ผลของความหนาของโครงแบบซิลิโคนชนิดใสต่อความแข็งผิวระดับจุลภาค ของวัสดุทำครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวชนิดเรซินคอมโพสิต

ปริญญานิพนธ์

ของ

อภิชาติ ลีนานุรักษ์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก

พฤศจิกายน 2555

ผลของความหนาของโครงแบบซิลิโคนชนิดใสต่อความแข็งผิวระดับจุลภาค ของวัสดุทำครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวชนิดเรซินคอมโพสิต

ปริญญานิพนธ์

ของ

อภิชาติ ลีนานุรักษ์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก

พฤศจิกายน 2555

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผลของความหนาของโครงแบบซิลิโคนชนิดใสต่อความแข็งผิวระดับจุลภาค
ของวัสดุทำครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวชนิดเรซินคอมโพสิต

บทคัดย่อ

ของ

อภิชาติ ลีนานุรักษ์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก
พฤศจิกายน 2555

อภิชาติ ลีนานุรักษ์. (2555). *ผลของความหนาของโครงแบบซิลิโคนชนิดใสต่อความแข็งผิวระดับจุลภาคของวัสดุทำครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวชนิดเรซินคอมโพสิต.* ปริญญานิพนธ์ วม. (ทันตกรรมคลินิก). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: อาจารย์ทันตแพทย์หญิง ดร. มะลิ พลานุเวช.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความหนาของโครงแบบซิลิโคนแบบใสต่อความแข็งผิวของวัสดุทำครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวชนิดเรซินคอมโพสิตประเภทบ่มตัวด้วยตัวเองร่วมกับการฉายแสง การทดลองจะแบ่งเป็น 2 ตอนโดยตอนที่ 1 จะเป็นการทดสอบโดยควบคุมปัจจัยของระยะห่างของปลายหลอดใยแก้วนำแสงกับผิววัสดุเป็นระยะ 6.0 มิลลิเมตร ตอนที่ 2 จะเป็นการทดสอบโดยควบคุมปัจจัยของปลายหลอดใยแก้วนำแสงกับผิววัสดุเป็นระยะห่างเท่ากับความหนาของซิลิโคนที่ทำการทดสอบ แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 4 กลุ่มตามความหนาของซิลิโคนแบบใสได้แก่ กลุ่มที่ไม่ใช่ซิลิโคน ซิลิโคนหนา 2.0, 4.0 และ 6.0 มิลลิเมตร ทำการเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูปของวัสดุด้วยเครื่องทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาคในแต่ละกลุ่มตัวอย่างที่ความลึก 0.25, 2.0, 4.0 และ 6.0 มิลลิเมตรด้วยแรงกดขนาด 25 กรัม นาน 10 วินาที นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางและแมนวิทนียู ผลการศึกษาพบว่าเมื่อควบคุมปัจจัยตามการทดลองตอนที่ 1 ความหนาของซิลิโคนใสไม่มีผลต่อความแข็งผิวของวัสดุที่ระดับความลึกของวัสดุ 2.0, 4.0 และ 6.0 มิลลิเมตรที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนการทดสอบตอนที่ 2 จะพบว่าความของซิลิโคนใสไม่มีผลต่อความแข็งผิวที่ระดับความลึกของวัสดุ 2.00 มิลลิเมตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

EFFECT OF CLEAR SILICONE MATRIX THINKNESS ON MICROHARDNESS OF COMPOSITE PROVISIONAL RESTORATION

AN ABSTRACT

BY

APICHARD LEENANURKSA

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements

of the Master of Science in Dentistry at

Srinakharinwirot University

Apichard leenanuruksa. (2012) *Effect of Clear Silicone Matrix Thickness on Microhardness of Composite Provisional Restoration*. Master thesis, M.S. (Dentistry). Bangkok. Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee. PHD Mali palanuvet.

The propose of this study was to investigate the effect of the clear silicon matrix thickness on knoop microhardness of duo-cure composite resin temporary crowns and bridges. The experiment was divided into 2 parts, with the first to be tested by the factor of the distance of the tip of the tube fiber optic to the surface material being 6.0 mm, while the second was be tested by the factor of the distance of the tube fiber optic to the surface material being equal to the thickness of the clear silicone. The samples were divided into four groups according to the thickness of clear silicone: no silicone, 2.0 mm silicone, 4.0 mm silicone and 6.0 mm silicone. The Knoop hardness number was compare with the mirohardness tester in each sample at a depth of 0.25, 2.0, 4.0 and 6.0 mm. with a load of 25 g. for 10 seconds. The test results were analyzed with descriptive statistics, a two-way analysis of variance and a Man Whitney U test. The results showed that when controlled by the first experiment, the thickness of the clear silicone did not statistically significantly (p=0.05) affect the knoop hardness number of the material at the material depths of 2.0,4.0 and 6.0 mm. When controlled by the second experiment the thickness of the clear silicone did not statistically significantly (p=0.05) affect the knoop hardness number of the material at the material depth of 2.0 mm.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

ผลของความหนาของโครงแบบซิลิโคนชนิดใสต่อความแข็งผิวระดับจุลภาค
ของวัสดุทำครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวชนิดเรซินคอมโพสิต

ของ
อภิชาติ ลีนานุรักษ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่ ...... เดือน .... พ.ศ. 2555

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์
....ประธาน
(ทพญ.ดร. มะลิ พลานุเวช)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า
....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ทพญ.ทิพาพร วงศ์สุรสิทธิ์)
....กรรมการ
(อาจารย์.ทพญ.ดร. ณปภา เอียมจิรกุล)
....กรรมกา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิยม ธำรงอนันต์สกุล)

ประกาศคุณูปการ

ขอบพระคุณ อ.ทพญ.ดร. มะลิ พลานุเวช และ อ.ธีรชัย ลิมป์ลาวัลย์ สำหรับการเป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยชิ้นนี้ ขอบพระคุณ รศ.ดร.อรพินท์ เจียระพงษ์ สำหรับคำแนะนำเกี่ยวกับสถิติ ขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ที่ให้ความกรุณาและช่วยปรานงาน ทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สามารถดำเนินได้อย่างราบรื่น ขอบพระคุณกรรมการสอบปากเปล่าทุกท่านที่ช่วยให้คำแนะนำและแก้ไข้ในจุดบกพร่องทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

อภิชาติ ลีนานุรักษ์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	2
	ความสำคัญของการวิจัย	2
	ขอบเขตของการวิจัย	2
	คำถามงานวิจัย	2
	สมมติฐานในการวิจัย	2
	กรอบแนวคิดของการวิจัย	2
	นิยามศัพท์จำเพาะ	3
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	4
	บทบาทของครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราว	4
	วัสดุสำหรับใช้ทำครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราว	5
	เรซินชนิด เมทาคริเลต	5
	เรซินคอมโพสิต	5
	โครงแบบสำหรับการสร้างครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราว	7
	การวัดร้อยละของการเปลี่ยนแปลงพันธะของวัสดุเรซินคอมโพสิต	7
	การทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาค	9
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	10
	วัสดุ	10
	วิธีวิจัย	12
	สถิติ	15
4	**ผลการวิจัย**	18
5	**สรุปและอภิปรายผล**	27

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ **หน้า**

บรรณานุกรม.. 32

ภาคผนวก... 37

ประวัติย่อผู้วิจัย.. 85

บัญชีตาราง

ตาราง **หน้า**

1 วัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดต่างๆที่ใช้ในงานครอบฟันสะพานฟันชั่วคราว……..……… 6
2 แสดงค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูปและผลการเปรียบเทียบทางสถิติ................... 21
3 แสดงค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูปและผลการเปรียบเทียบทางสถิติ................... 25
4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ เรซิน คอมโพสิต............................ 39
5 แสดงค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบร้อยละของค่าความแข็งแบบนูปของเรซินคอมโพสิต 40
6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเรซินคอมโพสิต............................ 59
7 แสดงค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบร้อยละของค่าความแข็งแบบนูปของเรซินคอมโพสิต 60

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 เทมสแปน (TempSpan®, Pentron, Wallingford,CT,USA)............................ 10

2 มีโมซิวทู (Memosil 2®, Heraeus Kulzer, Hanau, Germany)......................... 10

3 เครื่องฉายแสงหลอดฮาโลเจน (PEKALUX®, 3M)... 11

4 อุปกรณ์ผสมวัสดุอัตโนมัติ.. 11

5 อุปกรณ์ประกอบวัดความแข็งผิวระดับจุลภาค.. 11

6 แสดงขั้นตอนการเตรียมซิลิโคนใส.. 12

7 แสดงขั้นตอนการเตรียมวัสดุครอบฟันชั่วคราว.. 13

8 การเตรียมวัสดุครอบฟันชั่วคราวหลังการฉายแสงและการวัดค่าความแข็งผิว...... 14

9 แสดงขั้นตอนการเตรียมฐานเพื่อรองรับวัสดุครอบฟันชั่วคราว........................... 16

10 แสดงค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูป (Mean KHN)และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ
วัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 16 กลุ่มของวิธีวิจัยตอนที่ 1...................................... 18

11 แสดงค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูป (Mean KHN)และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ
วัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 16 กลุ่มของวิธีวิจัยตอนที่ 2...................................... 22

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

วัสดุทำครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวในปัจจุบันมีหลายประเภท สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ กลุ่ม เรซินชนิดเมทาคริเลต และเรซินคอมโพสิต

เรซินชนิดเมทาคริเลต เป็นกลุ่มที่นิยมใช้งานเป็นที่แพร่หลายมากที่สุด แต่เนื่องจากตัววัสดุมีการคายความร้อนในระดับที่สูงระหว่างการเกิดโพลิเมอไรเซชั่นรวมถึงมีการตกค้างของโมโนเมอร์จึงอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อตัวฟันหลักจากการทำครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวโดยตรงบนฟันหลัก[1]

เรซินคอมโพสิต เป็นกลุ่มวัสดุที่คิดค้นและเริ่มใช้นำมาใช้งานในทางทันตกรรมตั้งแต่ปี 1960[2] มีสมบัติโดยรวมต่างเหนือกว่ากลุ่ม เรซินเมทาคริเลต เช่น การคายความร้อนจากการเกิดโพลิเมอไรเซชั่นต่ำ ระคายเคืองต่อโพรงประสาทฟันน้อย มีโมโนเมอร์ส่วนเกินตกค้างน้อย และมีสมบัติทางกลโดยรวมที่เหนือกว่า[3] วัสดุชนิดนี้จำแนกย่อยตามลักษณะการบ่มตัวโดยแบ่งเป็น 3 ลักษณะได้แก่ การบ่มตัวด้วยตัวเอง (Autopolymerization) การบ่มตัวด้วยตัวเองร่วมกับการบ่มตัวด้วยการฉายแสง (Dual-polymerization) และการบ่มตัวด้วยการฉายแสง (Light polymerization) โดยกลุ่มที่มีการบ่มตัวด้วยตัวเองร่วมกับการบ่มตัวด้วยการฉายแสงและการบ่มตัวด้วยการฉายแสงนั้นวัสดุจะมีความแข็งแรงทันทีหลังจากการฉายแสงเสร็จสิ้น ผู้ป่วยจึงสามารถใช้งานได้หลังจากเสร็จสิ้นการรักษาโดยไม่จำเป็นต้องรอให้เกิดโพลิเมอไรเซชั่นอย่างสมบูรณ์ เช่น กลุ่มที่บ่มตัวด้วยตัวเอง[4]

กระบวนการเกิดโพลิเมอไรเซชั่นด้วยการฉายแสงนั้นมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของวัสดุ เช่น ความเข้มแสงของเครื่องฉายแสง ระยะเวลาการการฉายแสง และระยะห่างระหว่างปลายใยแก้วนำแสงและวัสดุ เป็นต้น[5-8] ในการนำวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยตัวเองร่วมกับการบ่มตัวด้วยการฉายแสง และเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยการฉายแสงเพียงอย่างเดียวมาใช้งานนั้น ต้องมีโครงแบบที่ทำมาจากวัสดุที่มีลักษณะใสเพื่อให้สามารถฉายแสงจากเครื่องฉายแสงผ่านไปสู่วัสดุเพื่อให้เกิดการโพลิเมอไรเซชั่นอย่างเพียงพอ ปัจจุบันมีการผลิตซิลิโคนชนิดใสซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นโครงแบบ เช่น การยึดลวดจัดฟัน [9] แต่ยังไม่มีรายงานใดที่วิจัยถึงผลของความหนาของโครงแบบซิลิโคนชนิดใสต่อคุณสมบัติทางกลของวัสดุครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราว โดยความหนาของโครงแบบจะมีผลต่อปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโพลิเมอไรเซชั่นและคุณสมบัติทางกล เช่น ความเข้มแสง เป็นต้น

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงผลของความหนาของซิลิโคนชนิดใสต่อความแข็งผิวระดับจุลภาคของวัสดุทำครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวชนิดเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยการฉายแสงร่วมกับการบ่มตัวด้วยตัวเอง

ความมุ่งหมายในการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของความหนาของซิลิโคนชนิดใสต่อความแข็งผิวของวัสดุทำครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวชนิดเรซินคอมโพสิต

ความสำคัญของการวิจัย

ครอบฟันชั่วคราวมีบทบาทสำคัญในขั้นตอนหลังจากการกรอแต่งฟันก่อนที่จะยึดครอบฟัน และสะพานฟันถาวร วัสดุที่ใช้จึงควรมีสมบัติที่ดี ได้แก่ มีความแข็งแรงเหมาะสมที่จะสามารถทนต่อแรงบดเคี้ยวได้ตลอดระยะเวลาการใช้งาน วัสดุประเภทเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยตนเองร่วมกับการฉายแสงนั้นมีความโดดเด่นเหนือกว่าวัสดุอื่น โดยมีความแข็งแรงทันทีภายหลังจากการฉายแสงทำให้คนไข้สามารถใช้งานได้ทันทีภายหลังการรักษา[4] ทั้งนี้ในการใช้วัสดุดังกล่าวจำเป็นจะต้องมีโครงแบบชนิดใสนำมาใช้งานร่วมด้วย ความหนาของโครงแบบนี้จึงเป็นตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความแข็งผิวของวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยตนเองร่วมกับการฉายแสง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้ คือสามารถนำซิลิโคนชนิดใสมาใช้เป็นโครงแบบในการผลิตครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวในระดับความหนาที่เหมาะสม

ขอบเขตงานวิจัย

การทดลองนี้เป็นการทดลองภายในห้องปฏิบัติการโดยสามารถเอาไปอ้างอิงในการใช้งานในคลินิก

คำถามการวิจัย

ความหนาของโครงแบบซิลิโคนชนิดใสมีผลต่อความแข็งผิวของวัสดุทำครอบฟันและสะพานฟันหรือไม่

สมมติฐานการวิจัย

ความหนาของซิลิโคนชนิดใสไม่มีผลต่อความแข็งผิวของวัสดุครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราว

กรอบแนวคิดในการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการทำครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวชนิดเรซินคอมโพสิตประเภทบ่มตัวจากการฉายแสงและบ่มตัวด้วยตนเองร่วมกับบ่มตัวจากการฉายแสงนั้น จำเป็นจะต้องมีการฉายแสงอย่างเหมาะสมเพื่อให้เกิดการโพลิเมอไรเซชั่นอย่างสมบูรณ์ ระดับของการเกิดโพลิเมอไรเซชั่นหรือร้อยละของการเปลี่ยนแปลงจากพันธะคู่ (Degree of conversion) สามารถเปรียบเทียบได้จากความแข็งผิวของวัสดุภาย

หลังจากการฉายแสง[10, 11] ทั้งนี้มีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อกระบวนการเกิดโพลิเมอไรเซชั่นได้แก่ ความเข้มแสงของเครื่องฉายแสง ระยะเวลาในการฉายแสง ระยะห่างระหว่างปลายหลอดใยแก้วนำแสงและวัสดุครอบฟันชั่วคราว ความหนาของโครงแบบ และความขุ่นของโครงแบบ[7, 12, 13]

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงความหนาของโครงแบบซึ่งเป็นวัสดุซิลิโคนชนิดใสต่อความแข็งผิวระดับจุลภาคของวัสดุครอบฟันชั่วคราวในระดับความหนาที่แตกต่างกันของโครงแบบนั้นจะส่งผลต่อความแข็งผิวระดับจุลภาคอย่างไร เพื่อเป็นแนวทางในการนำซิลิโคนชนิดใสมากำหนดความหนาที่เหมาะสมในการใช้ทำเป็นโครงแบบต่อไป

นิยามศัพท์จำเพาะ

Degree of conversion	ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงจากพันธะคู่เป็นพันธะเดี่ยว
Crown temporary	ครอบฟันชั่วคราว
Clear silicone	ซิลิโคนชนิดใส
Microhardness	ความแข็งผิวระดับจุลภาค
Tempspan®	เทมสแปน, วัสดุทำครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวชนิดเรซินคอมโพสิต

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทบาทของครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราว

โดยทั่วไปการบูรณะฟันด้วยครอบฟันและสะพานถาวรในปัจจุบัน ชิ้นงานจะทำขึ้นภายนอกช่องปากจากแบบจำลองปูนที่ได้จากการเทแบบมาจากรอยพิมพ์บนฟันหลักที่ผ่านการกรอแต่งอย่างเหมาะสม (Master model) แล้วจึงยึดด้วยซีเมนต์ทันตกรรม ครอบฟันชั่วคราวจึงมีบทบาทสำคัญในขั้นตอนหลังจากการกรอแต่งฟันก่อนที่จะยึดครอบฟันหรือสะพานฟัน โดยทำหน้าที่เป็นวัสดุช่วยปกป้องโพรงประสาทฟัน คงสภาพอวัยวะปริทันต์โดยรอบ ป้องกันการเคลื่อนที่ของฟัน ให้ความสวยงามเป็นธรรมชาติโดยเฉพาะในบริเวณที่ต้องการความสวยงาม และผู้ป่วยสามารถใช้เคี้ยวอาหารและพูดออกเสียงได้อย่างปกติ[3] นอกจากนี้วัสดุครอบฟันชั่วคราวยังเป็นเครื่องมือที่สามารถใช้เป็นตัวประเมินสิ่งต่างๆ ก่อนที่จะพิจารณาทำครอบฟันหรือสะพานฟันถาวร เช่น ความสวยงาม ระบบบดเคี้ยว การออกเสียง และความพึงพอใจของคนไข้ เป็นต้น ครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราว จึงควรมีลักษณะใกล้เคียงกับครอบฟันหรือสะพานฟันถาวร โดยมีความแตกต่างกันในแง่ของวัสดุที่ใช้ผลิตเท่านั้น[14]

การสร้างครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวทำได้ทั้งทางตรง ทางอ้อมและทำร่วมกันทั้งสองวิธี[3] วิธีทางตรงจะทำภายในช่องปาก โดยใช้โครงแบบทำครอบฟันสะพานฟันชั่วคราวกับฟันหลักที่ผ่านการกรอแต่ง ข้อดีคือสามารถทำได้รวดเร็ว ขั้นตอนการทำงานน้อย ค่าใช้จ่ายน้อย ข้อเสียคือ อาจเกิดอันตรายต่อฟันหลักจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นเมื่อวัสดุเกิดโพลิเมอร์ไรเซชั่น โมโนเมอร์ส่วนเกินที่ตกค้างอาจระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อในช่องปากและโพรงประสาทฟัน วิธีการนี้จึงเหมาะกับการทำครอบฟันซี่เดียวหรือสะพานฟันที่มีขนาดสั้นเพียง 3 ซี่ วิธีทางอ้อมเป็นการทำครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวในแบบหล่อปูนที่เทแบบมาจากรอยพิมพ์ของฟันหลักที่ผ่านการกรอแต่งแล้ว ข้อดีคือ หลีกเลี่ยงอันตรายต่อเนื้อเยื่อในช่องปากและโพรงประสาทฟัน ชิ้นงานมีขอบและรูปร่างที่ดี วิธีนี้จึงเหมาะกับการทำครอบฟันจำนวนหลายซี่หรือสะพานฟันที่มีขนาดยาว ข้อเสียคือใช้เวลามาก ขั้นตอนยุ่งยาก และมีค่าใช้จ่ายสูง วิธีทำร่วมกันทั้งสองวิธีเป็นการทำครอบฟันสะพานฟันชั่วคราวบนแบบปูนที่ตัดแต่งให้มีลักษณะคล้ายฟันหลักที่จะทำการกรอ แล้วทำการเสริมฐานกับฟันหลักภายในช่องปาก ข้อดีคือได้ขอบของครอบฟันและสะพานฟันที่ดีร่วมกับลดโอกาสที่ฟันหลักจะเกิดอันตรายจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นของวัสดุเมื่อเกิดการโพลิเมอร์ไรเซชั่น ข้อเสียคือ มีขั้นตอนเยอะและใช้เวลามากเหมือนกับวิธีทางอ้อม[15]

วัสดุสำหรับใช้ทำครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราว

ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวัสดุในการนำมาใช้เป็นครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวนั้นได้แก่ คุณสมบัติเชิงกล คุณสมบัติทางกายภาพ ความสะดวกต่อการใช้งาน และความเข้ากันได้ทางชีวภาพ โดย

วัสดุดังกล่าวจำเป็นจะต้องใช้งานง่าย มีระยะเวลาที่สามารถใช้ในการผสมที่พอดีต่อการทำงาน ไม่เป็นพิษต่อเนื้อเยื่อ ผลข้างเคียงบางประการที่อาจพบในการใช้งานวัสดุ อาทิเช่น สารเคมีปนเปื้อนหรือสารเคมีส่วนเกิน อุณหภูมิระหว่างการแข็งตัวของวัสดุและการหดตัว จึงจำเป็นจะต้องพิจารณาและพึ่งระวังอย่างสูงเมื่อจะนำมาใช้งาน[16, 17] วัสดุในการสร้างครอบฟันสะพานฟันชั่วคราวนั้นมีหลายชนิด โดยชนิดที่มีความนิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายมีดังนี้

เรซินชนิดเมทาคริเลต

โพลิเมทิล เมทาคริเลต ชนิดบ่มตัวเองหรือพีเอ็มเอ็มเอ (PMMA) ถูกพัฒนาและเริ่มนำมาใช้อย่างแพร่หลายในช่วงปี 1940[2] ปัจจุบันก็ยังคงเป็นวัสดุทำครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวที่นิยมมากที่สุด[18] แต่เนื่องจากพีเอ็มเอ็มเอเกิดการคายความร้อนในระดับที่สูงเมื่อเกิดโพลิเมอร์ไรเซชั่น จึงอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อฟันจากการทำครอบฟันชั่วคราวโดยตรงภายในช่องปาก[1]เอทิล เมทาคริเลต (Ethyl methacrylate) ถูกนำเสนอในช่วงปี 1960 โดยมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาสมบัติให้ดีขึ้นกว่าพีเอ็มเอ็มเอ[19]

เรซินคอมโพสิต

วัสดุประเภทคอมโพสิต คือ วัสดุผสมที่มีองค์ประกอบตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปโดยวัสดุแต่ละชนิดต้องไม่ละลายซึ่งกันและกัน โดยมีวัสดุตัวหนึ่งเป็นองค์ประกอบหลักและอีกวัสดุหนึ่งหรือหลายวัสดุกระจายแทรกอยู่ในองค์ประกอบหลัก วัสดุครอบฟันสะพานฟันชั่วคราวในกลุ่มนี้โดยมากจะเป็น เรซินชนิดบิสเอคริล (Bis – acryl) เมื่อผสมกับสารอนินทรีย์และสารทึบรังสีจะได้วัสดุที่คล้ายคลึงกับวัสดุเรซินคอมโพสิตที่ใช้ในงานบูรณะฟัน วัสดุดังกล่าวจะมี มัลติฟังชั่น อะคริลิกเรซินโมโนเมอร์ ซึ่งจะเกิดการเชื่อมไขว้ในกระบวนการเกิดโพลิเมอร์ไรเซชั่น[16]

วัสดุชนิดนี้ผลิตขึ้นทั้งในลักษณะการบ่มตัวด้วยตัวเอง การบ่มตัวด้วยตัวเองร่วมกับการบ่มตัวด้วยการฉายแสงและการบ่มตัวด้วยการฉายแสงดังที่แสดงในตารางที่ 1 วัสดุกลุ่มเรซินคอมโพสิตที่ใช้ทำครอบฟันและสะพานชั่วคราวโดยมากจะผลิตขึ้นมาในรูปแบบผสมอัตโนมัติ (Automix) มีลักษณะเป็นหลอดคู่สามารถฉีดและผสมส่วนของเบสและสารเร่งปฏิกิริยา สามารถใช้งานง่ายและลดโอกาสเกิดฟองอากาศแต่มีค่าใช้จ่ายสูง มีรายงานวิจัยถึงคุณสมบัติของเรซินคอมโพสิตที่เด่นกว่าพีเอ็มเอ็มเอหลายประการ เช่น การคายความร้อนเมื่อเกิดโพลิเมอร์ไรเซชั่นต่ำ[16, 17] การหดตัวต่ำเมื่อมีการเกิดโพลิเมอร์ไรเซชั่น[17] การปรับแต่งขอบดี[16] ความต้านทานต่อการสึกสูง[11] ความระคายเคืองต่อโพรงประสาทฟันต่ำ[1] ใช้งานง่ายและเหมาะสำหรับกรณีที่ต้องใช้งานครอบฟันสะพานฟันชั่วคราวเป็นเวลายาวนานหลายเดือนเพื่อประเมินผลทางคลินิก[4] แต่ทั้งนี้ก็มีรายงานวิจัยที่ขัดแย้งกันถึงคุณสมบัติของวัสดุ เช่น ความแข็งผิวและความคงทนของสีของเรซินคอมโพสิตเมื่อเปรียบเทียบกับพีเอ็มเอ็มเอ[3]

ตาราง 1 วัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดต่างๆที่ใช้ในงานครอบฟันสะพานฟันชั่วคราว[3]

ชนิดของวัสดุ	ชื่อผลิตภัณฑ์	บริษัทผู้ผลิต
Bis-acryl composites (Auto-polymerized)	Bis Jet	Lang Dental, Wheeling, Ill
	Integrity	L.D. Caulk, Milford, Del
	Luxatemp	Zenith/DMG, Englewood, NJ
	Protemp II	ESPE, Plymouth Meeting, Pa
	Protemp Garant	ESPE, Plymouth Meeting, Pa
	Provitec	GC America, Alsip, Ill
	SmarTemp	Parkell, Farmington, NY
	Temphase	Kerr Dental, Orange, Calif
	Turbo Temp	Danville Materials, Calif
	Ultra Trim	Harry J. Bosworth, Skokie, Ill
Bis-acryl composite (Dual-polymerized)	Iso Temp	3M Dental, St. Paul, Minn
	Luxatemp Solar	Zenith/DMG, Englewood, NJ
	Luxa-Flow	Zenith/DMG, Englewood, NJ
	Provipont DC	Ivoclar/Vivadent, Amherst, NY
Urethane dimethacrylate composite (Visible light-polymerized)	Triad	Dentsply Int, York, Pa

ที่มา Burns DR, Beck DA, Nelson SK. A review of selected dental literature on contemporary provisional fixed prosthodontic treatment: Report of the Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the Academy of Fixed Prosthodontics. J Prosthet Dent 2003;90(5):474-97

ตัวอย่างของวัสดุในกลุ่มนี้ที่มีจำหน่ายในปัจจุบันได้แก่ เทมสแปน (Tempspan®) ซึ่งเป็นวัสดุครอบฟันสะพานฟันชั่วคราวชนิดเรซินคอมโพสิตประเภทบิสจีเอมเอ (Bis-GMA) บรรจุในหลอดคู่โดยแยกส่วนเบสและตัวเร่งปฏิกิริยา มีลักษณะเหลว ข้น การผสมต้องใช้ควบคู่กับเครื่องผสมอัตโนมัติเพื่อควบคุมปริมาณวัสดุและลดโอกาสเกิดฟองอากาศ เมื่อผสมสามารถบ่มตัวด้วยตัวเองร่วมกับการบ่มตัวด้วยการฉายแสง สามารถใช้ทำครอบฟันชั่วคราวทั้งแบบตรง แบบอ้อม และร่วมกันทั้งสองวิธี หลังการบ่มตัววัสดุจะมีลักษณะแข็ง สามารถขัดเงาและเสริมหรือซ่อมได้ด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ มีสีให้เลือกใช้ได้ 7 สีตามชุดเทียบสี (A0, A1, A2, A3, A3.5, B1และC2) โมโนเมอร์ที่เป็นส่วนประกอบ ได้แก่ EBPADMA UDMA, BIS-GMA, HEMA และ Methacrylate Phosphate ส่วนที่เป็นตัวกระตุ้นปฏิกิริยา ได้แก่ CQ

Benzoyl Peroxide, Tertiary Amines Various และ BHT นอกนั้นเป็นส่วนของสีและสารเติม(Filler) ได้แก่ Silane treated barium glass และ Silica[20]

โครงแบบสำหรับการสร้างครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราว

การผลิตครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวด้วยวัสดุคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยตัวเองร่วมกับการฉายแสงจำเป็นจะต้องมีโครงแบบที่มีลักษณะใสเพื่อให้วัสดุสามารถเกิดการโพลิเมอร์ไรเซชั่นด้วยการฉายแสง วัสดุที่นิยมนำมาใช้เป็นโครงแบบได้แก่ พลาสติกแผ่นซึ่งผลิตโดยการใช้ความร้อนร่วมกับเครื่องดูดสุญญากาศ[21] และซิลิโคนชนิดใสประเภทผสมอัตโนมัติ[9] แม้ว่าการใช้พลาสติกแผ่นซึ่งผลิตโดยการใช้ความร้อนร่วมกับเครื่องดูดสุญญากาศจะเป็นที่แพร่หลายและเป็นที่นิยมมากกว่า แต่ด้วยข้อจำกัดเช่นต้องมีเครื่องมือที่จำเพาะ เช่น เครื่องดูดสุญญากาศและต้องทำแบบหล่อปูนเพิ่มอีกหนึ่งชิ้นเพื่อใช้กับเครื่องดูดสูญญากาศ ทำให้วิธีการนี้ใช้งบประมาณและเวลาที่มากกว่าการใช้ซิลิโคนชนิดใสเป็นโครงแบบ[9]

ตัวอย่างของซิลิโคนชนิดใสที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน ได้แก่ มีโมซิวทู (Memosil2®) เป็นวัสดุโพลิเมอร์ไรเซชั่น ประเภท โพลีไวนิลไซลอกเซน บรรจุในหลอดคู่โดยแยกส่วนเบสและตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อผสมวัสดุจะบ่มตัวด้วยตัวเอง ภายหลังการเกิดโพลิเมอร์ไรเซชั่นวัสดุจะมีลักษณะคล้ายยาง มีความเหนียวมีสีใสปนฟ้า สามารถนำมาใช้บันทึกรอยกัด ใช้เป็นโครงแบบเพื่อช่วยในการยึดแบร็กเกตในงานทันตกรรมจัดฟัน และเป็นอุปกรณ์ช่วยในการยึดลูกโลหะเพื่อใช้ในการถ่ายภาพรังสีในผู้ป่วยที่ต้องวางแผนการรักษาเพื่อทำรากฟันเทียม ส่วนประกอบของมีโมซิลทู ได้แก่ Polydimethylsiloxane, vinyl terminated, Cross-linking agent, Dye, vinyl terminated Silicon resins, Auxiliary materials[22]

มีรายงานของการใช้ซิลิโคนชนิดใสชนิดนี้สำหรับเป็นโครงแบบในการยึดลวดโลหะร่วมกับคอมโพสิตชนิดไหลแผ่[9] และมีการนำเสนอวิธีการผลิตครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวประเภทคอมโพสิตเรซินชนิดบ่มตัวด้วยการฉายแสงร่วมกับการบ่มตัวด้วยตนเองร่วมกับการใช้ซิลิโคนชนิดใส[23] แต่ยังไม่มีรายงานใดวิจัยถึงความหนาที่เหมาะสมของซิลิโคนชนิดใส

การวัดร้อยละของการเปลี่ยนแปลงพันธะคู่ของวัสดุครอบฟันชั่วคราวชนิดบ่มตัวด้วยตนเองร่วมกับการฉายแสง

ในการเลือกใช้วัสดุครอบฟันสะพานฟันชั่วคราวของทันตแพทย์ ความแข็งแรงของวัสดุเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่มีความสำคัญในการเลือกใช้ โดยเฉพาะการรักษาทันตกรรมที่ใช้เวลายาวนานและมีความซับซ้อนของการรักษา วัสดุจึงจำเป็นจะต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทนต่อแรงบดเคี้ยวตลอดช่วงตลอดระยะเวลาการรักษาทางทันตกรรม[24] และมีแรงดัดโค้งกับความแข็งผิวที่เหมาะสม[3, 11, 15, 25]

การแข็งตัวของครอบฟันชั่วคราวเกิดจากการบ่มตัวของวัสดุโดยการกระตุ้นสารตั้งต้นปฏิกิริยาและเร่งปฏิกิริยา ในกรณีของวัสดุครอบฟันชั่วคราวซึ่งบ่มตัวด้วยการแสง กระบวนการบ่มตัวจะเริ่มขึ้นเมื่อวัสดุ

ครอบฟันชั่วคราวได้รับแสงจากเครื่องฉายแสงในช่วงความยาวคลื่น 400- 500 นาโนเมตร ซึ่งกระตุ้นให้สารตั้งต้นปฏิกิริยาชนิดแคมฟอร์ควิโนนและสารเอมีนไดเมทาคริเลทแตกตัวเป็นอนุภาคอิสระ ทำให้คาร์บอนพันธะคู่ที่ปลายทั้งสองของไดเมทาคริเลทแตกตัวต่อกันเป็นสายโมเลกุลยาวของพอลิเมอร์ในลักษณะเครือข่ายสามมิติ และเกิดการเชื่อมไขว้ระหว่างสายโมเลกุลทำให้วัสดุเกิดการบ่มตัว[8, 26] ในกรณีของปฏิกิริยาบ่มตัวด้วยตัวเองอนุภาคอิสระเกิดจากสารประเภทเพอร์ออกไซด์ที่แตกตัวเมื่อถูกกระตุ้นด้วยสารกระตุ้นปฏิกิริยา ซึ่งมีสารประกอบประเภทเทอเชียรีเอมีน[8] ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงพันธะคู่ของวัสดุครอบฟันชั่วคราวเรียกว่า(Degree of conversion) โดยร้อยละของการเปลี่ยนแปลงจากพันธะคู่เป็นค่าที่มีความสำคัญที่จะบ่งบอกถึงคุณสมบัติทางกล เช่น ความแข็งผิว ความทนแรงอัด และความทนแรงดัด[6, 10, 27]

การวัดร้อยละของการเปลี่ยนแปลงจากพันธะคู่เป็นพันธะเดี่ยวของวัสดุเรซินคอมโพสิตและครอบฟันชั่วคราวสามารถวัดได้ทางตรงและทางอ้อม[28] การวัดทางตรงที่ได้รับความนิยมและมีความแม่นยำสูงคือเทคนิคสเปกโตรสโคปีเป็นการวัดชนิดของสารจากการดูดกลืนและการคายรังสีของสารที่ทดสอบ

Raman spectroscopy เป็นเทคนิคที่อาศัยหลักการชนแบบไม่ยืดหยุ่นระหว่างโฟตอนกับโมเลกุลของสาร จากนั้นพลังงานบางส่วนจะถูกถ่ายเทไปยังโมเลกุลทำให้เกิดการสั่นของโมเลกุลแล้วเกิดการกระเจิงออกไป เทคนิคนี้อาจจะพบปัญหาในการทดสอบกับเรซินคอมโพสิตที่มีสารประเภทฟลูออเรสเซนซ์เป็นส่วนประกอบ[27]

อีกเทคนิคที่นิยมใช้ในการตรวจวัดคือ Infrared spectroscopy อาศัยหลักการดูดกลืนคลื่นแสงในช่วงอินฟราเรดที่ทำให้เกิดการสั่นของพันธะเคมีภายในโมเลกุล ซึ่งค่าความถี่ต่างของการสั่นในสเปกตรัมนั้นสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับโมเลกุลของสารที่แน่นอนได้ วิธีการนี้จะสามารถวัดหาพันธะเดี่ยวของเมทิลได้โดยตรงและมีความแม่นยำส่วน Near infrared spectroscopy ใช้หลักการเหมือนกับ Infrared spectroscopy แต่อาศัยหลักการดูดกลืนคลื่นแสงในช่วง 12,500-4000 cm^{-1} [29] ปัจจุบัน Infrared spectroscopy ได้พัฒนามากขึ้นสามารถตรวจวัดได้เร็วแม่นยำและตรวจวิเคราะห์ได้ในช่วงที่กว้างกว่าเรียกเทคนิคนี้ว่าเอฟทีไออาร์ (FTIR, Fourier Transform Infrared spectroscopy)[30, 31] ทุกเทคนิคที่กล่าวมาในข้างต้นต่างมีข้อเสียที่คล้ายคลึงกันคือใช้เวลาในการทดสอบนานและต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาสูง

การวัดร้อยละของการเปลี่ยนแปลงจากพันธะคู่เป็นพันธะเดี่ยวของวัสดุ เรซินคอมโพสิตและวัสดุครอบฟันชั่วคราวสามารถวัดได้ทางอ้อมโดยประเมินจากความแข็งผิวของวัสดุ[4-6, 10, 11, 28, 32-36] ซึ่งวิธีดังกล่าวสามารถทำได้ง่าย รวดเร็วและค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการวัดโดยตรงด้วยเทคนิคเอฟทีไออาร์ จึงเป็นที่นิยมในการใช้ทดสอบวัสดุ

Ferracane JL ปี 1985 รายงานผลการวิจัยของความสัมพันธ์ความแข็งผิวแบบนูปกับร้อยละของการเปลี่ยนแปลงเป็นคาร์บอนพันธะเดี่ยวของวัสดุประเภท เรซินคอมโพสิตโดยเมื่อทดสอบวัสดุ เรซินคอมโพสิต ระหว่างปฏิกิริยาแข็งตัวนั้นพบว่าค่าความแข็งผิวที่สูงขึ้นสัมพันธ์กับร้อยละของการเปลี่ยนแปลงเป็น

คาร์บอนพันธะเดี่ยวที่สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของการเปลี่ยนแปลงเป็นคาร์บอนพันธะเดี่ยวจาก FTIR analysis แต่ทั้งนี้ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบระหว่างวัสดุ เรซินคอมโพสิตที่ต่างชนิดกัน[10]

Diaz-Arnold และคณะ ปี 1999 รายงานผลการทดสอบความแข็งผิวแบบนูปของวัสดุทำครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราวประเภทคอมโพสิตชนิดบิสเอคริลเปรียบเทียบกับวัสดุกลุ่มพีเอมเอมเอโดยเก็บในน้ำลายเทียมที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน พบว่าค่าความแข็งผิวของวัสดุที่ทดสอบทุกชนิดมีค่าลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นและพบว่าความแข็งผิวของวัสดุคอมโพสิตชนิดบิส เอคริล สูงกว่าพีเอ็มเอ็มเอที่ระดับความเชื่อมั่น 0.50 นอกจากนี้การทดสอบความแข็งผิวแบบนูปสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดในการประเมินร้อยละของการเกิดโพลิเมอร์ไรเซชั่น ความหนาแน่น ความคงทนต่อการสึกและความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นผิว[11]

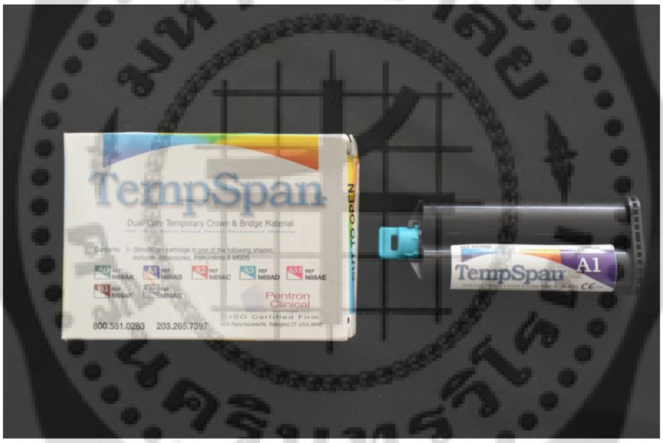
การทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาค

การวัดความแข็งผิวของวัสดุในงานทันตกรรมนิยมใช้การทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาคแบบนูป (Knoop microhardness testing) และการทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาคแบบวิกเกอร์ (Vicker microhardness testing) เนื่องจากการทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาคของวิธีทั้งสองนี้เหมาะสำหรับการตรวจวัดกับตัวอย่างที่มีขนาดเล็กและบาง[37] การทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาคแบบนูปมีความเหมาะสมในการวัดความแข็งผิวสำหรับวัสดุประเภทโพลิเมอร์ไรเซชั่นที่มีความยืดหยุ่นเล็กน้อย เนื่องจากรอยกดที่ได้มีรูปร่างเป็นพีระมิดรูปสี่เหลี่ยมรูปเพชรด้านเท่า การคายตัวหลังจากการกดจะมีผลให้รอยกดมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างเพียงเล็กน้อย[37] การทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาคแบบนูปจึงเป็นที่นิยมในการทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาคของวัสดุประเภท เรซิน คอมโพสิต[5, 7, 10-13, 28, 33-36]

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้

1. เทมสแปน (TempSpan®, Pentron, Wallingford,CT,USA) แสดงในภาพที่ 1
2. มีโมซิวทู (Memosil 2®, Heraeus Kulzer, Hanau, Germany) แสดงในภาพที่ 2
3. อุปกรณ์ประกอบวัดความแข็งผิวระดับจุลภาค (สิทธิบัตรเลขที่ขอ 1001000915)
4. เพลตแก้ว
5. เครื่องฉายแสงหลอดฮาโลเจน (PEKALUX®, 3M) แสดงในภาพที่ 3
6. เครื่องทดสอบความแข็งผิว (MHT-10® Microhardness Tester, Anton Paar GMBH, Austria)
7. อุปกรณ์ผสมวัสดุอัตโนมัติ แสดงในภาพที่ 4

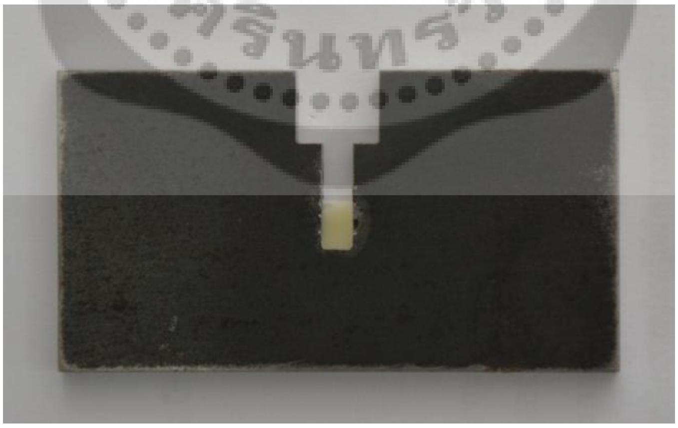


ภาพประกอบ 1 เทมสแปน (TempSpan®, Pentron, Wallingford,CT,USA)

ภาพประกอบ 2 มีโมซิวทู (Memosil 2®, Heraeus Kulzer, Hanau, Germany)

ภาพประกอบ 3 เครื่องฉายแสงหลอดฮาโลเจน (PEKALUX®, 3M)

ภาพประกอบ 4 อุปกรณ์ผสมวัสดุอัตโนมัติ



ภาพประกอบ 5 อุปกรณ์ประกอบวัดความแข็งผิวระดับจุลภาค

อุปกรณ์ประกอบวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคเป็นแท่นโลหะที่ออกแบบมาเพื่อจะสามารถเตรียมวัสดุให้มีขนาดตามมาตรฐาน ISO 4049[38] โดยอุปกรณ์ดังกล่าวมีลักษณะเป็นแท่นโลหะขนาดกว้าง 40.00 มิลลิเมตร ยาว 75.00 มิลลิเมตร หนา 4.00 มิลลิเมตร มีช่องสำหรับวางปลายแท่งใยแก้วนำแสงของ

เครื่องฉายแสงขนาด กว้าง 10.00 มิลลิเมตร ยาว 10.00 มิลลิเมตร และมีช่องสำหรับบรรจุวัสดุที่ต้องการทดสอบ กว้าง 4.00 มิลลิเมตร ยาว 14.00 มิลลิเมตร หนา 4.00 มิลลิเมตร ดังที่แสดงในภาพประกอบ 5

ขนาดและรูปร่างของอุปกรณ์ประกอบวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคสามารถควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการแข็งตัวของวัสดุครอบฟันชั่วคราว เช่น การออกแบบให้มีช่องวางปลายแท่งใยแก้วนำแสงจะช่วยกำหนดระยะห่างระหว่างปลายแท่งใยแก้วนำแสงและพื้นผิวด้านบนสุดของวัสดุ ช่องสำหรับบรรจุวัสดุที่ต้องการทดสอบจะเป็นสิ่งที่ควบคุมขนาดและรูปร่างของวัสดุครอบฟันชั่วคราว

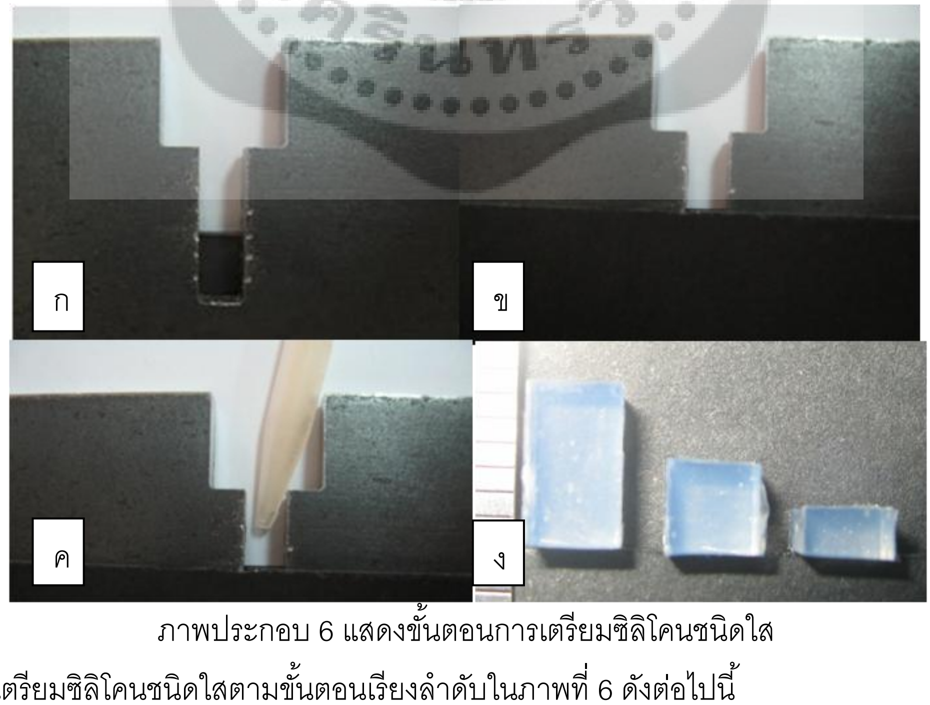
วิธีวิจัย

วิธีวิจัยแบ่งเป็นทั้งหมด 2 ตอน โดยตอนที่ 1 จะเป็นการทดสอบความแข็งผิวโดยควบคุมปัจจัยของระยะห่างระหว่างปลายหลอดใยแก้วนำแสงและวัสดุครอบฟันชั่วคราว ระยะห่างดังกล่าวจะถูกกำหนดไว้ที่ 6.00 มิลลิเมตรตามลักษณะที่ออกแบบไว้ของอุปกรณ์ประกอบวัดความแข็งผิวระดับจุลภาค ตอนที่ 2 เป็นการทดสอบความแข็งผิวโดยไม่มีการควบคุมปัจจัยของระยะห่างระหว่างปลายหลอดใยแก้วนำแสงและวัสดุครอบฟันชั่วคราว ระยะห่างดังกล่าวจะมีระยะเท่ากับความหนาของซิลิโคนชนิดใสที่ทำการทดสอบในกลุ่มนั้นๆ โดยอธิบายในวิธีวิจัยตอนที่ 2

วิธีวิจัย ตอนที่ 1

การเตรียมซิลิโคนชนิดใส

เตรียมซิลิโคนชนิดใสออกเป็น 3 กลุ่มโดยมีขนาดความหนา 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร ขั้นตอนทั้งหมดแสดงในภาพที่ 6



ภาพประกอบ 6 แสดงขั้นตอนการเตรียมซิลิโคนชนิดใส

อธิบายการเตรียมซิลิโคนชนิดใสตามขั้นตอนเรียงลำดับในภาพที่ 6 ดังต่อไปนี้

ก. นำเพลตแก้วทึบแสงประกบด้านหลังของอุปกรณ์ประกอบวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคในระดับความสูง 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรวัดจากส่วนก้นของอุปกรณ์ประกอบวัดความแข็งผิวระดับจุลภาค

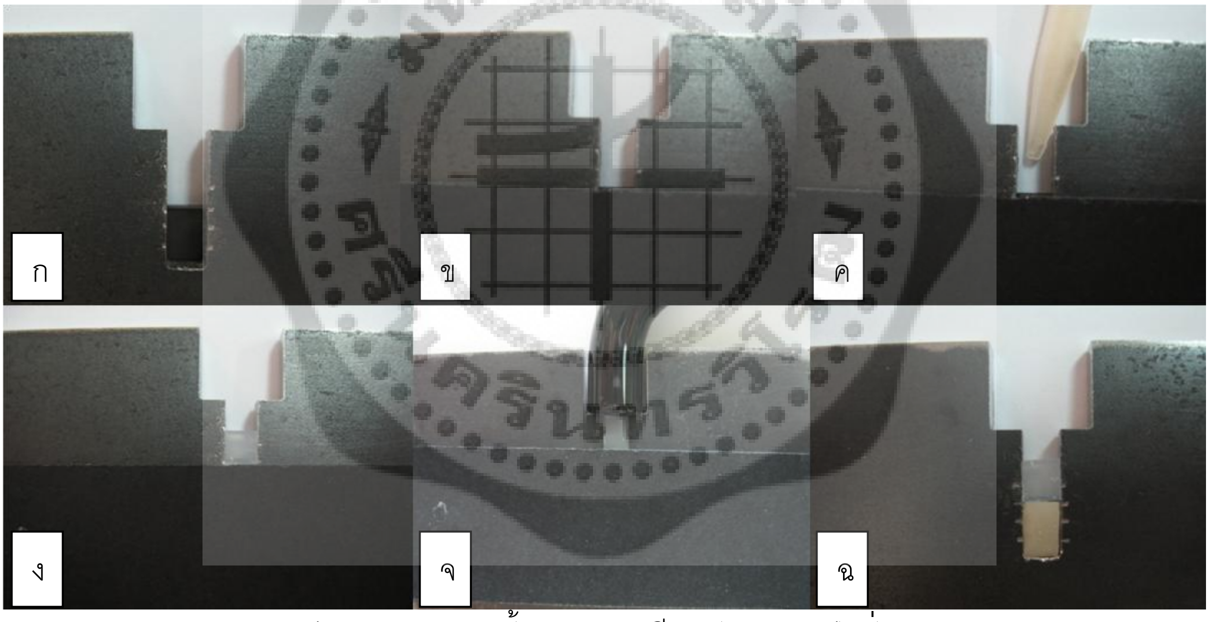
ข. นำเพลตแก้วทึบแสงอีกหนึ่งแผ่นประกบด้านตรงข้ามในระดับความสูงเดียวกันกับแผ่นแรกที่ได้ประกบไป

ค. ฉีดซิลิโคนชนิดใสผ่านอุปกรณ์ผสมอัตโนมัติลงในช่องที่เกิดจากการประกบเพลตแก้วทึบแสง กำจัดวัสดุส่วนเกินที่ล้นออกมาและรอจนวัสดุเกิดการโพลิเมอไรเซชั่นโดยสมบูรณ์

ง. นำแท่งซิลิโคนชนิดใสออกมาจากอุปกรณ์ประกอบวัด ความแข็งผิวระดับจุลภาคเพื่อนำมาใช้เตรียมวัสดุครอบฟันชั่วคราวในขั้นตอนต่อไป

การเตรียมวัสดุครอบฟันชั่วคราว

เมื่อได้ซิลิโคนชนิดใสซึ่งเป็นตัวแทนของโครงแบบที่ความหนาทั้ง 3 ระดับจึงทำการเตรียมวัสดุครอบฟันชั่วคราวตามขั้นตอนที่แสดงในภาพที่ 7



ภาพประกอบ 7 แสดงขั้นตอนการเตรียมวัสดุครอบฟันชั่วคราว

อธิบายการเตรียมวัสดุครอบฟันชั่วคราวตามขั้นตอนเรียงลำดับในภาพที่ 7 ดังต่อไปนี้

ก. นำเพลตแก้วทึบแสงประกบด้านหลังของอุปกรณ์ประกอบวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคในระดับความสูง 8.00 มิลลิเมตรโดยวัดจากส่วนก้นของอุปกรณ์ประกอบวัดความแข็งผิวระดับจุลภาค

ข. นำเพลตแก้วทึบแสงอีกหนึ่งแผ่นประกบด้านตรงข้ามในระดับความสูงเดียวกันกับแผ่นแรกที่ได้ประกบไป

ค. ฉีดวัสดุครอบฟันชั่วคราวผ่านอุปกรณ์ผสมอัตโนมัติกำจัดวัสดุส่วนเกินที่ล้นออกมา

ง. นำมีซิลิโคนชนิดใสมาวางในอุปกรณ์ประกอบวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคให้มีระดับสูงพอดีกับขอบเพลตแก้วทึบแสง

จ.ทำการฉายแสงผ่านเครื่องฉายแสงหลอดฮาโลเจน (PEKALUX® ; 3M) เป็นเวลานาน 40 วินาที

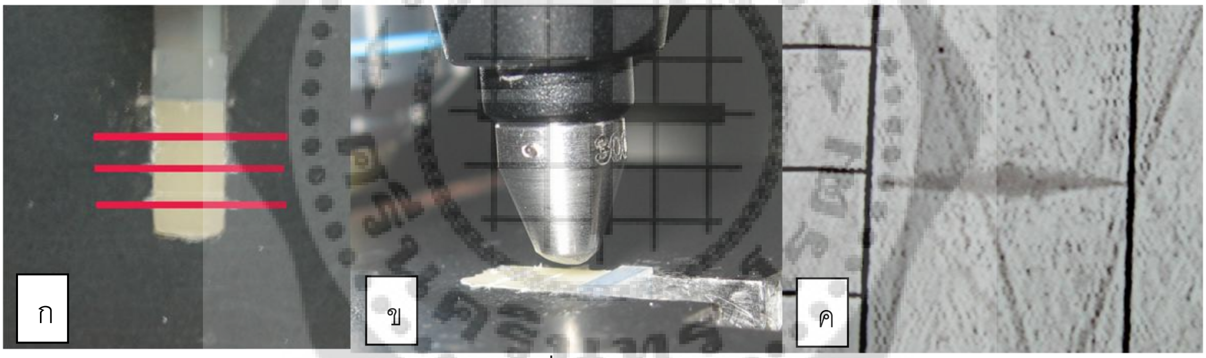
ฉ. เมื่อนำเพลตแก้วทึบแสงที่ประกบไว้ออกจะได้วัสดุที่ต้องการทดสอบที่มีขนาดพอดีกับขนาดของช่องของอุปกรณ์ประกอบวัดความแข็งผิวระดับจุลภาค

การตรวจวัดความแข็งผิวแบบนูปและบันทึกผล

ชิ้นงานจะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มตามความหนาของแท่งซิลิโคนชนิดใสได้แก่

1. กลุ่มที่ไม่มีซิลิโคนชนิดใส
2. กลุ่มที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสความหนา 2.00 มิลลิเมตร
3. กลุ่มที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสความหนา 4.00 มิลลิเมตร
4. กลุ่มที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสความหนา 6.00 มิลลิเมตร

โดยแต่ละกลุ่มจะใช้จำนวนตัวอย่าง 12 ชิ้นรวมทั้งหมดเป็น 48 ชิ้น



ภาพประกอบ 8 การเตรียมวัสดุครอบฟันชั่วคราวหลังการฉายแสงและการวัดค่าความแข็งผิว

ทำการเตรียมวัสดุครอบฟันชั่วคราวหลังการฉายแสงและการวัดค่าความแข็งผิวตามขั้นตอนในภาพที่ 8 อธิบายขั้นตอนดังต่อไปนี้

ก. ทำการขีดเส้นด้วยปากกาสีลงบนวัสดุครอบฟันชั่วคราวเป็น 3ช่อง ช่องละ 2.00 มิลลิเมตร ตามที่ได้ขีดเส้นสีแดงเพื่อทำการวัดค่าในแต่ละช่องที่ระดับ 0.25, 2.00, 4.00, 6.00 มิลลิเมตร

ข. นำตัวอย่างมาวัดความแข็งผิวระดับแบบนูป ด้วยเครื่องทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาค (MHT-10® Microhardness Tester, Anton Paar GMBH, Austria)โดยใช้แรงขนาด 25 กรัม นาน 10 วินาที โดยในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างจนถึงการทดสอบความแข็งผิวแบบนูปของแต่ละกลุ่มนั้นจะต้องใช้เวลาไม่เกิน 180 วินาทีเพื่อควบคุมปัจจัยจากการบ่มตัวด้วยตนเองของวัสดุ

ค. รอยกดที่ปรากฏจะทำการสังเกตและวัดผ่านกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอของเครื่องทดสอบความแข็งผิวแบบนูป

จากนั้นนำมาคำนวณค่าของนูป (Knoop hardness number, KHN) ซึ่งเป็นสัดส่วนของแรงกดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ตามสูตรคำนวณดังนี้

$$KHN = F/A = P/CL^2$$

F = แรงที่โหลด หน่วยเป็นกิโลกรัม

A = พื้นที่ผิว หน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร

P = แรง หน่วยเป็นกิโลกรัม

L = ความลึกที่วัดได้ของรอยกด หน่วยเป็นมิลลิเมตร

C = 0.07028 = ค่าคงที่ซึ่งสัมพันธ์กันกับพื้นที่ผิวของรอยกดกับความยาวและความลึกของรอยกด

บันทึกข้อมูลลงในตารางบันทึกผลการทดลองตามตัวอย่างในตารางที่ 2 ที่แสดงในภาคผนวก

การประมวลผลทางสถิติ

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-Way ANOVA) และเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Tukey HSD ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ด้วยโปรแกรม SPSS รุ่นที่15 จากนั้นจึงเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลวิธีวิจัยตอนที่ 1 และตอนที่ 2 ในกลุ่มที่มีความแตกต่างกันของระยะห่างของปลายหลอดใยแก้วนำแสงและผิววัสดุ ด้วยสถิติ Mann Whitney U test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

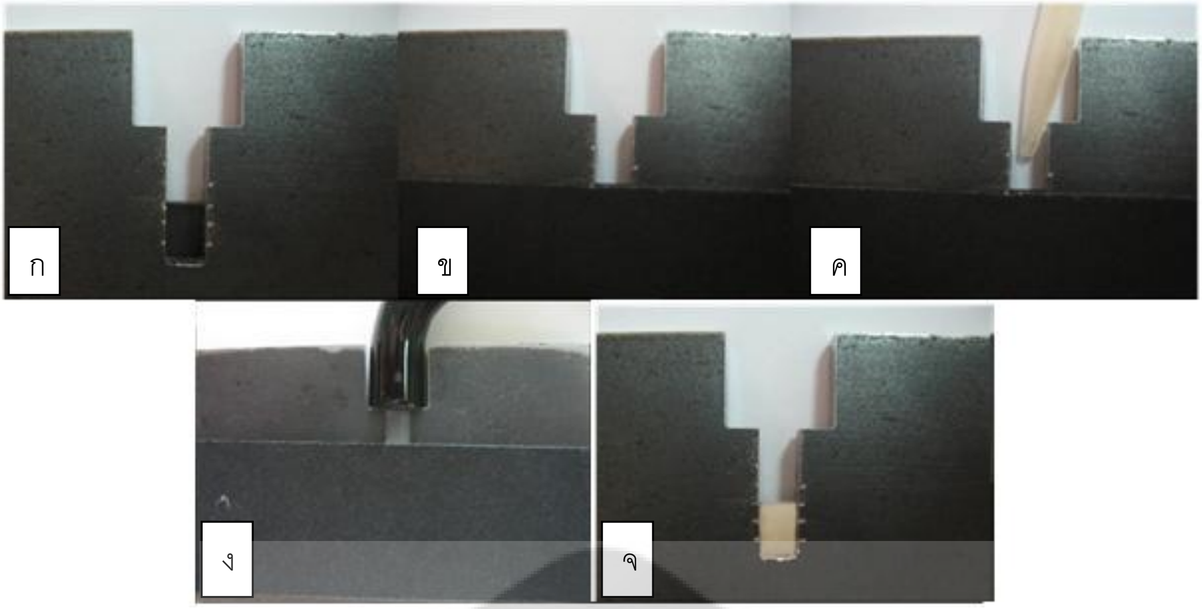
วิธีวิจัย ตอนที่ 2

การเตรียมซิลิโคนชนิดใส

เตรียมซิลิโคนชนิดใสออกเป็น 3 กลุ่มโดยมีขนาดความหนา 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร โดยมีขั้นตอนการเตรียมเหมือนกับ วิธีวิจัยตอนที่ 1

การเตรียมฐานเพื่อรองรับวัสดุครอบฟันชั่วคราว

เมื่อได้ซิลิโคนชนิดใสซึ่งเป็นตัวแทนของโครงแบบที่ความหนาทั้ง 3 ระดับจึงทำการเตรียมฐานเพื่อรองรับวัสดุครอบฟันชั่วคราวตามขั้นตอนที่แสดงในภาพที่ 9



ภาพประกอบ 9 แสดงขั้นตอนการเตรียมฐานเพื่อรองรับวัสดุครอบฟันชั่วคราว

อธิบายการเตรียมฐานเพื่อรองรับวัสดุครอบฟันชั่วคราวตามขั้นตอนเรียงลำดับในภาพที่ 9 ดังต่อไปนี้

ก. นำเพลตแก้วทึบแสงประกบด้านหลังของอุปกรณ์ประกอบวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคในระดับความสูง 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรโดยวัดจากส่วนก้นของอุปกรณ์ประกอบวัดความแข็งผิวระดับจุลภาค

ข. นำเพลตแก้วทึบแสงอีกหนึ่งแผ่นประกบด้านตรงข้ามในระดับความสูงเดียวกันกับแผ่นแรกที่ได้ประกบไป

ค. ฉีดวัสดุครอบฟันชั่วคราวผ่านอุปกรณ์ผสมอัตโนมัติกำจัดวัสดุส่วนเกินที่ล้นออกมา

ง.ทำการฉายแสงผ่านเครื่องฉายแสงหลอดฮาโลเจน (PEKALUX® ; 3M) เป็นเวลานาน 40 วินาที

จ. เมื่อนำเพลตแก้วทึบแสงที่ประกบไว้ออกจะได้ฐานเพื่อรองรับวัสดุที่ต้องการทดสอบที่มีและความสูง 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร แล้วจึงฉายแสงเพิ่ม 40 วินาทีทั้งด้านหน้าและด้านหลังต่อวัสดุชั่วคราว

การเตรียมวัสดุครอบฟันชั่วคราว

การเตรียมวัสดุครอบฟันชั่วคราวจะมีขั้นตอนเหมือนกับวิธีวิจัยตอนที่ 1 แต่มีการเตรียมการที่ต่างกันโดยกำหนดให้ด้านผิวบนสุดของฐานรองรับวัสดุครอบฟันชั่วคราวเป็นส่วนก้นสุด โดยในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีซิลิโคนชนิดใสจะใช้คู่กับอุปกรณ์ประกอบวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคที่มีฐานรองรับหนา 6.00 มิลลิเมตร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสหนา 2.00 มิลลิเมตรจะใช้คู่กับอุปกรณ์ประกอบวัดความ

แข็งผิวระดับจุลภาคที่มีฐานรองรับหนา 4.00 มิลลิเมตร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสหนา 4.00 มิลลิเมตรจะใช้คู่กับอุปกรณ์ประกอบวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคที่มีฐานรองรับหนา 2.00 มิลลิเมตร

การตรวจวัดความแข็งผิวแบบนูปและบันทึกผล

การตรวจวัดความแข็งผิวแบบนูปและบันทึกผลเหมือนกับวิธีวิจัยตอนที่ 1

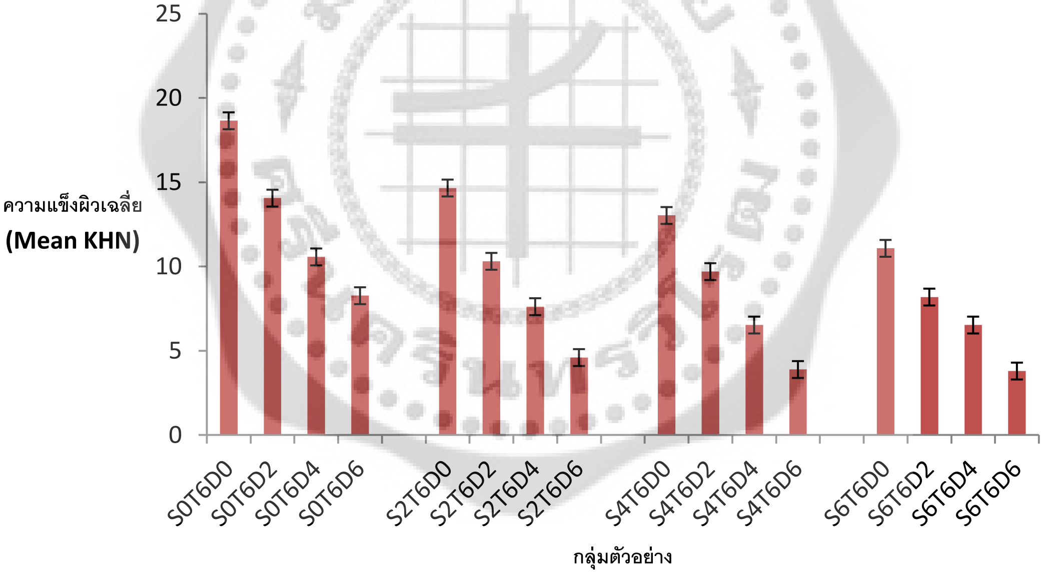
การประมวลผลทางสถิติ

การประมวนผลทางสถิติเหมือนกับวิธีวิจัยในตอนที่ 1

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการวิจัยของวิธีวิจัยตอนที่ 1

หลังจากทำการทดสอบความแข็งผิวแบบนูป ข้อมูลจะถูกบันทึกโดยแบ่งตามความหนาของซิลิโคนชนิดใสได้แก่ กลุ่มที่ไม่ใช้ซิลิโคนชนิดใส และกลุ่มที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสความหนา 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร รวมทั้งหมด 4 กลุ่มทั้ง 4 กลุ่มทำการควบคุมปัจจัยจากระยะห่างของปลายหลอดใยแก้วนำแสงและผิววัสดุเป็นระยะ 6.00 มิลลิเมตร แต่ละกลุ่มมีจำนวนตัวอย่างทั้งหมดกลุ่มละ 12 ตัวอย่าง และในแต่ละตัวอย่างมีข้อมูลเป็นรอยกดจำนวน 4 รอยกดตามระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวโดยแบ่งเป็นความลึกที่ 0.25, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร เมื่อแยกเป็นกลุ่มตามความหนาของซิลิโคนชนิดใสและความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวโดยรวมแล้วจะมีทั้งสิ้น 16 กลุ่ม โดยค่าความแข็งผิวแบบนูปและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยแสดงไว้ดังตาราง 4 ในภาคผนวกและแสดงเป็นกราฟในภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 แสดงค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูป (Mean KHN)และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 16 กลุ่ม

หมายเหตุ ชื่อตัวอย่างทั้ง 16 กลุ่มตามภาพประกอบ 9 ในแกนนอนอธิบายได้ดังนี้

1. S0 แทนสภาวะที่ไม่ได้ใช้ซิลิโคนชนิดใส
2. S2, S4 และ S6 แทนสภาวะที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสที่ความหนา 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร
3. T6 บ่งบอกถึงระยะห่างของปลายหลอดใยแก้วนำแสงและผิววัสดุกำหนดไว้ที่ระยะ 6.00

มิลลิเมตร

4. D0, D2, D4 และ D6 แทนระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ทำการวัดความแข็งผิวแบบนูปที่ระดับความลึก 0.25, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรตามลำดับ

จากภาพปรกอบ 10 จะพบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูปที่สูงที่สุดคือกลุ่ม S0T6D0 มีค่าเท่ากับ 18.65 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.86 ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูปที่ต่ำที่สุดคือกลุ่ม S6T6D6 มีค่าเท่ากับ 3.80 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูปในทุกกลุ่มตัวอย่างเป็นร้อยละโดยเปรียบเทียบกับค่าความแข็งผิวแบบนูปที่ S0T6D0 พบว่าไม่มีกลุ่มตัวอย่างใดที่มีร้อยละของค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูปเกินร้อยละ 80 โดยแสดงค่าร้อยละดังกล่าวไว้ในตาราง 5 ในภาคผนวก

ผลการเปรียบเทียบด้วยการวิเคราะห์ปัจจัยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-Way ANOVA)

ทำการตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลทั้ง 16 กลุ่มด้วยสถิติโคโมโกลอฟ สไมนอป (Kolmogorov-Smirnov) พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังแสดงในหน้าที่ 41 ในภาคผนวก

เมื่อตรวจสอบความเหมือนของความแปรปรวนของข้อมูลด้วยสถิติเลวีน (Levene’s Test) พบว่าข้อมูลมีความแปรปรวนเท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังแสดงในหน้าที่ 41 ในภาคผนวก

วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-Way ANOVA) เพื่อทดสอบอิทธิพลของปัจจัยจากความหนาของวัสดุครอบฟันชั่วคราวและความหนาของซิลิโคนชนิดใส พบว่าอิทธิพลของความหนาซิลิโคนชนิดใส อิทธิพลของความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวและอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยล้วนมีอิทธิพลต่อความแข็งผิวแบบนูป ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังที่แสดงในหน้าที่ 42 ในภาคผนวก

ทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparison) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างแต่ละกลุ่มด้วยสถิติ Tukey HSD มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ความลึก 0.25, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร เมื่อใช้โครงแบบซิลิโคนชนิดใสที่ความหนาเท่ากันดังนี้

1.1 การเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 4 ระดับกับการไม่ใช้โครงแบบซิลิโคนชนิดใส พบว่าความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 4 ระดับแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยความลึกที่ 0.25 มิลลิเมตรมีความแข็งผิวแบบนูปสูงที่สุด รองลงมาเป็นที่ระดับความลึก 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรตามลำดับ ตามหน้าที่ 43 ในภาคผนวก

1.2 การเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 4 ระดับกับโครงแบบซิลิโคนชนิดใสหนา 2.00 มิลลิเมตร พบว่าความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 4 ระดับแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยความลึกที่ 0.25 มิลลิเมตรมีความแข็งผิวแบบนูปสูงที่สุด รองลงมาเป็นที่ระดับความลึก 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรตามลำดับ ตามหน้าที่ 45 ในภาคผนวก

1.3 การเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 4 ระดับกับโครงแบบซิลิโคนชนิดใสหนา 4.00 มิลลิเมตร พบว่าความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 4 ระดับแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยความลึกที่ 0.25 มิลลิเมตรมีความแข็งผิวแบบนูปสูงที่สุด รองลงมาเป็นที่ระดับความลึก 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรตามลำดับ ตามหน้าที่ 47 ในภาคผนวก

1.4 การเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 4 ระดับกับโครงแบบซิลิโคนชนิดใสหนา 6.00 มิลลิเมตร พบว่าความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 4 ระดับแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยความลึกที่ 0.25 มิลลิเมตรมีความแข็งผิวแบบนูปสูงที่สุด รองลงมาเป็นที่ระดับความลึก 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรตามลำดับ ตามหน้าที่ 49 ในภาคผนวก

2. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูประหว่างการไม่ใช้โครงแบบซิลิโคนชนิดใสและโครงแบบซิลิโคนชนิดใสความหนา 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่เท่ากันดังนี้

2.1 การเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูประหว่างสภาพของโครงแบบซิลิโคนชนิดใสทั้ง 4 แบบกับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ 0.25 มิลลิเมตร พบว่าความแข็งผิวแบบนูประหว่างสภาพของโครงแบบซิลิโคนชนิดใส 4 ระดับแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กลุ่มที่ไม่ใช้ซิลิโคนชนิดใสมีความแข็งผิวแบบนูปสูงที่สุด รองลงมาเป็นที่ระดับความหนาของซิลิโคนชนิดใส 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร ตามลำดับตามหน้าที่ 51 ในภาคผนวก

2.2 การเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูประหว่างสภาพของโครงแบบซิลิโคนชนิดใสทั้ง 4 แบบกับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ 2.00 มิลลิเมตร พบว่าความแข็งผิวแบบนูประหว่างกลุ่มที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสหนา 2.00 มิลลิเมตรและ 4.00 มิลลิเมตรไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กลุ่มที่ไม่ใช้ซิลิโคนชนิดใสพบว่ามีค่าความแข็งผิวแบบนูปสูงสุดและกลุ่มโครงแบบซิลิโคนชนิดใสหนา 6.00 มิลลิเมตรพบว่ามีค่าความแข็งผิวแบบนูปต่ำสุดตามหน้าที่ 53 ในภาคผนวก

2.3 การเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูประหว่างสภาพของโครงแบบซิลิโคนชนิดใสทั้ง 4 แบบกับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ 4.00 มิลลิเมตร พบว่าความแข็งผิวแบบนูประหว่างกลุ่มใช้ซิลิโคนชนิดใสหนา 4.00 มิลลิเมตรและ 6.00 มิลลิเมตรไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กลุ่มที่ไม่ใช้ซิลิโคนชนิดใสพบว่ามีค่าความแข็งผิวแบบนูปสูงสุดรองลงมาเป็นกลุ่มโครงแบบซิลิโคนชนิดใสหนา 2.00 มิลลิเมตร ตามหน้าที่ 55 ในภาคผนวก

2.4 การเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูประหว่างสภาพของโครงแบบซิลิโคนชนิดใสทั้ง 4 แบบกับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ 6.00 มิลลิเมตร พบว่าความแข็งผิวแบบนูประหว่างกลุ่มใช้ซิลิโคนชนิดใสหนา 4.00 มิลลิเมตรและ 6.00 มิลลิเมตรไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กลุ่มที่ไม่ใช้ซิลิโคนชนิดใสพบว่ามีค่าความแข็งผิวแบบนูปสูงสุดรองลงมาเป็นกลุ่มโครงแบบซิลิโคนชนิดใสหนา 2.00 มิลลิเมตร ตามหน้าที่ 57 ในภาคผนวก

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้แสดงรวมไว้ในตารางที่ 4

ตาราง 2 แสดงค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูปและผลการเปรียบเทียบทางสถิติ

ความหนาของซิลิโคนชนิดใส	ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว			
	D0	D2	D4	D6
S0T6	18.65(0.86) [a]	14.06(0.93) [b]	10.57(0.84) [c]	8.27(0.86) [d]
S2T6	14.66(0.88) [e]	10.31(0.85) [f]	7.62(0.82) [g]	4.60(0.71) [h]
S4T6	13.03(0.92) [i]	9.70(0.89) [f]	6.53(0.47) [j]	3.89(0.47) [k]
S6T6	11.08(1.09) [l]	8.16(0.82) [m]	6.53(0.81) [j]	3.80(0.50) [k]

หมายเหตุ ชื่อของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 16 กลุ่มและการเปรียบเทียบทางสถิติอธิบายไว้ดังนี้

1. การเปรียบเทียบข้อมูลจะพิจารณาข้อมูลที่ละคู่ตามแถวในแนวนอนและแนวตั้ง โดยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันหลังค่าเฉลี่ยแสดงความไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. ตัวเลขในวงเล็บแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. S0 แทนสภาวะที่ไม่ได้ใช้ซิลิโคนชนิดใส

4. S2, S4 และ S6 แทนสภาวะที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสที่ความหนา 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร

5.T6 บ่งบอกถึงระยะห่างของปลายหลอดใยแก้วนำแสงและผิววัสดุกำหนดไว้ที่ระยะ 6.00 มิลลิเมตร

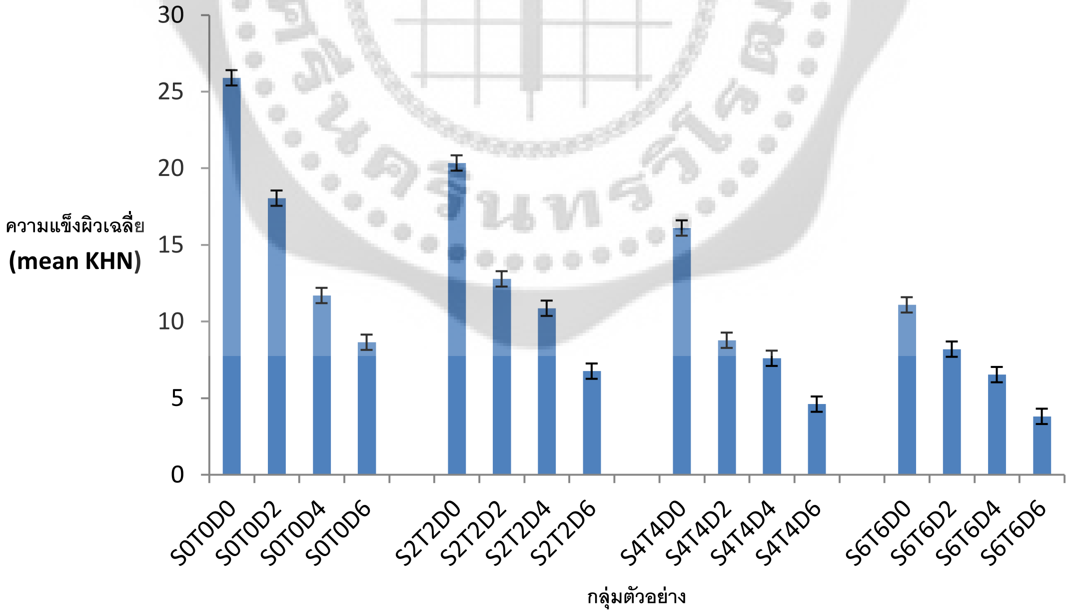
6. D0, D2, D4 และ D6 แทนระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ทำการวัดความแข็งผิวแบบนูป 0.25, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร

ผลการวิจัยของวิธีวิจัยตอนที่ 2

หลังจากทำการทดสอบความแข็งผิวแบบนูป ข้อมูลจะถูกบันทึกโดยแบ่งตามความหนาของซิลิโคนชนิดใสและระยะห่างจากปลายหลอดใยแก้วนำแสง ได้แก่

1. กลุ่มที่ไม่ใช้ซิลิโคนชนิดใสร่วมกับระยะห่างปลายหลอดใยแก้วนำแสง 0 มิลลิเมตร
2. กลุ่มซิลิโคนชนิดใสความหนา 2.00 มิลลิเมตรร่วมกับระยะห่างปลายหลอดใยแก้วนำแสง 2.00 มิลลิเมตร
3. กลุ่มซิลิโคนชนิดใสความหนา 4.00 มิลลิเมตรร่วมกับระยะห่างปลายหลอดใยแก้วนำแสง 4.00 มิลลิเมตร
4. กลุ่มซิลิโคนชนิดใสความหนา 6.00 มิลลิเมตรร่วมกับระยะห่างปลายหลอดใยแก้วนำแสง 6.00 มิลลิเมตร

แต่ละกลุ่มมีจำนวนตัวอย่างทั้งหมดกลุ่มละ 12 ตัวอย่าง และในแต่ละตัวอย่างมีข้อมูลเป็นรอยกดจำนวน 4 รอยกดตามระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวโดยแบ่งเป็นความลึกที่ 0.25, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร เมื่อแยกเป็นกลุ่มตามความหนาของซิลิโคนชนิดใสและความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวโดยรวมแล้วจะมีทั้งสิ้น 16 กลุ่ม โดยค่าความแข็งผิวแบบนูปและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยแสดงไว้ดังตาราง 6 ในภาคผนวกและแสดงเป็นกราฟในภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 แสดงค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูป (Mean KHN)และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 16 กลุ่ม

หมายเหตุ ชื่อตัวอย่างทั้ง 16 กลุ่มตามภาพประกอบ 11 ในแกนนอนอธิบายได้ดังนี้

1. S0 แทนสภาวะที่ไม่ได้ใช้ซิลิโคนชนิดใส
2. S2, S4 และ S6 แทนสภาวะที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสที่ความหนา 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร
3. T0, T2, T4 และ T6 บ่งบอกถึงระยะห่างของปลายหลอดใยแก้วนำแสงและผิววัสดุกำหนดไว้ที่ระยะ 0, 2.00 ,4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร
4. D0, D2, D4 และ D6 แทนระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ทำการวัดความแข็งผิวแบบนูปที่ระดับความลึก 0.25, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรตามลำดับ

จากภาพประกอบ 11 จะพบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูปที่สูงที่สุดคือกลุ่ม S0T0D0 มีค่าเท่ากับ 25.90 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.8 ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูปที่ต่ำที่สุดคือกลุ่ม S6T6D6 มีค่าเท่ากับ 3.80 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูปในทุกกลุ่มตัวอย่างเป็นร้อยละโดยเปรียบเทียบกับค่าความแข็งผิวแบบนูปที่ S0T0D0 พบว่าไม่มีกลุ่มตัวอย่างใดที่มีร้อยละของค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูปเกินร้อยละ 80 โดยแสดงค่าร้อยละดังกล่าวไว้ในตาราง 7 ในภาคผนวก

ผลการเปรียบเทียบด้วยการวิเคราะห์ปัจจัยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-Way ANOVA)

ทำการตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลทั้ง 16 กลุ่มด้วยสถิติโคโมโกลอฟ สไมนอป (Kolmogorov-Smirnov) พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังแสดงในหน้าที่ 61 ในภาคผนวก

เมื่อตรวจสอบความเหมือนของความแปรปรวนของข้อมูลด้วยสถิติเลวีน (Levene’s Test) พบว่าข้อมูลมีความแปรปรวนเท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังแสดงในหน้าที่ 61 ในภาคผนวก

วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-Way ANOVA) เพื่อทดสอบอิทธิพลของปัจจัยจากความหนาของวัสดุครอบฟันชั่วคราวและความหนาของซิลิโคนชนิดใส พบว่าอิทธิพลของความหนาซิลิโคนชนิดใส อิทธิพลของความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวและอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยล้วนมีอิทธิพลต่อความแข็งผิวแบบนูป ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังที่แสดงในหน้าที่ 62 ในภาคผนวก

ทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparison) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างแต่ละกลุ่มด้วยสถิติ Tukey HSD มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ความลึก 0.25, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร เมื่อใช้โครงแบบซิลิโคนชนิดใสที่ความหนาเท่ากันดังนี้

1.1 การเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 4 ระดับกับการไม่ใช้โครงแบบซิลิโคนชนิดใส พบว่าความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 4 ระดับแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยความลึกที่ 0.25 มิลลิเมตรมีความแข็งผิวแบบนูปสูง

ที่สุด รองลงมาเป็นที่ระดับความลึก 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรตามลำดับ ตามหน้าที่ 63 ในภาคผนวก

1.2 การเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 4 ระดับกับโครงแบบซิลิโคนชนิดใสหนา 2.00 มิลลิเมตร พบว่าความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 4 ระดับแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยความลึกที่ 0.25 มิลลิเมตรมีความแข็งผิวแบบนูปสูงที่สุด รองลงมาเป็นที่ระดับความลึก 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรตามลำดับ ตามหน้าที่ 65 ในภาคผนวก

1.3 การเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 4 ระดับกับโครงแบบซิลิโคนชนิดใสหนา 4.00 มิลลิเมตร พบว่าความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 4 ระดับแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยความลึกที่ 0.25 มิลลิเมตรมีความแข็งผิวแบบนูปสูงที่สุด รองลงมาเป็นที่ระดับความลึก 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรตามลำดับ ตามหน้าที่ 67 ในภาคผนวก

1.4 การเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 4 ระดับกับโครงแบบซิลิโคนชนิดใสหนา 6.00 มิลลิเมตร พบว่าความแข็งผิวแบบนูประหว่างความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวทั้ง 4 ระดับแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยความลึกที่ 0.25 มิลลิเมตรมีความแข็งผิวแบบนูปสูงที่สุด รองลงมาเป็นที่ระดับความลึก 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรตามลำดับ ตามหน้าที่ 69 ในภาคผนวก

2. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูประหว่างการไม่ใช้โครงแบบซิลิโคนชนิดใสและโครงแบบซิลิโคนชนิดใสความหนา 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่เท่ากันดังนี้

2.1 การเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูประหว่างสภาพของโครงแบบซิลิโคนชนิดใสทั้ง 4 แบบกับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ 0.25 มิลลิเมตร พบว่าความแข็งผิวแบบนูประหว่างสภาพของโครงแบบซิลิโคนชนิดใส 4 ระดับแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กลุ่มที่ไม่ใช้ซิลิโคนชนิดใสมีความแข็งผิวแบบนูปสูงที่สุด รองลงมาเป็นที่ระดับความหนาของซิลิโคนชนิดใส 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร ตามลำดับตามหน้าที่ 71 ในภาคผนวก

2.2 การเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูประหว่างสภาพของโครงแบบซิลิโคนชนิดใสทั้ง 4 แบบกับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ 2.00 มิลลิเมตร พบว่าความแข็งผิวแบบนูประหว่างกลุ่มที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสหนา 4.00 มิลลิเมตรและ 6.00 มิลลิเมตรไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กลุ่มที่ไม่ใช้ซิลิโคนชนิดใสพบว่ามีค่าความแข็งผิวแบบนูปสูงสุดและกลุ่มโครงแบบซิลิโคนชนิดใสหนา 6.00 มิลลิเมตรพบว่ามีค่าความแข็งผิวแบบนูปต่ำสุดตามตหน้าที่ 73 ในภาคผนวก

2.3 การเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูประหว่างสภาพของโครงแบบซิลิโคนชนิดใสทั้ง 4 แบบกับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ 4.00 มิลลิเมตร พบว่าความแข็งผิวแบบนูประหว่างสภาพของโครงแบบซิลิโคนชนิดใส 4 ระดับแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กลุ่มที่ไม่ใช้ซิลิโคนชนิดใสมีความแข็งผิวแบบนูปสูงที่สุด รองลงมาเป็นที่ระดับความหนาของซิลิโคนชนิดใส 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร ตามลำดับตามหน้าที่ 75 ในภาคผนวก

2.4 การเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูประหว่างสภาพของโครงแบบซิลิโคนชนิดใสทั้ง 4 แบบกับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ 6.00 มิลลิเมตร พบว่าความแข็งผิวแบบนูประหว่างสภาพของโครงแบบซิลิโคนชนิดใส 4 ระดับแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กลุ่มที่ไม่ใช้ซิลิโคนชนิดใสมีความแข็งผิวแบบนูปสูงที่สุด รองลงมาเป็นที่ระดับความหนาของซิลิโคนชนิดใส 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร ตามลำดับตามหน้าที่ 77 ในภาคผนวก

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้แสดงรวมไว้ในตารางที่ 7

ตาราง 7 แสดงค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูปและผลการเปรียบเทียบทางสถิติ

ความหนาของซิลิโคนชนิดใส	ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว			
	D0	D2	D4	D6
S0T0	25.90(0.89) ^{a}	18.04(0.52) ^{b}	11.69(0.58) ^{c}	8.64(0.61) ^{d}
S2T2	20.34(0.70) ^{e}	12.78(0.38) ^{f}	10.86(0.57) ^{g}	6.75(0.60) ^{h}
S4T4	16.09(0.97) ^{i}	8.77(0.40) ^{j}	7.56(0.55) ^{k}	4.60(0.45) ^{l}
S6T6	11.08(1.09) ^{m}	8.16(0.82) ^{j}	6.53(0.81) ^{n}	3.80(0.50) ^{o}

หมายเหตุ ชื่อของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 16 กลุ่มและการเปรียบเทียบทางสถิติอธิบายไว้ดังนี้

1. การเปรียบเทียบข้อมูลจะพิจารณาข้อมูลที่ละคู่ตามแถวในแนวนอนและแนวตั้ง โดยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันหลังค่าเฉลี่ยแสดงความไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
2. ตัวเลขในวงเล็บแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
3. S0 แทนสภาวะที่ไม่ได้ใช้ซิลิโคนชนิดใส
4. S2, S4 และ S6 แทนสภาวะที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสที่ความหนา 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร ตามลำดับ

5. T0, T2, T4 และ T6 บ่งบอกถึงระยะห่างของปลายหลอดใยแก้วนำแสงและผิววัสดุกำหนดไว้ที่ระยะ 0.00, 2.00 ,4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร
6. D0, D2, D4 และ D6 แทนระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ทำการวัดความแข็งผิวแบบนูป 0.25, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรตามลำดับ

ผลการเปรียบเทียบข้อมูลแต่ละคู่ในกลุ่ม ระหว่างผลของวิธีการ ตอน 1 และ ตอน 2 ด้วยสถิติ Mann – Whitney U test

ทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างจากวิธีการทดลองในตอนที่ 1 และตอนที่ 2 โดยแสดงไว้ในหน้าที่ 79 ถึง 84 ในภาคผนวก โดยผลการเปรียบเทียบได้ผลดังนี้

1. S0T6D0 กับ S0T0D0 มีความแข็งผิวแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
2. S0T6D2 กับ S0T0D2 มีความแข็งผิวแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
3. S0T6D4 กับ S0T0D4 มีความแข็งผิวแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
4. S0T6D6 กับ S0T0D6 มีความแข็งผิวไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
5. S2T6D0 กับ S2T2D0 มีความแข็งผิวแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
6. S2T6D2 กับ S2T2D2 มีความแข็งผิวแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
7. S2T6D4 กับ S2T2D4 มีความแข็งผิวแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
8. S2T6D6 กับ S2T2D6 มีความแข็งผิวแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
9. S4T6D0 กับ S4T4D0 มีความแข็งผิวแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
10. S4T6D2 กับ S4T4D2 มีความแข็งผิวแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
11. S4T6D4 กับ S4T4D4 มีความแข็งผิวแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
12. S4T6D6 กับ S4T4D6 มีความแข็งผิวแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

บทที่ 5
อภิปรายผล สรุป และข้อเสนอแนะ

ในการวัดระดับของการเกิดโพลิเมอไรเซชั่นของวัสดุครอบฟันชั่วคราวประเภทเรซินคอมโพสิต สามารถทำได้หลายวิธีการ วิธีที่แม่นยำและมีความเที่ยงตรงเป็นที่นิยมในปัจจุบันคือเอฟทีไออาร์ (FTIR, Fourier transform infrared spectroscopy)[10, 31] แต่ข้อเสียของวิธีการดังกล่าวคือมีความยุ่งยากซับซ้อน ค่าใช้จ่ายสูง และใช้เวลาการทดลองในห้องปฏิบัติการนาน ดังนั้นงานวิจัยที่ทำการทดสอบวัสดุเรซินคอมโพสิตจึงมีการใช้การทดสอบด้วยความแข็งผิวระดับจุลภาคแทนเทคนิคเอฟทีไออาร์ [5, 13, 28, 33-35] ซึ่งเป็นการทดสอบทางกลที่สามารถนำไปเปรียบเทียบกับระดับการเกิดโพลิเมอไรเซชั่นได้ การวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคนี้สามารถทำได้ง่าย มีความซับซ้อนในการทดลองน้อยและใช้เวลาน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคเอฟทีไออาร์ [10, 11] จึงเป็นเหตุผลที่งานวิจัยชิ้นนี้เลือกเทคนิคการวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคเป็นเครื่องมือในการทดสอบ

ความแข็งผิวระดับจุลภาคนอกจากจะใช้เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความทนทานต่อการสึกยังสามารถใช้เป็นตัวเปรียบเทียบและชี้วัดถึงระดับของการเกิดโพลิเมอไรเซชั่น แต่ความแข็งผิวแบบนูปไม่สามารถใช้เป็นค่าที่อ้างอิงถึงความแข็งแรงโดยรวมของวัสดุครอบฟันชั่วคราวหรือสมบัติทางกลศาสตร์อื่นๆ[11, 39] ซึ่งนอกจากระดับการเกิดโพลิเมอไรเซชั่นยังมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อสมบัติทางกลโดยเฉพาะสารเติม (Filler) โดยสารเติมเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่มีผลต่อสมบัติทางกล[30] วัสดุครอบฟันชั่วคราวแต่ละชนิดมีแตกต่างทั้งปริมาณและชนิดของสารเติม[4, 24, 25, 40, 41] งานวิจัยชิ้นนี้เน้นศึกษาระดับการเกิดโพลิเมอไรเซชั่นจากปัจจัยของความหนาของซิลิโคนชนิดใสที่แตกต่างกัน ไม่ได้มุ่งเน้นศึกษาปัจจัยของสารเติม ทั้งนี้ถ้าจำเป็นต้องมีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างวัสดุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ปัจจัยจากสารเติมเป็นสิ่งที่ควรนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบอันเนื่องจากเป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อสมบัติทางกลศาสตร์

งานวิจัยนี้ใช้หัวกดชนิดนูปในการทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาค เนื่องจากวัสดุที่นำมาทดสอบในงานวิจัยอาจเกิดการคืนตัวหลังจากได้รับแรงกด ความเครียดสะสมในเนื้อวัสดุจะส่งผลแต่เพียงเล็กน้อยในมิติแกนยาวของรอยกดทำให้หัวกดแบบนูปยังคงสามารถวัดผลได้อย่างแม่นยำ[11, 37] รอยกดชนิดนูปจึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการวัดการเกิดโพลิเมอไรเซชั่นของวัสดุเรซินคอมโพสิตและวัสดุครอบฟันชั่วคราว[10, 11, 40, 42] โดยเฉพาะในงานทดลองนี้ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นวัสดุประเภทเรซินคอมโพสิตโดยมีระดับการเกิดโพลิเมอไรเซชั่นแตกต่างกันไปตามปัจจัยที่ทำการทดลอง การใช้หัวกดแบบนูปในการทดสอบจึงช่วยลดความผิดพลาดในการเก็บข้อมูลจากส่วนของตัวอย่างที่มีความแข็งต่ำและมีความยืดหยุ่นจากการที่เกิดโพลิเมอไรเซชั่นไม่สมบูรณ์

วัสดุในทางทันตกรรมหลายชนิดที่ผลิตขึ้นมาในลักษณะบ่มตัวด้วยตนเองร่วมกับบ่มตัวด้วยแสง เช่น ซีเมนต์ยึดติด (Luting cement) แกนคอมโพสิต (Composite core built-up) และวัสดุทำครอบฟัน

ชั่วคราว ซึ่งกลไกการบ่มตัวด้วยตัวเองร่วมกับการบ่มตัวจากการฉายแสงเป็นกลไกที่ผสมผสานกันระหว่างการบ่มตัวด้วยตนเองและการบ่มตัวด้วยแสง กระบวนการบ่มตัวด้วยตัวเองจะเริ่มเมื่อวัสดุได้รับการผสมเข้าด้วยกันระหว่างส่วนเร่งปฏิกิริยาและส่วนเบส ส่วนกระบวนการบ่มตัวด้วยแสงจะเริ่มเมื่อมีการฉายแสงในความยาวคลื่นที่เหมาะสม ข้อดีของวัสดุกลุ่มนี้คือมีกลไกการบ่มตัวถึง 2 ชนิดที่สามารถทำงานไปพร้อมกันได้แม้ในที่ซึ่งไม่สามารถฉายแสงได้อย่างทั่วถึง เช่น ผิวด้านในของครอบฟัน และผนังคลองรากฟัน แต่กลไกการบ่มตัวด้วยตนเองจะเกิดขึ้นช้าและกลไกการบ่มตัวด้วยตนเองเพียงอย่างเดียวอาจจะไม่เพียงพอที่จะทำให้วัสดุเกิดการโพลิเมอไรเซชั่นอย่างสมบูรณ์เมื่อเทียบเท่ากับการใช้การฉายแสงร่วมด้วย[43-46] จึงมีการแนะนำว่าควรจะต้องมีการฉายแสงร่วมด้วยเสมอ[8] แต่ทั้งนี้ก็ มีงานวิจัยที่รายงานผลการทดลองที่แตกต่างโดย Tobias T Taubock และคณะในปี 2011 รายงานผลการทดสอบวัสดุแกนคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยตนเองร่วมกับการบ่มตัวด้วยแสงพบว่าไม่มีความแตกต่างกันของความแข็งผิวแบบนูปเมื่อเปรียบเทียบรูปแบบการฉายแสงที่แตกต่างกัน ซึ่งผู้วิจัยพบว่าเมื่อให้วัสดุแกนคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยตนเองร่วมกับแสงนั้นเกิดการบ่มตัวด้วยตนเองหลังจากผ่านรูปแบบของการฉายแสงที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลาที่ 14 วันจะไม่มีความแตกต่างกันของค่าความแข็งผิวอย่างมีนัยสำคัญ[47] ฉะนั้นกลไกการบ่มตัวด้วยตนเองนั้นอาจมีประสิทธิภาพที่ดีถ้าให้เวลากับกลไกนี้นานเพียงพอ ทั้งนี้ก็ไม่เป็นที่ชัดเจนว่าเวลาดังกล่าวต้องนานเพียงใดเพราะวัสดุแต่ละชนิดนั้นมีองค์ประกอบที่แตกต่างกันตามแต่บริษัทผู้ผลิตจะผลิตจึงยากที่จะชี้ชัดถึงเวลาที่เหมาะสม งานวิจัยชิ้นนี้ไม่ได้มุ่งที่ประเด็นของประสิทธิภาพการเกิดโพลิเมอไรเซชั่นจากกลไกการบ่มตัวด้วยตนเองของวัสดุทำครอบฟันชั่วคราวในระยะยาว แต่ปัจจัยดังกล่าวอาจมีความสำคัญต่อสมบัติของวัสดุทำครอบฟันชั่วคราวจึงควรมีการทดสอบเพิ่มเติมต่อไป

จากการทดลองพบว่าวัสดุครอบฟันชั่วคราวชนิดบ่มตัวด้วยตนเองร่วมกับการฉายแสงที่นำมาทดสอบไม่สามารถเกิดการโพลิเมอไรเซชั่นได้อย่างทั่วถึง โดยส่วนของพื้นผิวที่สัมผัสกับแสงโดยตรงจะเกิดการ โพลิเมอไรเซชั่นในอัตราที่สูงกว่าส่วนที่อยู่ลึกลงไปโดยเฉพาะส่วนที่ลึกมากกว่า 2.00 มิลลิเมตรจากผิวจึงไม่สามารถถูกกระตุ้นให้เกิดกลไกการบ่มตัวด้วยการฉายแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ กระบวนการเกิดโพลิเมอไรเซชั่นจึงมาจากการบ่มตัวด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่ เมื่อสังเกตจากค่าความแข็งผิวแบบนูปพบว่าวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ลึกกว่า 2.00 มิลลิเมตรมีความแข็งผิวน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของค่าความแข็งผิวสูงสุดและมีค่าความแข็งผิวแบบนูปน้อยลง 4 ถึง 5 เท่าที่ความลึก 6.00 มิลลิเมตร เมื่อพิจารณาในสถานการณ์ที่ปฏิบัติจริงในคลินิกเมื่อทันตแพทย์ทำครอบฟันชั่วคราวแก่ผู้ป่วยเสร็จสิ้น กระบวนการบ่มตัวด้วยตนเองของครอบฟันชั่วคราวในส่วนที่มีความหนาจะยังไม่สมบูรณ์ในระยะแรกหลังการฉายแสงเช่น ส่วนโยง (Connector) และพอนทิก (Pontic) ส่งผลให้มีความแข็งแรงต่ำและอาจเกิดการแตกหักของสะพานฟันชั่วคราวเมื่อผู้ป่วยเคี้ยว ในงานวิจัยนี้จุดประสงค์เพื่อจะวัดความแข็งผิวแบบนูปของครอบฟันชั่วคราวที่สร้างขึ้นโดยการใช้โครงแบบซิลิโคนชนิดใส โดยพิจารณาในสถานการณ์เมื่อปฏิบัติจริงในคลินิกเมื่อทำครอบฟันชั่วคราวแก่ผู้ป่วยเสร็จสิ้นกระบวนการบ่มตัวด้วยตัวเองของครอบฟันชั่วคราวในส่วนลึกสุดของ

วัสดุนั้นจะยังไม่สมบูรณ์ ทั้งนี้ครอบฟันชั่วคราวยังสามารถมีความแข็งผิวที่เพิ่มสูงขึ้นได้อีกเมื่อกระบวนการบ่มตัวด้วยตนเองได้ทำปฏิกิริยาจนเสร็จสิ้น ฉะนั้นการเตือนให้ผู้ป่วยทราบถึงความแข็งผิวที่ต่ำในระยะแรกหลังจากการสร้างโดยวิธีตรงเป็นสิ่งที่ทันตแพทย์ควรแนะนำแก่ผู้ป่วย

ในวิธีการวิจัย เพื่อควบคุมปัจจัยของการบ่มตัวด้วยตัวเองของวัสดุผู้วิจัยจึงทำการทดสอบความแข็งผิวแบบนูปทันทีหลังจากการฉายแสงโดยควบคุมเวลาโดยควบคุมเวลาทั้งหมดในการทดลองไม่เกิน 180 วินาทีเพื่อลดผลกระทบจากการบ่มตัวด้วยตนเองของวัสดุครอบฟันชั่วคราวให้น้อยที่สุด ปัจจัยของระยะห่างระหว่างปลายแท่งใยแก้วนำแสงและผิววัสดุก็มีผลต่อความลึกของการบ่มตัว(Depth of cure)[48] ซึ่งในการทดสอบนี้ได้แบ่งการทดลองเป็น 2 ตอนโดยในตอนที่ 1 เป็นการทดสอบโดยควบคุมปัจจัยของระยะห่างระหว่างปลายแท่งใยแก้วนำแสงและผิววัสดุด้วยอุปกรณ์ประกอบวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคซึ่งมีการกำหนดระยะห่างที่คงที่ระหว่างปลายแท่งใยแก้วนำแสงและผิวของวัสดุเป็นระยะห่าง 6.00 มิลลิเมตรเพื่อเป็นที่อยู่สำหรับซิลิโคนชนิดใสที่ใช้ในการทดสอบและเพื่อไม่ให้ระยะห่างระหว่างปลายแท่งใยแก้วนำแสงและผิววัสดุเป็นปัจจัยกวนต่อการทดสอบสมมุติฐานของการทดลอง นอกจากนี้ระยะห่างดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ยที่จำลองสถานการณ์เมื่อต้องทำการฉายแสงลงภายในพื้นโพรงฟันที่ลึก [48, 49]เช่น เมื่อเตรียมโพรงฟันสำหรับการบูรณะฟันด้านประชิดซึ่งพื้นโพรงฟันอยู่ลึกถึงขอบเหงือกจะพบว่าระยะจากปลายใยแก้วนำแสงและโพรงฟันดังกล่าวอาจมีระยะห่างได้ถึง 10.00 มิลลิเมตร[50] ในตอนที่ 2 ซึ่งเป็นการทดสอบที่เพิ่มเติมเพื่อจำลองสถานการณ์จริงเมื่อทำการฉายแสงโดยนำปลายของแท่งใยแก้วนำแสงมาชิดติดกับซิลิโคนชนิดใสซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างของทั้ง 2 ตอน จะพบว่าการฉายแสงโดยนำแท่งใยแก้วนำแสงมาแนบติดกับซิลิโคนชนิดใสนั้นจะให้ค่าความแข็งผิวที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 นอกจากคู่ระหว่าง S0T6D6 และ S0T0D6 ที่ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ในการทดลองตอนที่ 1 จะพบว่าระดับความแข็งผิวแบบนูปของวัสดุครอบฟันชั่วคราวในแต่ละกลุ่มที่ทำการทดสอบนั้นพบว่าที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ 2.00 มิลลิเมตรนั้นโครงแบบซิลิโคนชนิดใสที่ความหนา 2.00 และ 4.00 มิลลิเมตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และยังพบว่าที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรนั้นโครงแบบซิลิโคนชนิดใสที่ความหนา 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งยอมรับสมมติฐานการวิจัยที่ว่าความหนาของซิลิโคนชนิดใสไม่มีผลต่อความแข็งผิวของวัสดุครอบฟันและสะพานฟันชั่วคราว แต่ทั้งนี้ที่ความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ 0.25 มิลลิเมตรนั้นจะพบว่าระดับความหนาของโครงแบบซิลิโคนชนิดใสทั้ง 4 แบบนั้นจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงกล่าวได้ว่าความหนาของซิลิโคนชนิดใสนั้นจะไม่มีผลกับวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ความลึกตั้งแต่ 2.00 มิลิเมตรเป็นต้นไป ซิลิโคนชนิดใสที่ใช้ทดสอบมีลักษณะโปร่งแสงและมีสีฟ้าอ่อน ความเข้มแสงที่ฉายลงสู่วัสดุครอบฟันชั่วคราวจึงอาจลดลงเมื่อเพิ่มความหนาของซิลิโคนชนิดใส โครงแบบซิลิโคนชนิดใสจึงมีผลทำให้ความลึกของการบ่มตัวของวัสดุครอบฟันชั่วคราวนั้นลดลง

การวัดความลึกของการบ่มตัวของวัสดุทางทันตกรรมประเภทคอมโพสิต ตามมาตรฐาน ISO 4049 จะใช้เทคนิคการขูด (Scraping technique) ซึ่งเป็นการกำจัดเอาส่วนของวัสดุที่ไม่เกิดการโพลิเมอไรเซชั่นออกด้วยการใช้พาย (Spatula) โดยการขูดแล้ววัดขนาดของวัสดุที่เหลืออยู่โดยความหนาของวัสดุส่วนที่เหลือหารด้วยเลข 2 จะเป็นค่าความลึกของการบ่มตัวของวัสดุมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร[38]

มีงานวิจัยแนะนำว่าความลึกของการบ่มตัวของวัสดุประเภทคอมโพสิตในทางทันตกรรมที่เหมาะสม ควรจะมีค่าความแข็งผิวไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของค่าความแข็งผิวสูงสุด[5, 33, 42, 51] งานวิจัยของ Moore และคณะ ปี 2008[5] และ Flury และคณะปี 2012[42] ได้ศึกษาความลึกของการบ่มตัวของเรซินคอมโพสิตที่ใช้งานด้านทันตกรรมบูรณะโดยวัดจากความหนาของวัสดุที่ความแข็งผิวร้อยละ 80 ของค่าความแข็งสูงสุด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับความลึกของการบ่มตัวจากการเตรียมวัสดุตาม ISO 4049 พบว่าเทคนิคตามมาตรฐาน ISO 4049 จะให้ค่าความลึกของการบ่มตัวที่สูงกว่าการวัดความหนาของวัสดุที่ความแข็งผิวร้อยละ 80.00 ของค่าความแข็งสูงสุด เพราะฉะนั้นการยึดแนวทางการประเมินความลึกของการบ่มตัวตามมาตรฐาน ISO 4049 อาจส่งผลทำให้ได้วัสดุที่เกิดการโพลิเมอไรเซชั่นต่ำ ซึ่งมีผลต่อสมบัติต่างๆของวัสดุลดต่ำลงตาม[5, 42]

จากผลการทดลองในวิธีวิจัยตอนที่ 1และ 2 ถ้าพิจารณายึดหลักการที่ยอมรับว่าความลึกของการบ่มตัวของวัสดุครอบฟันชั่วคราวควรไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80.00 จะพบว่าการใช้ซิลิโคนชนิดใสเป็นโครงแบบนั้นจะเป็นอุปสรรค เพราะจากงานวิจัยนี้ค่าความแข็งผิวแบบนูปที่สูงที่สุดจากการใช้ซิลิโคนชนิดใสเป็นโครงแบบจะวัดได้ในผลการทดลองจากวิธีวิจัยตอนที่ 1 มากที่สุดเพียงร้อยละ 75.40 และวัดได้ในผลการทดลองจากวิธีวิจัยตอนที่ 2 ร้อยละ 78.53 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างที่วัดความแข็งผิวที่ระดับความลึก 0.25 มิลลิเมตรในสภาพที่ไม่ได้ใช้ซิลิโคนชนิดใส แต่ทั้งนี้วัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นชนิดบ่มตัวด้วยตัวเองร่วมกับบ่มตัวด้วยการฉายแสงจะสามารถเกิดการบ่มตัวด้วยตนเองได้อย่างต่อเนื่องทำให้ความแข็งผิวนั้นสูงขึ้นในเวลาต่อมา นอกจากนั้นในทางปฏิบัติเมื่อทำการแยกครอบฟันชั่วคราวออกจากโครงแบบซิลิโคนชนิดใสทันตแพทย์สามารถทำการฉายแสงจากเครื่องฉายแสงฮาโลเจนให้แก่ครอบฟันชั่วคราวให้ทั่วทุกบริเวณเพิ่มได้อีกทางหนึ่ง

สรุปและข้อเสนอแนะ

ด้วยข้อจำกัดของงานศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่าเมื่อควบคุมปัจจัยของระยะห่างจากปลายหลอดใยแก้วนำแสงและผิววัสดุเป็นระยะ 6.00 มิลลิเมตรพบว่าซิลิโคนชนิดใสไม่มีผลต่อความแข็งผิวแบบนูปของวัสดุครอบฟันชั่วคราวชนิดบ่มตัวด้วยตัวเองร่วมกับการฉายแสงที่ความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร แต่ที่ความลึกไม่เกิน 2.00 มิลลิเมตรจะพบว่าโครงแบบซิลิโคนชนิดใสมีผลต่อความแข็งผิว ความหนาของโครงแบบซิลิโคนชนิดใสจึงไปลดความสามารถในกระบวนการเกิดโพลิเมอไรเซชั่นที่ความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวตั้งแต่ 2.00 มิลลิเมตรเป็นต้นไป แต่เมื่อกำหนดระยะห่างของปลายหลอดใยแก้วนำแสงให้มีระยะทางเท่ากับความหนาของซิลิโคนชนิดใสพบว่าซิลิโคนชนิดใสไม่มีผลต่อ

ความแข็งผิวแบบนูปของวัสดุครอบฟันชั่วคราวชนิดบ่มตัวด้วยตัวเองร่วมกับการฉายแสงที่ความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร แต่ที่ความลึก 0.25 และ 2.00 มิลลิเมตรจะพบว่าโครงแบบซิลิโคนชนิดใสมีผลต่อความแข็งผิว

การนำซิลิโคนชนิดใสมาประยุกต์ใช้เป็นโครงแบบ ในการทำครอบฟันและสะพานฟัน ควรใช้ซิลิโคนชนิดใสในระดับความหนาน้อยที่สุดและไม่ควรเกิน 2.00 มิลลิเมตร ควรฉายแสงโดยวางปลายหลอดใยแก้วนำแสงชิดติดกับโครงแบบและควรทำการฉายแสงเพิ่มเติมหลังจากแยกครอบฟันชั่วคราวออกจากโครงแบบ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

1. Moulding MB, Teplitsky PE. Intrapulpal temperature during direct fabrication of provisionalrestorations. *Int J Prosthodont* 1990; 3(3): 299-304.
2. Frederick A R. From vulcanite to vinyl, a history of resins in restorative dentistry. *J Prosthet Dent* 2002; 87(4): 364-79.
3. Burns DR, Beck DA, Nelson SK. A review of selected dental literature on contemporary provisional fixed prosthodontic treatment: Report of the Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the Academy of Fixed Prosthodontics. *J Prosthet Dent* 2003; 90(5): 474-97.
4. Balkenhol M, Mautner MC, Ferger P, Wöstmann B. Mechanical properties of provisional crown and bridge materials: Chemical-curing versus dual-curing systems. *J Dent* 2008; 36(1): 15-20.
5. Moore BK, Platt JA, Borges G, Chu TM, Katsilieri I. Depth of cure of dental resin composites: ISO 4049 depth and microhardness of types of materials and shades. *Oper Dent* 2008; 33(4): 408-12.
6. Calheiros FC, Daronch M, Rueggeberg FA, Braga RR. Degree of conversion and mechanical properties of a BisGMA:TEGDMA composite as a function of the applied radiant exposure. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2008; 84(2): 503-9.
7. Price RB, Felix CA. Effect of delivering light in specific narrow bandwidths from 394 to 515nm on the micro-hardness of resin composites. *Dent Mater* 2009; 25(7): 899-908.
8. Kwon TY, Bagheri R, Kim YK, Kim KH, Burrow MF. Cure mechanisms in materials for use in esthetic dentistry. *J Investig Clin Dent* 2012; 3(1): 3-16.
9. Campbell OJ, Panesar J, Winchester L, Noar J. A modified method of bonding lingual retainers. *J Clin Orthod* 2008; 42(2): 105-7.
10. Jack L F. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater* 1985 ;1(1): 11-4.
11. Diaz-Arnold AM, Dunne JT, Jones AH. Microhardness of provisional fixed prosthodontic materials. *J Prosthet Dent* 1999 ;82(5): 525-8.
12. Brandt WC, de Moraes RR, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA, Consani S. Effect of different photo-activation methods on push out force, hardness and cross-link density of resin composite restorations. *Dent Mater* 2008 ;24(6): 846-50.
13. Uhl A, Mills RW, Jandt KD. Photoinitiator dependent composite depth of cure and Knoop hardness with halogen and LED light curing units. *Biomat* 2003; 24(10): 1787-95.

14. Luthardt RG, Stößel M, Hinz M, Vollandt R. Clinical performance and periodontal outcome of temporary crowns and fixed partial dentures: A randomized clinical trial. *J Prosthet Dent* 2000; 83(1): 32-9.
15. Gratton DG, Aquilino SA. Interim restorations. *Dent Clin North Am* 2004; 48(2): 487-97.
16. Lui JL, Setcos JC, Phillips RW. Temporary restorations: a review. *Oper Dent* 1986; 11(3): 103-10.
17. Wang RL, Moore BK, Goodacre CJ, Swartz ML, Andres CJ. A comparison of resins for fabricating provisional fixed restorations. *Int J Prosthodont* 1989; 2(2): 173-84.
18. Duke ES. Provisional restorative materials: a technology update. *Compend Contin Educ Dent* 1999 ; 20(5): 497-500.
19. Emtiaz S, Tarnow DP. Processed acrylic resin provisional restoration with lingual cast metal framework. *J Prosthet Dent* 1998; 79(4): 484-8.
20. Tempspan. material safety data sheet Clinical P, editor 2009.
21. Papaspyridakos P, Lal K. Use of Vacuum-Formed Templates to Guide Tooth Preparation and Insertion of Interim Restorations. *J Prosthodont* 2010; 19(4): 303-6.
22. Heraeus. Memosil2. manufactory information 2010.
23. Jeroff AA. Fabricating light-cured provisional restorations. *J Am Dent Assoc* 1997; 128(2): 230-1.
24. Nejatidanesh F, Momeni G, Savabi O. Flexural strength of interim resin materials for fixed prosthodontics. *J Prosthodont* 2009; 18(6): 507-11.
25. Balkenhol M, Ferger P, Mautner MC, Wostmann B. Provisional crown and fixed partial denture materials: mechanical properties and degree of conversion. *Dent Mater* 2007; 23(12): 1574-83.
26. Stansbury JW. Curing dental resins and composites by photopolymerization. *J Esthet Dent* 2000; 12(6): 300-8.
27. Shin WS, Li XF, Schwartz B, Wunder SL, Baran GR. Determination of the degree of cure of dental resins using Raman and FT-Raman spectroscopy. *Dent Mater* 1993; 9(5): 317-24.
28. Taubock TT, Buchalla W, Hiltebrand U, Roos M, Krejci I, Attin T. Influence of the interaction of light- and self-polymerization on subsurface hardening of a dual-cured core build-up resin composite. *Acta Odontol Scand* 2010 ;69(1): 41-7.
29. Stansbury JW, Dickens SH. Determination of double bond conversion in dental resins by near infrared spectroscopy. *Dent Mater* 2001; 17(1): 71-9.
30. Ferracane JL, Mitchem JC, Condon JR, Todd R. Wear and marginal breakdown of composites with various degrees of cure. *J Dent Res* 1997; 76(8): 1508-16.

31. Ferracane JL, Greener EH. Fourier transform infrared analysis of degree of polymerization in unfilled resins--methods comparison. *J Dent Res* 1984; 63(8): 1093-5.

32. AL FeS, Pereira GD, Dias CT, Sartini Paulillo LA. Effect of the composite photoactivation mode on microtensile bond strength and Knoop microhardness. *Dent Mater* 2006; 22(3): 203-10.

33. Koupis NS, Vercruysse CW, Martens LC, Verbeeck RM. Knoop hardness depth profile of polyacid-modified composite resins. *Quintessence Int* 2008; 39(9): 733-43.

34. Price RB, Fahey J, Felix CM. Knoop microhardness mapping used to compare the efficacy of LED, QTH and PAC curing lights. *Oper Dent* 2010; 35(1): 58-68.

35. Price RB, Felix CA, Andreou P. Third-generation vs a second-generation LED curing light: effect on Knoop microhardness. *Compend Contin Educ Dent* 2006; 27(9): 490-6; quiz 7, 518.

36. Price RBT, Felix CA, Andreou P. Knoop hardness of ten resin composites irradiated with high-power LED and quartz-tungsten-halogen lights. *Biomat* 2005; 26(15): 2631-41.

37. Anusavice KJ, Phillips RW. Phillips' science of dental materials. 11th ed. St. Louis, Mo.: Saunders; 2003.

38. Dentistry - polymer-based restorative materials. ISO 4049:2009. [ISO data].

39. Tantbirojn D, Versluis A, Cheng YS, Douglas WH. Fracture toughness and microhardness of a composite: do they correlate? *J Dent* 2003; 31(2): 89-95.

40. Aksornmuang J, Nakajima M, Foxton RM, Tagami J. Mechanical properties and bond strength of dual-cure resin composites to root canal dentin. *Dent Mater* 2007; 23(2): 226-34.

41. Dixon DL, Fincher M, Breeding LC, Mueninghoff LA. Mechanical properties of a light-polymerizing provisional restorative material with and without reinforcement fibers. *J Prosthet Dent* 1995 ; 73(6): 510-4.

42. Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, Husler J, Lussi A. Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials? *Dent Mater* 2012 ;28(5): 521-8.

43. Kournetas N, Tzoutzas I, Eliades G. Monomer conversion in dual-cured core buildup materials. *Oper Den*t 2011; 36(1): 92-7.

44. Arrais CA, Kasaz Ade C, Albino LG, Rodrigues JA, Reis AF. Effect of curing mode on the hardness of dual-cured composite resin core build-up materials. *Braz Oral Res* 2010; 24(2): 245-9.

45. Arrais CA, Giannini M, Rueggeberg FA. Kinetic analysis of monomer conversion in auto- and dual-polymerizing modes of commercial resin luting cements. *J Prosthet Dent* 2009; 101(2): 128-36.

46. Moraes RR, Brandt WC, Naves LZ, Correr-Sobrinho L, Piva E. Light- and time-dependent polymerization of dual-cured resin luting agent beneath ceramic. *Acta Odontol Scand* 2008 ; 66(5): 257-61.

47. Taubock TT, Buchalla W, Hiltebrand U, Roos M, Krejci I, Attin T. Influence of the interaction of light- and self-polymerization on subsurface hardening of a dual-cured core build-up resin composite. *Acta Odontol Scand* 2011; 69(1): 41-7.

48. Aravamudhan K, Rakowski D, Fan PL. Variation of depth of cure and intensity with distance using LED curing lights. *Dent Mater* 2006; 22(11): 988-94.

49. Price RB, Derand T, Sedarous M, Andreou P, Loney RW. Effect of distance on the power density from two light guides. *J Esthet Dent* 2000; 12(6): 320-7.

50. Corciolani G, Vichi A, Davidson CL, Ferrari M. The influence of tip geometry and distance on light-curing efficacy. *Oper Dent* 2008; 33(3): 325-31.

51. Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Wilson BM. Correlation of bottom-to-top surface microhardness and conversion ratios for a variety of resin composite compositions. *Oper Dent* 2004; 29(6): 698-704.

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ภาคผนวก

เอกสารบันทึกผลการทดลอง

ความหนาของซิลิโคนชนิดใส(มม.)	ความลึกของครอบฟันชั่วคราว (มม.)			
	0.25	2.00	4.00	6.00
0.00				
2.00				
4.00				
6.00				

ตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ เรซินคอมโพสิต

ความหนาของซิลิโคนชนิดใส (มิลลิเมตร)	ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ทำการวัดความแข็งผิวแบบนูป (มิลลิเมตร)	ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูป (KNH)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
NA*	0.25	18.65	0.86
	2.00	14.06	0.93
	4.00	10.57	0.84
	6.00	8.27	0.86
2.00	0.25	14.66	0.88
	2.00	10.31	0.85
	4.00	7.62	0.82
	6.00	4.60	0.71
4.00	0.25	13.03	0.92
	2.00	9.70	0.89
	4.00	6.53	0.47
	6.00	3.89	0.47
6.00	0.25	11.08	1.09
	2.00	8.19	0.82
	4.00	6.53	0.81
	6.00	3.80	0.50

*NA แทนสภาพที่ไม่ใช่ซิลิโคนชนิดใสหรือที่ความหนาของซิลิโคนชนิดใสที่ 0.00 มิลลิเมตร

ตาราง 5 แสดงค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบร้อยละของค่าความแข็งแบบนูปของ เรซินคอมโพสิต

ความหนาของซิลิโคนชนิดใส (มิลลิเมตร)	ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ทำการวัดความแข็งผิวแบบนูป (มิลลิเมตร)	ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูป (KNH)	ร้อยละ**
NA*	0.25	18.65	100
	2.00	14.06	75
	4.00	10.57	56
	6.00	8.27	44
2.00	0.25	14.66	78
	2.00	10.31	55
	4.00	7.62	40
	6.00	4.60	24
4.00	0.25	13.03	69
	2.00	9.70	51
	4.00	6.53	35
	6.00	3.89	20
6.00	0.25	11.08	59
	2.00	8.19	43
	4.00	6.53	35
	6.00	3.80	20

* NA แทนสภาพที่ไม่ใช้ซิลิโคนชนิดใสหรือที่ความหนาของซิลิโคนชนิดใสที่ 0.00 มิลลิเมตร

** ร้อยละเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูปที่ไม่ใช้ซิลิโคนชนิดใส

แสดงการทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov

gr		Kolmogorov-Smirnov(a)		
		Statistic	Df	Sig.
knh	1	.060	192	.085

a Lilliefors Significance Correction

แสดงการทดสอบความเหมือนของความแปรปรวนด้วยสถิติ Levene's Test

F	df1	df2	Sig.
1.311	15	176	.200

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แสดงการทดสอบเพื่อประเมินผลของปัจจัยต่อค่าความแข็งผิวระดับจุลภาค

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: knh

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3123.704(a)	15	208.247	310.476	.000
Intercept	17229.909	1	17229.909	25688.143	.000
com	2233.603	3	744.534	1110.030	.000
sili	836.179	3	278.726	415.554	.000
sili * com	53.922	9	5.991	8.932	.000
Error	118.049	176	.671		
Total	20471.662	192			
Corrected Total	3241.753	191			

a R Squared = .964 (Adjusted R Squared = .960)

แสดงเปรียบเทียบความแข็งผิวที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ 0.25, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร ในสภาพที่ไม่มีซิลิโคน

ANOVA

knh

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	735.187	3	245.062	317.592	.000
Within Groups	33.952	44	.772		
Total	769.138	47			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: knh

Tukey HSD

(I) com	(J) com	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
.25	2.00	4.59000(*)	.35861	.000	3.6325	5.5475
	4.00	8.07833(*)	.35861	.000	7.1208	9.0358
	6.00	10.38000(*)	.35861	.000	9.4225	11.3375
2.00	.25	-4.59000(*)	.35861	.000	-5.5475	-3.6325
	4.00	3.48833(*)	.35861	.000	2.5308	4.4458
	6.00	5.79000(*)	.35861	.000	4.8325	6.7475
4.00	.25	-8.07833(*)	.35861	.000	-9.0358	-7.1208
	2.00	-3.48833(*)	.35861	.000	-4.4458	-2.5308
	6.00	2.30167(*)	.35861	.000	1.3442	3.2592
6.00	.25	-10.38000(*)	.35861	.000	-11.3375	-9.4225
	2.00	-5.79000(*)	.35861	.000	-6.7475	-4.8325
	4.00	-2.30167(*)	.35861	.000	-3.2592	-1.3442

* The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

knh

Tukey HSD

com	N	Subset for alpha = .05			
	1	2	3	4	1
6.00	12	8.2775			
4.00	12		10.5792		
2.00	12			14.0675	
.25	12				18.6575
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

แสดงเปรียบเทียบความแข็งผิวที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ 0.25, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร ในสภาพที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสความหนา 2.00 มิลลิเมตรเป็นโครงแบบ

ANOVA

knh

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	655.013	3	218.338	321.077	.000
Within Groups	29.921	44	.680		
Total	684.934	47			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: knh

Tukey HSD

(I) com	(J) com	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
.25	2.00	4.34417(*)	.33665	.000	3.4453	5.2430
	4.00	7.03667(*)	.33665	.000	6.1378	7.9355
	6.00	10.05167(*)	.33665	.000	9.1528	10.9505
2.00	.25	-4.34417(*)	.33665	.000	-5.2430	-3.4453
	4.00	2.69250(*)	.33665	.000	1.7936	3.5914
	6.00	5.70750(*)	.33665	.000	4.8086	6.6064
4.00	.25	-7.03667(*)	.33665	.000	-7.9355	-6.1378
	2.00	-2.69250(*)	.33665	.000	-3.5914	-1.7936
	6.00	3.01500(*)	.33665	.000	2.1161	3.9139
6.00	.25	-10.05167(*)	.33665	.000	-10.9505	-9.1528
	2.00	-5.70750(*)	.33665	.000	-6.6064	-4.8086
	4.00	-3.01500(*)	.33665	.000	-3.9139	-2.1161

* The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

knh

Tukey HSD

com	N	Subset for alpha = .05			
	1	2	3	4	1
6.00	12	4.6092			
4.00	12		7.6242		
2.00	12			10.3167	
.25	12				14.6608
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

แสดงเปรียบเทียบความแข็งผิวที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว ที่ 0.25, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร ในสภาพที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสความหนา 4.00 มิลลิเมตรเป็นโครงแบบ

ANOVA

knh

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	563.107	3	187.702	355.765	.000
Within Groups	23.215	44	.528		
Total	586.321	47			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: knh

Tukey HSD

(I) com	(J) com	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
.25	2.00	3.33083(*)	.29654	.000	2.5391	4.1226
	4.00	6.50000(*)	.29654	.000	5.7082	7.2918
	6.00	9.14167(*)	.29654	.000	8.3499	9.9334
2.00	.25	-3.33083(*)	.29654	.000	-4.1226	-2.5391
	4.00	3.16917(*)	.29654	.000	2.3774	3.9609
	6.00	5.81083(*)	.29654	.000	5.0191	6.6026
4.00	.25	-6.50000(*)	.29654	.000	-7.2918	-5.7082
	2.00	-3.16917(*)	.29654	.000	-3.9609	-2.3774
	6.00	2.64167(*)	.29654	.000	1.8499	3.4334
6.00	.25	-9.14167(*)	.29654	.000	-9.9334	-8.3499
	2.00	-5.81083(*)	.29654	.000	-6.6026	-5.0191
	4.00	-2.64167(*)	.29654	.000	-3.4334	-1.8499

* The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

knh

Tukey HSD

com	N	Subset for alpha = .05			
	1	2	3	4	1
6.00	12	3.8908			
4.00	12		6.5325		
2.00	12			9.7017	
.25	12				13.0325
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

แสดงเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูปที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว ที่ 0.25, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร ในสภาพที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสความหนา 6.00 มิลลิเมตรเป็นโครงแบบ

ANOVA

knh

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	334.218	3	111.406	158.317	.000
Within Groups	30.962	44	.704		
Total	365.180	47			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: knh

Tukey HSD

(I) com	(J) com	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
.25	2.00	2.88833(*)	.34246	.000	1.9740	3.8027
	4.00	4.55083(*)	.34246	.000	3.6365	5.4652
	6.00	7.27500(*)	.34246	.000	6.3606	8.1894
2.00	.25	-2.88833(*)	.34246	.000	-3.8027	-1.9740
	4.00	1.66250(*)	.34246	.000	.7481	2.5769
	6.00	4.38667(*)	.34246	.000	3.4723	5.3010
4.00	.25	-4.55083(*)	.34246	.000	-5.4652	-3.6365
	2.00	-1.66250(*)	.34246	.000	-2.5769	-.7481
	6.00	2.72417(*)	.34246	.000	1.8098	3.6385
6.00	.25	-7.27500(*)	.34246	.000	-8.1894	-6.3606
	2.00	-4.38667(*)	.34246	.000	-5.3010	-3.4723
	4.00	-2.72417(*)	.34246	.000	-3.6385	-1.8098

* The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

knh

Tukey HSD

com	N	Subset for alpha = .05			
	1	2	3	4	1
6.00	12	3.8083			
4.00	12		6.5325		
2.00	12			8.1950	
.25	12				11.0833
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

แสดงเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูปของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเตรียมโดยมีซิลิโคนชนิดใสเป็นโครงแบบ ที่ระดับความหนา 0.00, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรโดยวัดที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว 0.25 มิลลิเมตร

ANOVA

knh

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	372.694	3	124.231	138.673	.000
Within Groups	39.418	44	.896		
Total	412.111	47			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: knh

Tukey HSD

(I) sili	(J) sili	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
.00	2.00	3.99667(*)	.38641	.000	2.9650	5.0284
	4.00	5.62500(*)	.38641	.000	4.5933	6.6567
	6.00	7.57417(*)	.38641	.000	6.5425	8.6059
2.00	.00	-3.99667(*)	.38641	.000	-5.0284	-2.9650
	4.00	1.62833(*)	.38641	.001	.5966	2.6600
	6.00	3.57750(*)	.38641	.000	2.5458	4.6092
4.00	.00	-5.62500(*)	.38641	.000	-6.6567	-4.5933
	2.00	-1.62833(*)	.38641	.001	-2.6600	-.5966
	6.00	1.94917(*)	.38641	.000	.9175	2.9809
6.00	.00	-7.57417(*)	.38641	.000	-8.6059	-6.5425
	2.00	-3.57750(*)	.38641	.000	-4.6092	-2.5458
	4.00	-1.94917(*)	.38641	.000	-2.9809	-.9175

* The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

knh

Tukey HSD

sili	N	Subset for alpha = .05			
	1	2	3	4	1
6.00	12	11.0833			
4.00	12		13.0325		
2.00	12			14.6608	
.00	12				18.6575
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

แสดงเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูปของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเตรียมโดยมีซิลิโคนชนิดใสเป็นโครงแบบ ที่ระดับความหนา 0.00, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรโดยวัดที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว 2.00 มิลลิเมตร

ANOVA

knh

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	224.296	3	74.765	96.340	.000
Within Groups	34.147	44	.776		
Total	258.442	47			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: knh

Tukey HSD

(I) sili	*(J) sili*	*Mean Difference (I-J)*	*Std. Error*	*Sig.*	*95% Confidence Interval*	
		Lower Bound	*Upper Bound*	*Lower Bound*	*Upper Bound*	*Lower Bound*
.00	2.00	3.75083(*)	.35964	.000	2.7906	4.7111
	4.00	4.36583(*)	.35964	.000	3.4056	5.3261
	6.00	5.87250(*)	.35964	.000	4.9123	6.8327
2.00	.00	-3.75083(*)	.35964	.000	-4.7111	-2.7906
	4.00	.61500	.35964	.331	-.3452	1.5752
	6.00	2.12167(*)	.35964	.000	1.1614	3.0819
4.00	.00	-4.36583(*)	.35964	.000	-5.3261	-3.4056
	2.00	-.61500	.35964	.331	-1.5752	.3452
	6.00	1.50667(*)	.35964	.001	.5464	2.4669
6.00	.00	-5.87250(*)	.35964	.000	-6.8327	-4.9123
	2.00	-2.12167(*)	.35964	.000	-3.0819	-1.1614
	4.00	-1.50667(*)	.35964	.001	-2.4669	-.5464

* The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

knh

Tukey HSD

sili	N	Subset for alpha = .05		
	1	2	3	1
6.00	12	8.1950		
4.00	12		9.7017	
2.00	12		10.3167	
.00	12			14.0675
Sig.		1.000	.331	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แสดงเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูปของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเตรียมโดยมีซิลิโคนชนิดใสเป็นโครงแบบ ที่ระดับความหนา 0.00, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรโดยวัดที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว 4.00 มิลลิเมตร

ANOVA

knh

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	131.600	3	43.867	76.334	.000
Within Groups	25.285	44	.575		
Total	156.885	47			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: knh

Tukey HSD

(I) sili	(J) sili	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
.00	2.00	2.95500(*)	.30948	.000	2.1287	3.7813
	4.00	4.04667(*)	.30948	.000	3.2204	4.8730
	6.00	4.04667(*)	.30948	.000	3.2204	4.8730
2.00	.00	-2.95500(*)	.30948	.000	-3.7813	-2.1287
	4.00	1.09167(*)	.30948	.005	.2654	1.9180
	6.00	1.09167(*)	.30948	.005	.2654	1.9180
4.00	.00	-4.04667(*)	.30948	.000	-4.8730	-3.2204
	2.00	-1.09167(*)	.30948	.005	-1.9180	-.2654
	6.00	.00000	.30948	1.000	-.8263	.8263
6.00	.00	-4.04667(*)	.30948	.000	-4.8730	-3.2204
	2.00	-1.09167(*)	.30948	.005	-1.9180	-.2654
	4.00	.00000	.30948	1.000	-.8263	.8263

* The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

knh

Tukey HSD

sili	N	Subset for alpha = .05		
	1	2	3	1
6.00	12	6.5325		
4.00	12	6.5325		
2.00	12		7.6242	
.00	12			10.5792
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

แสดงเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูปของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเตรียมโดยมีซิลิโคนชนิดใสเป็นโครงแบบ ที่ระดับความหนา 0.00, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรโดยวัดที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว 6.00 มิลลิเมตร

ANOVA

knh

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	161.511	3	53.837	123.381	.000
Within Groups	19.199	44	.436		
Total	180.711	47			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: knh

Tukey HSD

(I) sili	(J) sili	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
.00	2.00	3.66833(*)	.26968	.000	2.9483	4.3884
	4.00	4.38667(*)	.26968	.000	3.6666	5.1067
	6.00	4.46917(*)	.26968	.000	3.7491	5.1892
2.00	.00	-3.66833(*)	.26968	.000	-4.3884	-2.9483
	4.00	.71833	.26968	.051	-.0017	1.4384
	6.00	.80083(*)	.26968	.024	.0808	1.5209
4.00	.00	-4.38667(*)	.26968	.000	-5.1067	-3.6666
	2.00	-.71833	.26968	.051	-1.4384	.0017
	6.00	.08250	.26968	.990	-.6375	.8025
6.00	.00	-4.46917(*)	.26968	.000	-5.1892	-3.7491
	2.00	-.80083(*)	.26968	.024	-1.5209	-.0808
	4.00	-.08250	.26968	.990	-.8025	.6375

* The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

knh

Tukey HSD

sili	N	Subset for alpha = .05		
	1	2	3	1
6.00	12	3.8083		
4.00	12	3.8908	3.8908	
2.00	12		4.6092	
.00	12			8.2775
Sig.		.990	.051	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

ตาราง 6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ เรซิน คอมโพสิต

ความหนาของซิลิโคนชนิดใส (มิลลิเมตร)	ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ทำการวัดความแข็งผิวแบบนูป (มิลลิเมตร)	ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูป (KNH)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
NA*	0.25	25.90	0.89
	2.00	18.04	0.52
	4.00	11.69	0.58
	6.00	8.64	0.61
2.00	0.25	20.34	0.70
	2.00	12.78	0.38
	4.00	10.86	0.57
	6.00	6.75	0.60
4.00	0.25	16.09	0.97
	2.00	8.77	0.40
	4.00	7.59	0.54
	6.00	4.60	0.45
6.00	0.25	11.08	1.09
	2.00	8.19	0.82
	4.00	6.53	0.81
	6.00	3.80	0.50

*NA แทนสภาพที่ไม่ใช่ซิลิโคนชนิดใสหรือที่ความหนาของซิลิโคนชนิดใสที่ 0.00 มิลลิเมตร

ตาราง 7 แสดงค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบร้อยละของค่าความแข็งแบบนูปของ เรซินคอมโพสิต

ความหนาของซิลิโคนชนิดใส (มิลลิเมตร)	ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราวที่ทำการวัดความแข็งผิวแบบนูป (มิลลิเมตร)	ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูป (KNH)	ร้อยละ**
NA*	0.25	25.90	100
	2.00	18.04	69
	4.00	11.69	45
	6.00	8.64	33
2.00	0.25	20.34	78
	2.00	12.78	49
	4.00	10.86	41
	6.00	6.75	26
4.00	0.25	16.09	62
	2.00	8.77	33
	4.00	7.59	29
	6.00	4.60	17
6.00	0.25	11.08	42
	2.00	8.19	31
	4.00	6.53	25
	6.00	3.80	14

* NA แทนสภาพที่ไม่ใช้ซิลิโคนชนิดใสหรือที่ความหนาของซิลิโคนชนิดใสที่ 0.00มิลลิเมตร

** ร้อยละเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแบบนูปที่ไม่ใช้ซิลิโคนชนิดใส

แสดงการทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov

gr		Kolmogorov-Smirnov(a)		
		Statistic	Df	Sig.
knh	1	.060	192	.085

a Lilliefors Significance Correction

ทดสอบความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม

Levene's Test of Equality of Error Variances(a)

Dependent Variable: knh

F	df1	df2	Sig.
3.495	15	176	.076

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แสดงการทดสอบเพื่อประเมินผลของปัจจัยต่อค่าความแข็งผิวระดับจุลภาค

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: knh

Source	*Type III Sum of Squares*	*Df*	*Mean Square*	*F*	*Sig.*
Corrected Model	6565.197(a)	15	437.680	925.629	.000
Intercept	24769.118	1	24769.118	52383.079	.000
sili	2110.735	3	703.578	1487.966	.000
com	3998.730	3	1332.910	2818.911	.000
*sili * com*	455.732	9	50.637	107.090	.000
Error	83.221	176	.473		
Total	31417.535	192			
Corrected Total	6648.418	191			

a R Squared = .987 (Adjusted R Squared = .986)

แสดงเปรียบเทียบความแข็งผิวที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว ที่ 0.25, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร ในสภาพที่ไม่มีซิลิโคน

ANOVA

knh

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2097.946	3	699.315	1562.768	.000
Within Groups	19.689	44	.447		
Total	2117.635	47			

Dependent Variable: knh

Tukey HSD

(I) com	(J) com	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
.25	2.00	7.85417(*)	.27309	.000	7.1250	8.5833
	4.00	14.20500(*)	.27309	.000	13.4758	14.9342
	6.00	17.25667(*)	.27309	.000	16.5275	17.9858
2.00	.25	-7.85417(*)	.27309	.000	-8.5833	-7.1250
	4.00	6.35083(*)	.27309	.000	5.6217	7.0800
	6.00	9.40250(*)	.27309	.000	8.6733	10.1317
4.00	.25	-14.20500(*)	.27309	.000	-14.9342	-13.4758
	2.00	-6.35083(*)	.27309	.000	-7.0800	-5.6217
	6.00	3.05167(*)	.27309	.000	2.3225	3.7808
6.00	.25	-17.25667(*)	.27309	.000	-17.9858	-16.5275
	2.00	-9.40250(*)	.27309	.000	-10.1317	-8.6733
	4.00	-3.05167(*)	.27309	.000	-3.7808	-2.3225

* The mean difference is significant at the .05 level.

Tukey HSD

com	N	Subset for alpha = .05			
	1	2	3	4	1
6.00	12	8.6442			
4.00	12		11.6958		
2.00	12			18.0467	
.25	12				25.9008
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แสดงเปรียบเทียบความแข็งผิวที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว ที่ 0.25, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร ในสภาพที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสความหนา 2.00 มิลลิเมตรเป็นโครงแบบ

ANOVA

knh

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1165.120	3	388.373	1159.976	.000
Within Groups	14.732	44	.335		
Total	1179.852	47			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: knh

Tukey HSD

(I) com	(J) com	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
.25	2.00	7.56167(*)	.23622	.000	6.9309	8.1924
	4.00	9.48000(*)	.23622	.000	8.8493	10.1107
	6.00	13.58417(*)	.23622	.000	12.9534	14.2149
2.00	.25	-7.56167(*)	.23622	.000	-8.1924	-6.9309
	4.00	1.91833(*)	.23622	.000	1.2876	2.5491
	6.00	6.02250(*)	.23622	.000	5.3918	6.6532
4.00	.25	-9.48000(*)	.23622	.000	-10.1107	-8.8493
	2.00	-1.91833(*)	.23622	.000	-2.5491	-1.2876
	6.00	4.10417(*)	.23622	.000	3.4734	4.7349
6.00	.25	-13.58417(*)	.23622	.000	-14.2149	-12.9534
	2.00	-6.02250(*)	.23622	.000	-6.6532	-5.3918
	4.00	-4.10417(*)	.23622	.000	-4.7349	-3.4734

* The mean difference is significant at the .05 level.

knh

Tukey HSD

com	N	Subset for alpha = .05			
	1	2	3	4	1
6.00	12	6.7583			
4.00	12		10.8625		
2.00	12			12.7808	
.25	12				20.3425
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

แสดงเปรียบเทียบความแข็งผิวที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว ที่ 0.25, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร ในสภาพที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสความหนา 4.00 มิลลิเมตรเป็นโครงแบบ

ANOVA

knh

	Sum of Squares	*df*	*Mean Square*	*F*	*Sig.*
Between Groups	857.178	3	285.726	704.806	.000
Within Groups	17.837	44	.405		
Total	875.015	47			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: knh

Tukey HSD

(I) com	*(J) com*	*Mean Difference (I-J)*	*Std. Error*	*Sig.*	*95% Confidence Interval*	
		Lower Bound	*Upper Bound*	*Lower Bound*	*Upper Bound*	*Lower Bound*
.25	*2.00*	7.32417(*)	.25993	.000	6.6301	8.0182
	4.00	8.50083(*)	.25993	.000	7.8068	9.1949
	6.00	11.49333(*)	.25993	.000	10.7993	12.1874
2.00	*.25*	-7.32417(*)	.25993	.000	-8.0182	-6.6301
	4.00	1.17667(*)	.25993	.000	.4826	1.8707
	6.00	4.16917(*)	.25993	.000	3.4751	4.8632
4.00	*.25*	-8.50083(*)	.25993	.000	-9.1949	-7.8068
	2.00	-1.17667(*)	.25993	.000	-1.8707	-.4826
	6.00	2.99250(*)	.25993	.000	2.2985	3.6865
6.00	*.25*	-11.49333(*)	.25993	.000	-12.1874	-10.7993
	2.00	-4.16917(*)	.25993	.000	-4.8632	-3.4751
	4.00	-2.99250(*)	.25993	.000	-3.6865	-2.2985

* The mean difference is significant at the .05 level.

knh

Tukey HSD

com	N	Subset for alpha = .05			
	1	2	3	4	1
6.00	12	4.6058			
4.00	12		7.5983		
2.00	12			8.7750	
.25	12				16.0992
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

แสดงเปรียบเทียบความแข็งผิวที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว ที่ 0.25, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตร ในสภาพที่ใช้ซิลิโคนชนิดใสความหนา 6.00 มิลลิเมตรเป็นโครงแบบ

ANOVA

knh

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	334.218	3	111.406	158.317	.000
Within Groups	30.962	44	.704		
Total	365.180	47			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: knh

Tukey HSD

(I) com	(J) com	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
.25	2.00	7.32417(*)	.25993	.000	6.6301	8.0182
	4.00	8.50083(*)	.25993	.000	7.8068	9.1949
	6.00	11.49333(*)	.25993	.000	10.7993	12.1874
2.00	.25	-7.32417(*)	.25993	.000	-8.0182	-6.6301
	4.00	1.17667(*)	.25993	.000	.4826	1.8707
	6.00	4.16917(*)	.25993	.000	3.4751	4.8632
4.00	.25	-8.50083(*)	.25993	.000	-9.1949	-7.8068
	2.00	-1.17667(*)	.25993	.000	-1.8707	-.4826
	6.00	2.99250(*)	.25993	.000	2.2985	3.6865
6.00	.25	-11.49333(*)	.25993	.000	-12.1874	-10.7993
	2.00	-4.16917(*)	.25993	.000	-4.8632	-3.4751
	4.00	-2.99250(*)	.25993	.000	-3.6865	-2.2985

* The mean difference is significant at the .05 level.

knh

Tukey HSD

com	N	Subset for alpha = .05			
	1	2	3	4	1
6.00	12	4.6058			
4.00	12		7.5983		
2.00	12			8.7750	
.25	12				16.0992
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

แสดงเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูปของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเตรียมโดยมีซิลิโคนชนิดใสเป็นโครงแบบ ที่ระดับความหนา 0.00, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรโดยวัดที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว 0.25 มิลลิเมตร

ANOVA

knh

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1426.268	3	475.423	551.693	.000
Within Groups	37.917	44	.862		
Total	1464.185	47			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: knh

Tukey HSD

(I) sili	(J) sili	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
.00	2.00	5.55833(*)	.37898	.000	4.5465	6.5702
	4.00	9.80167(*)	.37898	.000	8.7898	10.8135
	6.00	14.81750(*)	.37898	.000	13.8056	15.8294
2.00	.00	-5.55833(*)	.37898	.000	-6.5702	-4.5465
	4.00	4.24333(*)	.37898	.000	3.2315	5.2552
	6.00	9.25917(*)	.37898	.000	8.2473	10.2710
4.00	.00	-9.80167(*)	.37898	.000	-10.8135	-8.7898
	2.00	-4.24333(*)	.37898	.000	-5.2552	-3.2315
	6.00	5.01583(*)	.37898	.000	4.0040	6.0277
6.00	.00	-14.81750(*)	.37898	.000	-15.8294	-13.8056
	2.00	-9.25917(*)	.37898	.000	-10.2710	-8.2473
	4.00	-5.01583(*)	.37898	.000	-6.0277	-4.0040

knh

Tukey HSD

sili	N	Subset for alpha = .05			
	1	2	3	4	1
6.00	12	11.0833			
4.00	12		16.0992		
2.00	12			20.3425	
.00	12				25.9008
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แสดงเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูปของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเตรียมโดยมีซิลิโคนชนิดใสเป็นโครง แบบ ที่ระดับความหนา 0.00, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรโดยวัดที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว 2.00 มิลลิเมตร

ANOVA

knh

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	744.483	3	248.161	780.763	.000
Within Groups	13.985	44	.318		
Total	758.468	47			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: knh

Tukey HSD

(I) sili	(J) sili	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
.00	2.00	5.26583(*)	.23016	.000	4.6513	5.8804
	4.00	9.27167(*)	.23016	.000	8.6571	9.8862
	6.00	9.85167(*)	.23016	.000	9.2371	10.4662
2.00	.00	-5.26583(*)	.23016	.000	-5.8804	-4.6513
	4.00	4.00583(*)	.23016	.000	3.3913	4.6204
	6.00	4.58583(*)	.23016	.000	3.9713	5.2004
4.00	.00	-9.27167(*)	.23016	.000	-9.8862	-8.6571
	2.00	-4.00583(*)	.23016	.000	-4.6204	-3.3913
	6.00	.58000	.23016	.071	-.0345	1.1945
6.00	.00	-9.85167(*)	.23016	.000	-10.4662	-9.2371
	2.00	-4.58583(*)	.23016	.000	-5.2004	-3.9713
	4.00	-.58000	.23016	.071	-1.1945	.0345

knh

Tukey HSD

sili	N	Subset for alpha = .05		
	1	2	3	1
6.00	12	8.1950		
4.00	12	8.7750		
2.00	12		12.7808	
.00	12			18.0467
Sig.		.071	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

แสดงเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูปของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเตรียมโดยมีซิลิโคนชนิดใสเป็นโครงแบบ ที่ระดับความหนา 0.00, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรโดยวัดที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว 4.00 มิลลิเมตร

ANOVA

knh

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	224.051	3	74.684	182.740	.000
Within Groups	17.982	44	.409		
Total	242.033	47			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: knh

Tukey HSD

(I) sili	(J) sili	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound
.00	2.00	.83333(*)	.26099	.013	.1365	1.5302
	4.00	4.09750(*)	.26099	.000	3.4007	4.7943
	6.00	5.16333(*)	.26099	.000	4.4665	5.8602
2.00	.00	-.83333(*)	.26099	.013	-1.5302	-.1365
	4.00	3.26417(*)	.26099	.000	2.5673	3.9610
	6.00	4.33000(*)	.26099	.000	3.6332	5.0268
4.00	.00	-4.09750(*)	.26099	.000	-4.7943	-3.4007
	2.00	-3.26417(*)	.26099	.000	-3.9610	-2.5673
	6.00	1.06583(*)	.26099	.001	.3690	1.7627
6.00	.00	-5.16333(*)	.26099	.000	-5.8602	-4.4665
	2.00	-4.33000(*)	.26099	.000	-5.0268	-3.6332
	4.00	-1.06583(*)	.26099	.001	-1.7627	-.3690

knh

Tukey HSD

sili	N	Subset for alpha = .05			
	1	2	3	4	1
6.00	12	6.5325			
4.00	12		7.5983		
2.00	12			10.8625	
.00	12				11.6958
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แสดงเปรียบเทียบความแข็งผิวแบบนูปของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเตรียมโดยมีซิลิโคนชนิดใสเป็นโครงแบบ ที่ระดับความหนา 0.00, 2.00, 4.00 และ 6.00 มิลลิเมตรโดยวัดที่ระดับความลึกของวัสดุครอบฟันชั่วคราว 6.00 มิลลิเมตร

ANOVA

knh

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	171.665	3	57.222	188.789	.000
Within Groups	13.336	44	.303		
Total	185.001	47			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: knh

Tukey HSD

(I) sili	*(J) sili*	*Mean Difference (I-J)*	*Std. Error*	*Sig.*	*95% Confidence Interval*	
		Lower Bound	*Upper Bound*	*Lower Bound*	*Upper Bound*	*Lower Bound*
.00	*2.00*	1.88583(*)	.22476	.000	1.2857	2.4859
	4.00	4.03833(*)	.22476	.000	3.4382	4.6384
	6.00	4.83583(*)	.22476	.000	4.2357	5.4359
2.00	*.00*	-1.88583(*)	.22476	.000	-2.4859	-1.2857
	4.00	2.15250(*)	.22476	.000	1.5524	2.7526
	6.00	2.95000(*)	.22476	.000	2.3499	3.5501
4.00	*.00*	-4.03833(*)	.22476	.000	-4.6384	-3.4382
	2.00	-2.15250(*)	.22476	.000	-2.7526	-1.5524
	6.00	.79750(*)	.22476	.005	.1974	1.3976
6.00	*.00*	-4.83583(*)	.22476	.000	-5.4359	-4.2357
	2.00	-2.95000(*)	.22476	.000	-3.5501	-2.3499
	4.00	-.79750(*)	.22476	.005	-1.3976	-.1974

knh

Tukey HSD

sili	N	Subset for alpha = .05			
	1	2	3	4	1
6.00	12	3.8083			
4.00	12		4.6058		
2.00	12			6.7583	
.00	12				8.6442
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 12.000.

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระหว่าง S0T6D0 กับ S0T0D0 ด้วยสถิติ Mann Whitney U

Test Statistics(b)

	knh
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	78.000
Z	-4.158
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: gr

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระหว่าง S0T6D2 กับ S0T0D2 ด้วยสถิติ Mann Whitney U

Test Statistics(b)

	knh
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	78.000
Z	-4.163
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: gr

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระหว่าง S0T6D4 กับ S0T0D4 ด้วยสถิติ Mann Whitney U

Test Statistics(b)

	knh
Mann-Whitney U	13.000
Wilcoxon W	91.000
Z	-3.408
Asymp. Sig. (2-tailed)	.001
Exact Sig. [2(1-tailed Sig.)]*	.000(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: gr

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระหว่าง S0T6D6 กับ S0T0D6 ด้วยสถิติ Mann Whitney U

Test Statistics(b)

	knh
Mann-Whitney U	55.000
Wilcoxon W	133.000
Z	-.982
Asymp. Sig. (2-tailed)	.326
Exact Sig. [2(1-tailed Sig.)]*	.347(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: gr

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระหว่าง S2T6D0 กับ S2T2D0 ด้วยสถิติ Mann Whitney U

Test Statistics(b)

	knh
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	78.000
Z	-4.159
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: gr

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระหว่าง S2T6D2 กับ S2T2D2 ด้วยสถิติ Mann Whitney U

Test Statistics(b)

	knh
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	78.000
Z	-4.161
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: gr

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระหว่าง S2T6D4 กับ S2T2D4 ด้วยสถิติ Mann Whitney U

Test Statistics(b)

	knh
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	78.000
Z	-4.160
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: gr

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระหว่าง S2T6D6 กับ S2T2D6 ด้วยสถิติ Mann Whitney U

Test Statistics(b)

	knh
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	78.000
Z	-4.159
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: gr

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระหว่าง S4T6D0 กับ S4T4D0 ด้วยสถิติ Mann Whitney U

Test Statistics(b)

	knh
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	78.000
Z	-4.157
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: gr

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระหว่าง S4T6D2 กับ S4T4D2 ด้วยสถิติ Mann Whitney U

Test Statistics(b)

	knh
Mann-Whitney U	23.000
Wilcoxon W	101.000
Z	-2.831
Asymp. Sig. (2-tailed)	.005
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.004(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: gr

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระหว่าง S4T6D4 กับ S4T4D4 ด้วยสถิติ Mann Whitney U

Test Statistics(b)

	knh
Mann-Whitney U	10.000
Wilcoxon W	88.000
Z	-3.580
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: gr

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระหว่าง S4T6D6 กับ S4T4D6 ด้วยสถิติ Mann Whitney U

Test Statistics(b)

	knh
Mann-Whitney U	20.000
Wilcoxon W	98.000
Z	-3.005
Asymp. Sig. (2-tailed)	.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002(a)

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: gr

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	อภิชาติ ลีนานุรักษ์
วันเดือนปีเกิด	27 ธันวาคม 2523
สถานที่เกิด	Sydney , Australia
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	3/520 คอนโดศุภลัยปาร์ค2 ซ.พหลโยธิน21 ถ.พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ทันตแพทย์ปฏิบัติการ คลินิกพิเศษ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนคริทรวิโรฒ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2549	ทันตแพทยศาสตร์บัณฑิต คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พ.ศ.2555	ทันตแพทยศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาทันนตกรรมคลินิก (ทันตกรรมประดิษฐ์) คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ