผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะที่แตกต่างกัน 4 กลุ่ม พบว่ามีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งแรงยึดเฉือน ดังแสดงในตาราง 2 และภาพประกอบ 14

ตาราง 2 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงยึดเฉือนของการทดสอบอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ 4 กลุ่ม (ตัวอักษร (a,b) แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$))

กลุ่มที่	การทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ (n=15)	ความแข็งแรงยึดเฉือน (MPa) (Mean±SD)
1	ไม่ผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ (C)	4.53 ± 0.38^{a}
2	ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะเป็นจำนวน 5,000 รอบ ก่อนยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน (TB)	4.99 ± 0.63^{a}
3	ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะเป็นจำนวน 5,000 รอบ ก่อนและหลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน (TBA1)	2.32 ± 0.69^{b}
4	ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะเป็นจำนวน 5,000 รอบ ก่อนยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน และทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะเป็นจำนวน 10,000 รอบ หลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน (TBA2)	1.9 ± 0.3^{b}



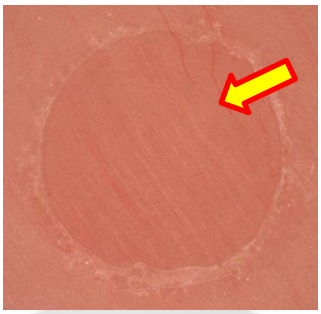
ภาพประกอบ 14 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความแข็งแรงยึดเฉือนของการทดสอบอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ 4 กลุ่ม (*,** บนกราฟแท่งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05))

จากผลการศึกษา ดังตาราง 2 และภาพประกอบ 14 พบว่าค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงยึดเฉือนระหว่างกลุ่มที่ไม่ผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (C) และกลุ่มที่ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิก่อนยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน (TB) มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

กลุ่มที่ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิก่อนและหลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน (TBA1,TBA2) มีค่าความแข็งแรงยึดเฉือนต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และกลุ่มที่ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิก่อนยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงยึดเฉือนระหว่างกลุ่มที่ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นจำนวน 5,000 รอบ หลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน(TBA1) และกลุ่มที่ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นจำนวน 10,000 รอบ หลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน (TBA2) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อศึกษาลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นที่บริเวณที่มีการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐาน พบว่าชิ้นงานทั้งหมดของทุกกลุ่มมีชนิดความล้มเหลวเป็นแบบยึดติด (ร้อยละ 100) คือ การแตกที่รอยต่อระหว่างฐานฟันเทียมกับวัสดุเรซินเสริมฐาน ดังแสดงในภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 ความล้มเหลวแบบยึดติดของชิ้นงาน (พื้นที่ภายในวงกลม คือ บริเวณพื้นผิวของฐานฟันเทียมที่มีการยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน ซึ่งพบว่าไม่มีสารปรับสภาพพื้นผิวหรือวัสดุเรซินเสริมฐานติดอยู่ ภายหลังการทดสอบหาค่าความแข็งแรงยึดเฉือน แสดงลักษณะความล้มเหลวแบบยึดติดของชิ้นงาน)

บทที่ 5
อภิปรายผล สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

อภิปรายผล

เรซินอะคริลิก ถือเป็นวัสดุฐานฟันเทียมที่นิยมนำมาใช้ในปัจจุบันเนื่องจากใช้งานง่าย มีความสวยงามเป็นที่น่าพึงพอใจ มีสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพที่ดี[8,15-17] และสามารถนำมาเสริมฐานเพื่อปรับปรุงความแนบสนิทกับเนื้อเยื่อที่รองรับฟันเทียมได้[4] ซึ่งชนิดที่นิยมนำมาใช้ทำฟันเทียมให้ผู้ป่วยคือ ชนิดบ่มด้วยความร้อน[8,15-16] เนื่องจากมีความแข็งแรงสูง รูพรุนน้อย และมีปริมาณมอนอเมอร์ที่หลงเหลือหลังเกิดปฏิกิริยาบ่มตัวน้อย ในส่วนของวัสดุเสริมฐานนั้น ในท้องตลาดมีให้เลือกหลายยี่ห้อ แต่ยี่ห้อที่นิยมใช้ในคลินิก คือ โทคุยามารีเบสทู ซึ่งเป็นวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเองในรูปแบบผงกับน้ำ โดยเป็นระบบที่สามารถเสริมฐานได้โดยตรงในช่องปาก ทำให้ประหยัดเวลา สามารถลอกเลียนรายละเอียดรูปร่างของเนื้อเยื่อในช่องปากได้โดยตรงบนฐานฟันเทียม[23] และไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงมิติของฟันเทียม[14] วัสดุเรซินเสริมฐาน ยี่ห้อโทคุยามารีเบสทู มีข้อดีหลายประการ ได้แก่ กรอแต่งง่าย ใช้งานง่าย ส่วนใหญ่ไม่มีกลิ่นและรส ปล่อยความร้อนออกมาน้อยในขณะบ่มตัว ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อน้อย มีความทนทาน มีความแข็งแรงเชิงกลสูง และมีความถูกต้องแม่นยำสูงเมื่อนำไปเสริมฐานฟันเทียม[25] ด้วยเหตุนี้ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วัสดุฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน มาเป็นตัวแทนของฐานฟันเทียมที่ใช้ในผู้ป่วย และเลือกใช้วัสดุเสริมฐานยี่ห้อโทคุยามารีเบสทู มาเป็นตัวแทนของวัสดุเรซินเสริมฐาน และเนื่องจากวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้ มีใช้งานอยู่จริงในทางคลินิกและเป็นที่นิยมใช้ ผลการทดลองที่ได้จากการวิจัยนี้จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิกได้ต่อไป

ความแข็งแรงการยึดติดที่ดีเพียงพอของวัสดุเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็งกับฐานฟันเทียมถือเป็นปัจจัยสำคัญในการป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่บริเวณรอยต่อของพื้นผิวทั้งสอง และป้องกันความล้มเหลวในการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานกับฐานฟันเทียม ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการหลุดออกของวัสดุเรซินเสริมฐาน[6,24-30] ซึ่งถึงแม้ว่าการเสริมฐานโดยตรงด้วยวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเอง จะเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก แต่ยังพบว่ามีการยึดติดที่น้อยระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเองและฐานฟันเทียม[12] ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเองกับฐานฟันเทียมให้ดีขึ้น โดยวิธีหนึ่งที่ใช้ปรับปรุงความแข็งแรงการยึดติด คือ การใช้สารปรับสภาพพื้นผิวทางเคมี[11] ซึ่งมีการศึกษาหลายๆ การศึกษา

สนับสนุนว่าช่วยเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานกับฐานฟันเทียมได้จริง[5,12,15,33] นอกจากนี้ทางบริษัทผู้ผลิตเอง ก็ยังแนะนำให้ใช้สารยึดติด เพื่อปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมก่อนทำการเสริมฐาน[5,36] ซึ่งในงานวิจัยนี้ ได้ทำการปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมก่อนทำการเสริมฐานด้วยสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตร่วมกับสารยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู ซึ่งจากการศึกษาของ Kungkapilas และ Santawisuk ในปี 2014[15] พบว่า การปรับสภาพพื้นผิวฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วยสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตร่วมกับสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู ให้ค่าความแข็งแรงยึดเฉือนสูงที่สุด และสูงกว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานเพียงชนิดเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในการศึกษานี้ได้ทำการทดสอบความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานและฐานฟันเทียม โดยวิธีการทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือน ซึ่งการทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือนที่ใช้ในการศึกษานี้ เป็นการใส่แรงเฉือนลงไปโดยตรงที่บริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุเสริมฐานและชิ้นงานฐานฟันเทียม ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแรงที่เกิดขึ้นบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุเสริมฐานและฐานฟันเทียม และในการศึกษาของ Kungkapilas และ Santawisuk ในปี 2014[15] ได้นำวิธีการทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือนมาใช้ในการศึกษา ผู้วิจัยจึงใช้วิธีทดสอบแบบเดียวกัน เพื่อที่จะสามารถเปรียบเทียบผลจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเสริมฐาน ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าค่าความแข็งยึดเฉือนของกลุ่มที่ไม่ผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ มีค่าสอดคล้องกันกับการศึกษาของ Kungkapilas และ Santawisuk ในปี 2014[15] ซึ่งมีค่าความแข็งแรงยึดเฉือนระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานและฐานฟันเทียม ของกลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตตร่วมกับสารยึดติดของโทคุยามารีเบสทู เท่ากับ 6.13±1.23 MPa การทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือน ได้ถูกนำมาใช้โดยผู้วิจัยหลายๆ ท่าน เพื่อทดสอบความแข็งแรงยึดติดระหว่างวัสดุเสริมฐานและฐานฟันเทียม[6] โดยจากผลการศึกษาของ Osathananda และ Wiwatwarrapan ในปี 2014[53] พบว่า ค่าความแข็งแรงยึดเฉือนระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานโทคุยามารีเบสทูฟาสและฐานฟันเทียม ของกลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต อัตราส่วน 25:75 มีค่าเท่ากับ 6.77±0.70 MPa

โดยปกติแล้ววัสดุที่ถูกใช้งานภายในช่องปาก จะเกิดการสลายตัวทางชีวภาพ (Biodegradation) เนื่องจากต้องสัมผัสกับสภาวะแวดล้อมที่ซับซ้อนทั้งภายในช่องปากเอง เช่น โปรตีน เอนไซม์ แบคทีเรีย และสัมผัสกับสิ่งที่อยู่ภายนอกจากการรับประทานอาหาร หรือการดื่มน้ำ ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของวัสดุอย่างถาวรได้ ซึ่ง

จะส่งผลต่ออายุการใช้งานของวัสดุนั้นๆ[47] ซึ่งการใช้งานฟันเทียมในช่องปากก็เช่นกัน ทั้งวัสดุฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐาน ย่อมเกิดการเสื่อมสภาพเมื่อถูกใช้งานภายในช่องปากเป็นระยะเวลาหนึ่ง

การจำลองสภาวะในช่องปาก ให้เปรียบเสมือนการใช้งานฟันเทียมในช่องปาก มีหลายวิธี เช่น อาจเป็นการแช่ฟันเทียมในน้ำลาย หรือการใส่แรงบดเคี้ยวลงไป ซึ่งในการศึกษานี้ได้จำลองสภาวะการใช้งานฟันเทียมในช่องปาก โดยใช้วิธีการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในช่องปากนั้น เกิดได้จากปัจจัยภายนอกช่องปาก ได้แก่ การรับประทานอาหาร หรือการดื่มน้ำร้อน น้ำเย็น[47] โดยในการทดสอบ ชิ้นงานจะถูกแช่อยู่ในน้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไประหว่างร้อนและเย็น ซึ่งช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบมีหลายช่วงอุณหภูมิแตกต่างกันไป ในแต่ละการทดลอง แต่อุณหภูมิมาตรฐานที่ใช้ในทดสอบส่วนใหญ่ คือ 5 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิเย็น และ 55 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิร้อน ซึ่งค่อนข้างจะครอบคลุมสำหรับช่วงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริงในช่องปาก[2] ในการศึกษานี้ จึงใช้ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 5 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส ในการทดสอบ ในส่วนของจำนวนรอบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ ในการศึกษานี้ ใช้จำนวน 5,000 และ 10,000 รอบ โดยเปรียบเทียบได้กับระยะเวลาการใช้งานฟันเทียมในช่องปากเป็นระยะเวลา 6 เดือน และ 1 ปี ซึ่งโดยปกติแล้วภายหลังจากการถอนฟันไป สันเหงือกว่างจะมีขนาดลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 6 เดือนแรก จนถึง 2 ปี[18] ดังนั้นในช่วงเวลานี้เพื่อให้ฟันเทียมอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี จึงต้องมีการนัดผู้ป่วยกลับมาพบทันตแพทย์ เพื่อทำการเสริมฐานฟันเทียมให้กับผู้ป่วย และตรวจสภาพของวัสดุเสริมฐานในกรณีของฟันเทียมที่ได้ทำการเสริมฐานไปแล้ว ด้วยเหตุนี้ ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้จำนวนรอบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เป็นจำนวน 5,000 และ 10,000 รอบ ซึ่งค่อนข้างจะครอบคลุมระยะเวลาที่ทันตแพทย์จะนัดผู้ป่วยกลับมาพบทันตแพทย์ เพื่อตรวจสภาพฟันเทียม นอกจากนี้ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆ ของฟันเทียมเสริมฐาน เช่น ความต้านทานต่อการแตกหัก[8] ความแข็งแรงต่อแรงกระแทก[7] จากการศึกษาของ Kulak-Ozkan และคณะในปี 2003[49] พบว่าความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเสริมฐานชนิดนุ่ม มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังจากการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นจำนวน 5,000 รอบ และจากการศึกษาของ Haywood และคณะในปี 2003[24] พบว่า มีการหลุดออกของวัสดุเสริมฐานจากฟันเทียมอย่างมากภายหลังจากการเสริมฐานไปเป็นระยะเวลา 1 ปี ซึ่งส่วนใหญ่เกิดในฟันเทียมล่าง จึงเป็นเหตุผลสนับสนุนให้ผู้วิจัยเลือกใช้จำนวนรอบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เป็นจำนวน 5,000 และ 10,000 รอบ

จากที่กล่าวมาแล้วว่า ฟันเทียมจะอยู่ในช่องปากภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปจากสิ่งที่รับประทาน[2,28-30] และโดยส่วนมากมักเป็นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในสภาวะแวดล้อมที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ ซึ่งในสภาวะเช่นนี้ อาจส่งผลต่อความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐาน[4-8,11] โดยโมเลกุลน้ำจะถูกดูดซึมเข้าไปโดยตรงที่พื้นผิวที่เชื่อมต่อกันระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐาน ซึ่งน้ำร้อนจะช่วยเร่งให้เกิดการดูดซึมน้ำเข้าไปในบริเวณพื้นผิวที่เชื่อมต่อกันของวัสดุทั้งสอง[4] น้ำจะทำให้เกิดการบวมที่บริเวณพื้นผิวระหว่างฐานฟันเทียม กับวัสดุเรซินเสริมฐาน[8] และทำให้เกิดการย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซีส (hydrolytic degradation) ของบริเวณพื้นผิวที่ยึดติดกัน[5] ส่งผลทำให้ความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเรซินเสริมฐานลดลง[5-6] นั่นคือ ในระหว่างที่ใช้งานอยู่ในช่องปาก การดูดซึมน้ำโดยวัสดุเสริมฐาน สามารถทำให้เกิดการแยกของวัสดุเสริมฐานออกจากฐานฟันเทียมได้ นอกจากนี้การดูดซึมน้ำในปริมาณมาก และการละลายของส่วนประกอบภายในวัสดุเสริมฐาน สามารถส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงมิติ และเกิดการเปลี่ยนสีของวัสดุเสริมฐานได้[5] ความผันผวนของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดความเครียดที่บริเวณผิวของวัสดุได้ ความเครียดเชิงกลที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดโดยอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ส่งผลโดยตรงให้เกิดรอยร้าวผ่านพื้นผิวที่มีการยึดติดกันระหว่าง ฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐาน ส่งผลต่อความแข็งแรงการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมและวัสดุเสริมฐาน[47] จากผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะก่อนและหลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน มีค่าความแข็งแรงยึดเฉือนต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การลดลงของความแข็งแรงยึดเฉือนระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานกับฐานฟันเทียมหลังจากผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ อาจเกิดเนื่องจากโมเลกุลน้ำที่ถูกดูดซึมเข้าไปทำหน้าที่เป็นพลาสติไซเซอร์ (plasticizers) อยู่ภายในโครงข่ายของพอลิเมอร์ ทำให้พอลิเมอร์เกิดการอ่อนตัวลง นำไปสู่การลดลงของทั้งความแข็งแรงเชิงกลของวัสดุเรซินเสริมฐาน และความแข็งแรงการยึดติดกับฐานฟันเทียม[6] โดยผลการทดลองที่ได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Minami และคณะ ในปี 2004[11] ที่พบว่า ความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเองต่อฐานฟันเทียมหลังผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ Neppelenbroek และคณะในปี 2006[6] ที่พบว่าความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานต่อฐานฟันเทียม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากทำการทดสอบด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ

เพื่อจำลองสภาวะให้ใกล้เคียงกับการใช้งานฟันเทียมในช่องปากมากขึ้น จึงทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะก่อนการเสริมฐาน ซึ่งเปรียบเสมือนการใช้งานฟันเทียมในช่องปากมาระยะหนึ่งแล้วจึงนำมาเสริมฐาน และทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะหลังการเสริมฐาน ซึ่งเปรียบเสมือนการนำฟันเทียมไปใช้งานหลังจากเสริมฐานฟันเทียมแล้ว จากผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงยึดเฉือนของกลุ่มที่ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะก่อนยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับกลุ่มที่ไม่ผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ แต่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับกลุ่มที่ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะก่อนและหลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน แสดงให้เห็นว่าจำนวนรอบและช่วงเวลาในการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ มีผลต่อความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานและฐานฟันเทียม จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสริมฐานฟันเทียมหลังจากที่ฟันเทียมได้ผ่านการใช้งานมาแล้ว มีความแข็งแรงการยึดติดดีใกล้เคียงกับการเสริมฐานฟันเทียมที่ยังไม่ได้ผ่านการใช้งาน ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาของ Minami และคณะ ในปี 2004[11] พบว่าปริมาณน้ำในฐานฟันเทียมไม่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุเรซินเสริมฐานชนิดบ่มด้วยตนเองกับฐานฟันเทียม จึงอาจเป็นเหตุผลที่ทำให้ฟันเทียมที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว มีความแข็งแรงการยึดติดกับวัสดุเซินเสริมฐานดีใกล้เคียงกับฟันเทียมที่ยังไม่ได้ผ่านการใช้งาน แต่เมื่อนำฟันเทียมที่เสริมฐานแล้วกลับไปใช้งานในระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งจากการศึกษานี้การทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจำนวน 5,000 รอบ และ 10,000 รอบ เปรียบเทียบได้กับการใช้งานฟันเทียมหลังการเสริมฐานเป็นเวลา 6 เดือน และ 1 ปี ตามลำดับ พบว่า มีความแข็งแรงการยึดติดลดลงตามระยะเวลาที่นำไปใช้งานหลังการเสริมฐาน ซึ่งจากการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงยึดเฉือนระหว่างกลุ่มที่ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นจำนวน 5,000 รอบ และ 10,000 รอบ หลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นถึงค่าความแข็งแรงการยึดติดที่ลดลงไม่มากหลังจากการใช้งานฟันเทียมเสริมฐานในช่วงระยะเวลาระหว่าง 6 เดือน ถึง 1 ปี หลังการเสริมฐาน ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก มีการดูดซับน้ำจนอิ่มตัว โดยจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าจะใช้ระยะเวลาในการอิ่มน้ำประมาณ 4 เดือน[29] และน้ำที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้มีการดูดซับน้ำจนถึงจุดอิ่มตัวได้เร็วขึ้น เมื่อโครงข่ายพอลิเมอร์ดูดซับน้ำจนอิ่มตัว โครงสร้างของพอลิเมอร์ก็จะมีเสถียรภาพและสมบัติด้านต่างๆ จะถึงจุดคงที่ ไม่มีการลดลงอีก[47] แต่อย่างไรก็ตาม ค่าความแข็งแรงการยึดติดหลังจากการใช้งานฟันเทียมเสริมฐานเป็นระยะเวลา 1 ปี หลังการเสริมฐาน ก็

ลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับฟันเทียมเสริมฐานที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงการเสื่อมสภาพของฟันเทียมเสริมฐาน เมื่อนำไปใช้งานหลังการเสริมฐานไปแล้วเป็นระยะเวลาตั้งแต่ 6 เดือน ขึ้นไป ดังนั้นทันตแพทย์จึงควรแนะนำให้ผู้ป่วยกลับมาตรวจซ้ำทุกๆ 6 เดือน หรืออย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง เพื่อเสริมฐานใหม่ ทั้งในกรณีที่มีการเสื่อมสภาพของวัสดุเสริมฐานเดิม และในกรณีที่สันเหงือกมีการละลายตัวเพิ่มขึ้น

ในการศึกษานี้ ได้พิจารณาถึงรูปแบบของความล้มเหลวในการยึดติด (bonding failure) ที่เกิดขึ้นระหว่างวัสดุเรซินเสริมฐานและฐานฟันเทียม โดยพบว่ารูปแบบของความล้มเหลวที่เกิดขึ้นที่บริเวณพื้นผิวของวัสดุทั้งสอง เป็นความล้มเหลวแบบยึดติดทั้งหมด ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากความแข็งแรงภายในเนื้อของวัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนและวัสดุเสริมฐานโทคูยามารีเบสทู มีค่ามากกว่าความแข็งแรงการยึดติดระหว่างวัสดุทั้งสอง ซึ่งเนื่องมาจากโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกันของวัสดุทั้งสองชนิด โดยวัสดุฐานฟันเทียมมีส่วนประกอบเป็น พอลิเมทิล เมทาไครเลต ส่วนวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู มีส่วนประกอบเป็น พอลิเอทิล เมทาไครเลต ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kungkapilas และ Santawisuk ในปี 2014[15]

สรุปผลการวิจัย

1. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะมีผลต่อความแข็งแรงยึดเฉือนของวัสดุเรซินเสริมฐานโดยตรงชนิดแข็งกับฐานฟันเทียม จากผลการทดลองพบว่า ชิ้นงานฐานฟันเทียมที่ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน จำนวน 5,000 รอบ และ 10,000 รอบ มีค่าความแข็งแรงยึดเฉือนลดลง

2. ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงยึดเฉือนระหว่างกลุ่มที่ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นจำนวน 5,000 รอบ หลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน และกลุ่มที่ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นจำนวน 10,000 รอบ หลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากในการวิจัยนี้ใช้วัสดุฐานฟันเทียมชนิดบ่มด้วยความร้อนเพียงชนิดเดียว และมีการปรับสภาพพื้นผิวชิ้นงานฐานฟันเทียมด้วยสารละลายของเมทิลฟอร์เมตและเมทิลอะซีเตต ร่วมกับสารยึดติดของวัสดุเสริมฐานโทคุยามารีเบสทู เพียงวิธีเดียว ในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป อาจออกแบบวิธีการทดลองโดยใช้วัสดุฐานฟันเทียมชนิดอื่นๆ ใช้สารปรับสภาพพื้นผิวตัวอื่น เพื่อ

สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิกต่อไป หรืออาจปรับจำนวนรอบของการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ ให้น้อยลงหรือเพิ่มขึ้น เช่น ปรับเป็น 3,000 หรือ 15,000 20,000 รอบ เพื่อให้ทราบระยะเวลาที่ฟันเทียมเสริมฐานเริ่มมีการเสื่อมสภาพ ซึ่งอาจเป็นระยะเวลาน้อยกว่า 6 เดือน ภายหลังการใช้งาน และเพื่อให้ทราบอายุการใช้งานนานที่สุด ที่ไม่สามารถใช้งานฟันเทียมเสริมฐานได้แล้ว ซึ่งอาจเป็นระยะเวลาเพียง 1 ปี หรือมากกว่า 1 ปี เพื่อที่ทันตแพทย์จะได้นัดผู้ป่วยกลับมาเพื่อทำการเสริมฐานฟันเทียมใหม่

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

1. Barclay CW, Spence D, Laird WR. Intra-oral temporatures during function. J Oral Rehabil 2005;32:886-94.
2. Ernst CP, Canbek K, Euler T, Willershausen B. In vivo validation of the historical in vitro thermocycling temperature range for dental materials testing. Clin Oral Invest 2004;8:130-8.
3. Palmer DS, Barco MT, Billy EJ. Temperature extremes produced orally by hot and cold liquids. J Prosthet Dent 1992;67:325-7.
4. Silva CS, Machado AL,Chaves CAL,Pavarina AC, Vergini CE. Effect of thermal cycling on denture base and autopolymerizing reline resins. J Appl Oral Sci 2013;21(3):219-24.
5. Giampaolo ET, Jorge JH, Machado AL, Pavarina AC, Vergini CE. Effect of thermal cycling on microleakage between hard chairside relines and denture base acrylic resin. Gerodontology 2011;28:121-6.
6. Neppelenbroek KH, Pavarina AC, Gomes MN, Machado AL, Vergani CE. Bond strength of hard chairside reline resins to a rapid polymerizing denture base resin before and after thermal cycling. J Appl Oral Sci 2006;14(6):436-42.
7. Machado AL, Bochio BC, Wady AF, Jorge JH, Canevarolo SV, Vergani CE. Impact strength of denture base and reline acrylic resins: An in vitro study. J Dent Biomech 2012;3:1-7.
8. Seo RS, Murata H, Hong G, Vergani CE, Hamada T. Influence of thermal and mechanical stresses on the strength of intact and relined denture bases. J Prosthet Dent 2006;96:59-67.
9. Schneider RL, Curtis ER, Clancy JM. Tensile bond strength of acrylic resin denture teeth to a microwave- or heat-processed denture base. J Prosthet Dent 2002;88(2):145-50.
10. Archadian N, Kawano F, Ohguri T, Ichikawa T,Matsumoto N. Flexural strength of rebased denture polymers. J Oral Rehabil 2000; 27:690-6.

11. Minami H, Suzuki S, Minesaki Y, Kurashige H, Tanaka T. In vitro evaluation of the influence of repairing condition of denture base resin on the bonding of autopolymerizing resins. J Prosthet Dent 2004;91:164-70.

12. Leles CR, Machado AL, Vergani CE. Giampaolo ET, Pavarina AC. Bonding strength between a hard chairside reline resin and a denture base material as influenced by surface treatment. J Oral Rehabil 2001;28:1153-7.

13. Polyzois GL, Lagouvardos PE, Frangou MJ. Flexural and bond strengths of relined denture polymers assessed by four-point bending tests and Weibull analysis. Gerodontology 2012;29:e543-52.

14. Ogle RE, Sorensen SE, Lewis EA. A new visible light-cured resin system applied to removable prosthodontics. J Prosthet Dent 1986;56:497-506.

15. Kungkapilas K, Santawisuk W. Effect of chemical surface treatment on bond strength of a heat-cured acrylic resin denture base and a reline resin. CM Dent J 2014;35(1):51-61.

16. Durkan RK, Özdemir T, Pamir AD, Usanmaz A. Water absorption of two different denture base resins reinforced with dental fiber systems. J Appl Polym Sci 2010;117:1750-3.

17. Jagger D, Harrison A, Jagger R, Milward P. The effect of the addition of poly (methyl methacrylate) fibres on some properties of high strength heat-cured acrylic resin denture base material. J Oral Rehabil 2003;30:231-5.

18. Atwood DA. Bone loss of edentulous alveolar ridge. J periodontal 1979;50:11-21.

19. Leinfelder KF.,Terry DA., Connelly ME. The Art of Denture Relining. Inside Dentistry 2007;3(5).

20. Murata H, Hamada T, Sadamori S. Relationship between viscoelastic properties of soft denture lineers and clinical efficacy. Jpn Dent Sci Rev 2008;44:128-32.

21. Polyzois GL, Frangou MJ. Influence of curing method, sealer, and water storage on the hardness of a soft lining material over time. J Prosthodont 2001;10:42-5.

22. Pinto Jrr, Mesquita MF, Henriques GEP, Nobilo MAA. Effect of thermocycling on bond strength and elasticity of 4 long-term soft denture liners. J Prosthet Dent 2002;88:516-21.

23. Murata H, Seo RS, Hamada T, PolyZois GL, Frangou MJ. Dynamic mechanical properties of hard, direct denture reline resin. J Prosthet dent 2007;98:319-26.

24. Haywood J, Basker RB, Watson CJ, et al. A comparison of three hard chairside denture reline materials. Part I. Clinical evaluation. Eur J Prosthodont Restor Dent 2003;11:157-63.

25. Tokuyama-us.com (homepage on the Internet). Tokyo: Tokuyama Dental Corporation, Inc,; (cite 2015 may 26). Available from: http://www.tokuyama-us.com/Product/DentureRelineMaterial/Rebase_II.html

26. Arena CA, Evans DB, Hilton TJ. A comparison of bond strength among chairside hard reline materials. J Prosthet Dent 1993;70(2):126-31.

27. 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(4):457-62.

28. Lamb DJ, Ellis B, Priestley D. The effects of process variables on levels of residual monomer in autopolymerizing dental acrylic resin. J Dent 1983;11(1):80-8.

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

30. Ahmad F, Yunus N. Shear Bond Strength of Two Chemically Different Denture Base Polymers to Reline Materials. Journal of Prosthodontics 2009;8:596–602.

31. Smith LT, Powers JM. In vitro properties of light-polymerized reline materials. Int J Prosthodont 1991;4:445-8.

32. 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.

33. 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.

34. Takahashi Y, Chai J. Assessment of shear bond strength between three denture reline materials and a denture base acrylic resin. Int J Prosthodont 2001;14:531-5.

35. 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.

36. Hasan RH. Shear Bond Strength of Hard Chairside Reline Material to Denture Base Material. Al–Rafidain Dent J 2009;9(2):203-10.

37. Vallittu PK, Lassila VP,Lappalainen R. Wetting the repair surface with methy methacrylate affects the transverse strength of repaired heat-polymerized resin. J Prosthet Dent 1994;72:639-43.

38. Sarac YS, Kulunk T, Kulunk S. The effect of chemical surface treatments of different denture base resins on the shear bond strength of denture repair. J Prosthet Dent 2005;94:259-66.

39. Shen C, Colaizzi FA, Birns B. Strength of denture repair as influenced by surface treatment. JnProsthet Dent 1984;52:844-8.

40. Thunyakitpisal N, Wiwatwarapan C. The effect of chemical surface treatments on the flexural strength of repaired acrylic denture base resin material. CU Dent J 2010;33:89-98.

41. Asmussen E, Peutzfeldt A. substitutes for methylene chloride as dental softening agent. Eur J Oral Sci 2000;108:335-40.

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

43. Azevedo A, Machado AL, Giampaolo ET, Pavarina AC, Vergini CE. The effect of water immersion on the shear bond strength between chairside reline and denture base acrylic resins. J Prosthodont 2007;16:255-62.

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

45. International organization for standardization. Specification 1576: denture base polymers. 2 nd. switZerland: ISO, 1988.

46. Reis JMDSN, Vergani CE, Pavarina AC, Giampaolo ET, Machado AL. Effect of relining, water storage and cyclick loading on the flexural strength of a denture base acrylic resin. J Dent 2006;34:420-26.

47. Bettencourt A, Neves C, Almeida M, Pinheiro L, Oliveira S, Lopes L, et al. Biodegradation of acrylic based resins: a review. Dental materials 2010;26:e171-180.

48. Willershausen B, Callaway A, Ernst CP, Stender E. The influence of oral bacteria on the surfaces of resin-based denture restorative materials: an in vitro study. Int Dent J 1999;49:231-9.

46. Kulak-Ozkan Y, Sertgoz A, Gedik H. Effect of thermocycling on tensile bond strength of six silicone-based, resilient denture liners. J Prosthet Dent 2003;89:303-10.

47. An´il N, Hekimoglu C, Büyükbas N, Ercan M. Microleakage study of various soft denture liners by autoradiography: Effect of accelerated aging. J Prosthet Dent 2000;84:394-9.

50. Minami H, Suzuki S, Minesaki Y, Kurashige H, Tanaka T. In vitro evaluation of the effect of thermal and mechanical fatigues on the bonding of an autopolymerizing soft denture liner to denture base materials using different primers. J Prosthodont 2008;17:392–400.

51. 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;10:508-12.

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

ภาคผนวก

ตาราง 3 แสดงค่าความแข็งแรงยึดเฉือนของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

ชิ้นที่	กลุ่มที่ 1 (C)	กลุ่มที่ 2 (TB)	กลุ่มที่ 3 (TBA1)	กลุ่มที่ 4 (TBA2)
1	4.349	4.643	2.506	1.616
2	4.528	5.868	2.192	1.379
3	4.079	5.373	3.269	1.502
4	4.817	5.116	3.293	1.911
5	4.348	4.607	1.899	2.240
6	4.179	3.993	2.304	1.932
7	5.178	4.239	2.449	2.038
8	4.330	4.864	2.251	2.190
9	5.148	5.442	3.268	2.084
10	5.031	4.748	1.827	1.790
11	4.622	6.066	1.597	1.891
12	4.049	4.421	2.013	2.155
13	4.119	5.565	3.154	1.695
14	4.449	4.309	1.807	2.450
15	4.670	5.558	0.929	1.681

หมายเหตุ

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม (ไม่ผ่านการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ) (C)

กลุ่มที่ 2 ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะเป็นจำนวน 5,000 รอบก่อนยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน (TB)

กลุ่มที่ 3 ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะเป็นจำนวน 5,000 รอบ ก่อนและหลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน (TBA1)

กลุ่มที่ 4 ทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะเป็นจำนวน 5,000 รอบ ก่อนยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน และทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะเป็นจำนวน 10,000 รอบ หลังยึดติดกับวัสดุเรซินเสริมฐาน (TBA2)

ตาราง 4 พรรณนาลักษณะของข้อมูลของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

Descriptives

Shear bond strength

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min	Max
					Lower Bound	Upper Bound		
C	15	4.5263	.37799	.09760	4.3170	4.7356	4.05	5.18
TB	15	4.9876	.63453	.16384	4.6362	5.3390	3.99	6.07
TBA1	15	2.3173	.69432	.17927	1.9328	2.7018	.93	3.29
TBA2	15	1.9033	.29633	.07651	1.7392	2.0674	1.38	2.45
Total	60	3.4336	1.44718	.18683	3.0598	3.8075	.93	6.07

ตาราง 5 แสดงการวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล

Tests of Normality

Method		Kolmogorov-Smirnova		
		Statistic	df	Sig.
Shear bond strength	C	.147	15	.200*
	TB	.128	15	.200*
	TBA1	.153	15	.200*
	TBA2	.087	15	.200*

*. This is a lower bound of the true significance.

ตาราง 6 แสดงการทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง

Test of Homogeneity of Variances

Shear bond strength

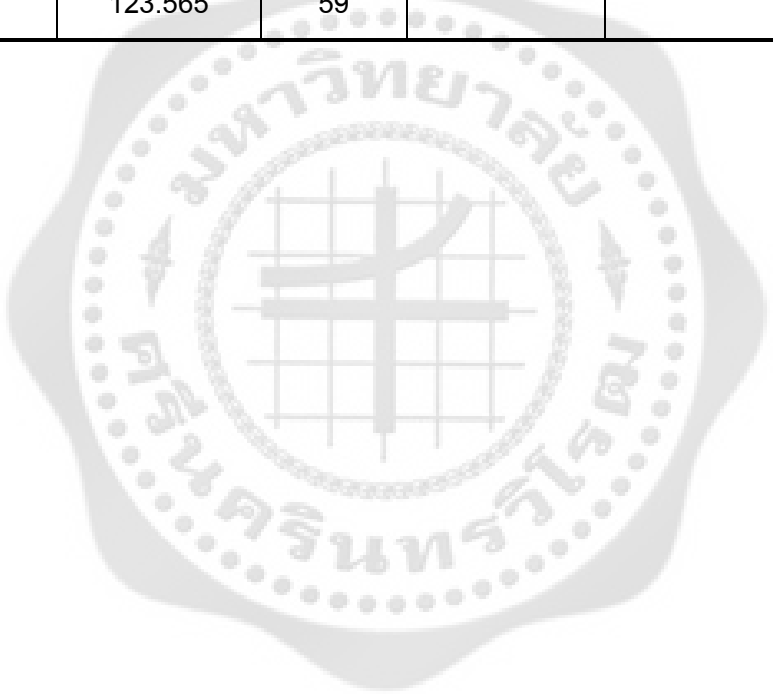
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4.591	3	56	.006

ตาราง 7 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เพื่อใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ANOVA

Shear bond strength

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	107.950	3	35.983	129.043	.000
Within Groups	15.616	56	.279		
Total	123.565	59			



ตาราง 8 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของความแข็งแรงยึดเฉือนของกลุ่มทดลอง 4 กลุ่ม โดยวิธีการทดสอบของทามเฮน (Tamhane's T2) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Multiple Comparisons

Dependent Variable: shear bond strength

Tamhane

(I) method	(J) method	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
C	TB	-.46127	.19070	.135	-1.0103	.0878
	TBA1	2.20898*	.20412	.000	1.6182	2.7997
	TBA2	2.62232*	.12406	.000	2.2697	2.9749
TB	C	.46127	.19070	.135	-.0878	1.0103
	TBA1	2.67025*	.24286	.000	1.9825	3.3580
	TBA2	3.08359*	.18086	.000	2.5555	3.6117
TBA1	C	-2.20898*	.20412	.000	-2.7997	-1.6182
	TB	-2.67025*	.24286	.000	-3.3580	-1.9825
	TBA2	.41334	.19495	.253	-.1589	.9856
TBA2	C	-2.62232*	.12406	.000	-2.9749	-2.2697
	TB	-3.08359*	.18086	.000	-3.6117	-2.5555
	TBA1	-.41334	.19495	.253	-.9856	.1589

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	ทพญ. กนกพร ตุ้มทอง
วันเดือนปีเกิด	21 มีนาคม 2526
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	570/5 ซอยเพชรสมุทร 1 ถนนเพชรสมุทร ตำบลแม่กลอง อำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรสงคราม 75000
ตำแหน่งปัจจุบัน	ทันตแพทย์ระดับปฏิบัติการ แผนกทันตกรรม โรงพยาบาลสมเด็จพระสังฆราช องค์ที่ 17
สถานที่ทำงาน	โรงพยาบาลสมเด็จพระสังฆราช องค์ที่ 17 อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2552	ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต คณะทันตแพทยศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
พ.ศ. 2558	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก (ทันตกรรมประดิษฐ์) คณะทันแพทยศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ