

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ : การยี้ดเกาะของเซลล์เอ็นยี้ดปรืทันต์มนุษย์ บนผิวดรากฟัน
ที่ขูดด้วยเครื่องขูดอัลตราโซนิคส์และฉายเลเซอร์ Er,Cr:YSGG



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก (ปริทันตวิทยา)
กรกฎาคม 2558

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ : การยี้ดเกาะของเซลล์เอ็นยี้ดปรืทันต์มนุษย์ บนผิวรากฟัน
ที่ชู้ดด้วยเครื่องชู้ดอัลตราโซนิกส์และฉายเลเซอร์ Er,Cr:YSGG



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปรืญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณัฒิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก (ปรืทันตวิทยา)

กรกฎาคม 2558

ลืขลืทธิเป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ : การยัดเกาะของเซลล์เอ็นยัดปริทันต์มนุษย์ บนผิวรากฟัน
ที่ขูดด้วยเครื่องขูดอัลตราโซนิक्सและฉายเลเซอร์ Er,Cr:YSGG



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก (ปริทันตวิทยา)
กรกฎาคม 2558

บุญชร เกิดมณี. (2558). การศึกษาในห้องปฏิบัติการ : การยี้ดเกาะของเซลล์เอ็นยี้ดปริทันต์มนุษย์บนผิวรากฟันที่ซูดด้วยเครื่องซูดอัลตราโซนิคส์และฉายเลเซอร์ Er,Cr:YSGG. ปรินญา นิพนธ์ วท.ม.ทันตกรรมคลินิก (ปริทันตวิทยา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปรินญา นิพนธ์: รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ณรงค์ศักดิ์ เหล่าศรีสิน.

การรักษาโรคปริทันต์แบบไม่ผ่าตัดยังคงให้ผลการรักษาที่จำกัด มีการศึกษาถึงผลดีของการใช้เลเซอร์ในทางทันตกรรมมากขึ้นในปัจจุบัน การใช้เลเซอร์ร่วมในการรักษาอาจเพิ่มผลดีในการรักษาโรคปริทันต์ได้ งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาผลทางห้องปฏิบัติการของเลเซอร์ Er,Cr:YSGG ในการปรับสภาพผิวรากฟัน

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG ในการปรับสภาพผิวรากฟันที่เป็นโรคปริ-ทันต์อักเสบ หลังผ่านการซูดหินน้ำลายและเกลารากฟันด้วยเครื่องซูดอัลตราโซนิคส์ต่อการยี้ดเกาะของเซลล์ เอ็นยี้ดปริทันต์มนุษย์ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

วิธีดำเนินการวิจัย เตรียมผิวรากฟันตัวอย่าง จากฟันที่ถอนด้วยโรคปริทันต์อักเสบรุนแรง และฟันปกติที่ถอนด้วยเหตุผลทางทันตกรรมจัดฟัน แบ่งเป็น 5 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมลบเตรียมจากฟันเป็นโรคปริทันต์ กลุ่มที่เป็นโรคปริทันต์ผ่านการซูดหินน้ำลายและเกลารากฟันด้วยเครื่องซูดอัลตราโซนิคส์เพียงอย่างเดียว กลุ่มที่ผ่านการซูดหินน้ำลายและเกลารากฟันด้วยเครื่องซูดอัลตราโซนิคส์ และได้รับเลเซอร์ Er,Cr:YSGG ที่ความถี่ 30 เฮิร์ตซ์ อีกกลุ่มหนึ่งใช้ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ และกลุ่มควบคุมบวกที่เตรียมจากฟันปกติ จากนั้นเลี้ยงเซลล์ให้เกิดการยี้ดเกาะกับผิวรากฟันแต่ละกลุ่ม จนวันที่ 5 จึงเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ที่ยี้ดเกาะโดยการตรวจสอบความมีชีวิตของเซลล์บนผิวรากฟัน ใช้จำนวนตัวอย่างกลุ่มละ 25 ชิ้น และทำการตรวจสอบลักษณะรูปร่างของเซลล์ที่ยี้ดเกาะบนผิวรากฟัน โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสองกราด ที่เวลา 24 ชั่วโมง และที่เวลา 3 วัน โดยใช้จำนวนตัวอย่างกลุ่มละ 6 ชิ้น ตรวจสอบนัยสำคัญทางสถิติด้วยการทดสอบของคริสคาลและวัลลิส และการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยการทดสอบของดันทัน

ผลการวิจัย ผิวรากฟันที่ได้รับเลเซอร์มีจำนวนเซลล์ยี้ดเกาะมากกว่ากลุ่มที่ผ่านการซูดหินน้ำลายและเกลารากฟันด้วยเครื่องซูดอัลตราโซนิคส์เพียงอย่างเดียว และกลุ่มที่เป็นโรคปริทันต์ กลุ่มที่ใช้เครื่องซูดอัลตราโซ-นิคส์เพียงอย่างเดียว มีจำนวนเซลล์น้อยกว่ากลุ่มฟันปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขณะที่กลุ่มที่ได้รับเลเซอร์ที่ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ มีจำนวนเซลล์ไม่แตกต่างจากกลุ่มฟันปกติอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าลักษณะเซลล์ที่ยี้ดเกาะมีการแผ่ขยายและแตกแขนงของไซโทพลาซึมใกล้เคียงกับกลุ่มฟันปกติ

บทสรุป การใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG ที่ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์สามารถปรับสภาพผิวรากฟันช่วยให้เกิดสภาวะที่เหมาะสม มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ จึงเอื้อต่อการยี้ดเกาะของเซลล์เอ็นยี้ดปริทันต์มนุษย์

IN VITRO STUDY OF Er,Cr:YSGG LASER IN ADJUNCT TO ULTRASONIC ROOT
DEBRIDEMENT ON THE ATTACHMENT OF HUMAN PERIODONTAL LIGAMENT
FIBROBLASTS



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Master of Science Degree in Periodontology
at Srinakharinwirot University

July 2015

Kunchorn Kerdmanee. (2015). *In Vitro Study of Er,Cr:YSGG Laser in Adjunct to Ultrasonic Root Debridement on The Attachment of Human Periodontal Ligament Fibroblasts*. Master thesis, M.S. (Periodontology). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc.Prof. Narongsak Laosrisin.

Nonsurgical periodontal therapy has limited treatment outcomes. A large number of dental laser studies have been published with promising results. The use of lasers as an adjunctive therapy may improve treatment results. This in vitro study aimed to evaluate the ability of Er,Cr:YSGG laser in root surface modification.

Objectives: To investigate the in vitro effects of Er,Cr:YSGG laser for adjunctive using with ultrasonic root debridement on the attachment of cultured human periodontal ligament fibroblasts to periodontal diseased root surfaces.

Materials and methods: Root-surface specimens were prepared from extracted hopeless periodontal diseased teeth and healthy premolars extracted for orthodontic reason. Root specimens were divided into five groups as different conditions: untreated periodontal diseased group, periodontal diseased treated by ultrasonic debridement only group, ultrasonic debridement followed by 30 Hz and 50 Hz of Er,Cr:YSGG laser irradiation group, untreated healthy group. Twenty-five specimens in each group were incubated with human periodontal ligament fibroblasts. After allowing cells attachment and growth on root surface for 5 days, the attached cells were compared by cell viability assay. Additional 6 specimens in each group were prepared in the same manner for cell morphological examination by scanning electron microscope after 24 hours and 3 days of culture.

Results: 50Hz irradiation group exhibited higher attached cells than ultrasonic debridement only and periodontal diseased group. The number and cell characteristic of attached cells in 50 Hz group was most comparable to healthy group.

Conclusions: Adjunctive use of Er,Cr:YSGG laser, in particular, 50Hz of setting seems to improve root surface biocompatibility consequently facilitate cellular attachment.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ : การยัดเกาะของเซลล์เอ็นไนด์ปริทันต์มนุษย์ บนผิวรากฟัน

ที่ขูดด้วยเครื่องขูดอัลตราโซนิกส์และฉายเลเซอร์ Er,Cr:YSGG

ของ

กฤษกร เกติมณี

ได้รับการอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก (ปริทันต์วิทยา)

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. 2558

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษา

.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ทพ.ดร.ณรงค์ศักดิ์ เหล่าศรีสิน)

(อาจารย์ ทพญ.ดร.จารุมา ศักดิ์ดี)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ทพ.ดร.ณรงค์ศักดิ์ เหล่าศรีสิน)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพ.ดร.ไพบุลย์ จิตประเสริฐวงศ์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำอย่างดียิ่งจากคณาจารย์หลายท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.ทพ.ดร.ณรงค์ศักดิ์ เหล่าศรีสิน ประธานผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทาง ข้อมูลและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ด้วยดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ทพญ.ทิพาพร วงศ์สุรสิทธิ์ ผศ.ทพญ.นิรดา ธเนศวร อ.ทพญ.ดร.ณปภา เอี่ยมจิรกุล อ.ทพญ.ดร.จารุมา ศักดิ์ดี และ ผศ.ทพ.ดร.ไพบุลย์ จิตประเสริฐวงศ์ ที่กรุณา ร่วมเป็นคณะกรรมการสอบเค้าโครงและสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆของการวิจัย รวมทั้งให้ความกรุณาตรวจแก้ไขปริญญานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ทพญ.นิรดา ธเนศวร อ.ทพญ.รุ่งทิวา ศรีสุวรรณทา ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำขั้นตอนในการทำงานในห้องปฏิบัติการจนเสร็จสิ้น

ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน จากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ความช่วยเหลือในขั้นตอนต่างๆของงานวิจัยให้ดำเนินงานเสร็จสิ้นไปด้วยดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดาและครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนทางการศึกษาและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

กุญชร เกิดมณี

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
ความสำคัญของการวิจัย.....	6
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
กรอบแนวคิดในการทำวิจัย.....	8
สมมติฐานของการวิจัย.....	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
แนวคิดในการรักษาโรคปริทันต์อักเสบด้วยวิธีไม่ผ่าตัดและพัฒนาการ ของเครื่องมือที่ใช้ในการรักษา.....	9
การใช้เลเซอร์ในทางปริทันตศาสตร์และแนวคิดในการรักษาแบบผสมผสาน.....	12
3 วิธีดำเนินการวิจัย	23
การเตรียมผิวรากฟันตัวอย่าง.....	23
การชุดด้วยเครื่องชุดอัลตราโซนิกสแนลด์ไฟโซอิเล็กทริก.....	25
การฉายเลเซอร์ Er,Cr:YSGG.....	25
การเตรียมเซลล์เอ็นยัดปริทันต์มนุษย์.....	26
การศึกษาประสิทธิภาพการยึดเกาะของเซลล์เอ็นยัดปริทันต์มนุษย์.....	26
การศึกษาการกระจายตัว และรูปร่างของเซลล์เอ็นยัดปริทันต์มนุษย์ที่ยึดเกาะ บนผิวรากฟันตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	28
การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	30
4 ผลการวิจัย	31
การศึกษาประสิทธิภาพการยึดเกาะของเซลล์เอ็นยัดปริทันต์มนุษย์ โดยการเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตบนผิวรากฟันตัวอย่างแต่ละกลุ่ม.....	31
การศึกษาการกระจายตัว และรูปร่างของเซลล์เอ็นยัดปริทันต์มนุษย์ที่ยึดเกาะ บนผิวรากฟันตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	33

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 อภิปรายผลและบทสรุป.....	45
บรรณานุกรม.....	54
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	62



บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ชนิดของเลเซอร์และการใช้งานปริทัศน์บำบัด.....	18
2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการดูดกลืนแสง ของผิวหนังตัวอย่างแต่ละกลุ่ม.....	32
3 แสดงลักษณะของเซลล์ที่ยึดเกาะบนผิวหนังตัวอย่าง.....	34
4 แสดงลักษณะเซลล์ที่ยึดเกาะบนผิวหนังตัวอย่างแต่ละกลุ่มโดยสรุป.....	44
5 การศึกษาทางห้องปฏิบัติการของเลเซอร์ในกลุ่มเออร์เบียมโดยสรุป.....	50



บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงการเตรียมผิวรากฟันตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง	23
2 แสดงแผนผังการออกแบบการทดลองในงานวิจัยนี้.....	24
3 ขั้นตอนการตรวจสอบความมีชีวิตของเซลล์บนผิวรากฟันตัวอย่าง	27
4 การศึกษาการกระจายตัวและรูปร่างของเซลล์ที่ยึดเกาะบนผิวรากฟันตัวอย่าง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	29
5 แสดง 5 ตำแหน่งบนผิวรากฟันที่ทำการศึกษา.....	30
6 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงซึ่งแสดงถึงจำนวนเซลล์ บนผิวรากฟันตัวอย่าง	32
7 แสดงผิวรากฟันตัวอย่างกลุ่ม Laser50 ที่ถ่ายโดยใช้เทคนิคปกติ เปรียบเทียบกับเทคนิคอิเล็กตรอนแบบกระเจิงกลับ.....	35
8 เปรียบเทียบการกระจายตัวของเซลล์บนผิวรากฟันแต่ละกลุ่มที่เวลา 24 ชั่วโมง..	36
9 เปรียบเทียบการกระจายตัวของเซลล์บนผิวรากฟันแต่ละกลุ่มที่เวลา 3 วัน.....	37
10 ผิวรากฟันตัวอย่างกลุ่ม Normal แสดงให้เห็นเซลล์ที่มีแผ่ขยาย ของไซโทพลาซึม.....	38
11 ผิวรากฟันตัวอย่างกลุ่ม Perio แสดงให้เห็นเซลล์ที่มีไซโทพลาซึมขนาดเล็ก หดกลม.....	39
12 รูปร่างไซโทพลาซึมของเซลล์ที่เวลา 24 ชั่วโมงเปรียบเทียบในแต่ละกลุ่ม โดยใช้กำลังขยาย 200 1000 และ 2000 เท่า.....	41
13 รูปร่างไซโทพลาซึมของเซลล์ที่เวลา 3 วันเปรียบเทียบในแต่ละกลุ่ม โดยใช้กำลังขยาย 200 1000 และ 2000 เท่า.....	42
14 แผนภูมิเปรียบเทียบความหนาแน่นเซลล์ที่เวลา 24 ชั่วโมงและที่เวลา 3 วัน.....	43

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

เป้าหมายสูงสุดของการรักษาโรคปริทันต์อักเสบ คือการทำให้เนื้อเยื่อปริทันต์ให้มีสภาวะปกติ สมบูรณ์ แข็งแรง เพื่อให้ฟันสามารถคงอยู่และใช้งานได้ในช่องปาก โดยปราศจากการอักเสบของอวัยวะปริทันต์หรือการมีร่องลึกปริทันต์ ไม่มีการทำลายของกระดูกเบ้าฟัน ไม่มีการสูญเสียระดับการยึดเกาะของอวัยวะปริทันต์เพิ่มมากขึ้น พยาธิกำเนิดของโรคปริทันต์อักเสบ เชื่อว่าเมื่อมีการรุกรานของเชื้อแบคทีเรีย จะเกิดการตอบสนองจากระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ซึ่งอาจถูกปรับเปลี่ยนโดยปัจจัยเสี่ยงทางระบบและพฤติกรรม⁽¹⁾ จนเกิดความเสียหายต่ออวัยวะปริทันต์ และนำไปสู่การสูญเสียฟันได้ในที่สุด การศึกษาในช่วงทศวรรษที่ผ่านมายังพบความเกี่ยวข้องระหว่างโรคปริทันต์อักเสบกับโรคทางระบบหลายโรค ได้แก่ โรคระบบหัวใจและหลอดเลือด⁽²⁾ โรคเบาหวาน⁽³⁾ และการคลอดก่อนกำหนดในหญิงตั้งครรภ์ที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบ⁽⁴⁾ ล้วนแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการรักษาเป็นอย่างยิ่ง

การเกิดโรคปริทันต์อักเสบ เริ่มจากการสะสมของแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกันในลักษณะของแผ่นคราบชีวภาพ (biofilm) เมื่อมีการสะสมลึกลงไปใต้เหงือก ทำให้ยากต่อการกำจัดเชื้อโดยกลไกการต่อต้านเชื้อตามธรรมชาติของร่างกาย แม้แต่การทำความสะอาดช่องปากโดยตัวผู้ป่วย เอง รวมถึงการใช้สารเคมีต่างๆ เพื่อการรักษานั้น ก็ไม่อาจยับยั้งแบคทีเรียก่อโรครบริเวณใต้เหงือกซึ่งยากต่อการเข้าถึงได้⁽⁵⁾ มีเพียงการกำจัดแผ่นคราบชีวภาพของแบคทีเรียด้วยเครื่องมือเชิงกลโดยทันตแพทย์ ร่วมกับการควบคุมอนามัยช่องปากโดยการกำจัดคราบจุลินทรีย์เหนือเหงือกอย่างถูกต้องของผู้ป่วย เท่านั้น ที่จะทำให้การรักษาโรคปริทันต์อักเสบประสบความสำเร็จได้⁽⁶⁾

ด้วยเหตุผลดังกล่าว แนวคิดในการรักษาโรคปริทันต์อักเสบที่เป็นที่ยอมรับกันจากอดีตจนมาถึงปัจจุบัน จึงยังคงเป็นการขูดหินน้ำลายและการเกลารากฟัน ร่วมกับการสอนการดูแลสุขภาพช่องปากให้กับผู้ป่วย ทั้งนี้เพื่อป้องกันการสะสมแบคทีเรียใหม่ การรักษาด้วยการขูดหินน้ำลายและการเกลารากฟันมักทำโดยใช้เครื่องมือคิวเรตต์ (curette) ที่มีการออกแบบให้ใช้ขูดทำความสะอาดผิวรากฟันบริเวณใต้เหงือกได้ โดยทำการรักษาแบ่งเป็นหลายครั้ง แต่แต่ละครั้งจะทำการขูดที่ละ

จตุภาค (quadrant) เวียนไปจนครบทั้งปาก ซึ่งพบว่าให้ผลสำเร็จในการรักษาเป็นที่พอใจในระดับหนึ่ง คือสามารถลดความลึกร่องปริทันต์ ลดการเกิดเลือดออก เมื่อทำการตรวจด้วยเครื่องมือตรวจปริทันต์ (periodontal probe) และอาจเกิดการเพิ่มระดับการยึดเกาะของอวัยวะปริทันต์ได้^(7, 8) หากแต่เมื่อมีความจำเป็น หรือต้องการผลการรักษาที่ดียิ่งขึ้น จำเป็นจะต้องทำการรักษา ร่วมกับการผ่าตัดด้วย ดังนั้นพัฒนาการของการรักษาโรคปริทันต์อีกแบบไม่ผ่าตัดจากอดีตที่ผ่านมา จึงเน้นไปที่การประดิษฐ์ และการออกแบบเครื่องมือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษา และลดความจำเป็นในการรักษาโดยวิธีศัลยกรรมปริทันต์ เช่น การออกแบบคิวิเรตต์ให้มีขนาดและความยาวที่เหมาะสม เพื่อใช้ในบริเวณที่เข้าทำงานได้ยากโดยคิวิเรตต์ทั่วไป⁽⁹⁾ อย่างไรก็ตาม การใช้คิวิเรตต์นั้น จำเป็นต้องอาศัยทักษะและความชำนาญในการใช้เครื่องมือของทันตแพทย์สูง โดยเฉพาะในบริเวณร่องลึกปริทันต์ที่มีความลึกมาก และบริเวณง่ามรากฟันของฟันกรามหลายรากที่เข้าทำงานได้ยาก⁽¹⁰⁾ ทิศทางในการออกแรง และระยะการเคลื่อนที่ของมือ ต้องมีความสัมพันธ์กับรูปร่างของผิวรากฟันที่มีความซับซ้อน จึงทำให้การกำจัดหินน้ำลายใต้เหงือกออกทั้งหมดเป็นไปได้ยาก⁽¹¹⁾ แม้ทันตแพทย์ที่มีประสบการณ์สูง ก็ต้องใช้เวลาในการรักษาแต่ละครั้งค่อนข้างมาก ในบางครั้งผู้ป่วยจำเป็นต้องได้รับยาชาเฉพาะที่เพื่อลดความเจ็บปวดขณะทำการรักษาด้วย อาจเกิดความเครียด วิตกกังวล ซึ่งอาจมีผลต่อความร่วมมือในการมารับการรักษาที่ต่อเนื่อง นอกจากนี้การทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานานจะก่อให้เกิดความเมื่อยล้าแก่ทันตแพทย์ผู้ให้การรักษา อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพในการรักษาด้วย

ด้วยข้อจำกัดดังกล่าว ทำให้มีการคิดประดิษฐ์เครื่องมือที่มีการขับเคลื่อนด้วยพลังงานรูปแบบต่างๆ เพื่อช่วยในการขูดหินน้ำลาย และเกลารากฟัน มีการประดิษฐ์เครื่องขูดหินน้ำลายชนิดโซนิคส์ (sonic scaler) ขับเคลื่อนด้วยแรงดันอากาศ มีการเคลื่อนที่ของหัวขูดที่ความถี่ของคลื่นเสียง ซึ่งมีแรงสั่นสะเทือนมากและมีเสียงดังขณะใช้งาน จากนั้นจึงมีการพัฒนาเป็นเครื่องขูดหินน้ำลายอัลตราโซนิคส์ ที่ใช้ความถี่เหนือคลื่นเสียง ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า⁽¹¹⁾ ในยุคแรกหัวขูดที่ใช้ จะมีขนาดใหญ่ทำให้การใช้งานจำกัดอยู่ที่การขูดหินน้ำลายเหนือเหงือกเท่านั้น จนปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องขูดหินน้ำลายอัลตราโซนิคส์ชนิดพีโซอิเล็กทริก (ultrasonic piezoelectric scaler) ที่มีการออกแบบหัวขูดให้มีรูปร่างเหมาะสมที่จะใช้ขูดหินน้ำลายและเกลารากฟันใต้เหงือก รวมถึงมีความแรงและแอมพลิจูดของเครื่องเหมาะสมกับการใช้งานใต้เหงือกได้ การใช้เครื่องขูดหินน้ำลายใต้เหงือกอัลตราโซนิคส์ พบว่าให้ผลดีในการรักษาไม่แตกต่างคิวิเรตต์⁽¹²⁾ มีงานวิจัยที่แสดงถึงข้อได้เปรียบหลายประการ ได้แก่ ในแง่ของการออกแบบปลายเครื่องมือที่ใช้ สามารถทำให้มีขนาดเล็กกว่าคิวิเรตต์ สามารถเข้าทำความสะอาดในบริเวณผิวรากฟันใต้เหงือกได้ดี โดยเฉพาะในฟันกราม

หลายรากที่มีรูปร่างบริเวณง่ามรากฟันที่ซับซ้อน และในแง่คุณสมบัติของเครื่องขุดหินน้ำลายอัลตราโซนิกส์ ได้แก่ การเกิดสภาวะทางกลศาสตร์คือ การเกิดโพรงอากาศในช่องเหลว (cavitation)⁽¹³⁾ และ อะคูสติกไมโครสตีมมิง (acoustic microsteaming)⁽¹⁴⁾ ซึ่งช่วยกำจัดสิ่งสะสมในร่องลึกปริทันต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดอันตรายที่เกิดกับเนื้อเยื่อปริทันต์ ลดความเจ็บปวดที่เกิดขึ้นขณะทำการรักษา มีการออกแบบตัวเครื่องให้สามารถใช้สารหล่อเย็นนอกจากน้ำได้หลากหลาย เช่น น้ำเกลือ หรือยาฆ่าเชื้อชนิดต่างๆได้ ซึ่งจะช่วยกำจัดและพัฒนาน้ำสิ่งสะสมบริเวณใต้เหงือกออกมาได้ดี เป็นการลดเชื้อก่อโรคปริทันต์ได้เหงือกได้อีกทางด้วย การใช้เครื่องขุดหินน้ำลายอัลตราโซนิกส์นั้นสามารถทำการขุดหินน้ำลาย และเกลารากฟันให้เสร็จได้ทั้งปากในการรักษาเพียงครั้งเดียว ซึ่งมีรายงานว่าสามารถลดปริมาณเชื้อก่อโรคปริทันต์ได้ไม่แตกต่างจากการรักษาแบบแบ่งเป็นจุดภาค⁽¹⁵⁾ ซึ่งในบริเวณอื่นที่ยังไม่ได้รับการรักษาจะยังคงเป็น แหล่งกักเก็บเชื้อที่อาจเอื้อต่อการกลับมาสะสมใหม่ของเชื้อโรคได้⁽¹⁶⁾ ข้อดีอีกประการของเครื่องขุดหินน้ำลายใต้เหงือกอัลตราโซนิกส์คือ ในอดีตจะเชื่อว่าการขุดหินน้ำลายและเกลารากฟัน จะทำจนกว่าจะได้ลักษณะของผิวรากฟันที่สะอาด เรียบ แข็ง เนื่องจากเชื่อว่าแม้จะกำจัดหินน้ำลายบนผิวเคลือบรากฟันแล้ว จะยังหลงเหลือเคลือบรากฟันที่มีชีวพิษภายใน (endotoxin) จากเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการยึดเกาะใหม่ของอวัยวะปริทันต์ แต่มีการศึกษาในห้องปฏิบัติการ เปรียบเทียบพื้นผิวหลังการขุดหินน้ำลายและเกลารากฟันด้วยขุดหินน้ำลายใต้เหงือกอัลตราโซนิกส์กับการขุดด้วยคิวดเรตต์ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าแม้พื้นผิวรากฟันจะมีลักษณะหยาบ แต่กลับพบว่าการยึดเกาะของเซลล์อวัยวะปริทันต์ได้ไม่ต่างกัน⁽¹⁷⁾ จึงมีการเสนอว่าการขุดหินน้ำลายและเกลารากฟันนั้นไม่จำเป็นจะต้องขุดเอาเคลือบรากฟันออกทั้งหมด การใช้เครื่องขุดหินน้ำลายใต้เหงือกอัลตราโซนิกส์ที่ใช้แรงสั่นสะท้อนในการกำจัดหินน้ำลายนั้น ถือเป็นการรักษาในเชิงอนุรักษ์ สามารถเก็บรักษาเอ็นยึดปริทันต์ และเคลือบรากฟันไว้ได้ ซึ่งส่งผลดีต่อการซ่อมสร้าง และส่งเสริมการสร้างอวัยวะปริทันต์ใหม่ที่ดีขึ้น

อย่างไรก็ตามมีการศึกษาพบว่าหลังจากการใช้เครื่องมือเชิงกล ในการขุดหินปูนและเกลารากฟันแล้ว ไม่ว่าจะเป็นคิวดเรตต์ หรือเครื่องขุดหินน้ำลายอัลตราโซนิกส์ พบว่าเกิดชั้นสเมียร์ (smear layer) ปกคลุมผิวรากฟัน และอุดตันท่อเนื้อฟัน ที่ยังคงมีชีวพิษภายใน และเคลือบรากฟันที่ติดเชื้อหลงเหลืออยู่ในท่อเนื้อฟัน สภาวะดังกล่าวอาจขัดขวางการหายของอวัยวะปริทันต์และการยึดเกาะใหม่ของเนื้อเยื่อยึดต่อ⁽¹⁸⁾

การใช้เลเซอร์นับเป็นแนวทางในการรักษาใหม่ที่ได้มีการศึกษาและพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประโยชน์ของเลเซอร์ในการรักษาทางปริทันต์บำบัด คือความสามารถในการตัดเนื้อเยื่อออก (tissue ablation) การฆ่าเชื้อแบคทีเรีย และการจัดพิษบนผิวรากฟัน สามารถทำให้ผิวรากฟันเกิดความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) ที่ดี ช่วยในการยึดเกาะของเนื้อเยื่อได้ดีขึ้น⁽¹⁹⁾ เลเซอร์ Er,Cr:YSGG นับเป็นเลเซอร์ชนิดล่าสุดที่ถูกพัฒนาขึ้นต่อจากเลเซอร์ Er:YAG มีความเหมาะสมในการใช้รักษาโรคปริทันต์อักเสบ เนื่องจากมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ถูกดูดซึมได้ดีในน้ำซึ่งเป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่ออ่อน และมีการศึกษาพบว่าสามารถใช้กับเนื้อเยื่อแข็งรวมถึงสามารถใช้กำจัดหินน้ำลายได้ โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายจากความร้อนที่เพิ่มขึ้น ไม่เกิดการไหม้เป็นถ่าน (carbonization) ไม่เกิดการหลอมละลายของเนื้อเยื่อแข็ง (melting) และไม่เกิดรอยแตกบริเวณผิวรากฟัน ดังที่พบได้ในการใช้เลเซอร์ CO₂ และเลเซอร์ Nd:YAG⁽²⁰⁾ และยังพบว่าในการใช้เลเซอร์เพื่อการจัดหินน้ำลายนั้นจะไม่ทำให้เกิดชั้นสเมียร์ ซึ่งจะส่งผลดีต่อการยึดเกาะของเซลล์ที่เกี่ยวข้องในการหายของอวัยวะปริทันต์ได้⁽²¹⁾

แต่เมื่อพิจารณาถึงข้อจำกัดในการใช้งานของเครื่องมือแต่ละชนิด แม้ว่าการใช้หัวชุดได้เหงือกพร้อมกับเครื่องดูดหินน้ำลายอัลตราโซนิคส์ชนิดพีโซอิเล็กทริกจะสามารถใช้กำจัดหินน้ำลายได้เหงือกได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่หัวชุดจำเป็นต้องมีการสัมผัสถูกหินน้ำลายจริงๆ การดูดหินน้ำลายออกอย่างเกลี้ยงเกลทั้งหมดในทางปฏิบัติจึงเป็นไปได้ยาก เช่น ในบริเวณที่มีร่องลึกปริทันต์ที่มีความลึกมาก หรือมีความซับซ้อนของรากฟันในฟันกรามหลายราก ก็ยังคงมีหินน้ำลายและเชื้อแบคทีเรียหลงเหลืออยู่ได้ ส่วนการใช้เลเซอร์นั้น แม้มีข้อได้เปรียบในแง่คุณสมบัติที่ไม่ต้องมีการสัมผัสโดยตรง ช่วยกำจัดเนื้อเยื่ออวัยวะปริทันต์ที่มีการติดเชื้อ เนื้อเยื่อแกรนูเลชัน สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้โดยตรง รวมถึงสามารถกระตุ้นการหายของเนื้อเยื่ออวัยวะปริทันต์ได้ แต่ในทางคลินิกการใช้เลเซอร์ในการดูดหินน้ำลายเพียงอย่างเดียวนั้นก็ยังมีข้อจำกัด เช่น ในกรณีที่มีหินน้ำลายมากอาจต้องใช้เวลาในการทำงานยาวนานมากขึ้น เวลาที่เลเซอร์สัมผัสผิวรากฟันยาวนานขึ้น อาจเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายต่อเคลือบรากฟันจากอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในบางตำแหน่งที่น้ำซึ่งใช้ในการหล่อเย็นอาจเข้าไปไม่ถึง จึงเป็นที่มาของแนวคิดวิธีการรักษา ที่จะผสมผสานการใช้เครื่องมือทั้งสองชนิดเข้าด้วยกันเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น และใช้ระยะเวลาสั้นลง มีการศึกษาผลทางคลินิกถึงการใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG ร่วมกับการดูดหินน้ำลายและการเกลารากฟันด้วยคิวเรตต์ พบว่ากลุ่มที่ใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG ร่วมในการรักษามีค่าการตรวจทางคลินิกที่ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁽²²⁾ Hakki และคณะ ได้ทำการศึกษาในห้องทดลอง ถึงการใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG ในการดูดหินน้ำลายและสังเกตการยึดเกาะของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์มนุษย์

เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการขูดหินน้ำลายด้วยคิวเรตต์ พบการยึดเกาะของเซลล์ที่ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มที่ใช้เลเซอร์⁽²³⁾

จากการศึกษาที่ผ่านมาแม้จะพบว่าเลเซอร์ Er,Cr:YSGG นั้นสามารถใช้ในการขูดหินน้ำลายได้ โดยไม่ทำอันตรายต่อผิวรากฟัน แต่โดยลักษณะของเครื่องเลเซอร์ Er,Cr:YSGG ที่มีลักษณะคล้ายค้อน (handpiece) ในงานทันตกรรมหัตถการ ต่อกับปลายหัวที่ใช้กำจัดหินน้ำลายได้เหงือก อาจทำให้ยากต่อการใช้งานเพื่อขูดหินน้ำลายและเกลารากฟันและขาดความรู้สึกสัมผัส (tactile sensitivity) รวมถึงการกำหนดระยะเวลาสัมผัสของเลเซอร์กับผิวรากฟันแต่ละซี่ ให้ไม่นานจนเกินไป ไม่เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อรอบข้างนั้น เป็นไปได้ยากในการใช้งานจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่มีหินน้ำลายจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการรักษาภายในเวลาจำกัด การใช้เลเซอร์บนผิวรากฟันหลังจากกำจัดหินน้ำลายด้วยเครื่องมือขูดหินน้ำลายแล้ว จึงน่าจะเหมาะสมและสะดวกในใช้งานมากกว่า โดยหลักการคือกำจัดหินน้ำลายด้วยหัวขูดได้เหงือกพร้อมกับเครื่องขูดหินน้ำลายอัลตราโซนิคส์ชนิดพีโซอิเล็กทริกให้เสร็จสิ้นก่อน แล้วจึงตามด้วยการใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG เพื่อหวังผลในการกำจัดหินน้ำลายที่อาจยังหลงเหลืออยู่ และปรับสภาพพื้นผิวรากฟันให้มีความเหมาะสมกับการหายของอวัยวะปริทันต์ รวมถึงการกำจัดเนื้อเยื่อที่ติดเชื้อและเชื้อแบคทีเรียในร่องลึกปริทันต์ด้วย แต่ยังคงไม่มีงานวิจัยที่รายงานถึงผลของการใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG เมื่อใช้ร่วมกับเครื่องขูดหินน้ำลายได้เหงือกอัลตราโซนิคส์ โดยเฉพาะผลทางห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับการหายของเนื้อเยื่อปริทันต์ ในลักษณะของการยึดเกาะของเซลล์ของร่างกายต่อบริเวณที่ได้รับการรักษาแล้ว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของการใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG ในผิวรากฟันที่ได้รับการขูดด้วยเครื่องขูดหินน้ำลายได้เหงือกอัลตราโซนิคส์ต่อการยึดเกาะของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์มนุษย์

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การศึกษานี้มีความมุ่งหมายเพื่อทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ถึงการยึดเกาะของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์มนุษย์ บนผิวรากฟันที่ผ่านการขูดหินน้ำลายและเกลารากฟันด้วยเครื่องขูดหินน้ำลายได้เหงือกอัลตราโซนิคส์ แล้วตามด้วยการฉายเลเซอร์ Er,Cr:YSGG เพื่อพัฒนาแนวทางในการรักษาโรคปริทันต์อักเสบแบบไม่ผ่าตัดให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ความสำคัญของการวิจัย

โรคปริทันต์อักเสบนับเป็นโรคเรื้อรังที่มีความชุกสูง ถ้าผู้ป่วยไม่ได้รับการรักษาอย่างถูกต้อง จะทำให้มีโอกาสนสูญเสียฟันได้สูง ซึ่งมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชากรอย่างมาก การพัฒนาแนวทางในการรักษาโรคนับเป็นสิ่งสำคัญ แม้การขูดหินน้ำลายและเกลารากฟันด้วยวิธีปกติ จะให้ผลสำเร็จในการรักษาที่ระดับหนึ่ง แต่ยังคงมีข้อจำกัดคือในบางตำแหน่ง ไม่สามารถกำจัดหินน้ำลายออกได้ทั้งหมด ได้แก่บริเวณที่มีโครงสร้างของรากฟันที่มีความซับซ้อนหรือแคบ ไม่สามารถสอดเครื่องมือเข้าไปทำงานได้ โดยเฉพาะบริเวณร่องลึกปริทันต์ที่มีความลึกมาก ๆ จึงอาจต้องใช้การรักษาด้วยศัลยกรรมปริทันต์ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง เกิดความเจ็บปวดหลังผ่าตัด และต้องทำการรักษาโดยทันตแพทย์ที่มีความชำนาญ การใช้เครื่องขูดหินน้ำลายอัลตราโซนิคส์ที่สามารถปรับให้มีความแรงเหมาะสมกับการใช้งานใต้เหงือก พร้อมกับหัวขูดใต้เหงือกรูปร่างคล้ายคีมเรตต์ แต่มีขนาดเล็กและบางกว่า สามารถเข้าทำงานในบริเวณร่องลึกปริทันต์ได้โดยไม่ทำอันตรายต่อเนื้อเยื่อรอบข้าง รวมถึงคุณสมบัติการเกิดโพรงอากาศในของเหลวและอะคูสติกไมโครสตีมมิ่งที่ช่วยในการกำจัดสิ่งสะสมได้ดีกว่า แรงที่ใช้มาจากการสั่นสะเทือนซึ่งไม่ให้เกิดการทำลายเคลือบรากฟันออกมาไม่มากนักเกินไป เอื้อต่อการสร้างขึ้นใหม่ของอวัยวะปริทันต์ได้ดีกว่า อาจเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาที่ดีขึ้นได้ แต่การขูดหินน้ำลายและการเกลารากฟันด้วยเครื่องมือเชิงกลไม่ว่าจะเป็นคีมเรตต์ และเครื่องขูดอัลตราโซนิคส์พบว่าทำให้เกิดชั้นสเมียร์ปกคลุมผิวรากฟัน และอุดตันท่อเนื้อฟันอยู่ชั้นสเมียร์ประกอบด้วยชีวพิษภายในของแบคทีเรีย และเคลือบรากฟันที่ติดเชื้อ ซึ่งอาจขัดขวางการยึดเกาะของเซลล์ของอวัยวะปริทันต์ในระหว่างการหายหลังการขูดหินน้ำลายและเกลารากฟันได้ การใช้เลเซอร์ร่วมในการเตรียมผิวรากฟันพบว่าสามารถกำจัดชั้นสเมียร์ได้ หรืออาจมีผลในการเปลี่ยนแปลงสภาพบางอย่างของพื้นผิวรากฟัน ทำให้เหมาะกับการยึดเกาะของเซลล์อวัยวะปริทันต์ระหว่างการหายได้ดีกว่า

ผลจากการวิจัยนี้ในห้องปฏิบัติการนี้ จะช่วยในการตัดสินใจใช้วิธีการรักษาร่วมดังกล่าว ได้อย่างมั่นใจมากยิ่งขึ้น เพื่อนำไปพัฒนาวิธีการรักษาโรคปริทันต์อักเสบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการถึงการยึดเกาะของเซลล์เอ็นไดย์ปริทันต์มนุษย์ บนผิวรากฟันที่ผ่านการขูดหินน้ำลายและเกลารากฟันด้วยเครื่องขูดอัลตราโซนิกส์ และตามด้วยการฉายด้วยเลเซอร์ Er,Cr:YSGG เปรียบเทียบกับผิวรากฟันที่ผ่านการขูดด้วยเครื่องขูดอัลตราโซนิกส์เพียงอย่างเดียว ทำการศึกษาทั้งเชิงปริมาณ เป็นการเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ที่สามารถยึดเกาะบนพื้นผิวรากฟัน และยังคงมีชีวิตอยู่ (cell viability assay) และศึกษาเชิงคุณภาพ โดยการตรวจสอบการกระจายตัว และรูปร่างของเซลล์เอ็นไดย์ปริทันต์มนุษย์ที่ยึดเกาะบนผิวรากฟันตัวอย่าง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **Periodontitis** หมายถึง โรคปริทันต์อักเสบ
2. **Ultrasonic root debridement** หมายถึง การขูดหินน้ำลายและเกลารากฟันโดยใช้เครื่องขูดหินน้ำลายอัลตราโซนิกส์
3. **Er,Cr:YSGG Laser** หมายถึง เลเซอร์ที่ใช้สารตัวกลางประกอบด้วย เออร์เบียม (Erbium) โครเมียม (Chromium) อิตเทรียม (Yttrium) สแกนเดียม (Scandium) แกลเลียม (Gallium) และการ์เน็ต (Garnet)
4. **Scanning electron microscope (SEM)** หมายถึง กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
5. **Root surface** หมายถึง ผิวรากฟัน
6. **Cementum** หมายถึง เคลือบรากฟัน

กรอบแนวคิดในการทำวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยเตรียมชิ้นตัวอย่างผิวรากฟันจากฟันถอน และจำลองการรักษาซึ่งต่างจากสภาพฟันจริงในช่องปากที่มีเหงือกปกคลุม และการศึกษาเรื่องการหายของแผลในการทดลองนี้ ก็เป็นการจำลองโดยการเลี้ยงเซลล์และตรวจสอบการยึดเกาะของเซลล์เข้ากับผิวรากฟัน เหมือนกับการของแผลอวัยวะปริทันต์ในระยะแรก ที่ต้องมีการยึดเกาะของเซลล์อวัยวะปริทันต์เข้ากับผิวรากฟัน แต่สภาวะจำลองในห้องปฏิบัติการย่อมแตกต่างไปจากสภาพช่องปากจริง ซึ่งมีปัจจัยอื่นๆมาเกี่ยวข้องอีก อย่างไรก็ตามในการทดลองถ้าพบว่าการยึดเกาะของเซลล์ที่ดี มีเซลล์ยึดเกาะบนผิวรากฟันจำนวนมาก แสดงว่าผิวรากฟันที่ได้รับการฉายเลเซอร์มีคุณภาพส่งเสริมการหายของแผลที่ดีได้ หากเกิดสภาวะเช่นเดียวกันนี้ในช่องปาก จึงน่าจะส่งเสริมการหายของอวัยวะปริทันต์ได้ดีขึ้นเช่นกัน

สมมติฐานในการวิจัย

การใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG ร่วมกับการขูดหินน้ำลายและเกลารากฟันด้วยเครื่องขูดอัลตราโซนิคส์ ช่วยเพิ่มการยึดเกาะของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์มนุษย์บนผิวรากฟันได้ดีกว่าการขูดด้วยเครื่องขูดอัลตราโซนิคส์เพียงอย่างเดียว

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดในการรักษาโรคปริทันต์อักเสบด้วยวิธีไม่ผ่าตัดและพัฒนาการของ เครื่องมือที่ใช้ในการรักษา

โรคปริทันต์อักเสบเป็นโรคเรื้อรังที่เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรีย ร่วมกับการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายที่อาจถูกปรับเปลี่ยนโดยพฤติกรรม และโรคทางระบบ⁽¹⁾ เมื่อเกิดการอักเสบเรื้อรังของอวัยวะปริทันต์จะเกิดการทำลายเอ็นยึดปริทันต์และกระดูกเบ้าฟันลึกลงไปจนเกิดเป็นร่องลึกปริทันต์ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมสำหรับการสะสมและเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยเฉพาะกลุ่มที่ย้อมติดสีแกรมลบ แบคทีเรียในร่องลึกปริทันต์จะมีการอยู่ร่วมกันในรูปแบบของแผ่นคราบชีวภาพ (biofilm) ที่ประกอบด้วยเชื้อแบคทีเรียหลายชนิด มีการอาศัยพึ่งพากันและกัน เอื้อต่อการดำรงชีพอยู่ในสภาวะของช่องปาก⁽⁵⁾ และเมื่อเกิดการดำเนินไปของโรคที่รุนแรงขึ้น กระบวนการอักเสบอันเป็นผลมาจากการติดเชื้อแบคทีเรีย จะก่อให้เกิดความเสียหายต่ออวัยวะปริทันต์มากยิ่งขึ้น อาจนำไปสู่การสูญเสียฟันได้ในที่สุด เป้าหมายในการรักษาโรคปริทันต์อักเสบซึ่งเป็นการควบคุมการอักเสบ จึงมีหลักการคือ พยายามกำจัดคราบจุลินทรีย์ และสิ่งสะสมบนผิวรากฟัน เพื่อลดการตอบสนองของร่างกายในลักษณะของการอักเสบ จนอวัยวะปริทันต์อยู่ในสภาวะปกติ ไม่มีร่องลึกปริทันต์ ไม่มีการทำลายของกระดูกเบ้าฟัน ไม่มีการสูญเสียระดับการยึดเกาะของอวัยวะปริทันต์เพิ่มมากขึ้น สามารถใช้งานอยู่ในช่องปากต่อไปได้ วิธีการรักษาที่ถือเป็นมาตรฐานการรักษา (gold standard) คือการขูดหินน้ำลายและการเกลารากฟัน (scaling and root planing) แม้ในทางปฏิบัติจะทำความคุ้นเคยกันไป แต่ในความหมายของการขูดหินน้ำลาย คือการกำจัดสิ่งสะสมบนตัวฟัน ทั้งบริเวณเหนือเหงือกและใต้เหงือก ส่วนการเกลารากฟันคือการกำจัดสิ่งสะสมบนผิวรากฟัน เนื่องจากเมื่อมีการสะสมของแบคทีเรียบนผิวรากฟัน จะทำให้ผิวของเคลือบรากฟัน มีการติดเชื้อและถูกแทรกซึมด้วยชีวพิษภายในของแบคทีเรีย ซึ่งอาจรบกวนการหายที่สมบูรณ์ของอวัยวะปริทันต์ได้ เนื่องจากทำให้การยึดเกาะของเซลล์สร้างเส้นใยเหงือก (gingival fibroblast) เกิดการยึดเกาะที่ผิดปกติ อีกทั้งผิวเคลือบรากฟันที่ติดเชื้อแม้จะขูดเอาหินน้ำลายออกไปแล้ว จะมีความไม่เรียบ อาจเกิดการสะสมของแผ่นคราบจุลินทรีย์ได้ง่าย จึงควรกำจัดเคลือบรากฟันที่ติดเชื้อดังกล่าวออกไปด้วย ในอดีตเชื่อว่าการขูดหินน้ำลายและเกลารากฟัน จะทำจนได้ผิวที่เรียบ แข็ง แต่

การศึกษาภายหลังพบว่าชีวพิษภายในที่มีการสะสมแทรกซึม จะอยู่เฉพาะส่วนผิวของเคลือบรากฟัน และมีการยึดติดกับเคลือบรากฟันอย่างหลวมๆเท่านั้น จึงไม่มีความจำเป็นต้องขูดเคลือบรากฟัน ออกมากจนเกินไป ซึ่งอาจเสี่ยงต่อการเกิดการเผยของคลองรากแขนงบริเวณรากฟันกราม และอาจ ทำให้เกิดปัญหาภาวะเนื้อฟันไวเกินได้ (dental hypersensitivity) และการเหลือบเคลือบรากฟันไว้ จะส่งเสริมให้เกิดใหม่ของของเนื้อเยื่อปริทันต์ได้ดีกว่า

การขูดหินน้ำลายและเกลารากฟัน ในยุคแรกจะทำโดยเครื่องมือเชิงกลทำการออกแรงขูด ด้วยมือ ได้แก่ ซิกเกิล (sickle) และ คิวเรตต์ (curette) ที่ได้รับการออกแบบให้สามารถเข้าใช้งานใน ฟันแต่ละตำแหน่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการออกแบบปลายเครื่องมือขูด ให้มีทั้งขนาด และความ ยาวที่เหมาะสมโดยเฉพาะบริเวณที่เข้าทำงานได้ยาก เช่นบริเวณง่ามรากฟันของฟันกราม ที่มี โครงสร้างซับซ้อน หรือบริเวณที่มีร่องปริทันต์ลึกมากๆ แต่ยังคงพบว่าการใช้คิวเรตต์เพื่อกำจัดหิน น้ำลายออกทั้งหมดนั้นเป็นไปได้ยาก แม้ในทันตแพทย์ที่มีทักษะและประสบการณ์ในการทำงานสูง เนื่องจากสภาวะของฟันในช่องปากที่มีเหงือกปกคลุม การทำงานจะต้องระมัดระวังเนื้อเยื่อข้างเคียง การออกแรงจะต้องมีความสัมพันธ์กันระหว่างการเคลื่อนที่ของมือ และทิศทางในการออกแรง การ ตรวจหาหินน้ำลายต้องใช้ความรู้สึกสัมผัสผิวรากฟันที่ขรุขระ ยากต่อการมองเห็นเนื่องจากมี เลือดออกในระหว่างการทำงาน ในบางครั้งผู้ป่วยจำเป็นต้องได้รับยาชาเฉพาะที่เพื่อลดความ เจ็บปวดขณะทำการรักษาด้วย อาจเกิดความเครียด วิตกกังวล ซึ่งอาจส่งผลต่อความร่วมมือในการ มารับการรักษาที่ต่อเนื่อง ในแง่ของทันตแพทย์ผู้ให้การรักษา การทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานานจะ ก่อให้เกิดความเมื่อยล้าของร่างกายอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพในการรักษา ด้วยข้อจำกัดดังกล่าว จึง ได้มีการพัฒนาเครื่องมือที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานชนิดต่างๆขึ้น เพื่อช่วยให้การขูดหินน้ำลายและ เกลารากฟันมีประสิทธิภาพและมีความสะดวกในการใช้งานยิ่งขึ้น ในปี ค.ศ. 1960 มีการประดิษฐ์ โซนิคสเกลเลอร์ ซึ่งขับเคลื่อนด้วยแรงดันอากาศ มีการสั่นของหัวขูดเป็นรูปวงกลม ที่ความถี่ของ คลื่นเสียงคือ 16-18 กิโลเฮิร์ตซ์ (KHz) มีการสั่นประมาณ 2,000 – 6,500 รอบต่อวินาที สามารถต่อ ใช้งานกับยูนิตทำฟัน โดยใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อนขณะใช้งานขูด ขณะใช้งานจะมี แรงสั่นสะเทือนและมีเสียงค่อนข้างดัง ต่อมามีการพัฒนาเครื่องขูดหินน้ำลายที่ใช้ความถี่เหนือคลื่น เสียง หรือเครื่องขูดหินน้ำลายอัลตราโซนิคส์ ขับเครื่องด้วยพลังงานไฟฟ้า แบ่งได้เป็นสองชนิด ตาม กลไกการทำงานของเครื่อง คือเครื่องขูดหินน้ำลายแมกนีโตสตริกทีฟ (magnetostrictive scaler) ทำงานที่ความถี่ 18,000 – 45,000 เฮิร์ตซ์ อาศัยหลักการทำงานให้หัวขูดเคลื่อนที่ด้วย สนามแม่เหล็ก และเครื่องขูดหินน้ำลายพีโซอิเล็กทริก (piezoelectric scaler) ทำงานที่ความถี่สูงกว่า คืออยู่ในช่วง 25,000 – 50,000 เฮิร์ตซ์ กลไกการทำงานมาจากการกระตุ้นผลึกพีโซอิเล็กทริก ได้แก่

ควอตซ์ (quartz) ด้วยกระแสไฟฟ้าเป็นจังหวะ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดของผลึกอย่างต่อเนื่องเกิดเป็นการสั่นสะเทือนขึ้น การเคลื่อนที่ของหัวชุดจะมีทิศทางเป็นเส้นตรง สม่ำเสมอ และการทำงานที่ความถี่สูงทำให้เกิดความนุ่มนวลในการทำงานมากกว่า การใช้งานเครื่องชุดหินน้ำลายอัลตราโซนิคส์ จะใช้แรงสั่นสะเทือนกระแทกหินน้ำลายออกจากผิวฟัน แต่ไม่ควรใช้ลงไปชุดบริเวณใต้เหงือก หรือในร่องลึกปริทันต์ เนื่องจากอาจเกิดอันตรายกับเนื้อเยื่อข้างเคียงและเกิดรอยขีดข่วนที่เคลือบรากฟันได้ ประกอบกับขนาดของหัวชุดในยุคแรกที่มีขนาดใหญ่ จึงไม่เหมาะกับการใช้งานใต้เหงือก ลำดับขั้นตอนในการทำงานจึงเป็นการใช้เครื่องชุดหินน้ำลายอัลตราโซนิคส์ในการกำจัดหินน้ำลายเหนือเหงือกก่อน แล้วจึงใช้คิวิเรตต์ทำการการเกลารากฟันต่อไป

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เครื่องชุดหินน้ำลายอัลตราโซนิคส์ชนิดพีโซอิเล็กทริกได้มีการพัฒนาให้สามารถใช้งานใต้เหงือกและในร่องลึกปริทันต์ได้ โดยการออกแบบให้มีความแรง และแอมพลิจูดที่เหมาะสม โดยไม่ทำอันตรายกับเนื้อเยื่อข้างเคียง ร่วมกับการออกแบบหัวชุดที่มีความเหมาะสมในการใช้งานในบริเวณฟันหลังและช่องรากฟันกราม คือมีรูปร่างคล้ายเกรย์ซีคิวิเรตต์ หมายเลข 13 – 14 ทำให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้เครื่องชุดหินน้ำลายใต้เหงือกอัลตราโซนิคส์พบว่าให้ผลดีในการรักษาไม่แตกต่างคิวิเรตต์⁽¹²⁾ มีข้อได้เปรียบในแง่คุณสมบัติของเครื่องชุดหินน้ำลายอัลตราโซนิคส์คือการเกิดสภาวะทางกลศาสตร์คือการทำให้เกิดโพรงอากาศในของเหลว⁽¹³⁾ และอะคูสติคไมโครสตีมมิง⁽¹⁴⁾ ซึ่งช่วยกำจัดสิ่งสะสมในร่องลึกปริทันต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการออกแบบตัวเครื่องให้สามารถใส่สารหล่อเย็นนอกจากน้ำได้หลากหลาย เช่น น้ำเกลือ หรือยาฆ่าเชื้อชนิดต่างๆได้ ซึ่งจะช่วยกำจัดและพัดพาน้ำสิ่งสะสมบริเวณใต้เหงือกออกมาได้ดี เป็นการลดเชื้อก่อโรคปริทันต์ใต้เหงือกได้อีกทางหนึ่งด้วย ข้อดีอีกประการของเครื่องชุดหินน้ำลายใต้เหงือกอัลตราโซนิคส์คือ ในอดีตจะเชื่อว่าการชุดหินน้ำลายและเกลารากฟัน จะทำจนกว่าจะได้ลักษณะของผิวรากฟันที่สะอาด เรียบแข็ง เนื่องจากเชื่อว่าแม้จะกำจัดหินน้ำลายบนผิวเคลือบรากฟันแล้ว จะยังหลงเหลือเคลือบรากฟันที่มีชีวพิษภายใน (endotoxin) จากเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการยึดเกาะใหม่ของอวัยวะปริทันต์ แต่มีการศึกษาในห้องปฏิบัติการ เปรียบเทียบพื้นผิวหลังการชุดหินน้ำลายและเกลารากฟัน ด้วยเครื่องชุดหินน้ำลายใต้เหงือกอัลตราโซนิคส์กับการชุดด้วยคิวิเรตต์ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าแม้พื้นผิวรากฟันจะมีลักษณะหยาบ แต่กลับพบว่าการยึดเกาะของเซลล์อวัยวะปริทันต์ได้ไม่ต่างกัน⁽¹⁷⁾ จึงมีการเสนอว่าการชุดหินน้ำลาย และเกลารากฟันนั้นไม่จำเป็นจะต้องชุดเอาเคลือบรากฟันออกทั้งหมด การใช้เครื่องชุดหินน้ำลายใต้เหงือกอัลตราโซนิคส์ที่ใช้แรงสั่นสะเทือนในการกำจัดหินน้ำลายนั้น ถือเป็น

การรักษาในเชิงอนุรักษ์ สามารถเก็บรักษาเอ็นยึดปริทันต์ และเคลือบรากฟันไว้ได้ ซึ่งส่งผลดีต่อการซ่อมสร้าง และส่งเสริมการสร้างอวัยวะปริทันต์ใหม่ที่ดีขึ้น

การใช้เครื่องขูดหินน้ำลายอัลตราโซนิคส์นั้น ช่วยลดเวลาในการทำงานและสามารถทำการขูดหินน้ำลาย และเกลารากฟันให้เสร็จได้ทั้งปากในการรักษาเพียงครั้งเดียว ซึ่งมีรายงานว่าสามารถลดปริมาณเชื้อก่อโรคปริทันต์ได้ไม่แตกต่างจากการรักษาแบบแบ่งเป็นจุตุภาค⁽¹⁵⁾ ซึ่งเชื่อในการรักษาแบบแบ่งเป็นจุตุภาค ในบริเวณอื่นที่ยังไม่ได้รับการรักษาจะยังคงเป็น แหล่งกักเก็บเชื้อที่อาจเอื้อต่อการกลับมาสะสมใหม่ของเชื้อโรคได้⁽¹⁶⁾ การรักษาโรคปริทันต์อักเสบที่สามารถทำให้สำเร็จได้ในระยะเวลานั้น อาจเหมาะกับวิถีชีวิตของสังคมเมืองในปัจจุบันซึ่งผู้ป่วย มีเวลารับการรักษาจำกัด รวมถึงข้อดีในแง่ของความรู้สึกสบายผู้ป่วย ในขณะที่ทำการรักษา จะช่วยส่งเสริมทัศนคติที่ดีต่อการดูแลสุขภาพช่องปาก และการให้ความร่วมมือของผู้ป่วย ทำให้การรักษาประสบความสำเร็จได้ด้วยดี นอกจากนี้ยังทำให้การรักษาโรคปริทันต์อักเสบในกลุ่มผู้ป่วย ที่มีความร่วมมือในการรักษาต่ำ รวมถึงการออกหน่วยทันตกรรมเคลื่อนที่แก่ผู้ด้อยโอกาสในพื้นที่ห่างไกล ซึ่งมีเวลาในการรักษาจำกัด สามารถเป็นไปได้ด้วย แนวคิดในการรักษาทางทันตกรรมสมัยใหม่เน้นไปในทางอนุรักษ์ (conservative treatment) และก่อให้เกิดความเจ็บปวดในการรักษาน้อยที่สุด ด้วยข้อได้เปรียบของเครื่องขูดหินน้ำลายใต้เหงือกอัลตราโซนิคส์ ที่ได้มีการศึกษาวิจัยมาอย่างต่อเนื่อง จึงได้รับความนิยม และมีการใช้งานมากขึ้นในปัจจุบัน

การใช้เลเซอร์ในทางปริทันตศาสตร์⁽²⁴⁾ และแนวคิดในการรักษาแบบผสมผสาน

นับตั้งแต่ไอน์สไตน์ได้ค้นพบการกระจายรังสีของสารเมื่อได้รับการกระตุ้น ทฤษฎีดังกล่าวเป็นต้นกำเนิดของเลเซอร์ คำว่า LASER เป็นคำย่อโดยใช้อักษรตัวแรกมาจาก Light amplification by stimulated emission of radiation เลเซอร์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป เลเซอร์จะถูกเรียกชื่อตามสารที่ใช้เป็นสารตัวกลางในการกระตุ้น เช่น CO₂ Nd:YAG Er:YAG Er,Cr:YSGG เมื่อธาตุได้รับการกระตุ้น จะปลดปล่อยพลังงาน ซึ่งมีความยาวคลื่นและรูปแบบของคลื่น (waveform) ที่หลากหลาย ได้แก่ แบบต่อเนื่อง (continuous) เป็นจังหวะคงที่ (pulsed หรือ gated) และเป็นจังหวะไม่คงที่ (running pulsed) ขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ การนำเลเซอร์มาใช้จะต้องพิจารณาเลือกความยาวคลื่นและรูปแบบของคลื่นที่เหมาะสมกับงานนั้นๆ ลักษณะของพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจะเป็นแสงเอกรงค์ (monochromatic) คือเป็นแสงหนึ่งสี มีความยาวคลื่นเพียงค่าเดียว และอนุภาคโฟตอนที่ปลดปล่อยออกมาจะมีความเป็นอาพันธ์ (coherence) เป็นวัฏภาค (phase) เดียวกัน มี

ทิศทางที่แน่นอนไปในทิศทางเดียวกันเสมอ แสงเออร์เรกส์สามารถรวมแสงให้เป็นแสงที่มีความเข้มสูงได้ เมื่อแสงเดินทางไปสู่เป้าหมาย อาจเกิดปฏิกิริยาได้แก่ การดูดซับ(absorb) การสะท้อน (reflect) และการกระจาย (scatter) ในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตจะเกิดการดูดซับพลังงานเข้าสู่พื้นผิว เกิดการกระจายพลังงานในเนื้อเยื่อในระดับลึกลงไปใต้พื้นผิว พลังงานที่ถูกดูดซับไว้จะเปลี่ยนแปลงเป็นความร้อน และส่งผลกับเนื้อเยื่อในลักษณะการเพิ่มอุณหภูมิ โดยขึ้นอยู่กับระดับของพลังงานที่ใช้ ปฏิกิริยากับเนื้อเยื่อได้แก่ ทำให้เนื้อเยื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น เกิดการจับเป็นก้อน (coagulation) ทำให้เกิดรอยผ่า (incision) เกิดการตัดออก (excision) จากการสลายกลายเป็นไอของเนื้อเยื่อ (tissue vaporization) ปัจจัยที่กำหนดความรุนแรงของเลเซอร์ ซึ่งมีผลต่อการตอบสนองของเนื้อเยื่อ คือ ค่าความยาวคลื่น กำลังวัตต์ (watt) รูปแบบของคลื่น เช่นเป็นแบบต่อเนื่องหรือเป็นจังหวะ ความถี่ของจังหวะ พลังงานของแต่ละจังหวะ ความเข้มของพลังงานที่ใช้ ระยะเวลาในการสัมผัสกับเลเซอร์ มุมของเลเซอร์ที่เข้าทำปฏิกิริยากับเนื้อเยื่อ และคุณสมบัติการตอบสนองของเนื้อเยื่อแต่ละชนิดต่อเลเซอร์ซึ่งมีความสำคัญกับการเลือกใช้เลเซอร์อย่างมาก ในการใช้งานจำเป็นต้องมีการเลือกความยาวคลื่นของเลเซอร์ให้เหมาะสมกับเนื้อเยื่อแต่ละชนิดอย่างจำเพาะเจาะจง ตัวอย่างเช่น เลเซอร์ CO₂ มีความยาวคลื่น 10,600 นาโนเมตร ดูดซับได้ดีในน้ำ จึงเหมาะในการใช้กับเนื้อเยื่ออ่อนเนื่องจากในเนื้อเยื่ออ่อนประกอบด้วยน้ำเป็นจำนวนมาก เลเซอร์ Nd:YAG มีความยาวคลื่น 1,064 นาโนเมตร และเลเซอร์ไดโอด ความยาวคลื่น 800 – 950 นาโนเมตร ถูกดูดซับโดยน้ำได้ดี แต่ดูดซับได้ดีในเนื้อเยื่อที่มีสารสี (pigment) จึงเหมาะกับเหงือกมีสารสีจับ (gingival pigmentation) ส่วนในเลเซอร์ Er:YAG ความยาวคลื่น 2,940 นาโนเมตร และเลเซอร์ Er,Cr:YSGG ความยาวคลื่น 2,780 นาโนเมตร พบว่าถูกดูดซับได้ดีในน้ำและไฮดรอกซีอะพาไทต์ จึงเหมาะกับการใช้งานในอวัยวะปริทันต์ ซึ่งประกอบด้วยทั้งเนื้อเยื่ออ่อน และเนื้อเยื่อแข็ง จากตัวอย่างดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของความยาวคลื่นให้ผลต่อเนื้อเยื่อแต่ละชนิดแตกต่างกันไป การใช้เลเซอร์จึงต้องพิจารณาถึงเนื้อเยื่อเป้าหมาย และผลลัพธ์ที่ต้องการในการรักษาด้วย

การประดิษฐ์เครื่องต้นแบบของเลเซอร์เริ่มขึ้นในปี 1960 โดย Maiman ซึ่งได้ใช้พลังงานกระตุ้นผลึกของทับทิม ให้เกิดการกระจายรังสี สำหรับทางทันตกรรม ในปี 1964 ได้เริ่มมีการศึกษาผลของเลเซอร์ที่ใช้สารตัวกลางเป็นอัญมณี ต่อเคลือบฟันและเนื้อฟัน จากนั้นจึงได้เริ่มมีการนำเลเซอร์มาใช้ในการกำจัดฟันผุ โดยใช้เลเซอร์ Nd:YAG ที่ดัดแปลงมาจากเครื่องเลเซอร์ที่ใช้ในทางจักษุวิทยาโดย Myers และ Myers ในปี 1985 จนในปี 1989 จึงได้มีการเสนอว่าเลเซอร์ Nd:YAG สามารถนำมาใช้ในศัลยกรรมเนื้อเยื่อในช่องปากได้ จึงเป็นที่มาของการนำเลเซอร์มาใช้ในการปริทันต์บำบัดในที่สุด มีการศึกษาถึงการประยุกต์ใช้เลเซอร์กับเนื้อเยื่ออ่อนในทางคลินิกหลายงาน มี

การใช้เลเซอร์ CO₂ และเลเซอร์ Nd:YAG และเลเซอร์ไดโอดมาใช้งานศัลยกรรมปริทันต์ ได้แก่ การตัดเนื้อเยื่อออก (frenectomy) การตัดเหงือก (gingivectomy) และการตกแต่งเหงือก (gingivoplasty) การทำกำจัดเยื่อบุผิวในการผ่าตัดเปิดเหงือก (flap operation) การกำจัดเนื้อเยื่อแกรนูเลชัน (granulation tissue) การผ่าตัดเปิดเหงือกในการฝังรากเทียม การตัดรอยโรคออก (lesion ablation) คือการกำจัดเนื้อเยื่อโดยการทำให้เนื้อเยื่อเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ การทำรอยกรีด (incision) และการตัดเนื้อเยื่อออกตรวจ (biopsy) การรักษาแผลร้อนใน (aphthous ulcer) การห้ามเลือดบริเวณตำแหน่งให้สิ่งปลูกถ่าย (donor site) ในการผ่าตัดปลูกถ่ายเหงือก (gingival graft) และการกำจัดสารสีในเนื้อเยื่อ เป็นต้น

ส่วนผลของเลเซอร์กับเนื้อเยื่อแข็งในช่องปาก มีการศึกษาผลของเลเซอร์กับการหายของกระดูกหลังจากการทำ ศัลยกรรมตัดกระดูก (osteotomy) ศัลยกรรมตกแต่งกระดูก (osteoplasty) และการฝังรากเทียม พบการหายที่ผิดปกติและเกิดภาวะแทรกซ้อนต่างๆจากความร้อน เมื่อกระดูกสัมผัสกับความร้อนสูงกว่า 47 องศาเซลเซียส จะเกิดความเสียหายต่อเซลล์ ทำให้เกิดการละลายตัวของกระดูก และเมื่อสัมผัสกับความร้อนสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส จะเกิดกระดูกตายได้⁽²⁵⁾ ดังนั้นปฏิกิริยาของเลเซอร์กับเนื้อเยื่อแข็งซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการเพิ่มอุณหภูมิ ความยาวคลื่นที่ใช้จึงมีความสำคัญ พบว่าเลเซอร์ในทางทันตกรรมเกือบทุกชนิดทำให้เกิดผลเสียต่อกระดูก ยกเว้นในช่วงความยาวคลื่นของเลเซอร์ Er:YAG และเลเซอร์ Er,Cr:YSGG การศึกษาเกี่ยวกับอุณหภูมิของกระดูกที่เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยเลเซอร์นั้น ยังคงมีน้อย มีการทดลองใช้เลเซอร์ไดโอดความยาวคลื่น 810 นาโนเมตร ในร่องลึกปริทันต์ของหนู เป็นเวลา 9 วินาที โดยใช้กำลัง 800 มิลลิวัตต์ (milliwatt) 1 วัตต์ และ 1.2 วัตต์ ผ่านทางปลายหัวใยแก้วนำแสง (fiber optic) ขนาด 300 ไมโครเมตร พบว่าอุณหภูมิของกระดูกเพิ่มขึ้นถึง 10 – 11 องศาเซลเซียส แต่เมื่อลดกำลังเหลือ 600 มิลลิวัตต์ หรือลดระยะเวลาสัมผัสเหลือ 3 วินาที จะไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์⁽²⁶⁾ การศึกษาห้องทดลอง โดยใช้เลเซอร์ CO₂ และเลเซอร์ Nd:YAG ตัดเนื้อเยื่อออก (tissue ablation) บริเวณเนื้อเยื่อที่ปกคลุมบนกระดูก โดยใช้พลังงานของเลเซอร์อยู่ในช่วง 688 - 1286 จูลต่อตารางเซนติเมตร (J/cm²) ทำการทดลองทั้งที่ใช้และไม่ใช้น้ำในการระบายความร้อน พบว่าอุณหภูมิกระดูกเพิ่มสูงขึ้น 1.4 - 2.1 องศาเซลเซียส ในเลเซอร์ CO₂ และเพิ่มสูงขึ้นถึง 8.0 - 11.1 องศาเซลเซียส ในกลุ่มที่ใช้เลเซอร์ Nd:YAG แม้จะเป็นการศึกษาในห้องทดลอง แต่ก็ทำให้พอจะสรุปได้ว่าเมื่อใช้เลเซอร์ทำการตัดเนื้อเยื่อออก ในบริเวณที่เนื้อเยื่อมีความบาง เช่น ด้านบนหน้าของกระดูกขากรรไกรล่าง การใช้เลเซอร์ Nd:YAG ควรจะใช้พลังงานที่ต่ำ และระยะเวลาสั้นๆ เพราะอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อกระดูกข้างใต้ได้⁽²⁷⁾ อีกการศึกษาได้มีการใช้เลเซอร์ CO₂ และเลเซอร์ Nd:YAG

ทำศัลยกรรมตัดกระดูกในกระดูกทibia ของหนู พบว่าการหายของกระดูกที่ล่าช้าอย่างมาก⁽²⁸⁾ ทั้งนี้โดยไม่ขึ้นอยู่ความแรงของพลังงานที่ใช้ และการใช้หรือไม่ใช้น้ำระบายเพื่อความร้อน ลักษณะความเสียหายของกระดูกที่พบเมื่อมีการใช้เลเซอร์ จะพบลักษณะการไหม้เป็นถ้ำถ่าน (carbonized หรือ char) ที่บริเวณพื้นผิวที่ได้รับเลเซอร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นชั้นกระดูกตาย (sequestra) ที่ถูกหุ้มรอบด้วยเส้นใยของเนื้อเยื่อยึดต่อ แต่ในเลเซอร์ Er:YAG มีการศึกษาลักษณะคล้ายคลึงกัน คือใช้ทำศัลยกรรมตัดกระดูกในสัตว์ทดลอง โดยใช้ค่าพลังงาน และความถี่ ระยะเวลาของจังหวะที่แตกต่างกัน โดยมีน้ำเป็นตัวระบายความร้อน ทำการทดลองเปรียบเทียบกับเลเซอร์ CO₂ และการตัดด้วยด้ามกรอพบว่าเมื่อใช้ค่าพลังงาน 100 มิลลิจูลต่อพัลส์ (mJ/pulse) ที่ความถี่ 10 เฮิร์ตซ์ จะทำให้เกิดการตัดที่มีขอบชัดเจน โดยไม่มีลักษณะของการหลอมละลาย และไม่เกิดลักษณะการไหม้เป็นถ้ำถ่าน เมื่อตรวจสอบองค์ประกอบของสารด้วยวิธีเอฟทีไออาร์ (Fourier transform infrared spectroscopy : FT-IR) และอีดีเอ็กซ์ (electron dispersive x-ray spectroscopy : EDX) และเอ็กซ์อาร์ดี (X-ray diffraction analysis : XRD) พบมีลักษณะความสัมพันธ์ของคอลลาเจน และไฮดรอกซีอะพาไทต์เป็นปกติ องค์ประกอบทางเคมีของกระดูกมีความใกล้เคียงกับรอยแผลที่สร้างขึ้นโดยหวักรอ ซึ่งแตกต่างไปจากกลุ่มที่ใช้เลเซอร์ CO₂ ซึ่งพบลักษณะการไหม้เป็นถ้ำถ่าน มีการละลายของแร่ธาตุ และมีการหายที่ล่าช้า⁽²⁹⁾ ในการทำศัลยกรรมตกแต่งกระดูก เลเซอร์ที่เป็นที่นิยมมากที่สุดคือ Er,Cr:YSGG ด้วยมีความยาวคลื่นที่เหมาะสม มีการศึกษาที่กล่าวว่าเลเซอร์ Er,Cr:YSGG เหมาะในการใช้งานกับกระดูก Kimura และคณะได้ทำการศึกษาลักษณะกายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและศึกษาองค์ประกอบด้วยอีดีเอ็กซ์ เมื่อใช้ค่าพลังงานที่ 5 วัตต์ ความถี่ 8 เฮิร์ตซ์ เป็นระยะเวลา 10 และ 30 วินาที ร่วมกับการใช้น้ำระบายความร้อน พบว่ามีอุณหภูมิสูงขึ้น 12.6 องศาเซลเซียส เมื่อได้รับเลเซอร์เป็นเวลา 30 วินาที การตรวจด้วยอีดีเอ็กซ์ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของแคลเซียมและฟอสเฟต และเมื่อตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบรอยการตัดกระดูกที่สะอาด ไม่มีการเกิดการไหม้เป็นถ้ำถ่านและการหลอมละลาย⁽³⁰⁾ การศึกษาของ Wang และคณะ พบว่าเมื่อใช้เลเซอร์ที่พลังงาน 80 จูลต่อตารางเซนติเมตร สร้างรอยแผลลึก 0.4 มิลลิเมตร บนกระดูกขากรรไกรกระต่าย พบว่ารอยดังกล่าวหายได้อย่างสมบูรณ์ภายหลัง 56 วัน⁽³¹⁾

การใช้เลเซอร์ในการปรับสภาพผิวรากฟัน (root surface modification) มีการศึกษาความเปลี่ยนแปลงของเคลือบรากฟันและเนื้อฟัน โดยใช้เลเซอร์หลายชนิดที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกันไป ได้แก่ เลเซอร์ CO₂ เลเซอร์ Nd:YAG เลเซอร์ Er:YAG และเลเซอร์ไดโอด หลักการคือใช้ความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการกำจัดหินน้ำลาย โดยต้องไม่เกิดความร้อนที่จะเป็นอันตรายต่อโพรง

ประสาทฟัน และทำลายผิวรากฟันที่ปกติ มีความลึกในการทะลุผ่านผิวรากฟันต่ำ เนื่องจากเคลือบรากฟันและเนื้อฟัน มีโครงสร้างเป็นไฮดรอกซีอะพาไทต์ ซึ่งดูดซับแสงในกลุ่มกลางช่วงคลื่นอินฟราเรด (mid-infrared) ได้ดี Aoki และคณะได้เสนอว่าเลเซอร์ Er:YAG มีความยาวคลื่นที่เหมาะสมที่สุด จึงจัดว่าเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมที่สุด (instrument of choice) ในการกำจัด หินน้ำลายและการปรับสภาพผิวรากฟัน ซึ่งสร้างให้เกิดภาวะที่เหมาะสมต่อการเกิดยึดติดใหม่ของอวัยวะปริทันต์⁽²¹⁾ เลเซอร์ CO₂ เป็นตัวแรกที่มีการศึกษาถึงผลต่อผิวรากฟัน พบว่าแม้จะใช้กำลังวัตต์ต่ำที่ 4 วัตต์ ผลที่ได้ก็ยังไม่น่าพอใจ พบลักษณะการไหม้เป็นถ้ำถ้ำและมีการหลอมละลายการตรวจ เอพทีโออาร์พบว่าผิวรากฟันที่ไหม้มีไซยานาไมด์ (cyanamide) และไซยาเนต (cyanate) ซึ่งมีพิษต่อเซลล์⁽³²⁾ การศึกษาถึงความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) ของผิวรากฟันที่ได้รับเลเซอร์ CO₂ ยังมีความขัดแย้งกัน ดังเช่นการศึกษาของ Pant และคณะ⁽³³⁾ และของ Crespi และคณะ⁽³⁴⁾ รายงานว่ามีการเพิ่มการยึดเกาะของเซลล์สร้างเส้นใยเหงือกกับผิวรากฟัน เปรียบเทียบกับที่ได้รับการขูดหินน้ำลายและเกลารากฟัน และการปรับสภาพผิวรากฟันโดยใช้สารเคมี ต่างจากผลการศึกษาของ Fayad และคณะ ที่พบว่าแม้จะใช้พลังงานเพียง 1.25 มิลลิจูลต่อพัลส์ กลับไม่พบการยึดเกาะของเซลล์สร้างเส้นใยเหงือก การศึกษาเกี่ยวกับผิวรากฟันที่มีลักษณะไหม้เป็นถ้ำถ้ำ⁽³⁵⁾ Gopin และคณะ ชี้ให้เห็นว่าแผ่นเนื้อเยื่อเต็มส่วน (mucoperiosteal flap) จะไม่มีการยึดติดใหม่ในบริเวณที่มีการไหม้เป็นถ้ำถ้ำหลังจากการได้รับเลเซอร์ CO₂⁽³⁶⁾ นอกจากนี้ยังพบว่าความร้อนจากการใช้เลเซอร์ CO₂ สามารถก่อให้เกิดรอยแตกที่ผิวรากฟัน เมื่อใช้กำลังวัตต์มากกว่า 4 วัตต์ ในแบบต่อเนื่อง แต่เมื่อใช้ในแบบไม่รวมแสง (defocused mode) ฉายแบบเป็นจังหวะที่กำลังต่ำ พบว่าทำให้เกิดความเสียหายเพียงเล็กน้อย⁽³⁷⁾ จึงอาจเหมาะในการใช้กำจัดชั้นสเมียร์ได้⁽³⁸⁾ แต่เนื่องจากปลายของอุปกรณ์จะต้องมีรูกลวงขนาดกว้างกว่า 1 มิลลิเมตร ทำให้การนำมาใช้งานใต้เหงือกนั้นค่อนข้างจะจำกัด ในกรณีของเลเซอร์ Nd:YAG มีการศึกษาผลต่อผิวรากฟัน เปรียบเทียบกับเลเซอร์ CO₂ และเลเซอร์ Er:YAG ใช้ที่ระดับพลังงานแตกต่างกัน⁽³⁹⁾ ผลการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงของผิวรากฟันขึ้นอยู่กับความเข้มของพลังงานที่ใช้ โดยไม่ขึ้นอยู่กับการใช้ไฟเบอร์เพื่อระบายความร้อน พบการหลอมละลายของแร่ธาตุ มีการเกิดรอยแตกบนพื้นผิว และการเกิดชั้นผิวที่ไหม้เป็นถ้ำถ้ำ การใช้เลเซอร์ Nd:YAG ที่พลังงานต่าง ๆ ตั้งแต่ระดับต่ำที่ 156.2 - 166.6 จูลต่อตารางเซนติเมตร จนถึงระดับสูงที่ 571 จูลต่อตารางเซนติเมตร เมื่อเทียบกับเลเซอร์ CO₂ พบว่าทำให้เกิดรอยลึกบนผิวรากฟัน เกิดการไหม้เป็นถ้ำถ้ำ เกิดการหลอมละลายของแร่ธาตุ⁽²¹⁾ และพบว่าความร้อนจากการใช้เลเซอร์ Nd:YAG ทำให้เกิดการแยกตัวของเคลือบรากฟันออกจากเนื้อฟันได้⁽⁴⁰⁾ เช่นเดียวกับการศึกษาให้ห้องทดลองของ Chen และคณะ⁽⁴¹⁾ พบว่าเมื่อเซลล์เอ็นยึดปริทันต์มีการสัมผัสกับ

เลเซอร์ Nd:YAG ที่ระดับพลังงานต่ำ จะพบจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตลดลง เมื่อผ่านไป 5 วันพบการสร้างคอลลาเจนลดลง และเมื่อผ่านไป 28 วันพบเซลล์ที่ตายไปทับถมกันเป็นชั้น มีเพียงบางการศึกษาที่รายงานถึงผลดีของการใช้เลเซอร์ Nd:YAG ในการกำจัดชั้นสเมียร์โดยไม่ทำอันตรายต่อเคลือบรากฟันที่อยู่ลึกลงไป และไม่มีผลเพิ่มอุณหภูมิจนเป็นอันตรายต่อโพรงประสาทฟัน การศึกษาเกี่ยวกับการปรับสภาพผิวรากฟันจึงเน้นไปที่เลเซอร์ Er:YAG เนื่องจากมีความยาวคลื่นที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพในการกำจัดชั้นสเมียร์ หินน้ำลาย และเคลือบรากฟันที่ติดเชื้อชีวพิษภายในของแบคทีเรีย ซึ่งพบว่าเมื่อใช้ที่ระดับพลังงานต่ำ ร่วมกับการใช้น้ำเพื่อระบายความร้อน จะไม่ทำให้เกิดความเสียหายจากความร้อน ผิวรากฟันหลังขูดจะมีความเรียบ และการศึกษาในห้องทดลองเกี่ยวกับการยึดเกาะของเซลล์สร้างเส้นใยเหงือก พบว่ามีความเข้ากันได้ทางชีวภาพใกล้เคียงกับผิวรากฟันที่ได้รับการขูดหินน้ำลายและเกลารากฟันด้วยวิธีปกติ แต่พบว่าการใช้เลเซอร์ Er:YAG ยังคงมีอุปสรรคได้แก่ เนื่องจากจำเป็นที่จะต้องใช้น้ำเพื่อป้องกันความเสียหายจากความร้อนที่เกิดขึ้น อาจทำให้เกิดปัญหาในการใช้งานในระดับที่ลึกลงไปร่องลึกปริทันต์ และการศึกษาเกี่ยวกับรอยแตกบนผิวรากฟันส่วนใหญ่ มักจะตรวจสอบโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ซึ่งมีข้อจำกัดคือภาพที่ได้ เนื่องจากเป็นภาพบนพื้นผิววัตถุเท่านั้น ซึ่งไม่สามารถใช้ตรวจสอบรอยแตกที่อยู่ใต้พื้นผิวได้ (subsurface damage) เพราะมีการศึกษาพบความเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในชั้นเนื้อฟันเมื่อใช้เลเซอร์ Er:YAG ทำการฉายที่เคลือบรากฟัน พบว่ามีการเพิ่มอุณหภูมิในชั้นเนื้อฟันที่อยู่ลึกลงไป 255 - 611 ไมโครเมตร โดยไม่ขึ้นอยู่กักระดับพลังงานที่ใช้⁽⁴²⁾ และการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของเลเซอร์ Er:YAG ก็มีความสำคัญ เนื่องจากที่ค่าพลังงานแตกต่างกัน ก็ส่งผลต่อผิวรากฟันได้แตกต่างกัน ระดับความเปลี่ยนแปลงบนผิวรากฟันเกิดได้ตั้งแต่ การกำจัดหินน้ำลายโดยไม่รบกวนเคลือบรากฟัน การกำจัดเคลือบรากฟันที่ติดเชื้อ จนถึงทำให้เกิดร่องลึกบนผิวรากฟันได้

โดยสรุปแนวทางในการรักษาโรคปริทันต์อักเสบด้วยเลเซอร์ ได้มีการศึกษาถึงเลเซอร์หลายชนิด ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป โดยหวังผลในการใช้งานคือ การใช้ตัดเนื้อเยื่อและการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของผิวรากฟัน รวมถึงการกำจัดเชื้อ แต่ในการใช้งานจะต้องมีการศึกษาถึงระดับพลังงานของเลเซอร์ และช่วงเวลาสัมผัสกับเลเซอร์ที่ใช้ เนื่องจากทำให้เกิดปฏิกิริยาตอบสนองแตกต่างกันไป ซึ่งถ้ามากเกินไปจนเกินขีดจำกัด จะทำให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์ของเนื้อเยื่อข้างเคียงได้ สำหรับเลเซอร์ที่มีพลังงานต่ำ ไม่มีคุณสมบัติในการตัดเนื้อเยื่อทั้งในเนื้อเยื่อแข็งและเนื้อเยื่ออ่อน แต่อาจมีข้อดีในแง่ของการลดการอักเสบ และช่วยเร่งการหายของแผล อย่างไรก็ตามยังไม่พบว่ามีประสิทธิภาพในการรักษาโรคปริทันต์อักเสบแต่อย่างใด⁽²⁰⁾ อีกกลุ่มหนึ่งที่มีความใกล้เคียงกันคือการรักษาด้วยโฟโตไดนามิกส์ (photodynamic therapy) โดยหลักการคือใช้สารที่ถูกกระตุ้นได้โดยแสงที่

มีความยาวคลื่นจำเพาะแล้วมีฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรีย โดยการปลดปล่อยอนุภาคลิเธียมที่เป็นทำลายผนังเซลล์ของจุลชีพ⁽⁴³⁾ แต่จะไม่สามารถกำจัดแผ่นคราบจุลินทรีย์ และหินน้ำลายได้ จึงให้ใช้ร่วมกับการขูดหินน้ำลายและเกลารากฟันเท่านั้น อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาที่สามารถประเมินถึงผลสำเร็จของการรักษาด้วยโฟโตไดนามิกส์ได้ ส่วนในกลุ่มเลเซอร์ได้แก่ เลเซอร์ไดโอด เลเซอร์ Nd:YAG และเลเซอร์ CO₂ ให้ผลการรักษาที่ดี และลดปริมาณเชื้อในผู้ป่วยปริทันต์อักเสบ แต่เมื่อใช้ในการกำจัดหินน้ำลายพบว่าจะเกิดความร้อนจนเป็นอันตรายต่อผิวรากฟันได้ ยกเว้นเลเซอร์ Er:YAG นั้นสามารถใช้กำจัดคราบจุลินทรีย์ และหินน้ำลายได้เหวี่ยง โดยไม่เกิดอันตรายต่อผิวรากฟัน เลเซอร์ Er,Cr:YSGG เป็นเลเซอร์ที่พัฒนาขึ้นต่อจากเลเซอร์ Er:YAG มีช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการใช้งานกับเนื้อเยื่อแข็งและเนื้อเยื่ออ่อน จึงมีความเหมาะสมกับการใช้ในการรักษาทางปริทันต์⁽²⁰⁾

ตาราง 1 ชนิดของเลเซอร์และการใช้งานปริทันต์บำบัด⁽¹⁹⁾

ชนิดของเลเซอร์	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	รูปแบบคลื่น	ลักษณะของอุปกรณ์	การใช้งานทางปริทันต์บำบัด
CO ₂	10,600	ต่อเนื่อง	หัวนำเลเซอร์แบบกลวง	ตัดเนื้อเยื่ออ่อน, แผลร้อนใน, ลดอาการปวด, กำจัดสารสี, ลดภาวะเนื้อฟันไวเกิน, การขูดรากฟันเหวี่ยง, การตัดเนื้อเยื่อออกตรวจ, รักษาเนื้อเยื่อรอบสิ่งปลูกฟันอีกเสบ
Nd:YAG	1,064	เป็นจังหวะคงที่	หัวไฟเบอร์ออฟติก ยึดหยุ่นได้	ตัดเนื้อเยื่ออ่อน, การขูดรากฟันเหวี่ยง, กำจัดแบคทีเรีย, พัลไฟโตมี, กำจัดเชื้อในคลองรากฟัน, กำจัดรอยฟันผุ, แผลร้อนใน, ลดอาการปวด, กำจัดสารสี, ลดภาวะเนื้อฟันไวเกิน
Er:YAG	2,940	เป็นจังหวะไม่คงที่	หัวไฟเบอร์ออฟติกหรือ หัวนำเลเซอร์แบบกลวง	ตัดเนื้อเยื่ออ่อน, การขูดรากฟันเหวี่ยง, การขูดหินน้ำลาย, การปรับสภาพผิวรากฟัน, ศัลยกรรมตกแต่งกระดูก, กำจัดแกรนูเลชัน, รักษาเนื้อเยื่อรอบสิ่งปลูกฟันอีกเสบ, ลดอาการปวด, กำจัดสารสี, ลดภาวะเนื้อฟันไวเกิน

ตาราง 1 (ต่อ)

ชนิดของเลเซอร์	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	รูปแบบคลื่น	ลักษณะของอุปกรณ์	การใช้งานทางปริทันต์บำบัด
Er,Cr:YSGG	2,780	เป็นจังหวะไม่ คงที่	หัวไฟเบอร์ออฟติก และ ด้ามกรอ	ตัดเนื้อเยื่ออ่อน, การขูดรากใต้ เหงือก, การขูดหินน้ำลายและเกลา รากฟัน, ศัลยกรรมตกแต่งกระดูก, การปรับสภาพผิวเคลือบฟันและเนื้อ ฟัน
Ar	488 และ 514	ต่อเนื่อง	หัวไฟเบอร์ออฟติก ยึดหยุ่น ได้	ตัดเนื้อเยื่ออ่อน, ปมคอมโพสิต, ฟอก สีฟัน, การขูดทำความสะอาดในร่อง เหงือก, รักษาเนื้อเยื่อรอบสิ่งปลูกฟัน อีกเสบ
ไดโอด (InGaAsP, GaAlAs, GaAs)	635 - 950	ต่อเนื่อง	หัวไฟเบอร์ออฟติก ยึดหยุ่น ได้	ตัดเนื้อเยื่ออ่อน, การตรวจหาฟันผุ และหินน้ำลาย, การขูดรากใต้เหงือก, กำจัดแบคทีเรีย, พัลโซโตมี, กำจัด เชื้อในคลองรากฟัน, การขูดทำความสะอาด ในร่องเหงือก, กำจัดรอยฟันผุ, แผลร้อนใน, ลดอาการปวด, กำจัด สารสี, ลดภาวะเนื้อฟันไวเกิน

เครื่องเลเซอร์ Er,Cr:YSGG (Waterlase, Biolase, USA) พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการรักษาทางทันตกรรม สารตัวกลาง (medium) ที่ใช้ประกอบด้วยเออร์เบียม (Erbium) โครเมียม (Chromium) อิตเทรียม (Yttrium) สแกนเดียม (Scandium) แกลเลียม (Gallium) และการ์เนต (Garnet) มีความยาวคลื่น 2,780 นาโนเมตร สามารถใช้ตัดเนื้อเยื่ออ่อน และเนื้อเยื่อแข็งในช่องปากได้ การใช้งานในการตัดเนื้อเยื่อแข็ง อาศัยหลักการของไฮโดรไดเนติกส์ (hydrokinetic) กล่าวคือ ตัวเครื่องจะทำการถ่ายทอดพลังงานเลเซอร์สู่ละอองน้ำเล็กๆ โมเลกุลของน้ำที่มีพลังงานสูงและอยู่ในสภาวะที่ถูกกระตุ้น เมื่อยังไปกระทบกับวัตถุจะเกิดแรงเชิงกล ทำหน้าที่ในการแยกพื้นผิวหน้าของวัตถุออก เกิดเป็นการตัดเนื้อเยื่อแข็งอย่างรวดเร็ว โดยมีรอยตัดที่เรียบ แตกต่างไปจากการใช้ตัดเนื้อเยื่ออ่อน ซึ่งจะใช้พลังงานเลเซอร์ในการตัดโดยตรง โดยอาจใช้น้ำเป็นสารหล่อเย็นและให้ความชื้นกับเนื้อเยื่อ

การศึกษาการใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG ในการตัดเนื้อเยื่อยึดออก (frenectomy) พบการหายของแผลรวดเร็วกว่าการตัดด้วยเลเซอร์ CO₂⁽⁴⁴⁾ Jin และคณะได้ทำการศึกษาในเยื่อเมือกบริเวณด้านในแก้มของสัตว์ทดลอง เปรียบเทียบการหายของแผลที่เกิดจากรอยกริดที่สร้างโดยเลเซอร์ไดโอด มีดผ่าตัด และเลเซอร์ Er,Cr:YSGG พบว่าในกลุ่มเลเซอร์ Er,Cr:YSGG เกิดความ

เสียหายต่อเนื้อเยื่อน้อยกว่าเลเซอร์ไดโอด⁽⁴⁵⁾ Ryu และคณะ ทำการศึกษาที่คล้ายคลึงกัน พบการอักเสบของเนื้อเยื่อน้อยกว่าในกลุ่มที่ใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG⁽⁴⁶⁾ ส่วนในเนื้อเยื่อแข็ง Kimura และคณะ ได้ทดลองใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG กำลัง 5 วัตต์ และความถี่ 8 เฮิร์ตซ์ ทำการตัดกระดูกขากรรไกรล่างในสัตว์ทดลอง พบว่ามีประสิทธิภาพในการตัดที่ดี ไม่เกิดการไหม้ ไม่พบการละลายของเนื้อเยื่อแข็งและไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในกระดูก⁽³⁰⁾ และยังได้ทำการทดลองใช้ตัดผิวหนังก็พบว่าให้ผลดีเช่นเดียวกันคือไม่เกิดการไหม้ และการหลอมละลายของแร่ธาตุ⁽⁴⁷⁾ เมื่อติดตามการหายของแผลในระดับจุลชีววิทยาพบว่าการซ่อมแซมกระดูกที่ดีกว่าในรอยตัดที่สร้างด้วยหัวกรอ⁽⁴⁸⁾ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการใช้งานเลเซอร์ Er,Cr:YSGG ในการขูดหินน้ำลายในฟันมนุษย์ที่ถูกถอน โดยใช้ระดับพลังงานแตกต่างกัน พบว่าระดับพลังงานที่เหมาะสมในการใช้งานคือ 1 วัตต์ ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างจากระดับพลังงาน 1.5 วัตต์ แต่เมื่อใช้พลังงาน 2 วัตต์ จะพบการเปลี่ยนแปลงที่ผิวหนังอย่างมีนัยสำคัญ⁽⁴⁹⁾ Hakki และคณะได้ทำการศึกษาในฟันถอนเปรียบเทียบลักษณะผิวหนังจากการขูดหินน้ำลายด้วยคิเวรต์ ด้วยการกำจัดหินน้ำลายด้วยเลเซอร์ Er,Cr:YSGG พบว่าสามารถกำจัดหินน้ำลายได้โดยพบว่าการใช้เลเซอร์ มีส่วนประกอบของแคลเซียมและฟอสเฟตพบว่ามีปริมาณสูงกว่ากลุ่มที่ใช้คิเวรต์ ทั้งนี้ไม่พบลักษณะของการเผาไหม้ และการหลอมละลายที่ผิวหนัง เมื่อตรวจสอบลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เห็นลักษณะผิวหนังที่มีความขรุขระไม่เรียบกว่าในกลุ่มที่ใช้เลเซอร์⁽⁵⁰⁾

การศึกษาเกี่ยวกับการใช้เลเซอร์ในการใช้งานเพื่อเตรียมผิวหนัง ให้เหมาะสมกับการยึดเกาะของเซลล์ มาจากหลักการหายของแผลอวัยวะปริทันต์ ซึ่งอธิบายได้ดังนี้ หลังจากการขูดหินปูนและเกลารากฟัน หลังจากแผลปิด จะเกิดการแข็งตัวของเลือดเกิดเป็นลิ่มเลือด (blood clot) ระหว่างเนื้อเยื่อและผิวหนัง พลาสมาโปรตีน (plasma protein) ตัวหลักคือไฟบริโนเจน (fibrinogen) จะเป็นตัวช่วยยึดลิ่มเลือดไว้ จากนั้นจะเข้าสู่ภาวะอักเสบ มีการทำงานของ นิวโทรฟิล (neutrophil) และแมกโครเฟจ (macrophage) ช่วยกำจัดเซลล์ที่ตาย และเกิดการสร้างเนื้อเยื่อแกรนูเลชันเพื่อเตรียมการสร้างเนื้อเยื่อใหม่ แต่การหายของแผลที่อวัยวะปริทันต์ มีความแตกต่างจากเนื้อเยื่อบริเวณอื่น พบว่าการหายของอวัยวะปริทันต์ที่สมบูรณ์ คือการเกิดการยึดเกาะของเนื้อเยื่อยึดต่อเข้ากับผิวหนังได้ดังเดิมนั้น จำเป็นจะต้องกีดกันการเจริญในส่วนของเยื่อบุผิวออกไปจากผิวหนัง มิเช่นนั้นแล้วจะเกิดการหายแบบการยึดเกาะด้วยเยื่อบุผิว (long junctional epithelium) คือมีส่วนของเยื่อบุผิวเจริญเติบโตลงมาแทนส่วนที่ควรจะเป็นการยึดเกาะของเนื้อเยื่อยึดต่อ ซึ่งในสภาวะปกติลิ่มเลือดจะเป็นตัวกีดขวางการเจริญของเยื่อบุผิวไว้ การหายของแผลอวัยวะปริทันต์

ต่อมาคือการเจริญเติบโต (maturation) และเกิดการปรับรูป (remodeling) รูปแบบของการหายแบ่งได้เป็น 4 แบบ คือ แบบที่ 1 เนื้อเยื่อยึดต่อจะมองว่าผิวรากฟันที่ผ่านการขูดเกลาคือสิ่งแปลกปลอมและจะทำการเข้ามาห่อหุ้มล้อม (encapsulation) ซึ่งระยะแรกแนวของเส้นใยคอลลาเจนจะมีทิศทางขนานไปกับผิวรากฟัน และมีการเรียงตัวตามแนวตั้ง กระบวนการดังกล่าวจะเรียกว่าการยึดเกาะของคอลลาเจน (collagen adhesion) แบบที่ 2 เชื่อว่าผิวรากฟันที่ผ่านการขูดเกลาคือกระตุ้นให้เกิดการแปรสภาพ (differentiation) ของเซลล์สร้างเคลือบรากฟัน (cementoblast) ทำให้เกิดการสร้างเคลือบรากฟันใหม่และมีการยึดเกาะของเส้นใยคอลลาเจนใหม่ ซึ่งมีการศึกษาพบว่าการหายแบบนี้จะเกิดได้ช้าเนื่องจากจะพบเคลือบรากฟันได้หลังการหายของแผล 3 สัปดาห์ไปแล้ว แบบที่ 3 คือ การเกิดการละลายของผิวรากฟัน อธิบายได้ว่าการเกิดการละลายแร่ธาตุบริเวณผิวรากฟัน เพื่อสร้างพื้นผิวใหม่ที่เหมาะแก่การยึดเกาะของเส้นใยคอลลาเจน อาจเกิดการสร้างเคลือบรากฟัน บริเวณผิวรากที่มีการละลาย กลายเป็นการยึดเกาะใหม่ได้ แบบสุดท้ายคือการเกิดภาวะฟันยึดแข็ง (ankylosis) คือการสร้างเอ็นยึดปริทันต์โดยอาศัยเซลล์ต้นกำเนิดที่จะต้องเดินทางลงมาจากด้านตัวฟัน เกิดขึ้นได้ช้ากว่าเซลล์สร้างกระดูกที่มาจากบริเวณส่วนล่างของบาดแผล⁽⁵¹⁾ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเกิดการหายที่ดีของอวัยวะปริทันต์ จะต้องอาศัยการยึดเกาะของเซลล์เข้ากับผิวรากฟันเป็นสำคัญ การศึกษาในห้องทดลองเกี่ยวกับการปรับสภาพผิวรากฟันให้เหมาะสมกับการหาย จึงมุ่งเน้นไปในการตรวจสอบการยึดเกาะของเซลล์เข้ากับผิวรากฟัน ที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ การใช้สารเคมี รวมถึงการฉายด้วยเลเซอร์ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการหายของแผลหลังการใช้เลเซอร์ ได้แก่ การตรวจสอบการยึดเกาะของส่วนประกอบของเลือด (blood components) เข้ากับผิวรากฟันหลังการฉายด้วยเลเซอร์ Er,Cr:YSGG พบว่าผลการทดลองมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันคือ เมื่อตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จะพบว่า แม้พื้นผิวรากฟันกลุ่มที่ฉายเลเซอร์จะมีความขรุขระกว่าการใช้คิวเรตต์เพียงอย่างเดียว แต่จะพบการยึดเกาะของส่วนประกอบของเลือดได้อย่างไม่แตกต่างกัน^(52, 53) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการยึดเกาะของแบคทีเรียเข้ากับผิวรากฟันที่ได้รับการปรับสภาพด้วยเลเซอร์ Er:YAG ผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการของ Ota-tsuzuki และคณะ พบว่าผิวรากฟันที่ได้รับการฉายเลเซอร์นั้น มีจำนวนแบคทีเรียยึดเกาะน้อยกว่าผิวรากฟันที่ขูดด้วยคิวเรตต์ สอดคล้องกับที่พบว่าความหยาบของผิว เมื่อตรวจสอบด้วยเครื่องวัดความหยาบผิว (Profilometer) ในกลุ่มที่ขูดด้วยคิวเรตต์มีความหยาบมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการฉายเลเซอร์ จึงมีแบคทีเรียยึดเกาะมากกว่า⁽⁵⁴⁾ อย่างไรก็ตามความหยาบของผิวจะมีผลต่อการยึดเกาะของคราบจุลินทรีย์มากกว่าในบริเวณพื้นผิวฟันที่อยู่เหนือเหงือก แต่ในบริเวณที่อยู่ใต้เหงือกกลมนั้นมีความสำคัญน้อยกว่า ทั้งนี้เพราะสภาวะใต้เหงือกเอื้อต่อการยึดเกาะและเจริญของแบคทีเรียได้ดีอยู่

แล้ว⁽⁵⁵⁾ การศึกษาของ Hakki ในปี ค.ศ.2010 ได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ตรวจสอบการยึดเกาะของเซลล์เอ็นอีทีปริทันต์มนุษย์บนผิวรากฟันถอน ที่ผ่านการขูดหินน้ำลายด้วยเลเซอร์ Er,Cr:YSGG เปรียบเทียบกับการขูดด้วยคิเวรต์ พบการยึดเกาะของเซลล์ที่ดีกว่าบนผิวรากฟันที่ใช้เลเซอร์ในการขูดหินน้ำลาย⁽²³⁾

อีกประเด็นหนึ่งที่มีการกล่าวถึงในการใช้เครื่องมือขูดหินน้ำลายและเกลารากฟันเชิงกลคือการเกิดชั้นสเมียร์ พบว่าหลังจากการใช้เครื่องมือในการขูดหินปูนและเกลารากฟันแล้ว ไม่ว่าจะเป็นการใช้คิเวรต์ หรือเครื่องขูดหินน้ำลายอัลตราโซนิคส์ จะพบลักษณะของชั้นสเมียร์ ปกคลุมผิวรากฟันอยู่⁽¹⁸⁾ ชั้นสเมียร์อาจอุดตันท่อเนื้อฟันที่ยังมีเชื้อโรค ซิวพิษภายใน และเคลือบรากฟันที่ติดเชื้อหลงเหลืออยู่ สภาวะดังกล่าวอาจขัดขวางการหายของอวัยวะปริทันต์ และการยึดเกาะใหม่ของเนื้อเยื่อยึดต่อ แนวคิดดังกล่าวเป็นที่มาของความพยายามในการประยุกต์ใช้สารเคมีต่างๆ เพื่อช่วยกำจัดชั้นสเมียร์ และเตรียมผิวรากฟันให้เหมาะแก่การยึดเกาะของเส้นใยคอลลาเจน เพื่อช่วยส่งเสริมการหายของอวัยวะปริทันต์ให้ดีขึ้น มีการทดลองพบว่าผิวรากฟันที่มีการสูญเสียแร่ธาตุ (demineralization) จะกระตุ้นให้เกิดการสร้าง เคลือบรากฟันใหม่ได้ สารเคมีที่เชื่อว่าจะสามารถช่วยในกระบวนการดังกล่าวได้ และมีการศึกษาผลทางคลินิกได้แก่ กรดซิตริก (citric acid) อีดีทีเอ (EDTA) และเตตระไซคลิน (tetracycline) สารดังกล่าวมีผลให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวของเคลือบรากฟัน จึงเกิดการเผยเนื้อฟันของเคลือบรากฟัน (cementum matrix) ที่ช่วยให้เซลล์สร้างเส้นใยเหงือกมีการยึดเกาะที่ดีขึ้น อาจส่งเสริมการสร้างเส้นใยคอลลาเจนใหม่นั้นเอง อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบของ Mariotti ได้สรุปว่าการใช้สารเคมีดังกล่าวไม่ให้ผลดีในการรักษาผู้ป่วยโรคปริทันต์อักเสบ⁽⁵⁶⁾ จากการศึกษาถึงการใส่เลเซอร์ช่วยเตรียมผิวรากฟันในการรักษาโรคปริทันต์อักเสบ รวมถึงใช้ในการขูดหินน้ำลาย พบว่าไม่มีการเกิดชั้นสเมียร์ขึ้น ผิวรากฟันมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพที่ดี ซึ่งช่วยส่งเสริมการยึดเกาะของเซลล์ระหว่างการหายของอวัยวะปริทันต์ได้ดีขึ้น⁽²¹⁾ นับเป็นข้อดีในการใส่เลเซอร์ช่วยการรักษาโรคปริทันต์อักเสบ มีงานวิจัยที่ทำการตรวจสอบพื้นผิวรากฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าหลังการฉายด้วยเลเซอร์ Er,Cr:YSGG สามารถกำจัดชั้นสเมียร์และเคลือบรากฟันที่ติดเชื้อออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ^(57, 58)

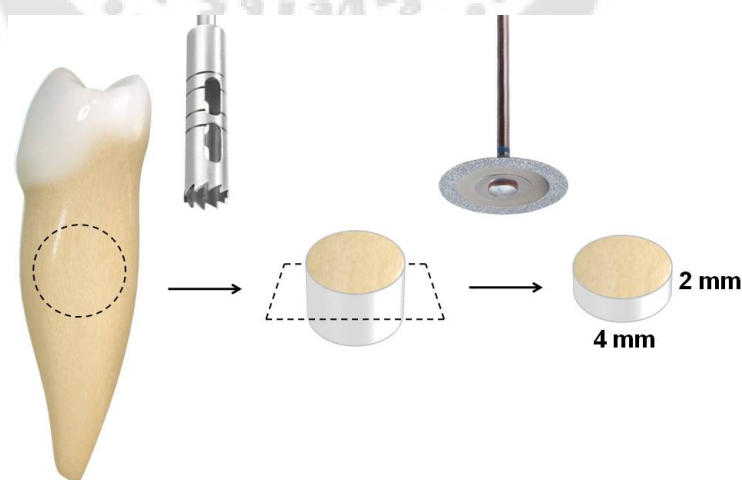
บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย เตรียมจากฟันที่ถูกถอนด้วยสาเหตุจากโรคปริทันต์อักเสบ เพื่อใช้เป็นกลุ่มทดลอง และฟันปกติซึ่งฟันกรามน้อยที่ถูกถอนด้วยเหตุผลทางการจัดฟันเพื่อใช้เป็นกลุ่มควบคุม ฟันดังกล่าวจะต้องไม่มีรอยโรคฟันผุ หรือได้รับการอุด ไม่มีรอยแตก รอยร้าวหรือได้รับการรักษารากฟัน โดยได้รับการยินยอมจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เมื่อได้ฟันแล้วจะนำมาล้างและเก็บไว้ในน้ำเกลือ (normal saline solution) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะถึงเวลาเตรียมผิวรากฟันตัวอย่าง (root specimen) เพื่อใช้ในการทดลอง

การเตรียมผิวรากฟันตัวอย่าง

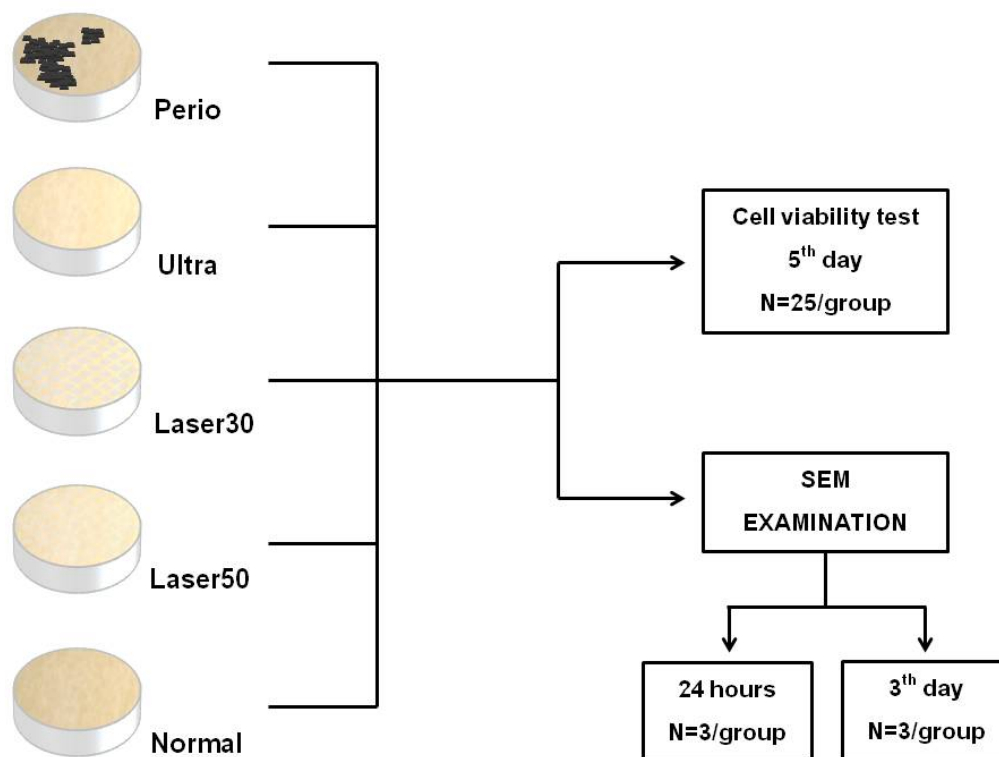
ตัดฟันโดยใช้หัวกรอเทอร์ไฟน์ (trepine bur) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4 มิลลิเมตร ที่ผิวรากฟันด้านใกล้กลาง-ไกลกลางได้รอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน 4 มิลลิเมตร จะได้ชิ้นผิวรากฟันทรงกระบอก 4 มิลลิเมตร จากนั้นจึงใช้หัวกรอจานกากเพชร (diamond disc bur) กรอให้ได้ความสูงของชิ้นตัวอย่างเท่ากับ 2 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 1 แสดงการเตรียมเคลือบรากฟันตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

เตรียมผิวรากฟันตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดลอง แบ่งเป็น 5 กลุ่มดังนี้

1. **Perio** ผิวรากฟันตัวอย่างที่เตรียมจากฟันที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบ
2. **Ultra** ผิวรากฟันตัวอย่างที่เตรียมจากฟันที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบ ได้รับการขูดด้วยเครื่องขูดอัลตราโซนิกส์เพียงอย่างเดียว
3. **Laser30** ผิวรากฟันตัวอย่างที่เตรียมจากฟันที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบ ได้รับการขูดด้วยเครื่องขูดอัลตราโซนิกส์ และฉายเลเซอร์ตั้งค่าพลังงาน 1.5 วัตต์ ลม 20% น้ำ 40% ในการทำงานแบบ H ที่ความถี่ 30 เฮิร์ตซ์
4. **Laser50** ผิวรากฟันตัวอย่างที่เตรียมจากฟันที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบ ได้รับการขูดด้วยเครื่องขูดอัลตราโซนิกส์ และฉายเลเซอร์ตั้งค่าพลังงาน 1.5 วัตต์ ลม 20% น้ำ 40% ในการทำงานแบบ H ที่ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์
5. **Normal** ผิวรากฟันตัวอย่างที่เตรียมจากฟันปกติ



ภาพประกอบ 2 แสดงแผนผังการออกแบบการทดลองในงานวิจัยนี้

รากฟันตัวอย่างแต่ละกลุ่มจะนำมาแบ่งใช้ในการวิจัยเป็น 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพการยึดเกาะของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์มนุษย์ โดยการเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตบนผิวรากฟันตัวอย่างทั้ง 5 กลุ่ม กลุ่มละ 25 ชิ้น รวมเป็น 125 ชิ้น

การทดลองที่ 2 ศึกษาการกระจายตัว และรูปร่างของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์มนุษย์ที่ยึดเกาะบนผิวรากฟันตัวอย่าง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ใช้ผิวรากฟันตัวอย่างทั้ง 5 กลุ่ม ทำการตรวจสอบที่สองช่วงเวลา คือเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง กลุ่มละ 3 ชิ้น และเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน กลุ่มละ 3 ชิ้น รวมทั้งสิ้น 30 ชิ้น

การขูดด้วยเครื่องขูดอัลตราโซนิคส์ชนิดพีโซอิเล็กทริก

ผิวรากฟันตัวอย่างในกลุ่ม Ultra Laser30 และ Laser50 จะได้รับการขูดด้วยเครื่องขูดอัลตราโซนิคส์ ชนิดพีโซอิเล็กทริก (P5 Newtron XS, Satelec, France) ใช้หัวขูดใต้เหงือก H3 ในการกำจัดหินน้ำลาย โดยตั้งค่าความแรงตามที่ระดับ 7-8 ทำการขูดจนผู้วิจัยเห็นว่าทำได้สะอาดปราศจากหินน้ำลายแล้วจากการดูด้วยตาเปล่า

การฉายเลเซอร์ Er,Cr:YSGG

ผิวรากฟันตัวอย่างในกลุ่ม Laser30 และ Laser50 จะได้รับการฉายเลเซอร์ Er,Cr:YSGG ใช้เครื่องเลเซอร์ WaterLase iPlus™ (Waterlase, Biolase, USA) ตั้งค่าการใช้งานเพื่อรักษาโรคปริทันต์อักเสบ คือ 1.5 วัตต์ ลม 20% น้ำ 40% ตั้งค่าการทำงานแบบ H ที่ความถี่ 30 เฮิร์ตซ์ และอีกกลุ่มทดลองตั้งค่าพลังงานเหมือนกัน แต่ใช้ค่าความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ โดยใช้หัวทิวลิปเลเซอร์ชนิดปล่อยลำแสงออกด้านข้าง (RFPT5, radial firing perio tip) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 580 ไมโครเมตร ความยาว 14 มิลลิเมตร ทำการฉายเลเซอร์บนผิวรากฟันของชิ้นตัวอย่าง โดยวางปลายหัวทิวลิปขนานไปกับระนาบผิวของชิ้นตัวอย่าง ในลักษณะที่ไม่มีการสัมผัสกับผิวของชิ้นตัวอย่าง ให้มีระยะห่าง 1 มิลลิเมตร จนทั่วทั้งพื้นผิวของชิ้นตัวอย่างในแนวซ้าย-ขวา และในแนวนบน-ล่าง จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง แต่ละครั้งใช้เวลา 30 วินาที

นำชิ้นตัวอย่างทุกกลุ่มไปทำให้ปลอดเชื้อ โดยแช่ชิ้นตัวอย่างในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ซาลายน์ (phosphate buffer saline : PBS) แล้วนำไปเข้าหม้อนึ่งอัดไอน้ำ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ก่อนนำไปทดลองเลี้ยงกับเซลล์เอ็นยิดปริทันต์มนุษย์

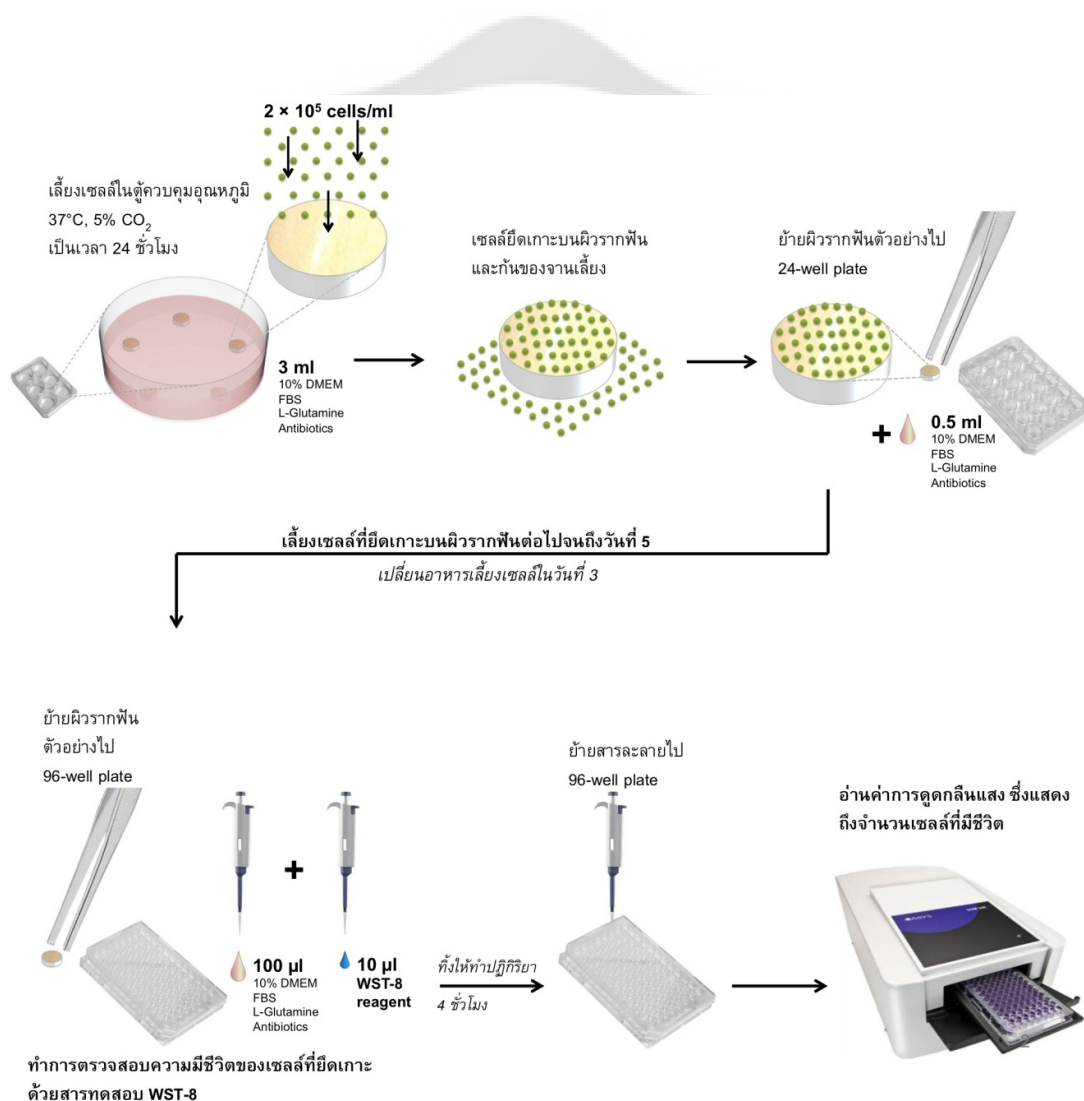
การเตรียมเซลล์เอ็นยิดปริทันต์มนุษย์

เซลล์เอ็นยิดปริทันต์มนุษย์เก็บจากเนื้อเยื่อบริเวณตอนกลางรากฟัน⁽⁵⁹⁾ จากผู้ป่วย วัยหญิง อายุ 16 ปี ซึ่งถอนด้วยเหตุผลของการรักษาทันตกรรมจัดฟัน ทำการเลี้ยงเซลล์ในอาหารเลี้ยงเซลล์ ชนิดดีเอ็มอีเอ็ม (Dulbecco's Modified Eagle Medium : DMEM) ที่เติมซีรัมเอบีเอส ร้อยละ 10 (10% Fetal Bovine Serum : FBS) แอลกลูตามีน (L-Glutamine) และยาปฏิชีวนะ จนเซลล์เจริญเต็มจานเลี้ยง จึงทำการขยายจำนวนเซลล์ โดยการย้ายเซลล์ออกไปเลี้ยงในจานเลี้ยงเซลล์ใหม่ โดยใช้เอนไซม์ทริปซินอีดีทีเอ (trypsin - EDTA) ลอกเซลล์ให้หลุดออกจากจานเลี้ยง และใช้เซลล์ในรุ่นที่ 4 ในการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพการยึดเกาะของเซลล์เอ็นยิดปริทันต์มนุษย์

การศึกษาประสิทธิภาพการยึดเกาะของเซลล์เอ็นยิดปริทันต์มนุษย์บนผิวรากฟันตัวอย่าง ทำโดยการเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตบนผิวรากฟันตัวอย่างแต่ละกลุ่ม โดยดัดแปลงจากวิธีของ Hakki และคณะในปี 2010⁽²³⁾ และ Bolortuya และคณะในปี 2011⁽⁶⁰⁾ มีขั้นตอนดังนี้ ทำการเลี้ยงเซลล์เอ็นยิดปริทันต์มนุษย์ในจานเลี้ยงเซลล์แบบ 6 หลุม (6-well plate) ที่มีผิวรากฟันตัวอย่าง ตัวอย่างอยู่ด้วย ในอาหารเลี้ยงเซลล์ชนิดดีเอ็มอีเอ็มที่เติมซีรัมเอบีเอส ร้อยละ 10 ปริมาณ 3 มิลลิลิตร โดยใช้เซลล์จำนวน 200,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร เลี้ยงในตู้อบควบคุมที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 เพื่อให้เกิดการยึดเกาะของเซลล์บนผิวรากฟันของชิ้นตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงย้ายชิ้นตัวอย่างไปยังจานเลี้ยงเซลล์แบบ 24 หลุม (24-well plate) ทำการเลี้ยงเซลล์ต่อไปโดยเปลี่ยนอาหารเลี้ยงเซลล์ในวันที่ 3 เมื่อถึงวันที่ 5 จะทำการตรวจสอบจำนวนเซลล์ที่เกาะอยู่บนผิวรากฟันตัวอย่าง โดยนำชิ้นตัวอย่างมาล้างด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์ซาลายน์ เพื่อล้างเซลล์ที่ไม่มีการยึดเกาะบนพื้นผิวรากฟันตัวอย่างออกไป ให้เหลือเฉพาะเซลล์ที่มีการยึดเกาะอยู่เท่านั้น ย้ายผิวรากฟันตัวอย่างไปใส่ในจานเลี้ยงเซลล์แบบ 96 หลุม (96-well plate) เติมน้ำอาหารเลี้ยงเซลล์จำนวน 100 ไมโครลิตร เพื่อทำการเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ที่ยังคงมี

ชีวิตอยู่ โดยใส่น้ำยาทดสอบสำเร็จรูป Cell Counting Kit-8 (CKK-8, Dojindo, Japan) ปริมาณ 10 ไมโครลิตร น้ำยาทดสอบประกอบด้วยเกลือเตตระโซเลียมที่ละลายน้ำได้ (water-soluble tetrazolium, WST-8) ที่จะทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส (dehydrogenase) ในเซลล์ที่ยังคงมีชีวิต ทำให้เกิดสีเหลืองของฟอร์มazan (formazan) ขึ้นในสารละลาย ทั้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาในตู้อบควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จึงดูดสารละลายไปใส่ในจานเลี้ยงเซลล์แบบ 96 หลุมจานใหม่ จากนั้นนำไปอ่านค่าการดูดกลืนแสง (optical density : OD) ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์ (microplate reader) ดังภาพประกอบ 3



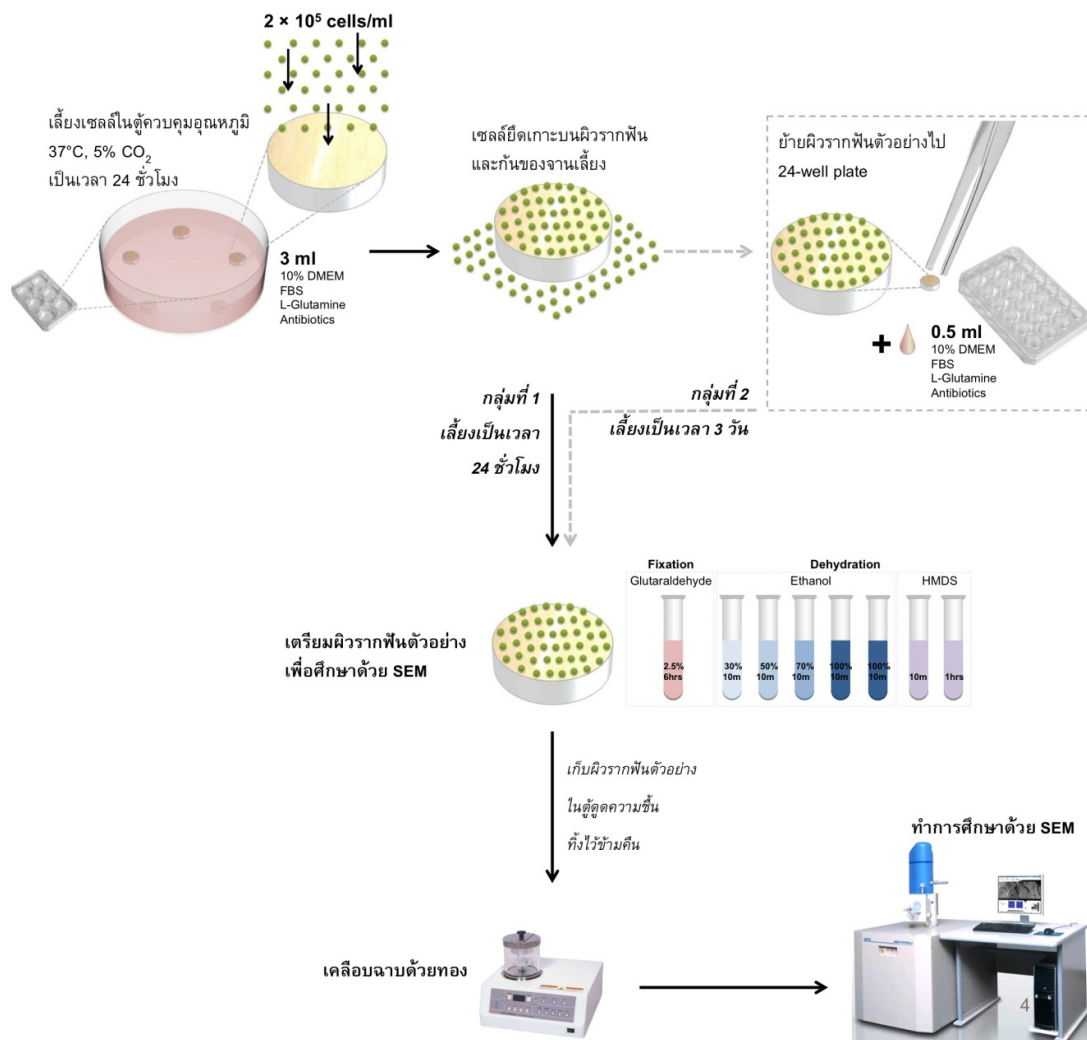
ภาพประกอบ 3 ขั้นตอนการตรวจสอบความมีชีวิตของเซลล์บนผิวรากฟันตัวอย่าง

การศึกษาการกระจายตัว และรูปร่างของเซลล์เอ็นยิดปริทันต์มนุษย์ที่ยึดเกาะบนผิวรากฟันตัวอย่าง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

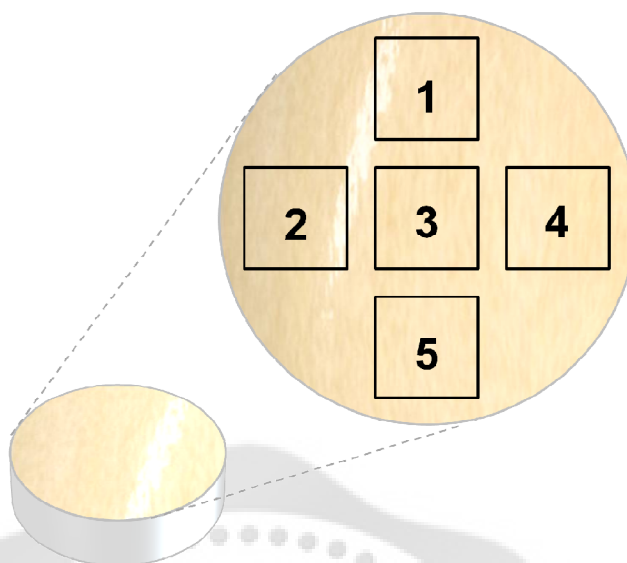
ทำการเลี้ยงเซลล์ให้เกิดการยึดเกาะบนผิวรากฟันตัวอย่างเหมือนกับการทดลองส่วนแรก จากนั้นทำการเตรียมชิ้นตัวอย่าง เพื่อนำไปศึกษารูปร่างของเซลล์เอ็นยิดปริทันต์มนุษย์ที่ยึดเกาะบนผิวรากฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แบ่งเป็นสองช่วงเวลา คือ 24 ชั่วโมง และ 3 วันหลังจากเริ่มเลี้ยงเซลล์บนผิวรากฟัน

การเตรียมผิวรากฟันตัวอย่าง ทำโดยการตรึงเซลล์ (fixation) ด้วยน้ำยาไกลูตาราลดีไฮด์ ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 (gluteraldehyde 2.5%) และฟอสเฟตบัฟเฟอร์ซาลายน์ ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ ค่าพีเอช 7.4 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นเข้าสู่กระบวนการทำให้ชิ้นตัวอย่างแห้ง ทำการดึงน้ำออกจากตัวอย่างโดยใช้เอทานอล (ethanol) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 50 70 และ 100 ตามลำดับ ต่อด้วยสารละลายเฮกซะเมทิลไดซิลาเซน (hexamethyldisilazane, HMDS) แล้วจึงเก็บเข้าตู้ดูดความชื้นทิ้งไว้ข้ามคืน จากนั้นทำการเคลือบฉาบ (sputter coating) ด้วยทอง ก่อนนำไปศึกษารูปร่างและลักษณะการยึดเกาะของเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยายต่างๆ แสดงในภาพประกอบ 4

ในการตรวจสอบการกระจายของเซลล์บนผิวรากฟันตัวอย่าง ใช้กำลังขยาย 23 เท่า ทำให้เห็นผิวรากฟันตัวอย่างทั้งชิ้น ร่วมกับการใช้เทคนิคอิเล็กตรอนแบบกระเจิงกลับ (back scattering) ทำให้เห็นเซลล์ที่ยึดเกาะอยู่บนผิวรากฟันได้ชัดเจนขึ้น ส่วนการศึกษารูปร่างของเซลล์ที่ยึดเกาะอยู่บนผิวรากฟันตัวอย่าง ใช้กำลังขยาย 200 1000 และ 2000 เท่าตามลำดับ ทำการศึกษาใน 5 ตำแหน่งทั่วพื้นผิวรากฟันดังภาพประกอบ 5 สำหรับการเปรียบเทียบความหนาแน่นของเซลล์ (cell density) ทำโดยการนับจำนวนเซลล์ เปรียบเทียบจำนวนเซลล์ต่อพื้นที่ จากทั้ง 5 ตำแหน่งเช่นเดียวกัน



ภาพประกอบ 4 การศึกษาการกระจายตัว และรูปร่างของเซลล์ที่ยึดเกาะบนผิวรากฟันตัวอย่าง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



ภาพประกอบ 5 แสดง 5 ตำแหน่งบนผิวรากฟันที่ทำการศึกษา

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดลองที่ 1 รายงานผลการทดลองเป็นค่าการดูดกลืนแสง ซึ่งแสดงถึงจำนวนเซลล์มีชีวิตที่ยังยึดเกาะอยู่บนผิวรากฟันตัวอย่าง เป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการดูดกลืนแสง วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยใช้สถิติ Kruskal-Wallis และ Dunn's multiple comparisons test

การทดลองที่ 2 การกระจายตัว รูปร่างของ และความหนาแน่นของเซลล์ที่ยึดเกาะบนผิวรากฟันตัวอย่าง อธิบายเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และสถิติเชิงพรรณนา

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในงานวิจัยเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการยิดเกาะของเซลล์เอ็นยิดปริทันต์มนุษย์ บนผิวรากฟันที่ขูดด้วยเครื่องขูดอัลตราโซนิคส์ และฉายเลเซอร์ Er,Cr:YSGG ในครั้งนี้ ประกอบไปด้วย การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพการยิดเกาะของเซลล์เอ็นยิดปริทันต์มนุษย์ โดยการเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตบนผิวรากฟันตัวอย่างแต่ละกลุ่ม

การทดลองที่ 2 ศึกษาการกระจายตัว และรูปร่างของเซลล์เอ็นยิดปริทันต์มนุษย์ที่ยิดเกาะบนผิวรากฟันตัวอย่าง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

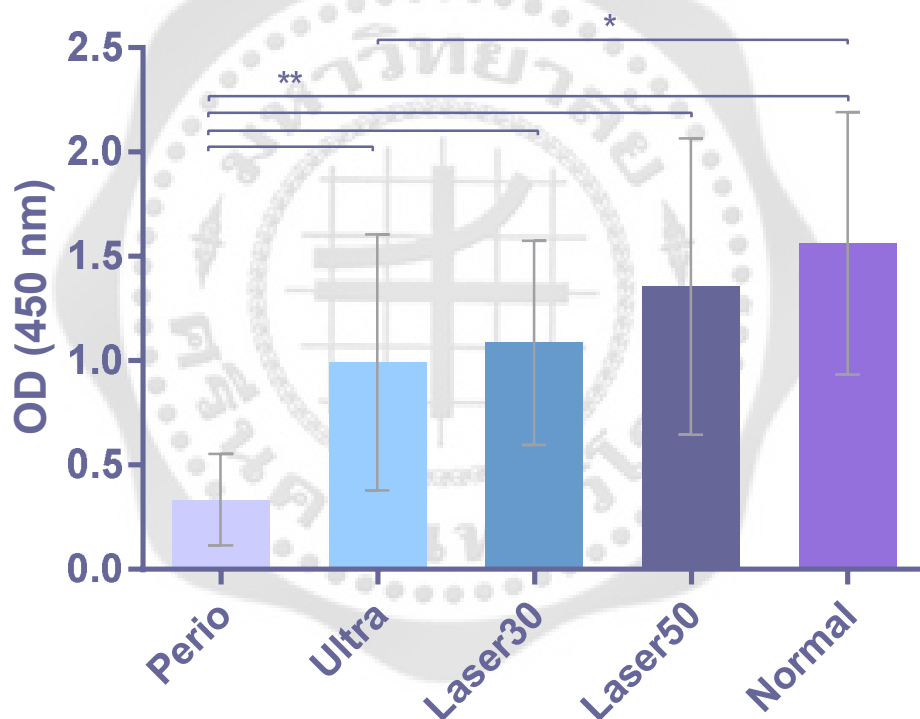
1. การศึกษาประสิทธิภาพการยิดเกาะของเซลล์เอ็นยิดปริทันต์มนุษย์ โดยการเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตบนผิวรากฟันตัวอย่างแต่ละกลุ่ม

ภายหลังการเลี้ยงเซลล์เพื่อให้เกิดการยิดเกาะของเซลล์เอ็นยิดปริทันต์มนุษย์บนผิวรากฟันตัวอย่างทั้ง 5 กลุ่ม ครบ 5 วัน จึงทำการตรวจสอบความมีชีวิตของเซลล์ที่ยิดเกาะ โดยใช้ชุดน้ำยาทดสอบสำเร็จรูป CCK-8 บันทึกค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายซึ่งแสดงถึงจำนวนเซลล์ที่มีชีวิต ผลการตรวจสอบค่าการดูดกลืนแสงในแต่ละกลุ่มผิวรากฟันตัวอย่าง คำนวณเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในตาราง 2 และภาพประกอบ 6

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการดูดกลืนแสงของผิวรากฟันตัวอย่าง

แต่ละกลุ่ม

	Perio (N=25)	Ultra (N=25)	Laser30 (N=25)	Laser50 (N=25)	Normal (N=25)
OD (450 nm)	0.33 ± 0.22	0.99 ± 0.61	1.09 ± 0.49	1.36 ± 0.71	1.56 ± 0.63



ภาพประกอบ 6 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงซึ่งแสดงถึงจำนวนเซลล์ บนผิวรากฟันตัวอย่าง

* ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้สถิติ Dunn's multiple comparisons test ($p < 0.05$)

** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้สถิติ Dunn's multiple comparisons test ($p < 0.01$)

จากภาพประกอบ 4 แสดงให้เห็นว่า ผิวรากฟันตัวอย่างกลุ่มที่ได้รับเลเซอร์มีจำนวนเซลล์ ยึดเกาะมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการขูดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์เพียงอย่างเดียว (Ultra) โดยพบว่าผิวรากฟันตัวอย่างกลุ่ม Laser50 มีจำนวนเซลล์ยึดเกาะมากกว่าทุกกลุ่มที่ได้รับการจำลองการรักษา อย่างไรก็ตามการทดสอบทางสถิติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ พบว่ากลุ่ม Laser50 มีจำนวนเซลล์ยึดเกาะใกล้เคียงกับกลุ่ม Normal โดยพบว่าค่าการดูดกลืนแสงของทั้งสองกลุ่มนั้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับกลุ่ม Ultra พบว่ามีจำนวนเซลล์ยึดเกาะน้อยกว่าทุกกลุ่มที่ได้รับการจำลองการรักษา และพบว่ามีจำนวนเซลล์ยึดเกาะน้อยกว่ากลุ่ม Normal ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมบวกของการทดลองนี้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนกลุ่ม Perio ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมลบของการทดลองนี้ พบว่ามีเซลล์ยึดเกาะน้อยกว่ากลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

2. การศึกษา การกระจายตัว และรูปร่างของเซลล์เอ็นยิดปริทันต์มนุษย์ที่ยึดเกาะบนผิวรากฟันตัวอย่าง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ผลการสังเกตลักษณะของเซลล์บนผิวรากฟันตัวอย่าง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รายงานดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงลักษณะของเซลล์ที่ยึดเกาะบนผิวรากฟันตัวอย่าง

		ลักษณะเซลล์บนผิวรากฟันตัวอย่าง			
		เซลล์กระจาย ทั่วพื้นผิว ^A (N=3)	เซลล์แผ่ขยาย มีการแตกแขนง ไซโทพลาซึม ^B (N=15)	เซลล์หดกลม มีขนาดเล็ก ^C (N=15)	ความหนาแน่นเซลล์ ต่อตารางมิลลิเมตร ^D (N=15)
Perio	24 hrs	33.33	13.33	86.66	$8.11 \pm 3.09 \times 10^4$
	3 Days	0	13.33	73.33	$7.30 \pm 3.42 \times 10^4$
Ultra	24 hrs	66.66	73.33	13.33	$13.50 \pm 5.07 \times 10^4$
	3 Days	66.66	66.66	33.33	$16.98 \pm 2.50 \times 10^4$
Laser30	24 hrs	33.33	53.33	46.66	$9.61 \pm 3.46 \times 10^4$
	3 Days	66.66	86.66	13.33	$13.94 \pm 1.72 \times 10^4$
Laser50	24 hrs	100	93.33	6.66	$15.10 \pm 3.80 \times 10^4$
	3 Days	100	100	0	$20.78 \pm 2.52 \times 10^4$
Normal	24 hrs	100	100	0	$17.26 \pm 3.42 \times 10^4$
	3 Days	100	100	0	$21.85 \pm 4.91 \times 10^4$

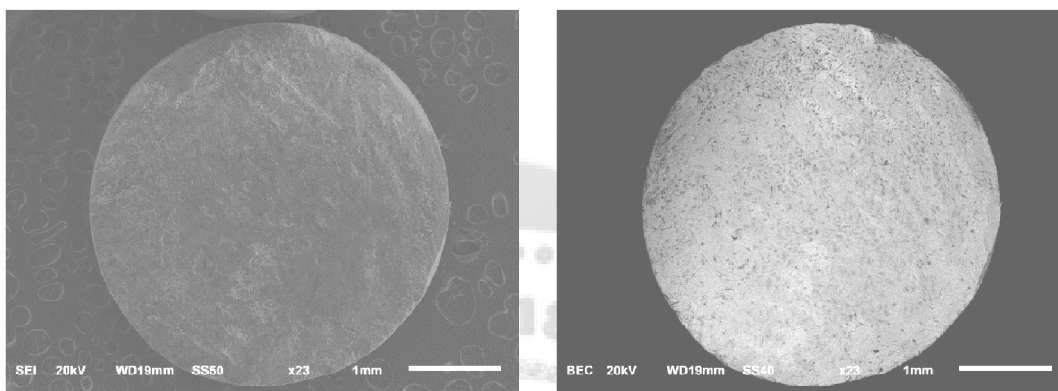
A ค่าร้อยละของจำนวนผิวรากฟันตัวอย่างที่มีเซลล์กระจายทั่วพื้นผิว คำนวณจากจำนวนผิวรากฟันตัวอย่างที่มีเซลล์กระจายทั่วพื้นผิวต่อจำนวนผิวรากฟันตัวอย่างทั้งหมด กลุ่มละ 3 ชิ้น

B ค่าร้อยละของจำนวนตำแหน่งบนผิวรากฟันตัวอย่างที่พบลักษณะเซลล์ที่มีการแผ่ขยายของไซโทพลาซึม และมีการแตกแขนงเพื่อยึดเกาะกับผิวรากฟัน จาก 5 ตำแหน่งบนผิวรากฟันตัวอย่างแต่ละชิ้น แต่ละกลุ่มมี 3 ชิ้น คิดเป็น 15 ตำแหน่ง

C ร้อยละของจำนวนตำแหน่งบนผิวรากฟันตัวอย่างที่พบเซลล์ขนาดเล็ก หดกลม จาก 5 ตำแหน่งบนผิวรากฟันตัวอย่างแต่ละชิ้น แต่ละกลุ่มมี 3 ชิ้น คิดเป็น 15 ตำแหน่ง

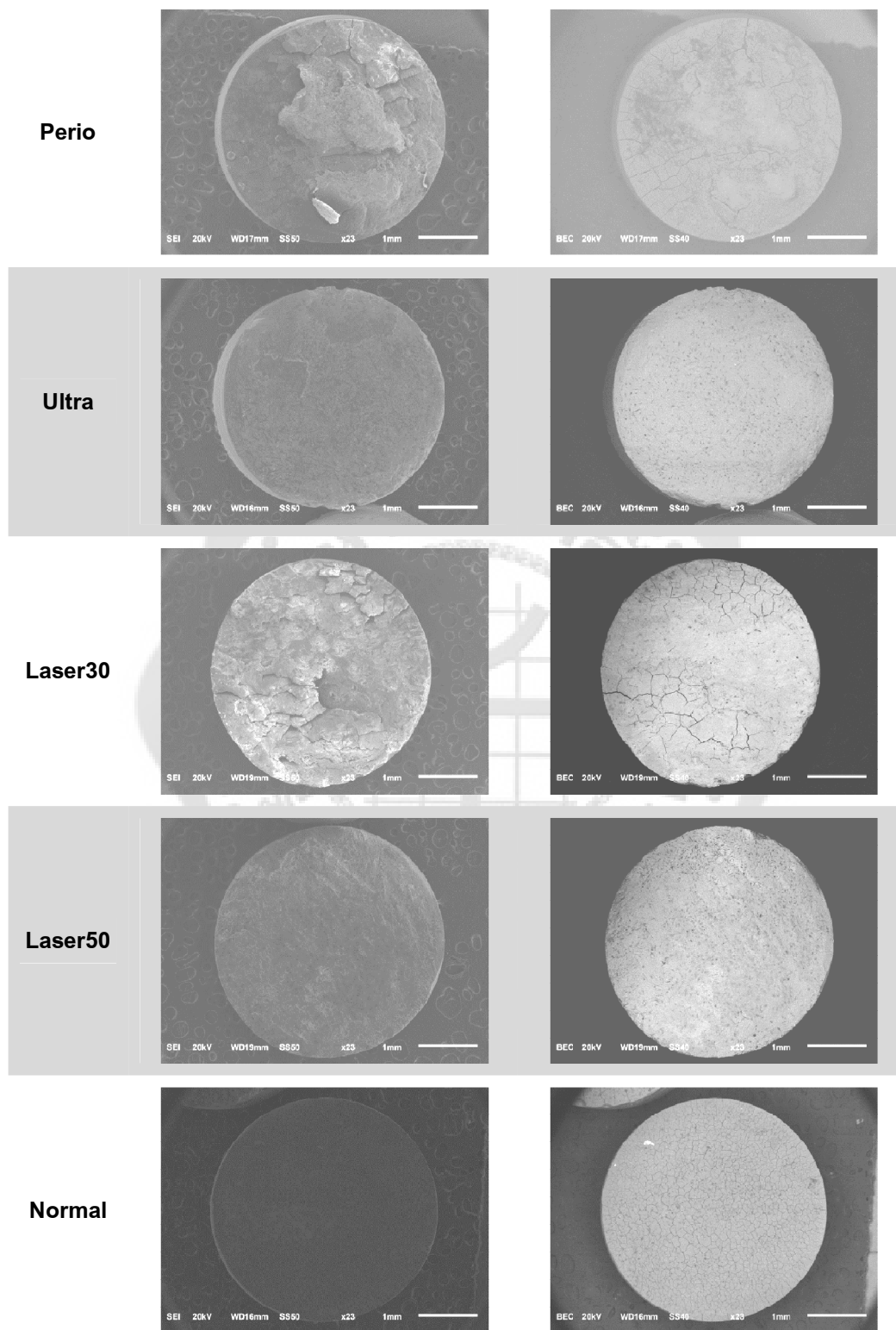
D ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนเซลล์ต่อพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตร คำนวณจากค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ต่อพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตรโดยการนับเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จาก 5 ตำแหน่งทั่วผิวรากฟันตัวอย่าง

จากการตรวจสอบโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 23 เท่า โดยใช้เทคนิคอิเล็กตรอนแบบกระเจิงกลับ แสดงให้เห็นเซลล์เอ็นอีทีปริทันต์มนุษย์ที่กระจายตัวอยู่บนผิวรากฟันตัวอย่าง ดังภาพประกอบ 7

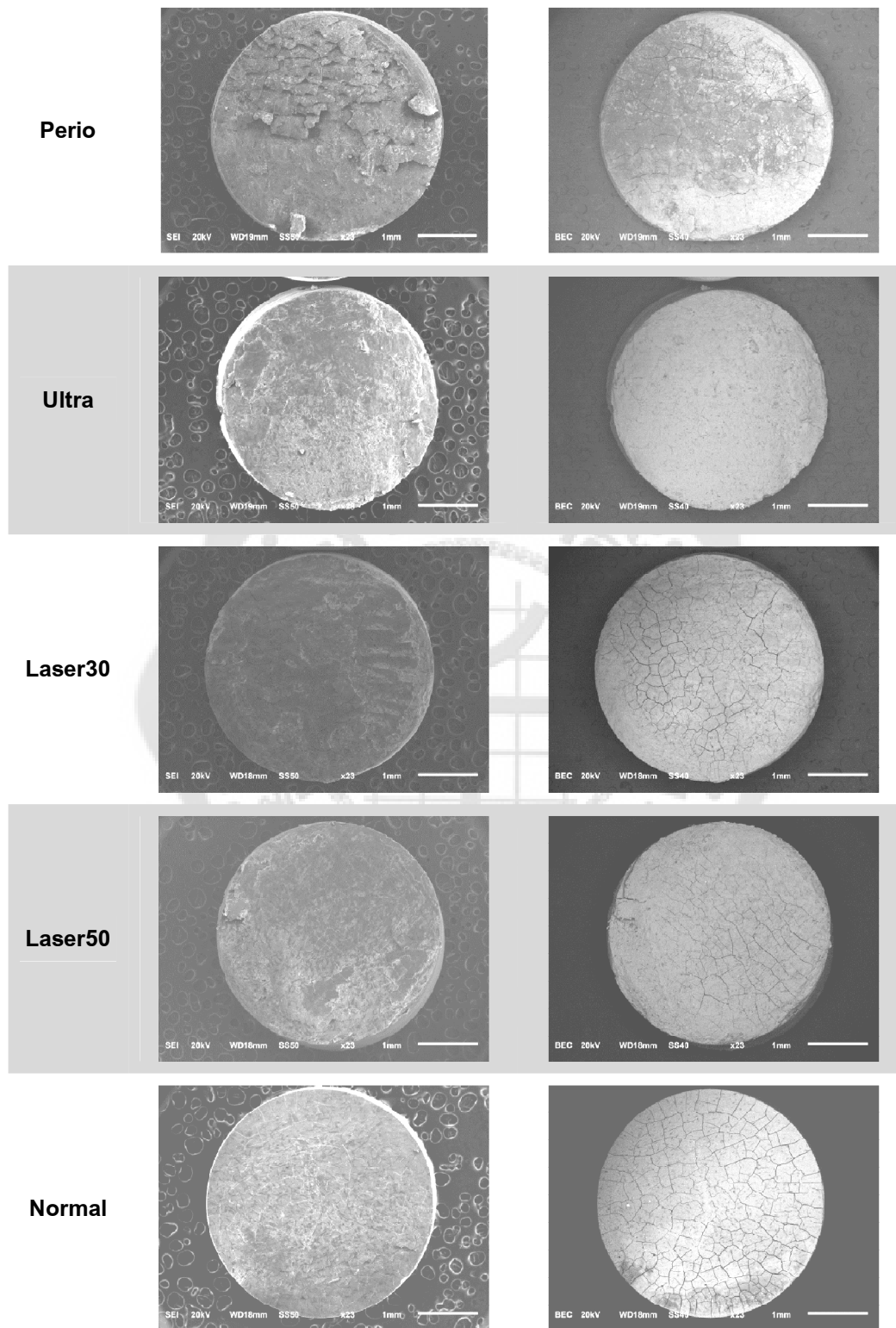


ภาพประกอบ 7 แสดงผิวรากฟันตัวอย่างกลุ่ม Laser50 ที่ถ่ายโดยเทคนิคปกติ (ซ้าย) เปรียบเทียบกับใช้เทคนิคอิเล็กตรอนแบบกระเจิงกลับ (ขวา) ทำให้เห็นเซลล์เอ็นอีทีปริทันต์มนุษย์ มีลักษณะคล้ายจุดสีดำขนาดเล็กจำนวนมาก ยึดเกาะอยู่บนผิวรากฟันอย่างหนาแน่น

การเปรียบเทียบการกระจายตัวของเซลล์บนผิวรากฟันตัวอย่าง ทั้งสองช่วงเวลาที่ทำการตรวจสอบแสดงในภาพประกอบ 8 และ 9 พบว่ากลุ่ม Laser50 ทุกชั้นมีเซลล์ยึดเกาะกระจายทั่วพื้นผิว เช่นเดียวกับกลุ่ม Normal ทั้งที่เวลา 24 ชั่วโมง และเวลา 3 วัน แตกต่างจากกลุ่ม Ultra ซึ่งพบว่าผิวรากฟันตัวอย่างจำนวน 2 ใน 3 ชั้น คิดเป็นร้อยละ 66.66 ที่มีเซลล์กระจายทั่วพื้นผิวในทั้งสองช่วงเวลา ส่วนกลุ่ม Laser30 ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบตัวอย่างผิวรากฟันเพียงชั้นเดียว คิดเป็นร้อยละ 33.33 ที่มีเซลล์กระจายทั่วพื้นผิว อย่างไรก็ตามที่เวลา 3 วันพบผิวรากฟันที่เซลล์กระจายทั่วพื้นผิวเพิ่มขึ้นเป็น 2 ใน 3 ชั้น คิดเป็นร้อยละ 66 ส่วนกลุ่ม Perio ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่ามีเพียง 1 ใน 3 ชั้นที่มีเซลล์กระจายทั่วพื้นผิว และที่เวลา 3 วัน พบว่าไม่มีชั้นใดที่มีเซลล์กระจายทั่วพื้นผิวเลย

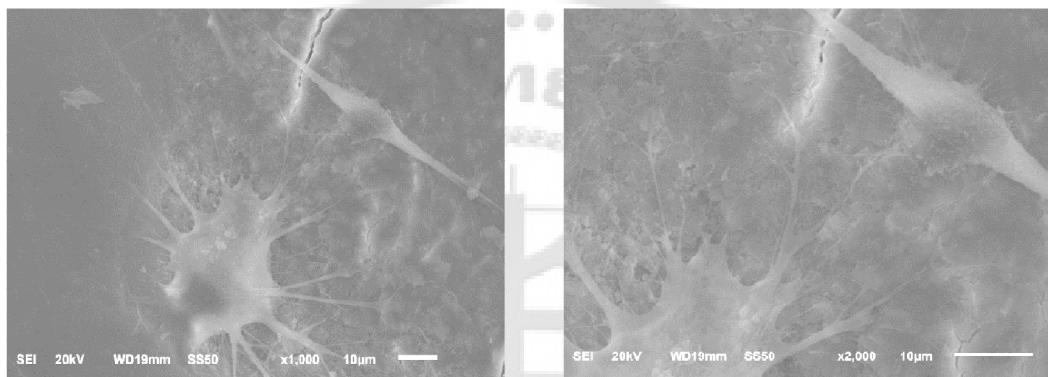


ภาพประกอบ 8 เปรียบเทียบการกระจายตัวของเซลล์บนผิวรากฟันแต่ละกลุ่มที่เวลา 24 ชั่วโมง
 ถ่ายโดยใช้เทคนิคอิเล็กตรอนแบบกระเจิงกลับ (ขวา) เปรียบเทียบกับเทคนิคปกติ (ซ้าย)

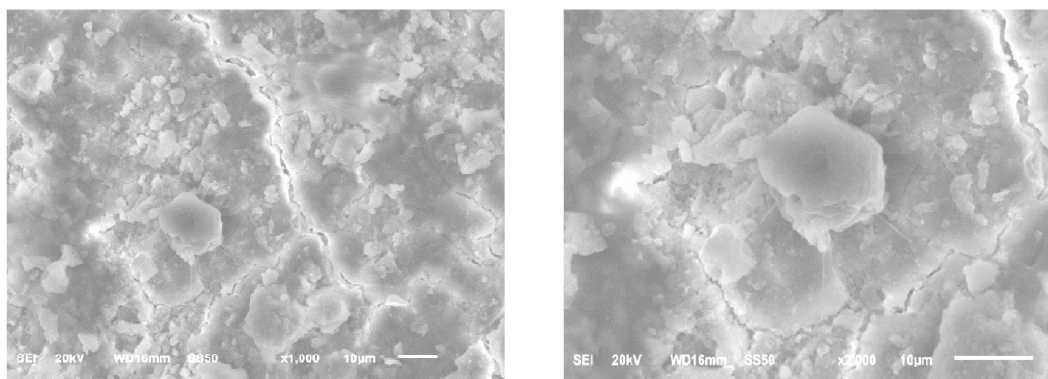


ภาพประกอบ 9 เปรียบเทียบการกระจายตัวของเซลล์บนผิวรากฟันแต่ละกลุ่มที่เวลา 3 วัน ถ่ายโดยใช้เทคนิคอิเล็กตรอนแบบกระเจิงกลับ (ขวา) เปรียบเทียบกับเทคนิคปกติ (ซ้าย)

การศึกษาลักษณะรูปร่างของเซลล์ ทำโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 200 1000 และ 2000 เท่า จากการสังเกตเซลล์ในแต่ละบริเวณ สามารถแบ่งรูปร่างของเซลล์ได้เป็นสองกลุ่มใหญ่ คือกลุ่มที่มีการแผ่ขยายของไซโทพลาซึมเป็นรูปหลายเหลี่ยม (polygonal) มีรูปหลายแฉกคล้ายดาว (stellate) และเป็นรูปกระสวย (spindle) เซลล์ในกลุ่มนี้ เมื่อทำการตรวจสอบที่กำลังขยาย 1000 และ 2000 พบว่ามีการแตกแขนงย่อยจำนวนมากไปยึดอยู่กับผิวรากฟัน ดังภาพประกอบ 10 ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งนั้นพบว่ามีไซโทพลาซึม ขนาดเล็ก มีลักษณะหดกลม ไม่พบการแผ่ขยายไปตามพื้นผิวรากฟันตัวอย่าง ดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 10 จากผิวรากฟันตัวอย่างกลุ่ม Normal แสดงให้เห็นเซลล์ที่มีแผ่ขยายของไซโทพลาซึมเป็นรูปหลายเหลี่ยม (polygonal) มีรูปหลายแฉกคล้ายดาว (stellate) และเป็นรูปกระสวย (spindle) ที่กำลังขยาย 1000 เท่า (ซ้าย) และ 2000 เท่า (ขวา) แสดงให้เห็นการแตกแขนงของไซโทพลาซึมเพื่อยึดเกาะผิวรากฟันจำนวนมาก



ภาพประกอบ 11 จากผิวรากฟันตัวอย่างกลุ่ม Perio แสดงให้เห็นเซลล์ที่มีไซโทพลาซึมขนาดเล็ก หดกลม ที่กำลังขยาย 1000 เท่า (ซ้าย) และ 2000 เท่า (ขวา)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผิวรากฟันตัวอย่างสามกลุ่มที่ได้รับการจำลองการรักษา พบว่า กลุ่ม Laser50 มีตำแหน่งที่พบเซลล์ที่ไซโทพลาซึมแผ่ขยายและมีการแตกแขนงได้ถึงร้อยละ 93.33 ที่เวลา 24 ชั่วโมง โดยพบตำแหน่งที่มีเซลล์หดกลมได้บางตำแหน่ง คิดเป็นร้อยละ 6.66 และที่เวลา 3 วัน พบว่าทุกตำแหน่งพบเซลล์ที่มีการแตกแขนง โดยไม่พบตำแหน่งใดเลยที่เซลล์มีรูปร่างหดกลม

กลุ่มที่พบเซลล์ที่มีการแตกแขนงรองลงมาได้แก่ กลุ่ม Ultra พบว่าที่เวลา 24 ชั่วโมง มีตำแหน่งที่พบคิดเป็นร้อยละ 73.33 โดยพบตำแหน่งที่มีเซลล์หดกลมคิดเป็นร้อยละ 13.33 อย่างไรก็ตามที่เวลา 3 วัน ตำแหน่งที่มีเซลล์แตกแขนงลดลงเป็นร้อยละ 66.66 และเซลล์ที่หดกลมเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 33.33

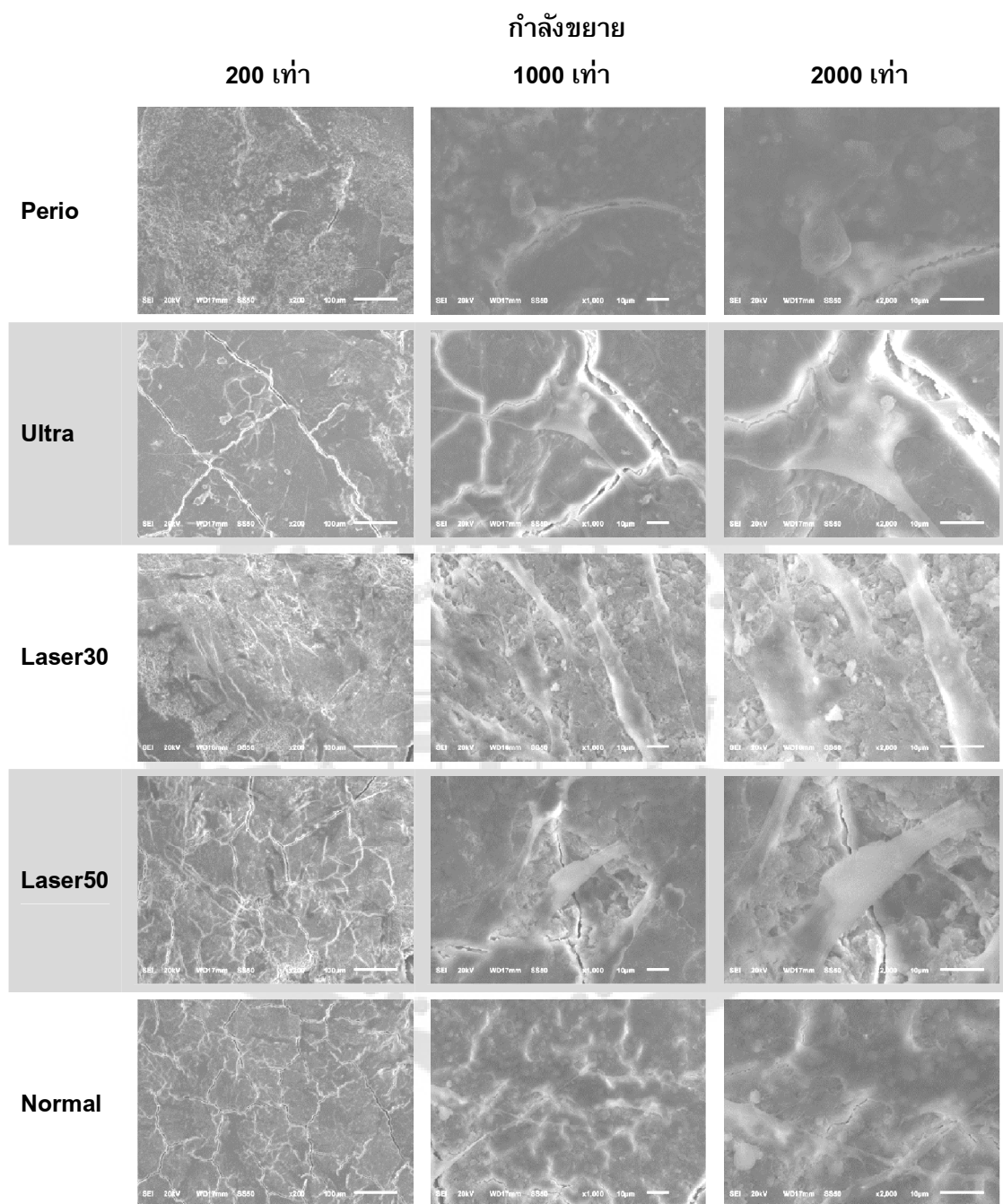
สำหรับกลุ่ม Laser30 เป็นกลุ่มที่พบตำแหน่งที่มีเซลล์แตกแขนงได้น้อยที่สุดจากทั้ง 3 กลุ่มที่ได้รับการจำลองการรักษา ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบเพียงร้อยละ 53.33 และพบตำแหน่งที่มีเซลล์หดกลมได้ร้อยละ 46.66 และที่เวลา 3 วัน พบตำแหน่งที่มีเซลล์แตกแขนงเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 86.66 และตำแหน่งที่มีเซลล์หดกลมลดลงเหลือร้อยละ 13.33

ส่วนกลุ่ม Perio ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมของการทดลองนี้พบตำแหน่งที่เซลล์มีการแตกแขนงของไซโทพลาซึมได้เพียงร้อยละ 13.33 ในทั้งสองช่วงเวลา ส่วนตำแหน่งที่พบเซลล์หดกลม ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบได้ถึงร้อยละ 86.66 และลดลงเหลือ 73.33 ที่เวลา 3 วัน ในทางตรงกันข้ามกลุ่ม

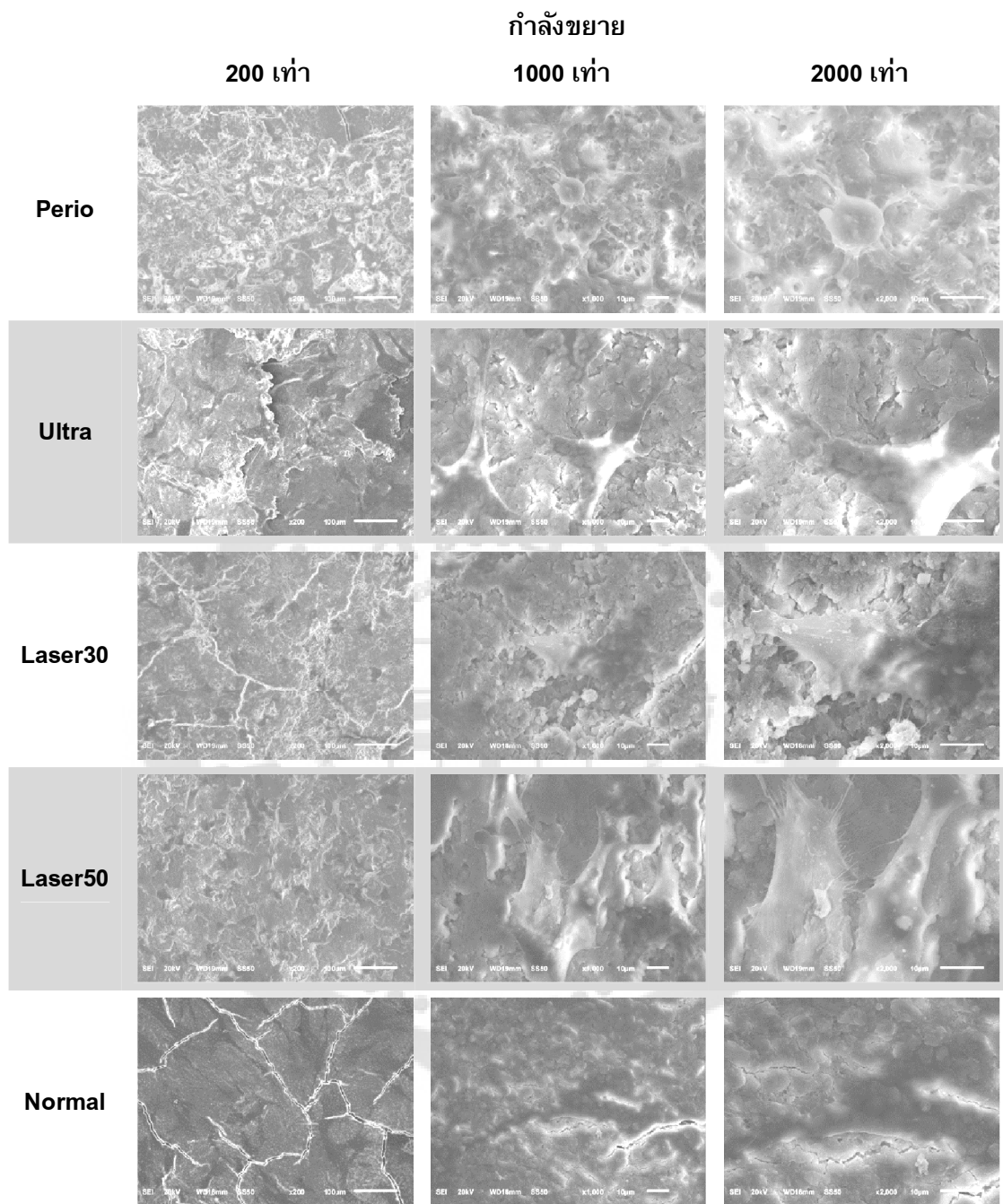
Normal ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมบวกของการทดลอง พบตำแหน่งที่มีเซลล์แตกแขนงในทุกตำแหน่ง ทั้งสองช่วงเวลา โดยที่ไม่พบตำแหน่งที่เซลล์มีลักษณะหดกลมเลย

ลักษณะเซลล์ที่ยึดเกาะบนผิวรากฟันตัวอย่างเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มแสดง ที่กำลังขยาย 1000 และ 2000 เท่าแสดงดังภาพประกอบ 12 และ 13 ตามลำดับ



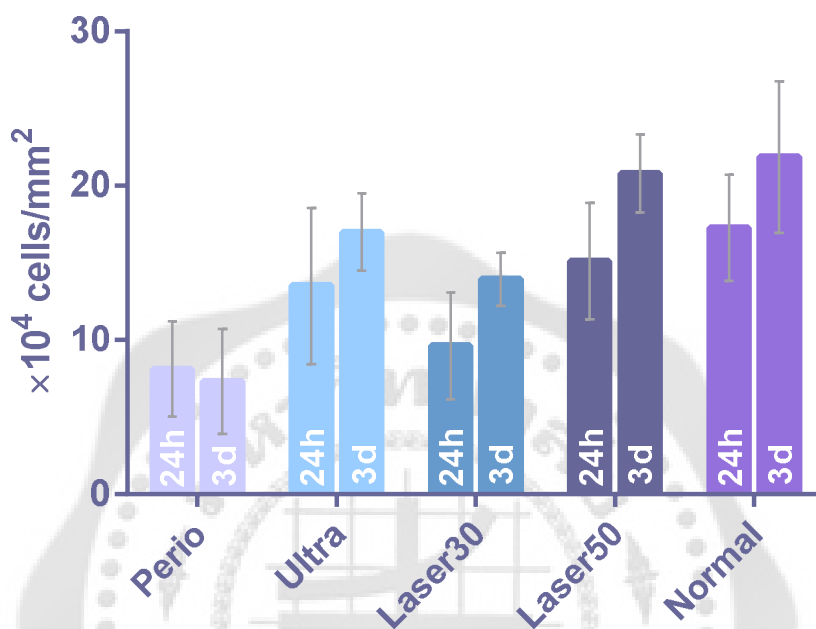


ภาพประกอบ 12 แสดงรูปร่างไซโทพลาซึมของเซลล์ที่เวลา 24 ชั่วโมงเปรียบเทียบในแต่ละกลุ่ม โดยใช้กำลังขยาย 200 (ซ้าย) 1000 (กลาง) และ 2000 เท่า (ขวา) พบเห็นการแตกแขนงของไซโทพลาซึมใน กลุ่มที่ได้รับการจำลองการรักษา มีลักษณะการแตกแขนงเพื่อยึดเกาะกับผิวรากฟันได้อย่างชัดเจน แตกต่างจากกลุ่ม Perio ซึ่งพบลักษณะไซโทพลาซึมที่หดกลมและมีขนาดเล็ก



ภาพประกอบ 13 แสดงรูปร่างไซโทพลาซึมของเซลล์ที่เวลา 3 วันเปรียบเทียบในแต่ละกลุ่ม โดยใช้กำลังขยาย 200 (ซ้าย) 1000 (กลาง) และ 2000 เท่า (ขวา) พบเห็นลักษณะของเซลล์แต่ละกลุ่มคล้ายกับที่เวลา 24 ชั่วโมง แต่พบขนาดเซลล์ใหญ่ขึ้น และมีจำนวนเซลล์หนาแน่นขึ้น

เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของเซลล์ต่อพื้นที่จากตาราง 3 สามารถนำค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมาเปรียบเทียบได้ดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 แผนภูมิเปรียบเทียบความหนาแน่นเซลล์เป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนเซลล์ต่อตารางมิลลิเมตร ที่เวลา 24 ชั่วโมง (24h) และที่เวลา 3 วัน (3d) คำนวณจากค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ต่อพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตรโดยการนับเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จาก 5 ตำแหน่งทั่วผิวรากฟันตัวอย่าง

แสดงให้เห็นว่าผิวรากฟันตัวอย่างทุกกลุ่มมีแนวโน้มความหนาแน่นเซลล์เพิ่มขึ้นที่เวลา 3 วัน ยกเว้นกลุ่ม Perio ที่มีความหนาแน่นเซลล์ลดลงจากเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับทั้งสามกลุ่มที่ได้รับการจำลองการรักษา มีแนวโน้มความหนาแน่นเซลล์มากกว่ากลุ่ม Perio ในทั้งสองช่วงเวลา

กลุ่ม Laser50 มีแนวโน้มความหนาแน่นเซลล์มากที่สุดในกลุ่มที่ได้รับการจำลองการรักษา รองลงมาคือกลุ่ม Ultra และตามด้วยกลุ่ม Laser30 สำหรับกลุ่ม Normal ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมพบว่ามีแนวโน้มความหนาแน่นเซลล์สูงที่สุดในการทดลอง ในทางตรงกันข้าม กลุ่ม Perio ซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมลบของการทดลอง พบว่ามีแนวโน้มความหนาแน่นเซลล์ต่ำสุดในการทดลอง

สรุปลักษณะของเซลล์ที่พบบนผิวรากฟันตัวอย่างแต่ละกลุ่มได้ตามตาราง 4

ตาราง 4 แสดงลักษณะเซลล์ที่ยึดเกาะบนผิวรากฟันตัวอย่างแต่ละกลุ่มโดยสรุป

กลุ่ม	ลักษณะเซลล์ที่ยึดเกาะบนผิวรากฟันตัวอย่าง
Perio	เซลล์หดรทกลม ขนาดเล็ก กระจายตัวอยู่อย่างห่างๆ ทั่วผิวหน้า จำนวนเซลล์หนาแน่นต่ำ
Ultra	เซลล์รูปร่างหลายเหลี่ยม ขนาดปานกลาง กระจายบนพื้นที่ส่วนมากของผิวหน้า จำนวนเซลล์หนาแน่นปานกลาง
Laser30	เซลล์รูปร่างหลายเหลี่ยม ขนาดค่อนข้างใหญ่ กระจายอยู่ในบางบริเวณของ ผิวหน้า จำนวนเซลล์หนาแน่นค่อนข้างต่ำ
Laser50	เซลล์รูปร่างหลายเหลี่ยม มีขนาดใหญ่ พบการแตกแขนงไซโทพลาซึมอย่าง ชัดเจน กระจายอยู่ทั่วผิวหน้า จำนวนเซลล์หนาแน่นสูง
Normal	เซลล์รูปร่างหลายเหลี่ยมแผ่ขยาย มีขนาดใหญ่ พบการแตกแขนงไซโทพลาซึม อย่างชัดเจน กระจายอยู่ทั่วผิวหน้า จำนวนเซลล์หนาแน่นสูง

บทที่ 5

อภิปรายผลและบทสรุป

การใช้เลเซอร์ทางการรักษาทางทันตกรรมมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ได้มีการนำเลเซอร์ Er,Cr:YSGG ใช้ในการรักษาโรคปริทันต์อักเสบ ด้วยมีความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการใช้งานกับทั้งเนื้อเยื่อแข็งและเนื้อเยื่ออ่อน จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้งานกับอวัยวะปริทันต์ งานวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการยึดเกาะของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์มนุษย์ กับผิวหน้าของเคลือบรากฟันตัวอย่างที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบ โดยจำลองการรักษาด้วยการชุบน้ำลายด้วยเครื่องชุดอัลตราโซนิกส์ แล้วตามด้วยการฉายเลเซอร์ Er,Cr:YSGG

ในอดีต มีหลายงานวิจัยที่พยายามศึกษาถึงการปรับสภาพผิวรากฟันที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบ ให้มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ เพื่อต่อการยึดเกาะของเซลล์ เนื่องจากห้วงผลให้อวัยวะปริทันต์กลับมายึดเกาะกับผิวรากฟัน และเกิดการหายที่ดีขึ้น การศึกษาในยุคแรก มีการนำสารเคมีต่าง ๆ มาใช้ เพื่อปรับสภาพผิวรากฟัน ไม่ว่าจะเป็น เพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนจากแบคทีเรีย กำจัดชั้นสเมียร์อันเกิดจากการใช้เครื่องมือชุดเกลารากฟัน รวมถึงเพื่อทำให้เกิดการเผยเนื้อพื้นของเคลือบรากฟัน สารเคมีดังกล่าวได้แก่ กรดซिटริก อีทีทีเอ และเตตระโซคลิน ถึงแม้ว่าการศึกษาในช่วงต่อมาจะชี้ให้เห็นว่าสารเคมีดังกล่าว มิได้ให้ผลดีในการรักษาโรคปริทันต์อักเสบเท่าไรนัก⁽⁵⁶⁾ แต่ก็แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการปรับสภาพพื้นผิวรากฟันให้เหมาะสมกับการยึดเกาะของเซลล์

มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับสภาพผิวรากฟันด้วยเลเซอร์ ส่วนใหญ่เป็นเลเซอร์ในกลุ่มเออร์เบียม ได้แก่ Er:YAG พบว่าสามารถปรับผิวรากฟันให้มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ เหมาะสมกับการยึดเกาะของเซลล์โดยไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อเคลือบรากฟันจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ในปี ค.ศ. 2002 Schoop และคณะ⁽⁶¹⁾ ทำการทดลองการยึดเกาะของเซลล์ไฟโบรบลาสต์จากหนู บนผิวรากฟันที่ได้รับเลเซอร์ Er:YAG เปรียบเทียบจำนวนเซลล์ที่ยึดเกาะ และความหนาแน่นกับกลุ่มควบคุม พบว่าไม่แตกต่างกัน แต่จากการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบเซลล์มีลักษณะเป็นรูปกระสวย อันแสดงถึงการยึดเกาะที่ดีกว่าในกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับเลเซอร์ต่อมาในปี 2003 Schwarz และคณะ⁽⁶²⁾ ทำการสังเกตการยึดเกาะของเซลล์ไฟโบรบลาสต์จากเอ็นยึดปริทันต์มนุษย์ เปรียบเทียบในกลุ่มตัวอย่างรากฟันที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบ พบว่า กลุ่มที่ได้รับเลเซอร์ Er:YAG ที่พลังงาน 160 มิลลิจูล/พัลส์ ที่ความถี่ 10 เฮิร์ตซ์ มีจำนวนเซลล์ยึดเกาะมากกว่า

กลุ่มที่ขูดด้วยเครื่องขูดอัลตราโซนิกส์ และกลุ่มที่ขูดด้วยคิเวเรตต์ ผลการทดลองเป็นไปในทางเดียวกันกับงานวิจัยของ Feist และคณะ⁽⁶³⁾ ที่เผยแพร่ในปีเดียวกันนั่นเอง ซึ่งพบว่าเซลล์ไฟโบร-บลาสต์ของเหงือก มีการยึดเกาะและเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในกลุ่มที่ได้รับเลเซอร์ Er:YAG หลังจากการขูดหินน้ำลายและเกลารากฟัน ที่พลังงาน 60 มิลลิจูล/พัลส์ ความถี่ 10 เฮิร์ตซ์ มากกว่ากลุ่มที่ใช้พลังงาน 100 มิลลิจูล/พัลส์ ความถี่ 10 เฮิร์ตซ์ ต่อมาในปี 2006 Crespi และคณะ⁽⁶⁴⁾ ทำการทดลองคล้ายกัน โดยใช้เลเซอร์ Er:YAG ที่ค่าพลังงานสูงกว่า เป็น 160 มิลลิจูล/พัลส์ ที่ความถี่ 10 เฮิร์ตซ์ ได้ผลทำนองเดียวกัน ข้อสังเกตคือทั้งสองงานวิจัยนี้ ใช้มุมในการวางหัวเลเซอร์ที่ปแตกต่างกันกล่าวคือ การทดลองของ Feist และคณะ ใช้มุม 45 องศา แต่ Crespi และคณะ วางหัวเลเซอร์ที่ปทำมุม 20 องศากับผิวหน้าของชิ้นตัวอย่าง ซึ่งการใช้มน้อยน่าจะมีความใกล้เคียงกับการใช้งานจริงในร่องลึกปริทันต์มากกว่า จากการศึกษาของ อรุณและรัตน⁽⁶⁵⁾ ในปี 2007 สรุปว่าเลเซอร์ Er:YAG ทำให้เกิดรอยขรุขระในระดับจุลภาค (microroughness) โดยเมื่อใช้พลังงานในระดับต่ำ (30 มิลลิจูล/พัลส์ 10 เฮิร์ตซ์) จะทำให้เกิดผิวรากฟันที่มีความขรุขระเป็นลักษณะเดียวกัน (homogeneous roughness) และมีการยึดเกาะของเซลล์ไฟโบรบลาสต์เหงือกที่ดีได้จากการสังเกตรูปร่างของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้ค่าพลังงานที่แตกต่างกัน รวมถึงมุมในการตกกระทบของลำแสงเลเซอร์ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อลักษณะของผิวรากฟันที่เอื้อต่อการยึดเกาะของเซลล์

สำหรับเลเซอร์ Er,Cr:YSGG เป็นเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น 2,780 นาโนเมตร ใกล้เคียงกับ Er:YAG (2,940 นาโนเมตร) ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน มีงานวิจัยทางคลินิกที่แสดงถึงผลดีในการรักษาโรคปริทันต์มากขึ้นในปัจจุบัน แต่ยังคงมีงานวิจัยที่ศึกษาถึงการยึดเกาะของเซลล์บนผิวรากฟันที่ได้รับเลเซอร์ชนิดนี้ไม่มาก ซึ่งผลการทดลองทางห้องปฏิบัติการจะทำให้ทราบถึงการตอบสนองโดยตรงของเซลล์ ต่อพื้นผิวที่ได้รับเลเซอร์โดยไม่มีปัจจัยอื่นๆของในระบบร่างกายมาเกี่ยวข้อง อีกทั้งจากข้อมูลที่มีในปัจจุบัน ในแง่ของการตั้งค่าพลังงานเพื่อใช้งานนั้น มักจะมาจากประสบการณ์ของผู้ใช้งาน มากกว่าผลการทดลองจากงานวิจัย จึงเป็นเหตุผลอีกประการหนึ่งของงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อศึกษาการใช้พลังงานเลเซอร์ที่เหมาะสมกับการปรับสภาพเคลือบรากฟันให้เอื้อต่อการยึดเกาะของเซลล์

ผลจากการใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG ในงานวิจัยนี้ พบว่าช่วยให้เกิดการยึดเกาะของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์มนุษย์กับผิวเคลือบรากฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทดลองตอนที่ 1 ซึ่งทำการตรวจสอบความมีชีวิตของเซลล์ที่ยึดเกาะอยู่บนผิวหน้าของชิ้นตัวอย่างเคลือบรากฟัน เมื่อเวลาผ่าน

ไป 5 วัน พบว่ากลุ่มที่ได้รับการฉายเลเซอร์ Er,Cr:YSGG ที่พลังงาน 1.5 วัตต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ น้ำ 40% ลม 20% ตั้งค่าการทำงานแบบ H มีค่าการดูดกลืนแสงซึ่งแสดงถึงจำนวนเซลล์ที่ยึดเกาะอยู่บนผิวเคลือบรากฟัน มากกว่ากลุ่มที่ใช้ความถี่ 30 เฮิร์ตซ์ และกลุ่มที่ได้รับการชุดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์เพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามการทดสอบทางสถิติระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจำลองการรักษา นั้นไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่การที่พบว่ากลุ่มที่ได้รับการชุดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์เพียงอย่างเดียวมีจำนวนเซลล์แตกต่างจากกลุ่มฟันปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับเลเซอร์เลเซอร์มีจำนวนเซลล์ที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากกลุ่มฟันปกติ อาจทำให้สรุปได้ว่าการใช้เลเซอร์ทำให้เกิดการยึดเกาะของเซลล์ที่มากกว่า ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hakki ในปี 2010⁽²³⁾ ซึ่งพบค่าการดูดกลืนแสงที่มากกว่าในกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการฉายด้วยเลเซอร์ Er,Cr:YSGG โดยตั้งค่าพลังงาน 1.5 วัตต์ ความถี่ 10 เฮิร์ตซ์ น้ำ 55% ลม 65%ทั้งในการทำงานแบบ H และ S เปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการชุดด้วยคิวเรตต์เพียงอย่างเดียว เป็นที่น่าสังเกตว่างานวิจัยของ Hakki ใช้หัวทึบเลเซอร์ชนิดธรรมดาที่ปล่อยลำแสงออกบริเวณปลาย แตกต่างจากในงานวิจัยนี้ที่ใช้หัวทึบรุ่นใหม่ชนิดปล่อยลำแสงออกด้านข้าง (RFPT, Radial firing perio tip) ซึ่งออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานในร่องลึกปริทันต์

ส่วนกลุ่มที่ได้รับเลเซอร์ที่ความถี่ 30 เฮิร์ตซ์นั้น แม้มีแนวโน้มปริมาณเซลล์ยึดเกาะมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการกลุ่มที่ได้รับการชุดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์เพียงอย่างเดียว แต่น้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับเลเซอร์ที่ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการใช้ค่าความถี่ที่ต่ำ พลังงานเลเซอร์ที่ไปกระทบผิวเคลือบรากฟัน มีความเข้มสูงกว่า ทำให้ผิวหน้าเป็นร่องรอยขรุขระมากจนเกินไป เห็นได้จากขณะหลังการทดลองฉายเลเซอร์ พบว่าผิวเคลือบรากฟันในกลุ่มที่ใช้ความถี่ 30 เฮิร์ตซ์นั้นมีความขรุขระอย่างเห็นได้ชัดด้วยตาเปล่า อาจส่งผลให้เกิดการยึดเกาะที่ไม่ดีของเซลล์ ดังเช่นงานวิจัยของ Galli⁽⁶⁶⁾ ในปี 2009 ที่ได้ฉายเลเซอร์ Er:YAG บนชิ้นตัวอย่างเนื้อฟันสำเร็จรูปที่เตรียมจากฟันสัตว์ พบว่าผิวที่ได้มีความไม่เรียบ มีหลุมร่องที่แหลมคมโดยทั่วไป จนไม่เกิดการยึดเกาะที่ดีของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์

การทดลองนี้ เลือกใช้เกลือเตตระโซเลียมที่ละลายน้ำได้ในการตรวจสอบความมีชีวิตของเซลล์ ซึ่งมีหลักการเดียวกันกับการทดสอบเอ็มทีที แต่มีความไว (sensitivity) ในการตรวจสอบสูงกว่า เนื่องจากสามารถตรวจสอบการทำงานของเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนสจากของส่วนอื่นเซลล์ด้วย ไม่เฉพาะเจาะจงแค่เพียงในไมโทคอนเดรียเหมือนกับการทดสอบเอ็มทีที ทั้งยังลดขั้นตอนในการทดลอง จึงช่วยลดโอกาสในการเกิดความผิดพลาดจากการทดลองได้ การตรวจสอบความมีชีวิตของ

เซลล์ในการทดลองนี้ ได้ทำการใส่สารทดสอบลงไปบนเคลือบรากฟันตัวอย่าง ที่มีเซลล์เกาะอยู่โดยตรง โดยมีได้ลอกเซลล์ออกจากผิวหน้าก่อน ทั้งนี้เนื่องจากการใช้สารทริปซิน-อีดีทีเอ ในการลอกเซลล์ที่ยึดเกาะ อาจทำให้เกิดการละลายแร่ธาตุของผิวรากฟันออกมาด้วย เกิดการรบกวนค่าการดูดกลืนแสงได้

นอกจากนี้ในการเปรียบเทียบจำนวนเซลล์บนผิวหน้าของชิ้นตัวอย่าง โดยการใช้สารเคมีนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่พื้นที่ผิวของชิ้นตัวอย่างจะต้องมีขนาดเท่ากัน จึงจะสามารถเปรียบเทียบค่ากันได้อย่างน่าเชื่อถือ แต่จากการศึกษานำร่องพบว่าการเตรียมชิ้นฟัน โดยการตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม นั้น จะมีความคลาดเคลื่อนของขนาดได้มาก การตัดให้มีขนาดเท่ากันทุกชิ้น เป็นไปได้ยาก ในงานวิจัยนี้ได้ทำการตัดฟันเพื่อเตรียมชิ้นตัวอย่าง โดยการประยุกต์ใช้หัวกรอเทอร์ไฟน์ ทำให้ได้ชิ้นตัวอย่างที่มีขนาดพื้นที่ผิวหน้าวงกลมเท่ากันทุกชิ้น

ในการทดลองเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ที่ยึดเกาะบนผิวรากตัวอย่าง โดยการดูความมีชีวิตของเซลล์นั้น ยังพบว่าในกลุ่มควบคุมลบของการทดลอง หรือกลุ่มชิ้นตัวอย่างเคลือบรากฟันที่เตรียมจากฟันที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบ มีเซลล์ยึดเกาะอยู่น้อยที่สุด แสดงให้เห็นถึงความไม่เหมาะสมในการยึดเกาะของเซลล์ เนื่องมาจากผิวหน้าของชิ้นตัวอย่างในกลุ่มนี้ยังมีหินน้ำลายอยู่โดยทั่วไป มีความไม่เรียบ และขรุขระอย่างเห็นได้ชัด และมีความปนเปื้อนของสารชีวภาพอยู่มาก แม้ว่าจะผ่านการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำแล้ว แต่อาจยังมีชีวพิษภายในหลงเหลืออยู่ทำให้ไม่เหมาะสมกับการเจริญของเซลล์ ในทางตรงกันข้าม กลุ่มควบคุมบวกของการทดลอง หรือกลุ่มตัวอย่างเคลือบรากฟันที่เตรียมจากฟันปกติ พบว่ามีจำนวนเซลล์ยึดเกาะมากกว่าทุกกลุ่ม ผลการทดลองในส่วนนี้แตกต่างไปจากงานวิจัยของ Hakkil⁽²³⁾ ที่พบว่ากลุ่มที่ได้รับเลเซอร์ มีจำนวนเซลล์ยึดเกาะมากกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งเตรียมจากฟันปกติเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ทางสถิติในการทดลองนี้ พบว่ากลุ่มชิ้นตัวอย่างเคลือบรากฟันที่เตรียมจากฟันปกติ มีจำนวนเซลล์ยึดเกาะแตกต่างจากกลุ่มชิ้นตัวอย่างเคลือบรากฟันที่ได้รับเลเซอร์ 50 เฮิร์ตซ์ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การทดลองในส่วนที่สอง เป็นการศึกษาลักษณะการยึดเกาะของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด งานวิจัยหลายงาน^(49, 50, 57) ได้กล่าวถึงการใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG ในการขูดหินน้ำลาย และการปรับสภาพผิวเคลือบรากฟัน พบว่าไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพื้นผิว งานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นตรวจสอบการกระจายตัวและรูปร่างของเซลล์บนผิวเคลือบรากฟัน ผลการสังเกตพบว่า เคลือบรากฟันตัวอย่างที่ได้รับเลเซอร์ที่ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ ส่งผลให้มีลักษณะการกระจายตัวของเซลล์ทั่วผิวรากฟันตัวอย่าง พบเซลล์อย่างหนาแน่น และพบลักษณะ

ของเซลล์ที่มีการยึดเกาะดี ใกล้เคียงกับกลุ่มพันปกติ ลักษณะเซลล์ที่พบโดยทั่วไปเป็นเซลล์รูปร่างหลายเหลี่ยม มีขนาดใหญ่ มีการแผ่ขยาย และพบการแตกแขนงส่วนของไซโทพลาซึมเพื่อยึดเกาะบนผิวเคลือบรากฟันอย่างชัดเจน

การทดลองนี้ทำในสองช่วงเวลาเพื่อประเมินการยึดเกาะในช่วงต้นคือ 24 ชั่วโมงหลังจากเลี้ยงเซลล์ลงบนเคลือบรากฟันตัวอย่าง และเมื่อผ่านไป 3 วันเพื่อประเมินการอยู่รอด และการเติบโตตลอดจนการเพิ่มจำนวนเซลล์ ซึ่งจากการสังเกตสรุปได้ว่า เมื่อเวลาผ่านไป 3 วันเซลล์บนเคลือบรากฟันทุกกลุ่มมีแนวโน้มเพิ่มการกระจายตัวในทุกกลุ่ม ยกเว้นกลุ่มที่เตรียมจากฟันที่เป็นโรคปริทันต์ พบมีการยึดเกาะไม่ดี ทั้งในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง พบเซลล์ที่ยึดเกาะมีขนาดเล็ก หดกลม ไม่มีการยื่นยาวของไซโทพลาซึม และเมื่อเวลาผ่านไปพบว่าเซลล์มีการกระจายตัวลดลงอีก อาจเป็นเพราะเซลล์ไม่สามารถเจริญได้ดี บนเคลือบรากฟันที่มีหินน้ำลายเกาะอยู่จึงมีการตายและหลุดลอกออกไป

เมื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นเซลล์บนผิวรากฟันตัวอย่างแต่ละกลุ่ม โดยการเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ทำการตรวจสอบสองช่วงเวลา คือเมื่อผ่านไป 24 ชั่วโมง และ 3 วัน ผลการทดลองสอดคล้องกับการสังเกตการกระจายตัวของเซลล์ กล่าวคือพบความหนาแน่นเซลล์มากที่สุดในกลุ่มพันปกติ รองลงมาคือกลุ่มที่ได้รับเลเซอร์ที่ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ ตามด้วยกลุ่มที่ได้รับการขูดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์เพียงอย่างเดียว และกลุ่มที่ได้รับเลเซอร์ที่ความถี่ 30 เฮิร์ตซ์ ส่วนกลุ่มที่เตรียมจากฟันที่เป็นโรคปริทันต์มีความหนาแน่นเซลล์น้อยที่สุด

สำหรับกลุ่มที่ได้รับเลเซอร์ที่ความถี่ 30 เฮิร์ตซ์ พบว่ามีการกระจายตัว ความหนาแน่นเซลล์น้อยกว่าในกลุ่มที่ได้รับการขูดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์เพียงอย่างเดียว ผลการทดลองนี้แตกต่างกับผลการทดลองตอนที่ 1 ที่ใช้สารตรวจความมีชีวิตของเซลล์ พบว่ากลุ่มที่ได้รับเลเซอร์ที่ความถี่ 30 เฮิร์ตซ์ แสดงจำนวนเซลล์ยึดเกาะมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการขูดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานเพื่อส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด อาจทำให้เซลล์ที่ไม่แข็งแรง หลุดออกไประหว่างการเตรียมตัวอย่างจึงเหลือจำนวนเซลล์น้อยลง

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดซึ่งทำให้เห็นรูปร่างลักษณะของเซลล์ที่ยึดเกาะอยู่บนผิวรากฟัน ร่วมกับผลการทดลองการตรวจสอบความมีชีวิต

ของเซลล์ พบว่ามีแนวโน้มเป็นไปในทางเดียวกัน แม้ว่าการทดสอบทางสถิติ จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่อาจทำให้สรุปได้ว่าการใช้เลเซอร์ที่ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ น่าจะมีความเหมาะสมในการปรับสภาพผิวเคลือบรากฟันให้เกิดการยึดเกาะที่ดีของเซลล์ได้มากที่สุด อย่างไรก็ตาม ด้วยข้อจำกัดของการเตรียมชิ้นงานเพื่อใช้กับกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จำเป็นจะต้องมีการตรึงเซลล์ ทำให้การสังเกต ณ สองช่วงเวลา ในชิ้นตัวอย่างเดียวกันนั้นเป็นไปได้ การตรวจสอบโดยวิธีอื่น เช่น กล้องจุลทรรศน์แบบคอนโฟคอล (confocal microscope) น่าจะช่วยในการศึกษาพฤติกรรมของเซลล์ที่มีชีวิตในแต่ละช่วงเวลาได้ดีกว่า นอกจากนี้การศึกษากายภาพการแสดงออกของยีนในเซลล์ไฟโบรบลาสต์ที่ยึดเกาะอยู่บนผิวรากฟัน อาจช่วยอธิบายได้ว่าเซลล์สามารถยึดเกาะและสามารถทำหน้าที่ได้อย่างปกติ ซึ่งเป็นประเด็นที่ต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

เปรียบเทียบการศึกษาทางห้องปฏิบัติการของเลเซอร์ในกลุ่มเออร์เบียมได้ดังตาราง 5

ตาราง 5 เปรียบเทียบการศึกษาทางห้องปฏิบัติการของเลเซอร์ในกลุ่มเออร์เบียมโดยสรุป

การศึกษา	วิธีการทดลอง	เลเซอร์ที่ใช้	สรุปผลการศึกษา
Schoop U et al. (2002) ⁽⁶¹⁾	ตรวจสอบสภาพผิวรากฟันหลังจากฉายด้วยเลเซอร์และการยึดเกาะของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ของหนู ด้วย SEM	Er:YAG 100 mJ (5.98 J/cm ²) 15 Hz	ผิวรากฟันที่ได้รับเลเซอร์มีการยึดเกาะของเซลล์ที่ดีกว่า
Schwarz F et al. (2003) ⁽⁶²⁾	ศึกษาการยึดเกาะของเซลล์เอ็นดอทีลียัลบนผิวรากฟันที่เป็นโรคปริทันต์ที่ได้รับเลเซอร์ นับเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์	Er:YAG 160 mJ/pulse 10 Hz	ผิวรากฟันที่เป็นโรคปริทันต์ และได้รับเลเซอร์มีการยึดเกาะของเซลล์ที่ดีกว่าผิวรากฟันที่ขูดหินน้ำลายและเกลารากฟันเพียงอย่างเดียว
Feist IS et al. (2003) ⁽⁶³⁾	ศึกษาการยึดเกาะของเซลล์ไฟโบรบลาสต์เหงือกของมนุษย์บนผิวรากฟันที่ได้รับเลเซอร์ เปรียบเทียบกับการเกลารากฟันโดยการนํ้าภายใต้ SEM	Er:YAG 60 และ 100 mJ/pulse 10 Hz	เมื่อใช้พลังงานเลเซอร์ 60 mJ/pulse พบการยึดเกาะและการเจริญเติบโตของเซลล์ที่ดีกว่าการเกลารากฟันและกลุ่มที่ใช้พลังงาน 100 mJ/pulse
Crespi R et al. (2006) ⁽⁶⁴⁾	เปรียบเทียบการใช้เลเซอร์กับการขูดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์ โดยสังเกตการยึดเกาะของเซลล์ไฟโบรบลาสต์จากหนู บนผิวรากฟันที่เป็นโรคปริทันต์ ภายใต้ SEM	Er:YAG 160 mJ/10 Hz	กลุ่มที่ได้รับเลเซอร์มีเซลล์ยึดเกาะมากกว่ากลุ่มที่ขูดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์ และกลุ่มควบคุม
Teerakapong A, Chanthorn R (2007) ⁽⁶⁵⁾	สังเกตการยึดเกาะของเซลล์ไฟโบรบลาสต์เหงือกของมนุษย์ บนผิวรากฟันที่ได้รับเลเซอร์ ภายใต้ SEM	Er:YAG 30 และ 60 mJ/pulse 10 Hz	การใช้เลเซอร์ที่พลังงาน 30 mJ มี การยึดเกาะของเซลล์ที่ดีกว่ากลุ่มที่ใช้พลังงาน 60 mJ และกลุ่มควบคุม

ตาราง 5 (ต่อ)

การศึกษา	วิธีการทดลอง	เลเซอร์ที่ใช้	สรุปผลการศึกษา
Galli C et al. (2009) ⁽⁶⁶⁾	ศึกษาการยึดเกาะของเซลล์เอ็นอีทีปริทันต์ มนุษย์ บนผิวฟันที่เตรียมจากสัตว์ เปรียบเทียบจำนวนโดยวิธี MTT และศึกษา รูปร่างภายใต้ SEM	Er:YAG 150 และ 200 mJ/pulse 15 Hz	พื้นผิวที่ได้รับเลเซอร์ไม่เหมาะกับการ ยึดเกาะและเจริญเติบโตของเซลล์ อย่างไรก็ตามเซลล์เอ็นอีทีปริทันต์ มนุษย์ยึดเกาะบนผิวที่ได้รับเลเซอร์ ได้ดีกว่าเซลล์สร้างกระดูก
Hakki SS et al. (2010) ⁽²³⁾	ศึกษาการยึดเกาะของเซลล์เอ็นอีทีปริทันต์ มนุษย์บนผิวรากฟันที่ได้รับเลเซอร์ ศึกษา ภายใต้กล้องจุลทรรศน์คอนโฟคอล SEM และเปรียบเทียบด้วยวิธี MTT	Er,Cr:YSGG 1.5W (150 mJ) 10 Hz น้ำ 55% ลม 65% H และ S mode	การใช้เลเซอร์ H mode ทำให้เกิดการ ยึดเกาะของเซลล์ที่ดีกว่ากลุ่มที่เกลาราก ฟันด้วยคิวเรตต์
Bolortuya G et al. (2011) ⁽⁶⁰⁾	ศึกษาการยึดเกาะของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ ของหนู บนเนื้อฟันที่ได้รับเลเซอร์ เปรียบเทียบกับสาร L-MTAD (Doxycycline + Tetracycline + citric acid) และ Rc Prep (EDTA) โดยวิธี WST-8 และ SEM	Er:YAG 30 mJ/pulse 10 Hz	พบว่ากลุ่มที่ได้รับเลเซอร์มีจำนวน เซลล์ยึดเกาะมากกว่ากลุ่ม Rc Prep และกลุ่มควบคุม และการตรวจสอบ ด้วย SEM พบการแตกแขนงของ เซลล์ได้มากกว่า
Fekrazad R et al. (2015) ⁽⁶⁷⁾	เปรียบเทียบการยึดเกาะของเซลล์ไฟโบรบ ลาสต์ของหนู บนผิวรากฟันที่ได้รับเลเซอร์ เปรียบเทียบกับสาร EDTA 17% โดยวิธี MTT และ SEM	Er,Cr:YSGG 0.75W 20 Hz น้ำ 33% ลม 43% H mode	การปรับสภาพผิวรากฟันด้วยเลเซอร์ ช่วยส่งเสริมการยึดเกาะของเซลล์ได้ ดีกว่า EDTA
Kerdmanee K , Laorsisin N (2015)	ศึกษาการยึดเกาะของเซลล์เอ็นอีทีปริทันต์ มนุษย์บนผิวรากฟันที่เป็นโรคปริทันต์และ ได้รับเลเซอร์ เปรียบเทียบกับกลุ่มที่รับการ ขูดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ ตรวจสอบโดย วิธี WST-8 และ SEM	Er,Cr:YSGG 1.5W 30 และ 50 Hz น้ำ 40% ลม 20% H mode	การใช้เลเซอร์ที่ความถี่ 50 Hz ช่วย ให้ผิวรากฟันเกิดสภาวะที่เหมาะสม กับการยึดเกาะและเจริญเติบโตของ เซลล์ได้มากกว่ากลุ่มที่ได้รับการขูด ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกส์ และกลุ่มที่ ใช้ความถี่ 30 Hz

การศึกษาถึงการใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG ในการรักษาโรคปริทันต์อักเสบเรื้อรังในทาง
คลินิกได้แก่ งานของ Kelbauskienė และคณะ⁽²²⁾ ในปี 2011 ติดตามผลการรักษาในระยะเวลา 1 ปี
โดยใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG ร่วมกับการขูดหินน้ำลายและเกลารากฟัน พบว่ากลุ่มที่รับเลเซอร์ร่วม
ในการรักษา มีค่าเฉลี่ยร่องลึกปริทันต์ลดลง และพบการเพิ่มระดับการยึดเกาะมากกว่ากลุ่มที่ทำการ
ขูดหินน้ำลายและเกลารากฟันเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้กลุ่มที่ได้รับเลเซอร์
พบว่ามีการลดลงของร่องลึกปริทันต์โดยที่ไม่สอดคล้องกับการเกิดเหงือกอักเสบ ดังที่เกิดในกลุ่มที่ได้รับ
การขูดหินน้ำลายและเกลารากฟัน ในการรายงานผู้ป่วย 1 รายของ Dederich⁽⁶⁸⁾ ในปี 2013 ใช้
เลเซอร์ Er,Cr:YSGG ร่วมกับหัวเลเซอร์ที่ปรับลดพลังงานแสงทางด้านข้าง ในการรักษาร่องลึกปริ-
ทันต์แบบไม่ผ่าตัด พบว่าสามารถลดร่องลึกปริทันต์จาก 8 มิลลิเมตรลง เหลือ 2 มิลลิเมตร และจาก

การเปรียบเทียบภาพรังสีหลังการรักษา 1 ปี พบมีการสร้างกระดูกใหม่เกิดขึ้นในรอยวิการใต้สันกระดูก (infrabony defect) และการศึกษาของ Gupta และคณะ⁽⁶⁹⁾ ในปีเดียวกัน ได้ทำการเปรียบเทียบการใช้เลเซอร์ชนิดนี้ ในการรักษาร่องลึกปริทันต์ เปรียบเทียบกับการผ่าตัดเปิดเหงือกเพื่อขูดทำความสะอาด (open flap debridement) พบว่าการรักษาทั้งสองให้ผลในการรักษาเท่าเทียมกันในแง่ของการเพิ่มระดับการยึดเกาะ แต่พบว่ามีเหงือกกร่นน้อยกว่าในกลุ่มที่ใช้เลเซอร์ และมีข้อได้เปรียบในแง่โอกาสในการเกิดความเจ็บปวดของผู้ป่วย หลังการผ่าตัด การค้นพบจากเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้เลเซอร์ร่วมในการรักษาที่อาจเอื้อต่อการเกิดใหม่ของอวัยวะปริทันต์เป็นอย่างยิ่ง

แนวคิดในการรักษาข้างต้น อาจอธิบายได้จากสมมติฐานของ Melcher⁽⁷⁰⁾ กล่าวคือรูปแบบการหายภายหลังจากการรักษาทางปริทันต์ ขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์ต้นกำเนิดที่เข้ายึดเกาะกับผิวรากฟันในระหว่างการหาย ในการเกิดใหม่ของอวัยวะปริทันต์อย่างแท้จริง จำเป็นต้องอาศัยการยึดเกาะของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์เข้ากับผิวรากฟัน ด้วยหลักคิดนี้ จึงเป็นที่มาของการรักษาร่องลึกปริทันต์โดยเลเซอร์ (Deep pocket therapy, DPT) ซึ่งจะมีการใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG ร่วมกับหัวเลเซอร์ที่ปชนิดปล่อยลำแสงทางด้านข้าง กำจัดเนื้อเยื่ออ่อนที่ติดเชื่อในร่องลึกปริทันต์ รวมถึงการกำจัดเยื่อปริทันต์ด้านนอกร่องลึกปริทันต์ เพื่อชะลอการเจริญของเยื่อปริทันต์ที่งอกลงสู่ร่องลึกปริทันต์ได้ใหม่อีก หวังผลให้เกิดการเกิดใหม่ของอวัยวะปริทันต์ อีกประการหนึ่งคือเลเซอร์ช่วยในการปรับสภาพผิวรากฟัน ทำให้เกิดพื้นผิวที่มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ ซึ่งช่วยส่งเสริมการยึดเกาะและการเจริญเติบโตของเซลล์ต่อไปได้

การรักษาโรคปริทันต์ด้วยวิธีไม่ผ่าตัดอาศัยหลักการควบคุมการอักเสบ โดยการกำจัดปัจจัยรบกวนเฉพาะที่ การขูดหินน้ำลายและเกลารากฟันยังคงเป็นมาตรฐานในการรักษาตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน แม้ว่าเครื่องมือเครื่องใช้ในการขูดเกลารากฟันน้ำลายจะมีการพัฒนาขึ้น อำนวยความสะดวกให้กับทันตแพทย์ และลดความเจ็บปวดระหว่างการรักษาต่อผู้ป่วย แต่พบว่าการขูดหินน้ำลายและเกลารากฟันเพียงอย่างเดียวยังคงไม่เพียงพอในการกำจัดสิ่งสะสมบนผิวรากฟันออกได้ทั้งหมด เนื่องจากการเป็นการทำงานในพื้นที่แคบ และจำกัดการมองเห็น อีกทั้งทำให้เกิดชั้นสเมียร์ซึ่งขัดขวางการยึดเกาะของเซลล์ การประยุกต์ใช้เลเซอร์ร่วมในการรักษา อาจเพิ่มผลดีในการรักษาด้วยวิธีไม่ผ่าตัด เนื่องจากเลเซอร์สามารถกำจัดเชื้อโรคที่หลงเหลือบนผิวรากฟัน กำจัดชั้นสเมียร์ที่เกิดจากการขูดเกลารากฟันน้ำลาย และปรับสภาพผิวรากฟัน ให้มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพยิ่งขึ้น เกิดการยึดเกาะที่ดีของเซลล์ดังเช่นที่ปรากฏในงานวิจัยนี้ นอกจากนี้การยึดเกาะที่ดีของเซลล์กับผิวราก

พื้น อาจนำเลเซอร์ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับการรักษาด้วยศัลยกรรมปริทันต์ ที่หวังผลให้การยืดเกาะใหม่ของเนื้อเยื่อเข้ากับผิวรากฟัน เช่น การทำศัลยกรรมเพื่อแก้ไขเหงือกกร่น (periodontal plastic surgery for root coverage) หรือแม้แต่ช่วยในเกิดใหม่ของอวัยวะปริทันต์ โดยการชักนำให้เนื้อเยื่อคืนสภาพ (guided tissue regeneration) ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าจะมีการศึกษาต่อไป

จากผลการทดลองที่ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการยืดเกาะของเซลล์กับพื้นผิวรากฟันที่ผ่านการปรับสภาพด้วยเลเซอร์ โดยวิธีการต่างๆในห้องปฏิบัติการ ภายใต้ข้อจำกัดของการออกแบบการทดลองในงานวิจัยครั้งนี้ ทำให้ได้ข้อสรุปว่า

1. เคลือบรากฟันกลุ่มที่เตรียมจากฟันที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบ มีหินน้ำหลายหลงเหลืออยู่ ไม่เหมาะสมกับการยืดเกาะของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์มนุษย์
2. การกำจัดหินน้ำลายโดยใช้เครื่องขูดอัลตราโซนิกส์เพียงอย่างเดียวสามารถสร้างพื้นผิวเคลือบรากฟันที่เหมาะสมกับการยืดเกาะของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์มนุษย์ได้
3. การใช้เลเซอร์ Er,Cr:YSGG พลังงาน 1.5 วัตต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ น้ำ 40% ลม 20% ตั้งค่าการทำงานแบบ H ร่วมกับหัวทึบชนิดปล่อยลำแสงทางด้านข้าง สามารถปรับสภาพผิวรากฟันช่วยให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมกับการยืดเกาะของเอ็นยึดปริทันต์มนุษย์ได้มากที่สุด ถือว่าเป็นอีกหนึ่งสถานการณ์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิกต่อไป



บรรณานุกรม

1. Page RC, Kornman KS. The pathogenesis of human periodontitis: an introduction. *Periodontol 2000*. 1997;14:9-11.
2. Beck JD, Offenbacher S. The association between periodontal diseases and cardiovascular diseases: a state-of-the-science review. *Ann Periodontol*. 2001;6:9-15.
3. Pontes Andersen CC, Flyvbjerg A, Buschard K, Holmstrup P. Relationship between periodontitis and diabetes: lessons from rodent studies. *J Periodontol*. 2007;78:1264-75.
4. Jeffcoat MK, Geurs NC, Reddy MS, Cliver SP, Goldenberg RL, Hauth JC. Periodontal infection and preterm birth: results of a prospective study. *J Am Dent Assoc*. 2001;132:875-80.
5. Stoodley P, Sauer K, Davies DG, Costerton JW. Biofilms as complex differentiated communities. *Annu Rev Microbiol*. 2002;56:187-209.
6. Sanz M, Teughels W. Innovations in non-surgical periodontal therapy: Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol*. 2008;35:3-7.
7. Badersten A, Nilveus R, Egelberg J. Effect of nonsurgical periodontal therapy. I. Moderately advanced periodontitis. *J Clin Periodontol*. 1981;8:57-72.
8. Badersten A, Nilveus R, Egelberg J. Effect of nonsurgical periodontal therapy. II. Severely advanced periodontitis. *J Clin Periodontol*. 1984;11:63-76.
9. Oda S, Nitta H, Setoguchi T, Izumi Y, Ishikawa I. Current concepts and advances in manual and power-driven instrumentation. *Periodontol 2000*. 2004;36:45-58.
10. Bower RC. Furcation morphology relative to periodontal treatment. Furcation root surface anatomy. *J Periodontol*. 1979;50:366-74.
11. Arabaci T, Cicek Y, Canakci CF. Sonic and ultrasonic scalers in periodontal treatment: a review. *Int J Dent Hyg*. 2007;5:2-12.
12. Wennstrom JL, Tomasi C, Bertelle A, Dellasega E. Full-mouth ultrasonic debridement versus quadrant scaling and root planing as an initial approach in the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol*. 2005;32:851-9.
13. Laird WR, Walmsley AD. Ultrasound in dentistry. Part 1--Biophysical interactions. *J Dent*. 1991;19:14-7.

14. Khambay BS, Walmsley AD. Acoustic microstreaming: detection and measurement around ultrasonic scalers. *J Periodontol.* 1999;70:626-31.
15. Farman M, Joshi RI. Full-mouth treatment versus quadrant root surface debridement in the treatment of chronic periodontitis: a systematic review. *Br Dent J.* 2008;205:496-7.
16. Quirynen M, De Soete M, Dierickx K, van Steenberghe D. The intra-oral translocation of periodontopathogens jeopardises the outcome of periodontal therapy. A review of the literature. *J Clin Periodontol.* 2001;28:499-507.
17. Khosravi M, Bahrami ZS, Atabaki MS, Shokrgozar MA, Shokri F. Comparative effectiveness of hand and ultrasonic instrumentations in root surface planing in vitro. *J Clin Periodontol.* 2004;31:160-5.
18. Blomlof JP, Blomlof LB, Lindskog SF. Smear removal and collagen exposure after non-surgical root planing followed by etching with an EDTA gel preparation. *J Periodontol.* 1996;67:841-5.
19. Seyyedi SA, Khashabi E, Falaki F. Laser Application in Periodontics. *Journal of Lasers in Medical Sciences.* 2012;3:26-32.
20. Sanz I, Alonso B, Carasol M, Herrera D, Sanz M. Nonsurgical treatment of periodontitis. *J Evid Based Dent Pract.* 2012;12:76-86.
21. Aoki A, Sasaki KM, Watanabe H, Ishikawa I. Lasers in nonsurgical periodontal therapy. *Periodontol 2000.* 2004;36:59-97.
22. Kelbauskiene S, Baseviciene N, Goharkhay K, Moritz A, Machiulskiene V. One-year clinical results of Er,Cr:YSGG laser application in addition to scaling and root planing in patients with early to moderate periodontitis. *Lasers Med Sci.* 2011;26:445-52.
23. Hakki SS, Korkusuz P, Berk G, Dundar N, Saglam M, Bozkurt B, et al. Comparison of Er,Cr:YSGG laser and hand instrumentation on the attachment of periodontal ligament fibroblasts to periodontally diseased root surfaces: an in vitro study. *J Periodontol.* 2010;81:1216-25.
24. Cobb CM. Lasers in periodontics: a review of the literature. *J Periodontol.* 2006;77:545-64.
25. Eriksson AR, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent.* 1983;50:101-7.

26. Fontana CR, Kurachi C, Mendonca CR, Bagnato VS. Temperature variation at soft periodontal and rat bone tissues during a medium-power diode laser exposure. *Photomed Laser Surg.* 2004;22:519-22.
27. Spencer P, Cobb CM, Wieliczka DM, Glaros AG, Morris PJ. Change in temperature of subjacent bone during soft tissue laser ablation. *J Periodontol.* 1998;69:1278-82.
28. McDavid VG, Cobb CM, Rapley JW, Glaros AG, Spencer P. Laser irradiation of bone: III. Long-term healing following treatment by CO₂ and Nd:YAG lasers. *J Periodontol.* 2001;72:174-82.
29. Sasaki KM, Aoki A, Ichinose S, Yoshino T, Yamada S, Ishikawa I. Scanning electron microscopy and Fourier transformed infrared spectroscopy analysis of bone removal using Er:YAG and CO₂ lasers. *J Periodontol.* 2002;73:643-52.
30. Kimura Y, Yu DG, Fujita A, Yamashita A, Murakami Y, Matsumoto K. Effects of erbium,chromium:YSGG laser irradiation on canine mandibular bone. *J Periodontol.* 2001;72:1178-82.
31. Wang X, Zhang C, Matsumoto K. In vivo study of the healing processes that occur in the jaws of rabbits following perforation by an Er,Cr:YSGG laser. *Lasers Med Sci.* 2005;20:21-7.
32. Spencer P, Cobb CM, McCollum MH, Wieliczka DM. The effects of CO₂ laser and Nd:YAG with and without water/air surface cooling on tooth root structure: correlation between FTIR spectroscopy and histology. *J Periodontal Res.* 1996;31:453-62.
33. Pant V, Dixit J, Agrawal AK, Seth PK, Pant AB. Behavior of human periodontal ligament cells on CO₂ laser irradiated dentinal root surfaces: an in vitro study. *J Periodontal Res.* 2004;39:373-9.
34. Crespi R, Barone A, Covani U, Ciaglia RN, Romanos GE. Effects of CO₂ laser treatment on fibroblast attachment to root surfaces. A scanning electron microscopy analysis. *J Periodontol.* 2002;73:1308-12.
35. Fayad MI, Hawkinson R, Daniel J, Hao J. The effect of CO₂ laser irradiation on PDL cell attachment to resected root surfaces. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004;97:518-23.
36. Gopin BW, Cobb CM, Rapley JW, Killoy WJ. Histologic evaluation of soft tissue attachment to CO₂ laser-treated root surfaces: an in vivo study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1997;17:316-25.

37. Barone A, Covani U, Crespi R, Romanos GE. Root surface morphological changes after focused versus defocused CO₂ laser irradiation: a scanning electron microscopy analysis. *J Periodontol.* 2002;73:370-3.
38. Misra V, Mehrotra KK, Dixit J, Maitra SC. Effect of a carbon dioxide laser on periodontally involved root surfaces. *J Periodontol.* 1999;70:1046-52.
39. Israel M, Cobb CM, Rossmann JA, Spencer P. The effects of CO₂, Nd:YAG and Er:YAG lasers with and without surface coolant on tooth root surfaces. An in vitro study. *J Clin Periodontol.* 1997;24:595-602.
40. Morlock BJ, Pippin DJ, Cobb CM, Killoy WJ, Rapley JW. The effect of Nd:YAG laser exposure on root surfaces when used as an adjunct to root planing: an in vitro study. *J Periodontol.* 1992;63:637-41.
41. Chen YJ, Jeng JH, Jane Yao CC, Chen MH, Hou LT, Lan WH. Long-term effect of pulsed Nd:YAG laser irradiation on cultured human periodontal fibroblasts. *Lasers Surg Med.* 2005;36:225-33.
42. Folwaczny M, Benner KU, Flasskamp B, Mehl A, Hickel R. Effects of 2.94 microm Er:YAG laser radiation on root surfaces treated in situ: a histological study. *J Periodontol.* 2003;74:360-5.
43. Soukos NS, Goodson JM. Photodynamic therapy in the control of oral biofilms. *Periodontol 2000.* 2011;55:143-66.
44. Pie-Sanchez J, Espana-Tost AJ, Arnabat-Dominguez J, Gay-Escoda C. Comparative study of upper lip frenectomy with the CO₂ laser versus the Er, Cr:YSGG laser. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2012;17:228-32.
45. Jin JY, Lee SH, Yoon HJ. A comparative study of wound healing following incision with a scalpel, diode laser or Er,Cr:YSGG laser in guinea pig oral mucosa: A histological and immunohistochemical analysis. *Acta Odontol Scand.* 2010;68:232-8.
46. Ryu SW, Lee SH, Yoon HJ. A comparative histological and immunohistochemical study of wound healing following incision with a scalpel, CO₂ laser or Er,Cr:YSGG laser in the Guinea pig oral mucosa. *Acta Odontol Scand.* 2012;70:448-54.
47. Kimura Y, Yu DG, Kinoshita J, Hossain M, Yokoyama K, Murakami Y, et al. Effects of erbium, chromium:YSGG laser irradiation on root surface: morphological and atomic analytical studies. *J Clin Laser Med Surg.* 2001;19:69-72.
48. Perussi LR, Pavone C, de Oliveira GJ, Cerri PS, Marcantonio RA. Effects of the

- Er,Cr:YSGG laser on bone and soft tissue in a rat model. *Lasers Med Sci.* 2012;27:95-102.
49. Ting CC, Fukuda M, Watanabe T, Aoki T, Sanaoka A, Noguchi T. Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation on the root surface: morphologic analysis and efficiency of calculus removal. *J Periodontol.* 2007;78:2156-64.
 50. Hakki SS, Berk G, Dundar N, Saglam M, Berk N. Effects of root planing procedures with hand instrument or erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser irradiation on the root surfaces: a comparative scanning electron microscopy study. *Lasers Med Sci.* 2010;25:345-53.
 51. Wikesjö UME, Selvig KA. Periodontal wound healing and regeneration. *Periodontol* 2000. 1999;19:21-39.
 52. de Oliveira GJ, Sampaio JE, Marcantonio RA. Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation on root surfaces for adhesion of blood components and morphology. *Photomed Laser Surg.* 2010;28:751-6.
 53. Tsurumaki Jdo N, Souto BH, Oliveira GJ, Sampaio JE, Marcantonio Junior E, Marcantonio RA. Effect of instrumentation using curettes, piezoelectric ultrasonic scaler and Er,Cr:YSGG laser on the morphology and adhesion of blood components on root surfaces: a SEM study. *Braz Dent J.* 2011;22:185-92.
 54. Ota-Tsuzuki C, Martins FL, Giorgetti APO, de Freitas Pi M, Duarte PM. In Vitro Adhesion of *Streptococcus sanguinis* to Dentine Root Surface After Treatment with Er:Yag Laser, Ultrasonic System, or Manual Curette. *Photomed Laser Surg.* 2009;27:735-41.
 55. Quirynen M, Bollen CM. The influence of surface roughness and surface-free energy on supra- and subgingival plaque formation in man. A review of the literature. *J Clin Periodontol.* 1995;22:1-14.
 56. Mariotti A. Efficacy of chemical root surface modifiers in the treatment of periodontal disease. A systematic review. *Ann Periodontol.* 2003;8:205-26.
 57. Sun SP, Pan YP, Zhang DM, Zou B. [Morphological study and Ca/P ratio analysis of Er, Cr:YSGG laser irradiation on periodontal diseased root surfaces]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2006;24:444-6.
 58. Amirov MV, Grinin VM. [Impact of Er, Cr: YSGG-laser on the tooth root cement in the treatment of chronic periodontal disease (the results of electron microscopic studies)]. *Stomatologiia (Mosk).* 2012;91:20-2.

59. Somerman MJ, Archer SY, Imm GR, Foster RA. A comparative study of human periodontal ligament cells and gingival fibroblasts in vitro. *J Dent Res.* 1988;67:66-70.
60. Bolortuya G, Ebihara A, Ichinose S, Watanabe S, Anjo T, Kokuzawa C, et al. Initial fibroblast attachment to Erbium:YAG laser-irradiated dentine. *Int Endod J.* 2011;44:1134-44.
61. Schoop U, Moritz A, Kluger W, Frei U, Maleschitz P, Goharkhay K, et al. Changes in root surface morphology and fibroblast adherence after Er: YAG laser irradiation. *J Oral Laser Appl.* 2002;2:83-93.
62. Schwarz F, Aoki A, Sculean A, Georg T, Scherbaum W, Becker J. In vivo effects of an Er:YAG laser, an ultrasonic system and scaling and root planing on the biocompatibility of periodontally diseased root surfaces in cultures of human PDL fibroblasts. *Lasers Surg Med.* 2003;33:140-7.
63. Feist IS, De Micheli G, Carneiro SR, Eduardo CP, Miyagi S, Marques MM. Adhesion and growth of cultured human gingival fibroblasts on periodontally involved root surfaces treated by Er:YAG laser. *J Periodontol.* 2003;74:1368-75.
64. Crespi R, Romanos GE, Cassinelli C, Gherlone E. Effects of Er:YAG laser and ultrasonic treatment on fibroblast attachment to root surfaces: an in vitro study. *J Periodontol.* 2006;77:1217-22.
65. อรุณ ทิระพงษ์, รัตนา จันทร. การเปรียบเทียบการยึดเกาะของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ที่เลี้ยงในห้องทดลอง บนผิวรากฟันที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบโดยใช้เออร์เบียมเย็คเลเซอร์ ภายหลังผ่านการขูดหินน้ำลายและเกลารากฟัน. *วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.* 2007;10:67-79.
66. Galli C, Passeri G, Cacchioli A, Gualini G, Ravanetti F, Elezi E, et al. Effect of laser-induced dentin modifications on periodontal fibroblasts and osteoblasts: a new in vitro model. *J Periodontol.* 2009;80:1648-54.
67. Fekrazad R, Lotfi G, Harandi M, Ayremlou S, Kalhori KA. Evaluation of fibroblast attachment in root conditioning with Er, Cr:YSGG laser versus EDTA: A SEM study. *Microsc Res Tech.* 2015;78:317-22.
68. Dederich DN. Periodontal Bone Regeneration and the Er,Cr:YSGG Laser: A Case Report. *Open Dent J.* 2013;7:16-9.
69. Gupta M, Lamba AK, Verma M, Faraz F, Tandon S, Chawla K, et al. Comparison of periodontal open flap debridement versus closed debridement with Er,Cr:YSGG

laser. Aust Dent J. 2013;58:41-9.

70. Melcher AH. On the repair potential of periodontal tissues. J Periodontol. 1976;47:256-60.





ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	กฤษกร เกิดมณี
วัน เดือน ปีเกิด	9 เมษายน 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	51/063 หมู่บ้านเมืองเอก หมู่ที่ 7 ตำบลหลักหก อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี 12000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ทันตแพทย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงพยาบาลบีแคร์ เมดิคอลเซ็นเตอร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร โรงพยาบาลราชธานี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2539 – 2540	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)
พ.ศ. 2540 – 2546	ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2554 – 2558	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก (ปริทัศน์วิทยา) คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ