

การเปลี่ยนแปลงทางจลนศาสตร์ของกระดูกเบาฟัน
เมื่อได้รับแรงเคลื่อนฟันในหนูistar



นายโกวิท พูลสิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

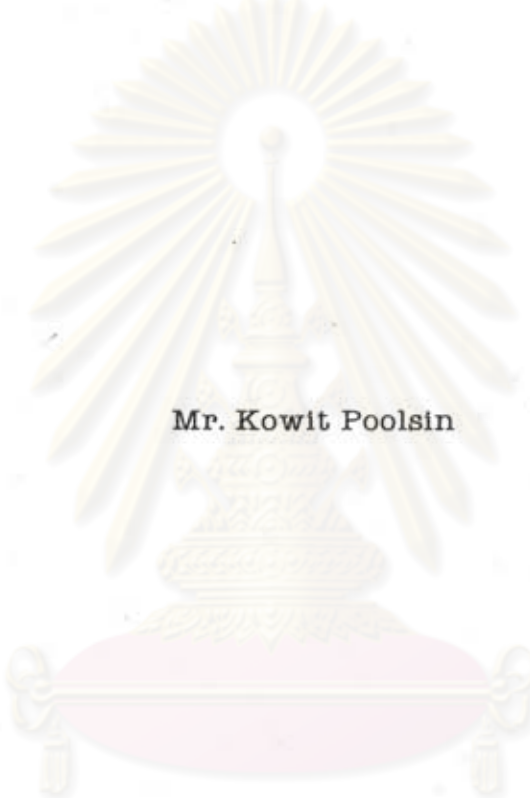
พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-688-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17061027

**HISTOLOGIC CHANGES OF ALVEOLAR BONE
RESPONSE TO ORTHODONTIC FORCE IN WISTAR RATS**



Mr. Kowit Poolsin

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Orthodontic

Graduate School


Chulalongkorn University

1996

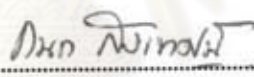
ISBN 974-633-688-6

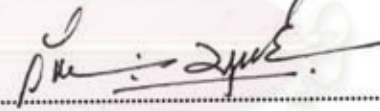
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเปลี่ยนแปลงทางจุลกายวิภาคศาสตร์ของกระดูกเบาฟัน
เมื่อได้รับแรงเค้นอินฟันในหนูวิสตาร์
โดย นายโกวิท พูลสิน
ภาควิชา หันตกรรมจัดฟัน
อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ หันตแพทย์ วัฒนะ มนุราลัย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หันตแพทย์หญิง ดร. วันดี อภิญหสมิต


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

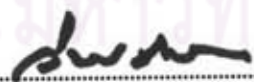

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ กงสุวรรธม)

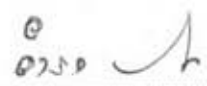
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หันตแพทย์ กนก สรเทศน์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ หันตแพทย์ วัฒนะ มนุราลัย)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หันตแพทย์หญิง ดร. วันดี อภิญหสมิต)


..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ หันตแพทย์ วินัย คิริจิตร)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ย้ารุง จันทวานิต)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



C665038 : สาขาวิชาทันตกรรมจัดฟัน

KEY WORD : ORTHODONTIC FORCE/HISTOLOGY/ALVEOLAR BONE/OSTEOCLAST/OSTEOBLAST

โกวิท พูลสิน : การเปลี่ยนแปลงทางจุลกายวิภาคศาสตร์ของกระดูกเบ้าฟันเมื่อได้รับแรงเคลื่อนฟันในหนู
วิสตาร์ (HISTOLOGIC CHANGES OF ALVEOLAR BONE RESPONSE TO ORTHODONTIC FORCE
IN WISTAR RATS) อ. ที่ปรึกษา : ศ.ทพ. วัฒนะ มธุราสัย, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.ทพญ.ดร. วันดี อภินเทศมิต,
121 หน้า. ISBN 974-633-688-6

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาผลของแรงทางทันตกรรมจัดฟันต่อการตอบสนองทางจุลกายวิภาค
ศาสตร์ของกระดูกเบ้าฟันด้านตั้งและด้านกุดที่ระยะเวลาต่างกัน

กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยหนูวิสตาร์เพศผู้อายุ 60 วันจำนวน 16 ตัว ใช้พลาสติกโมดูลเคลื่อนฟันกรามบนซ้าย
ซึ่งแรกด้วยแรงขนาด 40 กรัม โดยใช้ฟันกรามบนขวาซึ่งแรกที่ไม่ได้ใส่เครื่องมือเคลื่อนฟันเป็นด้านควบคุม สุ่มฆ่าหนูครั้งละ 2
ตัวภายหลังได้รับแรงเคลื่อนฟันเป็นเวลา 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 14 วันตามลำดับ ศึกษาการตอบสนองทางจุลกายวิภาค
ศาสตร์ของกระดูกเบ้าฟันจากแผ่นชิ้นเนื้อที่ตัดเรียงตามลำดับในแนวใกล้กลางไกลกลาง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์
ออสติโอคลาสต์และออสติโอเบลาสต์ของบริเวณกระดูกเบ้าฟันด้านไกลกลางต่อรากฟันใกล้แก้มใกล้กลางของฟันกรามบน
ซ้ายซึ่งแรกในแต่ละวันด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยการ
เปรียบเทียบพหุคูณ

ผลการวิจัยพบว่า การเปลี่ยนแปลงทางจุลกายวิภาคศาสตร์ของอวัยวะปริทันต์ภายหลังได้รับแรงเคลื่อนฟัน
มีความต่างกันแบ่งได้เป็น 3 ช่วง คือ ช่วงแรกภายหลังได้รับแรง 1-2 วัน ช่องเอ็นยึดปริทันต์ด้านกุด แคบลง เมื่อเทียบกับ
กลุ่มควบคุม ผิวกระดูกเบ้าฟันด้านกุดเริ่มเป็นแอ่งไม่เรียบ เริ่มพบเซลล์ออสติโอคลาสต์มากขึ้น ด้านตั้ง ช่องเอ็นยึดปริทันต์
กว้างขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ผิวกระดูกเบ้าฟันส่วนใหญ่มีขอบเรียบ พบเซลล์ออสติโอเบลาสต์น้อยอยู่โดยทั่วไป ช่วงที่ 2
ภายหลังได้รับแรงเคลื่อนฟันเป็นเวลา 4-8 วัน ด้านกุด ช่องเอ็นยึดปริทันต์แคบลงมากเมื่อเทียบกับช่วงแรก ปรากฏบริเวณ
ไฮยาลินในเข้ชั้นในแผ่นชิ้นเนื้อบางแผ่น เซลล์ออสติโอคลาสต์ละลายผิวกระดูกเบ้าฟันโดยทั่วไป โดยเฉพาะบริเวณใกล้ปลาย
รากฟัน ด้านตั้ง ช่องเอ็นยึดปริทันต์กว้างขึ้น มีเซลล์ออสติโอเบลาสต์กระจายตามผิวกระดูกเบ้าฟันเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบ
กับช่วงแรก พบมีการละลายของผิวเคลือบรากฟันในแผ่นชิ้นเนื้อบางแผ่น ช่วงที่ 3 ภายหลังได้รับแรง 10-14 วัน พบการ
เปลี่ยนแปลงทางจุลกายวิภาคศาสตร์คล้ายกลุ่มควบคุม คือช่องเอ็นยึดปริทันต์ด้านตั้งและด้านกุด มีความกว้างใกล้เคียงกัน
ผิวกระดูกเบ้าฟันพบเซลล์ออสติโอคลาสต์ได้น้อย แต่ยังคงพบเซลล์ออสติโอเบลาสต์น้อยอยู่ทั่วไป พบการละลายตัวของผิว
เคลือบรากฟันเป็นแอ่งในแผ่นชิ้นเนื้อบางแผ่น

ค่าเฉลี่ยของจำนวนเซลล์ออสติโอคลาสต์และออสติโอเบลาสต์ของด้านทดลองในแต่ละช่วงเวลามีค่ามากกว่า
ด้านควบคุม และมีค่าสูงที่สุดในวันที่ 6 ภายหลังได้รับแรงเคลื่อนฟัน ซึ่งต่างจากวันอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากนั้น
จะค่อยๆลดลง

ภาควิชา ทันตกรรมจัดฟัน
สาขาวิชา ทันตกรรมจัดฟัน
ปีการศึกษา 2538

ลายมือชื่อนิติ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

#C665038 : MAJOR ORTHODONTICS

KEY WORD: ORTHODONTIC FORCE/HISTOLOGY/ALVEOLAR BONE/OSTEOCLAST/OSTEOBLAST

KOWIT POOLSIN : HISTOLOGIC CHANGES OF ALVEOLAR BONE RESPONSE TO ORTHODONTIC FORCE IN WISTAR RATS. THESIS ADVISOR : PROF. WATANA MATHURASAI, THESIS CO-ADVISOR : ASSI. PROF. DR. WANDEE APINHASMIT, 121 PP. ISBN 974-633-688-6

The objective of this study was to investigate the effect of orthodontic force on the histologic response of the pressure and tension sides of alveolar bone at different periods of time.

The sample consisted of 16 male wistar rats, aged 60 days. The left maxillary first molar of each animal was retracted by plastic module using initial force of 40 grams, while the right one was not retracted and used as a control. Two animals were sacrificed randomly after each of the following period: 1,2,4,6,8,10,12, and 14 days, respectively. The histologic response of the alveolar bone was scrutinized from the serial sections of the alveolar bone distal to mesiobuccal root of left maxillary first molar cut in mesiodistal direction. Oneway ANOVA and multiple comparison statistics at the level of 0.05 significance were used to compare the average numbers of osteoclasts and osteoblasts at different periods of time.

Histologic changes of alveolar bone and other periodontium subjected to orthodontic force could be divided into 3 phases : 1-2, 4-8, 10-14 days. In the first phase, the periodontal space at the pressure side was narrower than that of the control group. The alveolar bone surface of this side was rough with higher numbers of osteoclasts. The periodontal space of the tension side was wider than that of the control group. Most of alveolar bone surface at this side was smooth and covered with osteoblasts. In the second phase, the periodontal space at the pressure side was narrower than that of the first phase and hyalinization was observed in some tissue sections. The alveolar bone surface was resorbed by osteoclasts especially at root apex. At the tension side, the periodontal spaces was wider than that of the previous phase and a large numbers of osteoblasts lined along the alveolar bone surface. Cemental resorption was seen in some tissue sections. In the third phase, histologic features of the experimental group were similar to the control group. The periodontal space at the pressure and tension sides were as the same width. Osteoclasts were hardly seen but osteoblasts were generally found. Cemental resorption was shown in some tissue sections.

The average numbers of osteoclasts and osteoblasts of the experimental group on each period of time after retraction were significantly higher than those of the control groups. They reached a peak after 6 days of retraction and gradually declined.

ภาควิชา.....ทันตกรรมจัดฟัน
สาขาวิชา.....ทันตกรรมจัดฟัน
ปีการศึกษา.....2538

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณหลายท่าน ทาง
 ด้านวิชาการ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ หันตแพทย์ วัฒนะ มธุราลัย
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หันตแพทย์หญิง ดร. วันดี อภินทรมิต รองศาสตราจารย์
 หันตแพทย์หญิง สมรตรี วิถีพร รองศาสตราจารย์ หันตแพทย์หญิง ดร. นवलน้อย
 เวชบรรจง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หันตแพทย์ กนก สรเทศน์ และคณาจารย์ภาควิชา
 หันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำ
 ซึ่งมีประโยชน์ต่อการวิจัย

ทางด้านการรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณ จรัส เอกะวิภาต ภาควิชา
 ชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความอนุเคราะห์จัดหา
 และเครื่องมือผ่าตัดสัตว์ทดลองตลอดการวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หันตแพทย์หญิง ดวลลี
 เมฆาธรานิบ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หันตแพทย์หญิง ดร. วันดี อภินทรมิต ภาควิชา
 กายวิภาคศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความอนุเคราะห์
 อุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย บริษัทแอกคอร์ด คอร์ปอเรชั่น ประเทศไทย และ
 บริษัทฮอร์มิก คอร์ปอเรชั่น สหรัฐอเมริกา ในความอนุเคราะห์วัสดุสำหรับการวิจัย

ทางด้านการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. อัมร
 จันทวานิช สำหรับความอนุเคราะห์ด้านการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หันตแพทย์
 กนก สรเทศน์ ที่กรุณาให้คำแนะนำการทำสถิติ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์

เนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิต
 วิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณผู้มีพระคุณท่านอื่นๆ ซึ่งมีสามารถกล่าวนามได้หมด
 คุณความดีอันเกิดจากงานวิจัยนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โกวิท พูลสิน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ประโยชน์ของการวิจัย	3
สมมติฐานของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
ข้อตกลงเบื้องต้น	4
ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย	5
คำจำกัดความ	5
2. วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง	6
ลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของฟันและซากรรไกรของหนูวิสตาร์	6
การเคลื่อนที่ของฟันกรามตามธรรมชาติ	7
การซ่อมสร้างกระดูกที่ถูกทำลายในหนูวิสตาร์	9
การเคลื่อนฟันเมื่อได้รับแรงทางทันตกรรมจัดฟัน	11
การศึกษาเปรียบเทียบการตอบสนองของฟันและอวัยวะรอบรากฟัน ในคน และสัตว์ทดลองเมื่อได้รับแรงเคลื่อนฟัน	23
กลไกการปรับเปลี่ยนรูปร่างกระดูก(Bone Remodeling).....	26
พลาสติกโมดูล	29

ประวัติ	29
ข้อดีและข้อเสียของพลาสติกโมดูล	29
การศึกษาเกี่ยวกับการลดลงของแรงในพลาสติกโมดูล	30
3. ระเบียบวิธีวิจัย	40
ประชากร	40
กลุ่มตัวอย่าง	40
วิธีการรวบรวมข้อมูล	40
ตัวแปรของการวิจัย	46
การวิเคราะห์ข้อมูล	46
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	47
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	78
รายการอ้างอิง	84
ภาคผนวก	89
ประวัติผู้เขียน	107

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงการเปลี่ยนแปลงทางจุลกายวิภาคศาสตร์ของฟันกรามซี่แรก (Azuma, 1970)	17
2 แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักของหนูที่ใช้ทดลองทั้ง 4 ครอบง งระยะเวลา 60 วัน	47
3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของ จำนวนเซลล์ยอสติโคลาสท์ บนกระดูกเบ้าฟันเมื่อได้รับแรงเคลื่อนฟัน โดยรวมขึ้นเนื้อที่ได้จากหนูทั้งสองตัวในแต่ละช่วงเวลาที่ให้แรง มีหน่วยเป็น เซลล์ต่อความหนากระดูกเบ้าฟัน 7 ไมโครเมตร	69
4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของ จำนวน เซลล์ยอสติโคลาสท์ บนกระดูกเบ้าฟันเมื่อได้รับแรงเคลื่อนฟัน โดยแยกขึ้นเนื้อที่ได้จากหนูทั้งสองตัวในแต่ละช่วงเวลาที่ให้แรง มีหน่วยเป็น เซลล์ต่อความหนากระดูกเบ้าฟัน 7 ไมโครเมตร	69
5 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของ จำนวนเซลล์ยอสติโอบลาสท์ บนกระดูกเบ้าฟันเมื่อได้รับแรงเคลื่อนฟัน โดยรวมขึ้นเนื้อที่ได้จากหนูทั้งสองตัวในแต่ละช่วงเวลาที่ให้แรง มีหน่วยเป็น เซลล์ต่อความหนากระดูกเบ้าฟัน 21 ไมโครเมตร	71
6 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของ จำนวนเซลล์ยอสติโอบลาสท์ บนกระดูกเบ้าฟันเมื่อได้รับแรงเคลื่อนฟัน โดยแยกขึ้นเนื้อที่ได้จากหนูทั้งสองตัวในแต่ละช่วงเวลาที่ให้แรง มีหน่วยเป็น เซลล์ต่อความหนากระดูกเบ้าฟัน 21 ไมโครเมตร	71
7 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของ จ โดยรวมขึ้นเนื้อที่ได้จากหนูทั้งสองตัวในแต่ละช่วงเวลาที่ให้แรง มีหน่วยเป็น เซลล์ต่อความหนากระดูกเบ้าฟัน 7 ไมโครเมตร	73
8 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของ จำนวนเซลล์ยอสติโคลาสท์ บนกระดูกเบ้าฟันที่ไม่ได้รับแรงเคลื่อนฟัน	

- โดยแยกชิ้นเนื้อที่ได้จากหนูทั้งสองตัวในแต่ละช่วงเวลาที่ให้แรง มีหน่วยเป็น เซลล์ต่อความหนากระดุกเบาพื้น 7 ไมโครเมตร 73
- 9 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ จำนวนเซลล์ของสตีโอบลาสท์ บนกระดุกเบาพื้นที่ไม่ได้รับแรงเคลื่อนไหว โดยรวมชิ้นเนื้อที่ได้จากหนูทั้งสองตัวในแต่ละช่วงเวลาที่ให้แรง มีหน่วยเป็น เซลล์ต่อความหนากระดุกเบาพื้น 21 ไมโครเมตร 75
- 10 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ จำนวนเซลล์ของสตีโอบลาสท์ บนกระดุกเบาพื้นที่ไม่ได้รับแรงเคลื่อนไหว โดยแยกชิ้นเนื้อที่ได้จากหนูทั้งสองตัวในแต่ละช่วงเวลาที่ให้แรง มีหน่วยเป็น เซลล์ต่อความหนากระดุกเบาพื้น 21 ไมโครเมตร 75
- 11 แสดง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของสตีโอบลาสท์บนผิว กระดุกเบาพื้น ในกลุ่มทดลองที่ได้รับแรง และ กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับแรง ในช่วงเวลาต่างๆ มีหน่วยเป็น เซลล์ต่อความหนาชิ้นเนื้อ 7 ไมโครเมตร 77
- 12 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของสตีโอบลาสท์บนผิว กระดุกเบาพื้น ในกลุ่มทดลองที่ได้รับแรง และ กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับแรง ในช่วงเวลาต่างๆ มีหน่วยเป็น เซลล์ต่อความหนาชิ้นเนื้อ 21 ไมโครเมตร 77
- 13 แสดงน้ำหนักหนูที่ใช้ทดลอง จำนวน 16 ตัว 89

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1 กราฟแสดงจำนวนของสติโคลาสท์ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละวัน ภายหลังจากการถนอมพันแกรม(Van และคณะ , 1982)	11
2 กราฟแสดงการเคลื่อนพันในหนูกลุ่มอายุน้อย เปรียบเทียบกับหนูกลุ่มอายุมาก(Bridges และคณะ , 1988)	20
3 กราฟแสดงความหนาแน่นของกระดูกในหนูกลุ่มอายุน้อย เปรียบเทียบกับหนูกลุ่มอายุมาก(Bridges และคณะ , 1988)	21
4 แสดงกลไกที่เกี่ยวข้องกันระหว่างเซลล์ของสติโคลาสท์และของสติโคลาสท์ขณะเกิดการปรับเปลี่ยนรูปร่างกระดูก (Sandy , 1992)	28
5 แสดงโครงเหล็กกล้าไร้สนิม และเครื่องมือวัดแรงที่ใช้ในการวิจัย (Hershey และ Reynolds , 1975)	34
6 กราฟแสดงผลของเวลาที่การลดลงของแรงของพลาสติกโมดูล โดยไม่มีการเคลื่อนพัน แสดงผลเป็นร้อยละของแรงเริ่มต้น(Hershey และ Reynolds , 1975)	35
7 แสดงผลของการเลียนแบบการเคลื่อนพันเข้าหากันด้วยอัตราเร็วต่างกัน (Hershey และ Reynolds , 1975)	35
8 แสดงเครื่องมือที่ใช้ยึดโมดูล ประกอบด้วยแท่งโพลีเอสเตอร์(Polyester) ที่มีหมุดเหล็กปักอยู่ 16 คู่ คนละข้างของสกรูซึ่งใช้หมุนเข้าหากัน เพื่อเลียนแบบการเคลื่อนพัน โมดูลจะถูกยึด โดยสวมลงบนหมุดเหล่านี้ได้พร้อมกันทีละ 16 เส้น (De Genova และคณะ , 1985)	37
9 กราฟแสดงอัตราร้อยละเฉลี่ยของแรงที่เหลืออยู่ของโมดูลทั้ง 3 ปริมาตร ที่ถูกดึงเป็นระยะทางคงที่ (De Genova และคณะ , 1985)	38
10 กราฟแสดงอัตราร้อยละเฉลี่ยของแรงที่เหลืออยู่ของโมดูลทั้ง 3 ปริมาตร เปรียบเทียบระหว่างการยึดโมดูลเป็นระยะทางคงที่ และการลดระยะทางที่ยึดโมดูลลง (De Genova และคณะ , 1985)	39
11 แสดงขอบเขตการนับจำนวนเซลล์ของสติโคลาสท์และของสติโอบลาสท์ โดย เริ่มจากยอดกระดูกเข้าพันระหว่างรากฟันใกล้แก้มใกล้กลางและรากฟันใกล้แก้มใกล้กลางซึ่งตรงกับเส้นแบ่งครึ่งความกว้างของกระดูกระหว่างรากฟัน(ลูกครุฑ) ไปยังกระดูกบริเวณปลายรากฟันซึ่งตรงกับเส้นแบ่งครึ่งความหนาของรากฟัน(ลูกครุฑ) (กำลังขยาย 26 เท่า)	43

12	แสดงพันธุกรรมบนที่แรกด้านขวาของ กลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้ได้รับแรงเคลื่อนพัน (กำลังขยาย 26 เท่า)	49
13	ขยายจากรูปที่ 12 แสดงกระดูกเบ้าฟัน (A) เอ็นยึดปริทันต์ (P) เนื้อฟัน (D) และเคลือบรากฟัน (C) พบการหนาตัวของเคลือบรากฟันที่ระดับ 1/3 ของ ความยาวรากฟันวัดจากง่ามรากฟัน สัมพันธ์กับการแคบลงของช่องเอ็นยึด ปริทันต์ (กำลังขยาย 50 เท่า)	49
14	ขยายจากรูปที่ 13 แสดงลักษณะการเรียงตัวของเอ็นยึดปริทันต์(P)มีทิศทางเฉียง ลงหาปลายราก (A=กระดูกเบ้าฟัน, D= เนื้อฟัน) (กำลังขยาย 99 เท่า)	50
15	ขยายจากรูปที่ 14 แสดงเส้นใยของเอ็นยึดปริทันต์ (P) ที่ฝังเข้าไปในกระดูก เบ้าฟัน (A) และเซลล์ของสติโอบลาสต์ (ob) ซึ่งบุตามผิวของกระดูกเบ้าฟัน (กำลังขยาย 390 เท่า)	50
16	แสดงกระดูกเบ้าฟัน (A) ในกลุ่มควบคุมซึ่งบางตำแหน่งพบการละลายกระดูก โดยเซลล์ของสติโอบลาสต์ (oc) (C=เคลือบรากฟัน, P= เอ็นยึดปริทันต์) (กำลังขยาย 99 เท่า)	51
17	ขยายจากรูปที่ 16 แสดงเซลล์ของสติโอบลาสต์ ภายในช่องฮาวซีพ(oc) (A=กระดูกเบ้าฟัน) (กำลังขยาย 256 เท่า)	51
18	แสดงอวัยวะปริทันต์บริเวณปลายรากฟันกรามบนที่แรกด้านขวาของ กลุ่ม ควบคุมประกอบด้วยกระดูกเบ้าฟัน (A) เอ็นยึดปริทันต์ (P) หลอดเลือดใน ช่องเอ็นยึดปริทันต์(bv) และเคลือบรากฟัน (C) ซึ่งมีรอยเว้าขนาดเล็กและ แคบๆโดยซีเมนติโอบลาสต์ และ พบซีเมนโตไซต์กระจายอยู่ในเคลือบรากฟัน (กำลังขยาย 256 เท่า)	52
19	แสดงพันธุกรรมและอวัยวะปริทันต์ของหนูกลุ่มทดลองที่ได้รับแรงเคลื่อนพันไป ทางด้านใกล้กลาง เป็นเวลา 2 วัน (กำลังขยาย 26 เท่า)	54
20	ขยายจากรูปที่ 19 แสดงเอ็นยึดปริทันต์ (P) เคลือบรากฟัน(C) ขอบเขต ของกระดูกเบ้าฟันด้านตึง(A) มีรอยเว้าขนาดใหญ่ตามผิวกระดูก (ลูกศรชี้) (กำลังขยาย 127 เท่า)	54
21	ขยายจากรูปที่ 20 แสดงขอบเขตของกระดูกเบ้าฟันด้านตึง บริเวณที่ผิวกระดูก เรียบ (A) มีเซลล์ของสติโอบลาสต์ (ob) บุตามผิวกระดูก เอ็นยึดปริทันต์ (P) มีการยึดตัว (กำลังขยาย 390 เท่า)	55
22	ขยายจากรูปที่ 19 แสดงขอบเขตของกระดูกเบ้าฟันด้านกด (A) เส้นใย เอ็นยึดปริทันต์ (P)สูญเสียการเรียงตัว และช่องเอ็นยึดปริทันต์แคบลง (C=เคลือบรากฟัน) (กำลังขยาย 127 เท่า)	55

- 23 ขยายจากรูปที่ 22 แสดงเซลล์ยีสต์โอบคลาสท์ (oc) บริเวณผิวกระดูกเบาพื้นด้าน
กคบริเวณปลายรากฟัน(C=เคลือบรากฟัน) (กำลังขยาย 390 เท่า) 56
- 24 แสดงฟันกรามและอวัยวะปริทันต์ของหนูกลุ่มทดลองที่ได้รับแรงเคลิอนพื้น
4 วัน, 6 วัน และ 8 วัน (กำลังขยาย 26 เท่า) 58
- 25 ขยายจากรูปที่ 24 แสดงขอบเขตของกระดูกเบาพื้นด้านตึงมีรอยเว้าขนาด
ใหญ่ (ลูกศรชี้)ตามผิวของกระดูกเบาพื้น (A) (D= เนื้อฟัน,P= เอ็นยึดปริทันต์)
(กำลังขยาย 127 เท่า) 58
- 26 ขยายจากรูปที่ 25 แสดงขอบเขตผิวกระดูกเบาพื้นด้านตึง (A) มีรอยเว้า
ปรากฏเซลล์ยีสต์โอบคลาสท์ (ob) บุกตามผิวกระดูกเบาพื้น ช่องเอ็นยึดปริทันต์
(P) กว้างมีการยึดตัวของเส้นใยเอ็นยึดปริทันต์ (กำลังขยาย 250 เท่า) 59
- 27 ขยายจากรูปที่ 24 แสดงขอบเขตของกระดูกเบาพื้นในด้านกค พบแอ่งขนาด
เล็กและใหญ่ทั่วไป ช่องเอ็นยึดปริทันต์ (P) แคบลง เส้นใยเอ็นยึดปริทันต์
สูญเสียการเรียงตัว(A=กระดูกเบาพื้น, C=เคลือบรากฟัน, H=บริเวณไฮยาลินแซชั่น)
(กำลังขยาย 127 เท่า) 59
- 28 ขยายจากรูปที่ 27 แสดงบริเวณด้านกคปลายรากฟันเกิด ไฮยาลินแซชั่น (H)
(A=กระดูกเบาพื้นด้านกค, C= เคลือบรากฟัน)(กำลังขยาย 253 เท่า) 60
- 29 ขยายจากรูปที่ 27 แสดงขอบเขตกระดูกเบาพื้นบริเวณปลายรากฟัน (A)
พบแอ่งเว้าขนาดเล็กโดยทั่วไป ภายในแอ่งดังกล่าวพบเซลล์ยีสต์โอบคลาสท์ (oc)
(C=เคลือบรากฟัน, P=ช่องเอ็นยึดปริทันต์)(กำลังขยาย 253 เท่า) 60
- 30 แสดงเซลล์ยีสต์โอบคลาสท์ (oc) บริเวณผิวกระดูกเบาพื้นด้านกค (A)
(C=เคลือบรากฟัน, P=ช่องเอ็นยึดปริทันต์) (กำลังขยาย 517 เท่า) 61
- 31 แสดงเซลล์ซีเมนโตคลาสท์ (mc) ละลายผิวเคลือบรากฟัน (C)(A= กระดูก-
เบาพื้นด้านกค, P=ช่องเอ็นยึดปริทันต์) (กำลังขยาย 513 เท่า) 61
- 32 แสดงฟันกรามและอวัยวะปริทันต์ของหนูกลุ่มทดลอง ที่ได้รับแรงเคลิอนพื้น
เป็นเวลา 10 , 12 และ 14 วัน (กำลังขยาย 26 เท่า) 64
- 33 แสดงผิวกระดูกเบาพื้นด้านตึง (A) ปรากฏเซลล์ยีสต์โอบคลาสท์ (ob) บุกอยู่ทั่ว
ไปตลอดแนว, (D=เนื้อฟัน, P=เอ็นยึดปริทันต์)(กำลังขยาย 390 เท่า) 64
- 34 ขยายจากรูปที่ 32 แสดงผิวกระดูกเบาพื้นด้านกค (A) พบแอ่งเว้าโดยทั่วไป
ปรากฏเซลล์ยีสต์โอบคลาสท์ (oc) ในบางตำแหน่ง,(C=เคลือบรากฟัน,
P=เอ็นยึดปริทันต์) (กำลังขยาย 127 เท่า) 65
- 35 แสดงบริเวณปลายรากฟันพบมีการละลายของเคลือบรากฟัน (C), (A=กระดูก-
เบาพื้นด้านกค, P=เอ็นยึดปริทันต์) (กำลังขยาย 127 เท่า) 65

36	ขยายจากรูปที่ 35 แสดงเซลล์ซีเมนโตคลาสท์ (mc) ละลายเคลือบรากฟัน (C) (P=เอ็นอีคปริทันต์) (กำลัง ขยาย 390 เท่า)	66
37	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของสติโอบลาสต์ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละวันบน กระดูกเบ้าฟันเมื่อได้รับแรงเคลิอนฟัน	70
38	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของสติโอบลาสต์ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละวันบน กระดูกเบ้าฟันเมื่อได้รับแรงเคลิอนฟัน	72
39	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของสติโอบลาสต์ในแต่ละวันบนกระดูกเบ้าฟัน ที่ไม่ได้รับแรงเคลิอนฟัน	74
40	กราฟแสดงค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของสติโอบลาสต์ในแต่ละวันบนกระดูกเบ้าฟัน ที่ไม่ได้รับแรงเคลิอนฟัน	76



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย