

สาขา: BME : Biomechanics

การออกแบบเครื่องมือ Plate Distraction Osteogenesis (PDO) เพื่อเพิ่มความสูงของกระดูกขากรรไกรล่างก่อนการปลูกรากฟันเทียม

The design of Plate Distraction Osteogenesis device to increase vertical bone height of mandible before dental implant placement

ธีรพันธุ์ สอสกุล และ บรรยงค์ รุ่งเรืองด้วยบุญ*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

99 หมู่ 18 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

* ติดต่อ: โทรศัพท์: 02-5643001-9 ต่อ 3159, โทรสาร: ต่อ 3049

E-mail: rbunyong@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันความนิยมในการรักษาผู้ป่วยที่มีการสูญเสียฟันโดยการปลูกรากฟันเทียมเพื่อทดแทนฟันธรรมชาติที่สูญเสียไป มีมากขึ้นเรื่อยมากกว่า 2 ล้านซี่ ต่อปีในทั่วโลกและในประเทศไทยมีอัตราการปลูกรากฟันเทียมเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งการปลูกรากฟันเทียมจะต้องมีขนาดของกระดูกที่รองรับ (alveolar bone) ที่เหมาะสมในทุกมิติ โดยเฉพาะมิติความกว้างและมิติความสูง วิธีที่นิยมในปัจจุบันคือการรักษาโดยการปลูกถ่ายกระดูก (bone augmentation) และ การใช้ Distraction Osteogenesis (DO) ซึ่งการใช้ Distraction Osteogenesis (DO) จะช่วยลดปัญหาของการปลูกกระดูกแบบ autogenic bone graft และเพิ่มการขยายตัวของเนื้อเยื่ออ่อนที่ปกคลุมบริเวณตำแหน่งที่ทำการขยายกระดูก ในปัจจุบัน Distraction Osteogenesis เริ่มมีบทบาทสำคัญในวงการศัลยกรรมกระดูก และทางทันตกรรม เช่นการรักษาความผิดปกติบริเวณใบหน้าและกะโหลกศีรษะ (craniofacial deformities) หรือ การยืดกระดูกให้มีพื้นที่เพียงพอสำหรับการปลูกรากฟันเทียม ข้อจำกัดคือ เครื่องมือมีราคาค่อนข้างสูง ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือ Intraoral Distraction Osteogenesis เพื่อใช้ในการแยกกระดูกขากรรไกรในช่องปาก ที่มีฟันหลักเหลืออยู่และต้องการเพิ่มความสูงของกระดูกขากรรไกรเพื่อรองรับการใส่รากเทียม โดยมีเหตุผลหลักคือ การปรับปรุงข้อด้อยของเครื่องมือที่มีขายในปัจจุบัน ร่วมกับใช้ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่มีขายในประเทศ โดยการประยุกต์ใช้ทางวิศวกรรม ทางทันตกรรม และทางการแพทย์ เพื่อสร้างเครื่องมือที่จะช่วยแยกกระดูกดังกล่าว โดยใช้ชื่อว่า Plate Distraction Osteogenesis (PDO)

คำสำคัญ: เครื่องมือช่วยเพิ่มความสูงกระดูกในช่องปาก, การปลูกถ่ายกระดูก, รากฟันเทียม

Abstract

Dental implantation was more acceptable in the prosthetic rehabilitation as over 2 million teeth were operated around the world each year. In Thailand, the dental implantation rate was increasing dramatically. For dental implantation, the dimension of alveolar bone must be suitable, especially, in the width and the height. The popular techniques to increase these dimensions were bone augmentation and distraction osteogenesis.

Distraction osteogenesis (DO) appeared as a major role in the orthopedics surgery and dentistry, for example, treatment of maxillofacial and craniofacial deformity or increasing alveolar space for dental implantation. Distraction osteogenesis technique could reduce problems caused by autogenic bone graft and increase extending of soft tissue that cover the distracted bone area. The drawback of this technique was a high cost of the imported equipment.

This paper discussed the design and development of Intraoral Distraction Osteogenesis tool. This tool was used to distract alveolar bone between tooth abutments and to increase the height of alveolar bone in order to support dental implant prosthesis. The paper was reviewed the problems and suggestions of the economical and locally available distraction devices based on dental and medical engineering knowledge. The goal of the research was to create the bone distraction tool, called, Plate Distraction Osteogenesis (PDO).

Keywords: Intraoral Distraction Osteogenesis, Bone augmentation, Dental implant

1.ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ความหมายของ DISTRACTION OSTEOGENESIS คือ “การแก้ไขความผิดปกติของกระดูกโดยขบวนการเกิดกระดูกใหม่จากการดึงบริเวณที่เกิดเป็นกระดูก callus จากการตัดกระดูกทีละน้อยๆ ซึ่งเป็นการทำให้กระดูกยาวขึ้นโดยอาศัยการหายตามธรรมชาติของร่างกาย” ด้วยอัตราการเกิดโรคโปลิโอในเด็กที่เพิ่มมากขึ้น แพทย์ในอดีตจึงคิดวิธีที่ทำให้กระดูกยาวเพิ่มขึ้น เพื่อลดวิธีการอัตราการเกิดโรคโปลิโอในเด็ก โดย Alessandro Codivilla 1905 เป็นคนแรกที่คิดวิธี Distraction Osteogenesis โดยการตัดกระดูก แล้วยึดด้วยปูนปลาสเตอร์ Oda T และคณะ 1998 [1,2] ได้ใช้หลักการของ distraction มายืดกระดูกในแนว vertical ของกระดูกหุ้มขาสำเร็จโดยทำทั้งในผู้ป่วยจริง

และสัตว์ทดลอง N. Saulacic และคณะ [3] ได้ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบและการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่เกิดจากการใช้เครื่องมือ Distraction Osteogenesis(รูปที่ 1)ในการยืดกระดูกขากรรไกร ปัญหาที่พบมากที่สุด คือการดึงกระดูกที่ผิดทิศทาง สาเหตุจากเครื่องมือเสียหายหรือเครื่องมือขยับในระหว่างการดึงกระดูก(รูปที่ 2)เป็นผลให้เกิดการติดเชื้อตามมาภายในช่องปาก(รูปที่ 3)

2. เครื่องมือดึงแยกกระดูกในช่องปาก



รูปที่ 1 เครื่องมือดึงกระดูกในช่องปากในปัจจุบัน



รูปที่ 2 ภาพถ่ายทางรังสีแสดงการดึงกระดูกที่ไม่ได้ทิศทาง



รูปที่ 3 ภาวะติดเชื้อมาจากตัวเครื่องมือ

จากความสำคัญและที่มาของปัญหาทำให้เกิดแนวคิดในการพัฒนาเครื่องมือ Intraoral Distraction Osteogenesis เพื่อใช้ในการดึงแยกกระดูกขากรรไกร

ในช่องปาก ที่มีฟันหลักเหลืออยู่และต้องการเพิ่มความสูงของกระดูกขากรรไกรบนเพื่อรองรับการใส่รากเทียม โดยมีเหตุผลหลักคือ การแก้ไขปัญหาของเครื่องมือที่มีขายในปัจจุบันโดยเฉพาะทิศทางการดึงกระดูก ความเสถียรและความแข็งแรงของเครื่องมือ โดยใช้ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่มีขายในประเทศและการประยุกต์ใช้ทางวิศวกรรม ทางทันตกรรม และทางการแพทย์ เพื่อสร้างเครื่องมือที่จะช่วยดึงแยกกระดูกดังกล่าว

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ การออกแบบเครื่องมือดึงแยกกระดูกในช่องปาก

Ilizarov [4,5] ได้นำหลักการของแรงดึง แรงเค้นมาใช้เป็นหลักการพื้นฐานของการทำ Distraction osteogenesis โดยกล่าวคือ เมื่อทำการดึงเนื้อเยื่อที่มีชีวิตที่เล็กลง จะทำให้เกิดแรงเค้นที่มีผลกระทบต่อนิวเคลียสเมตาบอลิซึมและ ทำให้กระดูกมีความยาวมากขึ้น และมีผลแทรกซ้อนน้อยที่สุด

3.1 Micro-implant

Micro-implant ทำจากไทเทเนียมอัลลอยด์จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 1.2 มิลลิเมตร ถึง 1.6 มิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กเพียงพอที่จะอยู่ในช่องปาก

3.2 Framework

ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักคือ Co 63.4% / Cr 29.0% / Mo 5.2% / Si 1.0 % โดยที่ทำหน้าเป็นโครงฐานฟันปลอมถอดได้ชนิดโครงโลหะและรับแรงบดเคี้ยวของผู้ป่วย

3.3 Traction Screw

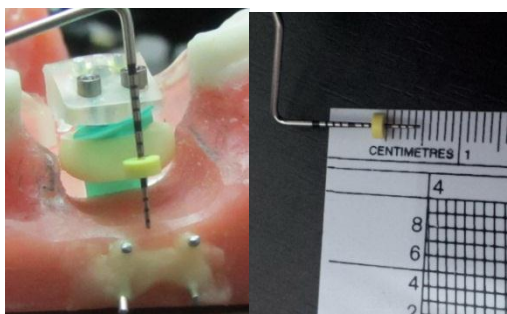
เป็นโลหะอัลลอยด์โดยวางอยู่บน framework ทำหน้าที่เป็นตัวส่งกำลังโดยการหมุนเพื่อที่จะไปดึง micro-implant ที่ยึดกับกระดูกที่ตัดไว้ให้แยกออกจากกระดูกฐาน

4. การออกแบบเครื่องมือ

4.1 การสร้างตัวต้นแบบโดยใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์(Solidworks) มีลักษณะการออกแบบตามรูปจำลองที่แสดงรูปที่4 ส่วนประกอบหลักของ Plate Distraction Osteogenesis มีดังนี้ หมายเลข 1 ในรูปที่ 4 เป็นส่วนที่เป็นชุดค้ำยัน (Framework) หมายเลข2 ในรูปที่ 4 เป็นสกรูหลัก ที่เป็นตัวส่งกำลังในการแยกกระดูก (Traction screw Vertical Direction) หมายเลข 3 ในรูปที่ 4 เป็นสกรูส่วนที่ยึดกระดูกที่ต้องการแยก ทำจากโลหะไทเทเนียม มีขนาดเล็ก (Micro-implant) หมายเลข 4 ในรูปที่ 4 เป็นแผ่นอะคริลิกชนิด high impact จะยึดอยู่กับส่วนปลายของ traction screw และยื่นออกมาเพื่อให้ Micro-implant แทะผ่านเพื่อที่ลงไปยึดกับชิ้นกระดูกที่ตัดไว้

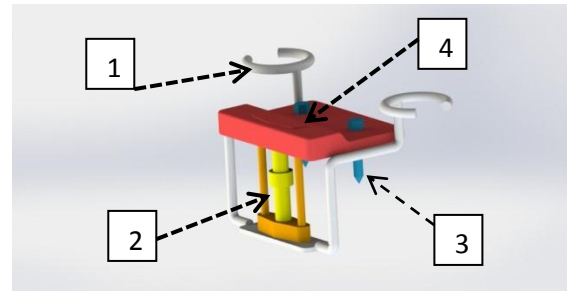


รูปที่ 5 เครื่องมือดึงกระดูกในแบบจำลองฟัน



รูปที่ 6 ระยะที่แยกกระดูกมากที่สุด ประมาณ 5 มิลลิเมตร

4.2 การสร้างเครื่องมือดึงกระดูกในแบบจำลองฟัน โดยใช้ อะคริลิกชนิดใส (clear acrylic) แทนที่ส่วนที่เป็นโครงโลหะ (framework) ในแบบจำลองต้นแบบ โดยใช้ expansion สกรู เป็นตัวดึงกระดูกขึ้นและใช้ micro implant เป็นตัวยึดกระดูกกับชุดเครื่องมือ รูปที่ 5



รูปที่ 4 แสดง Plate Distractor



รูปที่ 7 ใช้แผ่นยางสีเขียวแทนเหล็กที่คลุมกระดูก

การวิเคราะห์ความเค้น (stress analysis) และการเสียรูป (displacement) ในแบบจำลองเสมือน โดยเอาส่วนที่จะทำการดึงกระดูกมาจำลองลักษณะการทำงานโดยใช้โปรแกรม Solidworks โดยส่วนที่เรานำมาพิจารณาคือส่วนที่อยู่ในรูปที่ 4 ทั้งหมดยกเว้นตัวโครงโลหะ

5.การประเมินผล

5.1 ใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ในการการวิเคราะห์ความเค้น (stress analysis) ที่เกิดขึ้นในบริเวณ สกรูและแผ่น อะคริลิก เป็นการวิเคราะห์ความเค้นเชิงตัวเลข (numerical stress analysis)หรือระเบียบวิธีไฟไนต์

เอลิเมนต์ (finite element method) ซึ่งทำใน

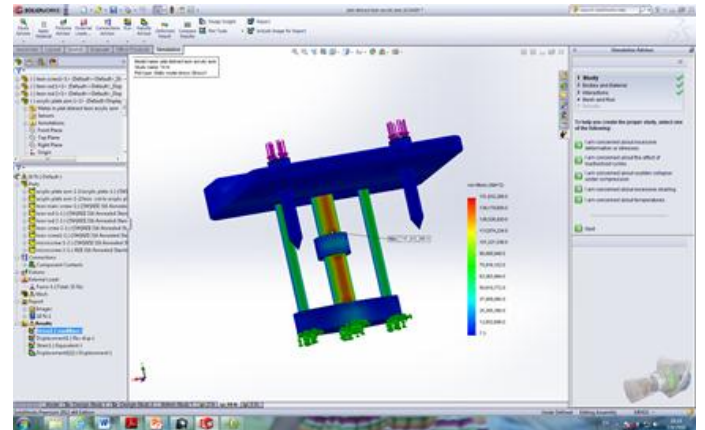
แบบจำลองที่ออกแบบด้วยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์

ในรูปที่ 4 Expansion screw (หมายเลข 2), Microimplant (หมายเลข 3), Acrylic plate (หมายเลข 4) และ ส่วน Framework (หมายเลข 1) ไม่นำมาพิจารณาเพราะว่าเป็นโครงที่ทำมาเพื่อรองรับ ฟันปลอมซึ่งสามารถรับแรงได้มากกว่า 500 N อยู่แล้ว ส่วนแรงที่ใช้ในการดึงกระดูกอยู่ระหว่าง 1-65 N เท่านั้นเอง Suzuki EY และคณะ[6]

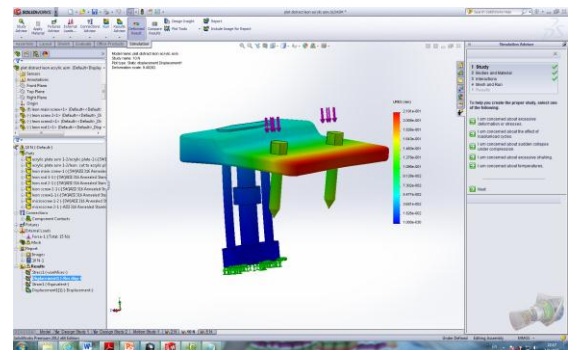
5.2 การประเมินในแบบจำลองฟันจริง โดยการวัดระยะที่ดึงกระดูกได้ และประเมินทิศทางของการดึงกระดูกว่าไปตามทิศที่กำหนดหรือไม่ และมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของเครื่องมือรวมทั้งแผ่นอะคริลิกหรือไม่

6. ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ความเค้นเชิงตัวเลข ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element method) ซึ่งทำในแบบจำลองที่ออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์(Solidworks) ในตำแหน่งที่มีการดึงสูงสุด(5 มิลลิเมตร)โดยให้แรงกด (static load)ไปที่ สกรูที่ยึดกระดูกกับ แผ่นอะคริลิกที่ 2N, 5N, 10N และ 15N พบว่าแรงกด 15N จะทำให้เกิดการเสียหายในบริเวณ expansion screw เพราะว่า ค่าความเค้นสูงสุด ที่เกิดขึ้นบริเวณกลางของ expansion screw มีค่ามากกว่าค่าYield strength ของexpansion screw ส่วนแรง 2N,5N และ 10N ค่าความเค้นสูงสุดไม่เกินค่า Yield strength ค่าปกติที่ใช้ในการดึงขึ้นกระดูกมีค่าประมาณ 2N ถึง 6N เท่านั้น(รูปที่ 8) ส่วน Displacement พบว่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างที่ขอบของแผ่นอะคริลิกที่ใกล้กับ micro-implant (รูปที่ 9) สำหรับการประเมินในแบบจำลองฟันอะคริลิกพบว่าสามารถดึงกระดูกได้มากที่สุด 5 มิลลิเมตร(รูปที่ 6) โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางหรือมีการบิดหมุนของขึ้นกระดูก



รูปที่ 8 FEA simulation แสดง stress Max. ที่ Expansion screw เมื่อมีแรง 15 N ที่ micro-implant



รูปที่ 9 แสดง Displacement ในแบบจำลอง พบว่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างที่ขอบของแผ่นอะคริลิก

7.สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเมื่อทำการหมุน Traction สกรู ขึ้นที่ละรอบพบว่าสกรูสามารถยกตัวได้ตามระยะคือ 0.25 มิลลิเมตรต่อรอบ เมื่อทำการหมุนสกรูจนสุดสามารถดึงขึ้นกระดูกจำลองที่มีเหงือกจำลองปิดอยู่ได้ 5 มิลลิเมตรจากกระดูกฐานในแบบจำลอง โดยที่ขึ้นกระดูกไม่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทาง และเครื่องมือ

สามารถอยู่ได้นิ่งๆในแบบจำลองโดยที่ไม่มีการยับ
หลังจากนั้นปล่อยทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 30 วัน เพื่อดู
การเปลี่ยนแปลง พบว่าเครื่องมือไม่มีการเปลี่ยนแปลง
รูปร่าง แต่ ระยะดิ่งมีการเปลี่ยนแปลงเหลือระยะที่ดิ่ง
ประมาณ 4.5 มิลลิเมตร ลดลง 0.5 มิลลิเมตร จาก
การทดลองนี้สรุปได้ว่าเครื่องมือ PDO มีความเป็นไปได้
ที่สามารถใช้งานในการทำ Distraction
Osteogenesis เพื่อที่จะเพิ่มความสูงของกระดูกใน
ช่องว่างกรไกได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้เงื่อนไข
ที่กำหนด การศึกษาต่อไปในอนาคตต้องเพิ่มกลไกที่จะ
ช่วย ล็อคระยะหลังจากที่ได้ระยะที่ต้องการแล้ว
อนาคตอาจจะต้องทดลองการใช้งานจริงในผู้ป่วย ซึ่ง
จะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องนอกเหนือจากการทดลองนี้เช่น

9. เอกสารอ้างอิง

9.1 บทความจากวารสาร (Journal)

[1] Oda T, Sawaki Y, Ueda M: Alveolar ridge
augmentation by distraction osteogenesis
using titanium implants: An experimental
study. Int J Oral Maxillofac Surg 28:151, 1999

[2] Oda T, Sawaki Y, Ueda M: Experimental
alveolar ridge augmentation by distraction
osteogenesis using a simple device that
permits secondary implant placement. Int J
Oral Maxillofac Implants 15:95, 2000

[3] N. Saulacic, J. Zix, T. Iizuka: Complication
rates and associated factors in alveolar
distraction osteogenesis: a comprehensive
review. Int. J. Oral Maxillofac. Surg. 2009; 38:
210–217.

[4] Ilizarov GA: The tension-stress effect on
the genesis and growth of tissues. Part I. The
influence of stability of fixation and soft-

แรงที่เกิดจากกล้ามเนื้อของอวัยวะต่างๆภายในช่อง
ปาก

8.กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนสนับสนุน
โครงการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

tissue preservation. Clin Orthop Relat Res
238:249, 1989

[5] Ilizarov GA: The tension-stress effect on
the genesis and growth of tissues: Part II. The
influence of the rate and frequency of
distraction. Clin Orthop Relat Res 239:263,
1989

[6] Suzuki EY, Watanabe M, Buranstidporn B,
et al: Simultaneous maxillary distraction
osteogenesis using a Twin-Track distraction
device combined with alveolar bone grafting
for the management of cleft patients: Report
of a technique and preliminary results. Angle
Orthod 76:164, 2006