ผลของสารฟอกสีฟันคาร์บาไมด์ เพอร์ออกไซด์ ต่อเซลล์และเนื้อเยื่อในโพรงฟัน ในฟันมนุษย์ที่บูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต

Effect of Carbamide Peroxide on Pulpal Responses of Human Teeth Restored with Resin Composite

รุจน์ โรจน์อัศวเสถียร

Rooj Rojasawasthien

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพช่องปาก
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Oral Health Sciences
Prince of Songkla University
2551

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของสารฟอกสีฟันคาร์บาไมด์ เพอร์ออกไซด์ ต่อเซลล์และเนื้อเยื่อในโพรงฟัน ในฟันมนุษย์ที่บูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต

ผู้เขียน นายรุจน์ โรจน์อัศวเสถียร

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขภาพช่องปาก

คณะกรรมการที่ปรึกษา

…….....ประธานกรรมการ
(ดร.ทพญ. สมจินต์ รัตนเสถียร)

…….....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทพญ. สมพิศ คินทรักษ์)

…….....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทพญ. ชิดชนก ลีธนะกุล)

คณะกรรมการสอบ

……..…….ประธานกรรมการ
(ดร.ทพญ. สมจินต์ รัตนเสถียร)

…….กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ทพ. อะนัฆ เอี่ยมอรุณ)

…….....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทพญ. สมพิศ คินทรักษ์)

……...กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทพญ. สุวรรณา จิตภักดีบดินทร์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพช่องปาก

…….……

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของสารฟอกสีฟันคาร์บาไมด์ เพอร์ออกไซด์ ต่อเซลล์และเนื้อเยื่อในโพรงฟันในฟันมนุษย์ที่บูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต

ผู้เขียน นายรุจน์ โรจน์อัศวเสถียร

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขภาพช่องปาก

ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

การฟอกสีฟันในฟันที่มีชีวิตโดยการใส่ถาดฟอกสีฟันพลาสติกที่มีสารฟอกสีฟันคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์เป็นวิธีแก้ไขฟันที่มีสีคล้ำที่ทำได้ง่าย อนุรักษ์เนื้อฟัน และใช้ค่ารักษาไม่มาก การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าสารฟอกสีฟันสามารถแพร่ผ่านผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันและอาจทำให้เนื้อเยื่อในฟันเกิดการอักเสบได้ในระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง เมื่อฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตอยู่แล้วจำเป็นต้องได้รับการฟอกสีฟัน ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่าวัสดุเรซินคอมโพสิตโดยเฉพาะการผนึกตามขอบวัสดุสามารถที่จะป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นต่อเนื้อเยื่อในหรือการเกิดอาการเสียวฟันเหมือนดังเช่นฟันปกติหรือไม่ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีสมมติฐานว่าการฟอกสีฟันในฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตจะก่อให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อในและเกิดอาการเสียวฟันไม่แตกต่างจากฟันปกติ

จุดประสงค์ จุดประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองของเนื้อเยื่อในฟันมนุษย์และระดับอาการเสียวฟันภายหลังการฟอกสีฟันด้วยสารฟอกสีฟันคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ระหว่างฟันที่มีและไม่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต

วัสดุและวิธีการวิจัย การศึกษาทำในฟันกรามน้อย 88 ซี่ ซึ่งมีการวางแผนถอนออกเพื่อการจัดฟัน แบ่งฟันออกเป็น 10 กลุ่ม โดยกลุ่มควบคุมที่ 1 เป็นฟันปกติ กลุ่มควบคุมที่ 2 บูรณะด้วยเรซินคอมโพสิต รอประมาณ 2 เดือนแล้วทำการถอน กลุ่มที่ 3-6 ไม่มีการบูรณะฟัน กลุ่มที่ 7-10 บูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตในโพรงฟันลักษณะ Class V ที่ด้านแก้ม ใช้ระบบสารยึดติด (Scotchbond MP plus®, 3M ESPE, USA) และวัสดุเรซินคอมโพสิต (Z100®, 3M ESPE, USA) ตามคำแนะนำของผู้ผลิต ให้อาสาสมัครกลับไปใช้งานประมาณ 2 เดือนจึงเริ่มการฟอกสีฟัน ทำการฟอกสีฟันในกลุ่มที่ 3 และ 7 นาน 1 คืนแล้วถอน ในกลุ่มที่ 4 และ 8 ฟอกนาน 1 สัปดาห์แล้วถอน ในกลุ่มที่ 5 และ 9 ฟอกนาน 1 สัปดาห์แล้วหยุดฟอกนาน 2 สัปดาห์แล้วถอน ในกลุ่มที่ 6 และ 10 ฟอกนาน 1 สัปดาห์แล้วหยุดฟอกนาน 2 เดือนแล้วถอน ผู้วิจัยบันทึกอาการเสียวฟันและสีฟันที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากฟอกสีฟันร่วมกับการให้อาสาสมัครบันทึกอาการเสียวฟันและอาการอื่นๆระหว่างและหลังจากหยุดฟอกสี

ฟัน นำฟันที่ถอนมาศึกษาดูผลในระดับจุลกายวิภาค การนำเสนอผลทำโดยการบรรยายและวิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติการทดสอบฟิชเชอร์ (Fisher's exact test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย ฟันตัวอย่างกลุ่มควบคุมที่ 1 และกลุ่มควบคุมที่ 2 ที่มีการกรอเตรียมโพรงฟันและบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตแล้วถอนหลังจากบูรณะ 2 เดือนแสดงลักษณะจุลกายวิภาคที่ปกติ ไม่พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในและเกิดการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิในกลุ่มควบคุมที่ 2 จำนวน 4 ซี่จากทั้งหมด 5 ซี่ ฟันตัวอย่างกลุ่มที่ 3-6 ที่ผ่านการฟอกสีฟันโดยไม่มีวัสดุบูรณะแสดงลักษณะทางจุลกายวิภาคที่ปกติ ไม่พบการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิ สำหรับฟันตัวอย่างกลุ่มที่ 7-10 ที่ผ่านการฟอกสีฟันร่วมกับมีการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตพบการอักเสบของเนื้อเยื่อในได้ร้อยละ 50 ถึง 89 ภายหลังการฟอกสีฟัน 1 วัน (กลุ่มที่ 7) พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในจำนวน 5 ซี่จากฟันทั้งหมด 9 ซี่ (คิดเป็นร้อยละ 56) เป็นการอักเสบระดับเล็กน้อย 3 ซี่ การอักเสบระดับปานกลางและการอักเสบระดับรุนแรงอย่างละ 1 ซี่ การฟอกสีฟันนานขึ้น 7 วัน (กลุ่มที่ 8) พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในมากขึ้น โดยพบการอักเสบของเนื้อเยื่อในจำนวน 8 ซี่จากฟันทั้งหมด 9 ซี่ (คิดเป็นร้อยละ 89) เป็นการอักเสบระดับเล็กน้อย 4 ซี่ และระดับปานกลาง 4 ซี่ จำนวนฟันที่มีการอักเสบจะพบได้น้อยลงเมื่อหยุดฟอกสีฟันนานขึ้น ในกลุ่มที่หยุดฟอกสีฟันนาน 2 สัปดาห์ (กลุ่มที่ 9) ไม่พบการอักเสบในระดับรุนแรง พบการอักเสบในระดับเล็กน้อย 5 ใน 10 ซี่ และระดับปานกลาง 1 ซี่ ในกลุ่มที่หยุดฟอกสีฟันนาน 2 เดือน (กลุ่มที่ 10) พบการอักเสบระดับเล็กน้อยลดลงเหลือ 4 ใน 10 ซี่ และระดับปานกลาง 1 ซี่ ไม่พบเนื้อฟันตติยภูมิในฟันที่ไม่มีวัสดุบูรณะ แต่พบได้ร้อยละ 22, 78, 50 และ 70 ในกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะและทำการฟอกสีฟัน (กลุ่มที่ 7,8,9 และ 10) ตามลำดับ อุบัติการณ์และระดับอาการเสียวฟันที่บันทึกโดยอาสาสมัครพบมีมากกว่าการบันทึกโดยทันตแพทย์ โดยพบจำนวนฟันที่มีอาการเสียวฟันในกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะได้มากกว่ากลุ่มที่ไม่มีวัสดุบูรณะ จากการตรวจทางคลินิกพบลักษณะเหงือกอักเสบจากการฟอกสีฟันได้ร้อยละ 10 (4 ใน 41 ซี่) ในฟันที่ไม่มีวัสดุบูรณะและร้อยละ 3 (1 ใน 38 ซี่) ในฟันที่มีวัสดุบูรณะ การฟอกสีฟันนาน 7 วันมีผลให้ฟันขาวขึ้นประมาณ 2 ระดับตามระบบเทียบสีฟันวิต้า

สรุป ไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างการตอบสนองทางจุลกายวิภาคกับอาการเสียวฟันภายหลังการฟอกสีฟัน พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในและอาการเสียวฟันเมื่อฟอกสีฟันในฟันที่มีวัสดุบูรณะได้มากกว่าฟันปกติที่ไม่มีวัสดุบูรณะ ในช่วงระยะเวลา 2 เดือนภายหลังหยุดการฟอกสีฟัน ร้อยละ 50 ของฟันที่มีวัสดุบูรณะยังคงพบมีการอักเสบของเนื้อเยื่อใน ดังนั้นแล้วการฟอกสีฟันในฟันที่มีวัสดุบูรณะ ถ้าจำเป็นควรทำด้วยความระมัดระวังเนื่องจากอาจมีอันตรายต่อเนื้อเยื่อในฟัน

Thesis Title	Effect of Carbamide Peroxide on Pulpal Responses of Human Teeth Restored with Resin Composite
Author	Mr. Rooj Rojasawasthien
Major Program	Oral Health Sciences
Academic Year	2008

ABSTRACT

Nightguard vital tooth bleaching using carbamide peroxide gel is a simple, conservative and cost-effective option for treatment of tooth discoloration. Previous studies supported that bleaching agent was able to diffuse through sound enamel and dentin, and might cause mild and reversible pulpal inflammation. When the teeth with resin composite restoration needed bleaching, it was not known whether resin composite, especially its marginal seal, could serve as a barrier to prevent harmful effect on dental pulp and tooth hypersensitivity as sound tooth did**.** Therefore, it was hypothesized that bleaching of teeth with resin composite restoration would cause a degree of injuries on human dental pulp and postoperative tooth hypersensitivity not different from the sound teeth.

Objective: The objectives of the research were to compare human dental pulp responses and postoperative tooth hypersensitivity bleaching with carbamide peroxide between teeth with and without resin composite restoration.

Materials and Methods: Eighty-eight sound premolars scheduled for orthodontic extraction were classified into 10 groups, as follows. The first group was sound teeth which were served as a control (n = 4). The second group was teeth with Class V restorations (ScotchBond Multi Purpose Plus® and Z100®), which were extracted immediately after 2 months (n = 5). The third and the fourth groups were sound teeth, which were extracted immediately after 1- and 7-d bleaching with 10% carbamide peroxide (Opalescence PF®, Ultradent, US), respectively. The fifth and the sixth groups were sound teeth which were bleached for 7-d and were extracted after completed bleaching for 2 wk and 2 mt, respectively. The seventh to tenth groups were teeth with 2-mt-resin composite restorations which received equivalent protocols to the third to sixth groups, respectively. Tooth hypersensitivity, mucositis, and changes of tooth color were recorded at pre- and post-bleaching. Also, the participants

were asked to note tooth hypersensitivity during and post bleaching for 7 days. At the predetermined times of observation, the teeth were extracted and fixed in 10% formalin and decalcified with ethylene diamine tetra-acetic acid. The specimens were processed for paraffin-embedded and serially sectioned at 5-miron thickness. The sections were stained with hematoxylin and eosin to evaluate degree of pulpal pathology under light microsope, using Cox and colleagues' criteria (1985). And, modified Brown and Brenn staining was used to determine bacterial contamination underneath the restorations. Descriptive statistics and Fisher's exact tests at 95% confidence interval were used to compare the treatment groups with the controls.

Results: All sound control teeth (group 1) showed normal histology, whereas the teeth restored with Class V resin composite (group 2) for 8 wk demonstrated no pulpal inflammation, normal soft tissue organization and also reactionary dentin was observed in 80% of the specimen (4/5). Vital tooth bleaching of sound tooth for 1 d (group 3) and 7-d (group 4) showed normal cellular organization and no pulpal inflammation. At any time of observation, reactionary dentin was no detected in all bleached sound teeth. When the restored teeth were bleached, pulpal inflammation and cellular disorganization were greater that the sound teeth with equivalent bleaching time. Increased bleaching time of the restored teeth resulted in a greater incidence and degree of pulpal inflammatory responses, which subsequently were slightly subsided over time. At 2-wk post-bleaching, 40% of the specimens had normal pulp and 50% of the specimens had mild inflammation. At 2-mt post-bleaching, normal pulp was found in 50% of the specimens and 40% had mild inflammation. It was found that incidence and degree of tooth hypersensitivity recorded by the subjects were greater that tooth hypersensitivity examined by the dentist. The restored teeth had greater tooth hypersensitivity than the sound teeth when subjected to bleaching, regardless to the method of examination. Mucositis was found in 10% of the bleached sound teeth, and in 5.3% of the bleached restored teeth. Tooth color after 7-d bleaching was improved by mean 2 values of Vita shade.

Conclusion: There was no relationship between pulpal histopathology and postoperative tooth hypersensitivity. Bleaching of the restored tooth showed greater pulpal inflammation and postoperative tooth hypersensitivity than that of the sound tooth. After 2-mt of clinical postoperative observation, 50% of the bleached restored teeth still had mild inflammation. Therefore, bleaching on the tooth with resin composite restoration, if necessary, should be performed with caution, because it may cause pulpal damage.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ดร.ทพญ. สมจินต์ รัตนเสถียร ผศ.ดร.ทพญ. สมพิศ คินทรักษ์ และ รศ.ทพญ.ดร. ชิดชนก ลีธนะกุล ผู้ซึ่งให้ความกรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ให้ความรู้และคำปรึกษาแนะนำเกี่ยวกับการทำวิจัยตลอดจนสละเวลาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี ตลอดจนอาจารย์สาขาทันตกรรมอนุรักษ์ทุกท่าน

ข้าพเจ้าขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ที่เป็นผู้ให้ทุนอุดหนุนวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ขอขอบคุณวิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดตรัง ซึ่งเป็นต้นสังกัดที่สนับสนุนให้ข้าพเจ้าได้ลาศึกษาต่อ ขอขอบคุณภาควิชาโอษฐวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือในการทำวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาโอษฐวิทยาที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิจัย โดยเฉพาะนางสาวอังคณา สุขบุญ ขอขอบคุณบริษัท3M จำกัดที่ให้การสนับสนุนอนุเคราะห์วัสดุทางทันตกรรม ตลอดจนผู้ช่วยเหลือทุกท่านที่มิได้กล่าวนาม ณ ที่นี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ผู้ซึ่งสนับสนุนในทุกด้านและเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าเสมอมา

รุจน์ โรจน์อัศวเสถียร

สารบาญ

	หน้า
สารบาญ	(8)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพ	(11)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(13)
บทที่	
1. บทนำ	
บทนำต้นเรื่อง	1
การทบทวนวรรณกรรม	3
วัตถุประสงค์	13
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	14
3. ผลการวิจัย	24
4. บทวิจารณ์	50
5. สรุป	61
เอกสารอ้างอิง	62
ภาคผนวก	72
ประวัติผู้เขียน	93

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1.	ข้อมูลเกี่ยวกับกลุ่มการศึกษา	16
2.	เกณฑ์การประเมินสภาพของเนื้อเยื่อในฟัน ดัดแปลงจาก Cox และ คณะ	23
3.	ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง	24
4.	จำนวนและลักษณะของฟันในแต่ละกลุ่ม	25
5.	จำนวนของฟันที่มีเปลี่ยนแปลงทางจุลกายวิภาคของฟันตัวอย่างทั้ง 10 กลุ่ม	40
6.	ข้อมูลจากการตรวจทางคลินิกแสดงอาการเสียวฟันระหว่างการฟอกสีฟันและเหงือกอักเสบจากการฟอกสีฟัน	45
7.	ข้อมูลจากแบบสอบถามแสดงอาการเสียวฟันระหว่างการฟอกสีฟันและเหงือกอักเสบจากการฟอกสีฟัน	46
8.	ค่าเฉลี่ยระดับอาการเสียวฟันระหว่างการฟอกสีฟันและหลังจากหยุดฟอกสีฟันของฟันตัวอย่างกลุ่มต่างๆ	48
9.	ค่านัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับสีฟันก่อนและหลังฟอกสีฟันนาน 7 วันสถิติการเปรียบเทียบแบบที	89
10.	ค่านัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบค่าเฉลี่ยความหนาของเนื้อฟันใต้พื้นโพรงฟันด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว	89
11.	ค่านัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหนาของเนื้อฟันใต้พื้นโพรงฟันกับค่าเฉลี่ยระดับอาการเสียวฟันจากแบบสอบถามด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว	90
12.	ค่านัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหนาของเนื้อฟันใต้พื้นโพรงฟันกับการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันด้วยสถิติการวิเคราะห์ไคสแควร์ชนิดฟิชเชอร์	90
13.	ค่านัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบความถี่ของการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันระหว่างฟันตัวอย่างทั้ง 8 กลุ่ม (กลุ่มที่ 3-10) ด้วยสถิติการวิเคราะห์ไคสแควร์	91
14.	ค่านัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบจำนวนผู้มีอาการเสียวฟันระหว่างฟันตัวอย่างที่มีวัสดุบูรณะกับไม่มีวัสดุบูรณะ ด้วยสถิติการวิเคราะห์ไคสแควร์	91

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

15. ค่านัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันระหว่างฟันกับระดับอาการเสียวฟันจากแบบสอบถามด้วยสถิติการวิเคราะห์ไคสแควร์ 92

รายการภาพ

ภาพ		หน้า
1.	กลไกการออกฤทธิ์ของสารฟอกสีฟัน	4
2.	กลไกการสร้างออกซิเจนอนุมูลอิสระภายในเซลล์ อันตรายที่เกิดต่อเซลล์ และกลไกป้องกัน	10
3.	ขั้นตอนการดำเนินการทดลองในกลุ่มต่างๆ	17
4.	ขั้นตอนการเตรียมชิ้นเนื้อฟัน	22
5.	ลักษณะจุลกายวิภาคของเซลล์สร้างฟันและเนื้อเยื่อในของฟันปกติ (กลุ่มควบคุม 1)	30
6.	ลักษณะจุลกายวิภาคของเซลล์สร้างฟันและเนื้อเยื่อในของฟันซึ่งได้รับการบูรณะฟันด้วยเรซินคอมโพสิตเป็นระยะเวลา 2 เดือนและไม่มีการฟอกสีฟัน (กลุ่มควบคุม 2)	30
7.	ลักษณะจุลกายวิภาคของเซลล์สร้างฟันและเนื้อเยื่อในของฟันปกติที่ได้รับการฟอกสีฟัน (กลุ่ม 3-6)	31
8.	ลักษณะจุลกายวิภาคของเซลล์สร้างฟันและเนื้อเยื่อในของฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตที่ได้รับการฟอกสีฟันเป็นระยะเวลา 1 คืน (กลุ่ม 7)	32
9.	ลักษณะจุลกายวิภาคของเซลล์สร้างฟันและเนื้อเยื่อในของฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตที่ได้รับการฟอกสีฟันเป็นระยะเวลา 1 คืน (กลุ่ม 7)	33
10.	ลักษณะจุลกายวิภาคของเซลล์สร้างฟันและเนื้อเยื่อในของฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตที่ได้รับการฟอกสีฟันเป็นระยะเวลา 7 คืน (กลุ่ม 8)	34
11.	ลักษณะจุลกายวิภาคแสดงเซลล์อักเสบในการตอบสนองของเนื้อเยื่อในต่อการฟอกสีฟันนาน 7 คืน ของฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต (กลุ่ม 8)	35
12.	ลักษณะจุลกายวิภาคแสดงการตอบสนองของเนื้อเยื่อในระดับปกติต่อการฟอกสีฟันนาน 7 วันและหยุดฟอกนาน 2 สัปดาห์ในฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต (กลุ่ม 9)	35
13.	ลักษณะจุลกายวิภาคแสดงการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อยและปานกลางในฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตซึ่งได้รับการฟอกสีฟันนาน 7 คืนและหยุดฟอกนาน 2 สัปดาห์ (กลุ่ม 9)	36
14.	ลักษณะจุลกายวิภาคแสดงการตอบสนองของเนื้อเยื่อในระดับปกติต่อการฟอกสีฟันนาน 7 คืนและหยุดฟอกสีฟันนาน 2 เดือนในฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต (กลุ่ม 10)	37

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพ **หน้า**

15. ลักษณะจุลกายวิภาคแสดงการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อยและปานกลาง ของฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิตซึ่งได้รับการฟอกสีฟันนาน 7 คืน และหยุดฟอกสีฟันนาน 2 เดือน 38
16. ลักษณะจุลกายวิภาคแสดงการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับปานกลางของฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิตซึ่งได้รับการฟอกสีฟันนาน 7 คืนและหยุดฟอกสีฟันนาน 2 เดือน 39
17. การเปรียบเทียบอาการเสียวฟันระหว่างการฟอกสีฟันนาน 7 วัน ระหว่างกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิต และกลุ่มฟันปกติ 47
18. การเปรียบเทียบอาการเสียวฟันหลังหยุดการฟอกสีฟันนาน 7 วัน ระหว่างกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิต และกลุ่มฟันปกติ 47
19. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับอาการเสียวฟันระหว่างฟอกสีฟันและหลังหยุดฟอกสีฟัน ของฟันตัวอย่างกลุ่ม 3-10 49

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

Bis-GMA	= bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate
CEJ	= Cemento-enamel junction
Corp.	= Corporation
DNA	= Deoxyribonucleic acid
EDTA	= Ethylenediaminetetraacetic acid solution
HEMA	= 2-hydroxyethyl methacrylate
RmGIs	= Resin modified glass ionomer cement
TEGDMA	= Triethylene glycol dimethacrylate
UDMA	= Urethane dimethacrylate

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ในปัจจุบันความสวยงามของฟันเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่คนส่วนใหญ่มักให้ความสำคัญโดยเฉพาะสีของฟัน คนจำนวนมากพิจารณาว่าฟันที่ขาวเป็นลักษณะที่น่าดึงดูดใจของรอยยิ้ม ในฟันน้ำนมของเด็กมักพบว่ามีสีฟันที่ขาวกว่าฟันแท้ของผู้ใหญ่ดังนั้นแล้วลักษณะของฟันที่ขาวมักให้ความรู้สึกของความอ่อนเยาว์เมื่อเทียบกับฟันที่สีคล้ำของผู้สูงอายุ จากการสำรวจในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าร้อยละ 34 ของประชากรผู้ใหญ่มีความรู้สึกไม่พึงพอใจต่อสีฟันของตนเอง[1] และการสำรวจในประเทศอังกฤษจากกลุ่มประชากร 3,215 คน พบว่ามีถึงร้อยละ 50 ที่คิดว่าฟันตนเองมีสีที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม[2] ถึงแม้ยังไม่พบการสำรวจที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันในประเทศไทย แต่ความต้องการแก้ไขฟันให้ขาวขึ้นของผู้ป่วยมีแนวโน้มที่สูงขึ้นในปัจจุบัน สังเกตได้จากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในช่องปากมักจะมีสารเคมีเพื่อช่วยให้ฟันขาวขึ้นเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย และมีการจำหน่ายอย่างแพร่หลายในท้องตลาด รวมถึงมีการพัฒนาเทคนิควิธีทางด้านทันตกรรมในการแก้ไขสีฟันให้ขาวขึ้น

ฟันที่เปลี่ยนสี (tooth discoloration) ไปจากเดิมหรือมีสีคล้ำผิดไปจากปกติเกิดได้จากหลายสาเหตุ ซึ่งแบ่งเป็น ฟันเปลี่ยนสีจากสาเหตุภายในฟัน (intrinsic discoloration) และฟันเปลี่ยนสีจากสาเหตุภายนอกฟัน (extrinsic discoloration) หรือมีการร่วมกันของทั้งสองสาเหตุ[3] การเปลี่ยนสีจากสาเหตุภายในฟันเกิดจากการได้รับโมเลกุลของสารมีสีที่เรียกว่าโครมาเจน (chromagen) ซึ่งฝังอยู่ในเนื้อฟันและเคลือบฟันระหว่างกระบวนการสร้างฟันเช่น ภาวะฟลูออไรด์มากเกิน (fluorosis) ภาวะฟันเปลี่ยนสีเนื่องจากการได้รับยาเตตร้าไซคลินระหว่างการสร้างฟัน (tetracycline stain) การกระทบกระเทือนกับหน่อฟัน ฟันที่มีอายุมากขึ้น หรือการเกิดการสลายตัวของเนื้อเยื่อในฟัน (pulp necrosis) ก็อาจเป็นสาเหตุให้เกิดฟันเปลี่ยนสีจากภายในได้เช่นกัน ส่วนการเปลี่ยนสีจากสาเหตุภายนอกมักเกิดขึ้นในส่วนของฟันที่เข้าไปทำความสะอาดได้ยากและบ่อยครั้งจะเป็นคราบสีที่เกิดจากการดื่มชา กาแฟ การสูบบุหรี่ การใช้ยา การดื่มน้ำอัดลม หรือการรับประทานผักหรือผลไม้บางชนิดเป็นประจำ

การแก้ไขสีของฟันสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การขูดหินน้ำลายและขัดฟันเพื่อกำจัดคราบอาหารและคราบสีที่ติดอยู่บนผิวฟัน การใช้ยาสีฟันที่มีส่วนผสมของสารฟอกขาว การ

ฟอกสีฟันจากด้านในฟันในฟันที่ไม่มีชีวิต (internal bleaching of non-vital teeth) การฟอกสีฟันจากด้านนอกฟันในฟันที่มีชีวิต (external bleaching) การขัดผิวเคลือบฟันระดับจุลภาค (enamel microabrasion) หรือการทำครอบฟันหรือวีเนียร์ (crowns or veneers)

การฟอกสีฟันเป็นทางเลือกแรกๆในการรักษาฟันที่เปลี่ยนสี เนื่องจากเป็นวิธีการรักษาในเชิงอนุรักษ์ (conservative) ทำได้ง่าย และใช้ค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก โดยรายงานผลของการรักษาจากการศึกษาในอดีต[4-6] พบว่ามีความสำเร็จที่น่าพึงพอใจ อย่างไรก็ตาม การฟอกสีฟันอาจมีผลข้างเคียง เช่น การระคายเคืองจากสารฟอกสีฟันต่อเนื่อเยื่อในช่องปาก อาการเสียวฟันขณะและ/หรือ หลังการฟอกสีฟัน และการอักเสบเล็กน้อยของเนื่อเยื่อในฟัน (pulp)[7, 8] เป็นต้น การศึกษาในห้องปฏิบัติการหรือการศึกษาในสัตว์ทดลองรายงานว่าสารฟอกสีฟันสามารถซึมผ่านผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันได้[9-12] บางรายงานพบว่าสารฟอกสีฟันสามารถซึมผ่านฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตได้มากกว่าฟันปกติ[13-15] ปัจจุบันยังไม่มีรายงานผลของการฟอกสีฟันต่อเนื้อเยื่อในฟัน ในฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต รวมทั้งยังไม่มีการรับรองว่าสารฟอกสีฟันสามารถใช้ได้อย่างปลอดภัยในฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีสมมติฐานว่าสารฟอกสีฟันจะก่อให้เกิดพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อใน ในฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตได้มากกว่าฟันปกติที่ได้รับการฟอกสีฟัน ผลการวิจัยเรื่องนี้อาจนำไปสู่การกำหนดแนวทางการฟอกสีฟันในฟันที่มีชีวิตให้มีความปลอดภัยหรือมีความเสี่ยงของการเกิดผลข้างเคียงจากการฟอกสีฟันน้อยที่สุด และการเลือกฟันสำหรับการรักษาโดยวิธีฟอกสีฟันได้อย่างเหมาะสม

การทบทวนวรรณกรรม

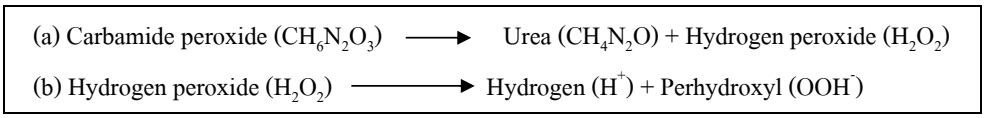
1. ประวัติการฟอกสีฟัน (Historical perspectives)

การฟอกสีฟัน (tooth bleaching) เป็นวิธีการรักษาฟันที่เปลี่ยนสีที่มีสาเหตุจากภายในฟันที่มีรายงานถึงความสำเร็จมาอย่างยาวนาน[16] สามารถทำได้สองแบบคือ การฟอกสีฟันจากด้านนอกฟัน (external bleaching) หรือการฟอกสีฟันในฟันที่มีชีวิต (vital tooth bleaching) และการฟอกสีฟันจากด้านในฟัน (internal bleaching) หรือการฟอกสีฟันในฟันที่ไม่มีชีวิต (non-vital tooth bleaching) Truman (1864) เป็นคนแรกที่นำเสนอวิธีการฟอกสีฟันจากด้านในฟันในฟันที่ไม่มีชีวิต และ Spasser (1961) ได้นำเสนอเทคนิคการฟอกสีฟันในฟันที่ไม่มีชีวิตด้วยสารผสมระหว่างโซเดียมเพอร์บอเรทกับน้ำโดยใส่ลงในโพรงฟันทุกๆครั้งที่ผู้ป่วยมาหาทันตแพทย์ (walking bleach) ต่อมาประมาณปี 1970 ทันตแพทย์จัดฟัน Dr. Bill Klusmier พบว่ายาฆ่าเชื้อในช่องปากที่มีส่วนผสมของ 10% คาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ (carbamide peroxide) เพื่อใช้ในการรักษาโรคเหงือกอักเสบสามารถทำให้ฟันขาวขึ้นได้[17] การค้นพบดังกล่าวถือเป็นจุดเริ่มต้นของการนำ 10% คาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์มาใช้ฟอกสีฟันภายนอกฟันโดยการใส่ถาดฟอกสีฟันพลาสติกที่มีสารฟอกสีฟันในขณะหลับ (night guard vital bleaching) ซึ่งถูกนำเสนอครั้งแรกในปี 1989 โดย Haywood และ Heymann[18]

2. สารเคมีที่ใช้ในการฟอกสีฟัน (Chemical used for bleaching)

สารเคมีที่ใช้ฟอกสีฟันมักเป็นคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์หรือโซเดียมเพอร์บอเรท (sodium perborate) ซึ่งสามารถแตกตัวให้เป็นสารไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) ที่เป็นสารออกฤทธิ์ (ภาพ 1) ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์มีมวลโมเลกุลประมาณ 34.0128 เป็นสารเหลวที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีรสขม ละลายในน้ำได้ง่ายและจะได้สารละลายที่เป็นกรด สารละลายที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซนต์จะให้ค่าความเป็นกรด-ด่า (pH) เท่ากับ 5.0-6.0 ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์จะแตกตัวให้โมเลกุลอิสระ (free radical) ได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ การมีตัวเร่งปฏิกิริยา (co-catalyst) หรือการมีโมเลกุลโลหะบางชนิดร่วมด้วย โมเลกุลอิสระเพอร์ไฮดรอกซิล (perhydroxyl, OOH^-) ซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีความไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่นสูงและมักพบในสภาวะที่เป็นด่างจะไปจับกับโมเลกุลของสารสีในฟันและทำปฏิกิริยาแยกโมเลกุลที่มีสีให้เป็นโมเลกุลขนาดเล็กลงที่มีสีน้อยลง โปร่งแสงและสามารถแพร่กระจายออกมาจากฟันได้ง่าย[18] ผลลัพธ์

ของการฟอกสีฟันขึ้นอยู่กับความสามารถที่สารฟอกสีฟันจะเข้าไปถึงจุดที่โมเลกุลที่มีสีอยู่ ความเข้มข้นของสารฟอกสีฟันที่ใช้[19] ระยะเวลา และจำนวนครั้งที่ฟอกสีฟัน[4]



ภาพ 1 กลไกการออกฤทธิ์ของสารฟอกสีฟัน (a) การแตกตัวของสารฟอกสีฟันคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์เป็นยูเรียและไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (b) การแตกตัวของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เป็นไฮโดรเจนและเพอร์ไฮดรอกซิล

3. เทคนิคการฟอกสีฟัน (Bleaching techniques)

การฟอกสีฟันภายนอกฟันสามารถทำภายในคลินิกทันตกรรมหรือให้ผู้ป่วยทำที่บ้าน สามารถแบ่งได้เป็น 4 วิธี[20] **(1)** ทันตแพทย์ใช้สารไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูงประมาณร้อยละ 35 ถึง 50 หรือใช้คาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 ถึง 40 ทาลงบนตัวฟันร่วมกับการกระตุ้นปฏิกริยาด้วยความร้อนหรือแสงเลเซอร์ **(2)** ทันตแพทย์ใช้ถาดฟอกสีฟันใส่สารคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 ถึง 40 ใส่ในช่องปากผู้ป่วยนานประมาณ 30 นาทีถึง 2 ชั่วโมงขณะผู้ป่วยอยู่ในคลินิก **(3)** ทันตแพทย์มอบถาดฟอกสีฟันพลาสติกให้ผู้ป่วยนำไปฟอกเองที่บ้านโดยใช้สารคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 5 ถึง 22 ใส่ไว้ในช่องปากระหว่างนอนหลับ **(4)** ผู้ป่วยสามารถซื้อชุดฟอกสีฟันสำเร็จรูป (over-the-counter tooth whitening) โดยไม่ต้องมีใบสั่งยาจากแพทย์ ซึ่งสารคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์หรือไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่ใช้มีความเข้มข้นต่างกันออกไป

4. ประสิทธิผลของการฟอกสีฟัน (Effectiveness of bleaching)

การฟอกสีฟันในฟันที่มีชีวิตด้วยการใช้สารฟอกสีฟันใส่ในถาดฟอกสีฟันไว้ตลอดคืน (night guard vital bleaching) เป็นเทคนิคการฟอกสีฟันที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากเนื่องจากเป็นวิธีที่ปลอดภัย ค่าใช้จ่ายไม่สูง และทำได้ง่าย ประมาณร้อยละ 90 ของสารฟอกสีฟันที่ใช้มักเป็นคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ โดยสีฟันที่ขาวขึ้นจะสามารถสังเกตเห็นได้หลังจากฟอกสีฟันไปประมาณ 2-4 คืน[6] การศึกษาทางคลินิกของ Haywood และคณะ[4] พบว่าร้อยละ 92 ของผู้ป่วย (จำนวนทั้งหมด 38 คน) รู้สึกว่าฟันตนเองขาวขึ้นหลังฟอกสีฟันด้วย 10% คาร์บา

ไมด์เพอร์ออกไซด์เป็นเวลา 6 สัปดาห์ Mokhlis และคณะ[5] พบว่าระดับการเปลี่ยนแปลงของสีฟันขึ้นกับความเข้มข้นของสารฟอกสีฟันที่ใช้และระยะเวลาที่ใช้ฟอก การใช้คาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 16 เปอร์เซนต์จะทำให้ฟันขาวขึ้นได้ 2 ระดับความสว่างตามแถบเทียบสีฟันได้รวดเร็วกว่าที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซนต์ และ 10 เปอร์เซนต์[21] แต่ทั้งนี้สีฟันที่ขาวขึ้นจากการฟอกอาจกลับมามีสีเข้มขึ้นได้เล็กน้อยภายในระยะเวลา 6 เดือนแรก หลังจากนั้นสีฟันจะคงที่อยู่ระยะเวลาหนึ่ง Ritter และคณะ[22] ได้ติดตามผลการฟอกสีฟันเป็นระยะเวลา 10 ปีพบว่าผู้ป่วย 13 คนจาก 30 คนมีสีฟันที่ยังคงที่

5. ผลข้างเคียงของการฟอกสีฟัน (Side effect of bleaching)

ผลข้างเคียงของการใช้สารฟอกสีฟันที่พบได้ เช่น อาการเสียวฟัน (tooth hypersensitivity) พยาธิสภาพของเนื้อเยื่อในฟัน (pulp response) โครงสร้างฟันทางกายภาพ และผลต่อวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต

1. อาการเสียวฟัน (Tooth hypersensitivity)

Brännström นำเสนอทฤษฎีไฮโดรไดนามิค (hydrodynamic theory) เพื่ออธิบายสาเหตุของการเสียวฟันว่าเกิดจากการที่มีการเคลื่อนที่ของน้ำในท่อเนื้อฟัน (dentinal fluid) ซึ่งไปกระตุ้นเซลล์รับความรู้สึก (mechanoreceptor) ที่อยู่ภายในท่อเนื้อฟัน (dentinal tubule) และส่งสัญญาณในรูปของกระแสไฟฟ้า (electrical signal) ไปยังสมองซึ่งแปลสัญญาณเป็นความรู้สึกเสียวฟัน[23] ทฤษฎีไฮโดรไดนามิคสามารถอธิบายสาเหตุของอาการเสียวฟันส่วนใหญ่ได้ เช่น การรับประทานอาหารหวาน ของเย็น การเป่าลม เป็นต้น แต่ไม่สามารถอธิบายสาเหตุของอาการเสียวฟันอันเนื่องมาจากการใช้เครื่องมือเขี่ยที่บริเวณรอยต่อเคลือบฟันกับเนื้อฟัน (DEJ) ซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่มีท่อเนื้อฟัน เป็นต้น ปัจจุบันยังไม่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่แน่ชัดที่อธิบายสาเหตุอาการเสียวฟันที่เกิดในขณะ หรือหลังการฟอกสีฟัน อย่างไรก็ตามการศึกษาวิจัยล่าสุดพบว่าการฟอกสีฟันด้วย 10% คาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์หรือ 35% ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์สามารถเพิ่มการซึมผ่านของสารอื่นๆในชั้นเคลือบฟัน (enamel permeability) ให้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ[24]

รายงานวิจัยเกี่ยวกับความถี่ในการเกิดอาการเสียวฟันจากการฟอกสีฟันแตกต่างกันไป ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของสภาพฟันที่ได้รับการฟอกสีฟัน วิธีการฟอกสีฟัน เป็นต้น Leonard และคณะ[25] พบว่าร้อยละ 55 ของผู้เข้าร่วมการศึกษาจากจำนวนทั้งหมด 64 คน มีอาการเสียวฟันและ/หรืออาการระคายเคืองต่อเหงือก โดยอาการดังกล่าวมักปรากฏภายหลังฟอกสีฟันไป

แล้วมากกว่า 5 วัน และพบว่าร้อยละ 67 ของผู้ป่วยที่รายงานอาการไม่พึงประสงค์ดังกล่าว มีเหงือกร่น ฟันสึกบริเวณคอฟัน หรือมีวัสดุบูรณะที่อยู่ในสภาพที่ไม่ดี นอกจากนี้การฟอกสีฟันด้วยสารไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ร่วมกับการใช้ความร้อนในการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในคลินิกมีโอกาสทำให้เกิดอาการเสียวฟันได้มากกว่าปกติ ทั้งนี้อาจเป็นผลจากแสงที่ใช้ในการกระตุ้นปฏิกิริยาออกซิเดชั่นมีผลให้อุณหภูมิภายในโพรงเนื้อเยื่อในฟันสูงขึ้นและอาจส่งผลให้เกิดอาการเสียวฟันรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในฟันด้วย[26] ระยะเวลาที่ปรากฏอาการเสียวฟันจะแตกต่างกันไป Schulte และคณะ[27] รายงานว่าอาการเสียวฟันโดยปกติจะคงอยู่ประมาณ 4 วัน ส่วน Leonard และคณะ[25] รายงานว่าผู้ป่วยบางคนมีอาการเสียวฟันคงอยู่ถึง 39 วัน ซึ่งโดยปกติอาการเสียวฟันเป็นอาการที่พบได้บ่อยในฟันปกติอยู่แล้วโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฟันที่มีการร่นของเหงือก[28] ดังนั้นผู้ป่วยที่มีประวัติของการเสียวฟันอยู่ก่อนหรือฟันที่มีลักษณะเคลือบฟันหรือเนื้อฟันเหลืออยู่น้อยก็อาจมีความเสี่ยงที่จะเกิดอาการเสียวฟันได้มากขึ้นภายหลังการฟอกสีฟัน

2. พยาธิสภาพของเนื้อเยื่อในฟันภายหลังการฟอกสีฟัน

การทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าโมเลกุลของเพอร์ออกไซด์สามารถซึมผ่านจากเคลือบฟันและเนื้อฟันเข้าไปในโพรงเนื้อเยื่อในฟันได้ภายในเวลา 15 นาทีหลังจากสัมผัสสารฟอกสีฟัน[9] การซึมผ่านของสารจะมีมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารฟอกสีฟันมากขึ้น สารฟอกสีฟันที่มีความเข้มข้นเท่ากันแต่ต่างผู้ผลิตกันก็ให้การซึมผ่านได้ไม่เท่ากันทั้งนี้เนื่องจากความหนืด (viscosity) ที่ต่างกันของสารฟอกสีฟัน[12] และฟันที่มีวัสดุบูรณะอยู่ก็จะมีการซึมผ่านของสารฟอกสีฟันได้มากกว่าฟันปกติที่ไม่มีวัสดุบูรณะ[14]

ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาในทางคลินิกถึงปริมาณของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่แทรกซึมเข้าสู่โพรงฟัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์สามารถสลายตัวได้ง่ายและภายในโพรงเนื้อเยื่อในฟันมีระบบหมุนเวียนโลหิตที่มีส่วนในการกำจัดสารพิษ อย่างไรก็ตามผลการศึกษาวิจัยผลของการฟอกสีฟันโดยสารไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ พบว่าพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อในฟันอาจเกิดการอักเสบชนิดเฉียบพลันหรือชนิดเรื้อรัง ทั้งนี้ขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ปริมาณและระยะเวลาที่ได้รับสาร ความหนาของส่วนโครงสร้างฟัน และสภาพของเนื้อเยื่อในฟัน เป็นต้น

<u>2.1 การตอบสนองของเนื้อเยื่อในฟันโดยทั่วไป</u>

การตอบสนองของเนื้อเยื่อในฟันโดยทั่วไปจะแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ การอักเสบชนิดเฉียบพลัน (acute inflammation) การอักเสบชนิดเรื้อรัง (chronic inflammation) และขั้นตอนการหายของแผล (healing) เมื่อเนื้อเยื่อในฟันถูกกระตุ้นจากสารเคมี แบคทีเรีย ความร้อนหรือสิ่งกระตุ้นอื่นๆจะเกิดการอักเสบชนิดเฉียบพลันขึ้นก่อน โดยเริ่มจากหลอดเลือดขนาดมีการ

ขยายตัว (vasodilation) และยอมให้สารต่างๆซึมผ่านออกนอกหลอดเลือดได้ง่ายขึ้น สารเหลว (fluid) พลาสมาโปรตีนและเซลล์เม็ดเลือดขาวซึ่งมักจะเป็นชนิดนิวโทรฟิล (neutrophils หรือ polymorphonuclear leukocytes) จะเข้าไปในเนื้อเยื่ออ่อนรอบหลอดเลือด โดยทั่วไปการอักเสบชนิดเฉียบพลันจะมีเม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิลเป็นหลักและจะพบในช่วงระยะเวลา 6 – 24 ชั่วโมงแรกของการอักเสบ ถ้าหากเซลล์เม็ดเลือดขาวซึ่งมักจะเป็นชนิดนิวโทรฟิล ไม่สามารถจัดการกับสิ่งกระตุ้นที่เป็นอันตรายทั้งหลายได้ ก็จะมีการตอบสนองของเนื้อเยื่อแบบการอักเสบชนิดเรื้อรัง ซึ่งจะมีลักษณะที่แตกต่างจากการอักเสบชนิดเฉียบพลัน โดยเซลล์เม็ดเลือดขาวที่มาเกี่ยวข้องมักจะเป็นชนิดลิมโฟไซท์ (lymphocytes) พลาสมาเซลล์ (plasma cell) โมโนไซต์ (monocytes) และแมคโครฟาจ (macrophages) การทำงานของชนิดเซลล์เม็ดเลือดขาวที่แตกต่างกันจะขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งกระตุ้นและช่วงระยะเวลาของการอักเสบ โดยทั่วไปเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนนิวเคลีย (mononuclear cells) เริ่มพบได้ภายในระยะเวลา 24 – 48 ชั่วโมง การอักเสบชนิดเรื้อรังอาจเป็นอยู่นานถึง 1 สัปดาห์หรือมากกว่านั้น ในช่วงระยะของการอักเสบของเนื้อเยื่อทั้งชนิดเฉียบพลันและชนิดเรื้อรังจะมีช่วงเวลาคาบเกี่ยวกับขั้นตอนการหายของแผล เนื้อเยื่อในฟันจะมีการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นด้วยการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิ (tertiary dentin) ซึ่งเป็นลักษณะที่บ่งบอกว่าเนื้อเยื่อในฟันที่ได้รับอันตรายมีการหายของแผลกลับมาเป็นปกติ เนื้อฟันที่สร้างขึ้นมาใหม่นี้แบ่งได้เป็น 2 ประเภท [29] คือ reactionary dentin และ reparative dentin เนื้อฟันตติยภูมิที่สร้างขึ้นนั้นจะเป็นชนิดใดขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของการบาดเจ็บและการคงอยู่ของเซลล์สร้างเนื้อฟัน (odontoblast)

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการตอบสนองของเนื้อเยื่อในฟันที่บูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต

ปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดการตอบสนองของเนื้อเยื่อในฟันในฟันที่มีการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต มีหลายประการ[30] เช่น แบคทีเรีย ขั้นตอนการเตรียมและการบูรณะฟัน ความเป็นพิษของวัสดุบูรณะ ความหนาของเนื้อฟันที่เหลืออยู่ (remaining dentin thickness: RDT) เป็นต้น

แบคทีเรียในบริเวณฟันผุ สามารถทำให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟัน โดยไม่จำเป็นต้องเกิดการผุทะลุโพรงประสาทฟัน[31] นอกจากนี้อาจพบแบคทีเรียใต้วัสดุเรซินคอมโพสิตซึ่งอาจเกิดจากการปนเปื้อนขณะเตรียมโพรงฟัน[32, 33] หรือจากการแทรกซึมของแบคทีเรียผ่านตามขอบที่ไม่สมบูรณ์ของวัสดุ[34, 35] Murray และคณะ[32] ทดลองบูรณะฟัน (Class V) ในฟันสัตว์ทดลองที่ไม่มีฟันผุโดยไม่ทะลุโพรงเนื้อเยื่อในด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต ภายหลังการบูรณะ 3-172 วัน สามารถตรวจพบแบคทีเรียอยู่ใต้วัสดุบูรณะได้ร้อยละ 20 ซึ่งอาจแสดงถึงการผนึกตามขอบวัสดุอุดที่ไม่เพียงพอทำให้เกิดรอยซึมเล็ก (microleakage) ที่ยอมให้เชื้อแบคทีเรียผ่านเข้าไปมีผลต่อเนื้อเยื่อในได้ หรือการเตรียมโพรงฟันให้ปราศจากเชื้อแบคทีเรียนั้นหลีกเลี่ยงได้ยาก แม้ว่าจะใช้วิธีการปลอดเชื้อ (aseptic technique) แล้วก็ตาม Bergenholtz และคณะ[34] พบว่าการมีเชื้อแบคทีเรียตกค้างอยู่ใต้วัสดุ

บูรณะจะสัมพันธ์กับการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟัน

ขั้นตอนการกรอแต่งฟัน (tooth preparation) และขั้นตอนการบูรณะฟันด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต ทำให้เพิ่มความเสี่ยงในการเกิดพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อในฟันได้ เช่น ความร้อนที่อาจเหลืออยู่จากการใช้น้ำเพื่อลดความร้อนในขณะกรอแต่งฟันไม่เพียงพอ[36] อย่างไรก็ตามการกรอแต่งฟันโดยใช้ด้ามกรอฟันความเร็วสูงและมีการใช้น้ำอย่างเพียงพอก็จะไม่มีผลเพิ่มอุณหภูมิของเนื้อเยื่อในและไม่ก่อให้เกิดพยาธิสภาพต่อเนื้อเยื่อในฟัน การฉายแสงเพื่อให้วัสดุเรซินคอมโพสิตเกิดการโพลีเมอร์ไรเซชั่นโดยใช้เครื่องฉายแสงชนิด quartz halogen tungsten เป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งจะให้แสงที่มีช่วงความยาวคลื่นที่กว้าง รวมทั้งให้ความร้อนขณะปลดปล่อยแสง มีผลเพิ่มอุณหภูมิของเนื้อเยื่อใน[37] Zach และ Cohen[36] พบว่าอุณหภูมิของเนื้อเยื่อในฟันที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 5.5°C อาจทำให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันได้ระดับที่ไม่สามารถผันกลับได้ (irreversible pulpitis) นอกจากนี้การใช้กรดกัดเพื่อเปิดท่อเนื้อฟัน[33] การเป่าลม[38] การใช้สารยึดติดที่มีความเป็นกรดและสามารถซึมผ่านเนื้อฟันมีผลทำให้เนื้อเยื่อในฟันเกิดการอักเสบได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเนื้อฟันเหลือน้อยกว่า 0.3 มิลลิเมตร[39]

นอกจากนี้มีรายงานความเป็นพิษของวัสดุบูรณะ เช่น สารโมโนเมอร์ (monomer) ที่เป็นองค์ประกอบของวัสดุบูรณเรซินคอมโพสิต สารโมโนเมอร์สามารถซึมผ่านเนื้อฟันเข้าสู่เนื้อเยื่อในฟันได้[40, 41] และอาจส่งผลทำลายหรือขัดขวางการทำหน้าที่ปกติของเซลล์ หากมีปริมาณที่มากเพียงพอ[42, 43] ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดการแพร่ผ่านของสารจากวัสดุทางทันตกรรม คือ ความหนาของเนื้อฟันที่เหลืออยู่ การตอบสนองของเนื้อเยื่อในฟัน แปรผกผันกับความหนาของเนื้อฟัน กล่าวคือ เมื่อความหนาของเนื้อฟันลดลง สารโมโนเมอร์จากสารยึด (bonding) และเรซินคอมโพสิตสามารถซึมผ่านเข้าไปในโพรงฟันได้มากขึ้น[44] Stanley แนะนำว่าความหนาของเนื้อฟันที่มากกว่า 2 มิลลิเมตรเพียงพอที่จะป้องกันไม่ให้สารต่างๆซึมผ่านเข้าสู่โพรงประสาทฟันได้ หรือสารที่สามารถซึมผ่านเข้าไปได้จะมีปริมาณน้อยเกินกว่าระดับที่จะก่อให้เกิดพยาธิสภาพได้ หรือพยาธิสภาพที่เกิดขึ้นภายในเนื้อเยื่อในนั้นอยู่ในระดับน้อยและเป็นแบบผันกลับได้

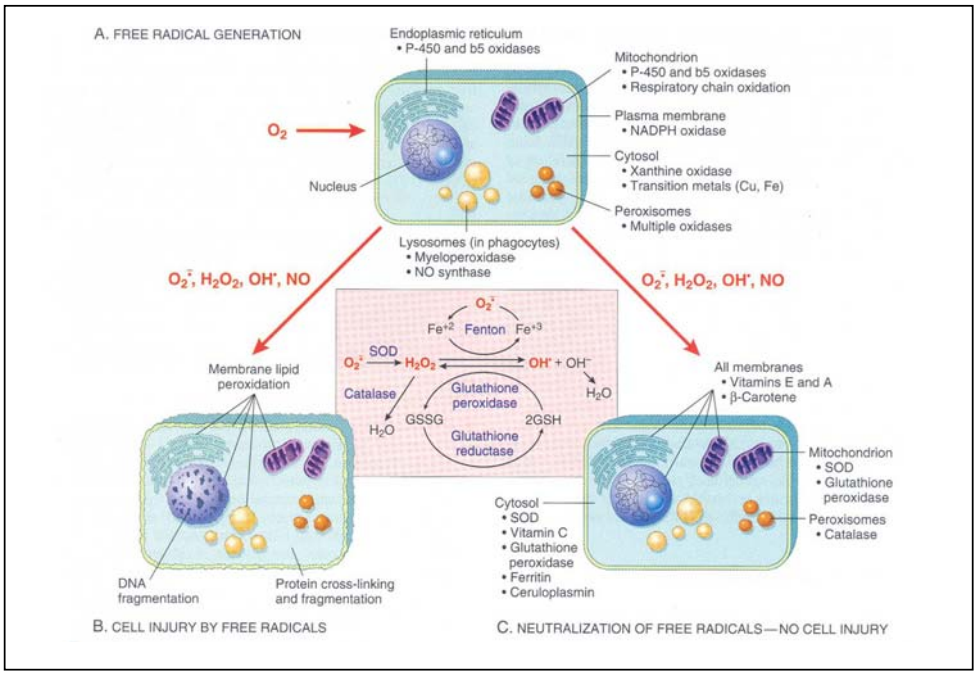
การบูรณะฟันด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตก่อให้เกิดพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อในฟันได้ตั้งแต่การอักเสบชนิดเรื้อรังชนิดผันกลับได้ (reversible) ไปจนถึงการเกิดการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิ การศึกษาของ Akimoto และคณะ[45] เพื่อดูผลของการบูรณะโพรงฟันด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อเยื่อในฟันของลิง พบว่ามีฟันเพียงซี่เดียวจาก 17 ซี่ที่มีการอักเสบชนิดเรื้อรังของเนื้อเยื่อในฟันและอยู่ในระดับปานกลางเมื่อผ่านการบูรณะไปนาน 27 วัน และไม่พบการอักเสบใดๆเลยเมื่อผ่านไป 97 วัน พบการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิในฟัน 16 ซี่จาก 17 ซี่ (94%) เมื่อผ่านการบูรณะไป 27 วัน และฟันทุกซี่มีการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิเมื่อผ่านไป 97 วัน ในทำนองเดียวกันการศึกษาในมนุษย์ของ Murray และคณะ[46] พบว่าการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันจากขั้นตอนการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอม

โพสิตจะกลับมาเป็นปกติและสามารถตรวจพบเนื้อฟันตติยภูมิได้ใน 28 วันหลังจากการบูรณะ

2.3 ผลของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ต่อเซลล์และเนื้อเยื่อในฟัน

กลไกสำคัญที่ควบคุมการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันคือ การไหลเวียนของกระแสเลือดของเนื้อเยื่อในฟัน ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดการซึมผ่านของโมเลกุลออกซิเจนและสารอาหารจากหลอดเลือดไปสู่เนื้อเยื่อในฟัน และจะกำจัดโมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์และของเสียต่างๆจากเนื้อเยื่อให้ออกไปตามเส้นเลือด ดังนั้นการเพิ่มการซึมผ่านของกระแสเลือดภายในเนื้อเยื่อในฟันจึงเป็นกลไกป้องกันของร่างกายต่อสารพิษต่างๆ ในทางกลับกัน การลดการไหลเวียนของกระแสเลือดก็จะทำให้การกำจัดของเสียทำได้ช้าลง ซึ่งโมเลกุลอนุมูลอิสระที่มีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบที่เกิดจากการแตกตัวของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์จะมีบทบาทสำคัญในกระบวนการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟัน[47, 48] ผลของออกซิเจนอนุมูลอิสระ (oxygen free radical: $^{\cdot}O_2^-$) ส่งผลให้หลอดเลือดขยายตัว เพิ่มการไหลเวียนของกระแสเลือดและส่งเสริมให้มีการเกาะตัวของเซลล์อักเสบ (inflammatory cells) ตามผนังหลอดเลือด แต่อนุมูลอิสระของไฮดรอกซิล (hydroxyl free radical: $^{\cdot}OH$) มีผลให้หลอดเลือดหดตัวซึ่งจะลดการไหลเวียนของกระแสเลือด อย่างไรก็ตามกลไกและปริมาณของอนุมูลอิสระที่จะส่งผลต่อเนื้อเยื่อในยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด

ออกซิเจนอนุมูลอิสระนอกจากจะได้รับจากสารเคมีภายนอกแล้ว ในสภาวะปกติเซลล์ในร่างกายยังสามารถสร้างได้เองเช่น ในกระบวนการสังเคราะห์สารระดับเซลล์หรือกลไกป้องกันเชื้อจากภายนอก (microbial defense) เซลล์นิวโทรฟิลสามารถสร้างไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เพื่อใช้กำจัดแบคทีเรีย หรือแบคทีเรียบางชนิดก็สามารถผลิตไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ได้เช่นกัน ออกซิเจนอนุมูลอิสระจะส่งผลเสียต่อเซลล์ได้ 3 ประการคือ 1. ทำลายส่วนที่เป็นไขมันของผนังเซลล์ 2. แยกส่วนของดีเอนเอ (DNA) ภายในนิวเคลียสของเซลล์ 3. ทำลายหรือทำให้เอนไซม์สูญเสียการทำหน้าที่ อย่างไรก็ตามเซลล์ร่ายกายมีกลไกหลายชนิดที่ใช้ลดอันตรายจากอนุมูลอิสระเหล่านี้เช่น การทำงานของส่วนเพอร์โรซิโซม (peroxisomes) ภายในเซลล์โดยตรง เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (superoxide dismutases, SODs) และ เอนไซม์กลูตาไทโอนเพอร์ออกซิเดส (glutathione (GSH) peroxidase) หรือสารแอนติออกซิแดนท์ต่างๆ (antioxidants) เช่น วิตามินอี วิตามินเอ วิตามินซีและสารเบต้าแคโรทีนซึ่งจะเปลี่ยนไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ให้เป็นน้ำและออกซิเจน[49] (ภาพ 2)



ภาพ 2 กลไกการสร้างออกซิเจนอนุมูลอิสระภายในเซลล์ (A), อันตรายที่เกิดต่อเซลล์ (B) และ

กลไกป้องกัน(C) (คัดลอกจาก Robbins basic pathology, Kumar V, Cotran RS, Robbins SL, 2003[49])

สารฟอกสีฟันไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ สามารถก่อให้เกิดอาการระคายเคืองเมื่อสัมผัสถูกกับผิวหนัง หรือเนื้อเยื่ออื่นๆ เช่น เหงือก เยื่อเมือกช่องปาก ลิ้น การสัมผัสของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์กับเลือดหรือเนื้อเยื่อจะทำให้มีการสร้างออกซิเจนจำนวนมากก่อให้เกิดการบวมจากการคั่งของอากาศ (emphysema) ในเนื้อเยื่อ[50] การศึกษาในหนูทดลองพบว่า 30 เปอร์เซนต์ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เมื่อสัมผัสกับเนื้อเยื่อบริเวณลิ้นเป็นเวลา 15 นาที ส่งผลให้เกิด

พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในได้เล็กน้อย และอาการอักเสบสามารถกลับคืนสู่สภาพปกติหลังหยุดฟอกสีฟัน การทดลองฟอกสีฟันในสุนัขพบว่า ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เพียงอย่างเดียวหรือการใช้ความร้อนร่วมด้วยส่งผลให้เกิดการอักเสบและมีเลือดออก (hemorrhage) ภายในเนื้อเยื่อในฟันที่ระยะ 3 และ 15 วันภายหลังจากฟอกสีฟัน โดยลักษณะดังกล่าวจะหายไปภายในเวลา 60 วันหลังจากหยุดฟอกสีฟัน[53] ลักษณะทางพยาธิสภาพดังกล่าวนั้นเป็นแบบผันกลับได้ (reversible) Gonzales-Ochoa[54] ได้ประเมินสภาพของเนื้อเยื่อในโพรงฟันในฟันมนุษย์โดยวิธีการทางพยาธิวิทยา หลังจากฟอกสีฟันด้วยคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 10 พบว่าร้อยละ 33 (n=12) ของฟันที่ได้รับการฟอกสีฟันเป็นระยะเวลานาน 4 วันหรือ 14 วัน มีอาการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อย (mild inflammatory) แต่การอักเสบของเนื้อเยื่อในโพรงประสาทฟันจะหายไปหลังการหยุดฟอกสีฟันได้ 14 วัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Fugaro และคณะ[55] ที่พบว่าร้อยละ 35 ของฟันกรามน้อยจำนวน 45 ซี่ที่ฟอกสีฟันด้วยคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 10 มีการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อย ซึ่งการอักเสบของเนื้อเยื่อโพรงในฟันที่เกิดขึ้นจะกลับมาเป็นปกติภายในเวลา 2 สัปดาห์หลังจากหยุดฟอกสีฟัน และไม่พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันระดับปานกลางถึงรุนแรงเลย อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าเนื้อเยื่อในฟันมีความสามารถในการกำจัดไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์และโมเลกุลอิสระอื่นๆที่ต่ำ เนื่องจากมีเซลล์ไฟโบรบลาสต์ที่กระจัดกระจาย และปริมาณของเพอร์ออกไซด์ที่ซึมผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อในฟันมีปริมาณมากเพียงพอที่จะเป็นพิษกับเซลล์ไฟโบรบลาสต์[56]

3. ผลของสารฟอกสีฟันต่อโครงสร้างฟันทางกายภาพ

ผลของสารฟอกสีฟันต่อโครงสร้างฟันทางกายภาพ เช่น ผลต่อความแข็งแรงระดับจุลภาคของเคลือบฟัน[11, 57, 58] และความต้านทานต่อการขัดสี (resistance to abrasion)[59] มีความแตกต่างกันไปตามแต่วิธีการทดลอง Shannon และคณะ[60] ได้ทดลองฟอกสีฟันในห้องปฏิบัติการ พบว่าเมื่อฟอกสีฟันด้วยคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 10 วันละ 15 ชั่วโมงสลับกับแช่ในน้ำลาย 9 ชั่วโมงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ส่งผลให้พื้นผิวของเคลือบฟันมีรูพรุนและมีความขรุขระมากขึ้น ในทางกลับกัน Oltu และ Gürgan[61] พบว่าการฟอกสีฟันด้วยคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 16 เป็นเวลา 4 วันไม่ได้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของส่วนอนินทรีย์ (inorganic) ของผิวเคลือบฟัน การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดแสดงให้เห็นว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีเพียงเล็กน้อยเกิดขึ้นกับผิวเคลือบฟันที่ฟอกด้วยสารคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น ร้อยละ 10 นาน 6 ชั่วโมง[62, 63] อย่างไรก็ตามการมีผิวเคลือบฟันที่ขรุขระมากขึ้นแม้เพียงเล็กน้อยก็อาจส่งผลให้เกิดการติดสีจากภายนอกภายหลังการฟอกสีฟันได้

4. ผลของสารฟอกสีฟันต่อวัสดุบูรณะฟัน

การฟอกสีฟันในฟันที่มีวัสดุบูรณะ สารฟอกสีฟันจะมีผลต่อวัสดุบูรณะแตกต่างกันตามแต่ชนิดของวัสดุที่ใช้บูรณะ

สารฟอกสีฟันมีผลต่อความเรียบ (roughness) ของผิววัสดุเรซินคอมโพสิต กำลังความแข็ง กำลังแรงยึด (bond strength) สี และรอยซึมเล็ก การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดพบว่าสารฟอกสีฟัน 10% คาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ทำให้ผิววัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิล (microfill) และชนิดไฮบริด (hybrid) มีพื้นผิวที่ขรุขระและมีรูพรุนมากขึ้น [64, 65] โดยเฉพาะเรซินคอมโพสิตชนิดไมโครฟิลจะมีรอยแตกหลังจากผ่านการฟอกไป 4 สัปดาห์[64] Turker และ Biskin[66] พบว่าการฟอกสีฟันจะทำให้วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตมีความแข็งผิวระดับจุลภาค (microhardness) ลดลง แต่ก็มีรายงานของ Basting และคณะ[67] ว่าการฟอกสีฟันไม่มีผลต่อความแข็งผิวระดับจุลภาค หรือ Campos และคณะ[68] พบว่าการฟอกสีฟันทำให้ความแข็งผิวระดับจุลภาคเพิ่มขึ้น ผลของสารฟอกสีฟันต่อสีของวัสดุเรซินคอมโพสิตจะแตกต่างกันไปตามวัสดุและระบบการเทียบสีที่ใช้ การใช้สารฟอกสีฟัน 30% คาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ร่วมกับความร้อนมีผลให้สีของวัสดุเรซินคอมโพสิตมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) ตั้งแต่ 2 ถึง 11 แต่การฟอกสีฟันด้วย 10% คาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์เพียงอย่างเดียวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี (ΔE) น้อยกว่า 2[69] ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่ตามนุษย์จะสังเกตได้[70]

เนื่องจากการฟอกสีฟันมักกระทำในฟันหน้า และเรซินคอมโพสิตเป็นวัสดุที่เลือกใช้ในการบูรณะฟันหน้ามากที่สุด เมื่อมีการใช้งานในช่องปาก รอยต่อวัสดุเรซินคอมโพสิตกับฟันจะเพิ่มการรั่วซึมหรือลดกำลังแรงยึด (bond strength) ได้ เนื่องจากเกิดจากการเปลี่ยนแปลงมิติ (dimensional change) เมื่อมีการรับประทานอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิในช่องปาก หรือเกิดจากพันธะคู่ของเรซินแมตทริกซ์ในสารยึดติดสามารถถูกทำลายโดยน้ำลายและเอนไซม์ในช่องปากโดยขบวนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis)[71, 72] ผลของการฟอกสีฟันต่อรอยซึมเล็กในฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต พบว่าการฟอกสีฟันด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 35 หรือ คาร์บาร์ไมด์เพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 10 ส่งผลต่อการผนึกตามขอบโพรงฟันทั้งบริเวณเคลือบฟัน[73] และเนื้อฟัน[74] แต่การศึกษาอื่นๆ ไม่พบมีรอยซึมเล็กเมื่อโพรงฟันอยู่ในส่วนเคลือบฟัน[74, 75] และฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตอยู่จะมีการซึมผ่านของสารฟอกสีฟันเข้าสู่เนื้อเยื่อในมากกว่าฟันปกติ โดยสารฟอกสีฟันที่มีความเข้มข้นของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่มากจะซึมผ่านเข้าสู่โพรงเนื้อเยื่อในได้มากกว่าความเข้มข้นที่น้อย[13, 14] และสารฟอกสีฟันที่มีความเข้มข้นของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์มากกว่าร้อยละ 10 จะมีการซึมผ่านเข้าสู่โพรงเนื้อเยื่อในฟันที่มีวัสดุบูรณะเป็นเรซินโมดิฟลายกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

(resin modified glass ionomer cement, RMGICs) ได้มากกว่าวัสดุคอมโพเมอร์และวัสดุเรซินคอมโพสิตตามลำดับ[15] เป็นไปได้ว่าความลึกและขนาดของโพรงฟัน ชนิดของวัสดุบูรณะและชนิดของสารยึดติด ความเข้มข้นและระยะเวลาที่ใช้สารฟอกสีฟัน ปัจจัยทั้งหมดนี้อาจจะมีผลต่ออัตราการซึมผ่านและเกี่ยวเนื่องกับรอยซึมเล็กของวัสดุ การซึมผ่านของสารเพอร์ออกไซด์เข้าไปในโพรงเนื้อเยื่อใน เป็นผลให้เกิดการตอบสนองของเนื้อเยื่อในฟันและนำไปสู่อาการเสียวฟันระหว่างการฟอกสีฟันในที่สุด

การศึกษาการตอบสนองของเนื้อเยื่อในจากการฟอกสีฟันที่ผ่านมาเป็นการศึกษาในฟันมนุษย์ที่ปกติและไม่มีวัสดุบูรณะ[55] ปัจจุบันยังไม่มีรายงานการศึกษาการตอบสนองของเนื้อเยื่อในของฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตที่ได้รับการฟอกสีฟันด้วยคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีสมมติฐานว่า ฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิตมีการตอบสนองของเนื้อเยื่อในต่อสารฟอกสีฟันมากกว่าฟันที่ไม่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต ผลการศึกษานี้จะช่วยอธิบายว่าฟันซึ่งได้รับการบูรณะด้วยวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตนั้นสามารถรับการฟอกสีฟันในทางคลินิกได้อย่างปลอดภัยเพียงพอหรือไม่ เพื่อที่จะได้นำมาซึ่งการกำหนดลักษณะฟันที่เป็นข้อบ่งชี้หรือข้อห้ามใช้ในการฟอกสีฟัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองของเซลล์และเนื้อเยื่อในระหว่างฟันมนุษย์ซึ่งได้รับการบูรณะด้วยวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต กับฟันปกติที่ไม่ได้บูรณะด้วยวัสดุใดๆ เมื่อผ่านการฟอกสีฟัน
2. เพื่อเปรียบเทียบอุบัติการณ์ของอาการเสียวฟันและระยะเวลาที่อาการเสียวฟันคงอยู่ระหว่างฟันซึ่งได้รับการบูรณะด้วยวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตกับฟันปกติที่ไม่ได้บูรณะด้วยวัสดุใดๆ ในระหว่างที่มีการฟอกสีฟัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของทันตแพทย์ในการเลือกผู้ป่วยที่จะทำการฟอกสีฟันได้อย่างเหมาะสม
2. เพื่อเป็นข้อมูลประกอบในการอธิบายให้ผู้ป่วยรับทราบถึงผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่ต้องมีการฟอกสีฟันซึ่งมีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมในการวิจัยคณะทันตแพทยศาตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (เลขที่ ศธ.0521.1.03/573) การศึกษานี้มีเกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1. ผู้เข้าร่วมการวิจัย
    - อายุระหว่าง 14-30 ปี
    - มีสุขภาพแข็งแรง ไม่มีโรคประจำตัว
    - ยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
    - มีฟันกรามน้อยที่ได้รับการวางแผนที่จะถอนฟันเพื่อการจัดฟันอย่างน้อย 2 ซี่ต่อคน ที่คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2. ฟันกรามน้อยเป็นฟันปกติ (sound)
    - ไม่พบรอยผุบนด้านบดเคี้ยวของตัวฟัน หรือ ด้านประชิดของตัวฟัน ซึ่งตรวจสอบจากภาพถ่ายรังสี
    - ไม่พบรอยสึกบนด้านบดเคี้ยวหรือบริเวณคอฟัน
    - ไม่มีประวัติอาการเสียวฟัน
    - ไม่เคยได้รับการบูรณะฟันมาก่อน
    - เหงือกโดยรอบมีลักษณะปกติ
    - ไม่มีประวัติการปวดฟัน เคาะแล้วไม่มีอาการผิดปกติ ไม่พบลักษณะการโยกที่ผิดปกติของฟัน
    - ฟันมีการสร้างปลายรากฟันที่สมบูรณ์ (complete root formation) ซึ่งตรวจสอบจากภาพถ่ายรังสี
    - ไม่พบพยาธิสภาพที่รอบปลายรากฟันและเนื้อเยื่อปริทันต์ (periodontal tissue)
    - ไม่พบโพรงหนองหรือช่องระบายหนอง

- ไม่พบการละลายของรากฟันที่ผิดปกติทั้งภายใน (internal root resorption) และภายนอกรากฟัน (external root resorption)

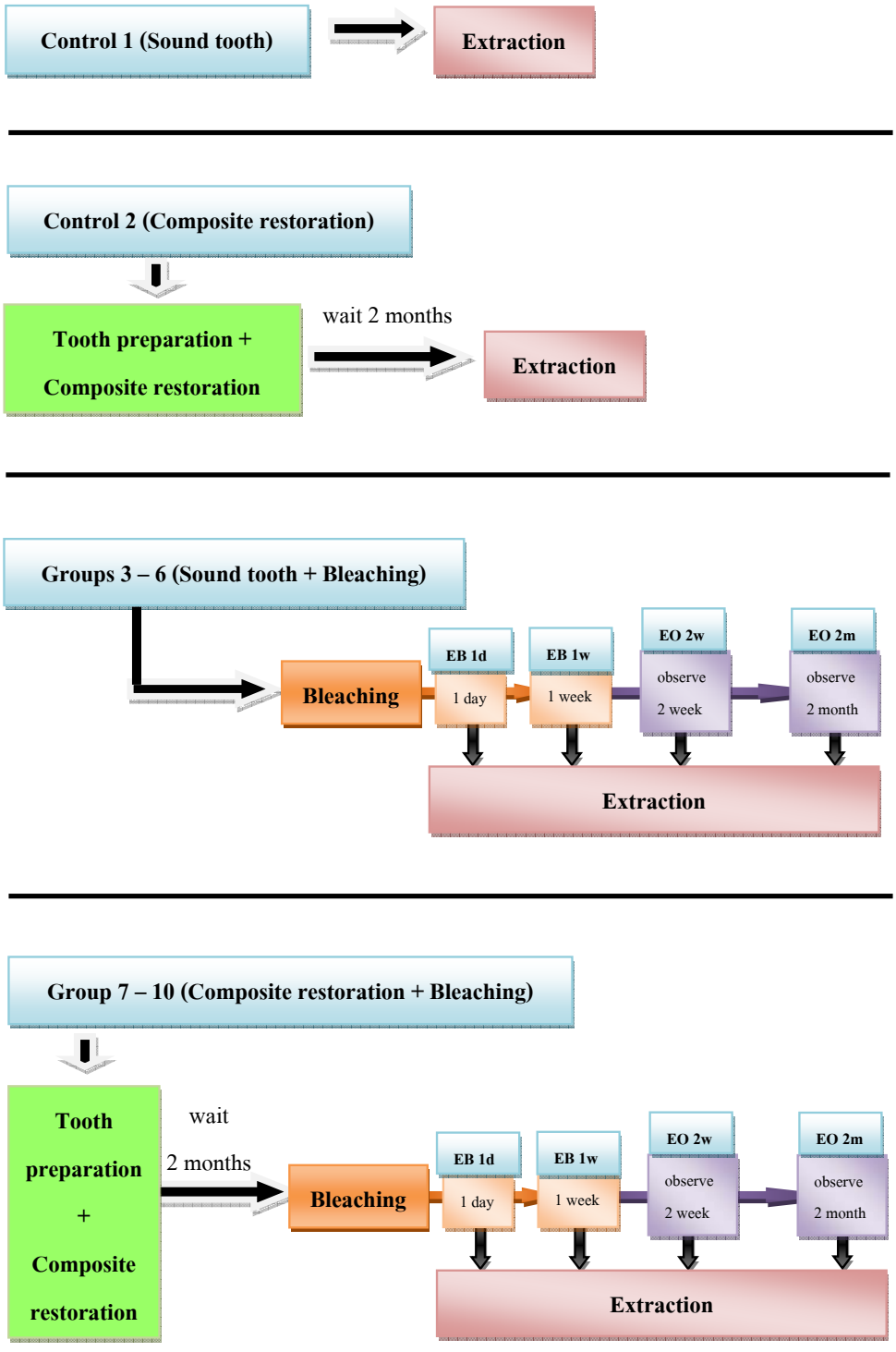
ก่อนเข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยจะอธิบายถึงเหตุผลของการวิจัย ขั้นตอนการวิจัยและความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นให้กับอาสาสมัครหรือผู้ปกครอง รวมทั้งการให้เซ็นใบยินยอมก่อนที่จะเริ่มการวิจัย โดยแบบฟอร์มใบเชิญชวนและแบบยินยอมเข้าร่วมการรักษาได้แสดงไว้ในภาคผนวก 2 ในการศึกษานี้คัดเลือกอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยจำนวนทั้งสิ้น 30 คน

ก่อนเริ่มทำการวิจัย ผู้วิจัยบันทึกอาการทางคลินิกรวมถึงทดสอบอาการเสียวฟัน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานเปรียบเทียบกับข้อมูลหลังการทดลอง ฟันกรามน้อยจำนวนทั้งหมด 88 ซี่จะได้รับการแบ่งกลุ่มโดยสุ่ม (random) ทั้งหมด 10 กลุ่ม ดังตาราง 1 และภาพ 3 โดยในการศึกษานี้มีปัจจัยที่ทำการศึกษาดังนี้

1. ระยะเวลาในการฟอกสีฟัน ซึ่งแบ่งออกเป็นระยะเวลา 1 วันและ 7 วัน เพื่อประเมินผลของระยะเวลาในการฟอกสีฟันต่อการเกิดพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อใน
2. ระยะเวลาในประเมินพยาธิสภาพของเซลล์และเนื้อเยื่อในหลังหยุดฟอกสีฟัน โดยหยุดฟอกสีฟันเป็นระยะเวลานาน 2 สัปดาห์ และ 2 เดือน เพื่อประเมินระยะเวลาที่เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อใน และการหายจากการอักเสบ (healing)
3. ผลของการมีหรือไม่มีวัสดุบูรณะฟันเรซินคอมโพสิตในฟันที่ได้รับการฟอกสีฟัน เพื่อประเมินผลของการมีวัสดุบูรณะฟันเรซินคอมโพสิตต่อการเกิดพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อในจากการฟอกสีฟัน เปรียบเทียบกับฟันปกติที่ได้รับการฟอกสีฟัน ลักษณะโพรงฟันที่เตรียมเพื่อการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต เป็นโพรงฟันชนิดที่ 5 (Class V) ด้านใกล้แก้ม (buccal)

ตาราง 1 ข้อมูลเกี่ยวกับกลุ่มการศึกษา

กลุ่ม		รายละเอียด		จำนวน (ซี่)
		ฟัน	**การฟอกสีฟันและระยะเวลาในการประเมินผลการตอบสนองของเซลล์และเนื้อเยื่อใน**	
1	**Control 1**	ฟันปกติ (sound)	-	3
2	**Control 2**	ฟันที่มีการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตลักษณะ Class V ด้านใกล้แก้ม (buccal) เป็นเวลา 2 เดือน	-	5
3	**CB1d**	ฟันปกติ	ฟอกสีฟันระยะเวลานาน 1 คืนและถอนฟัน	10
4	**CB1w**		ฟอกสีฟันระยะเวลานาน 7 คืนและถอนฟัน	11
5	**CO2w**		ฟอกสีฟันนาน 7 คืนและถอนฟันหลังหยุดฟอกสีฟันนาน 2 สัปดาห์	10
6	**CO2m**		ฟอกสีฟันนาน 7 คืนและถอนฟันหลังหยุดฟอกสีฟันนาน 2 เดือน	10
7	**EB1d**	ฟันที่มีการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตลักษณะ Class V ด้านใกล้แก้ม (buccal) เป็นเวลา 2 เดือน	ฟอกสีฟันนาน 1 คืน แล้วจึงถอนฟัน	9
8	**EB1w**		ฟอกสีฟันนาน 7 คืน แล้วจึงถอนฟัน	9
9	**EO2w**		ฟอกสีฟันนาน 7 คืน แล้วจึงถอนฟันหลังหยุดฟอกสีฟันนาน 2 สัปดาห์	10
10	**EO2m**		ฟอกสีฟันนาน 7 คืน แล้วจึงถอนฟันหลังหยุดฟอกสีฟันนาน 2 เดือน	10



ภาพ 3 ขั้นตอนการดำเนินการทดลองในกลุ่มต่างๆ

การเตรียมโพรงฟันเพื่อการบูรณะด้วยวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต (กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 7-10 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับการฟอกสีฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต): ก่อนฟอกสีฟัน ฟันจะถูกขัดด้วยหัวขัดยางร่วมกับผงขัดที่ความเร็วต่ำและอาสาสมัครได้รับการเตรียมโพรงฟันชนิดที่ 5 ทางด้านใกล้แก้ม (buccal) ของฟันกรามน้อยด้วยความเร็วสูงภายใต้การลดความร้อนขณะกรอด้วยน้ำ (airotor with water coolant) ภายใต้การฉีดยาชาเฉพาะที่ซึ่งมีส่วนผสมของสารบีบหลอดเลือด (vasoconstrictor) (Lidocaine HCL 2% and epinephrine 1:100,000; Abbott Laboratories, Kansas, USA) และใส่แผ่นยางกั้นน้ำลายในการเตรียมโพรงฟันใช้หัวกรอกากเพชรรูปทรงกระบอกปลายตัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 มิลลิเมตร และหัวกรอจะถูกเปลี่ยนใหม่เมื่อใช้เตรียมโพรงฟันครบ 4 ซี่เพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนจากการที่หัวกรอทื่อขณะเตรียมโพรงฟัน โพรงฟันที่เตรียมมีขนาดกว้าง 4 มิลลิเมตร สูง 3-4 มิลลิเมตร และลึก 2 มิลลิเมตร ขอบเขตด้านเหงือกให้อยู่สูงจากตำแหน่งรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction: CEJ) 1 มิลลิเมตร มีการมนขอบ (bevel) ด้านบดเคี้ยว

การบูรณะฟันด้วยวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต: การบูรณะฟันด้วยวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต ทำตามบริษัทผู้ผลิตแนะนำอย่างเคร่งครัด โดยมีรายละเอียดดังนี้ เป่าฟันให้แห้ง ก่อนใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้น 35 เปอร์เซนต์ (Scotchbond Etching gel®, 3M ESPE, USA) กัดพื้นผิวโพรงฟันทั้งส่วนเคลือบฟันและเนื้อฟันเป็นระยะเวลา 20 วินาที หลังจากนั้น ล้างน้ำนาน 15-20 วินาที แล้วทาสารไพรเมอร์นาน 15 วินาที จึงเป่าสารไพรเมอร์เบาๆ โดยพื้นผิวฟันยังคงลักษณะมัน (shiny) จากนั้นทาสารยึดติด (Scotchbond MP plus®, 3M ESPE, USA) และฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง (Coltolux 75, ความเข้มแสง 410 mW/cm^2) นาน 20 วินาที ต่อจากนั้นบูรณะโพรงฟันทุกซี่ด้วยวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต (Z100®, 3M ESPE, USA) สี A4 กำจัดวัสดุส่วนเกินและขัดแต่งด้วยหัวขัดกากเพชรชนิดละเอียด (diamond bur) และดิสขัด (Soflex-Disk®, 3M ESPE, USA) ภายหลังบูรณะให้อาสาสมัครกลับไปใช้งานประมาณ 2 เดือน จึงเริ่มขั้นตอนการฟอกสีฟัน โดยก่อนเริ่มการฟอกสีฟันจะทำการตรวจสอบอาการเสียวฟันอีกครั้งเพื่อพิจารณาว่าอาการเสียวฟันไม่ได้เกิดจากการขัดวัสดุบูรณะที่มากเกินไป (over-polishing)

กลุ่ม 3-10 เป็นกลุ่มที่ได้รับการฟอกสีฟัน ทำการพิมพ์ฟันในขากรรไกรที่มีฟันที่จะฟอกสีฟันด้วยวัสดุพิมพ์ปากชนิดไฮโดรคอลลอยด์ชนิดผันกลับไม่ได้ (irreversible hydrocolloid) เพื่อทแบบจำลองฟันและนำไปทำถาดฟอกสีฟัน

เมื่อครบกำหนดระยะเวลา 2 เดือน อาสาสมัครจะได้รับจดหมายนัดมาที่คลินิกเพื่อฟังคำอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการฟอกสีฟัน ข้อควรระวัง อาการข้างเคียง และได้รับมอบน้ำยาฟอกสีฟัน 1 หลอดต่อ 1 อาสาสมัคร (10% carbamide peroxide, Opalescence PF®, Ultradent, USA) โดยให้ฟอกสีฟันเฉพาะซี่ฟันที่กำหนดเป็นระยะเวลาต่อเนื่องกันอย่างน้อย 6 ชั่วโมงต่อคืนเป็นระยะเวลา 1

หรือ 7 คืนตามกลุ่มการทดลองที่กำหนดไว้ ภายหลังจากการฟอกสีฟันในแต่ละวันผู้เข้าร่วมการวิจัยจะบันทึกอาการและผลของการฟอกสีฟันด้วยแบบสอบถาม หลังจากฟอกสีฟันครบตามระยะเวลาที่กำหนด ผู้วิจัยตรวจสภาพวัสดุบูรณะและบันทึกอาการเสียวฟัน สีของฟันและวัสดุบูรณะอีกครั้งเมื่อมีการติดตามผลทางคลินิกครบตามกำหนดในแต่ละกลุ่มศึกษา หลังจากนั้นจะทำการถอนฟันโดยใช้คีมถอนฟันและเครื่องมืองัดฟัน (elevator) ภายใต้การฉีดยาชาเฉพาะที่โดยวิธีซึมผ่าน (infiltration technique)

การเตรียมชิ้นงานเพื่อการประเมินผลการตอบสนองของเซลล์และเนื้อเยื่อในฟัน (ภาพ 4):นำฟันที่ถอนมาตัดปลายรากฟันออกไป 4 มิลลิเมตร ด้วยหัวกรอความเร็วสูง โดยมีน้ำหล่อตลอดเวลา แล้วนำฟันมาแช่ในสารละลายบัฟเฟอร์ฟอร์มาลิน (buffered formalin solution) ความเข้มข้นร้อยละ 10 ทันทีเป็นเวลา 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นแช่ฟันในสารละลายกรดเอทิลินไดอะมีนเตตราอะซีติก (ethylenediaminetetraacetic acid solution, EDTA) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 12.5 และมี ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ประมาณ 7.01 ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อดึงแคลเซียมออก (decalcification) ออกจากฟัน โดยมีการเปลี่ยนสารละลายกรดเอทิลินไดอะมีนเตตราอะซีติก ทุกๆ 2-3 วัน นานประมาณ 3 เดือน ทำการทดสอบว่าสารแคลเซียมถูกดึงออกจากฟันอย่างสมบูรณ์โดยการนำสารละลายกรดเอทิลินไดอะมีนเตตราอะซีติก ที่ใช้แช่ฟันมาทำปฏิกิริยากับสารละลายอิ่มตัวแอมโมเนียมออกซาเลท (saturated ammonium oxalate solution) ภายใต้สภาวะกรด (pH 3-4) ฟันที่ถูกดึงแคลเซียมออกจากฟันอย่างสมบูรณ์แล้วจะไม่เกิดการตกตะกอนของสารแคลเซียมออกซาเลท หลังจากนั้นแช่ฟันในสารละลายกรดเอทิลินไดอะมีนเตตราอะซีติกต่อไปอีก 1-2 สัปดาห์

นำฟันไปล้างน้ำประปาไหลผ่านเป็นเวลา 24 ชม. จากนั้นกำจัดน้ำออกจากชิ้นฟันตัวอย่างโดยการแช่ชิ้นฟันตัวอย่างในอัลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 70, 95 และ 100 และไซลีน (xylene) ตามลำดับ เพื่อ ให้ขี้ผึ้งพารัฟฟินสามารถแทรกซึมลงในชิ้นฟันตัวอย่างอย่างสมบูรณ์ ตามด้วยการแช่ชิ้นฟันตัวอย่างในขี้ผึ้งพาราฟินภายใต้ความดัน จากนั้นฝังชิ้นฟันตัวอย่างในขี้ผึ้งพารัฟฟิน (paraffin) และตัดชิ้นฟันในแนวด้านใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น (bucco-lingual axis) ความหนา 5 ไมโครเมตร อย่างต่อเนื่อง (serial section)

นำสไลด์เนื้อเยื่อฟันจาก 3 บริเวณได้แก่ ส่วนต้นคือบริเวณที่เริ่มเห็นเนื้อเยื่อในส่วนท้ายคือบริเวณที่อนุมานว่าอยู่กึ่งกลางของฟันในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง และส่วนกลางซึ่งอยู่ระหว่างส่วนต้นกับส่วนท้าย มาทำการย้อมสีฮีมาทอกซิลินและอีโอซิน (hematoxylin and eosin stain) และทุกๆ 10 สไลด์จะสุ่มสไลด์มา 1 แผ่นมาทำการย้อมด้วยเทคนิคโมดิไฟด์บราวน์และเบรนน์ (modified Brown and Brenn staining, ภาคผนวก 6) เพื่อดูการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในระดับจุลกายวิภาคซึ่งจะได้ประมาณ 3 สไลด์ต่อฟัน 1 ซี่

การประเมินพยาธิสภาพของเซลล์และเนื้อเยื่อในฟันในระดับจุลกายวิภาค (histopathological examination): การประเมินพยาธิสภาพของเซลล์และเนื้อเยื่อในระดับจุลกายวิภาค ใช้เกณฑ์การประเมินสภาพของเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันของ Cox และคณะ (ตาราง 2)[76] ดังนี้ (1) การอักเสบของเซลล์และเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟัน (inflammatory cell responses) (2) ลักษณะการเรียงตัวของเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟัน (soft tissue organization) และ (3) การสร้างเนื้อฟันทดแทน (reparative dentin) (4) การย้อมติดสีของเชื้อแบคทีเรีย (bacteria staining) นอกจากนี้จะวัดความหนาของเนื้อฟันที่เหลืออยู่จากการตัดเตรียมโพรงฟัน (remaining dentin thickness, RDT) ในตำแหน่งที่บางที่สุดของแต่ละสไลด์จากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ AXIOSKOP 40 (Carl Zeiss, Germany) และคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (image-pro plus) เพื่อประเมินความหนาเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มการทดลอง และหาความสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองของเนื้อเยื่อในโพรงฟันหรืออาการเสียวฟันกับความหนาของเนื้อฟันที่เหลืออยู่ ทั้งนี้ขณะที่ทำการประเมินผลทั้งทางจุลกายวิภาค ผู้ประเมินและผู้เข้าร่วมการวิจัยจะไม่ทราบว่าฟันแต่ละซี่อยู่ในกลุ่มใด (double blind)

นำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลโดยสถิติเชิงพรรณา (descriptive statistics) แสดงค่าเฉลี่ยและความถี่ของตัวแปรต่างๆ ซึ่งได้แก่การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอาการเสียวฟันทั้งทางคลินิกและจากแบบสอบถาม การเปลี่ยนแปลงของสีฟันภายหลังจากการฟอกสีฟัน และทดสอบความแตกต่างของการตอบสนองของเนื้อเยื่อในโพรงฟันและอาการเสียวฟันระหว่างกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะและไม่มีวัสดุบูรณะที่ช่วงระยะเวลาต่างๆด้วยสถิติการทดสอบฟิสเชอร์ (Fisher's exact test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($\alpha = 0.05$)

การประเมินผลทางคลินิก (clinical examination): มีการเก็บข้อมูลทางคลินิกดังต่อไปนี้ (ภาคผนวก 3)

1. ผลข้างเคียงของอาการเสียวฟัน ได้แก่ อาการเสียวฟัน ซึ่งมีการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการตรวจโดยทันตแพทย์ และอาการเสียวฟันที่ผู้ป่วยบันทึกเอง และอาการระคายเคืองของสารฟอกสีฟันต่อเหงือกหรือเนื้อเยื่ออ่อน (mucositis)

อาการแสดง ได้แก่ ระดับการเสียวฟันเมื่อถูกกระตุ้นด้วยการเขี่ย (exploration) เป่าลม (air blow) และน้ำ (water spray) โดยบันทึกเป็นค่าตัวเลขระดับ 0 ถึง 10 (numeric analog scale, NAS) และสภาพเนื้อเยื่อเหงือกรอบๆฟัน ถ้าไม่มีลักษณะอักเสบจากน้ำยาฟอกสีฟันถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ข้อมูลจากแบบบันทึกการรายงานผลอาการเสียวฟันระหว่างและภายหลังการฟอกสีฟัน 7 วันแรก ซึ่งให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นผู้บันทึกเอง โดยให้เลือกระดับตัวเลขที่ตรงกับระดับอาการเสียวฟันของตนเองที่มีการกำหนดตัวเลขเริ่มต้นและตัวเลขสุดท้าย คือ 0 และ 10 (numeric analog scale

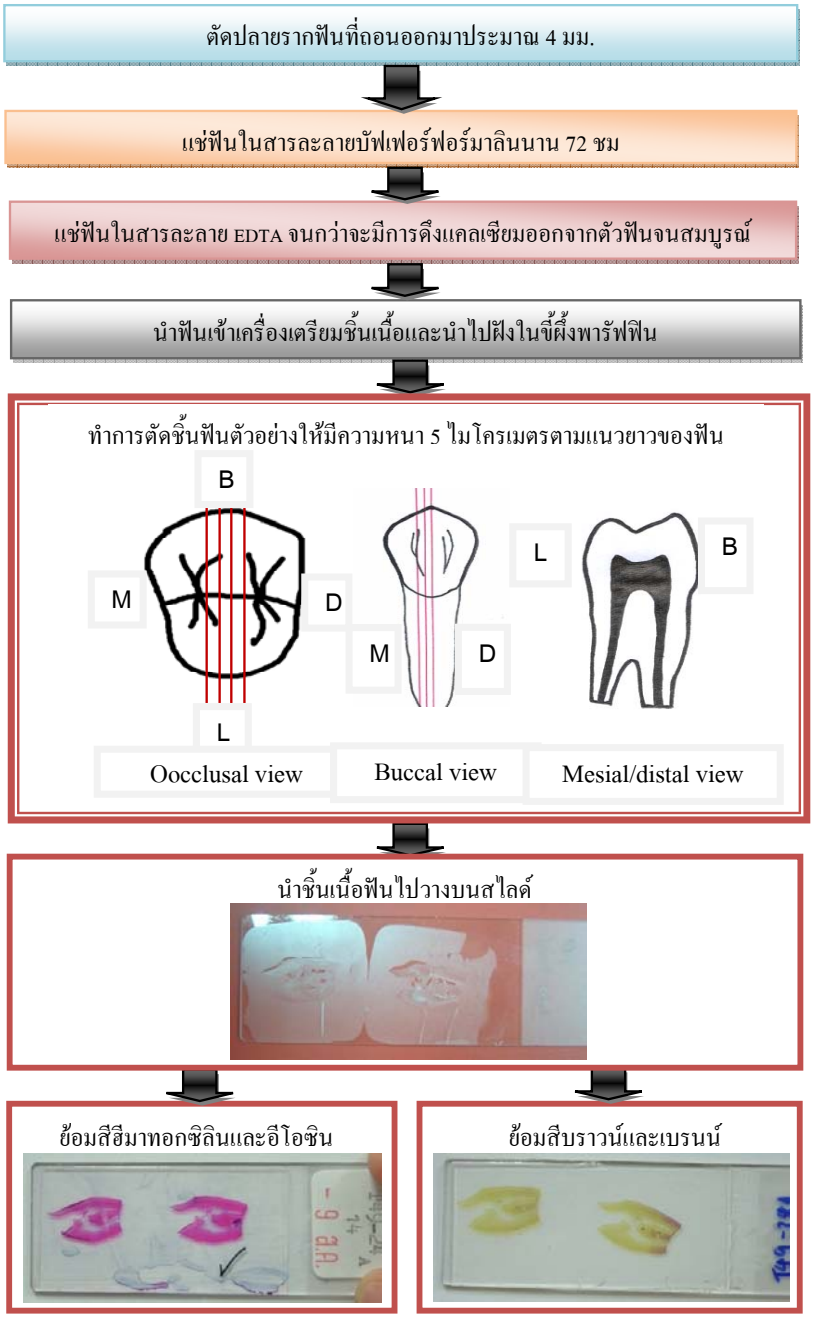
, NAS) โดย 0 หมายถึงไม่มีอาการเสียวฟันเลยและ 10 แสดงถึงอาการปวดเสียวฟันที่รุนแรงมากที่สุดจนไม่สามารถทนได้ โดยผู้วิจัยกำหนดระดับการเสียวฟันเป็น3 ระดับได้แก่

- ระดับ 0-3 เป็นการเสียวฟันในระดับต่ำ (mild)
- ระดับ 3-7 เป็นการเสียวฟันในระดับปานกลาง (moderate)
- ระดับ 7-10 เป็นการเสียวฟันในระดับรุนแรง (severe)

นอกจากนี้จะมีการบันทึกอาการและอาการแสดงอื่นๆที่อาจเกิดขึ้นนอกเหนือจากหัวข้อต่างๆที่ได้กล่าวมาแล้ว (ภาคผนวก 4)

2. ความสมบูรณ์ตามขอบของสภาพวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต: ประเมินโดยใช้เครื่องมือตรวจฟัน (explorer) ทำการตรวจโดยการลากผ่านบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุบูรณะกับผิวฟัน ถ้าไม่เกิดรอยสะดุดแสดงว่าวัสดุบูรณะอยู่ในสภาวะที่ยอมรับได้ (acceptable restoration)

3. สีฟันที่เปลี่ยนแปลงไปหลังการฟอกสีฟัน: บันทึกระดับการเปลี่ยนแปลงของสีของฟันและวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต ก่อนและหลังการฟอกสีฟัน ตามแถบเทียบสีฟันระบบวิต้า (Vita shade system) (ภาคผนวก 8)



ภาพ 4 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นเนื้อฟัน

ตาราง 2 เกณฑ์การประเมินสภาพของเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันดัดแปลงจาก Cox และ คณะ[76]

Inflammatory cell responses	
1	No or very few inflammatory cells subjacent to the cavity dentinal tubules
2	An influx of a small number of inflammatory cells was detected, including small round lymphocytes into the cell-free zone in the area adjacent to the cavity dentinal tubules
3	Polymorphonuclear leukocyte or mononuclear lymphocyte infiltration subjacent to the cavity tubules
4	Localized abscess formation and by an intense lesions extending from the cavity tubules
Soft tissue organization	
1	Normal, or almost normal, tissue morphology underneath the tubules of the remaining dentin or exposure site and throughout the pulp
2	Loss of odontoblasts below the remaining dentin; normal deeper pulpal tissue
3	Loss of general pulpal morphology and cellular organization in the subjacent and deeper pulp directly below the missing odontoblasts
4	Necrosis in at least the coronal third of the pulp
Reparative dentin deposition	
1	No abnormal or reparative dentin underneath the cut tubules of the cavity preparation
2	Small, thin rim of reparative dentin underneath the cut tubules of the cavity preparation
3	Large bulk of new reparative dentin underneath the cut tubules of the cavity preparation
Bacterial staining	
1	Absence of bacterial staining
2	Positive bacterial staining reaction along the cavity walls and floor
3	Positive bacterial staining reaction within the cut dentinal tubules below the cavity
4	Positive bacterial staining reaction within pulp

บทที่ 3

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้ ซึ่งคัดจากผู้ป่วยที่ได้รับการวางแผนการถอนฟันกรามน้อยซี่ที่ 1 และ 2 เพื่อการจัดฟัน มีจำนวน 30 ราย (ตาราง 3) แบ่งเป็นเพศชาย 4 คน เพศหญิง 26 คน มีอายุระหว่าง 14-27 ปี (เฉลี่ย 20.07 ปี)

ตาราง 3 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะ		ร้อยละ (จำนวน)
เพศ	ชาย	13.33 (4)
	หญิง	86.67 (26)
อายุ	14-20 ปี	53.33 (16)
	21-25 ปี	43.33 (13)
	26-30 ปี	3.37 (1)

ในระหว่างการวิจัยมีฟันตัวอย่างที่อาสาสมัครไม่ได้ฟอกสีฟันตามระยะเวลาที่กำหนดจำนวน 3 ซี่ รวมถึงความผิดพลาดจากการเตรียมชิ้นเนื้อเยื่อจำนวน 5 ซี่ ส่งผลให้มีการสูญเสียกลุ่มตัวอย่างจำนวน 8 ซี่จากทั้งหมด 96 ซี่ คิดเป็นร้อยละ 8.33 โดยคงเหลือกลุ่มตัวอย่างเป็นจำนวนฟันทั้งหมด 88 ซี่ แบ่งเป็นกลุ่ม 1 (ฟันปกติ) จำนวน 3 ซี่ กลุ่ม 2 (ฟันที่มีการบูรณะฟันด้วยเรซินคอมโพสิต) จำนวน 5 ซี่ กลุ่ม 3-6 (ฟันปกติซึ่งได้รับการฟอกสีฟัน) จำนวน 41 ซี่ และกลุ่ม 7-10 (ฟันที่มีการบูรณะฟันด้วยเรซินคอมโพสิตและได้รับการฟอกสีฟัน) จำนวน 38 ซี่ (ตาราง 4)

ตาราง 4 จำนวนและลักษณะของซี่ฟันในแต่ละกลุ่ม

ลักษณะ	จำนวนซี่ฟัน									
	กลุ่ม 1	กลุ่ม 2	กลุ่ม 3	กลุ่ม 4	กลุ่ม 5	กลุ่ม 6	กลุ่ม 7	กลุ่ม 8	กลุ่ม 9	กลุ่ม 10
ฟันกรามน้อยบนซี่ที่ 1 (14 /24)	1	5	8	6	4	4	5	7	2	4
ฟันกรามน้อยล่างซี่ที่ 1 (34 /44)	-	-	2	5	5	5	4	2	5	6
ฟันกรามน้อยล่างซี่ที่ 2 (35/45)	3	-	-	-	1	1	-	-	2	-
รวม	**4**	**5**	**10**	**11**	**10**	**10**	**9**	**9**	**10**	**10**

กลุ่ม 1: ฟันปกติ

กลุ่ม 2: ฟันที่มีการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต

กลุ่ม 3-6: ฟันที่ไม่มีการบูรณะแล้วฟอกสีฟัน 1 คืนแล้วถอน (กลุ่ม 3), ฟอกสีฟัน 7 คืนแล้วถอน (กลุ่ม 4), ฟอกสีฟัน 7 คืนแล้วถอนฟันหลังเสร็จสิ้นการฟอกสีฟันเป็นระยะเวลานาน 2 สัปดาห์ (กลุ่ม 5), ฟอกสีฟัน 7 คืนแล้วถอนฟันหลังเสร็จสิ้นการฟอกสีฟันเป็นระยะเวลานาน 2 เดือน (กลุ่ม 6)

กลุ่ม 7-10: ฟันที่มีการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตผ่านไปนาน 2 เดือนแล้วฟอกสีฟัน 1 คืนแล้วถอน (กลุ่ม 7), ฟอกสีฟัน 7 คืนแล้วถอน (กลุ่ม 8), ฟอกสีฟัน 7 คืนแล้วถอนฟันหลังเสร็จสิ้นการฟอกสีฟันเป็นระยะเวลานาน 2 สัปดาห์ (กลุ่ม 9), ฟอกสีฟัน 7 คืนแล้วถอนฟันหลังเสร็จสิ้นการฟอกสีฟันเป็นระยะเวลานาน 2 เดือน (กลุ่ม 10)

ตอนที่ 2 ผลการประเมินพยาธิสภาพของเซลล์และเนื้อเยื่อในระดับจุลกายวิภาค (histopathological examination) เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองของเซลล์และเนื้อเยื่อในระหว่างฟันมนุษย์ซึ่งได้รับการบูรณะด้วยวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต กับฟันปกติที่ไม่ได้บูรณะด้วยวัสดุใดๆ เมื่อผ่านการฟอกสีฟัน (ตาราง 5)

ผลการเปรียบเทียบการตอบสนองของเซลล์และเนื้อเยื่อในต่อการตัดเตรียมโพรงฟันและการบูรณะด้วยวัสดุเรซิน คอมโพสิตและฟันปกติ โดยไม่ได้รับการฟอกสีฟัน (กลุ่มควบคุม 1 และ 2)

ฟันปกติ (กลุ่ม 1) ไม่พบปฏิกิริยาการตอบสนองของเนื้อเยื่อประสาทฟัน (pulp tissue response) และมีลักษณะจุลกายวิภาคของเนื้อเยื่อในเป็นปกติ คือ การเรียงตัวของเซลล์สร้างเนื้อฟัน (odontoblast cell) เป็นลักษณะต่อเนื่องไปตามส่วนพรีเดนทีน (pre-dentin) เซลล์มีรูปร่างทรงกระบอก (columnar) ถัดเข้ามาจากเซลล์สร้างเนื้อฟันพบบริเวณที่ไม่มีเซลล์ (cell-free zone or Weil's zone) และบริเวณที่มีเซลล์ไฟโปรบลาสจำนวนมาก (cell-rich zone) ได้ชัดเจน ถัดเข้าอีกเป็นส่วนเนื้อเยื่อในที่ประกอบไปด้วยเซลล์สร้างเส้นใย (fibroblast) และเซลล์มีเซนไคมอลที่ไม่

เปลี่ยนสภาพ (undifferentiated mesenchymal cell) กระจัดกระจายอยู่ทั่วไป (ภาพ 5) รวมทั้งไม่พบการสร้างเนื้อฟันทดแทน

ส่วนฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยวัสดุบูรณะเรซินคอมโพลิต และได้ผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลานาน 2 เดือน โดยไม่ได้รับการฟอกสีฟัน (กลุ่ม 2) ไม่พบการอักเสบของเนื้อเยื่อใน และพบการสร้างเนื้อฟันระดับตติยภูมิ (tertiary dentin) ร้อยละ 80 (4/5 ซี่) ซึ่งมีความหนาเฉลี่ยของเนื้อฟันตติยภูมิ เท่ากับ 31.97±21.03 ไมโครเมตร เซลล์สร้างเนื้อฟันในตำแหน่งที่สัมพันธ์กับตำแหน่งที่มีการตัดเตรียมโพรงฟันจะมีรูปร่างเตี้ยลงและกลมรีขึ้นและมีความหนาแน่นของเซลล์น้อยกว่าปกติ ไม่พบลักษณะที่ซ้อนทับกันของเซลล์สร้างเนื้อฟัน (psedostratrified) ที่พบในฟันปกติ (กลุ่ม 1) บริเวณที่ถัดเข้ามาจากเซลล์สร้างเนื้อฟันไม่พบลักษณะแถบของบริเวณที่ไม่มีเซลล์ (cell free zone) และบริเวณที่มีเซลล์ไฟโปรบลาสจำนวนมากอยู่ (cell rich zone) ภายในส่วนเนื้อเยื่อในที่อยู่ลึกลงไปมีลักษณะปกติ ไม่พบเซลล์เม็ดเลือดขาวที่แสดงลักษณะของการอักเสบ ความหนาเฉลี่ยของเนื้อฟันใต้วัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิตเท่ากับ 880±70 ไมโครเมตร (ภาพ 6)

ผลการเปรียบเทียบการตอบสนองของเซลล์และเนื้อเยื่อในของฟันปกติ (กลุ่ม 3-6) และฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิต (กลุ่ม 7-10) ต่อการฟอกสีฟัน

ฟันปกติทั้งหมดจำนวน 41 ซี่ ซึ่งได้รับการฟอกสีฟันเป็นระยะเวลานาน 1 หรือ 7 คืน (กลุ่ม 3-6) มีการตอบสนองของเซลล์และเนื้อเยื่อใน เช่นเดียวกับกลุ่มควบคุม 1 การเพิ่มระยะเวลาในการฟอกสีฟันนาน 1 หรือ 7 คืน ไม่มีผลต่อเนื้อเยื่อในเหมือนกัน ไม่พบพยาธิสภาพระดับจุลกายวิภาคใดๆ ณ ทุกระยะเวลาที่ทำการประเมินผลทางจุลกายวิภาค ฟันบางซี่ในทุกกลุ่มมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยโดยพบช่องว่างเป็นวงของสารน้ำสะสม (edema) ขนาดเล็กภายในชั้นของเซลล์สร้างเนื้อฟัน (vacuolization of odontoblast layer) (ภาพ 7A-7F)

ฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตและได้รับการฟอกสีฟันพบการอักเสบของเนื้อเยื่อใน และความผิดปกติในการเรียงตัวของของเซลล์สร้างเนื้อฟันและเนื้อเยื่อในมากกว่าฟันปกติที่ได้รับการฟอกสีฟันซึ่งไม่พบปฏิกิริยาการตอบสนองของเซลล์และเนื้อเยื่อใน ฟันที่ได้รับการฟอกสีฟันนาน 7 คืน (กลุ่ม 8) พบการอักเสบของเนื้อเยื่อใน และความผิดปกติในการจัดเรียงตัวของของเซลล์สร้างเนื้อฟันและเนื้อเยื่อใน มากกว่าฟันที่ได้รับการฟอกสีฟันนาน1 คืน (กลุ่ม 7) และถึงแม้จะหยุดฟอกสีฟันนาน 2 สัปดาห์หรือ 2 เดือนแล้วก็ตาม การอักเสบของเนื้อเยื่อในก็ยังสามารถพบได้และมีรูปแบบใกล้เคียงกัน เซลล์อักเสบที่พบเป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์เป็นส่วนใหญ่ร่วมกับพลาสมาเซลล์ ส่วนเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดอิโอซิโนฟิล (eosinophil) พบได้ร้อยละ 79.17 ของฟันที่เกิดการอักเสบทั้งหมด (19/24 ซี่) กลุ่มของเซลล์เม็ดเลือดขาวจะรวมกลุ่มกันในบริเวณด้านใต้ต่อ

เซลล์สร้างเนื้อฟันในตำแหน่งที่สัมพันธ์กับการตัดเตรียมโพรงฟัน และขยายกินบริเวณเข้ามาในส่วนในของเนื้อเยื่อในฟันแต่ไม่เกินครึ่งหนึ่งของความกว้างของโพรงเนื้อเยื่อใน โดยพบหลอดเลือดเพิ่มมากขึ้นในบริเวณที่เกิดการอักเสบและมีการคั่งของเม็ดเลือดแดงในหลอดเลือด นอกจากนี้ ยังพบจำนวนฟันที่มีการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิเพิ่มขึ้นและมีการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิหนาขึ้นในกลุ่มฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต

ฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตและได้รับการฟอกสีฟันนาน 1 คืน(กลุ่ม 7) พบว่าร้อยละ 44.44 (4/9 ซี่) แสดงลักษณะปกติของเนื้อเยื่อใน เซลล์สร้างเนื้อฟันในตำแหน่งที่มีการกรอตัดโพรงฟันมีรูปร่างทรงกระบอกสั้น (ภาพ 8A และ B) ร้อยละ 33.33 (3/9 ซี่) ของฟันในกลุ่ม 7 พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในและความผิดปกติในการเรียงตัวของเซลล์สร้างเนื้อฟันและเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อย โดยพบกลุ่มของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดเซลล์ลิมโฟไซท์ (lymphocyte) และพลาสมาเซลล์ (plasma cell) จำนวนเล็กน้อย 1 กลุ่มในบริเวณด้านในของเนื้อเยื่อใน ร้อยละ 11.11 (1/9 ซี่) พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับปานกลาง เซลล์สร้างเนื้อฟันขาดการเรียงตัวที่ต่อเนื่อง พบเซลล์อักเสบชนิดลิมโฟไซท์จำนวนมากร่วมกับพลาสมาเซลล์แทรกอยู่ในชั้นเซลล์สร้างเนื้อฟันเข้ามาถึงเนื้อเยื่อในส่วนในลึกของบริเวณที่สัมพันธ์กับตำแหน่งโพรงฟัน มีหลอดเลือดแดงเพิ่มมากขึ้นและมีการคั่งของเซลล์เม็ดเลือดแดงในบริเวณที่เกิดการอักเสบ (ภาพ 9C-9E) นอกจากนี้พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับรุนแรงและมีความผิดปกติของการจัดเรียงตัวของเนื้อเยื่อใน เท่ากับ ร้อยละ 11.11 (1/9 ซี่) โดยพบว่าในฟันซี่นี้มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียใต้วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต ฟันทุกซี่ที่เกิดการอักเสบพบเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดอิโอซิโนฟิล (eosinophil) (ภาพ 9F)

ข้อคิดเห็น[T1]: (ภาพ.....)

ฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตและได้รับการฟอกสีฟันนาน 7 คืน (กลุ่ม 8) ร้อยละ 77.8 (7/9 ซี่) พบเซลล์สร้างเนื้อฟันมีรูปร่างลูกบาศก์ (cuboid) และมีจำนวนเซลล์น้อยกว่าปกติในบางตำแหน่งเซลล์สร้างเนื้อฟันหายไป ร้อยละ 88.89 ของฟันในกลุ่มนี้ พบการอักเสบของเนื้อเยื่อใน มีเพียงร้อยละ 11.11 (1/9 ซี่) ของฟันในกลุ่มนี้ ที่ไม่เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อในบริเวณที่มีการอักเสบพบเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์เป็นส่วนใหญ่ มีพลาสมาเซลล์และโมโนไซท์จำนวนเล็กน้อย โดย ร้อยละ 44.44 (4/9 ซี่) ของฟันในกลุ่มนี้มีอาการอักเสบระดับเล็กน้อย โดยพบเซลล์เม็ดเลือดขาวจำนวนเล็กน้อยอยู่กระจัดกระจายเข้าไปในเนื้อเยื่อในฟันไม่เกิน 1/3 ของความกว้างของโพรงเนื้อเยื่อใน (pulp chamber) (ภาพ 10A และ B) ร้อยละ 44.44 (4/9 ซี่) มีการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับปานกลาง โดยพบเซลล์เม็ดเลือดขาวแทรกอยู่หนาแน่นใต้ต่อบริเวณที่เกิดการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิและกระจายลึกเข้าไปไม่เกิน 2/3 ของความกว้างโพรงเนื้อเยื่อใน (ภาพ 10C และ D) โดยมีร้อยละ 11.11 ของฟันในกลุ่มนี้ (1/9 ซี่) ที่พบลักษณะการอักเสบแต่ยังมีการจัดเรียงตัวของเซลล์สร้างเนื้อฟันยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ (ภาพ 11A) พบเซลล์เม็ดเลือดขาวอิโอซิโน

ฟิลได้ในฟัน 6 ซี่จากฟันที่เกิดการอักเสบทั้งหมด 8 ซี่ (ภาพ 11B) พบการปนเปื้อนของแบคทีเรียในท่อเนื้อฟันระดับปานกลาง ร้อยละ 11.11 (1/9 ซี่) ซึ่งเป็นฟันที่พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในและมีความผิดปกติของการจัดเรียงตัวของเนื้อเยื่อในระดับปานกลาง

ข้อคิดเห็น[T2]: (ภาพ.....)

นอกจากนี้พบว่าฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตและได้รับการฟอกสีฟันนาน 7 คืน (กลุ่ม 8) มีการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิในจำนวนฟันและปริมาณมากกว่าฟันที่ได้รับการฟอกสีฟันนาน 1 คืน (กลุ่ม 7) โดยพบร้อยละ 77.78 ของฟันที่ได้รับการฟอกสีฟันนาน 7 คืน (กลุ่ม 8) (7/9 ซี่) ขณะที่มีเพียงร้อยละ 22.22 (2/9 ซี่) ของฟันที่ได้รับการฟอกสีฟันนาน 1 คืน (กลุ่ม 7) พบการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิ ความหนาของเนื้อฟันตติยภูมิของฟันที่ได้รับการฟอกสีฟันนาน 1 และ 7 คืน เฉลี่ยเท่ากับ 9±18 และ 45±32 ไมโครเมตร ตามลำดับ

หลังหยุดฟอกสีฟันนาน 2 สัปดาห์ (กลุ่ม 9) และ 2 เดือน (กลุ่ม 10) พบว่าจำนวนฟันที่มีการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันลดลงตามระยะเวลาที่สังเกตการณ์ และ ฟันที่มีการเรียงตัวของเซลล์สร้างเนื้อฟันและเนื้อเยื่อในฟันเป็นปกติมีมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ที่ระยะเวลา 2 เดือน ยังพบฟันที่มีการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันและความผิดปกติของการเรียงตัวของเซลล์สร้างเนื้อฟันและเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อย (mild) จนถึงระดับปานกลาง โดยการอักเสบของเนื้อเยื่อในของที่มีการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต ซึ่งได้รับการฟอกสีฟันนาน 7 วัน (กลุ่ม 7-10) มีรูปแบบใกล้เคียงกันดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น นอกจากนี้พบจำนวนฟันที่มีการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิเพิ่มขึ้น และมีการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิหนาขึ้น ณ ระยะเวลา 2 เดือนหลังหยุดการฟอกสีฟัน (กลุ่ม 10) พบจำนวนฟันที่มีการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิเท่ากับร้อยละ 70 (7/10 ซี่) และมีความหนาของเนื้อฟันตติยภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 52+45 ไมโครเมตร ซึ่งมากกว่าที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์หลังหยุดการฟอกสีฟัน (กลุ่ม 9) ที่พบเท่ากับร้อยละ 50 (5/10 ซี่) และมีความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 33+41 ไมโครเมตร

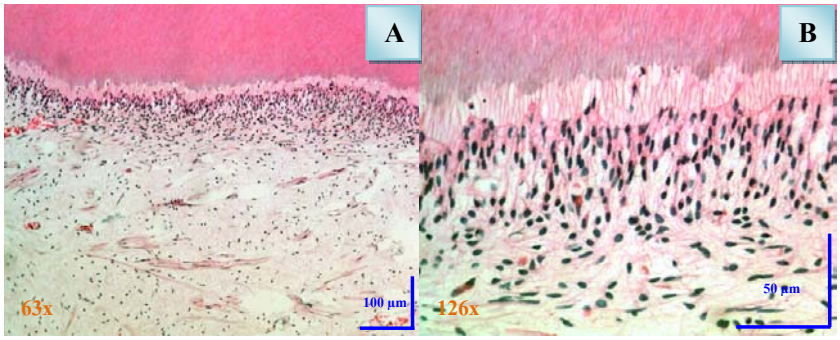
ฟันที่มีการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต ซึ่งได้รับการฟอกสีฟันนาน 7 วันและหยุดฟอกนาน 2 สัปดาห์ (กลุ่ม 9) พบว่าร้อยละ 40 ของฟันในกลุ่มนี้ (4/10 ซี่) มีระดับการตอบสนองของเนื้อเยื่อในระดับปกติ ไม่พบเซลล์เม็ดเลือดขาวและไม่พบการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิในตำแหน่งที่สัมพันธ์กับตำแหน่งการเตรียมโพรงฟัน แต่พบว่าร้อยละ 50 ของฟันที่ไม่มีการอักเสบ (2/4 ซี่) มีรูปร่างและการเรียงตัวของเซลล์สร้างเนื้อฟันผิดไปจากปกติโดยพบเป็นเซลล์รูปร่างกลมสั้น เรียงตัวชั้นเดียวหรือบางตำแหน่งแทบไม่พบเซลล์เลย คล้ายกับฟันตัวอย่างในกลุ่มควบคุม 2 (ภาพ 12A และ B) ร้อยละ 60 ของฟันในกลุ่ม 9 (6/10 ซี่) ที่พบมีการอักเสบของเนื้อเยื่อในโดยแบ่งเป็นการอักเสบระดับเล็กน้อย (mild) และระดับปานกลาง (moderate) เท่ากับ ร้อยละ 50 (5/10 ซี่) และ ร้อยละ 10 (1/10 ซี่) ตามลำดับ ในกลุ่มฟันตัวอย่างที่พบการอักเสบของเนื้อเยื่อใน พบเซลล์อิโอซิโนฟิลได้ร้อยละ 66.67 (4/6 ซี่) กลุ่มที่มีระดับการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อย

พบว่าเซลล์สร้างเนื้อฟันในตำแหน่งที่สัมพันธ์กับตำแหน่งที่มีการเตรียมโพรงฟันมีรูปร่างสั้นลง (cuboidal) และมีการเรียงตัวชั้นเดียวหรือขาดหายไป พบเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์ร่วมกับพลาสมาเซลล์กระจายอยู่ในบริเวณใต้ต่อเซลล์สร้างเนื้อฟันและถัดเข้ามาในเนื้อเยื่อในฟันไม่เกิน 1 ใน 3 ของความกว้างของเนื้อเยื่อในทั้งหมด (ภาพ 13A และ B) ร้อยละ 10 (1/10 ซี่) มีการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับปานกลาง ซึ่งพบเซลล์ลิมโฟไซท์กลุ่มใหญ่ร่วมกับพลาสมาเซลล์รวมตัวหนาแน่นใต้ต่อเซลล์สร้างเนื้อฟันในตำแหน่งที่เป็นโพรงฟัน เนื้อเยื่อในบริเวณที่ลึกลงไปด้านในมีลักษณะปกติ เซลล์สร้างเนื้อฟันมีรูปร่างและการเรียงตัวที่ผิดปกติ แต่ไม่พบการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิ (ภาพ 13C และ D) นอกจากนี้ยังพบการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียในท่อเนื้อฟัน (dentinal tubule) ระดับปานกลางในฟันซี่นี้

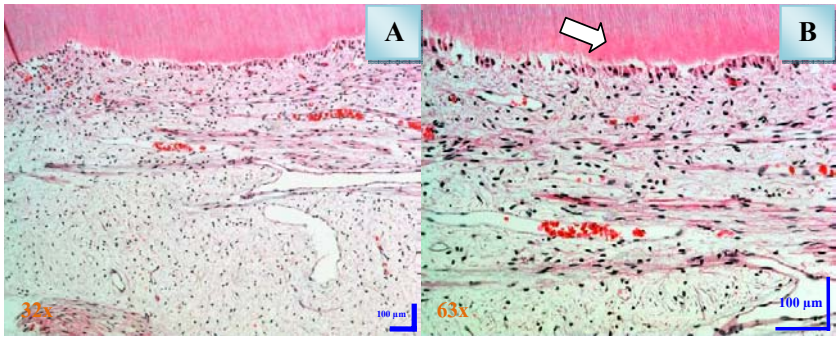
ข้อคิดเห็น[T3]: ภาพ

ฟันที่มีการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต ซึ่งได้รับการฟอกสีฟันนาน 7 วันและหยุดฟอกนาน 2 เดือน (กลุ่ม 10) พบว่าร้อยละ 50 ของฟันในกลุ่มนี้ (5/10 ซี่) มีลักษณะของเนื้อเยื่อในฟันที่ปกติ โดยฟันจำนวน 3 ซี่จาก 5 ซี่ที่มีการตอบสนองของเนื้อเยื่อในที่เป็นปกติ มีการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิ และมีความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 63±29 ไมโครเมตร นอกจากนี้ มีฟัน 2 ซี่ที่การเรียงตัวของเซลล์สร้างเนื้อฟันผิดปกติ โดยเซลล์สร้างเนื้อฟันในตำแหน่งที่สัมพันธ์กับตำแหน่งที่มีวัสดุบูรณะจะมีรูปร่างเตี้ยลงและกลมรีขึ้นและมีความหนาแน่นของเซลล์น้อยกว่าปกติ ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับฟันในกลุ่มควบคุม 2 (ภาพ 14A และ B) ฟันซี่ที่ยังมีการอักเสบของเนื้อเยื่อในทั้งหมดพบเซลล์เม็ดเลือดขาวอิโอซิโนฟิล ร้อยละ 50 ของฟันในกลุ่มนี้ (5/10 ซี่) มีการอักเสบของเนื้อเยื่อในโดยแบ่งเป็นระดับเล็กน้อย 4 ซี่ (ภาพ 15A-D) และระดับปานกลาง 1 ซี่ (ภาพ 16A-D) โดยพบกลุ่มของเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์และพลาสมาเซลล์รวมกลุ่มขนาดเล็กจนถึงปานกลางในบริเวณใต้ต่อเซลล์สร้างเนื้อฟันขยายเข้ามาถึงส่วนในของเนื้อเยื่อใน ไม่เกิน 1 ใน 3 ของความกว้างของโพรงเนื้อเยื่อในทั้งหมด ฟันจำนวน 4 ซี่จาก 5 ซี่ที่มีการอักเสบของเนื้อเยื่อใน พบการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิ และมีความหนาเฉลี่ยของเนื้อฟันตติยภูมิเท่ากับ 83±36 ไมโครเมตร

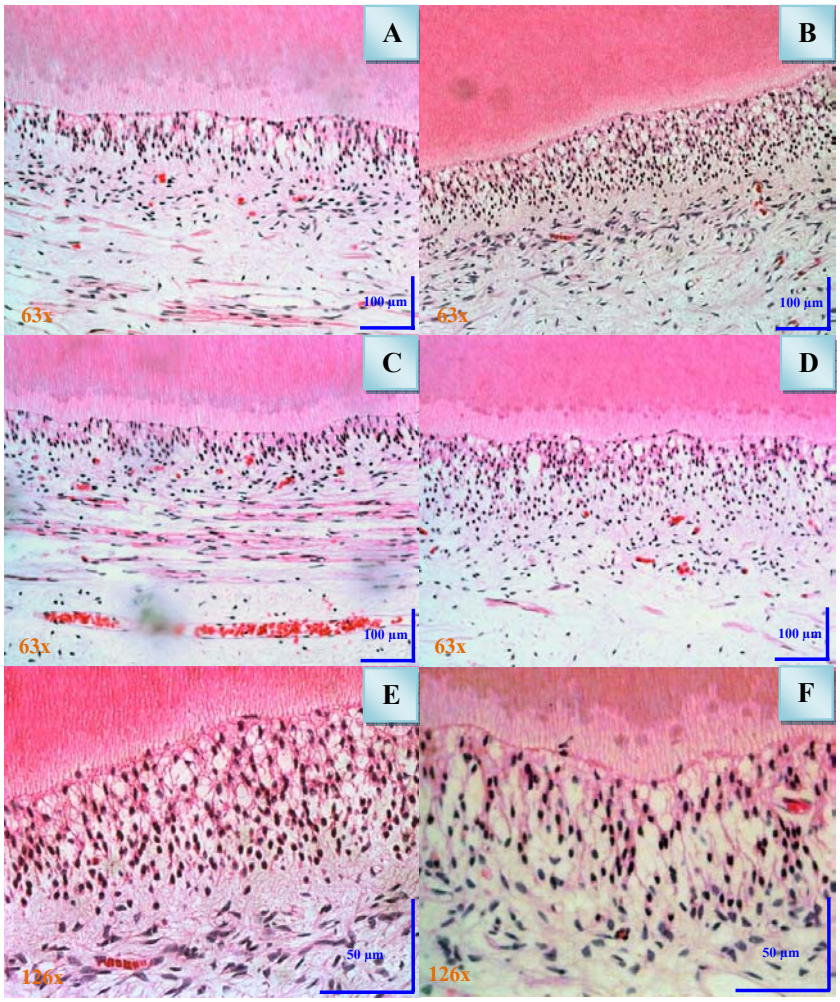
ความหนาเฉลี่ยของเนื้อฟันใต้วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตของฟันในกลุ่ม 7-10 ซึ่งได้รับการเตรียมโพรงฟันเพื่อการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตและรับการฟอกสีฟันเท่ากับ 948±156, 844±208, 853±171 และ 849±163 ไมโครเมตรตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 906±178 ไมโครเมตร (ตาราง 5) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความหนาเฉลี่ยของเนื้อฟันใต้วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตในระหว่างกลุ่มทดลอง 7-10 (ANOVA, $p = 0.496$) และเมื่อเปรียบเทียบความหนาเฉลี่ยของเนื้อฟันใต้วัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิตของกลุ่มทดลอง 7-10 กับกลุ่มควบคุม 2 (880±70 ไมโครเมตร) พบว่าความหนาเฉลี่ยของเนื้อฟันใต้วัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ANOVA, $p = 0.330$)



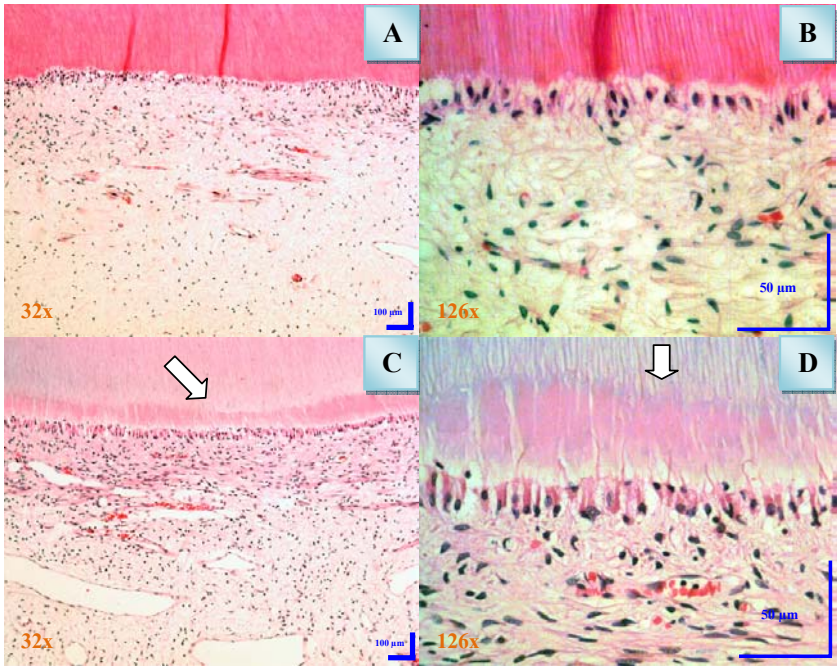
ภาพ 5 ลักษณะจุลกายวิภาคของเซลล์สร้างฟันและเนื้อเยื่อในของฟันปกติ (กลุ่มควบคุม 1). แสดงลักษณะเนื้อเยื่อในที่ปกติ (H & E stain). **(A)** ชั้นเซลล์สร้างฟันที่มีลักษณะซ้อนทับกัน (psuedostratified) และมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกยาว (tall columnar) มีการจัดเรียงตัวของเนื้อเยื่อในเป็นปกติ ไม่พบเซลล์อักเสบ (ภาพกำลังขยาย 32 เท่า). **(B)** ภาพขยายของ (A) ที่กำลังขยาย 126 เท่า.



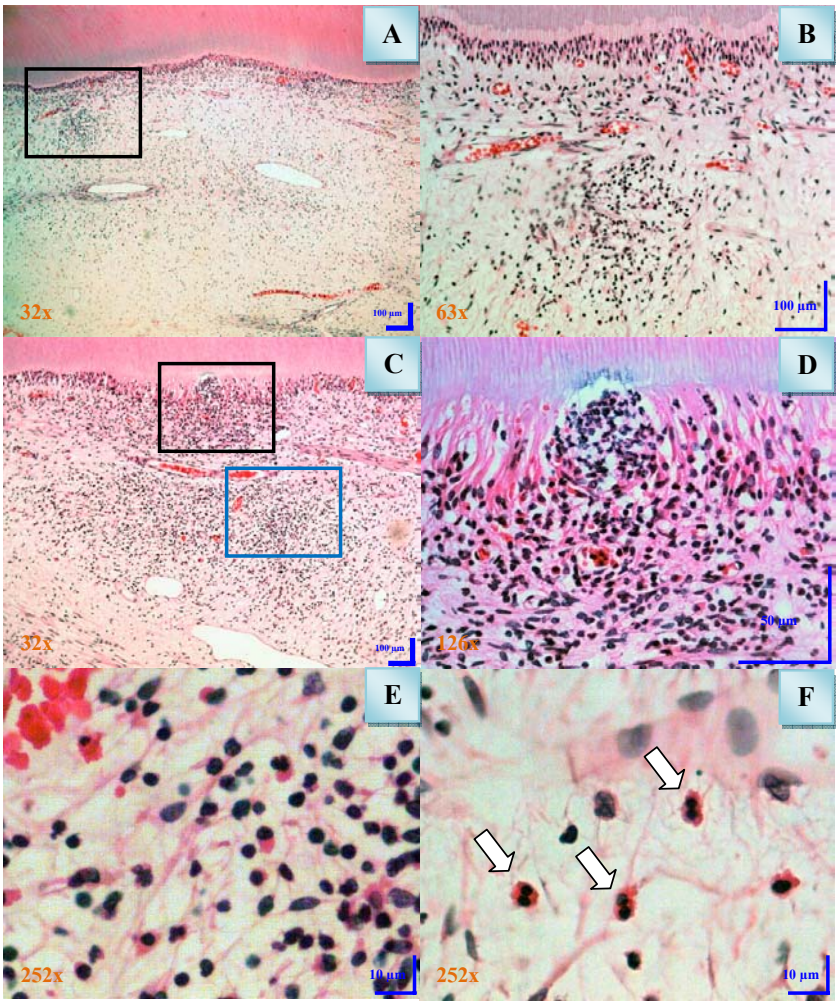
ภาพ 6 ลักษณะจุลกายวิภาคของเซลล์สร้างฟันและเนื้อเยื่อในของฟันซึ่งได้รับการบูรณะฟันด้วยเรซินคอมโพสิตเป็นระยะเวลา 2 เดือนและไม่มีการฟอกสีฟัน (กลุ่มควบคุม 2) (H & E stain). **(A)** เซลล์สร้างเนื้อฟันในตำแหน่งที่สัมพันธ์กับตำแหน่งที่มีการตัดเตรียมโพรงฟันจะมีรูปร่างเตี้ยลงและกลมรีขึ้นและมีความหนาแน่นของเซลล์น้อยกว่าปกติ ไม่พบลักษณะที่ซ้อนทับกันของเซลล์สร้างเนื้อฟัน (psedostratrified) ที่พบในฟันปกติ ไม่พบการอักเสบของเนื้อเยื่อใน (ภาพกำลังขยาย 32 เท่า). **(B)** การสร้างเนื้อฟันตติยภูมิ (ลูกศร) (ภาพกำลังขยาย 32 เท่า).



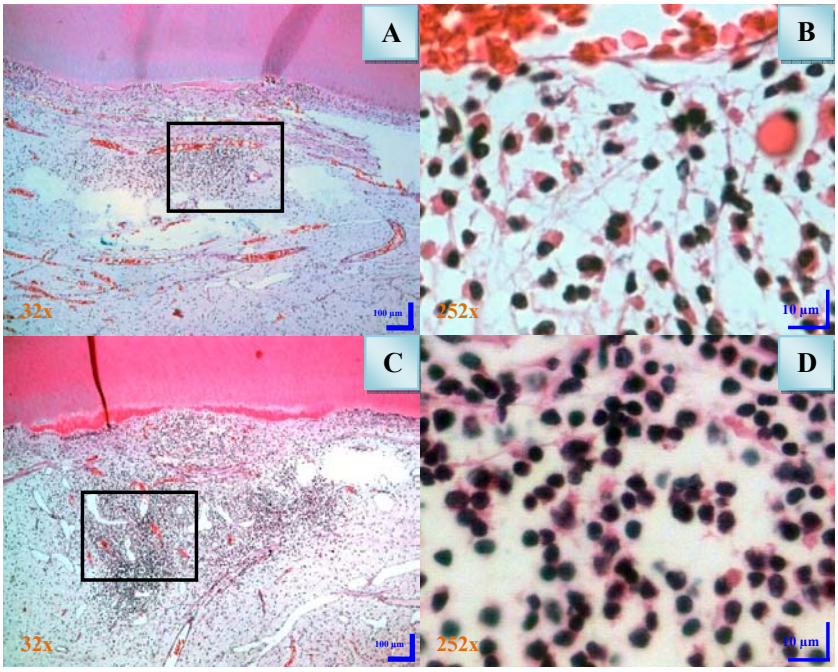
ภาพ 7 ลักษณะจุลกายวิภาคของเซลล์สร้างฟันและเนื้อเยื่อในของฟันปกติที่ได้รับการฟอกสีฟัน (กลุ่ม 3-6). การตอบสนองของเซลล์และเนื้อเยื่อในเป็นปกติ เช่นเดียวกับกลุ่มควบคุม 1 ไม่พบการอักเสบของเนื้อเยื่อใน เซลล์สร้างฟันและการจัดเรียงตัวของเนื้อเยื่อในเป็นปกติ รวมทั้งไม่พบการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิ (H&E stain) **(A)** ฟอกสีฟันเป็นเวลานาน 1 คืน (กลุ่ม 3) (กำลังขยาย 63 เท่า). **(B)** ฟอกสีฟันเป็นเวลานาน 7 คืน (กลุ่ม 4) (กำลังขยาย 63x). **(C)** ฟอกสีฟันเป็นเวลานาน 7 คืนและหยุดฟอกนาน 2 สัปดาห์ (กลุ่ม 5) (กำลังขยาย 63 เท่า). **(D)** ฟอกสีฟันเป็นเวลานาน 7 คืนและหยุดฟอกนาน 2 เดือน (กลุ่ม 6) (กำลังขยาย 63 เท่า). **(E)** และ **(F)** ชั้นเซลล์สร้างเนื้อฟันเกิดช่องว่างเป็นวงของสารน้ำสะสม (edema) ขนาดเล็ก (vacuolization of odontoblast layer) พบได้ในทุกกลุ่ม (กำลังขยาย 126 เท่า).



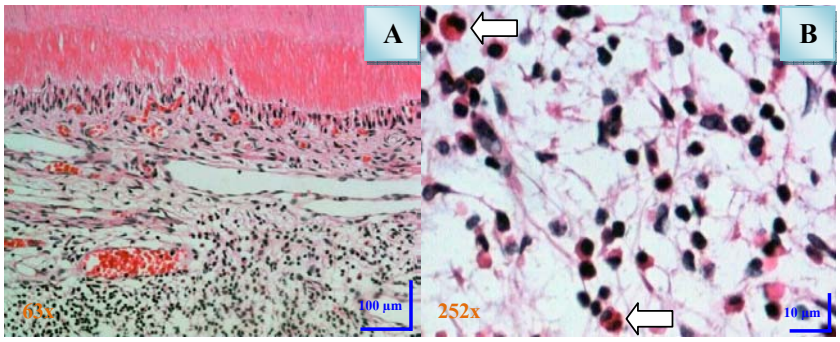
ภาพ 8 ลักษณะจุลกายวิภาคของเซลล์สร้างฟันและเนื้อเยื่อในของฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิตที่ได้รับการฟอกสีฟันเป็นระยะเวลา 1 คืน (กลุ่ม 7) แบบที่มีการตอบสนองของเนื้อเยื่อในระดับปกติ (H & E stain). **(A)** และ **(B)** ไม่พบการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิ เซลล์สร้างเนื้อฟันมีรูปร่างสั้น (กำลังขยาย 32 และ126 เท่า ตามลำดับ). **(C)** และ **(D)** พบมีการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิ (ลูกศร) (กำลังขยาย 32 และ126 เท่า ตามลำดับ).



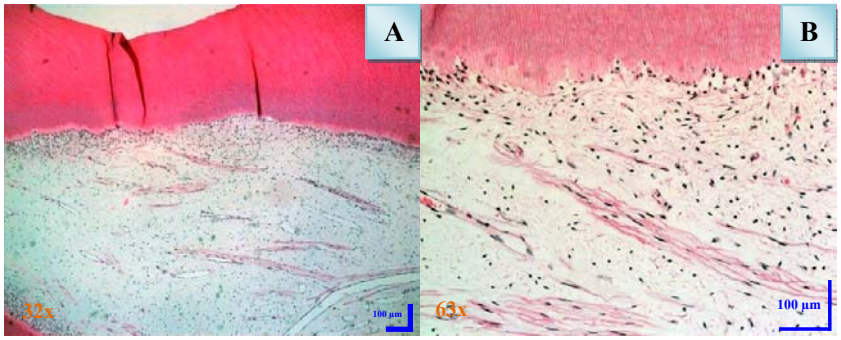
ภาพ 9 ลักษณะจุลกายวิภาคของเซลล์สร้างฟันและเนื้อเยื่อในของฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิตที่ได้รับการฟอกสีฟันเป็นระยะเวลา 1 คืน (กลุ่ม 7) ซึ่งพบการตอบสนองของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อยและปานกลาง (H & E stain). **(A)** การอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อย (กำลังขยาย 32 เท่า). **(B)** ภาพขยายบริเวณกรอบสี่เหลี่ยมในรูป (A) แสดงกลุ่มของเซลล์ลิมโฟไซท์ขนาดเล็ก 1 กลุ่มใต้ต่อเซลล์สร้างเนื้อฟันที่ปกติ (กำลังขยาย 63 เท่า). **(C)** การอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับปานกลาง พบเซลล์อักเสบกระจายอยู่ไม่เกิน 2/3 ของความกว้างโพรงเนื้อเยื่อใน (กำลังขยาย 32 เท่า). **(D)** ภาพขยายของบริเวณกรอบสี่เหลี่ยมในรูป (C) แสดงเซลล์อักเสบชนิดลิมโฟไซท์และพลาสมาเซลล์แทรกตัวในชั้นเซลล์สร้างเนื้อฟันและในส่วนเนื้อเยื่อในฟันด้านใน มีหลอดเลือดแดงขนาดเล็กเพิ่มมากขึ้นและมีเซลล์เม็ดเลือดแดงคั่งอยู่ (กำลังขยาย 126 เท่า). **(E)** ภาพกำลังขยายบริเวณกรอบสี่เหลี่ยมสีน้ำเงินในรูป (C) แสดงเซลล์อักเสบชนิดลิมโฟไซท์และพลาสมาเซลล์ในส่วนเนื้อเยื่อฟันด้านใน (กำลังขยาย 252 เท่า). **(F)** เซลล์อิโอซิโนฟิล (ลูกศร) พบในฟันทุกซี่ที่เกิดการอักเสบ (กำลังขยาย 252 เท่า).



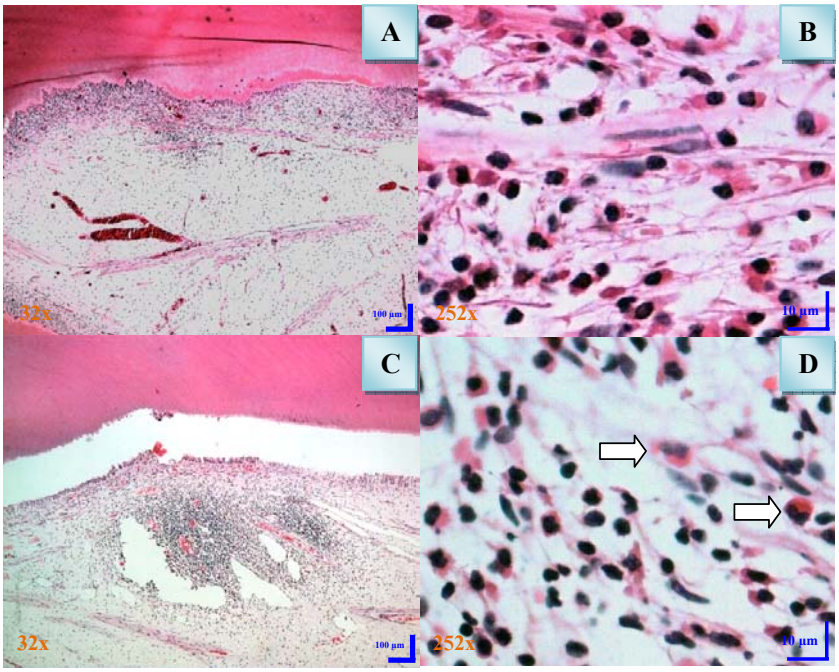
ภาพ 10 ลักษณะจุลกายวิภาคของเซลล์สร้างฟันและเนื้อเยื่อในของฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิตที่ได้รับการฟอกสีฟันเป็นระยะเวลา 7 คืน (กลุ่ม 8) ซึ่งพบการตอบสนองของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อย และปานกลาง (H & E stain). **(A)** การอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อย เซลล์อักเสบจำนวนเล็กน้อยกระจายตัวในชั้นเซลล์สร้างเนื้อฟันและภายในเนื้อเยื่อในไม่เกิน 2/3 ของความกว้างโพรงเนื้อเยื่อใน (กำลังขยาย 32 เท่า). **(B)** ภาพขยายของบริเวณกรอบสี่เหลี่ยมในรูป (A) แสดงเซลล์อักเสบชนิดลิมโฟไซท์และพลาสมาเซลล์กระจายตัวใกล้กับหลอดเลือดแดงที่มีการคั่งของเม็ดเลือดแดง (กำลังขยาย 252 เท่า). **(C)** การอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับปานกลาง พบเซลล์อักเสบจำนวนมากเกาะกลุ่มกันใต้ต่อบริเวณที่เกิดการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิและกระจายลึกเข้าไปไม่เกิน 2/3 ของความกว้างของโพรงเนื้อเยื่อใน (กำลังขยาย 32 เท่า). **(D)** ภาพขยายของบริเวณกรอบสี่เหลี่ยมในรูป (C) แสดงเซลล์อักเสบชนิดลิมโฟไซท์และพลาสมาเซลล์กระจุกตัวอยู่หนาแน่น (กำลังขยาย 252 เท่า).



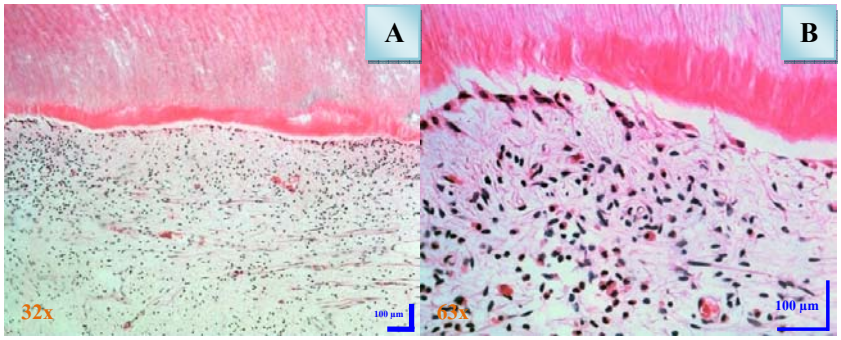
ภาพ 11 ลักษณะจุลกายวิภาคแสดงเซลล์อักเสบในการตอบสนองของเนื้อเยื่อในต่อการฟอกสีฟันนาน 7 คืน ของฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต (กลุ่ม 8) (H & E stain**). (A)** กลุ่มของเซลล์เม็ดเลือดขาวใต้ต่อบริเวณที่มีการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิโดยที่การเรียงตัวของเซลล์สร้างเนื้อฟันยังคงปกติ (กำลังขยาย 63 เท่า). **(B)** เซลล์เม็ดเลือดขาวอิโอซิโนฟิล (ลูกศร) พบได้ในฟัน 6 ซี่จากฟันที่เกิดการอักเสบ 8 ซี่ (กำลังขยาย 252 เท่า).



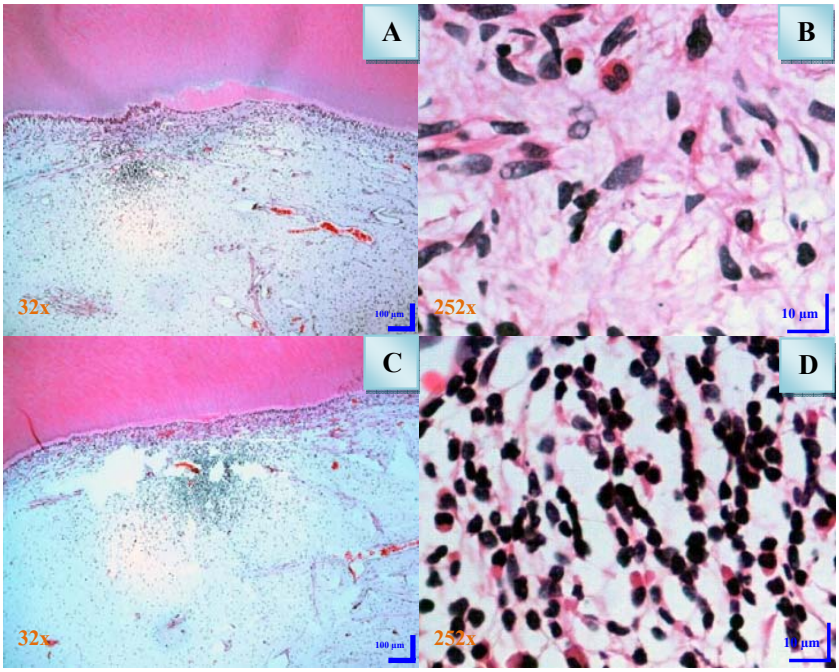
ภาพ 12 ลักษณะจุลกายวิภาคแสดงการตอบสนองของเนื้อเยื่อในระดับปกติต่อการฟอกสีฟันนาน 7 วันและหยุดฟอกนาน 2 สัปดาห์ในฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต (กลุ่ม 9) (H & E stain**).** ไม่พบเซลล์อักเสบ แต่เซลล์สร้างเนื้อฟันมีรูปร่างกลม สั้นและขาดความต่อเนื่อง **(A)** ภาพกำลังขยาย 32 เท่า และ **(B)** ภาพกำลังขยาย 63 เท่า.



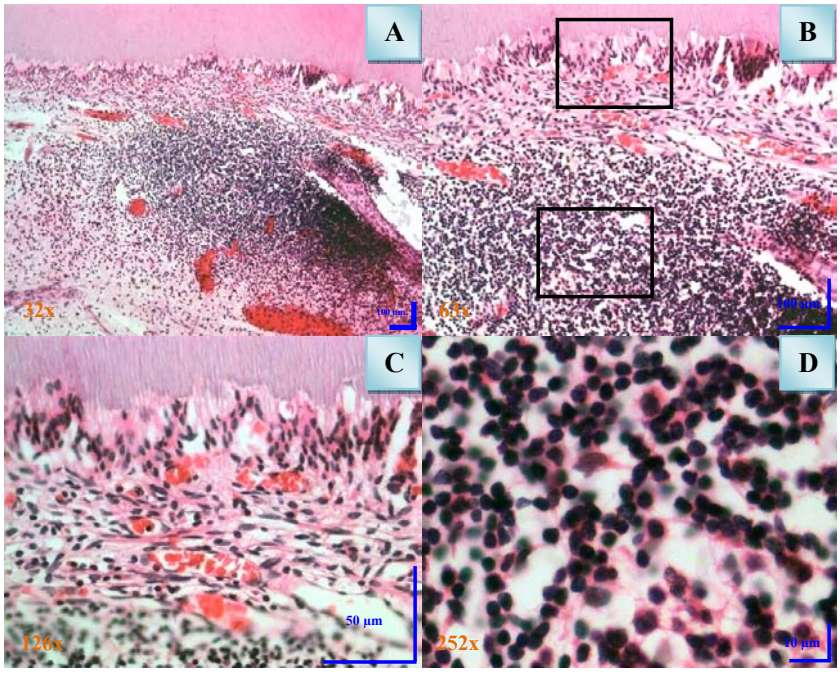
ภาพ 13 ลักษณะจุลกายวิภาคแสดงการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อยและปานกลางในฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตซึ่งได้รับการฟอกสีฟันนาน 7 คืนและหยุดฟอกนาน 2 สัปดาห์ (กลุ่ม 9) (H & E stain). **(A)** การอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อย (กำลังขยาย 32 เท่า). **(B)** ภาพขยายของ (A) แสดงเซลล์ลิมโฟไซท์และพลาสมาเซลล์ (กำลังขยาย 252 เท่า). **(C)** การอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันระดับปานกลาง (กำลังขยาย 32 เท่า). **(D)** ภาพขยายของ (C) แสดงเซลล์ลิมโฟไซท์ พลาสมาเซลล์และเซลล์โอซิโนฟิล (ลูกศร) พบได้ในฟัน 4 ซี่จากฟัน 6 ซี่ที่เกิดการอักเสบ (กำลังขยาย 252 เท่า).



ภาพ 14 ลักษณะจุลกายวิภาคแสดงการตอบสนองของเนื้อเยื่อในระดับปกติต่อการฟอกสีฟันนาน 7 คืนและหยุดฟอกสีฟันนาน 2 เดือนในฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต (กลุ่ม 10) (H & E stain**).** ไม่พบการอักเสบของเนื้อเยื่อใน เกิดการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิร่วมกับเซลล์สร้างเนื้อฟันที่สั้นลงและขาดหายไปบางส่วน **(A)** ภาพกำลังขยาย 32 เท่า และ **(B)** ภาพกำลังขยาย 63 เท่า.



ภาพ 15 ลักษณะจุลกายวิภาคแสดงการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อยและปานกลางของฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตซึ่งได้รับการฟอกสีฟันนาน 7 คืนและหยุดฟอกสีฟันนาน 2 เดือน (กลุ่ม 10) (H & E stain). **(A)** การอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อย (กำลังขยาย 32 เท่า). **(B)** ภาพขยายของ (A) แสดงการพบเซลล์อิโอซิโนฟิลในบริเวณที่เกิดการอักเสบ (กำลังขยาย 252 เท่า). **(C)** การอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับปานกลาง (กำลังขยาย 32 เท่า). **(D)** ภาพขยายของ (C) แสดงกลุ่มของเซลล์ลิมโฟไซท์และพลาสมาเซลล์จำนวนมากรวมกลุ่มอยู่หนาแน่นใต้ชั้นเซลล์สร้างเนื้อฟันที่ปกติ (กำลังขยาย 252 เท่า).



ภาพ 16 ลักษณะจุลกายวิภาคแสดงการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับปานกลางของฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตซึ่งได้รับการฟอกสีฟันนาน 7 คืนและหยุดฟอกสีฟันนาน 2 เดือน (กลุ่ม 10) (H & E stain**).** พบกลุ่มของเซลล์เม็ดเลือดขาวจำนวนมากใต้ต่อเซลล์สร้างเนื้อฟัน **(A)** ภาพกำลังขยาย 32 เท่าและ **(B)** ภาพกำลังขยาย 63 เท่า. **(C)** ภาพขยายบริเวณกรอบสี่เหลี่ยมในรูป (B) แสดงถึงการไม่พบเนื้อฟันตติยภูมิในตำแหน่งที่มีการตัดเตรียมโพรงฟัน เซลล์สร้างเนื้อฟันเรียงตัวใกล้เคียงปกติ ส่วนพรีเดนทีนขาดความต่อเนื่อง มีการคั่งของเม็ดเลือดแดงในหลอดเลือด (กำลังขยาย126 เท่า). **(D)** ภาพขยายบริเวณกรอบสี่เหลี่ยมในรูป (B) เซลล์ลิมโฟไซท์จำนวนมากร่วมกับพลาสมาเซลล์อยู่รวมตัวกันอย่างหนาแน่น (กำลังขยาย 252 เท่า).

ข้อคิดเห็น**[T4]:** 1.กรรมการสอบขอให้แสดงรูปฟันที่มีการอักเสบ ระดับรุนแรงกลุ่ม 7 ซึ่งไม่มีปรากฏในวิทยานิพนธ์ ในรูปเดียวกันควรแสดง bacterial contamination ด้วย หรือถ้ามีการสร้าง tertiary dentin ก็แสดงด้วย และเพิ่มเติมใน text ให้สอดคล้องกัน ถ้าทำพันก็เขียนแต่ text ไม่ต้องเอารูป

ตารางที่ 5 ผลการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเซลล์และเนื้อเยื่อในฟันทางจุลกายวิภาคของฟันตัวอย่างทั้ง 10 กลุ่ม

กลุ่ม	จำนวน (ซี่)	Inflammatory cell responses				Soft tissue organization				Reactionary dentin deposition			Bacterial staining				Remaining dentin thickness (μm)
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	4	
Control 1	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Control 2	5	5	-	-	-	-	-	-	-	1	4	-	-	-	-	-	880 ± 70
CB1d	10	10	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CB1w	11	11	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO2w	10	10	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO2m	10	10	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EB1d	9	4	3	1	1	4	4	-	1	7	2	-	8	-	-	1	948 ± 156
EB1w	9	1	4	4	-	2	6	1	-	2	6	1	8	-	1	-	844 ± 208
EO2w	10	4	5	1	-	4	6	-	-	5	3	2	9	-	1	-	853 ± 171
EO2m	10	5	4	1	-	4	6	-	-	3	4	3	10	-	-	-	849 ± 163

Inflammatory cell responses: 1: None, or a few, scattered inflammatory cells present in the pulp beneath the cut tubules of the cavity floor, 2: An influx of a small number of inflammatory cells was detected, including small round lymphocytes into the cell-free zone in the area adjacent to the cavity dentinal tubules, 3: Severe inflammatory cell lesion appearing as an abscess or dense infiltrate of polymorphonuclear leukocytes involving one third, or more, of the coronal pulp, 4: Necrotic pulp

Soft tissue organization: 1: Normal, or almost normal, tissue morphology underneath the tubules of the remaining dentin or exposure site and throughout the pulp, 2: Loss of odontoblasts below the remaining dentin; normal deeper pulpal tissue, 3: Loss of general pulpal morphology and cellular organization in the subjacent and deeper pulp directly below the missing odontoblasts, 4: Necrosis in at least the coronal third of the pulp

Reparative dentin deposition: 1: No abnormal or reparative dentin underneath the cut tubules of the cavity preparation, 2: Small, thin rim of reparative dentin underneath the cut tubules of the cavity preparation, 3: Large bulk of new reparative dentin underneath the cut tubules of the cavity preparation

Bacterial staining: 1: Absence of bacterial staining, 2: Positive bacterial staining reaction along the cavity walls and floor, 3: Positive bacterial staining reaction within the cut dentinal tubules below the cavity preparation, 4: Positive bacterial staining reaction within pulp

ตอนที่ 3 ผลการตรวจทางคลินิกเพื่อเปรียบเทียบอุบัติการณ์ของอาการเสียวฟันและระยะเวลาที่อาการเสียวฟันคงอยู่ระหว่างฟันซึ่งได้รับการบูรณะด้วยวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตกับฟันปกติ ในระหว่างที่มีการฟอกสีฟัน

การประเมินผลข้างเคียงจากการฟอกสีฟัน (อาการเสียวฟันและอาการระคายเคืองเนื้อเยื่อในช่องปาก)

ก่อนทำการวิจัย ฟันตัวอย่างทุกกลุ่มจำนวนทั้งหมด 88 ซี่ ฟันทุกซี่มีเหงือกปกติ ไม่พบลักษณะอักเสบหรือเหงือกร่น ร้อยละ 3.41 (3/88 ซี่) ที่มีระดับอาการเสียวฟันไม่เกินระดับ 3 ซึ่งอยู่ในระดับเล็กน้อยโดยเป็นฟันในกลุ่ม 5, 6 และ 7 กลุ่มละ 1 ซี่ ฟันทุกซี่ที่ได้รับการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิต อยู่ในสภาพดีและไม่พบอาการเสียวฟันก่อนการฟอกสีฟัน

ผลการประเมินอาการเสียวฟันโดยทันตแพทย์หรือโดยอาสาสมัครได้ผลสรุปในทำนองเดียวกัน (ตาราง 6 - 7 และ ภาพ 17- 18) กล่าวคือ หลังการฟอกสีฟันพบอุบัติการณ์การเสียวฟันเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการฟอกสีฟันที่เพิ่มขึ้น และลดลงตามระยะเวลาที่หยุดการฟอกสีฟัน ผลการประเมินอาการเสียวฟันโดยทันตแพทย์ พบว่า กลุ่มที่มีวัสดุเรซินคอมโพสิต (กลุ่ม 7-10) มีอุบัติการณ์เสียวฟัน (ร้อยละ 23.68) มากกว่ากลุ่มฟันปกติ (กลุ่ม 3-6) (ร้อยละ 2.44) แต่ระดับความรุนแรงของอาการเสียวฟันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ANOVA, $p > 0.05$) (ตาราง 6) อุบัติการณ์และความรุนแรงของอาการเสียวฟันซึ่งประเมินโดยอาสาสมัครสูงกว่าผลการประเมินโดยทันตแพทย์ โดยกลุ่มที่มีวัสดุเรซินคอมโพสิต (กลุ่ม 7-10) มีอุบัติการณ์เสียวฟัน (ร้อยละ 55.26) มากกว่ากลุ่มฟันปกติ (กลุ่ม 3-6) (ร้อยละ 29.27) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (X^2, $p = 0.029$)

ผลการประเมินอาการเสียวฟันโดยทันตแพทย์ ณ เวลาที่ถอนฟัน(ตาราง 6) ได้ผลดังนี้ ฟันปกติที่ได้รับการฟอกสีฟัน นาน 1 คืน (กลุ่ม 3) ไม่พบอาการเสียวฟัน ส่วนฟันที่มีวัสดุเรซินคอมโพสิตและได้รับการฟอกสีฟันนาน 1 คืน (กลุ่ม 7) พบอาการเสียวฟันเป็นอาการเสียวฟันระดับเล็กน้อยและปานกลาง เท่ากับร้อยละ 11.11 และ 11.11 (1/9 และ 1/9 ซี่ ตามลำดับ) หลังฟอกสีฟันนาน 7 คืน ฟันปกติไม่พบอาการเสียวฟัน (กลุ่ม 4) ส่วนฟันที่มีวัสดุเรซินคอมโพสิต (กลุ่ม 8) พบอาการเสียวฟันเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 24.14 (7/29 ซี่) โดยแบ่งเป็นอาการเสียวฟันระดับเล็กน้อยและปานกลาง เท่ากับร้อยละ 13.79 (4/29 ซี่) และ 10.34 (3/29 ซี่) ตามลำดับ หลังหยุดฟอกสีฟันไม่พบอาการเสียวฟันในกลุ่มฟันปกติที่ได้รับการฟอกสีฟันนาน 7 คืน (กลุ่ม 5 และ 6) แต่หลังหยุดการฟอกสีฟันนาน 2 สัปดาห์ ในกลุ่มฟันที่มีวัสดุเรซินคอมโพสิตที่ได้รับการฟอกสีฟันยังพบอาการ

เสียวฟัน เท่ากับ ร้อยละ 40 (4/10 ซี่) (กลุ่ม 9) แต่ไม่พบอาการเสียวฟันเมื่อหยุดการฟอกสีฟันนาน 2 เดือน (กลุ่ม 10)

ผลการประเมินอาการเสียวฟันโดยอาสาสมัคร (ตาราง 7) ได้ผลดังนี้ ฟันปกติที่ได้รับการฟอกสีฟัน นาน 1 คืน (กลุ่ม 3) พบอาการเสียวฟันร้อยละ 40 (4/10 ซี่) ซึ่งเป็นระดับเล็กน้อยทั้งหมด ส่วนฟันที่มีวัสดุเรซินคอมโพสิตและได้รับการฟอกสีฟันนาน 1 คืน (กลุ่ม 7) พบอาการเสียวฟันมากกว่ากลุ่มฟันปกติที่ได้รับการฟอกสีฟันเป็นระยะเวลาเท่ากันเท่ากับร้อยละ 66.67 (6/9 ซี่) โดยจำแนกเป็นระดับเล็กน้อยและปานกลาง เท่ากับร้อยละ 44.44 และ 22.22 (4/9 และ 2/9 ซี่ ตามลำดับ) หลังฟอกสีฟันนาน 7 คืน ฟันปกติ (กลุ่ม 4) พบอาการเสียวฟันเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เป็นร้อยละ 45.45 (5/11 ซี่) แต่ระดับอาการเสียวฟันรุนแรงเพิ่มขึ้น โดยแบ่งเป็นอาการเสียวฟันระดับเล็กน้อย และปานกลาง เท่ากับ ร้อยละ 18.18 และ 27.27 ตามลำดับ

ส่วนฟันที่มีวัสดุเรซินคอมโพสิต (กลุ่ม 8) พบอาการเสียวฟันเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 24.14 (7/29 ซี่) โดยแบ่งเป็นอาการเสียวฟันระดับเล็กน้อยและปานกลาง เท่ากับร้อยละ 13.79 (4/29 ซี่) และ 10.34 (3/29 ซี่) ตามลำดับ หลังหยุดฟอกสีฟันไม่พบอาการเสียวฟันในกลุ่มฟันปกติที่ได้รับการฟอกสีฟันนาน 7 คืน (กลุ่ม 5 และ 6) แต่หลังหยุดการฟอกสีฟันนาน 2 สัปดาห์ ในกลุ่มฟันที่มีวัสดุเรซินคอมโพสิตที่ได้รับการฟอกสีฟันยังพบอาการเสียวฟัน เท่ากับ ร้อยละ 40 (4/10 ซี่) (กลุ่ม 9) แต่ไม่พบอาการเสียวฟันเมื่อหยุดการฟอกสีฟันนาน 2 เดือน (กลุ่ม 10)

ภาพ 17 เปรียบเทียบอาการเสียวฟันระหว่างกลุ่มฟันปกติ (กลุ่ม 4+5+6) และฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต (กลุ่ม 8+9+10) ระหว่างที่ได้รับการฟอกสีฟันเป็นระยะเวลา 7 คืน จำนวนอาสาสมัครในกลุ่มที่ได้รับการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต (ร้อยละ38-41) ซึ่งมีอาการเสียวฟันมีมากกว่าจำนวนอาสาสมัครในกลุ่มฟันปกติซึ่งได้รับการฟอกสีฟัน (ร้อยละ10-22) เมื่อระยะเวลาในการฟอกสีฟันเพิ่มขึ้น จำนวนอาสาสมัครในกลุ่มที่ได้รับการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตซึ่งมีอาการเสียวฟันค่อนข้างคงที่ ในขณะที่จำนวนอาสาสมัครในกลุ่มฟันปกติ มีอาการเสียวฟันลดลงในระหว่างวันที่ 4-7 ของการฟอกสีฟัน เหลือเพียงร้อยละ10-13

หลังหยุดการฟอกสีฟัน อาการเสียวฟันลดลงทั้งกลุ่มฟันปกติ (กลุ่ม 5+6) และกลุ่มฟันที่มีการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต (กลุ่ม 9+10) ตามระยะเวลาที่สังเกตการณ์นาน 1 สัปดาห์ โดยการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม (ภาพ 18) โดย ณ เวลา 5 วันหลังหยุดฟอกสีฟัน กลุ่มที่เป็นฟันปกติที่ได้รับการฟอกสีฟันไม่มีอาสาสมัครใดที่มีอาการเสียวฟัน แต่หลังหยุดฟอกสีฟันนาน 7 วัน ร้อยละ 15 ของอาสาสมัครในกลุ่มที่มีวัสดุเรซินคอมโพสิตและรับการฟอกสีฟันนั้นยังคงมีอาการเสียวฟันอยู่ หลังหยุดฟอกสีฟัน ระดับอาการเสียวฟันเฉลี่ยของกลุ่มที่เป็นฟันปกติและฟันที่มีวัสดุเรซินคอมโพสิต อยู่ในระดับเล็กน้อย (น้อยกว่า 3) โดยระดับอาการเสียวฟันเฉลี่ยของฟัน

ที่มีวัสดุเรซินคอมโพสิต มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มฟันปกติ (ตาราง 8) และระดับอาการเสียวฟันมีแนวโน้มลดลงเมื่อหยุดฟอกสีฟันนานขึ้น (ภาพ 19) อาสาสมัครรายงานว่าสิ่งกระตุ้นอาการเสียวฟันได้แก่ การแปรงฟัน การดื่มน้ำและการรับประทานอาหาร

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยระดับอาการเสียวฟันที่อาสาสมัครรายงานจากแบบสอบถาม และค่าความหนาของเนื้อฟันใต้วัสดุบูรณะ (ANOVA, p = 0.480) นอกจากนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของเนื้อฟันใต้วัสดุบูรณะและการตอบสนองของเนื้อเยื่อในฟันที่ระดับต่างๆ (X^2, p = 0.248) อย่างไรก็ตาม การมีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต (กลุ่ม 7-10) มีผลเพิ่มการตอบสนองของเนื้อเยื่อในต่อการฟอกสีฟันเมื่อเปรียบเทียบกับการฟอกสีฟันในฟันปกติ (กลุ่ม 3-6) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (X^2, p = 0.000) โดยการตอบสนองของเนื้อเยื่อใน ภายในกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างอาการเสียวฟันกับการตอบสนองของเนื้อเยื่อใน พบว่าฟันปกติที่ได้รับการฟอกสีฟัน ซึ่งมีลักษณะทางจุลกายวิภาคของเนื้อเยื่อในฟันเป็นปกติ แต่อาสาสมัครรายงานถึงอาการเสียวฟันเท่ากับร้อยละ29.27 (12 /41 ซี่) ในขณะที่ฟันที่มีวัสดุบูรณะและได้รับการฟอกสีฟัน อาสาสมัครรายงานถึงอาการเสียวฟันแต่เนื้อเยื่อในเป็นปกติ เท่ากับร้อยละ 13.16 (5 /38 ซี่) อาสาสมัครที่ไม่มีอาการเสียวฟันแต่เนื้อเยื่อในเกิดการอักเสบ เท่ากับร้อยละ 21.05 (8 /38 ซี่) และอาสาสมัครที่มีอาการเสียวฟันและพบการอักเสบของเนื้อเยื่อใน เท่ากับร้อยละ 42.11 (16 /38 ซี่) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการตอบสนองของเนื้อเยื่อในของฟันในกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะ (กลุ่ม 7-10) มีความสัมพันธ์กับระดับอาการเสียวฟันที่อาสาสมัครรายงานจากแบบสอบถามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (X^2, p = 0.0039)

ผลการประเมินอาการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อเหงือก (gingival irritation) โดยทันตแพทย์ ณ เวลาที่ถอนฟัน (ตาราง 6) พบได้ร้อยละ 9.76 (4/41 ซี่) ของกลุ่มฟันปกติ และร้อยละ 2.63 (1/38 ซี่) ของกลุ่มที่มีวัสดุเรซินคอมโพสิต อาสาสมัครรายงานอาการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อในช่องปากระหว่างการฟอกสีฟัน (ตาราง 7) พบได้เท่ากับร้อยละ 14.63 (6/41 ซี่) ของกลุ่มฟันปกติ และร้อยละ 5.26 (2/38 ซี่) ของกลุ่มที่มีวัสดุเรซินคอมโพสิต

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสีฟันและวัสดุเรซินคอมโพสิต ก่อนและหลังการฟอกสีฟัน

ก่อนการฟอกสีฟัน พบว่าสีฟันอยู่ในระดับ A_3 จำนวน 24 ซี่ สี $A_{3.5}$ จำนวน 53 ซี่ และสี A_4 จำนวน 2 ซี่ ฟันทุกซี่ในกลุ่ม 7-10 ที่มีการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตสี A_4 สภาพวัสดุ

บูรณะหลังจากผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลา 2 เดือนอยู่ในสภาพปกติ ขอบแนบสนิทเมื่อตรวจด้วยเอ็กซพลอเรอร์ ไม่พบวัสดุบูรณะหลุดหรือแตกเสียหายใดๆ

จากการตรวจทางคลินิก พบว่าฟันที่ได้รับการฟอกสีฟันเพียง 1 คืนไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีฟันทางคลินิก แต่การฟอกสีฟันนาน 7 คืน ส่งผลให้ฟันจำนวนร้อยละ 66.67 (40/60 ซี่) มีสีฟันขาวขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Pair t-test, $p = 0.000$) โดยค่าเฉลี่ยลำดับความสว่าง (value) ตามแถบเทียบสีฟันระบบวิต้า (Vita shade system) ก่อนการฟอกสีฟันอยู่ที่ 11.50 และหลังการฟอกสีฟันอยู่ที่ 9.37 การฟอกสีฟันนาน 1 วันหรือ 7 วันไม่ส่งผลให้วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตเกิดการเปลี่ยนสีในระดับที่ตาสามารถประเมินได้ทางคลินิก

จากแบบสอบถามการสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีฟันหลังฟอกสีฟันโดยอาสาสมัครจำนวน 27 คน พบว่า ร้อยละ22.22 ของอาสาสมัคร (6/27 คน) รายงานว่าสีฟันไม่มีการเปลี่ยนแปลงและร้อยละ77.77 ของอาสาสมัคร (21/27 คน) รายงานถึงสีฟันที่ขาวขึ้นหลังการฟอกสีฟัน โดย ร้อยละ 11.11 (3/27 คน) รายงานถึงสีฟันที่ขาวขึ้นเมื่อฟอกสีฟันไปนาน 1 คืน ร้อยละ 33.33 (9/27 คน)รายงานถึงสีฟันที่ขาวขึ้นเมื่อฟอกสีฟันไปนาน 2-3 คืน ร้อยละ 25.93 (7/27 คน) รายงานถึงสีฟันที่ขาวขึ้นเมื่อฟอกสีฟันไปนาน 4-5 คืน ร้อยละ 7.4 (2/27 คน) รายงานถึงสีฟันที่ขาวขึ้นเมื่อฟอกสีฟันไปนาน 7 คืน ทั้งนี้อาสาสมัครจำนวนร้อยละ 51.85 (14/27 คน) สนใจที่จะฟอกสีฟันต่อไปในอนาคต ส่วนที่เหลือร้อยละ 48.15 (13/27 คน) ไม่สนใจที่จะฟอกสีฟันต่อไปในอนาคต

ตาราง 6 ข้อมูลจากการตรวจทางคลินิกแสดงอาการเสียวฟันระหว่างการฟอกสีฟันและเหงือกอักเสบจากการฟอกสีฟัน

	กลุ่ม	ร้อยละของฟันที่มีอาการเสียวฟัน	ระดับอาการเสียวฟัน (ซี่)			เหงือกอักเสบ (ซี่)
			เล็กน้อย	ปานกลาง	รุนแรง	
	ฟันปกติ					
3	ฟอกสีฟัน 1 คืน	0 (0/10 ซี่)	-	-	-	1
4	ฟอกสีฟัน 7 คืน	9 (1/11 ซี่)	1	-	-	3
5	ฟอกสีฟัน 7 คืน + หยุดฟอก 2 สัปดาห์	0 (0/10 ซี่)	-	-	-	-
6	ฟอกสีฟัน 7 คืน + หยุดฟอก 2 เดือน	0 (0/10 ซี่)	-	-	-	-
	รวม	**1/41 (2)**	**1**	**0**	**0**	**4**
	ฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต					
7	ฟอกสีฟัน 1 คืน	22 (2 /9 ซี่)	1	1	-	-
8	ฟอกสีฟัน 7 คืน	27 (3 /9 ซี่)	1	2	-	1
9	ฟอกสีฟัน 7 คืน + หยุดฟอก 2 สัปดาห์	40 (4/10 ซี่)	3	1	-	-
10	ฟอกสีฟัน 7 คืน + หยุดฟอก 2 เดือน	0 (0/10 ซี่)	-	-	-	-
	รวม	**24 (9/38 ซี่)**	**5**	**4**	**0**	**1**

**เสียวฟันระดับเล็กน้อย = ระดับอาการเสียวฟันอยู่ในช่วง 1-3*
เสียวฟันระดับปานกลาง = ระดับอาการเสียวฟันอยู่ในช่วง 4-7
เสียวฟันระดับปานกลาง = ระดับอาการเสียวฟันอยู่ในช่วง 8-10

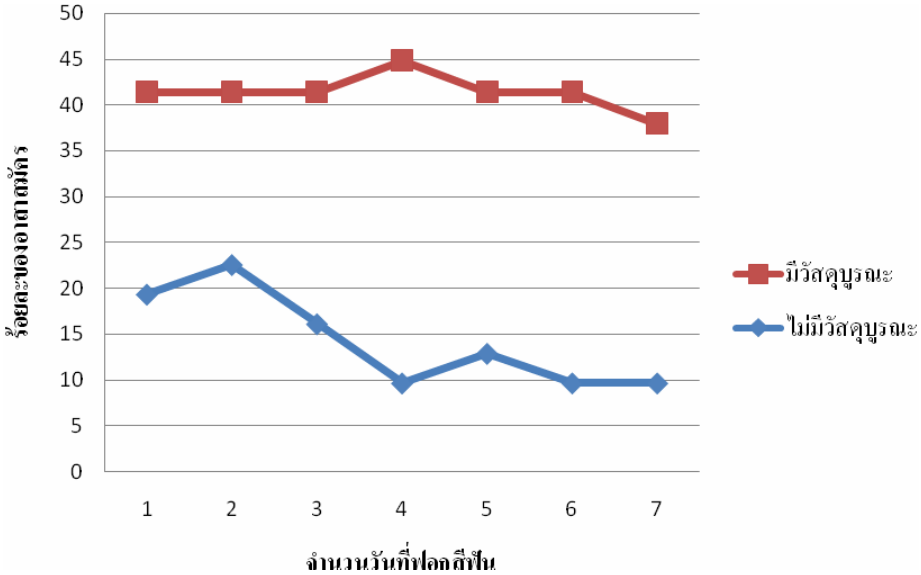
ตาราง 7 ข้อมูลจากแบบสอบถามแสดงอาการเสียวฟันระหว่างการฟอกสีฟันและเหงือกอักเสบจากการฟอกสีฟัน

กลุ่ม		ร้อยละของฟันที่มีอาการเสียวฟัน	ระดับอาการเสียวฟัน (ซี่)			เหงือกอักเสบ (ซี่)
			เล็กน้อย	ปานกลาง	รุนแรง	
	ฟันปกติ					
3	ฟอกสีฟัน 1 คืน	40 (4/10 ซี่)	4	-	-	1
4	ฟอกสีฟัน 7 คืน	45 (5/11 ซี่)	2	3	-	4
5	ฟอกสีฟัน 7 คืน + หยุดฟอก 2 สัปดาห์	20 (2/10 ซี่)	2	-	-	-
6	ฟอกสีฟัน 7 คืน + หยุดฟอก 2 เดือน	10 (1/ 10 ซี่)	1	-	-	1
	รวม	**29 (12/41 ซี่)**	**9**	**3**	**0**	**6**
	ฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต					
7	ฟอกสีฟัน 1 คืน	66 (6/9 ซี่)	4	2	-	-
8	ฟอกสีฟัน 7 คืน	66 (6 /9 ซี่)	1	5	-	1
9	ฟอกสีฟัน 7 คืน + หยุดฟอก 2 สัปดาห์	60 (6/10 ซี่)	4	1	1	-
10	ฟอกสีฟัน 7 คืน + หยุดฟอก 2 เดือน	30 (3/10 ซี่)	1	2	-	1
	รวม	**55 (21/38 ซี่)**	**10**	**10**	**1**	**2**

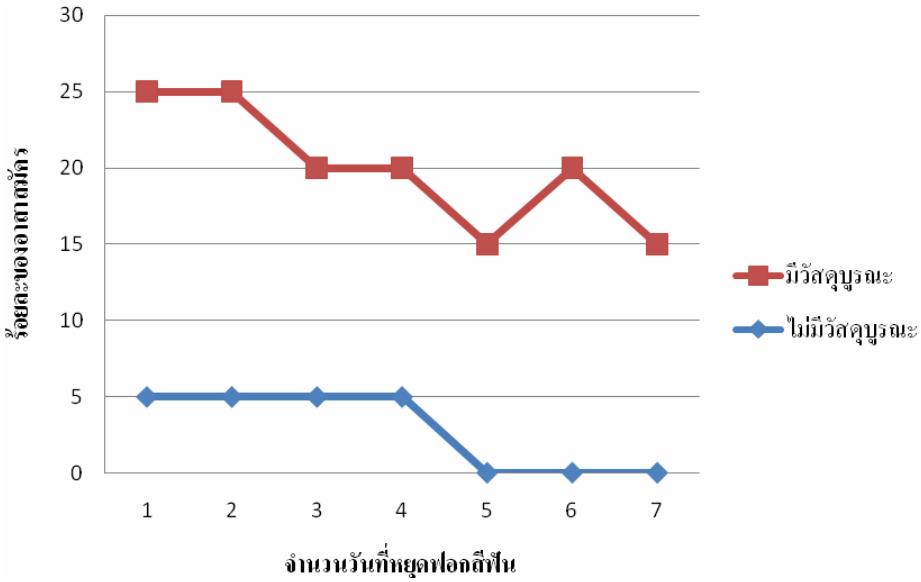
**เสียวฟันระดับเล็กน้อย = ระดับอาการเสียวฟันอยู่ในช่วง 1-3*

เสียวฟันระดับปานกลาง = ระดับอาการเสียวฟันอยู่ในช่วง 4-7

เสียวฟันระดับปานกลาง = ระดับอาการเสียวฟันอยู่ในช่วง 8-1



ภาพ 17 การเปรียบเทียบอาการเสียวฟันระหว่างการฟอกสีฟันนาน 7 วันระหว่างกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิต และกลุ่มฟันปกติ

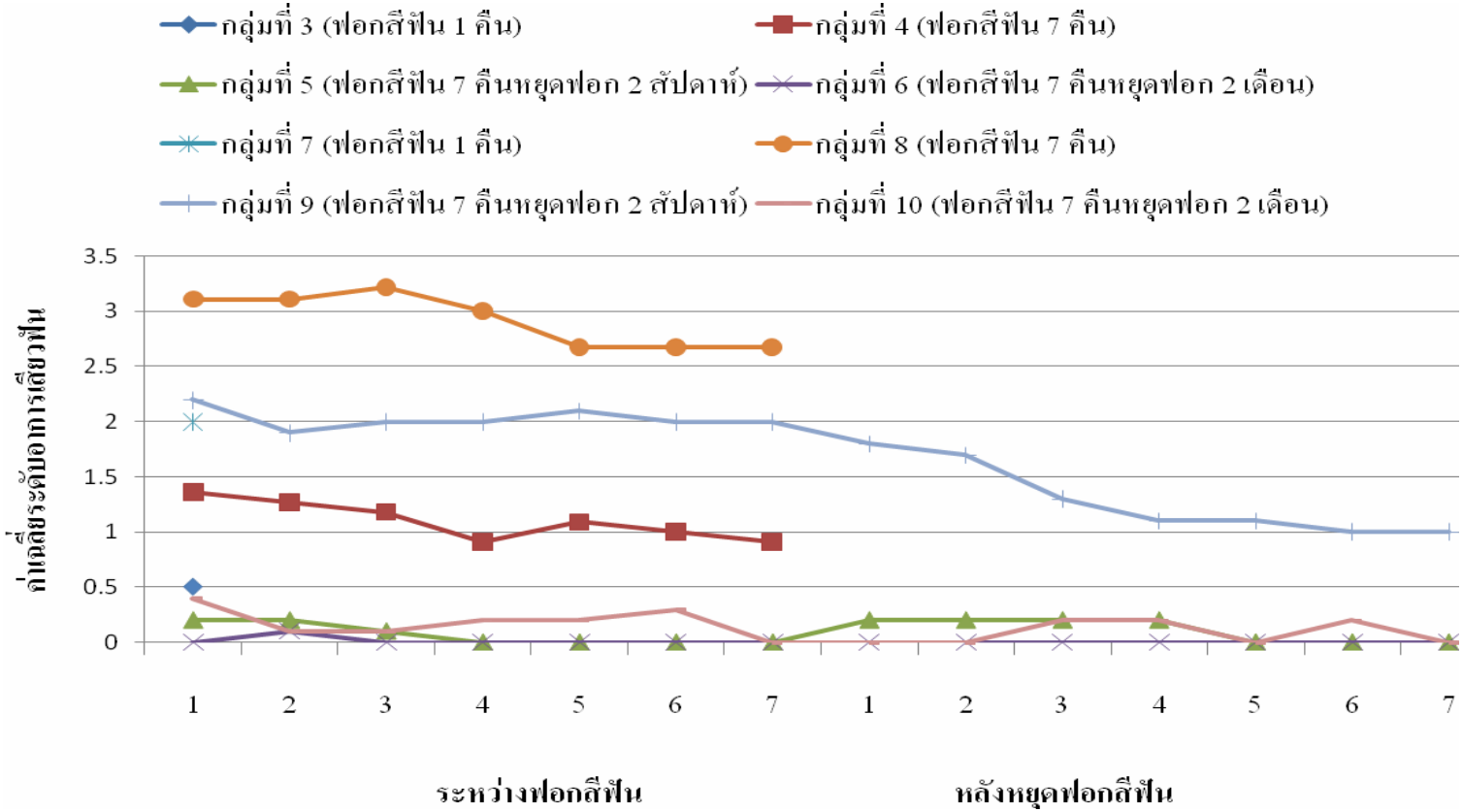


ภาพ 18 การเปรียบเทียบอาการเสียวฟันหลังหยุดการฟอกสีฟันนาน 7 วันระหว่างกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิต และกลุ่มฟันปกติ

ตาราง 8 ค่าเฉลี่ยระดับอาการเสียวฟันระหว่างการฟอกสีฟันและหลังจากหยุดฟอกสีฟันของฟันตัวอย่างกลุ่มต่างๆ

กลุ่ม	จำนวน (ซี่)	ระหว่างฟอกสีฟัน วันที่							หลังหยุดฟอกสีฟัน...วัน						
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
ไม่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต															
กลุ่มที่ 3 (ฟอกสีฟัน 1 คืน)	10	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กลุ่มที่ 4 (ฟอกสีฟัน 7 คืน)	11	1.36	1.27	1.18	0.91	1.09	1.00	0.91	-	-	-	-	-	-	-
กลุ่มที่ 5 (ฟอกสีฟัน 7 คืนหยุดฟอก 2 สัปดาห์)	10	0.20	0.20	0.10	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0	0	0
กลุ่มที่ 6 (ฟอกสีฟัน 7 คืนหยุดฟอก 2 เดือน)	10	0	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต															
กลุ่มที่ 7 (ฟอกสีฟัน 1 คืน)	9	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กลุ่มที่ 8 (ฟอกสีฟัน 7 คืน)	9	3.11	3.11	3.22	3.00	2.67	2.67	2.67	-	-	-	-	-	-	-
กลุ่มที่ 9 (ฟอกสีฟัน 7 คืนหยุดฟอก 2 สัปดาห์)	10	2.20	1.90	2.00	2.00	2.10	2.00	2.00	1.8	1.7	1.3	1.1	1.1	1	1
กลุ่มที่ 10 (ฟอกสีฟัน 7 คืนหยุดฟอก 2 เดือน)	10	0.40	0.10	0.10	0.20	0.20	0.30	0	0	0	0.2	0.2	0	0.2	0

(0=ไม่มีอาการเสียวฟัน, 10=เสียวฟันมากที่สุด)



ภาพ 19 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับอาการเสียวฟันระหว่างฟอกสีฟันและหลังหยุดฟอกสีฟันของฟันตัวอย่างกลุ่ม 3-10

บทที่ 4

บทวิจารณ์

การศึกษานี้พบว่าการฟอกสีฟันในฟันปกติโดยสารฟอกสีฟันด้วยคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 10 นาน 1 วัน ไม่ก่อให้เกิดพยาธิสภาพของเซลล์และเนื้อเยื่อในฟัน ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาของ Anderson และคณะ[77] ที่ทำการฟอกสีฟันด้วยคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 10 นานอย่างน้อย 4 ชั่วโมง โดยไม่พบลักษณะที่ผิดปกติของเนื้อเยื่อใน ฟันปกติที่ผ่านการฟอกสีฟันนาน 1 สัปดาห์แสดงลักษณะของเซลล์และเนื้อเยื่อในระดับปกติ อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้แตกต่างจากการศึกษาของ Fugaro และคณะ[55] ที่ทำการฟอกสีฟันด้วยเทคนิคเดียวกันและใช้สารฟอกสีฟันที่มีความเข้มข้นเท่ากันกับในการศึกษานี้ โดยพบว่าร้อยละ 40 (6/15 ซี่) ของฟันปกติที่ได้รับการฟอกสีฟันนานติดต่อกัน 4 วัน มีการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อย รายงานผลการตอบสนองของเนื้อเยื่อในต่อการฟอกสีฟันอื่นๆในอดีตจะมีการใช้สารฟอกสีฟันที่มีความเข้มข้นมากกว่าหรือมีการใช้อุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา[78, 79] หรือเป็นการทดลองในสุนัขทดลอง[53] พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในได้ตั้งแต่ระดับเล็กน้อยจนถึงระดับรุนแรง ซึ่งความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น[9] หรือการใช้ความร้อนในการเร่งการฟอกสีฟัน มีผลทำให้สารฟอกสีฟันมีการซึมผ่านเนื้อฟันได้มากขึ้นหรือมีการแตกตัวให้ออกซิเจนอนุมูลอิสระได้เร็วขึ้น[80] ซึ่งน่าจะมีผลเพิ่มพยาธิสภาพของโพรงเนื้อเยื่อใน

การที่ไม่พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในเมื่อฟอกสีฟันด้วยคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ในฟันปกติ นาน 1 วันหรือ 1 สัปดาห์ อาจเนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น (1) ปริมาณสารฟอกสีที่สามารถซึมผ่านถึงเนื้อเยื่อในมีปริมาณน้อยเกินกว่าที่จะกระตุ้นปฏิกิริยาการอักเสบของเนื้อเยื่อในได้ และร่างกายมนุษย์มีกลไกหลายชนิดที่จัดการกับอันตรายจากสารเคมีต่างๆ เช่น มีการไหลเวียนของกระแสเลือดและนำสารเคมีไปเปลี่ยนสภาพ หรือกำจัดออกที่ตับหรือไต เนื้อเยื่อในมีสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิดที่ใช้ป้องกันความเป็นพิษของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์และออกซิเจนอนุมูลอิสระ[8] เช่นวิตามินซีและอี สารเบต้าแคโรทีน โคเอมไซน์คิวเทน เอมไซน์แคตาเลส (catalase) และเพอร์ออกซิเดส (peroxidase) เช่น ซูเปอร์ออกไซน์ดิสมิวเทส (superoxide dismutase) กลูตาไทโอนเพอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) ผลการศึกษาของ Rotstein[81] ที่ทำการทาเอนไซม์แคทาเลสลงบนด้านในของโพรงเนื้อเยื่อในหลังจากการฟอกสีฟันด้านในของฟันที่ไม่มีชีวิตสามารถกำจัดไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่หลงเหลือได้ภายใน 3 นาที แต่ Bowles และ

Burns[56] ให้ความเห็นในทางตรงกันข้ามว่า เนื้อเยื่อใน ณ สภาวะปกติจะมีความสามารถในการแคทาเลสที่ต่ำเมื่อเทียบกับเนื้อเยื่อของร่างกายส่วนอื่นๆเนื่องจากเนื้อเยื่อในมีเซลล์ไฟโปรบลาสที่สามารถสังเคราะห์แคทาเลสได้อยู่อย่างกระจัดกระจาย อย่างไรก็ตามความสามารถดังกล่าวอาจมากขึ้นเมื่อเนื้อเยื่อเกิดการอักเสบและมีการไหลเวียนของกระแสเลือดมากขึ้น[56] (2) ผลของคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเซลล์และเนื้อเยื่อในระดับโมเลกุล (molecular) ซึ่งไม่สามารถตรวจพบได้โดยวิธีการศึกษาทางจุลกายวิภาค (cellular histology) ตัวอย่างเช่น Anderson และคณะ[77] พบการสร้างฮีตช็อคโปรตีน (heat shock protein 32; HO-1) ในบริเวณเซลล์สร้างเนื้อฟันและภายในเส้นเลือดหลังจากฟอกสีฟันด้วยคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 นานอย่างน้อย 4 ชั่วโมง โดยฮีตช็อคโปรตีนจะพบได้ในสภาวะออกซิเดชั่นสูงซึ่งพบได้เมื่อมีการสัมผัสกับสารไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (3) Pashley[38] เชื่อว่าการไหลเวียนของกระแสเลือดของเนื้อเยื่อในฟันจะเป็นตัวปรับสมดุลของสารที่ซึมผ่านชั้นเนื้อฟันเข้ามาสู่เนื้อเยื่อใน การลดการไหลเวียนของกระแสเลือดในเนื้อเยื่อใน การกระตุ้นเส้นประสาทซิมพาเทติก (sympathetic nerves)

การศึกษานี้พบการสร้างเนื้อฟันใหม่ในการตอบสนองต่อการเตรียมโพรงฟันและวัสดุเรซินคอมโพสิต (กลุ่มควบคุม 2) ซึ่งได้ผลในทำนองเดียวกับการศึกษาในอดีต[46, 82] สิ่งกระตุ้นต่างๆ เช่น ความร้อนจากการเตรียมโพรงฟันและจากเครื่องฉายแสง[83] รวมถึงความเป็นพิษของสารเคมีหรือวัสดุที่ใช้ในการบูรณะ[39, 40] ที่อาจก่อให้เกิดอาการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อในฟันได้[84] การศึกษานี้ลดความร้อนจากการเตรียมโพรงฟันโดยใช้ระบบน้ำหล่อเย็นจากด้ามกรอ[36] ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิในโพรงประสาทฟันไม่เพิ่ม ขั้นตอนการบูรณะด้วยวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต มีหลายขั้นตอนที่อาจก่อให้เกิดอาการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อในฟันได้[84] ได้แก่ การเป่าลม[38] การใช้กรดกัด (etching agent) การทาสารไพรเมอร์และสารยึดติดซึ่งมักมีความเป็นกรด[39] และความเป็นพิษของสารโมโนเมอร์ที่หลงเหลือจากการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชั่นที่ไม่สมบูรณ์จากระบบสารยึดติดและจากวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต[40] การฉายแสงอาจส่งผลเพิ่มอุณหภูมิในโพรงประสาทฟันได้เมื่อแหล่งกำเนิดแสงเป็นควอทซ์ทังสเตนฮาโลเจน (quartz tungsten halogen lamp) หรือพลาสมาอาร์ค (plasma arc)[85]

ในการศึกษานี้พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในของฟันที่มีวัสดุเรซินคอมโพสิต และได้รับการฟอกสีฟัน (กลุ่ม 7-10) ได้มากกว่าฟันปกติที่ได้รับการฟอกสีฟัน เมื่อฟอกสีฟัน 1 หรือ 7 วันในฟันที่บูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตมานาน 2 เดือน พบทั้งการอักเสบของเซลล์และเนื้อเยื่อในฟันและการสร้างเนื้อฟันใหม่ โดยทั่วไปการสร้างเนื้อฟันใหม่จะไม่พบในระยะที่มีการตอบสนองของการอักเสบระยะเริ่มแรก เนื้อฟันตติยภูมิที่เกิดขึ้นเป็นผลจากการตอบสนองของเซลล์สร้างเนื้อฟันต่อสิ่งกระตุ้นระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง และสามารถพบเนื้อฟันตติยภูมิภายหลัง

จากการเตรียมโพรงฟันไปนานอย่างน้อย 28 วัน[46] โดยความหนาของเนื้อฟันใต้วัสดุบูรณะมีผลต่อปริมาณเนื้อฟันตติยภูมิที่เกิดขึ้น Murray และคณะ[86] พบว่าความหนาเนื้อฟันใต้วัสดุบูรณะที่มากกว่า 0.5 มิลลิเมตรส่งผลให้เกิดการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิได้ในระดับเล็กน้อย ในการศึกษานี้มีฟันที่เตรียมโพรงฟันทั้งหมด 43 ซี่ มีฟันเพียงหนึ่งซี่ที่มีความหนาของเนื้อฟันใต้วัสดุบูรณะน้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร ฟันมีการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิเกือบทุกซี่ เซลล์สร้างเนื้อฟันที่ติดกับเนื้อฟันตติยภูมิของฟันบางซี่มีรูปร่างกลมรี สั้นและบางครั้งไม่ต่อเนื่องกันร่วมกับการหายไปของส่วนเซลล์ฟรีโซน (cell-free zone) ซึ่งอาจเกิดจากการเคลื่อนตัวเข้ามาของเซลล์เนื้อเยื่อในฟันชั้นในเพื่อช่วยในการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิ[87]

ช่วงระยะเวลาภายหลังการบูรณะฟันมีความสัมพันธ์กับการอักเสบของเนื้อเยื่อในการบาดเจ็บของฟันภายหลังการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตจะกลับมาเป็นปกติได้เมื่อเวลาผ่านไปโดยใช้ระยะเวลาหลังจากการบูรณะแตกต่างกันออกไป About และคณะ[30] ได้รายงานว่าการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันจากการทำหัตถการจะกลับมาเป็นปกติได้ภายใน 30 สัปดาห์เมื่อปราศจากการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย ในการศึกษานี้ผู้วิจัยเลือกทำการถอนฟันหรือเริ่มฟอกสีฟันหลังจากบูรณะไปนานประมาณ 60 วัน โดยที่ระยะเวลาดังกล่าวจัดอยู่ในการติดตามผลระยะสั้นตามเกณฑ์มาตรฐาน ISO (1997) นอกจากนี้แล้ว การศึกษาของ Murray และคณะ[88] พบว่าความหนาของพื้นโพรงที่มากกว่า 0.5 มิลลิเมตร ไม่ส่งผลต่อจำนวนเซลล์สร้างเนื้อฟันใต้พื้นโพรงฟัน แต่ความหนาของพื้นโพรงฟันที่น้อยกว่า 0.3 มิลลิเมตรมีผลให้เซลล์สร้างเนื้อฟันได้รับอันตรายและเซลล์อาจตายได้ในที่สุด[39] ในการศึกษานี้ฟันตัวอย่างทั้งหมดมีความหนาของพื้นโพรงฟันเฉลี่ยที่ 0.91 มิลลิเมตร โดยมีฟันตัวอย่างเพียงซี่เดียวที่มีความหนาพื้นโพรงฟันน้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตรแต่ยังคงมากกว่า 0.3 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตาม ผลทางจุลกายวิภาคของฟันทุกซี่แสดงถึงเนื้อเยื่อในฟันที่ปกติ ไม่พบการอักเสบ ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย และเกิดการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิในระดับเล็กน้อยในฟันส่วนใหญ่ (80%)

มีรายงานความสัมพันธ์ระหว่างการอักเสบของเนื้อเยื่อในกับการพบเชื้อแบคทีเรียระหว่างวัสดุบูรณะและพื้นผิวโพรงฟัน[34, 89] อย่างไรก็ตามการศึกษาจำนวนหนึ่งก็พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในได้โดยไม่พบเชื้อแบคทีเรีย[90, 91] การอักเสบของเซลล์และเนื้อเยื่อในฟันหลังฟอกสีฟันนาน 1 หรือ 7 วันในฟันที่มีวัสดุเรซินคอมโพสิต น่าจะเป็นผลจากความเป็นพิษของการฟอกสีฟันเป็นส่วนใหญ่ ในการศึกษานี้พบการปนเปื้อนของแบคทีเรียประมาณ 7.9% ซึ่งรายงานการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียจากการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตพบได้แตกต่างกันออกไป[32, 33, 92] คาดว่าการปนเปื้อนของแบคทีเรียส่งเสริมทำให้อาการอักเสบรุนแรงมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ฟัน 1 ซี่ในกลุ่ม 7 (ฟอกสีฟันนาน 1 คืน) มีอาการอักเสบรุนแรงทั้งๆที่มีความหนาของเนื้อฟันใต้วัสดุบูรณะเร

ซิน คอมโพสิต 843 ไมโครเมตร การปนเปื้อนของแบคทีเรียอาจเกิดขณะการกรอเตรียมโพรงฟัน หรือ เนื่องมาจากการรั่วซึมตามขอบ (microleakage) ก่อน/ระหว่าง/หลังจากฟอกสีฟันซึ่งไม่สามารถตรวจสอบได้โดยการใช้เครื่องมือเอกซพลอเรอร์

ฟันกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตพบการอักเสบของเนื้อเยื่อในภายหลังการฟอกสีฟันมากกว่ากลุ่มฟันปกติมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก (1) คาร์บาไมด์ เปอร์ออกไซด์อาจซึมผ่านวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตได้เร็วกว่าผิวเคลือบฟันและเนื้อฟัน[13] (2) ความไม่สมบูรณ์ของขอบของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต ซึ่งอาจเกิดความเสียหายจากการสัมผัสสารฟอกสีฟัน[73, 75, 93] หรือเกิดจากการบูรณะฟันด้วยวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตที่ไม่ดีเพียงพอ ทำให้คาร์บาไมด์ เปอร์ออกไซด์สามารถซึมผ่านวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตได้มากกว่าฟัน (3) การเตรียมโพรงฟันและขั้นตอนการบูรณะด้วยวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต ก่อนการฟอกสีฟันอาจมีส่วนส่งเสริมทำให้เกิดการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟัน[46] (4) วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตอาจเก็บกัก (reservoir) สารฟอกสีฟันหรือสารอนุมูลอิสระ (free radical oxygen species) จากการแตกตัวของคาร์บาไมด์ เปอร์ออกไซด์ ซึ่งอาจปลดปล่อยอย่างช้าๆในภายหลัง (5) การปนเปื้อนของแบคทีเรียใต้วัสดุบูรณะ ซึ่งมีแนวโน้มว่าการประเมินชิ้นตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียนั้นต่ำกว่าความเป็นจริง (underestimate) เนื่องมาจากแบคทีเรียจำนวนหนึ่งอาจหลุดออกในขั้นตอนการใช้สารเคมีในการละลายแคลเซียมออกจากฟันในการเตรียมชิ้นฟันและการย้อมสี Stanley[94, 95] และ (6) เป็นผลรวมของปัจจัยต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ควรมีการศึกษาต่อไปเพื่อพิสูจน์สมมติฐานดังกล่าว

มีรายงานเองความสามารถในการซึมผ่านของสารฟอกสีฟันเข้าสู่โพรงเนื้อเยื่อใน Hanks และคณะ[10] พบว่าสารฟอกสีฟันคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 10 สามารถซึมผ่านแผ่นเนื้อฟัน (dentin disk) หนา 0.5 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องมือจำลองโพรงเนื้อเยื่อในฟัน (*in vitro* pulp chamber) ได้ในเวลา 15 นาที อย่างไรก็ตาม ความหนาของเนื้อฟันเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่เป็นตัวกำหนดการซึมผ่านของสารเข้าสู่โพรงเนื้อเยื่อในฟัน[38, 96] ฟันตัวอย่างกลุ่ม 3-6 ฟันกรามน้อยมีความหนาของชั้นเคลือบฟันและเนื้อฟันในการศึกษานี้หนาประมาณ 2.5-3.0 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นความหนาของฟันที่น่าจะมากเพียงพอที่จะป้องกันโมเลกุลของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่ซึมผ่านท่อเนื้อฟันเข้าสู่เนื้อเยื่อในโพรงฟัน การอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันตัวอย่างกลุ่มที่ 7-10 ที่มีวัสดุบูรณะน่าจะสัมพันธ์กับการซึมผ่านของสารฟอกสีฟันเข้าสู่โพรงเนื้อเยื่อในที่มากขึ้นดังที่ได้มีการรายงานในการศึกษาที่ผ่านมา[14, 15] Benetti และคณะ[13]ทดลองในห้องปฏิบัติการ พบว่าฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตจะยอมให้สารฟอกสีฟันคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 10 และ 35 ซึมผ่านเข้าสู่โพรงเนื้อเยื่อในได้มากกว่าฟันปกติ เมื่อฟอกสีฟันนาน 60 นาที เป็นไปได้ว่า

สารฟอกสีฟันจะเกิดการซึมผ่านไปตามรอยต่อระหว่างผิวฟันกับวัสดุบูรณะและเข้าไปในโพรงเนื้อเยื่อใน การศึกษาหลายๆงานที่พบว่าการฟอกสีฟันในฟันที่มีวัสดุบูรณะจะส่งผลเสียต่อการผนึกแน่นตามของของวัสดุบูรณะ[74, 75] Ulukapi และคณะ[73] ทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตจะเกิดการรั่วซึมตามขอบที่มากขึ้นภายหลังจากการฟอกสีฟันคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น ร้อยละ 10 นาน 8 ชั่วโมงต่อวันเป็นเวลาติดต่อกัน 2 สัปดาห์ ซึ่งบ่งชี้ว่าชั้นรอยต่อระหว่างผิวฟันและวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตอาจจะเป็นจุดที่ยอมให้สารฟอกสีฟันซึมผ่านได้ดีกว่าผิวเคลือบฟัน

การรั่วซึมระดับจุลภาคหรือรอยซึมเล็กถือเป็นทางผ่านของสารเหลว โมเลกุล อิออน หรือแบคทีเรีย ไปตามรอยต่อระหว่างผิวโพรงฟันและวัสดุบูรณะ ซึ่งรอยต่อนี้ไม่สามารถตรวจพบได้โดยวิธีการตรวจทางคลินิก[97] การบูรณะฟันด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต จำเป็นต้องใช้สารยึดติด เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันว่ายังไม่มีระบบการยึดติดชนิดใดที่จะป้องกันรอยซึมเล็กได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อรอยต่ออยู่บนตำแหน่งเนื้อฟันหรือเคลือบรากฟัน[98] นอกจากนี้แล้ว Sano และคณะ[99] ยังได้แสดงถึงการรั่วซึมในระดับนาโน (nanoleakage) ซึ่งยอมให้อิออนหรือโมเลกุลขนาดเล็กซึมผ่านได้ในชั้นไฮบริด (hybrid layer) โดยไม่จำเป็นต้องพบช่องว่างตามขอบวัสดุบูรณะ (marginal gap) รอยซึมเล็กเป็นผลจากการแทรกซึมที่ไม่สมบูรณ์ของเรซินภายในเครือข่ายคอลลาเจน (collagen network) ภายหลังจากการปรับสภาพด้วยกรด ร่วมกับการหลงเหลือของสารตัวทำละลายอีม่าหรือน้ำและฝังตัวในชั้นไฮบริด นำไปสู่รูพรุนหรือช่องทางขนาดนาโนที่เพิ่มการซึมผ่านในชั้นไฮบริด[100] การรั่วซึมระดับนาโนเป็นปรากฏการณ์ที่พบได้ในระบบยึดติดแทบทุกชนิดแต่มีระดับการรั่วซึมแตกต่างกัน[101] เนื่องจากช่องว่างระดับนาโนที่พบมีขนาดเล็กมาก เชื้อแบคทีเรียไม่สามารถผ่านเข้าไปได้[102] แต่ยอมให้น้ำ เอนไซม์ กรดหรือสารประกอบอื่นๆจากแบคทีเรียผ่านเข้าไปได้ ซึ่งนำไปสู่การทำลายการยึดติดของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตกับเนื้อฟัน[103] ในการศึกษานี้มวลโมเลกุลของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ในสารฟอกสีฟันเท่ากับ 34.0147 ซึ่งนับว่ามีขนาดเล็กสามารถที่จะผ่านไปตามช่องว่างนาโนในชั้นไฮบริดและซึมผ่านต่อไปยังท่อเนื้อฟันเข้าสู่โพรงเนื้อเยื่อในได้ และไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์อาจส่งผลให้ส่วนเรซินในชั้นไฮบริดเกิดความเสียหายมากขึ้นและยอมให้สารอื่นๆผ่านเข้า-ออกในชั้นรอยต่อระหว่างฟันกับวัสดุได้มากขึ้น ซึ่งอาจนำไปสู่การอักเสบของเนื้อเยื่อใน ดังที่พบในการศึกษานี้เมื่อฟันที่มีวัสดุบูรณะหยุดฟอกสีฟันเป็นเวลา 2 สัปดาห์หรือ 2 เดือนแล้วก็ตาม

การอักเสบของเนื้อเยื่อในของฟันกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะพบเซลล์อักเสบชนิดลิมโฟไซท์และพลาสมาเซลล์เป็นส่วนใหญ่ในกลุ่มที่ฟอกสีฟันนาน 1 วัน รูปแบบของเซลล์เม็ดเลือดขาวดังกล่าวแสดงถึงการอักเสบชนิดเรื้อรัง ซึ่งการตอบสนองต่อแบคทีเรียหรือสิ่งแปลกปลอม (foreign-

body) บางชนิดอาจไม่จำเป็นต้องมีการอักเสบชนิดเฉียบพลันมาก่อนก็ได้[104] เมื่อฟอกสีฟันนานมากขึ้นถึง 7 วันการอักเสบของเนื้อเยื่อในจะพบได้มากขึ้นซึ่งอาจเกิดจากสารฟอกสีฟันมีการซึมผ่านในปริมาณมากติดต่อกันเกินกว่าความสามารถในการกำจัดสารพิษของเนื้อเยื่อใน โดยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เมื่อสัมผัสกับเซลล์มีผลต่อกลไกหลายชนิด เช่น โมเลกุลของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์สามารถซึมผ่านผนังเซลล์เข้าไปทำปฏิกิริยากับธาตุเหล็ก ทองแดงหรืออิออนของโลหะบางชนิดเกิดเป็นไฮดรอกซิลเรดิเคิลหรือสารอนุมูลอิสระอื่นๆก่อให้เกิดการทำลายผนังเซลล์และทำให้เซลล์ตายในที่สุด[8] Koulaouzidou และคณะ[105] ทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นพิษต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์ เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Hanks และคณะ[10] พบว่าปริมาณของไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่ซึมผ่านเนื้อฟันหนา 0.5 มิลลิเมตรมีผลยับยั้งเอนไซม์ซัสซินิลดีไฮโดรจิเนส (succinyl dehydrogenase) ภายในเวลา 15 นาทีหลังจากสัมผัสสาร

ในการศึกษานี้พบว่าการฟอกสีฟันนาน 7 วันติดต่อกันมีผลทำให้สีฟันขาวขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Leonard และคณะ[21] ที่ใช้สารฟอกสีฟันที่มีความเข้มข้นเท่ากับการศึกษานี้ โดยพบว่าการฟอกสีฟันนาน 7 วันติดต่อกันส่งผลให้ฟันขาวขึ้นในขณะที่การฟอกสีฟันนานเพียง 1 คืนไม่ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงสีฟัน ทั้งนี้ระยะเวลาที่สารฟอกสีฟันสัมผัสกับผิวฟันเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้ฟันขาวขึ้น โดย Auschill และคณะ[106]พบว่าถ้าทำการฟอกสีฟันด้วย 10% คาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์นานครั้งละ 8 ชั่วโมงจำเป็นต้องฟอกสีฟันนานเฉลี่ย 7.15$\pm$1.86 ครั้งเพื่อให้ฟันขาวขึ้น

ผลข้างเคียงจากการฟอกสีฟันที่พบได้คืออาการเสียวฟันและการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อเหงือก ในการศึกษานี้ทำการบันทึกระดับอาการเสียวฟันด้วยตัวเลขจาก 0 ถึง 10 ถือเป็นวิธีการแบบนามธรรม (subjective) ในการบันทึกอาการเสียวฟัน[107] แต่ทั้งนี้ผลข้อมูลจากการตรวจทางคลินิกโดยผู้วิจัยกับข้อมูลจากแบบสอบถามจากอาสาสมัครนำมาวิเคราะห์แยกกัน เนื่องจากวิธีการตรวจอาการเสียวฟันใช้สิ่งกระตุ้นโดยทันตแพทย์ ได้แก่ การเป่าลมหรือการเขี่ยด้วยเครื่องมือปลายแหลม ซึ่งแตกต่างจากสิ่งกระตุ้นที่อาสาสมัครบันทึก ซึ่งมักเป็นความเย็นจากอาหารหรือเครื่องดื่ม ของหวาน และการแปรงฟัน เวลาในการบันทึกข้อมูลอาการเสียวฟันและอาการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อโดยทันตแพทย์และอาสาสมัครแตกต่างกัน โดยผู้วิจัยทำการตรวจ ณ วันที่จะเริ่มฟอกสีฟันและตรวจอีกครั้งก่อนทำการถอนฟัน ดังนั้นอาการเสียวฟันที่เกิดขึ้นระหว่างฟอกสีฟันในแต่ละวันหรืออาการต่างๆที่อาจหายไปก่อนวันที่ทำการถอนฟันได้ไม่ได้รับการตรวจโดยทันตแพทย์ แต่ใช้แบบสอบถามที่อาสาสมัครบันทึกแทน

จากการตรวจทางคลินิก พบอาการเสียวฟันและระคายเคืองเหงือกได้ร้อยละ 12.66 และ 6.33 ของจำนวนฟันทั้งหมดตามลำดับ ข้อมูลจากการตรวจทางคลินิกเป็นอาการ (signs) ในขณะที่ข้อมูลจากแบบสอบถามจะสะท้อนถึงอาการแสดง (symptoms) ที่เกิดขึ้นตรงกับสภาพความเป็นจริงได้มากกว่าเพราะให้ผู้ป่วยบันทึกอาการทุกวันหลังฟอกสีฟันและบันทึกต่อเนื่องไปอีก 7 วันหลังจากหยุดฟอกสีฟันในฟันกลุ่มที่ 5, 6, 9 และ 10 โดยระหว่างการฟอกสีฟันพบอาการเสียวฟันและระคายเคืองเนื้อเยื่อเหงือกได้ถึงร้อยละ 41.77 และ 10.13 ของจำนวนฟันทั้งหมดตามลำดับ ผลข้างเคียงทั้งสองที่พบในการศึกษานี้มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 52 และร้อยละ 31 ของผู้ป่วยทั้งหมดตามการศึกษาของ Haywood และคณะ[4] ซึ่งได้ใช้สารฟอกสีฟันที่มีความเข้มข้นเท่ากันแต่มีระยะเวลาการฟอกสีฟันติดต่อกันที่นานกว่าโดยฟอกสีฟันนานถึง 6 สัปดาห์ ผลข้างเคียงจากการฟอกสีฟันที่เกิดขึ้นจะแปรผันกับความเข้มข้นของสารไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ที่ใช้ ความหนืด จำนวนและระยะเวลาที่ฟอกสีฟันในแต่ละวัน[25, 108] อย่างไรก็ตามปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดอาการเสียวฟันจะแตกต่างกันไประหว่างบุคคล รายงานอุบัติการณ์ของการเกิดอาการเสียวฟันพบแตกต่างกันไปในแต่ละการศึกษาซึ่งพบได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100% ของประชากรที่ศึกษา และพบระดับอาการเสียวฟันได้ตั้งแต่น้อยมากจนถึงระดับที่ไม่สามารถทนได้[4, 27, 109-111] ในการศึกษานี้อาสาสมัครทุกคนในกลุ่มที่ฟอกสีฟัน 7 วันสามารถฟอกสีฟันจนจบถึงแม้ว่าจะมีจำนวนฟันถึงร้อยละ 15 (9 ซี่จาก 60 ซี่) ที่มีอาการเสียวฟันในระดับปานกลางหรือรุนแรงตั้งแต่วันแรกที่ทำการฟอกสีฟัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Jorgensen และ Carroll ที่พบว่ามากกว่าครึ่งของผู้ป่วยที่ฟอกสีฟันจนจบการรักษาจะมีอาการเสียวฟันระดับเล็กน้อยระหว่างฟอก ร้อยละ 10 มีอาการเสียวฟันระดับปานกลาง และร้อยละ 4 มีอาการเสียวฟันระดับรุนแรง[28]

อาการเสียวฟันจากการฟอกสีฟันอธิบายจากหลักการพื้นฐาน 2 อย่าง[112]คือ ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของของเหลวในท่อเนื้อฟันออกสู่ภายนอกจากความดันออสโมติก ของ Brännström และการซึมผ่านของสารไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เข้าสู่โพรงประสาทฟัน ทฤษฎีไฮโดรไดนามิกของ Brännström[23] เชื่อว่าเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหรือการเปลี่ยนแปลงความดันออสโมติก ของเหลวภายในท่อเนื้อฟันจะมีการเคลื่อนที่เข้าหรือออกและไปกระตุ้นเส้นประสาทในตำแหน่งรอยต่อท่อเนื้อฟันกับเนื้อเยื่อในฟันหรือเส้นประสาทภายในท่อเนื้อฟันแล้วนำไปสู่การส่งสัญญาณความเจ็บปวดต่อไป ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของของเหลวภายในท่อเนื้อฟันที่สำคัญคือ ความดันของของเหลวภายในท่อเนื้อฟัน ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเนื้อฟันและความหนืดของสารในท่อเนื้อฟัน[113] การศึกษาหลายๆงานรายงานถึงผลของการฟอกสีฟันต่อการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้าง (morphological) และทางเคมี (chemical)[114, 115] ของชั้นผิวเคลือบฟันและมีผลทำให้ชั้นผิวเคลือบฟันมีความพรุน (porosity) มากขึ้น[116, 117] Schiavoni และคณะ[24]พบว่า

การฟอกสีฟันด้วย 10% คาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ หรือ 35% ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ยังผลให้ความสามารถในการซึมผ่านของสารอื่นๆ (permeability) ภายในชั้นเคลือบฟันมีมากขึ้น โดยความสามารถในการซึมผ่านในชั้นเคลือบฟันจะไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารฟอกสีฟันแต่น่าจะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆในสารฟอกสีฟันมากกว่าเช่น ความหนืดหรือการมีส่วนผสมของสารคาร์โบพอล (carbopol) หรือกลีเซอรีน (glycerin)

ในการศึกษานี้พบสัดส่วนของฟันที่มีอาการเสียวฟันระหว่างฟอกสีฟันในกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต (21 ซี่จาก 38 ซี่ (55.26%)) จะมากกว่ากลุ่มที่ไม่มีวัสดุบูรณะ (12 ซี่จาก 41 ซี่ (29.27%)) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทั้งสองกลุ่ม จากการทบทวนวรรณกรรมของผู้วิจัยจนถึงปัจจุบัน ยังไม่มีการศึกษาใดที่เปรียบเทียบความแตกต่างของอาการเสียวฟันจากการฟอกสีฟันระหว่างฟันที่มีหรือไม่มีวัสดุบูรณะ การที่ฟันในกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตมีสัดส่วนของฟันที่มีอาการเสียวฟันมากกว่าอาจเป็นผลจากการที่ฟันที่มีวัสดุบูรณะจะยอมให้มีการซึมผ่านของสารฟอกสีฟันไปตามท่อเนื้อฟันและเข้าสู่โพรงประสาทฟันได้มากกว่าฟันที่ไม่มีวัสดุบูรณะ โดยพบว่าสารฟอกสีฟันคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 สามารถซึมผ่านเข้าสู่โพรงประสาทฟันในฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต Class V ได้มากกว่าฟันที่ไม่มีวัสดุบูรณะ[13] และการซึมผ่านจะมากขึ้นในวัสดุบูรณะคอมโพเมอร์ (Compomer) และเรซินโมดิฟลายกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ตามลำดับ[15]

จำนวนฟันที่มีอาการเสียวฟันจะมากในวันแรกๆที่ฟอกสีฟันและจะน้อยลงในวันถัดๆไป ผลจากการศึกษาพบว่าวันแรกที่ฟอกสีฟันมีฟัน 18 ซี่จาก 60 ซี่ (30%) มีอาการเสียวฟันและพบน้อยลงเหลือ 14 ซี่ (23.33%) ในวันสุดท้ายที่ฟอกสีฟัน การลดลงของอาการเสียวฟันที่พบ แทบทั้งหมดจะพบในกลุ่มที่ไม่มีวัสดุบูรณะ Browning และคณะ[118] พบลักษณะที่คล้ายกันคือครึ่งหนึ่งของผู้ป่วยที่รายงานถึงอาการเสียวฟันจะมีอาการภายในสามวันแรกหรือน้อยกว่านั้น และเมื่อหยุดฟอกสีฟันอาการเสียวฟันและการระคายเคืองเนื้อเยื่อเหงือกจะหายกลับมาเป็นปกติ[119] ดังจะพบได้ว่าหลังจากหยุดฟอกสีฟันนาน 7 วันไม่มีการรายงานถึงอาการระคายเคืองเนื้อเยื่อเหงือก และฟันกลุ่มไม่มีวัสดุบูรณะไม่พบอาการเสียวฟัน ในขณะที่ฟันกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะพบฟัน 3 ซี่จาก 20 ซี่ (15%) ที่มีอาการเสียวฟัน

ผลการตอบสนองของเนื้อเยื่อในฟันกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะมีทั้งการอักเสบในระดับเล็กน้อย ปานกลาง รุนแรง และไม่พบการอักเสบเลย ความแตกต่างของการตอบสนองอาจมาจากระดับการซึมผ่านของสารฟอกสีฟันเข้าสู่เนื้อเยื่อในของฟันแต่ละซี่ที่ไม่เท่ากันเนื่องจากปริมาณของสารฟอกสีฟันที่ใช้ฟอกสีฟันถึงแม้จะมีการสาธิตให้ดูแล้วแต่ก็อาจมีความแตกต่างกันได้ในแต่ละบุคคล ความหนาของเนื้อฟันและเคลือบฟันที่ไม่เท่ากัน สภาพของวัสดุบูรณะภายหลังการใช้งานที่

อาจมีความสมบูรณ์แตกต่างกัน และปฏิกิริยาการตอบสนองของเนื้อเยื่อในฟันที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคลที่มีต่อสารฟอกสีฟัน รวมทั้งระยะเวลาในการติดตามผลภายหลังการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตและภายหลังจากการฟอกสีฟันอาจไม่นานเพียงพอให้กระบวนการหายของเนื้อเยื่อในฟันทุกชี่เกิดได้อย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามการศึกษาและข้อมูลด้านนี้ยังมีน้อย การศึกษาในอดีตมักทำในสัตว์ทดลองและใช้สารฟอกสีฟันที่มีความเข้มข้นสูง[53] ดังนั้นการศึกษาในอนาคตที่ใช้สารฟอกสีฟันความเข้มข้นสูงเช่นเดียวกับที่ใช้ในการฟอกสีฟันในคลินิกน่าจะช่วยให้เห็นผลการทดลองที่ชัดเจนกว่านี้

เมื่อพิจารณาผลการวิจัยจากทางคลินิกและทางจุลกายวิภาคพบว่า จำนวนฟันที่มีอาการเสียวฟันที่อาสาสมัครรายงานจากแบบสอบถามจำนวน 12 ชี่จาก 41 ชี่ มีความสัมพันธ์กับการตอบสนองของเนื้อเยื่อในฟัน ซึ่งแตกต่างกับผลของงานวิจัยด้านการวินิจฉัยสภาวะเนื้อเยื่อในฟันทางคลินิกหลายการศึกษา ที่กล่าวว่าอาการทางคลินิกไม่สัมพันธ์กับสภาวะของเนื้อเยื่อในฟันหรือมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก[84, 120] นอกจากนี้ผลการวิจัยที่เกิดขึ้นเป็นเพียงผลระยะสั้น ดังนั้นจึงไม่สามารถทำนายผลความสำเร็จของการรักษาในระยะยาวจากผลในระดับจุลกายวิภาคที่เกิดขึ้น เนื่องจากการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันอาจกลับสู่สภาวะปกติได้เมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาที่มีระยะเวลาการติดตามผลที่นานกว่านี้ เพื่อตัดปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องและศึกษาผลจากสารฟอกสีฟันได้ชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนี้สิ่งสำคัญที่ควรคำนึงถึงคืองานวิจัยครั้งนี้ทำในฟันปกติของกลุ่มอาสาสมัครที่เป็นวัยรุ่น ซึ่งฟันกรามน้อยมีลักษณะปกติและไม่มีการติดเชื้อหรืออักเสบ ดังนั้นผลการศึกษาอาจแตกต่างจากสถานการณ์จริงที่มักมีวัสดุบูรณะเก่าที่ผ่านการใช้งานมาเป็นเวลานาน จึงเป็นข้อควรระวังสำหรับทันตแพทย์ที่จำเป็นต้องพิจารณาสภาวะของเนื้อเยื่อในฟันรวมถึงคุณภาพของวัสดุบูรณะเดิมก่อนทำการฟอกสีฟันโดยเฉพาะการฟอกสีฟันในคลินิกที่ใช้สารฟอกสีฟันที่มีความเข้มข้นสูงกว่าสารฟอกสีฟันในการศึกษานี้หลายเท่า และหากจำเป็นอาจต้องซ่อมแซมแก้ไขวัสดุบูรณะให้อยู่ในสภาพที่ดีก่อน เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อในฟันที่อาจทำให้การแก้ไขสีฟันด้วยการฟอกสีฟันไม่ประสบความสำเร็จก็เป็นได้

การศึกษานี้ก็มีข้อจำกัดบางประการได้แก่ จำนวนกลุ่มทดลองที่มากทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบการมีหรือไม่มีวัสดุบูรณะในฟันกรามน้อย 2 ชี่ของคนคนเดียวกันได้ (split mouth technique) และเนื่องจากการศึกษานี้มีการฟอกสีฟันในฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตซึ่งเป็นปัจจัยที่เพิ่มขึ้นมา ซึ่งอาจเพิ่มความเสี่ยงของอาการเสียวฟัน และระยะเวลาในการศึกษาวิจัยใช้เวลานาน จึงยากในการคัดเลือกอาสาสมัครให้ได้จำนวนตามต้องการ หรืออาสาสมัครไม่สามารถปฏิบัติตามเงื่อนไขของการศึกษาอย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ การศึกษาในทางคลินิก มีปัจจัยที่ไม่

สามารถควบคุมได้ เช่น ความแตกต่างของบุคคลในการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น ได้แก่ ความเป็นพิษของวัสดุ การตอบสนองต่อการเตรียมโพรงฟันและการบูรณะฟัน เป็นต้น เนื่องจากความหนาของเนื้อฟันที่เหลืออยู่มีผลต่อการตอบสนองของเนื้อเยื่อใน และความเป็นพิษของสารพิษที่สามารถแทรกซึมผ่านเข้ามาถึงเนื้อเยื่อใน การเตรียมโพรงฟันให้มีความหนาของเนื้อฟันที่เหลือใต้พื้นโพรงฟันให้มีความใกล้เคียงกันในฟันทุกๆซี่นั้นเป็นไปได้ยาก อย่างไรก็ตาม ในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้ทำการควบคุมความลึกของโพรงฟันด้วยการขีดเส้นกำหนดความลึกที่หัวกรอไว้ก่อนการทำหัตถการ แต่ความหนาของโครงสร้างฟันของอาสาสมัครแต่ละคนก็มีความแตกต่างกัน ส่งผลให้ความหนาของเนื้อฟันที่เหลือจากการกรอเตรียมโพรงฟันของฟันกลุ่มที่ 7 ถึงกลุ่มที่ 10 มีค่าต่ำสุดและสูงสุดอยู่ที่ 449 และ 1,217 ไมโครเมตรตามลำดับ และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 910 ไมโครเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ANOVA, $p = 0.496$)

วิธีทางจุลกายวิภาคเป็นวิธีหนึ่งในการศึกษาผลการตอบสนองของเนื้อเยื่อในฟันจากสิ่งกระตุ้นต่างๆ เนื่องจากฟันเป็นเนื้อเยื่อพิเศษ คือมีทั้งส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) และ ส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อแข็ง (mineralized tissue) มีความเป็นได้มากที่จะเกิดสิ่งแปลกปน (artifacts) ขึ้นจากหลายขั้นตอน เช่น การซึมผ่านของสารฟอร์มาลินผ่านปลายรากฟันที่ตัดแล้ว นั้นจำกัดหรือช้าเกินไป ทำให้เนื้อเยื่อในฟันเกิดการตายบางส่วนหรือเกิดภาวะขาดออกซิเจน (hypoxia) ก่อนที่สารฟอร์มาลินจะคงสภาพ (fix) เนื้อเยื่อในฟันได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะเห็นได้จากช่องว่างเป็นวงของสารน้ำสะสมขนาดเล็กภายในชั้นของเซลล์สร้างเนื้อฟันที่พบได้ในฟันตัวอย่างทุกกลุ่มแม้กระทั่งในฟันปกติ นอกจากนี้การพบเม็ดเลือดแดงอยู่ภายนอกหลอดแดงอาจเกิดจากเม็ดเลือดแดงหลุดออกระหว่างการย้อมชิ้นเนื้อเยื่อซึ่งต้องผ่านสารเคมีหลายชนิด การคงสภาพเนื้อเยื่อในฟันอย่างสมบูรณ์สามารถทำได้โดยวิธีการฉีดสารผสมของฟอร์มาลินเข้าสู่เส้นเลือดโดยตรงซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการศึกษาในสัตว์ทดลอง ไม่สามารถใช้ได้ในการศึกษาในมนุษย์ การลดสิ่งแปลกปน อาจทำได้โดยการเจาะรูที่ด้านตรงข้ามของฟันที่ไม่มีการเตรียมโพรงฟันด้วยหัวกรดความเร็วสูง เพื่อให้สารฟอร์มาลินซึมผ่านเนื้อฟันอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นและเร็วขึ้น ซึ่งวิธีการนี้ ก็มีข้อจำกัด คือ ต้องไม่เจาะฟันจนลึกเกินไปและทำลายเนื้อเยื่อในฟันส่วนที่เป็นปกติของฟันซี่ที่ทำการศึกษา

ณ เวลา 2 เดือนหลังการฟอกสีฟันในฟันที่มีวัสดุเรซินคอมโพสิต ยังพบการอักเสบระดับเล็กน้อย ร้อยละ 50 โดยปกติ ถ้าการอักเสบสามารถหายได้เองในระยะเวลา 3 เดือน ถือว่ามีความปลอดภัยในการใช้งานในคลินิก ดังนั้น ระยะเวลาในการติดตามผลการประเมินการอักเสบของการศึกษานี้สั้นไปเล็กน้อย ที่จะสรุปถึงความปลอดภัยฟอกสีฟันในฟันที่มีวัสดุบูรณะได้

เนื่องจากระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการศึกษาใช้เวลาค่อนข้างนาน 3-6 เดือน ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อการจัดฟันที่ผู้ป่วยจะได้รับ

เพื่อให้การศึกษาเรื่องการฟอกสีฟันสมบูรณ์และใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงทางคลินิกมากยิ่งขึ้น จึงควรศึกษาเพิ่มเติมประเด็นต่อไปนี้

1) เพิ่มจำนวนวันที่ทำการฟอกสีฟันติดต่อกันมากขึ้นถึง 2 สัปดาห์หรือมากกว่า ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้กรณีที่การฟอกสีฟันให้ขาว ยังไม่ถึงระดับที่ผู้ป่วยพึงพอใจ

2) ระยะเวลาที่ติดตามผลการรักษาหลังการฟอกสีฟันในกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะที่ยาวนานขึ้น อย่างน้อย 3 เดือน

3) การศึกษาปริมาณสารฟอกสีฟันและสารอนุมูลอิสระที่ได้จากการแตกตัวของสารฟอกสีฟันคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ รวมถึงสารโมโนเมอร์อื่นๆจากวัสดุบูรณะฟันเรซินคอมโพสิตที่ซึมผ่านเข้าสู่โพรงเนื้อเยื่อใน เพื่อยืนยันถึงชนิดของสารเคมีที่มีผลต่อการอักเสบของเนื้อเยื่อในจากสารฟอกสีฟัน

4) เพิ่มความเข้มข้นของสารฟอกสีฟัน หรือเปลี่ยนรูปแบบการฟอกสีฟันเป็นการฟอกสีฟันในคลินิกที่ใช้สารฟอกสีฟันที่มีความเข้มข้นสูง หรือ การฟอกสีฟันในคลินิก (office bleaching)

5) การศึกษาการซึมผ่านระดับนาโนในชั้นรอยต่อระหว่างวัสดุบูรณะกับผิวฟันภายหลังผ่านการฟอกสีฟัน

6) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการตอบสนองของเซลล์และเนื้อเยื่อในระดับโมเลกุลต่อการฟอกสีฟัน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

ผลการเปรียบเทียบของเซลล์และเนื้อเยื่อในฟันในฟันปกติและฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต ในฟันมนุษย์ที่ได้รับการฟอกสีฟัน มีดังนี้

1) ไม่พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในหรือ การสร้างเนื้อฟันตติยภูมิหลังการฟอกสีฟันชนิดทำเองที่บ้าน (home bleaching) นาน 7 คืนในฟันปกติ
2) พบการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิ คิดเป็นร้อยละ 80 ของฟันซึ่งบูรณะด้วยวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต นาน 2 เดือน
3) การฟอกสีฟันชนิดทำเองที่บ้านในฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต ด้วยสารฟอกสีฟันคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ก่อให้เกิดพยาธิสภาพต่อเนื้อเยื่อในได้มากกว่า การฟอกสีฟันในฟันปกติ โดยพบการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อยถึงปานกลางร่วมกับการสร้างเนื้อฟันตติยภูมิในกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต
4) การเพิ่มระยะเวลาในการฟอกสีฟันจาก 1 คืน เป็น 7 คืนในฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต ทำให้การอักเสบของเนื้อเยื่อใน เพิ่มขึ้น
5) ณ ระยะเวลา 2 เดือนหลังจากฟอกสีฟันนาน 7 คืน พบว่าฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต ยังมีการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อย และปานกลาง ร้อยละ 40 และ 10 ตามลำดับ
6) ระดับอาการเสียวฟันที่อาสาสมัครบันทึกมีค่าสูงกว่าระดับอาการเสียวฟันที่ตรวจโดยทันตแพทย์ และกลุ่มที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต จะมีระดับอาการรวมถึงจำนวนผู้มีอาการเสียวฟันจากการฟอกสีฟันที่มากกว่ากลุ่มฟันปกติ
7) อาการระคายเคืองต่อเหงือกพบเพียงเล็กน้อย และไม่สัมพันธ์กับการมีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต โดยพบร้อยละ10 ของฟันปกติ และ ร้อยละ3 ของฟันที่มีวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต
8) การฟอกสีฟันนาน 1 คืนไม่ทำให้ฟันขาวขึ้น แต่ทันตแพทย์พบว่าฟันขาวขึ้นประมาณ 2 ระดับตามแถบเลือกสีฟันวิต้า เมื่อฟอกสีฟันนาน 7 คืน โดยไม่เกิดเปลี่ยนแปลงสีของวัสดุเรซินคอมโพสิตในระดับที่ทันตแพทย์จะสามารถประเมินได้ทางคลินิก

เอกสารอ้างอิง

1. Odioso LL, Gibb RD, Gerlach RW. Impact of demographic, behavioral, and dental care utilization parameters on tooth color and personal satisfaction. ***Compend Contin Educ Dent Suppl*** 2000; (29): S35-41; quiz S43.
2. Alkhatib MN, Holt R, Bedi R. Prevalence of self-assessed tooth discolouration in the United Kingdom. ***J Dent*** 2004; 32(7): 561-6.
3. Hattab FN, Qudeimat MA, al-Rimawi HS. Dental discoloration: an overview. ***J Esthet Dent*** 1999; 11(6): 291-310.
4. Haywood VB, Leonard RH, Nelson CF, Brunson WD. Effectiveness, side effects and long-term status of nightguard vital bleaching. ***J Am Dent Assoc*** 1994; 125(9): 1219-26.
5. Mokhlis GR, Matis BA, Cochran MA, Eckert GJ. A clinical evaluation of carbamide peroxide and hydrogen peroxide whitening agents during daytime use. ***J Am Dent Assoc*** 2000; 131(9): 1269-77.
6. Tam L. Clinical trial of three 10% carbamide peroxide bleaching products. ***J Can Dent Assoc*** 1999; 65(4): 201-5.
7. Li Y. Biological properties of peroxide-containing tooth whiteners. ***Food Chem Toxicol*** 1996; 34(9): 887-904.
8. Walsh LJ. Safety issues relating to the use of hydrogen peroxide in dentistry. ***Aust Dent J*** 2000; 45(4): 257-69; quiz 89.
9. Cooper JS, Bokmeyer TJ, Bowles WH. Penetration of the pulp chamber by carbamide peroxide bleaching agents. ***J Endod*** 1992; 18(7): 315-7.
10. Hanks CT, Fat JC, Wataha JC, Corcoran JF. Cytotoxicity and dentin permeability of carbamide peroxide and hydrogen peroxide vital bleaching materials, in vitro. ***J Dent Res*** 1993; 72(5): 931-8.
11. Pugh G, Jr., Zaidel L, Lin N, Stranick M, Bagley D. High levels of hydrogen peroxide in overnight tooth-whitening formulas: effects on enamel and pulp. ***J Esthet Restor Dent*** 2005; 17(1): 40-5; discussion 46-7.

12. Thitinanthapan W, Satamanont P, Vongsavan N. In vitro penetration of the pulp chamber by three brands of carbamide peroxide. ***J Esthet Dent*** 1999; 11(5): 259-64.

13. Benetti AR, Valera MC, Mancini MN, Miranda CB, Balducci I. In vitro penetration of bleaching agents into the pulp chamber. ***Int Endod J*** 2004; 37(2): 120-4.

14. Gokay O, Tuncbilek M, Ertan R. Penetration of the pulp chamber by carbamide peroxide bleaching agents on teeth restored with a composite resin. ***J Oral Rehabil*** 2000; 27(5): 428-31.

15. Gokay O, Yilmaz F, Akin S, Tuncbilek M, Ertan R. Penetration of the pulp chamber by bleaching agents in teeth restored with various restorative materials. ***J Endod*** 2000; 26(2): 92-4.

16. Haywood VB. History, safety, and effectiveness of current bleaching techniques and applications of the nightguard vital bleaching technique. ***Quintessence Int*** 1992; 23(7): 471-88.

17. Dahl JE, Pallesen U. Tooth bleaching--a critical review of the biological aspects. ***Crit Rev Oral Biol Med*** 2003; 14(4): 292-304.

18. Haywood VB, Heymann HO. Nightguard vital bleaching. ***Quintessence Int*** 1989; 20(3): 173-6.

19. Matis BA, Mousa HN, Cochran MA, Eckert GJ. Clinical evaluation of bleaching agents of different concentrations. ***Quintessence Int*** 2000; 31(5): 303-10.

20. Barghi N. Making a clinical decision for vital tooth bleaching: at-home or in-office? ***Compend Contin Educ Dent*** 1998; 19(8): 831-8; quiz 40.

21. Leonard RH, Sharma A, Haywood VB. Use of different concentrations of carbamide peroxide for bleaching teeth: an in vitro study. ***Quintessence Int*** 1998; 29(8): 503-7.

22. Ritter AV, Leonard RH, Jr., St Georges AJ, Caplan DJ, Haywood VB. Safety and stability of nightguard vital bleaching: 9 to 12 years post-treatment. ***J Esthet Restor Dent*** 2002; 14(5): 275-85.

23. Brannstrom M, Astrom A. The hydrodynamics of the dentine; its possible relationship to dentinal pain. ***Int Dent J*** 1972; 22(2): 219-27.

24. Schiavoni RJ, Tursi CP, Rodrigues AL, Jr., Serra MC, Pecora JD, Froner IC. Effect of bleaching agents on enamel permeability. ***Am J Dent*** 2006; 19(5): 313-6.

25. Leonard RH, Jr., Haywood VB, Phillips C. Risk factors for developing tooth sensitivity and gingival irritation associated with nightguard vital bleaching. ***Quintessence Int*** 1997; 28(8): 527-34.

26. Luk K, Tam L, Hubert M. Effect of light energy on peroxide tooth bleaching. ***J Am Dent Assoc*** 2004; 135(2): 194-201; quiz 28-9.

27. Schulte JR, Morrissette DB, Gasior EJ, Czajewski MV. The effects of bleaching application time on the dental pulp. ***J Am Dent Assoc*** 1994; 125(10): 1330-5.

28. Jorgensen MG, Carroll WB. Incidence of tooth sensitivity after home whitening treatment. ***J Am Dent Assoc*** 2002; 133(8): 1076-82; quiz 94-5.

29. Murray PE, Windsor LJ, Smyth TW, Hafez AA, Cox CF. Analysis of pulpal reactions to restorative procedures, materials, pulp capping, and future therapies. ***Crit Rev Oral Biol Med*** 2002; 13(6): 509-20.

30. About I, Murray PE, Franquin JC, Remusat M, Smith AJ. Pulpal inflammatory responses following non-carious class V restorations. ***Oper Dent*** 2001; 26(4): 336-42.

31. Bjorndal L, Mjor IA. Pulp-dentin biology in restorative dentistry. Part 4: Dental caries--characteristics of lesions and pulpal reactions. ***Quintessence Int*** 2001; 32(9): 717-36.

32. Murray PE, Hafez AA, Smith AJ, Cox CF. Bacterial microleakage and pulp inflammation associated with various restorative materials. ***Dent Mater*** 2002; 18(6): 470-8.

33. Murray PE, Smyth TW, About I, Remusat R, Franquin JC, Smith AJ. The effect of etching on bacterial microleakage of an adhesive composite restoration. ***J Dent*** 2002; 30(1): 29-36.

34. Bergenholtz G, Cox CF, Loesche WJ, Syed SA. Bacterial leakage around dental restorations: its effect on the dental pulp. ***J Oral Pathol*** 1982; 11(6): 439-50.

35. Bergenholtz G. Evidence for bacterial causation of adverse pulpal responses in resin-based dental restorations. ***Crit Rev Oral Biol Med*** 2000; 11(4): 467-80.

36. Zach L, Cohen G. Pulp Response to Externally Applied Heat. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol*** 1965; 19: 515-30.

37. Stewardson DA, Shortall AC, Harrington E, Lumley PJ. Thermal changes and cure depths associated with a high intensity light activation unit. ***J Dent*** 2004; 32(8): 643-51.

38. Pashley DH. Dynamics of the pulpo-dentin complex. ***Crit Rev Oral Biol Med*** 1996; 7(2): 104-33.

39. Hebling J, Giro EM, Costa CA. Human pulp response after an adhesive system application in deep cavities. ***J Dent*** 1999; 27(8): 557-64.

40. Gerzina TM, Hume WR. Diffusion of monomers from bonding resin-resin composite combinations through dentine in vitro. ***J Dent*** 1996; 24(1-2): 125-8.

41. Hamid A, Hume WR. Diffusion of resin monomers through human carious dentin in vitro. ***Endod Dent Traumatol*** 1997; 13(1): 1-5.

42. Hanks CT, Strawn SE, Wataha JC, Craig RG. Cytotoxic effects of resin components on cultured mammalian fibroblasts. ***J Dent Res*** 1991; 70(11): 1450-5.

43. Ratanasathien S, Wataha JC, Hanks CT, Dennison JB. Cytotoxic interactive effects of dentin bonding components on mouse fibroblasts. ***J Dent Res*** 1995; 74(9): 1602-6.

44. Hamid A, Hume WR. The effect of dentine thickness on diffusion of resin monomers in vitro. ***J Oral Rehabil*** 1997; 24(1): 20-5.

45. Akimoto N, Momoi Y, Kohno A, Suzuki S, Otsuki M, Suzuki S, et al. Biocompatibility of Clearfil Liner Bond 2 and Clearfil AP-X system on nonexposed and exposed primate teeth. ***Quintessence Int*** 1998; 29(3): 177-88.

46. Murray PE, About I, Lumley PJ, Smith G, Franquin JC, Smith AJ. Postoperative pulpal and repair responses. ***J Am Dent Assoc*** 2000; 131(3): 321-9.

47. Del Maestro RF. Role of superoxide anion radicals in microvascular permeability and leukocyte behaviour. ***Can J Physiol Pharmacol*** 1982; 60(11): 1406-14.

48. McCord JM. Free radicals and inflammation: protection of synovial fluid by superoxide dismutase. ***Science*** 1974; 185(150): 529-31.

49. Kumar V, Cotran RS, Robbins SL. ***Robbins basic pathology***. 7th ed. Philadelphia: Saunders; 2003.

50. Bhat KS. Tissue emphysema caused by hydrogen peroxide. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol*** 1974; 38(2): 304-7.

51. Rotstein I, Wesselink PR, Bab I. Catalase protection against hydrogen peroxide-induced injury in rat oral mucosa. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol*** 1993; 75(6): 744-50.

52. Dorman HL, Bishop JG. Production of experimental edema in dog tongue with dilute hydrogen peroxide. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol*** 1970; 29(1): 38-43.

53. Seale NS, McIntosh JE, Taylor AN. Pulpal reaction to bleaching of teeth in dogs. ***J Dent Res*** 1981; 60(5): 948-53.

54. Gonzalez-Ochoa. Histological changes to dental pulp after vital bleaching with 10% carbamide peroxide (dissertation). Indianapolis: IN: Indiana University; 2002.

55. Fugaro JO, Nordahl I, Fugaro OJ, Matis BA, Mjor IA. Pulp reaction to vital bleaching. ***Oper Dent*** 2004; 29(4): 363-8.

56. Bowles WH, Burns H, Jr. Catalase/peroxidase activity in dental pulp. ***J Endod*** 1992; 18(11): 527-34.

57. Attin T, Vollmer D, Wiegand A, Attin R, Betke H. Subsurface microhardness of enamel and dentin after different external bleaching procedures. ***Am J Dent*** 2005; 18(1): 8-12.

58. Justino LM, Tames DR, Demarco FF. In situ and in vitro effects of bleaching with carbamide peroxide on human enamel. ***Oper Dent*** 2004; 29(2): 219-25.

59. Seghi RR, Denry I. Effects of external bleaching on indentation and abrasion characteristics of human enamel in vitro. ***J Dent Res*** 1992; 71(6): 1340-4.

60. Shannon H, Spencer P, Gross K, Tira D. Characterization of enamel exposed to 10% carbamide peroxide bleaching agents. ***Quintessence Int*** 1993; 24(1): 39-44.

61. Oltu U, Gurgan S. Effects of three concentrations of carbamide peroxide on the structure of enamel. ***J Oral Rehabil*** 2000; 27(4): 332-40.

62. Ernst CP, Marroquin BB, Willershausen-Zonnchen B. Effects of hydrogen peroxide-containing bleaching agents on the morphology of human enamel. ***Quintessence Int*** 1996; 27(1): 53-6.

63. Haywood VB, Leech T, Heymann HO, Crumpler D, Bruggers K. Nightguard vital bleaching: effects on enamel surface texture and diffusion. ***Quintessence Int*** 1990; 21(10): 801-4.

64. Bailey SJ, Swift EJ, Jr. Effects of home bleaching products on composite resins. ***Quintessence Int*** 1992; 23(7): 489-94.

65. Turker SB, Biskin T. Effect of three bleaching agents on the surface properties of three different esthetic restorative materials. ***J Prosthet Dent*** 2003; 89(5): 466-73.

66. Turker SB, Biskin T. The effect of bleaching agents on the microhardness of dental aesthetic restorative materials. ***J Oral Rehabil*** 2002; 29(7): 657-61.

67. Basting RT, Fernandez YFC, Ambrosano GM, de Campos IT. Effects of a 10% carbamide peroxide bleaching agent on roughness and microhardness of packable composite resins. ***J Esthet Restor Dent*** 2005; 17(4): 256-62; discussion 63.

68. Campos I, Briso AL, Pimenta LA, Ambrosano G. Effects of bleaching with carbamide peroxide gels on microhardness of restoration materials. ***J Esthet Restor Dent*** 2003; 15(3): 175-82; discussion 83.

69. Canay S, Cehreli MC. The effect of current bleaching agents on the color of light-polymerized composites in vitro. ***J Prosthet Dent*** 2003; 89(5): 474-8.

70. Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. ***J Dent Res*** 1989; 68(12): 1760-4.

71. Abdalla AI, Davidson CL. Effect of mechanical load cycling on the marginal integrity of adhesive Class I resin composite restorations. ***J Dent*** 1996; 24(1-2): 87-90.

72. Okuda M, Pereira PN, Nakajima M, Tagami J, Pashley DH. Long-term durability of resin dentin interface: nanoleakage vs. microtensile bond strength. ***Oper Dent*** 2002; 27(3): 289-96.

73. Ulukapi H, Benderli Y, Ulukapi I. Effect of pre- and postoperative bleaching on marginal leakage of amalgam and composite restorations. ***Quintessence Int*** 2003; 34(7): 505-8.

74. Crim GA. Post-operative bleaching: effect on microleakage. ***Am J Dent*** 1992; 5(2): 109-12.

75. Owens BM, Rowland CC, Brown DM, Covington JS, 3rd. Postoperative dental bleaching: effect of microleakage on Class V tooth colored restorative materials. ***J Tenn Dent Assoc*** 1998; 78(4): 36-40.

76. Cox CF, Bergenholtz G, Heys DR, Syed SA, Fitzgerald M, Heys RJ. Pulp capping of dental pulp mechanically exposed to oral microflora: a 1-2 year observation of wound healing in the monkey. ***J Oral Pathol*** 1985; 14(2): 156-68.

77. Anderson DG, Chiego DJ, Jr., Glickman GN, McCauley LK. A clinical assessment of the effects of 10% carbamide peroxide gel on human pulp tissue. ***J Endod*** 1999; 25(4): 247-50.

78. Cohen SC. Human pulpal response to bleaching procedures on vital teeth. ***J Endod*** 1979; 5(5): 134-8.

79. Robertson WD, Melfi RC. Pulpal response to vital bleaching procedures. ***J Endod*** 1980; 6(7): 645-9.

80. Bowles WH, Ugwuneri Z. Pulp chamber penetration by hydrogen peroxide following vital bleaching procedures. ***J Endod*** 1987; 13(8): 375-7.

81. Rotstein I. Role of catalase in the elimination of residual hydrogen peroxide following tooth bleaching. ***J Endod*** 1993; 19(11): 567-9.

82. Murray PE, About I, Franquin JC, Remusat M, Smith AJ. Restorative pulpal and repair responses. ***J Am Dent Assoc*** 2001; 132(4): 482-91.

83. Zach L. Pulp lability and repair; effect of restorative procedures. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol*** 1972; 33(1): 111-21.

84. Hargreaves KM, Goodis HE, Seltzer S. ***Seltzer and Bender's dental pulp***. Chicago: Quintessence Pub. Co.; 2002.

85. Shortall AC, Harrington E. Temperature rise during polymerization of light-activated resin composites. ***J Oral Rehabil*** 1998; 25(12): 908-13.

86. Murray PE, About I, Lumley PJ, Franquin JC, Remusat M, Smith AJ. Cavity remaining dentin thickness and pulpal activity. ***Am J Dent*** 2002; 15(1): 41-6.

87. Mjör IA. ***Pulp-dentin biology in restorative dentistry***. Chicago: Quintessence Pub.; 2002.

88. Murray PE, About I, Lumley PJ, Franquin JC, Remusat M, Smith AJ. Human odontoblast cell numbers after dental injury. ***J Dent*** 2000; 28(4): 277-85.

89. Brannstrom M. Communication between the oral cavity and the dental pulp associated with restorative treatment. ***Oper Dent*** 1984; 9(2): 57-68.

90. Fujitani M, Inokoshi S, Hosoda H. Effect of acid etching on the dental pulp in adhesive composite restorations. ***Int Dent J*** 1992; 42(1): 3-11.

91. Qvist V, Stoltze K, Qvist J. Human pulp reactions to resin restorations performed with different acid-etch restorative procedures. ***Acta Odontol Scand*** 1989; 47(5): 253-63.

92. Camps J, Dejou J, Remusat M, About I. Factors influencing pulpal response to cavity restorations. ***Dent Mater*** 2000; 16(6): 432-40.

93. Far C, Ruse ND. Effect of bleaching on fracture toughness of composite-dentin bonds. ***J Adhes Dent*** 2003; 5(3): 175-82.

94. Stanley HR. Criteria for standardizing and increasing credibility of direct pulp capping studies. ***Am J Dent*** 1998; 11 Spec No: S17-34.

95. Wijnbergen M, Van Mullem PJ. Effect of histological decalcifying agents on number and stainability of gram-positive bacteria. ***J Dent Res*** 1987; 66(5): 1029-31.

96. Fogel HM, Marshall FJ, Pashley DH. Effects of distance from the pulp and thickness on the hydraulic conductance of human radicular dentin. ***J Dent Res*** 1988; 67(11): 1381-5.

97. Kidd EA. Microleakage: a review. ***J Dent*** 1976; 4(5): 199-206.

98. Retief DH. Do adhesives prevent microleakage? ***Int Dent J*** 1994; 44(1): 19-26.

99. Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Horner JA, Matthews WG, Pashley DH. Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. ***Oper Dent*** 1995; 20(1): 18-25.

100. Tay FR, Pashley DH. Water treeing--a potential mechanism for degradation of dentin adhesives. ***Am J Dent*** 2003; 16(1): 6-12.

101. Li H, Burrow MF, Tyas MJ. Nanoleakage patterns of four dentin bonding systems. ***Dent Mater*** 2000; 16(1): 48-56.

102. Van Meerbeek B, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, Duke ES, Eick JD, et al. A TEM study of two water-based adhesive systems bonded to dry and wet dentin. ***J Dent Res*** 1998; 77(1): 50-9.

103. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. ***J Dent Res*** 2000; 79(6): 1385-91.

104. Cohen S, Hargreaves KM. ***Pathways of the pulp***. 9th ed. St. Louis, Mo. ; London: Elsevier Mosby; 2006.

105. Koulaouzidou E, Lambrianidis T, Konstantinidis A, Kortsaris AH. In vitro evaluation of the cytotoxicity of a bleaching agent. ***Endod Dent Traumatol*** 1998; 14(1): 21-5.

106. Auschill TM, Hellwig E, Schmidale S, Sculean A, Arweiler NB. Efficacy, side-effects and patients' acceptance of different bleaching techniques (OTC, in-office, at-home). ***Oper Dent*** 2005; 30(2): 156-63.

107. Kielbassa AM, Attin T, Hellwig E, Schade-Brittinger C. In vivo study on the effectiveness of a lacquer containing CaF2/NaF in treating dentine hypersensitivity. ***Clin Oral Investig*** 1997; 1(2): 95-9.

108. Gerlach RW, Zhou X. Vital bleaching with whitening strips: summary of clinical research on effectiveness and tolerability. ***J Contemp Dent Pract*** 2001; 2(3): 1-16.

109. Haywood VB. Current status of nightguard vital bleaching. ***Compend Contin Educ Dent Suppl*** 2000; (28): S10-7; quiz S48.

110. Reinhardt JW, Eivins SE, Swift EJ, Jr., Denehy GE. A clinical study of nightguard vital bleaching. ***Quintessence Int*** 1993; 24(6): 379-84.

111. Sterrett J, Price RB, Bankey T. Effects of home bleaching on the tissues of the oral cavity. ***J Can Dent Assoc*** 1995; 61(5): 412-7, 20.

112. Hewlett ER. Etiology and management of whitening-induced tooth hypersensitivity. ***J Calif Dent Assoc*** 2007; 35(7): 499-506.

113. Pashley DH. Dentine permeability and its role in the pathobiology of dentine sensitivity. ***Arch Oral Biol*** 1994; 39 Suppl: 73S-80S.

114. Hegedus C, Bistey T, Flora-Nagy E, Keszthelyi G, Jenei A. An atomic force microscopy study on the effect of bleaching agents on enamel surface. ***J Dent*** 1999; 27(7): 509-15.

115. Rotstein I, Dankner E, Goldman A, Heling I, Stabholz A, Zalkind M. Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. ***J Endod*** 1996; 22(1): 23-5.

116. Bitter NC. A scanning electron microscope study of the long-term effect of bleaching agents on the enamel surface in vivo. ***Gen Dent*** 1998; 46(1): 84-8.

117. Zalkind M, Arwaz JR, Goldman A, Rotstein I. Surface morphology changes in human enamel, dentin and cementum following bleaching: a scanning electron microscopy study. ***Endod Dent Traumatol*** 1996; 12(2): 82-8.

118. Browning WD, Blalock JS, Frazier KB, Downey MC, Myers ML. Duration and timing of sensitivity related to bleaching. ***J Esthet Restor Dent*** 2007; 19(5): 256-64; discussion 64.

119. Hannig C, Lindner D, Attin T. Efficacy and tolerability of two home bleaching systems having different peroxide delivery. ***Clin Oral Investig*** 2007; 11(4): 321-9.

120. Lundy T, Stanley HR. Correlation of pulpal histopathology and clinical symptoms in human teeth subjected to experimental irritation. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol*** 1969; 27(2): 187-201.

ภาคผนวก

ภาคผนวก 1

วัสดุ

1. ฟิล์มถ่ายภาพรังสีทางทันตกรรม ภายใต้เครื่องหมายทางการค้า Kodak insight (Kodak company Rochester, USA)
2. ยาชาเฉพาะที่ (Local anesthesia) (Lidocaine HCL 2% and epinephrine 1:100,000) ภายใต้เครื่องหมายทางการค้า Cook-waite (Abbott Laboratories, Kansas, USA)
3. เข็มฉีดยาชา (Dental needle) ขนาดเกจ 27 ภายใต้เครื่องหมายทางการค้า Pierre Rolland (Mérignac, France)
4. แผ่นยางกั้นน้ำลาย (Rubber dam sheath) ภายใต้เครื่องหมายทางการค้า Hygenic® (Colténe/Whaledent Inc, USA)
5. ผ้ากอซปลอดเชื้อ (Sterile gauze)
6. วัสดุพิมพ์ปากชนิดไฮโดรคอลลอยด์ผันกลับไม่ได้ (irreversible hydrocolloid)
7. กรดฟอสฟอริก (Etching gel) ภายใต้เครื่องหมายการค้า Scotchbond Etching gel® (3M ESPE, USA)
8. สารยึด (Bonding) ภายใต้เครื่องหมายการค้า Scotchbond MP plus® (3M ESPE, USA)
9. วัสดุอุดเรซิน คอมโพสิต (Resin composite) ภายใต้เครื่องหมายการค้า Z100® (3M ESPE, USA)
10. สารฟอกสีฟัน (Bleaching agent) ภายใต้เครื่องหมายการค้า Opalescence PF® (Ultradent, USA)
11. สารละลายบัฟเฟอร์ฟอร์มาลินที่ทำให้เป็นกลางความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (10% neutral buffered formalin)
12. สารละลายเอทีไดอะมีนเตตระอะซิติกแอซิด (Ethelene diamine tetraacitic acid)
13. สารละลายอิ่มตัวแอมโมเนียมออกซาเลต (Saturated ammonium oxalate solution)
14. สารฮีมาทอกซิลิน คริสตัล (Hematoxylin crystal)
15. สารแอมโมเนียม อลัม (Ammonium alum)
16. สารเมอคิวริกออกไซด์ (Mercuric oxide)
17. สารละลายแอลกอฮอลล์ที่มีสภาพความเป็นกรด ที่ความเข้มข้น1% (1% Acid alcohol solution)
18. สารเจนเทียนไวโอเล็ต (Gentian violet)

19. เมทิลแอลกอฮอลล์ (Methyl alcohol)
20. สารเบสิกฟุสชิน (Basic fuscin)
21. สารเอทิลอีเทอร์ (Ethyl ether)
22. กรดพิกริก (Picric acid)
23. สารละลายแกรมส์ไอโอดีน (Gram's iodine solution)
24. สารอะซิโตน (Acetone)
25. น้ำกลั่น (Distilled water)
26. สารลิเทียมคาร์บอเนต (Lithium carbonate)
27. น้ำยาเคลือบสไลด์ทรีอะมิโนโพรพิลไทรเอทอกซีลิน (3-Aminopropyltriethoxysilane)
28. สไลด์สำหรับกล้องจุลทรรศน์ ภายใต้เครื่องหมายทางการค้า SAIL BRAND (China Machinery Corp., China)
29. แผ่นแก้วสำหรับปิดสไลด์ (Glass cover slip) ขนาด 24 x 50 มม ภายใต้เครื่องหมายทางการค้า MENZEL-GLASER (Menzel Glaser GmbH, Germany)

อุปกรณ์

1. ชุดตรวจ ประกอบด้วย ถาดวางเครื่องมือ กระจกส่องปาก เครื่องมือตรวจฟัน
2. ชุดเครื่องมือกั้นน้ำลายด้วยแผ่นยาง
3. ชุดเครื่องมือการบูรณะฟันด้วยเรซิน คอมโพสิต
4. แถบเทียบสีฟันระบบวิต้า ภายใต้เครื่องหมายการค้า Vitapan classical (Vita Zahnfabrik, Germany)
5. ชุดเครื่องมือถอนฟัน
6. เครื่องถ่ายภาพรังสีเอ็กซ์
7. ด้ามกรอแบบความเร็วสูง (High speed handpiece)
8. ด้ามกรอแบบความเร็วต่ำ (Low speed handpiece)
9. หัวกรอเร็วกากเพชรความเร็วสูงรูปทรงกระบอกขนาด 016 ภายใต้เครื่องหมายทางการค้า MEISINGER (Hager & Meisinger Gm bH, Germany)
10. หัวขัดวัสดุเรซิน คอมโพสิต ภายใต้เครื่องหมายการค้า Sof-Lex PopOn system® (3M ESPE, USA)
11. เครื่องฉายแสง ภายใต้เครื่องหมายการค้า Coltolux 75 (Colténe/Whaledent Inc, USA)

12. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง ภายใต้เครื่องหมายทางการค้า OHAUS รุ่น Adventurere™ (Ohaus Corp., USA)
13. เครื่องวัดระดับความเป็นกรดด่าง (pH meter) ภายใต้เครื่องหมายทางการค้า Precisa รุ่น pH900 (Precisa Instrument AG, Switzerland)
14. เครื่องกวนสารขณะร้อน(Hot plate stirrer) ภายใต้เครื่องหมายทางการค้า Corning Stirrer/ Hot plate (Global Business Operations, Italy)
15. เครื่องเขย่าสาร
16. เครื่องเตรียมบล็อกชิ้นเนื้อ ภายใต้เครื่องหมายทางการค้า Leica รุ่น EG 1160 (Leica, Germany)
17. เครื่องย้อมสีชิ้นเนื้ออัตโนมัติ ภายใต้เครื่องหมายทางการค้า Shandon รุ่น Linistain™ SLS Linear Stainer (Thermo Fisher Scientific Inc., USA)
18. กล้องจุลทรรศน์พร้อมระบบประมวลผลชนิดความละเอียดสูง ซึ่งประกอบด้วย
    i. กล้องจุลทรรศน์ ภายใต้เครื่องหมายทางการค้า AXIOSKOP 40 (Carl Zeiss MicroImaging GmbH, ZEISS, Germany)
    ii. กล้องถ่ายรูประบบดิจิตอล ภายใต้เครื่องหมายทางการค้า Evolution™ LC Camera Kit version 4.5 (Media Cybernetics Inc., USA)
    iii. ระบบประมวลผลชนิดความละเอียดสูง ภายใต้เครื่องหมายทางการค้า Image-Pro®Plus version 5.0 for window™ (Media Cybernetics Inc., USA)
19. เครื่องตัดชิ้นเนื้อ ภายใต้เครื่องหมายทางการค้า Leica รุ่น RM 2135 (Leica, Germany)
20. เครื่องเตรียมชิ้นเนื้ออัตโนมัติ ภายใต้เครื่องหมายทางการค้า Leica รุ่น TP 1020 V2.0 Deutsch (Leica, Germany)

ภาคผนวก 2

ใบเชิญชวน

ขอเชิญเข้าร่วมโครงการวิจัย

เรื่อง **ผลของสารฟอกสีฟันคาร์บาไมด์ เพอร์ออกไซด์ ต่อเซลล์และเนื้อเยื่อในโพรงฟันในฟันมนุษย์ที่บูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต**

เรียน **ท่านผู้อ่านที่นับถือ**

ข้าพเจ้าทันตแพทย์รุจน์ โรจน์อัศวเสถียร นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ใคร่ขอเล่าถึงโครงการวิจัยที่กำลังทำอยู่ และขอเชิญชวนท่านเข้าร่วมโครงการนี้

เนื่องจากการฟอกสีฟันเป็นวิธีการรักษาฟันที่มีสีคล้ำให้มีสีขาวขึ้นที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน อาการข้างเคียงที่พบได้บ่อยคืออาการเสียวฟันซึ่งพบได้ประมาณ 30% และพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันในระดับเล็กน้อยและเป็นแบบผันกลับได้พบประมาณ 36% ซึ่งอาจไม่มีความสัมพันธ์กับอาการเสียวฟัน จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการและในคลินิกพบว่าโมเลกุลของสารฟอกสีฟันสามารถซึมผ่านชั้นเคลือบฟันและเนื้อฟันเข้าไปมีผลต่อเซลล์และเนื้อเยื่อในโพรงประสาทฟัน บ่อยครั้งที่การฟอกสีฟันจะทำในฟันซึ่งอาจได้รับการบูรณะด้วยวัสดุสีเหมือนฟันมาก่อน ซึ่งอาจจะเพิ่มความเสี่ยงของการซึมผ่านของสารฟอกสีฟันและมีผลทำให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อในโพรงฟันของฟันที่มีวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันและผ่านการฟอกสีฟันมาระยะหนึ่ง โดยมีสมมติฐานในเบื้องต้นคือฟันที่มีวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันเมื่อผ่านการฟอกสีฟันมาระยะหนึ่งจะมีการตอบสนองของเนื้อเยื่อในโพรงฟันมากกว่าฟันปกติ

ถ้าท่านตัดสินใจเข้าร่วมในโครงการนี้จะมีขั้นตอนการวิจัยที่อยู่นอกเหนือจากการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ดังนี้

1. ท่านจะได้รับการตรวจสุขภาพช่องปาก ถ่ายรูป ถ่ายภาพรังสีฟันและพิมพ์ปากเพื่อทำถาดฟอกสีฟัน
2. อุดฟันกรามน้อย**เฉพาะซี่ที่ท่านวางแผนจะต้องถอนในอนาคต**เนื่องจากการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน โดยอุดด้วยวัสดุสีเหมือนฟัน
3. ฟอกสีฟัน**เฉพาะซี่ฟันที่อุด**โดยใส่ถาดฟอกสีฟันพร้อมสารฟอกสีฟันขณะนอนตอนกลางคืนเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์

4. ถอนฟันซี่ที่ผ่านการฟอกสีฟันภายใต้ยาชาเฉพาะที่
5. ได้รับค่าตอบแทนเป็นเงินจำนวน 200 บาทเมื่อสิ้นสุดโครงการ

โครงการวิจัยนี้จะใช้ระยะเวลาทั้งสิ้นประมาณ 2-3 เดือนหลังจากเริ่มการทดลอง โดยสิทธิประโยชน์ที่ท่านจะได้รับคือ ท่านจะได้รับการตรวจ แนะนำ ให้คำปรึกษาปัญหาสุขภาพช่องปากของท่านเองและทราบถึงผลของการฟอกสีฟันซึ่งสามารถช่วยให้ฟันขาวขึ้น แต่ทั้งนี้ท่านอาจเกิดอาการระคายเคืองหรืออาการเสียวฟันจากสารฟอกสีฟันที่สามารถเกิดขึ้นได้ระหว่างขั้นตอนฟอกสีฟัน อาการดังกล่าวมักจะหายได้เอง แต่ถ้านานกว่านี้แล้วอาการเสียวฟันยังไม่หาย อาสาสมัครสามารถหยุดขั้นตอนการฟอกสีฟันได้ทันทีโดยไม่ต้องแจ้งให้ผู้วิจัยทราบล่วงหน้า และหากหยุดฟอกสีฟันไประยะหนึ่งแล้วอาการเสียวฟันยังไม่ดีขึ้นให้ติดต่อผู้วิจัยเพื่อนัดหมายมาตรวจและทายาเฉพาะที่ด้วยฟลูออไรด์และ/หรือ จ่ายน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์เพื่อลดอาการเสียวฟันหรือให้การรักษาที่เหมาะสมต่อไปโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆทั้งสิ้น

ไม่ว่าท่านจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้หรือไม่ ท่านจะยังคงได้รับการรักษาที่ดีเช่นเดียวกับผู้ป่วยคนอื่น ๆ และถ้าท่านต้องการที่จะถอนตัวออกจากการศึกษานี้เมื่อใดท่านก็สามารถกระทำได้อย่างอิสระ ทั้งนี้หากท่านมีอาการที่ไม่พึงประสงค์ใดๆเกิดขึ้นระหว่างหรือหลังการวิจัยทางผู้วิจัยจะทำการแก้ไขบำบัดและจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่จำเป็นในการรักษาจนกระทั่งอาสาสมัครกลับมามีอาการเป็นปกติ

ถ้าท่านมีคำถามใด ๆ ก่อนที่จะตัดสินใจเข้าร่วมโครงการนี้ โปรดซักถามคณะผู้วิจัยได้อย่างเต็มที่

ขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

ทันตแพทย์รุจน์ โรจน์อัศวเสถียร
นักวิจัย (โทรศัพท์ 0-1584-4284)

หมายเหตุ :- กรุณาอ่านข้อความให้เข้าใจก่อนเซ็นชื่อยินยอมเข้าร่วมโครงการ

แบบยินยอมเข้าร่วมการศึกษา

โครงการวิจัยเรื่อง ผลของสารฟอกสีฟันคาร์บาไมด์ เพอร์ออกไซด์ ต่อเซลล์และเนื้อเยื่อในโพรงฟัน ในฟันมนุษย์ที่บูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต

วันที่……..เดือน……พ.ศ…….

ข้าพเจ้า……..……..อายุ……ปี อาศัยอยู่บ้านเลขที่ ……...ถนน ……..…… ตำบล …….....อำเภอ ……..…….. จังหวัด……..ได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตรายหรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัยหรือจากยาที่ใช้ รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียดและมีความเข้าใจดีแล้ว

หากข้าพเจ้าได้รับผลข้างเคียงจากการวิจัย ข้าพเจ้าจะได้รับการบำบัด รักษาภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายโดยผู้รับผิดชอบโครงการวิจัยนี้คือ (1) ทพญ.ดร.สมจินต์ รัตนเสถียร สถานที่ติดต่อ ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เบอร์โทรศัพท์ 074-287571 (2) ทพ.รุจน์ โรจน์อัศวเสถียร สถานที่ติดต่อ ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เบอร์โทรศัพท์ 0-1584-4284 หรือเมื่อมีปัญหาใด ๆ เกิดขึ้นเนื่องจากการทำวิจัยในเรื่องนี้ ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนไปที่คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112 โทรศัพท์ 074-287510

หากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมทั้งด้านประโยชน์และโทษที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะแจ้งให้ข้าพเจ้าทราบอย่างรวดเร็ว โดยไม่ปิดบัง

ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะของดการเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยมิต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า โดยการงดการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบต่อการได้รับบริการหรือการรักษาที่ข้าพเจ้าจะได้รับแต่ประการใด

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลเฉพาะที่เกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าเป็นความลับ จะไม่เปิดเผยข้อมูลหรือผลการวิจัยของข้าพเจ้าเป็นรายบุคคลต่อสาธารณชน จะเปิดเผยได้เฉพาะในรูปที่เป็นสรุปผลการวิจัย หรือการเปิดเผยข้อมูลต่อผู้มีหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการสนับสนุนและกำกับดูแลการวิจัย

ข้าพเจ้าได้อ่านและได้รับการอธิบายถึงข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ จึงได้ลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจโดยนักวิจัยได้ให้สำเนาแบบยินยอมที่ลงนามแล้วกับข้าพเจ้าเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน จำนวน 1 ชุด

ลงนาม.....ผู้ยินยอม
ลงนาม.....หัวหน้าโครงการวิจัย
ลงนาม.....พยาน
ลงนาม.....พยาน

ในกรณีผู้เข้าร่วมการศึกษายังไม่บรรลุนิติภาวะ จะต้องได้รับการยินยอมจากผู้ปกครอง

ลงนาม.....ผู้ยินยอม
ลงนาม.....หัวหน้าโครงการวิจัย
ลงนาม.....บิดา/ผู้ใช้อำนาจปกครอง
ลงนาม.....มารดา
ลงนาม.....พยาน
ลงนาม.....พยาน

ภาคผนวก 3

แบบฟอร์มการตรวจหาอาการแสดงในช่องปาก

ชื่อ-นามสกุล.....เพศ.....อายุ.....ปี

Tooth number…….

Oral examination **Date_____/_____/_____**

Clinical finding	**Yes (1)**	**No (1)**	**Note**
Tooth surface loss			
Under occlusion			
Sensitivity	**Intensity 0 - 10**		☐ air blow ☐ water spray ☐ exploration ☐ etc……..
Gingival tissue (normal / not)			
Tooth color (Vita shade)			
Radiographic evaluation	**Yes (1)**	**No (1)**	**Note**
Normal radiographic finding			
Complete root formation			

Pre-bleaching (post restorative procedure: 2 months) **Date_____/_____/_____**

Clinical finding	**Yes (1)**	**No (1)**	**Note**
Restoration (accept / not)			
Sensitivity	**Intensity 0 - 10**		☐ air blow ☐ water spray ☐ exploration ☐ etc…….
Gingival tissue (normal / not)			
Composite color			

Pre-extraction procedure (post-bleaching observe for ____ day)

Date_____/_____/_____

Clinical finding	Yes (1)	No (1)	Note
Restoration (accept / not)			
Sensitivity			☐ air blow ☐ water spray ☐ exploration ☐ etc…….
	Intensity 0 - 10		
Gingival tissue (normal / not)			
Tooth color			
Composite color			

แบบสอบถามบันทึกผลการฟอกสีฟัน ชื่อ-นามสกุล.....เพศ.....อายุ.....ปี

ข้อมูลก่อนการฟอกสีฟัน

1. ท่านเคยฟอกสีฟันมาก่อนหรือไม่

   ☐ เคย ☐ ไม่เคย

2. ท่านเคยมีอาการเสียวฟันมาก่อนการฟอกสีฟันหรือไม่

   ☐ มี ☐ ไม่มี

3. ท่านฟอกสีฟันทุกวันติดต่อกันในช่วงที่ทำการทดลองหรือไม่

   ☐ ทุกวัน ☐ ไม่ครบทุกวัน

4. อาการ<u>ระหว่าง</u>ฟอกสีฟัน

ฟันบน (ถ้ามีอาการเสียวฟัน หรืออาการใดๆ โปรดระบุ) ** กำหนดให้* ***0 คือไม่มีอาการเสียวฟัน , 1 น้อยที่สุด-----> 10 มากที่สุด)***

วันที่	เริ่มฟอกเวลา	หยุดฟอกเวลา	รวมจำนวนชั่วโมง	อาการเสียวฟัน		ระดับอาการเสียวฟัน *	สาเหตุของการเสียวฟัน				อาการอื่นๆ		
				มี	ไม่มี		แปรงฟัน	ดื่มน้ำ	ทานอาหาร	ตลอดเวลา	แสบเหงือก	ปวดฟัน	อื่นๆ
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													

ฟันล่าง (ถ้ามีอาการเสียวฟัน หรืออาการใดๆ โปรดระบุ) ** กำหนดให้* ***0 คือไม่มีอาการเสียวฟัน , 1 น้อยที่สุด-----> 10 มากที่สุด)***

วันที่	เริ่มฟอกเวลา	หยุดฟอกเวลา	รวมจำนวนชั่วโมง	อาการเสียวฟัน		ระดับอาการเสียวฟัน *	สาเหตุของการเสียวฟัน				อาการอื่นๆ		
				มี	ไม่มี		แปรงฟัน	ดื่มน้ำ	ทานอาหาร	ตลอดเวลา	แสบเหงือก	ปวดฟัน	อื่นๆ
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													

5. อาการ**<u>หลังหยุด</u>**ฟอกสีฟัน

ฟันบน (ถ้ามีอาการเสียวฟัน หรืออาการใดๆ โปรดระบุ) ** กำหนดให้* ***0 คือไม่มีอาการเสียวฟัน , 1 น้อยที่สุด-----> 10 มากที่สุด)***

หยุดฟอกสีฟันเป็นเวลา (วัน)	อาการเสียวฟัน		ระดับอาการของการเสียวฟัน	สาเหตุของการเสียวฟัน				อาการอื่นๆ		
	มี	ไม่มี		แปรงฟัน	ดื่มน้ำ	ทานอาหาร	ตลอดเวลา	แสบเหงือก	ปวดฟัน	อื่นๆ
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										

ฟันล่าง (ถ้ามีอาการเสียวฟัน หรืออาการใดๆ โปรดระบุ) ** กำหนดให้* ***0 คือไม่มีอาการเสียวฟัน , 1 น้อยที่สุด-----> 10 มากที่สุด)***

หยุดฟอกสีฟันเป็นเวลา (วัน)	อาการเสียวฟัน		ระดับอาการของการเสียวฟัน	สาเหตุของการเสียวฟัน				อาการอื่นๆ		
	มี	ไม่มี		แปรงฟัน	ดื่มน้ำ	ทานอาหาร	ตลอดเวลา	แสบเหงือก	ปวดฟัน	อื่นๆ
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										

6. ท่านพบว่าสีฟันเปลี่ยนไปจากเดิม (ฟันขาวขึ้น) ภายหลังฟอกสีฟันไปนานเท่าใด

☐ 1 วัน ☐ 2-3 วัน ☐ 4-5 วัน

☐ 1 สัปดาห์ ☐ ไม่รู้สึกว่าฟันขาวขึ้น

7. ในอนาคตถ้าสีฟันท่านคล้ำขึ้นอีก ท่านจะฟอกสีฟันอีกครั้งหรือไม่

☐ ฟอกอีก เพราะ.....

☐ ไม่ฟอก เพราะ.....

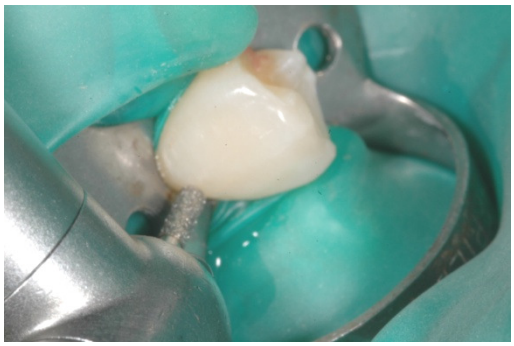
ทางผู้วิจัยขอขอบคุณท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามในครั้งนี้ ข้อมูลของท่านจะถูกรักษาเป็นความลับและใช้เพื่อการวิจัยและนำไปพัฒนาการรักษาทางทันตกรรมต่อไป

ทพ.รุจน์ โรจน์อัศวเสถียร 08-1584-4284

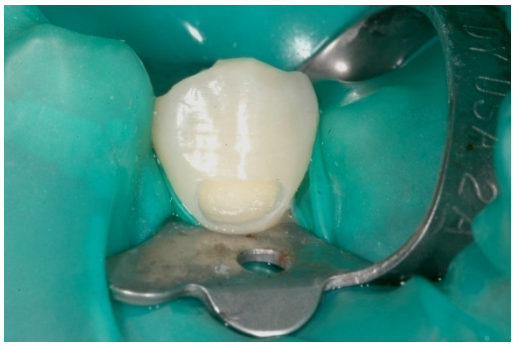
นักศึกษาปริญญาโท คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ภาคผนวก 5

ขั้นตอนการบูรณะฟันด้วยเรซิน คอมโพสิต

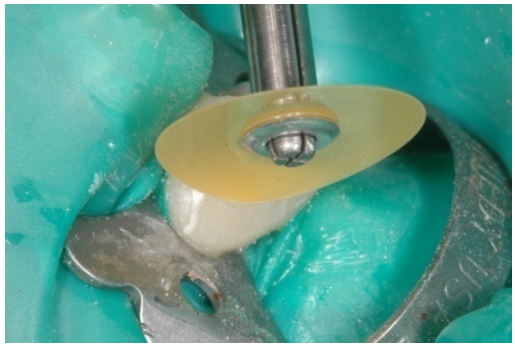


กรอแต่งโพรงฟันด้วยหัวกรอกากเพชรรูปทรงกระบอกด้วยความเร็วสูงภายใต้การลดความร้อนขณะกรอด้วยน้ำ



รูปร่างโพรงฟันลักษณะ Class V ทางด้านแก้ม (buccal) ของฟันกรามน้อย

บูรณะฟันด้วยวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิด hybrid ร่วมกับสารยึดติดชนิด total etch



ขัดแต่งด้วยหัวขัดหัวขัดวัสดุเรซินคอมโพสิต

ฟันกรามน้อยภายหลังการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต

ภาคผนวก 6

ขั้นตอนการย้อมบราวน์และเบรนน์

1. ละลายสารพารัฟฟินออกและแช่ในน้ำกลั่น
2. แช่ในสารละลายแฮริสฮีมาทอกซิลิน (Harris hematoxylin solution) 5-10 นาที
3. ล้างน้ำประปาไหลผ่าน 1 นาที
4. แช่ในสารละลายแอลกอฮอลล์ที่มีสภาวะเป็นกรด (Acid acohol solution)
5. ล้างน้ำประปาไหลผ่าน 3 นาที
6. ล้างในสารละลายอิ่มตัวลิเทียมคาร์บอเนต (Saturated lithium carbonate solution) จนกระทั่งเนื้อเยื่อเป็นสีน้ำเงิน
7. ล้างน้ำประปาไหลผ่าน 5 นาที
8. แช่ในสารละลายฮัคเกอร์ (Hucker's solution) 2 นาที
9. ล้างผ่านน้ำประปาอย่างรวดเร็ว
10. ย้อมด้วยสารละลายแกรมส์ไอโอดีน (Gram's iodine solution) 1 นาที
11. ล้างน้ำและซับด้วยกระดาษกรอง
12. ล้างสีออกด้วยเอทิลอีเธอร์อะซิโตน (Ethyl ether-acetone)
13. แช่ในสารละลายเบสิคฟุสชิน (Basic fuhsin) 3 นาที
14. ล้างน้ำและซับด้วยกระดาษกรอง
15. จุ่มในสารอะซิโตนจนสีย้อมในเนื้อเยื่อเริ่มจางลง
16. จุ่มในสารละลายกรดพิกริกและอะซิโตน (Picric acid-acetone solution) อย่างรวดเร็วจนเริ่มเห็นสีย้อมจางลงและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองน้ำตาลแดง (Reddish-brown yellow) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 15 วินาที
17. จุ่มในสารละลายอะซิโตนและไซลีนที่ 1 (Acetone and xylene solution I) หลังจากนั้นนำไปจุ่มในสารละลายอะซิโตนและไซลีนที่ 2 (Acetone and xylene solution II)
18. ล้างในไซลีน 2 ครั้ง
19. ยึดเนื้อเยื่อกับสไลด์ด้วยสารเปอร์เมานท์ (Permount)

ภาคผนวก 7

การคำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่าง

จำนวนกลุ่มตัวอย่างคำนวนได้จากสูตร

$$N/gr = \frac{2\left[Z_{\alpha} + Z_{\beta}\right]^2 \; p(1-p)}{\Delta^2}$$

โดยกำหนดให้

$P = (P_t - P_c) / 2$

P_t = สัดส่วนในกลุ่มทดลองที่คาดว่าไม่มีอาการภายหลังจากการรักษาในกลุ่มที่ใช้สารฟอกสีฟัน

P_c = สัดส่วนในกลุ่มควบคุมที่คาดว่าไม่มีอาการภายหลังจากการรักษาในกลุ่มที่ไม่ได้ใช้สารฟอกสีฟัน

(Fugaro et al., 2004)

Δ = ความต่างของผล (effect size) คำนวณจาก $P_t - P_c$

Power of study = 80%

Z_{α} = ระดับความเชื่อมั่นในการทำนายค่าสัดส่วนในประชากรที่ระดับ α = 0.05

N / group = 8.75

ได้จำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อยกลุ่มละ 8.75 ซี่ ในการศึกษานี้ใช้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 10 ซี่

ภาคผนวก 8

ลำดับการจัดเรียงค่าความสว่างตามแถบเทียบสีฟันวิต้า (Vita shade system) จากสว่างมาก (B1) ไปยังสว่างน้อย (C4)

Tab	Rank	Tab	Rank
B1	1	A3	9
A1	2	D3	10
B2	3	B3	11
D2	4	A3.5	12
A2	5	B4	13
C1	6	C3	14
C2	7	A4	15
D4	8	C4	16

ภาคผนวก 9

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตาราง 9 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับสีฟันก่อนและหลังฟอกสีฟันนาน 7 วันสถิติการเปรียบเทียบแบบที

Paired test	***Mean***	**Std. Deviation**	**t**	**df**	**P value***
Pre-bleaching – Post-bleaching	*2.133*	1.556	10.617	59	0.000

มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตาราง 10 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบค่าเฉลี่ยความหนาของเนื้อฟันใต้พื้นโพรงฟันด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

ANOVA table	***df***	**Sum of squares**	**Mean square**	**F value**	**P value***
Between groups	3	75740.776	25246.925	.815	0.496
Within groups	29	898544.8	30984.302		
Total	32	974285.5			

ตาราง 11 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหนาของเนื้อฟันใต้พื้นโพรงฟันกับค่าเฉลี่ยระดับอาการเสียวฟันจากแบบสอบถาม ด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

ANOVA table	***df***	**Sum of squares**	**Mean square**	**F value**	**P value***
Regression	1	16284.983	16284.983	.508	0.480
Residual	36	1153216	32033.766		
Total	37	1169501			

ตาราง 12 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหนาของเนื้อฟันใต้พื้นโพรงฟันกับการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันด้วยสถิติการวิเคราะห์ไคสแควร์ชนิดฟิชเชอร์

	Value	**df**	**Asymp. Sig. (2-sided)**	**Exact. Sig. (2-sided)**	**Exact. Sig. (1-sided)**
Pearson Chi-square	5.102	6	0.531	0.653	
Likelihood ratio	4.888	6	0.558	0.741	
Fisher's exact test	4.605			0.741	
Linear-by-linear association	0.766	1	0.381	0.478	0.248
N of Valid cases	38				

ตาราง 13 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบความถี่ของการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันระหว่างฟันตัวอย่างทั้ง 8 กลุ่ม (กลุ่มที่ 3-10) ด้วยสถิติการวิเคราะห์ไคสแควร์ชนิดฟิชเชอร์

	Value	**df**	**Asymp. Sig. (2-sided)**	**Exact. Sig. (2-sided)**	**Exact. Sig. (1-sided)**
Pearson Chi-square	50.577	21	0.000	0.000	
Likelihood ratio	51.628	21	0.000	0.000	
Fisher's exact test	50.805			0.000	
Linear-by-linear association	16.680	1	0.000	0.000	0.000
N of Valid cases	79				

ตาราง 14 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบจำนวนผู้มีอาการเสียวฟันระหว่างฟันตัวอย่างที่มีวัสดุบูรณะกับไม่มีวัสดุบูรณะ ด้วยสถิติการวิเคราะห์ไคสแควร์

	Value	**df**	**Asymp. Sig. (2-sided)**	**Exact. Sig. (2-sided)**	**Exact. Sig. (1-sided)**
Pearson Chi-square	4.464	1	0.035		
Continuity Correction	3.555	1	0.059		
Likelihood ratio	4.502	1	0.034		
Fisher's exact test				0.049	0.029
Linear-by-linear association	4.407	1	0.036		
N of Valid cases	79				

ตาราง 15 แสดงค่านัยสำคัญทางสถิติเมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันระหว่างฟันกับระดับอาการเสียวฟันจากแบบสอบถามสถิติการวิเคราะห์ไคสแควร์

	Value	**df**	**Asymp. Sig. (2-sided)**	**Exact. Sig. (2-sided)**	**Exact. Sig. (1-sided)**
Pearson Chi-square	29.172	9	0.001	0.026	
Likelihood ratio	18.878	9	0.026	0.003	
Fisher's exact test	24.250			0.002	
Linear-by-linear association	12.200	1	0.000	0.001	0.001
N of Valid cases	79				

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายรุจน์ โรจน์อัศวเสถียร

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4862007

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2545

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาภายในประเทศ วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดตรัง ปีการศึกษา 2548-2550

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ทันตแพทย์ 6 วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดตรัง สถาบันพระบรมราชชนก สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข