การพัฒนาอุปกรณ์ยึดกระดูกใบหน้าส่วนกลางและกระดูกกะโหลกศีรษะส่วนหน้า

นายดุลยฤทธิ์ พุทธิกานต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-5609-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF DISTRACTION DEVICES FOR MIDFACE AND FRONTOORBITAL ADVANCEMENT

Mr. Dulyarit Puttigarn

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering
Department of Mechanical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2003

ISBN 974-17-5609-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาอุปกรณ์ยึดกระดูกใบหน้าส่วนกลางและกระดูกกะโหลกศีรษะส่วนหน้า
โดย	นายดุลยฤทธิ์ พุทธิกานต์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ก่อเกียรติ บุญชูกุศล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพ.นนท์ โรจน์วชิรนนท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ก่อเกียรติ บุญชูกุศล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพ.นนท์ โรจน์วชิรนนท์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ชินเทพ เพ็ญชาติ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วิทยา วัณณสุโภประสิทธิ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดุลยฤทธิ์ พุทธิกานต์ : การพัฒนาอุปกรณ์ยึดกระดูกใบหน้าส่วนกลางและกระดูกกะโหลกศีรษะส่วนหน้า. (DEVELOPMENT OF DISTRACTION DEVICES FOR MIDFACE AND FRONTOORBITAL ADVANCEMENT) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ก่อเกียรติ บุญชูกุศล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพ.นนท์ โรจน์วชิรนนท์ , 93 หน้า.
ISBN 974-17-5609-7.

วิทยานิพนธ์นี้ทำการศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้ในการยึดกระดูก สำหรับกระดูกใบหน้าส่วนกลาง และกะโหลกศีรษะส่วนหน้า ให้สามารถยืดขยายออกไปได้พร้อมกันในอุปกรณ์ชุดเดียวกัน

โดยทำการศึกษาแนวทางในการพัฒนาและออกแบบจากอุปกรณ์ยึดกระดูกที่มีชื่อเรียกว่า Modular Internal Distraction (MID) system ซึ่งเป็นอุปกรณ์ยึดกระดูกที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มีลักษณะเป็นอุปกรณ์ที่วางอยู่ใต้ชั้นผิวหนัง เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตอุปกรณ์ที่ใช้ในการยึดกระดูกใบหน้าส่วนกลางและกะโหลกศีรษะส่วนหน้าที่มีคุณภาพทัดเทียมหรือดีกว่าที่มีอยู่ อันจะนำไปสู่การพัฒนาเพื่อผลิตเป็นอุปกรณ์จริงสำหรับใช้รักษาผู้ป่วย

รูปแบบของอุปกรณ์ที่ได้จะประกอบไปด้วย อุปกรณ์ยึดกระดูกชุดที่หนึ่งเพื่อทำการยึดกระดูกกะโหลกศีรษะส่วนหน้า และอุปกรณ์ยึดกระดูกชุดที่สองเพื่อทำการยึดกระดูกใบหน้าส่วนกลาง โดยจะมีกลไกเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ยึดกระดูก 2 ชุดนี้เข้าด้วยกัน มีลักษณะเป็นกลไกแบบ ball joint เพื่อที่จะสามารถปรับตำแหน่งและทิศทางของอุปกรณ์ยึดกระดูกชุดที่สองได้อย่างอิสระใน 3 ทิศทาง และจะมีก้านต่อโยงมาจากอุปกรณ์ยึดกระดูกชุดที่หนึ่ง เพื่อให้สามารถยึดกระดูกได้พร้อมกันในอุปกรณ์ชุดเดียวกัน โดยชุดของกลไกเชื่อมต่อนี้จะอยู่นอกผิวหนังศีรษะ เพื่อทำการปรับตำแหน่งและทิศทางของอุปกรณ์ยึดกระดูก นั่นคืออุปกรณ์ยึดกระดูกที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมานี้ จะประกอบไปด้วยส่วนที่อยู่ภายในและภายนอกผิวหนังศีรษะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	ลายมือชื่อนิสิต.....ดุลยฤทธิ์ พุทธิกานต์.....
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา	2546	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4370298621 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING
KEY WORD: DISTRACTION DEVICE / DISTRACTOR / DISTRACTION OSTEOGENESIS / MIDFACE ADVANCEMENT / FRONTOORBITAL ADVANCEMENT

DULYARIT PUTTIGARN : DEVELOPMENT OF DISTRACTION DEVICES FOR MIDFACE AND FRONTOORBITAL ADVANCEMENT. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. KAUKEART BOONCHUKOSOL, Ph.D. THESIS COADVISOR : ASST.PROF. NOND ROJVACHIRANONDA, M.D. , 93 pp. ISBN 974-17-5609-7.

This thesis is studying and development of distraction device for midface and frontal bone in frontofacial advancement.

By studying approach in development and design from distraction device is called Modular Internal Distraction (MID) system which is widespread used in times, and to be type of internal device. For approach to manufacture distraction device for midface and frontoorbital advancement which quality is equivalent to or better than the present. And lead to development for manufacture distraction device in clinic.

Form of devices are consist of first distractor for distraction in frontal bone and second distractor for distraction in midface which have mechanism join between two distractors. It has characteristic in ball joint for adjust position and direction independent in 3 direction and have connect joint from first distractor for use in frontofacial advancement. Connect joint is external part for adjust position and direction of distraction devices. Distraction devices is developed consist of internal and external parts.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department	Mechanical Engineering	Student's signature	Dulyarit P.
Field of study	Mechanical Engineering	Advisor's signature	
Academic year	2003	Co-advisor's signature	

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ก่อเกียรติ บุญชูกุศล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพ. นนท์ โรจน์วชิรนนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่ท่านได้ให้ความรู้ คำแนะนำที่เป็นประโยชน์และมีคุณค่าเป็นอย่างยิ่งต่อผู้วิจัยในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.จิรพงษ์ กสิวิทย์อำนวย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทั้งความรู้ คำแนะนำต่างๆอันเป็นประโยชน์ในการดำเนินงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆและพี่น้อง ห้องพักนิสิตปริญญาโททุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และกำลังใจอันดีแก่ผู้วิจัยตลอดมา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ที่ได้ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนทางด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัยตลอดมา ประโยชน์อันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้แด่บิดามารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญภาพ..... ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์..... 6
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์..... 6
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิทยานิพนธ์..... 6
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์..... 7

บทที่ 2 หลักการของ Distraction Osteogenesis..... 8

บทที่ 3 กระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์..... 11
3.1 การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์..... 11
3.1.1 การระบุความต้องการ..... 12
3.1.2 การระบุข้อกำหนดของแบบผลิตภัณฑ์..... 12
3.1.3 การสร้างแนวคิดของผลิตภัณฑ์..... 12
3.1.4 การเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด..... 13
3.1.5 การทดสอบแนวคิดและสร้างข้อกำหนดของระบบ..... 13
3.1.6 การออกแบบรายละเอียด..... 13
3.1.7 การสร้างต้นแบบและทดสอบ..... 14

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 การแกะแบบผลิตภัณฑ์ 14
3.2.1 ประโยชน์ของการแกะแบบผลิตภัณฑ์ 15
3.2.2 ขั้นตอนการแกะแบบผลิตภัณฑ์ 15
3.2.2.1 การจัดทำรายการข้อมูลที่ต้องการ 15
3.2.2.2 การเตรียมตัวสำหรับแกะแบบ 16
3.2.2.3 การประเมินวิธีการจัดจำหน่ายและติดตั้ง 16
3.2.2.4 การแกะแบบผลิตภัณฑ์ 16
3.2.2.5 การจัดทำรายงาน 17

บทที่ 4 การออกแบบ 18
4.1 แนวความคิดการออกแบบ 18
4.1.1 ส่วนประกอบของ MID System 19
4.1.2 วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์ 24
4.2 เกณฑ์ในการออกแบบ 24
4.3 รูปแบบของอุปกรณ์ 25
4.4 การเลือกรูปแบบของอุปกรณ์ 28
4.5 ขั้นตอนการออกแบบรายละเอียด 28
4.5.1 ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาองค์ประกอบของ MID system 28
4.5.2 ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาถึงการขยายระยะให้ได้ตามที่ต้องการ 36
4.5.3 ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบกลไกที่ใช้ในการยึดกระดูก 37
4.5.4 ขั้นตอนที่ 4 การจัดวางอุปกรณ์ยึดกระดูก 39
4.5.5 ขั้นตอนที่ 5 การพัฒนาและออกแบบอุปกรณ์ยึดกระดูก 40
4.6 ขั้นตอนการใช้งานอุปกรณ์ 61

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 62
5.1 บทสรุป 62
5.2 ข้อเสนอแนะ 63
5.3 ปัญหาที่พบ 67

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

รายการอ้างอิง..... 68
บรรณานุกรม..... 70
ภาคผนวก..... 71
ภาคผนวก ก คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ..... 72
ภาคผนวก ข รายละเอียดแบบของอุปกรณ์ยึดกระดูก..... 73
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 93

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับอัตราส่วนความเพรียว..... 32
ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของอุปกรณ์ยืดกระดูกชนิดต่างๆ..... 63
ตารางที่ ก.1 คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์ยืดกระดูก..... 72
ตารางที่ ข.1 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ยืดกระดูก..... 74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 1.1 การเสริมกระดูกโหนกแก้มให้ใหญ่ขึ้นด้วยกระดูกจากซี่โครง..... 1
รูปที่ 1.2 อุปกรณ์ยึดกระดูกแบบ MID system..... 3
รูปที่ 1.3 แสดงการทำผ่าตัดและติดตั้งอุปกรณ์ยึดกระดูกชนิด MID system..... 3
รูปที่ 1.4 อุปกรณ์ยึดกระดูกของ Chin M. และ Toth B.A..... 4
รูปที่ 1.5 อุปกรณ์ยึดกระดูกชนิด RED system..... 5
รูปที่ 2.1(ก) ผู้ป่วยด้วยโรค Crouzon disease ภายหลังการผ่าตัด frontoorbital advancement..... 10
รูปที่ 2.1(ข) ผู้ป่วยภายหลังการผ่าตัด midface advancement ด้วยวิธี distraction osteogenesis..... 10
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบ..... 11
รูปที่ 4.1 ชุดอุปกรณ์ยึดกระดูก Modular Internal Distraction (MID) system 18
รูปที่ 4.2 ส่วนประกอบของ distractor frame 19
รูปที่ 4.3 distraction rod..... 19
รูปที่ 4.4 fix plate..... 20
รูปที่ 4.5 move plate 1..... 21
รูปที่ 4.6 guide rod..... 21
รูปที่ 4.7 move plate 2..... 22
รูปที่ 4.8 connect screw..... 22
รูปที่ 4.9 bone screw..... 23
รูปที่ 4.10 titanium bone plate..... 23
รูปที่ 4.11 แนวความคิดที่ 1..... 25
รูปที่ 4.12 แนวความคิดที่ 2..... 26
รูปที่ 4.13 แนวความคิดที่ 3..... 27
รูปที่ 4.14 Modular Internal Distraction (MID) system..... 28
รูปที่ 4.15 แรงจากเนื้อเยื่ออ่อน..... 36
รูปที่ 4.16 รูปแบบของอุปกรณ์ยึดกระดูก..... 38

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 4.17 อุปกรณ์ยึดกระดูก..... 40
รูปที่ 4.18 อุปกรณ์ยึดกระดูกชุดที่ 1..... 41
รูปที่ 4.19 move plate..... 41
รูปที่ 4.20 move plate 1..... 42
รูปที่ 4.21 guide rod..... 42
รูปที่ 4.22 move plate 2..... 43
รูปที่ 4.23 fix plate..... 43
รูปที่ 4.24 fix plate1..... 44
รูปที่ 4.25 cylinder 1..... 44
รูปที่ 4.26 fix plate 2..... 45
รูปที่ 4.27 distraction rod 1..... 45
รูปที่ 4.28 ก้านต่อโยง..... 46
รูปที่ 4.29 ฝาครอบ..... 46
รูปที่ 4.30 เพลาลูกเบี้ยว..... 47
รูปที่ 4.31 แผ่นล็อค..... 47
รูปที่ 4.32 อุปกรณ์ยึดกระดูกชุดที่ 2..... 48
รูปที่ 4.33 support plate..... 48
รูปที่ 4.34 support plate 1..... 49
รูปที่ 4.35 support plate 2..... 49
รูปที่ 4.36 cylinder 2..... 50
รูปที่ 4.37 bush..... 50
รูปที่ 4.38 distraction rod 2..... 51
รูปที่ 4.39 ที่ยึดกระดูก..... 52
รูปที่ 4.40 ก้านไข..... 52
รูปที่ 4.41 แรงกระทำที่ผิวสัมผัสของก้านต่อโยง..... 54
รูปที่ 4.42 แผนภาพคิเนมาติกส์ของอุปกรณ์ยึดกระดูก..... 58
รูปที่ 4.43 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดกระดูก..... 60

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 4.44 อุปกรณ์ยึดกระดูก..... 60
รูปที่ 5.1 อุปกรณ์ยึดกระดูกที่ได้พัฒนาขึ้นมา..... 66
รูปที่ ข.1 อุปกรณ์ยึดกระดูก..... 73
รูปที่ ข.2 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดกระดูก..... 73

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์

a	คือ	รัศมีพื้นที่สัมผัสวงกลม
A	คือ	พื้นที่หน้าตัด
A_r	คือ	พื้นที่โคนเกลียว
d	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลาง
d_c	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางของบ่ารองรับ
d_m	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของสกรูส่งกำลัง
d_r	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางโคนเกลียว
E	คือ	ค่าคงที่ของการยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity)
f	คือ	สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวหน้าของเกลียวและแป้นเกลียว
f_c	คือ	สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างสกรูกับบ่ารองรับ
F	คือ	แรงกระทำต่อวัตถุ
k	คือ	รัศมีไจเรชั่น
L	คือ	ระยะหลีด
L'	คือ	ความยาวปกติ
L_e	คือ	ความยาวสมมูล (equivalent length)
N	คือ	ค่าความปลอดภัย
T	คือ	โมเมนต์บิดที่ใช้ในการยกน้ำหนักขึ้นหรือลง
W	คือ	น้ำหนักหรือภาระที่ต้องการจะยกขึ้นหรือลง
α	คือ	มุมหลีด (lead angle)
α_n	คือ	มุมเกลียว (thread angle)
σ	คือ	ความเค้นในแนวตั้งฉาก
σ_c	คือ	ความเค้นสัมผัส (contact stress)
σ_d	คือ	ความเค้นใช้งาน
σ_y	คือ	ความเค้นคราก
τ	คือ	ความเค้นเฉือน
τ_d	คือ	ความเค้นเฉือนใช้งาน
τ_y	คือ	ความเค้นเฉือนคราก
δ	คือ	ระยะยืดหรือหดตัวของวัตถุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย