บทที่ 2

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของขากรรไกรหนูวิสตาร์

ในแต่ละข้าง (quadrant) ของขากรรไกรมีฟัน 4 ซี่ ได้แก่ ฟันตัด 1 ซี่ และฟันกราม 3 ซี่ ฟันกรามซี่แรกบนมี 5 ราก เป็นรากด้านใกล้แก้ม 3 ราก และด้านใกล้ลิ้น 2 ราก โดยรากใกล้แก้มใกล้กลาง (mesio-buccal root) มีขนาดใหญ่ที่สุด ทุกรากมีแนวแกนเอียงไปทางด้านใกล้กลางและแยกห่างจากกัน ฟันกรามทั้ง 3 ซี่จะเรียงชิดติดกัน โดยมีช่องว่างขนาดใหญ่แยกห่างจากฟันตัด แนวแกนฟันกรามเอียงไปทางด้านไกลกลาง ความเอียงนี้ลดลงเป็นลำดับจากฟันกรามซี่แรกไปถึงซี่ที่สาม และเอียงออกทางด้านใกล้แก้ม ภายหลังการสร้างของรากฟันความยาวของฟันกรามจะคงที่ เมื่อมีการสึกของด้านบดเคี้ยวของฟันกรามจะมีการทดแทนด้วยการพอกเพิ่มของเคลือบรากฟันบริเวณปลายราก

การเคลื่อนที่ของฟันกรามตามธรรมชาติ

จากการศึกษาของ Sicher และ Weinmann (1944) ในหนูวิสตาร์ พบว่าโดยธรรมชาติฟันกรามงอกอย่างต่อเนื่องโดยเคลื่อนไปทางด้านไกลกลางและเคลื่อนออกทางด้านใกล้แก้มเล็กน้อย สังเกตได้จากการพอกเพิ่ม และการละลายตัวของกระดูก ทางด้านใกล้กลางพบการสร้างกระดูก เอ็นยึดปริทันต์ปกติและแข็งแรง ส่วนทางด้านไกลกลางเกิดการละลายกระดูก แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน

1. การละลายกระดูกโดยเซลล์ออสติโอคลาสท์ เส้นใยหลัก (principal fiber) ของเอ็นยึดปริทันต์สูญเสียการเรียงตัว และมีความผิดปกติของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดแน่น (dense connective tissue)

2. บริเวณที่กระดูกถูกละลายมีการสร้างกระดูกเป็นชั้นบาง ๆ เกิดการยึดเกาะใหม่ของเส้นใยหลักของเอ็นยึดปริทันต์กับผนังของกระดูกเบ้าฟัน

3. การพอกเพิ่มของกระดูกดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง จนไม่พบความแตกต่างระหว่างด้านใกล้กลาง และด้านไกลกลางของเนื้อเยื่อปริทันต์

การเคลื่อนของฟันไปทางด้านไกลกลางเกิดเป็นช่วง ๆ (intermittent period) เนื่องซ่อมแซมกระดูกและเอ็นยึดปริทันต์เกิดการยึดเกาะใหม่ อาจพบการละลายของเคลือบรากฟันหรือเนื้อฟันทางด้านไกลกลางซึ่งจะถูกซ่อมแซมโดยการพอกเพิ่มของเคลือบรากฟัน

จากแผ่นชิ้นเนื้อฟันที่ฝนจนบาง (ground section) ซึ่งได้จากสัตว์ที่ได้รับการฉีดสารอาริซาลิน-เอส (alizarin-s) สามารถประเมินการพอกเพิ่มของกระดูกในแต่ละสัปดาห์ พบว่า ฟันกรามบนและล่างของหนูที่อายุน้อยจะเคลื่อนไปทางด้านไกลกลางประมาณ 60 - 80 ไมโครเมตรต่อสัปดาห์ ส่วนในหนูที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ King และคณะ (1991) พบว่า ฟันกรามบนมีการเคลื่อนไปทางด้านไกลกลาง 7.7 ไมโครเมตรต่อวัน

สำหรับฟันตัดบน จากภาพรังสีของขากรรไกรบนหนูที่อายุต่าง ๆ กัน แสดงให้เห็นว่าระยะห่างของฐานฟันตัดบนกับฟันกรามมีค่าคงที่ โดยฐานของฟันตัดบนจะเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนของฟันกรามในแนวบดเคี้ยวไกลกลาง (occluso-distally)

<u>สรุปการเคลื่อนที่ของฟันตามธรรมชาติของหนูวิสตาร์ มีดังนี้</u>

1. ฟันตัดมีการเจริญเติบโตและงอกอย่างต่อเนื่อง
2. ฟันตัดมีการเจริญเติบโตทั้งปริมาตร และน้ำหนักตลอดอายุ
3. ฟันกรามจะงอกในสัปดาห์แรกของชีวิตหนูและภายหลังการงอกขึ้นสู่ช่องปากฟันซี่นั้นจะหยุดการเจริญเติบโต
4. ตลอดชีวิตของหนูระยะระหว่างฟันกรามและฟันหน้าจะคงที่

Van, Vignery และ Baron (1982) ศึกษาวงจรการซ่อมแซมกระดูกที่ถูกละลาย (bone remodeling sequence) โดยถอนฟันกรามบนขวาออกทั้งหมดเพื่อกระตุ้นให้ฟันกรามล่างงอกยาวขึ้นส่งผลให้ด้านใกล้แก้มของกระดูกเบ้าฟันเกิดการละลาย และสร้างกระดูกโดยทำการศึกษาในหนูวิสตาร์เพศผู้ จำนวน 39 ตัว เป็นเวลา 16 วัน ผลการศึกษาพบว่า

ในกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้รับการถอนฟัน ผิวกระดูกเบ้าฟันทางด้านใกล้แก้มจะถูกปกคลุมด้วยออสติออยด์ (osteoid) และออสติโอบลาสท์ที่แอคทีฟ (active osteoblast) (รูปที่ 1) มีการสร้างกระดูกและสะสมแร่ธาตุในอัตรา 2.5 $\pm$ 3 ไมโครเมตรต่อวัน ไม่พบออสติโอคลาสท์และช่องของฮาวชิพ

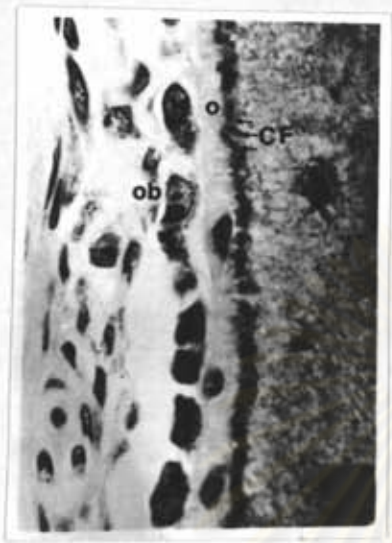
ในกลุ่มทดลองภายหลังถอนฟันกรามบนออก 1-2 วัน พบการสร้างแมทริกซ์ของกระดูก (bone matrix formation) หยุดลง แต่ยังคงมีการสังเคราะห์ออสติออยด์อยู่ แต่การสังเคราะห์นี้จะค่อย ๆ ลดลงจนหมดไปในวันที่ 4 ส่วนเซลล์ออสติโอบลาสท์จะเปลี่ยนรูปร่างจากเดิมเป็นลักษณะแบนในวันที่ 2 (รูปที่ 2) ออสติโอคลาสท์เริ่มพบครั้งแรกในวันที่ 3 และเพิ่มจำนวนสูงสุดในวันที่ 4 (รูปที่ 3) เริ่มลดลงในวันที่ 5 และ 6 และกลับคืนสภาพปกติในวันที่ 10 ถึง 16 การปรากฏช่องที่รีเวอสเซิล (reversal lacunae) แสดงร่องรอยการละลายกระดูก ซึ่งได้แก่ ช่องของฮาวชิพภายในอาจบรรจุเซลล์ออสติโอคลาสท์หรือออสติออยด์และออสติโอบลาสท์ (รูปที่ 4) ช่องที่รีเวอสเซิลนี้จะปรากฏครั้งแรกในวันที่ 4 และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงจุดสูงสุดในวันที่ 7 และกลับสู่สภาพปกติในช่วงวันที่ 10 - 16 ส่วนออสติออยด์ซึ่งเคยหายไปในช่วงวันที่ 4 และ 5 จะปรากฏอีกครั้งในวันที่ 6 และจะเพิ่มขึ้นจนปกคลุมทั่วกระดูกในวันที่ 16

การซ่อมแซมกระดูกในแต่ละช่วงจะต้องมีช่วงช้า (delay) ซึ่งต่างกันไปตามความสามารถของเซลล์แต่ละชนิด ดังนั้นการกำหนดระยะเวลาของแต่ละช่วง จึงได้จากครึ่งหนึ่งของระยะกราฟขึ้นและลงจากจุดสูงสุด(รูปที่ 5) ซึ่งสรุปได้ว่า

การละลายกระดูก เกิดในวันที่ 3 และกินเวลา 2-3 วัน

การซ่อมแซมกระดูก เกิดในวันที่ 5 และกินเวลา 4 วัน

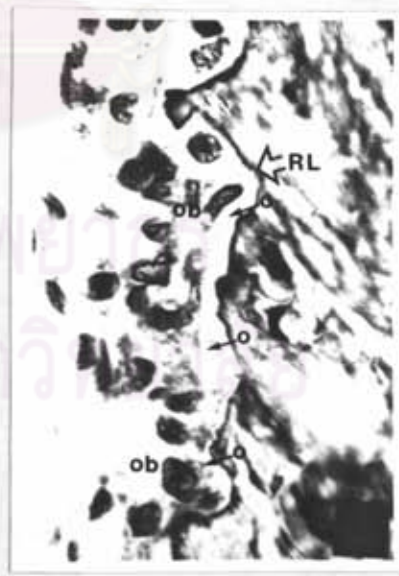
การสร้างกระดูก เกิดในวันที่ 10 ส่วนช่วงเวลานั้นไม่จำกัด จนกว่าจะเกิดการกระตุ้นให้เกิดการละลายกระดูก



รูปที่ 1

รูปที่ 2

รูปที่ 3



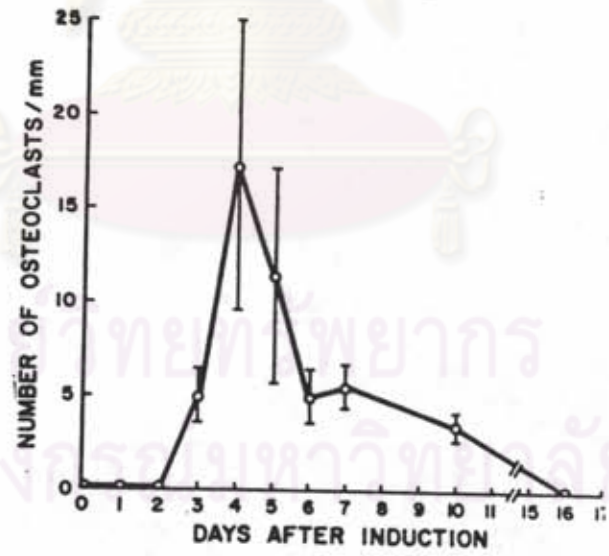
รูปที่ 4

รูปที่ 1 แสดงผิวกระดูกเบ้าฟันของกลุ่มควบคุม ที่ถูกปกคลุมด้วยออสติออยด์ (o) และบุทับด้วยออสติโอบลาสท์ (ob) พบเส้นแสดงการสะสมของแคลเซียม (CF)

รูปที่ 2 แสดงผิวกระดูกเบ้าฟันของกลุ่มทดลองในวันที่ 2 ภายหลังการถอนฟันกราม ออสติโอบลาสท์ (ob) มีลักษณะแบน

รูปที่ 3 แสดงผิวกระดูกเบ้าฟันของกลุ่มทดลองในวันที่ 4 ภายหลังการถอนฟันกราม พบออสติโอคลาสท์ (oc) จำนวนมากมาละลายกระดูกเกิดเป็นแอ่ง

รูปที่ 4 แสดงผิวกระดูกเบ้าฟันของกลุ่มทดลองในวันที่ 10 ภายหลังการถอนฟันกราม พบช่องของฮาวชิพถูกปกคลุมด้วยชั้นบาง ๆ ของออสติออยด์ (o, ลูกศรชี้) และบุทับด้วยออสติโอบลาสท์ (ob) ระหว่างกระดูกเดิมและออสติออยด์ถูกแบ่งโดยเส้น RL



รูปที่ 5 กราฟแสดงจำนวนออสติโอคลาสท์ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละวันภายหลังการถอนฟันกราม

การเคลื่อนที่ของฟันเมื่อได้รับแรงทางทันตกรรมจัดฟัน

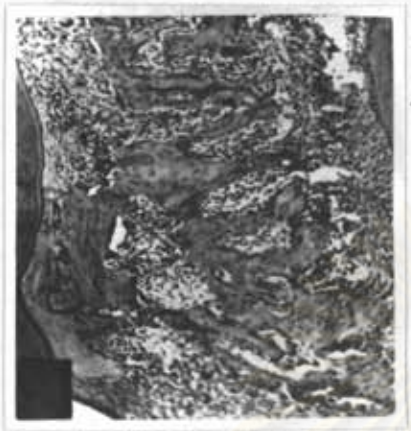
Waldo และ Rothblatt (1954) เป็นคนแรกที่ศึกษาการเคลื่อนที่ของฟันหนู เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำโดยใช้ยางจัดฟันใส่ระหว่างฟันกรามบนขวาซี่แรกและซี่ที่สอง วันที่ 1, 3 และ 5 ภายหลังแยกฟัน นำฟันที่ถูกแยกมาทำแผ่นชิ้นเนื้อและย้อมด้วยสีอะแซน (Azan stain) หรืออีมาท็อกซิลินและอีโอซิน (Hematoxylin and Eosin) ผลการศึกษาพบว่า การเคลื่อนที่ของฟันเป็นแบบทิปปิงโดยมีจุดหมุนประมาณ 1 ใน 3 ใกล้ปลายรากฟัน (apical third) การเคลื่อนที่ของฟันเริ่มที่ 24 ชั่วโมง และมีระยะห่างของฟันสูงสุดที่ 3 วันภายหลังใส่ยาง ลักษณะทางจุลกายวิภาคศาสตร์ที่พบ คือ

24 ชั่วโมง มีการกระจายของเซลล์เนื้อเยื่อเกี่ยวพันมายังกระดูกที่ติดกับเอ็นยึดปริทันต์ ทางด้านกดช่องเอ็นยึดปริทันต์แคบลงร่วมกับมีหลอดเลือดหดตัวเฉพาะตำแหน่ง ส่วนทางด้านดึงช่องเอ็นยึดปริทันต์กว้างขึ้นและมีการขยายตัวของหลอดเลือด

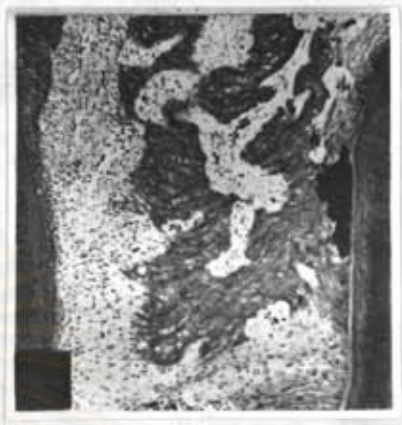
วันที่ 3 การตอบสนองต่อแรงเคลื่อนฟันใกล้จุดสูงสุดเกิดเลือดออก กระดูกเบ้าฟันละลายจากภายใน (undermining resorption) และพบออสติโอคลาสท์จำนวนมากในบริเวณที่มีแรงมากเกินขนาด (รูปที่ 6)

วันที่ 5 การตอบสนองที่แสดงลักษณะทางจุลกายวิภาคมีมากกว่าวันที่ 3 ความกว้างของเอ็นยึดปริทันต์ทางด้านกด และด้านดึงแตกต่างกันมาก ด้านกดสังเกตพบบริเวณเลือดออกได้อย่างชัดเจน (รูปที่ 7) ขอบเขตของกระดูกไม่เรียบ (scalloped-out craters of bone)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6



รูปที่ 7

รูปที่ 6 แสดงการตอบสนองของกระดูกเบ้าฟันต่อแรงเคลื่อนฟันในวันที่ 3

รูปที่ 7 แสดงการตอบสนองของกระดูกเบ้าฟันต่อแรงเคลื่อนฟันในวันที่ 5

Zaki และ Van Huysen (1963) ศึกษาการเคลื่อนที่ของฟันในหนูวิสตาร์น้ำหนัก 220 กรัม 24 ตัว เมื่อได้รับแรงแยกฟันตามวิธีของ Waldo และ Rothblatt (1954) แต่เปลี่ยนมาใช้แผ่นยางกั้นน้ำลาย (dental rubber dam) กว้าง 2 มิลลิเมตร หนา 0.14 มิลลิเมตร ศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคศาสตร์ที่เวลา 6, 12, 24 และ 72 ชม. พบว่าแผ่นยางกั้นน้ำลายแยกฟันทำให้ฟันกรามบนซี่แรกเคลื่อนไปทางด้านใกล้กลาง ขณะที่ฟันกรามบนซี่ที่สองเคลื่อนไปทางด้านไกลกลางทิศทางเดียวกับการเคลื่อนฟันตามธรรมชาติ เมื่อศึกษาบริเวณด้านกดและด้านดึงที่ระดับคอฟันเทียบกับระดับรากฟัน แสดงการเคลื่อนฟันแบบทิปปิง การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคศาสตร์ที่พบในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน มีดังนี้

6 ชั่วโมง ด้านกดพบนิวเคลียสของไฟโบรบลาสท์หดตัว (pyknotic) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่พบไอยาลิไนเซชั่น พบการละลายของกระดูกเข้าฟันจากชั้นในกระดูกพรุน (medullary space) โดยเซลล์ออสติโอคลาสท์ ทางด้านติงพบนิวเคลียสของไฟโบรบลาสท์ยาวขึ้นตามทิศทางของเอ็นยึดปริทันต์ที่ถูกดึง ไม่พบการพอกเพิ่มของกระดูกในช่วงนี้

12 ชั่วโมง ด้านกดพบไอยาลิไนเซชั่นตลอดแนวกระดูกที่ถูกกด การละลายกระดูกเข้าฟันยังคงเกิดจากชั้นในกระดูกพรุน โดยมีหลอดเลือดมาเลี้ยงบริเวณที่เกิดการละลายทางด้านติงปรากฏหลอดเลือดชัดเจนตรงกึ่งกลางเอ็นยึดปริทันต์ นิวเคลียสของไฟโบรบลาสท์ที่เคยยาวเปลี่ยนรูปร่างเป็นลักษณะกลม

24 ชั่วโมง เอ็นยึดปริทันต์ทางด้านกดถูกบีบอย่างรุนแรงเกิดไอยาลิไนเซชั่นที่มีขอบเขต และตำแหน่งต่าง ๆ กัน ด้านติงเซลล์ในเอ็นยึดปริทันต์เพิ่มจำนวนมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณใกล้ผิวกระดูกเข้าฟัน พบออสติออยด์ที่ปลายเส้นใยปริทันต์โดยมีออสติโอบลาสท์อยู่บนผิวของออสติออยด์นั้น

72 ชั่วโมง ด้านกดเอ็นยึดปริทันต์ยังคงถูกกด และเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ ผิวกระดูกปกคลุมด้วยออสติโอคลาสท์จำนวนมาก โดยมีหลอดเลือดอยู่ใกล้กับเซลล์ชนิดนี้เป็นจำนวนมาก ส่วนบริเวณที่เกิดไอยาลิไนเซชั่นไม่พบเซลล์ออสติโอคลาสท์และหลอดเลือด

Zaki และ Van Huysen สรุปว่า การให้แรงขนาดสูง ๆ ในฟันหลายรากในหนูที่กำลังเจริญเติบโตทำให้เกิดการเคลื่อนฟันแบบทิปปิง เมื่อเอ็นยึดปริทันต์ได้รับแรงจะเกิดไอยาลิไนเซชั่นและการละลายกระดูกเข้าฟันทางด้านกดโดยเป็นการละลายจากภายในกระดูกด้านพรุน (undermining resorption) หากแรงกระทำมีขนาดพอเหมาะไม่ทำให้เนื้อเยื่อในเอ็นยึดปริทันต์ตาย การละลายจะเริ่มจากผิวด้านนอก จากการศึกษาครั้งนี้พบลักษณะเด่นคือ ด้านติงจะพบหลอดเลือดขนาดใหญ่อยู่กึ่งกลางช่องเอ็นยึดปริทันต์ ส่วนด้านกดจะพบหลอดเลือดขนาดเล็กที่มีความสัมพันธ์กับบริเวณที่กำลังเกิดการละลายกระดูก

Heller และ Nanda (1979) ศึกษาการเคลื่อนฟันในหนูสปรากดอลี (Sprague-Dawley) เพศผู้โดยใช้สปริงชนิดเกลียวปิดซึ่งมีข้อดี คือ แรงเคลื่อนฟันจากสปริงจะคงที่ต่างจากการใช้ยางแยกฟันซึ่งมีข้อเสียคือยางจะหลุดออกจากซอกฟันภายในเวลา 5 วัน และแรงที่เกิดจากยางมีขนาดสูงเมื่อเริ่มต้นทดลอง หลังจากนั้นแรงจะลดลงอย่างรวดเร็ว

019195

การศึกษาของ Heller และ Nanda ในครั้งนี้ใช้สปริงเกลียวปิดขนาด 0.006 x 0.020 นิ้ว ยาว 1/4 นิ้ว คล้องจากขอกฟันระหว่างฟันกรามบนขวาซี่แรกกับซี่ที่สองไปยังรูเจาะที่ฟันตัดขวาด้วยลวดมัดฟัน ดึงให้เกิดแรง 50 กรัม เคลื่อนฟันเป็นเวลา 9 วัน ทำการศึกษาที่ด้านตึงของฟันด้านใกล้กลางของรากใกล้กลาง และด้านไกลกลางของรากไกลกลางของฟันกรามบนขวาซี่แรก เนื่องจากฟันกรามจะเคลื่อนเองตามธรรมชาติไปในทิศไกลกลาง ดังนั้นก่อนจะเคลื่อนฟันบริเวณที่จะศึกษาย่อมเกิดการละลายอยู่ก่อน เพื่อให้แรงเคลื่อนฟันในทิศใกล้กลางจะเกิดการสร้างกระดูกใหม่บนบริเวณที่เคยละลายเกิดเป็นเส้นรีเวอสเซิล (reversal line) นำภาพถ่ายจากแผ่นชิ้นเนื้อมาขยายขนาด 5x7 นิ้ว หาพื้นที่ของการสร้างกระดูกจากเส้นรีเวอสเซิล โดยอาศัยเครื่องวัดเพลนิมิเตอร์ (planimeter) การศึกษาพบว่า ด้านใกล้กลางของรากใกล้กลางมีการสร้างกระดูกอยู่ในช่วง 0.42 ถึง 1.95 ตารางมิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 1.15 $\pm$ 0.48 ตารางมิลลิเมตร ส่วนด้านไกลกลางต่อรากไกลกลางมีการสร้างกระดูกอยู่ในช่วง 0.06 ถึง 0.58 ตารางมิลลิเมตร และมีค่าเฉลี่ย 0.45 $\pm$ 0.27 ตารางมิลลิเมตร แสดงว่า หากทำการเคลื่อนฟันในลักษณะเดียวกันนี้ ย่อมสามารถตรวจพบเซลล์ออสติโอบลาสท์ที่มาสร้างกระดูกได้ที่กระดูกเบ้าฟันด้านใกล้กลางต่อรากใกล้กลางของฟันกรามบนซี่แรก

King และ Fischlschweiger (1982) ทำการเคลื่อนฟันกรามบนของหนูสปรากดอลีด้วยแรงขนาดต่าง ๆ กัน เพื่อหาขนาดแรงที่เหมาะสมในการเคลื่อนฟันเป็นเวลา 14 วัน โดยพิจารณาจากระยะทางที่ฟันเคลื่อนที่ได้โดยใช้เครื่องวัดความหนาขนาดต่าง ๆ กันแทรกระหว่างฟันกรามบนซี่แรกและซี่ที่ 2 พิจารณาร่วมกับการละลายของกระดูกด้วยวิธีโบนรีซอพชั่นแอสเส (bone resorption assay) และเปรียบเทียบรอยกร่อนของเคลือบรากฟัน ตั้งแต่รอยต่อเคลือบรากฟันกับเคลือบฟันไปยังปลายราก พบว่าแรงขนาด 40 กรัม สามารถกระตุ้นให้เกิดการเคลื่อนฟัน การละลายของกระดูก โดยไม่ทำให้เกิดการกร่อนของเคลือบรากฟันอย่างมีนัยสำคัญ และวันที่ 5 ของการเคลื่อนฟันมีการตอบสนองของกระดูกเบ้าฟันต่อแรงเคลื่อนฟันปรากฏชัดเจน

แม้ว่าการเคลื่อนฟันด้วยยางแยกฟันจะมีข้อด้อย แต่ Inubushi (1990) ได้นำวิธีดังกล่าวมาดัดแปลงโดยใช้ยาง 3 ขนาดความหนาคือ 0.65 มม. x 1.0 มม. x 1.0 มม., 1.0 มม. x 1.0 มม. x 1.0 มม. และ 1.5 มม. x 1.0 มม. x 1.0 มม. แทรกระหว่างฟันกรามบนซี่แรกและซี่ที่ 2 ในหนูวิสตาร์เพศผู้น้ำหนัก 220-250 กรัม 97 ตัว เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนของโลหิตเริ่มแรก (initial blood flow changes) กับการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคศาสตร์ทางด้านกดขณะมีการเคลื่อนฟัน โดยหนู 5 ตัว นำไปวัดการไหลเวียนของโลหิตในเหงือก 17 ตัวนำไปวัดการไหลเวียนของโลหิตในเอ็นยึดปริทันต์ และ 75 ตัวนำไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคศาสตร์ โดยแบ่งกลุ่มละ 25 ตัว สำหรับแต่ละความหนาของแผ่นยาง ภายหลังแยกฟันฆ่าหนูที่เวลา 6, 12, 24, 48, และ 72 ชั่วโมง ช่วงเวลาละ 5 ตัว การศึกษาทางจุลกายวิภาคศาสตร์ทำเฉพาะบริเวณใกล้กลางใกล้แก้มของรากใกล้กลางของฟันกราม เนื่องจากบริเวณนั้นไม่มีการละลายของกระดูก จากการเคลื่อนฟันตามธรรมชาติ นำสไลด์ที่มีแผ่นชิ้นเนื้อไปฉายด้วยเครื่องโฟโตไมโครกราฟ (photomicrograph) และลอกด้วยกระดาษลอกลายอะซิเตด (acetate tracing paper) วัดระยะลงมาจากยอดกระดูกเบ้าฟัน 600 ไมโครเมตร นับจำนวนออสติโอคลาสท์ และช่องของฮาวชิฟขนผิวกระดูก พบว่า แรงขนาดมากซึ่งเกิดจากยางที่มีความหนามากมีผลลดการไหลเวียนของโลหิตภายในเอ็นยึดปริทันต์ที่ถูกกด การลดการไหลเวียนของโลหิตในเหงือกจะใช้เวลานานกว่าในเอ็นยึดปริทันต์ในการกลับสู่สภาวะการไหลเวียนปกติ นอกจากนี้แรงขนาดมากยังกระตุ้นให้เกิดไฮยาลิไนเซชั่นได้เร็วและเป็นบริเวณกว้างกว่าแรงขนาดน้อย แรงขนาดมากจะมีผลต่ออวัยวะปริทันต์เป็นบริเวณกว้าง และพบออสติโอคลาสท์จำนวนมาก แม้ว่าแรงจะมีขนาดไม่มาก แต่การละลายของรากฟันอาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากการรวมแรง (concentration of force) ในบางบริเวณ นอกจากนี้ยังพบออสติโอคลาสท์จำนวนมากใกล้กับหลอดเลือด จึงมีความเป็นไปได้ว่าออสติโอคลาสท์มีความสัมพันธ์กับหลอดเลือดระหว่างมีการเคลื่อนฟัน

จากงานวิจัยของ Inubushi จะเห็นได้ว่ายางขนาดบางที่สุดมีขนาด 0.65 มม. ซึ่งหนากว่าของ Zaki และ Van Huysen (1963) ที่มีขนาด 0.14 มม. ซึ่งงานวิจัยของ Zaki และ Van Huysen พบว่าเกิดไฮยาลิไนเซชั่นและการละลายกระดูกเบ้าฟันจากภายใน

แสดงลักษณะของแรงขนาดมาก แสดงให้เห็นว่างานวิจัยของ Inbushi เป็นการเปรียบเทียบกันระหว่างแรงขนาดมาก 3 ขนาด ซึ่งแรงชนิดนี้ไม่เหมาะสำหรับการเคลื่อนฟันทางทันตกรรมจัดฟัน

King และคณะ (1991) ศึกษาการเคลื่อนที่ของฟันเมื่อมีแรงกระทำขนาดต่าง ๆ กันในหนูสปรากดอลีเพศผู้อายุ 180-200 วัน วิเคราะห์การเคลื่อนฟันจากภาพรังสีกะโหลกศีรษะหนูในวันที่ 1, 3, 5, 7, 10 และ 14 ภายหลังการทดลอง ผลการศึกษาพบว่าแรงขนาด 20 กรัมทำให้ฟันเคลื่อนที่น้อยกว่าแรงขนาด 40 กรัม และ 60 กรัมอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่แรงขนาด 40 กรัม และ 60 กรัม ทำให้ฟันเคลื่อนที่ไม่แตกต่างกัน

ผลของฟลูออไรด์ต่อกระดูกเบ้าฟันหนู

Zipkin, Bernick และ Menczel (1965) ทดสอบผลของโซเดียมฟลูออไรด์ในน้ำดื่ม 75 ส่วนในล้านส่วน และการฉีดสารไฮโดรคอติโซนต่อการสูญเสียกระดูกเบ้าฟันในหนูสปรากดอลีเพศเมียน้ำหนัก 125-150 กรัม 120 ตัว พบว่า ไฮโดรคอติโซนมีผลทำลายอวัยวะปริทันต์อย่างรุนแรงโดยละลายกระดูกเบ้าฟันเหลือเพียงเศษกระดูก (spicule of bone) แต่หากได้รับโซเดียมฟลูออไรด์จะช่วยให้กระดูกเบ้าฟันคงสภาพปกติได้ Zipkin และคณะ (1970) ศึกษาในหนูสายพันธุ์เดิมซึ่งได้รับโปรตีน ซูโครสและน้ำดื่มผสมฟลูออไรด์ 50 ส่วนในล้านส่วนเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งได้รับการเลี้ยงดูในสภาพการณ์เดียวกัน แต่ไม่ได้รับฟลูออไรด์ในน้ำดื่ม วัดการสูญเสียกระดูกเบ้าฟันบริเวณฟันกรามจากกระดูกแห้งตามแบบของ Baer และ Lieberman (1959) พบว่า ฟลูออไรด์มีผลช่วยลดการสูญเสียกระดูกเบ้าฟันสอดคล้องกับการศึกษาของ Ericsson และ Ekberg (1975) ซึ่งศึกษาผลของโซเดียมฟลูออไรด์ในน้ำดื่ม 40 ส่วนในล้านส่วนต่อสภาวะขาดธาตุแคลเซียม เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ในหนูอายุ 79 วัน 10 ตัว พบว่า ในสภาวะขาดแคลเซียม ฟลูออไรด์จะมีบทบาทช่วยเพิ่มความหนาแน่นของกระดูกเบ้าฟันอย่างมีนัยสำคัญที่บริเวณกระดูกเบ้าฟันระหว่างรากฟันกรามซี่ที่ 2 ล่าง

ในทางตรงกันข้าม Kristoffersen, Bang และ Meyer (1970) พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณการสูญเสียกระดูกเบ้าฟันของฟันกรามทุกซี่ในกลุ่มทดลอง ซึ่งได้รับฟลูออไรด์ในอาหาร 10 ส่วนในล้านส่วน และในน้ำดื่ม 45 ส่วนในล้านส่วน มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งได้รับฟลูออไรด์เฉพาะในอาหาร 10 ส่วนในล้านส่วน โดยเฉพาะในขากรรไกรล่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Ericsson และ Ekberg (1975) ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับน้ำดื่มผสมโซเดียมฟลูออไรด์ 40 ส่วนในล้านส่วน มีความหนาแน่นของกระดูกเบ้าฟันน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่บริเวณกระดูกเบ้าฟันระหว่างรากฟันกรามล่างซี่ที่สอง แต่ Louridis, Bazopoulou - Kyrkanides และ Demetriou (1970) พบว่า การเติมฟลูออไรด์ในน้ำดื่มด้วยขนาดที่แตกต่างกันคือ 1, 5 และ 40 ส่วนในล้านส่วน ไม่มีผลต่อความสูงของกระดูกเบ้าฟัน เช่นเดียวกับ Taylor, McDonald และ Stookey (1971) ศึกษาในหนูวิสตาร์เพศผู้ที่เพิ่งหย่านมเป็นจำนวน 150 ตัวถึงผลของโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 1 ในอาหาร และน้ำดื่มผสมโซเดียมฟลูออไรด์ 50 ส่วนในล้านส่วน เป็นเวลา 120 สัปดาห์ พบว่าการได้รับฟลูออไรด์หรือฟลูออไรด์ร่วมกับฟอสเฟตไม่มีผลต่อกระดูกเบ้าฟัน สอดคล้องกับ Messer, Singer และ Ophaug (1983) ศึกษาในหนูเอสทีอาร์ทับเอ็น (STR/N) เพศเมียที่เพิ่งหย่านม โดยในกลุ่มควบคุมให้น้ำดื่มที่มีฟลูออไรด์ต่ำประมาณ 0.1 - 0.5 ส่วนในล้านส่วน กลุ่มทดลองมีฟลูออไรด์ 50 ส่วนในล้านส่วน กลุ่มละ 8-9 ตัว ให้น้ำดื่มดังกล่าวจนหนูอายุ 1 ปีเต็ม พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของการสูญเสียกระดูกเบ้าฟันในกลุ่มที่ได้รับฟลูออไรด์ต่ำ และกลุ่มที่ได้รับฟลูออไรด์ 50 ส่วนในล้านส่วน

สำหรับการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางจุลกายวิภาคศาสตร์ของกระดูกเบ้าฟันนั้น Bernick และ Zipkin(1967) พบว่าในกลุ่มที่ได้รับฟลูออไรด์ในน้ำดื่ม 75 ส่วนในล้านส่วน มีการติดสีย้อมแอลเชี่ยนบลูผสมเพอริออดิกซีพ (Alcian blue-PAS combination) และโทลูอิดีนบลู (Toluidine blue) เข้มตลอดแนวกระดูกเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ปฏิกิริยาจากสีย้อมนี้แสดงให้เห็นว่าฟลูออไรด์ไปเปลี่ยนสารพื้นฐาน (ground substance) ในกระดูก Hillblom (1956) พบว่าฟลูออไรด์เข้มข้น 50 และ 100 ส่วนในล้านส่วนในน้ำดื่มหากได้รับต่อเนื่องกันเป็นเวลา 36 สัปดาห์ จะทำให้กระดูกเบ้าฟันของหนูมีแมทริกซ์ (bone matrix) กลมกลืน และมีเส้นใยในกระดูกน้อยกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้ฟลูออไรด์ยังมีผล

ทำให้เส้นใยกระดูก (trebecular bone) ไม่ต่อเนื่องกัน และเส้นแสดงขอบเขตการสะสมและละลายของกระดูกไม่ชัดเจนเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

ผลของฟลูออไรด์ต่อการเคลื่อนฟันในหนู

Hillblom (1956) ทำการทดลองในหนูสปรากดอลีจำนวน 31 ตัวที่ได้รับน้ำดื่มผสมโซเดียมฟลูออไรด์ 50 ส่วนในล้านส่วน และ 100 ส่วนในล้านส่วน ติดต่อกัน 3 สัปดาห์ เพื่อศึกษาการเคลื่อนฟันภายหลังการถอนฟันกรามบนขวาซี่ที่ 2 และฟันกรามล่างซ้ายซี่ที่ 2 เป็นเวลา 33 สัปดาห์ วัดการเคลื่อนฟันจากภาพถ่ายขยาย 30 เท่า หาระยะที่ฟันเคลื่อนด้วยการคำนวณ 2 วิธี วิธีแรก ได้จากการนำเอาความกว้างที่เหลือของเนื้อที่ ๆ ถอนฟัน หักออกจากความกว้างฟันกรามซี่ที่ 2 ที่ถูกถอนไป วิธีที่สอง เป็นผลต่างระหว่างระยะจากด้านใกล้กลางของฟันกรามซี่แรกถึงด้านไกลกลางของฟันกรามซี่ที่สามในด้านควบคุมกับด้านที่ทำการถอนฟัน พบว่า ระยะการเคลื่อนฟันไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับฟลูออไรด์ทั้ง 2 ความเข้มข้น เช่นเดียวกับการศึกษาด้วยภาพรังสี

ในปี 1967 Singer และคณะ ศึกษาการตอบสนองทางจุลกายวิภาคศาสตร์ในหนูสายพันธุ์ออลซ์แมน (Holtzman Strain) เพศเมียน้ำหนัก 60 กรัม ที่เพิ่งหย่านม กลุ่มควบคุม 10 ตัว ดื่มน้ำกลั่น กลุ่มทดลองจำนวนเท่ากันดื่มน้ำผสมฟลูออไรด์ 100 ส่วนในล้านส่วน เป็นเวลา 92 วัน ใส่ยางแยกฟันกรามบนขวาซี่แรกและซี่ที่สอง ฆ่าหนูภายหลังใส่ยาง 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ผลการศึกษาทางจุลกายวิภาคศาสตร์พบว่า

ภายหลังได้รับแรง 24 ชั่วโมงในกลุ่มควบคุมเกิดไอยาลิไนเซชั่น บริเวณเอ็นยึดปริทันต์ใกล้ยอดกระดูกเบ้าฟันระหว่างรากฟัน (alveolar crest of interradicular bone) ซึ่งไม่พบในกลุ่มที่ได้รับฟลูออไรด์ทั้ง 2 กลุ่ม พบการละลายของกระดูกทางด้านกดมีลักษณะเป็นช่อง ส่วนทางด้านดึงผิวกระดูกเบ้าฟันยังคงเรียบ

ภายหลังได้รับแรง 48 ชั่วโมง การทำงานของเซลล์และการเคลื่อนฟันมากกว่าที่ 24 ชั่วโมง เริ่มพบไอยาลิไนเซชั่นในกลุ่มที่ได้รับฟลูออไรด์ ความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม คือในกลุ่มควบคุมจะเกิดไอยาลิไนเซชั่นร่วมกับการละลายจากภายในของกระดูกเบ้าฟันบริเวณเดียวกัน แต่ในกลุ่มที่ได้รับฟลูออไรด์พบเพียงการละลายจากภายในของกระดูก ไม่พบ

ไอยาลิไนเซชั่นในบริเวณเดียวกัน

ภายหลังได้รับแรง 72 ชั่วโมง ผลของแรงต่อการเคลื่อนฟันลดลง เส้นใยของเอ็นยึดปริทันต์ที่ยืดและถูกกดลดความรุนแรงลง พบความแตกต่างของการละลายกระดูกเบ้าฟันระหว่างฟันกรามซี่แรกและซี่ที่ 2 โดยในกลุ่มควบคุมกระดูกดังกล่าวถูกละลายแยกออกเป็นชิ้น ๆ ในแนวใกล้กลางไกลกลางตรงข้ามกับกลุ่มที่ได้รับฟลูออไรด์ การละลายจะไม่รุนแรง พบเพียงการละลายเป็นช่อง ๆ ตลอดแนวกระดูก

Singer และคณะ สรุปว่า การตอบสนองในระดับเซลล์ของกลุ่มที่ได้รับฟลูออไรด์แตกต่างจากกลุ่มควบคุม โดยเกิดไอยาลิไนเซชั่นเพียงบางบริเวณโดยเกิดช้ากว่าและรุนแรงกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังมีผลลดการละลายกระดูกโดยเซลล์ออสติโอคลาสท์ด้วย

Hellsing และ Hammarstrom (1991) ศึกษาในหนูสปรากดอลีเพศเมีย อายุ 3-5 เดือน ถึงผลของฟลูออไรด์ที่ฝัง (implant)ใต้ผิวหนังบริเวณคอ โดยโซเดียมฟลูออไรด์ที่ฝังนี้สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ 1 ไมโครลิตรต่อชั่วโมงเป็นเวลา 7 วัน ทำการเคลื่อนฟันด้วยเครื่องมือติดแน่นด้านเพดานปากเพื่อผลักฟันกรามบนซี่แรกออกทางด้านใกล้แก้มด้วยแรง 150 มิลลินิวตัน ถ่ายภาพรังสีทุก 1, 4, 7, 11, 14, 18 และ 21 วันตามลำดับ วัดระยะระหว่างฟันกรามบนซี่แรกซ้ายและขวา พบว่า กลุ่มที่ได้รับฟลูออไรด์มีระยะดังกล่าวน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคศาสตร์ โดยนำฟันกรามซี่แรกมาตัดทำเป็นแผ่นชิ้นเนื้อความหนา 4 ไมโครเมตรอย่างต่อเนื่อง ศึกษาเฉพาะแผ่นชิ้นเนื้อตรงกลาง 13 ชิ้นที่ตัดผ่านรากใกล้กลางวัดความยาวของด้านกด และนับจำนวนออสติโอคลาสท์ต่อไมโครเมตร คูณ 10^{-3} (um. 10^{-3}) พบไอยาลิไนเซชั่น การละลายของรากและกระดูกเบ้าฟันในหนูทุกตัว ไม่พบการละลายของกระดูกเบ้าฟันจากด้านใน และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างจำนวนออสติโอคลาสท์ของกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับฟลูออไรด์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 โดยในกลุ่มควบคุมพบออสติโอคลาสท์จำนวนเฉลี่ย 8.1 $\pm$ 4.7 เซลล์ต่อไมโครเมตร คูณ 10^{-3} ในขณะที่กลุ่มทดลองพบออสติโอคลาสท์เฉลี่ยเพียง 1.5 $\pm$ 3.6 เซลล์ต่อไมโครเมตร คูณ 10^{-3}

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า หากทำการเคลื่อนฟันด้วยแรงขนาดเหมาะสม การตอบสนองของกระดูกเบ้าฟันจะเหมือนกับการเคลื่อนฟันตามธรรมชาติ โดยมีการละลายกระดูกโดยเซลล์ออสติโอคลาสท์บนผิวกระดูกเบ้าฟัน และการสร้างกระดูกโดยเซลล์ออสติโอบลาสท์ แต่ถ้าให้แรงเคลื่อนฟันมากเกินขนาดจะทำให้ลักษณะทางจุลกายวิภาคศาสตร์ของกระดูกเบ้าฟันแตกต่างไปจากสภาพปกติ กล่าวคือ ทำให้เกิดไฮยาลิไนเซชั่น เลือดออกในเอ็นยึดปริทันต์ รากฟันละลาย และการละลายของกระดูกเบ้าฟันจากภายในซึ่งก่อให้เกิดผลเสียต่อฟันและอวัยวะปริทันต์ แรงขนาดที่เหมาะสมในหนูทดลองคือ 40 กรัม โดยมีการตอบสนองของกระดูกเบ้าฟันสูงในวันที่ 5 (King และ Fischlschweiger, 1982) ส่วนผลของฟลูออไรด์ต่อกระดูกเบ้าฟัน จากรายงานการวิจัยที่ผ่านมายังคงมีข้อสรุปแตกต่างกัน ได้แก่ ฟลูออไรด์ทำให้เกิดการละลายกระดูกเพิ่มขึ้นหรือช่วยส่งเสริมการสร้างกระดูก หรือไม่มีผลเปลี่ยนแปลงกระดูก ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากระดับความเข้มข้นของฟลูออไรด์ที่ใช้ในแต่ละการวิจัยแตกต่างกัน การศึกษาในสัตว์ทดลองที่มีอายุต่างกัน หรือระยะเวลาที่ทำการศึกษาต่างกัน ในสภาพได้รับแรงเคลื่อนฟันร่วมกับฟลูออไรด์ งานวิจัยที่ผ่านมาไม่อาจนำมาอ้างอิงถึงสภาพผู้ป่วยซึ่งได้รับฟลูออไรด์ในระดับป้องกันฟันผุ และเคลื่อนฟันด้วยแรงขนาดเหมาะสม เนื่องจากฟลูออไรด์ที่ให้มีความเข้มข้นสูง และขนาดของแรงเคลื่อนฟันมาก จนทำให้เกิดไฮยาลิไนเซชั่น ดังนั้นจึงเป็นจุดสนใจให้ผู้วิจัยทำการศึกษาการตอบสนองของกระดูกเบ้าฟันในสภาพได้รับแรงเหมาะสม และฟลูออไรด์ในขนาดป้องกันฟันผุในหนูทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย