

## การวัดกะโหลกศีรษะเพื่อออกแบบเป็นชิ้นส่วนปลูกฝังสำหรับผู้ป่วยในประเทศไทย

### Craniometric Studies of Skulls for Design of Implants in Thailand

เชมจิต เสนา<sup>1</sup>, สุรสิทธิ์ ปิยะศิลป์<sup>2</sup>, กฤษณ์ไกรพิสิทธิ์ประทีป<sup>3</sup>, อานาจ กิจควรดี<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

โทร 0-4320-2845 โทรสาร 0-4320-2849 อีเมล: skhema@kku.ac.th<sup>1</sup>, surasith@kku.ac.th<sup>2</sup>

<sup>3</sup>ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ช่วยงานทางการแพทย์ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย

ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

โทร 0-2564-6500 ต่อ 4378 โทรสาร 0-2564-6501 อีเมล: kriskrs@mtec.or.th

<sup>4</sup>ภาควิชาศัลยศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

โทร 0-43348393 อีเมล: amnat811@yahoo.com

K. Sena<sup>1</sup>, S. Piyasin<sup>2</sup>, K. Sitthiseripratip<sup>3</sup>, A. Kitkandee<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup> Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University,  
Khon Kaen, 40002, Thailand

Tel: 0-5010-1808, Fax: 0-4320-2849, E-mail: skhema@kku.ac.th<sup>1</sup>, surasith@kku.ac.th<sup>2</sup>

<sup>3</sup> Computer Aided Medical Technology Laboratory, MTEC, NSTDA,  
Klong Luang, Pathumthani, 12120, Thailand

Tel: 0-2564-6500 Ext. 4378, Fax: 0-2564-6501, E-mail: kriskrs@mtec.or.th

<sup>4</sup> Department of Surgery, Faculty of Medicine, Khon Kaen University,  
Khon Kaen, 40002, Thailand

Tel: 0-43348393, E-mail: amnat811@yahoo.com

#### บทคัดย่อ

ปัจจุบันการบาดเจ็บที่ศีรษะและกะโหลกศีรษะถูกรักษาด้วยวิธีการทางเคโรพลาสติก ซึ่งช่วยผู้ป่วยจากการบาดเจ็บที่กะโหลกศีรษะซึ่งมีสาเหตุมาจากอุบัติเหตุ เนื้องอกในสมอง การติดเชื้อ และจากความผิดปกติโดยกำเนิด การรักษาส่วนมากเป็นการรักษาแบบเป็นรายๆไป โดยใช้ข้อมูลจากซีทีสแกนและการสร้างต้นแบบรวดเร็วช่วย ซึ่งเสียเวลาและยังมีราคาแพง การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการออกแบบชิ้นส่วนปลูกฝังที่มีขนาดมาตรฐานเพื่อเพิ่มความสะดวกในการผ่าตัดของศัลยแพทย์ โดยไม่ต้องใช้คนจำนวนมากในขั้นตอนการเตรียม อีกทั้งยังช่วยลดความชำนาญในการเตรียมการเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ยังเป็นการใช้วัสดุและเทคโนโลยีที่มีในท้องถิ่น โดยการใช้ชิ้นส่วนปลูกฝังที่มีขนาดมาตรฐานนี้เหมาะสำหรับการบาดเจ็บหรือบาดแผลที่มีขนาดไม่ใหญ่และไม่ต้องการเรื่องความสวยงามมากนัก รวมทั้งราคาสำหรับการรักษาโดยใช้ชิ้นส่วนปลูกฝังที่มีขนาดมาตรฐานเป็นที่ยอมรับได้ในภูมิภาคนี้ โดยในการออกแบบจะใช้ระเบียบวิธีไฟ

ไนต์เอลิเมนต์เพื่อวิเคราะห์การแตกหักของกะโหลกศีรษะและใช้หลักการทางสถิติเพื่อหารูปร่างมาตรฐานของกะโหลกคนไทย ซึ่งในการออกแบบชิ้นส่วนปลูกฝัง ต้องมีการออกแบบให้สามารถใช้งานกับผู้ป่วยมากที่สุดและมีจำนวนต้นแบบน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

#### Abstract

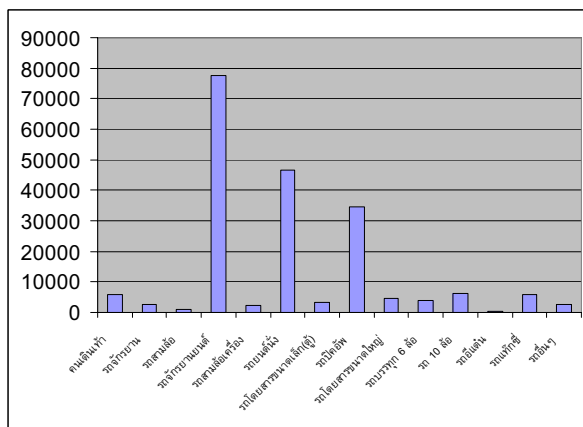
Today, head injuries and skull defects are treated with approaches of cranioplasty, which helps patients with head traumas caused by accidents, tumors, infections or congenital defects. These personalized treatments of cranioplasty implants are normally used with application of CT-scan data and rapid prototyping. But this means of treatment however costs time and is relative expensive. This study therefore is to design standardized implants in order to increase convenience for surgeons without involving numerous people in the operation

process. In addition it would minimize needed technical skills in comparison with traditional methods and use material and technologies in the region. These standardized implants are suitable for simple cranial defects (shape and size) or defects on areas where aesthetics are not highly required. Moreover the cost for cranioplasty treatments by using standardized implants is acceptable for the ASEAN region. In this study the Finite Element Method is used to simulate the fractures of the skull, and also a method of statistic is implemented so that an average contour of skulls of Thai people is determined. The main objective of this study is to design standardized implants that are suitable to Thai skulls as much as possible with the smallest amount of implants.

## 1. บทนำ

ภาวะกะโหลกศีรษะแตกเกิดขึ้นได้ภายหลังจากการผ่าตัดเกี่ยวกับกะโหลกศีรษะ เช่น การผ่าตัดเนื้องอกสมอง การบาดเจ็บที่ศีรษะจากอุบัติเหตุ การติดเชื้อรุนแรง เป็นต้น ภาวะกะโหลกศีรษะแตกมีผลต่อจิตใจผู้ป่วยทำให้รู้สึกว่ามีรูปร่างศีรษะพิการ ผู้ป่วยบางรายมีอาการปวดศีรษะเรื้อรัง จึงทำให้ศัลยแพทย์หาทางช่วยเหลือผู้ป่วยเหล่านี้ให้สามารถใช้ชีวิตได้อย่างเป็นปกติโดยการผ่าตัดแก้ไขและใช้ชิ้นส่วนปลูกฝังแบบต่างๆแทนในส่วนของกะโหลกที่ขาดหายไป และปกป้องสมองซึ่งอยู่ภายใน

อุบัติเหตุจราจรจัดอยู่ใน 3 อันดับแรกของการเสียชีวิตของคนไทยในปัจจุบัน ภาวะของโรคจากอุบัติเหตุจราจร ไม่ได้เพียงก่อให้เกิดผลเสียต่อร่างกาย ชีวิต และทรัพย์สินเท่านั้น แต่ในภาพรวมยังสร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจของประเทศที่มีมูลค่ามากถึงร้อยละ 2 ของผลผลิตมวลรวมของประเทศชาติอีกด้วย ผู้เป็นเหยื่อของอุบัติเหตุส่วนใหญ่เป็นวัยทำงาน ในจำนวนนี้เกือบร้อยละ 80 เป็นผู้ใช้จักรยานยนต์ ซึ่งมีฐานะปานกลางถึงยากจน และเป็นคนส่วนภูมิภาคมากกว่าคนกรุงเทพฯ



รูปที่ 1 สถิติการเกิดอุบัติเหตุจราจรทางบก ในปี 2547  
(ข้อมูลจาก: สำนักงานตำรวจแห่งชาติ[1])

การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของรถจักรยานยนต์ของประเทศในแถบอาเซียนโดยเฉพาะประเทศไทย ทำให้จำนวนของการบาดเจ็บทางศีรษะเนื่องจากอุบัติเหตุมีจำนวนมากตามไปด้วย รูปที่ 1 แสดงสถิติการเกิดอุบัติเหตุจราจรทางบกในปี 2547 โดยสังเกตเห็นว่าจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดจากรถจักรยานยนต์มีจำนวนมากที่สุด ตามมาด้วยรถยนต์นั่งและรถปิคอัพ จากสถิติการบังคับสวมหมวกกันน็อกสามารถลดการบาดเจ็บทางสมองได้ร้อยละ 20-67 หากมีการสวมหมวกตั้งแต่ร้อยละ 90 ขึ้นไป จะทำให้จำนวนผู้บาดเจ็บทางสมองในประเทศไทยลดลง 20,000-70,000 คนต่อปี

การรักษาโดยใช้เทคนิคทางเครนีโอพลาสติก(Cranioplasty)นั้นมานานแล้ว[2] โดยมีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง ทั้งในเรื่องเกี่ยวกับวัสดุที่นำมาใช้เป็นชิ้นส่วนปลูกฝัง เรื่องความสวยงาม และเรื่องผลแทรกซ้อนภายหลังการผ่าตัด เพื่อเป็นการพัฒนาเครื่องมือ วิธีการผ่าตัด รวมทั้งวัสดุที่ใช้ให้เหมาะสมกับคนใช้แต่ละราย

นอกจากเทคโนโลยีหรือวิธีการรักษาของประเทศในแถบนี้ซึ่งยังไม่ทันสมัยมากนัก ราคาของชิ้นส่วนปลูกฝังที่นำเข้าจากต่างประเทศยังมีราคาแพง เช่น ชิ้นส่วนปลูกฝังที่ทำจากอะคริลิกและไททาเนียมมีราคาตั้งแต่ 1,300 USD ถึง 4,000 USD[3,4] หรือการใช้ CAD system (ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์) เพื่อที่จะผลิตชิ้นส่วนปลูกฝังที่ทำจากไททาเนียม และตัวเครื่องกัด CNC เอง มีราคาไม่ต่ำกว่า 100,000 USD[4] ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้ยังอาจหาได้ยากในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ดังนั้นจึงต้องหาวิธีที่จะทำให้การรักษาความผิดปกติของกะโหลกศีรษะให้เหมาะสม จึงเกิดแนวคิดเรื่องการทำชิ้นส่วนปลูกฝังให้มีขนาดรูปร่างมาตรฐาน (Standardized Implant Templates) ขึ้นมา และใช้วัสดุที่มีราคาไม่แพง เช่น PMMA (Polymethyl methacrylate) หรือ CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) ซึ่งหาได้ไม่ยากในภูมิภาคนี้ โดยต้องหาวิธีออกแบบ และศึกษาขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนปลูกฝังที่มีขนาดมาตรฐานขึ้นมา โดยใช้เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ เทคนิคการสร้างต้นแบบรวดเร็ว (Rapid Prototyping, RP) ช่วยในการออกแบบ

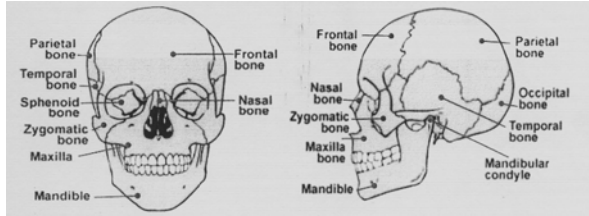
ชิ้นส่วนปลูกฝังที่มีขนาดมาตรฐานนี้จะช่วยให้ศัลยแพทย์สามารถเตรียมและผลิตชิ้นส่วนปลูกฝังของคนไข้แต่ละรายด้วยวัสดุชนิดต่างๆ ทั้งก่อนและหลังการผ่าตัด โดยไม่ต้องใช้ชิ้นจำนวนมาก หรือความชำนาญมากนักในขั้นตอนการเตรียม เป็นการเตรียมชิ้นส่วนปลูกฝังสำหรับกะโหลกศีรษะที่บิดเบี้ยวและเปลี่ยนรูปร่างไปเพียงนิดหน่อยและไม่ต้องการเรื่องความสวยงามมากนัก และยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเตรียมชิ้นส่วนปลูกฝังเมื่อเทียบกับวิธีการเดิมซึ่งออกแบบสำหรับแต่ละบุคคลไป[5,6]

## 2. รายละเอียดการศึกษา

### 2.1 กะโหลกศีรษะมนุษย์

กะโหลกศีรษะมนุษย์นั้นมีความแตกต่างกันไปตามเพศ อายุ และเชื้อชาติ ลักษณะของมนุษย์ต่างกลุ่มต่างเชื้อชาติ สังเกตได้ง่ายจากลักษณะของใบหน้าและศีรษะ ซึ่งกะโหลกมีลักษณะเฉพาะ และมีจุดอ้างอิงจำนวนมาก จึงเหมาะสำหรับการวัดและศึกษา รูปที่ 2 แสดงชื่อเรียกส่วนต่างๆของกะโหลกศีรษะ(skull) โดยผู้ที่ได้รับบาดเจ็บ

ทางกะโหลกศีรษะมักได้รับบาดเจ็บตรงส่วนที่สำคัญๆ คือ Temporal, Frontal, Parietal, และ Occipital Bone

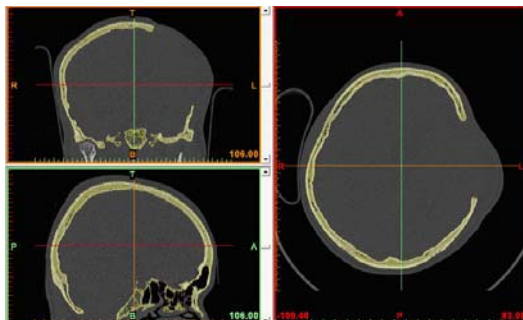


รูปที่ 2 ส่วนต่างๆของกะโหลกศีรษะมนุษย์

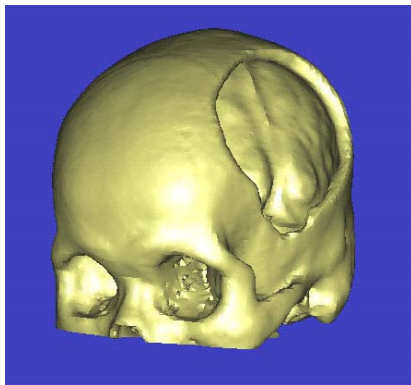
## 2.2 เครื่องมือและวิธีการ

### 2.2.1 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติจากข้อมูล CT Scan

ในการศึกษาครั้งนี้โปรแกรมที่ใช้ช่วยในการออกแบบชิ้นส่วนปลูกฝังคือ โปรแกรม MIMICS และ MAGICS RP ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ทางด้าน Medical Image Processing (MIP) และ Rapid Prototyping (RP) โดยนำข้อมูลในรูปแบบของ CT Scan (Computed Tomography) ดังรูปที่ 3 มาสร้างแบบจำลอง 3 มิติ(รูปที่ 4) เฉพาะส่วนที่เป็นกระดูกของกะโหลกศีรษะ ไม่รวมเนื้อเยื่อ (soft tissue) ต่างๆ และสร้างไฟล์ STL (STereoLithography) ขึ้นมาเพื่อนำไฟล์นี้ไปใช้ในการสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ นอกจากนั้นภาพจาก CT Scan และภาพ 3 มิติเฉพาะส่วนกะโหลกศีรษะนี้สามารถนำไปใช้ในการวัดหาขนาดและมุมต่างๆเพื่อวิเคราะห์ลักษณะทางมานุษยวิทยาภาพ (Anthropometric Analysis) ได้อีกด้วย



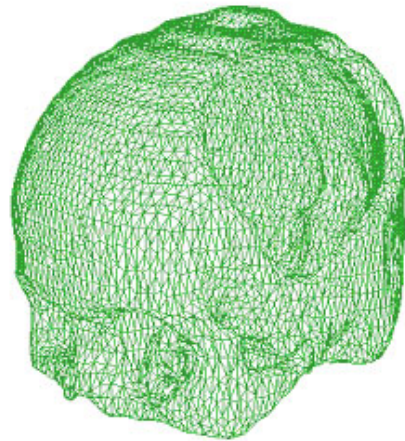
รูปที่ 3 ภาพข้อมูลจาก CT Scan ในมุมมองต่างๆ



รูปที่ 4 แบบจำลอง 3 มิติ ของกะโหลกศีรษะ จากโปรแกรม MIMICS

### 2.2.2 การสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อวิเคราะห์การแตกหักของกะโหลกศีรษะ

จากไฟล์ STL ที่ได้ เราสามารถนำไปเชื่อมต่อกับโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ ดังรูปที่ 5 ซึ่งใช้โปรแกรม ANSYS ในการวิเคราะห์เพื่อหารูปร่างของจุดหรือพื้นที่ที่แตกหักเมื่อมีการกระทำ ซึ่งจะเป็นการจำลองการเกิดอุบัติเหตุที่กะโหลกศีรษะ



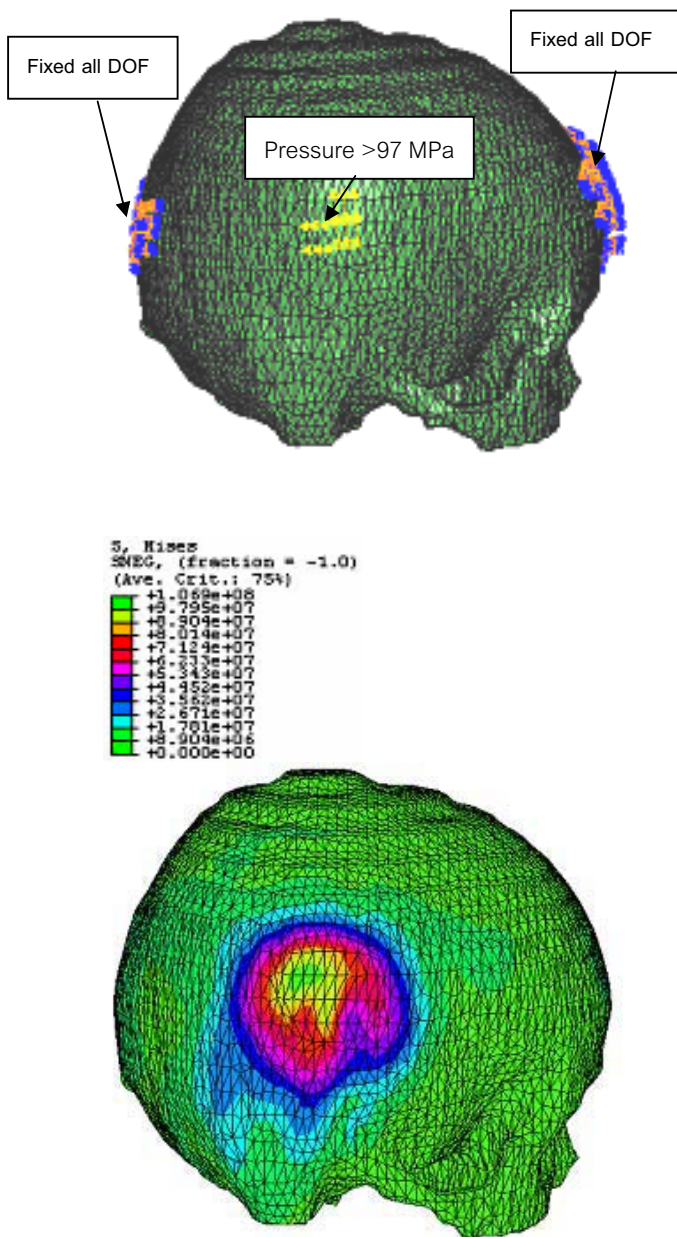
รูปที่ 5 แบบจำลอง 3 มิติ จากโปรแกรม ANSYS ซึ่งประกอบด้วย 51,347 nodes และ 233,740 tetrahedron solid elements

การวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สามารถใช้เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการอธิบายและจำลองถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกล เมื่อใส่คุณสมบัติวัสดุและภาระที่กระทำอย่างถูกต้องลงไป อย่างเช่นในที่นี้เป็นการศึกษาการแตกหักของกะโหลกศีรษะ เมื่อศีรษะถูกกระทบกระเทือนในตำแหน่งต่างๆ กันไป ตัวอย่างในรูปที่ 6 และ 7 เป็นการแสดงรูปร่างขนาดผลรอยแตกของกะโหลกศีรษะเมื่อได้รับการกระทบบริเวณ Temporal ซึ่งเป็นส่วนที่ได้รับการกระทบกระเทือนบ่อยที่สุดเมื่อดูจากสถิติ โดยในการศึกษาขั้นต้นนี้สามารถใช้แบบจำลองอย่างง่ายคือศึกษาเฉพาะส่วนกระดูกกะโหลกศีรษะ ไม่นำส่วนที่เป็นหนังศีรษะ และสมองมาคำนวณด้วย คุณสมบัติของกะโหลกศีรษะที่ใช้ให้มีลักษณะเป็นแบบเนื้อเดียวกันตลอด (homogeneous) รวมทั้งให้คุณสมบัติทางกลของวัสดุให้เป็นแบบยืดหยุ่นเชิงเส้น (linear elastic isotropic) โดยมีค่า Young's modulus  $E = 6500 \text{ MPa}$ , Poisson's ratio  $\nu = 0.20$  [7] และค่าความเค้นอัดสูงสุด(ultimate compressive strength) ของกะโหลก  $\sigma = 97 \text{ MPa}$  [8] เพราะฉะนั้นแรงกระทบหรือภาระที่กระทำในการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ต้องมีค่ามากกว่าความเค้นอัดสูงสุด (100-500 MPa) เพื่อหาแนวโน้มการแตกหักของกะโหลกศีรษะ ซึ่งแบบจำลองอย่างง่ายนี้เพียงพอที่จะใช้ในการศึกษา

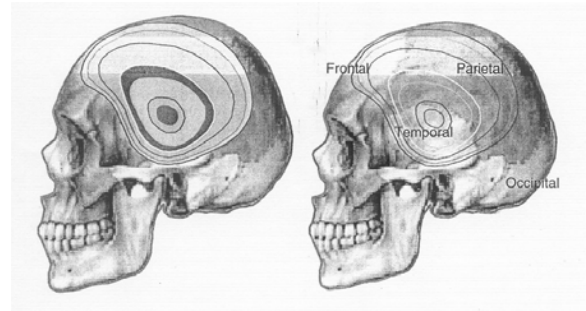
รูปที่ 6 แสดงการกระจายความเค้นฟอนมิสเสสซึ่งสามารถใช้ทำนายลักษณะการแตกหักของกะโหลกศีรษะเมื่อถูกกระทบ จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการกระทำที่ส่วน temporal-parietal รูปร่างของการแตกหักจะเป็นรูปค่อนไปทางวงกลมหรือวงรี ตามรูปที่ 6-7 ซึ่งรูปร่างนี้จะแตกต่างกันไปตามตำแหน่งที่ถูกกระทำไปเป็นส่วนอื่น

ในการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อจำลองการกระทบของกะโหลกศีรษะได้มีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้แบบจำลองใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด โดยต้องการให้ได้ผลถูกต้องยิ่งขึ้นควรใช้แบบจำลองที่ประกอบไปด้วย ทั้งหนังศีรษะ กะโหลก สมอง และของเหลว รวมทั้งกำหนดคุณสมบัติวัสดุของทุกส่วน ให้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด เช่น กระดูกกะโหลกศีรษะ ต้องกำหนดให้มีความหนาและความพรุนต่างกันไปในแต่ละส่วน

จากการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นี้ ร่วมกับคำแนะนำของศัลยแพทย์จะนำไปช่วยในการออกแบบรูปร่างของชิ้นส่วนปลูกฝังที่มีขนาดมาตรฐานที่ต้องการ



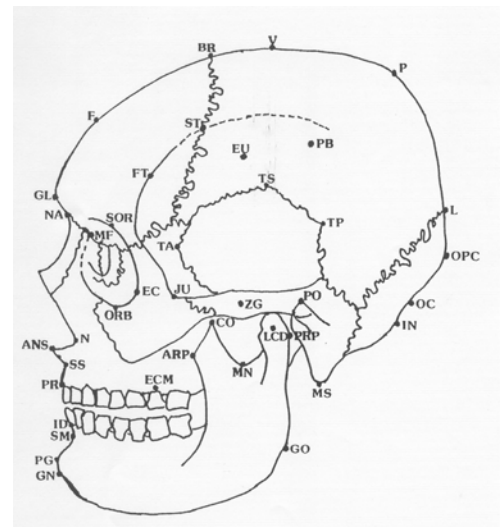
รูปที่ 6 การกระจายความเค้นฟอนมิสเซสของกะโหลกศีรษะ จากโปรแกรม ANSYS



รูปที่ 7 รูปร่างของบาดแผลกะโหลกศีรษะที่พบเห็นได้มาก เมื่อได้รับการกระทบกระตุกบริเวณ Temporal[9]

### 2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวัดกะโหลกศีรษะในประเทศไทย

การศึกษากะโหลกคนไทยทางมานุษยวิทยากายภาพ ซึ่งเป็นการศึกษาลักษณะต่างๆ ของกะโหลกที่ได้จากการสังเกตด้วยตาเปล่าและจากการวัด เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องและแม่นยำในการอธิบายเกี่ยวกับรูปร่างลักษณะและขนาดของกะโหลก เช่น ความกว้าง ความยาว ความสูง รวมทั้งมุมระหว่างจุดอ้างอิง รูปที่ 8 แสดงจุดที่สำคัญต่างๆที่ใช้ในการวัดกะโหลกศีรษะ ข้อมูลทั้งหมดที่ได้นี้จะช่วยในการสรุปหาค่ามาตรฐานกะโหลกคนไทยได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 8 จุดอ้างอิงต่างๆของกะโหลกศีรษะด้านซ้าย

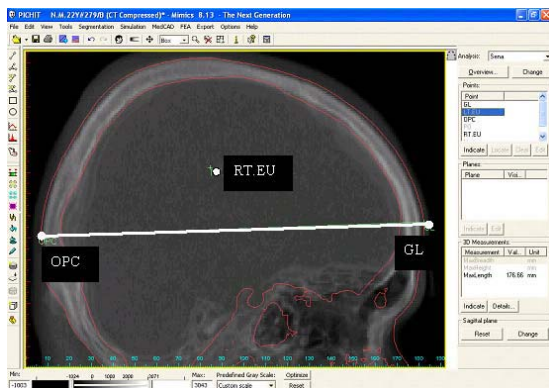
การศึกษาวิจัยในประเทศไทยที่เกี่ยวกับการวัดกะโหลก ที่ผ่านมามีทั้งที่เป็นการวัดแบบสองมิติ และสามมิติซึ่งใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยข้อมูลที่ได้จากวิธีการวัดแบบสามมิติสามารถนำมาใช้จำแนกถึงความแตกต่างระหว่างกะโหลกมนุษย์ในแต่ละเชื้อชาติ และแต่ละเพศได้ดีกว่า ข้อมูลที่ได้จากวิธีการวัดแบบสองมิติ(ตารางที่ 1) การวัดแบบสามมิติมีหลายวิธี ได้แก่ การวัดจากภาพรังสี การวัดด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ การวัดด้วยCalipers การวัดด้วยStereography การวัดด้วยElaborate apparatus และการวัดด้วยDiagraph[10]



ตารางที่ 1 แสดงขนาดที่ได้จากการวัดกะโหลกศีรษะ เปรียบเทียบระหว่างชนชาติ[11]

Dimension	Vietnamese	Lao	Thai	Cambodian
Head length[mm]	175.22 ± 4.5	167.9 ± 7.8	168.6 ± 7.45	137.7 ± 8.4
Head width[mm]	137.9 ± 5.58	144.05 ± 4.8	141.4 ± 5.9	140.4 ± 5.9
Head height[mm]	136.99 ± 3.26	132.7 ± 3.5	135.9 ± 4.9	136.8 ± 6.0

ในขั้นตอนของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ จำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้ป่วยผิดปกติที่กะโหลกศีรษะ จำแนกตาม อายุ เพศ โรงพยาบาล ตำแหน่ง ขนาดของส่วนที่ได้รับบาดเจ็บ สาเหตุ รวมถึงระดับความรุนแรงของการบาดเจ็บ นอกจากนั้นยังต้องวัดขนาดของกะโหลกศีรษะ (overall sizes – Head Height, Head Length, Head Width) เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานออกมา เพื่อนำผลที่ได้ไปออกแบบต้นแบบ(Templates)ของชิ้นส่วนปลูกฝัง ขนาดมาตรฐานในลักษณะต่างๆ โดยข้อมูลที่รวบรวมนี้จะนำมาจากโรงพยาบาลต่างๆ ในประเทศไทยในรูปแบบของ CT Scan ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากคนไข้และจาก Dry Skulls ที่ถูกเก็บรวบรวมไว้ใช้เพื่อการศึกษา และใช้วิธีการวัดซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรม MIMICS ที่เรียกว่า Anthropometric Analysis ดังรูปที่ 9

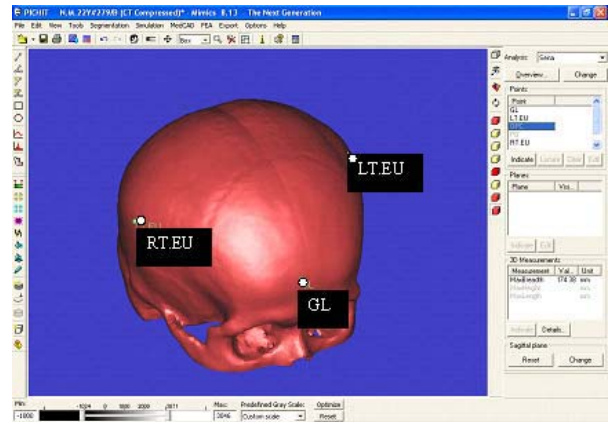


รูปที่ 9 การวัดขนาดกะโหลกศีรษะในโปรแกรม MIMICS

ในที่นี้ขอเสนอตัวอย่างในการวัดขนาดของกะโหลกศีรษะโดยใช้โปรแกรม MIMICS ซึ่งได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2 เป็นการวัดความสูง (จุด V-PO หรือ Vertex-Portion) ความกว้าง (จุด RT.EU-LT.EU หรือ Right Euryon-Left Euryon) และความยาวสูงสุด (จุด GL-OPC หรือ Glabella-Opisthocranium) และเป็นการวัดแบบสามมิติ(ดังรูปที่ 10)

ตารางที่ 2 ค่าที่ได้จากการวัด Dry Skull จำนวน 1 ตัวอย่าง

Measurement	Description	Units	Distance
RT.EU-LT.EU	Maximum Breadth	mm	174.38
V-PO	Maximum Height	mm	127.69
GL-OPC	Maximum Length	mm	176.66



รูปที่ 10 การวัดขนาดกะโหลกศีรษะแบบสามมิติในโปรแกรม MIMICS

โดยความเที่ยงตรงของการวัดขึ้นอยู่กับการทำหนดจุดของผู้วัด เป็นสำคัญ และเพื่อที่จะนำผลการวัดมาออกแบบชิ้นส่วนปลูกฝังที่มีขนาดมาตรฐาน ต้องใช้จำนวนตัวอย่างขนาดเพียงพอและใช้วิธีการทางสถิติมาวิเคราะห์ ซึ่งเป็นเรื่องที่กำลังศึกษาต่อไป

#### 2.4 การออกแบบชิ้นส่วนปลูกฝังที่มีขนาดมาตรฐาน

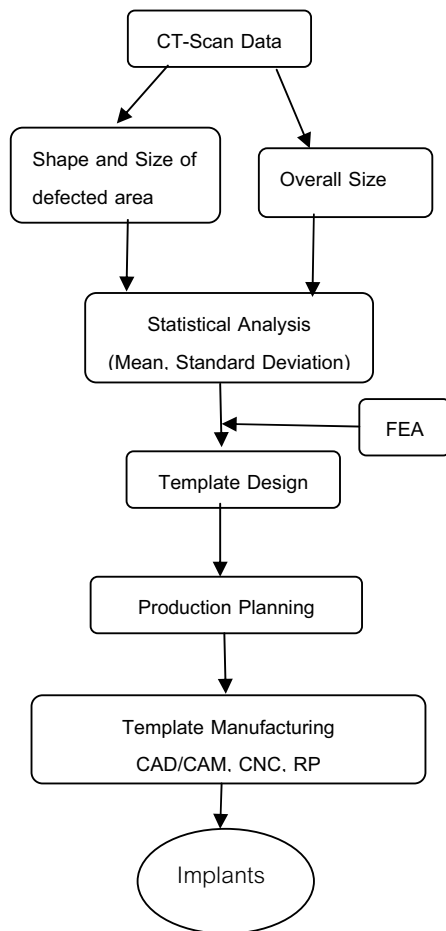
การออกแบบและผลิตชิ้นส่วนปลูกฝังรักษาผู้ป่วยผิดปกติที่กะโหลกศีรษะทั้งชายและหญิงอายุต่างกัน มีขนาดกะโหลกศีรษะต่างกันรวมถึงขนาดบาดแผลต่างกันมีขั้นตอนดังนี้คือ นำข้อมูลจาก CT-Scan มาวัดขนาดกะโหลกศีรษะและขนาดของบาดแผลเพื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ แล้วใช้ข้อมูลนี้ประกอบกับแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ช่วยในการออกแบบต้นแบบ(Templates) จากนั้นก็วางแผนการผลิตและการทำแม่พิมพ์โดยใช้เครื่องมือ CAD/CAM, CNC และ Rapid Prototyping เข้าช่วย เพื่อให้ได้ชิ้นส่วนปลูกฝังออกมา (รูปที่ 11)

ชิ้นส่วนปลูกฝังที่ง่ายที่สุดสำหรับการรักษาผู้ป่วยที่กะโหลกศีรษะผิดปกติก็คือ รูปร่างที่เป็นส่วนของทรงกลม ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานเมื่อแผลบาดเจ็บของกะโหลกศีรษะมีขนาดไม่ใหญ่มาก หรืออยู่ในตำแหน่งที่มีผมปิดซึ่งไม่มีผลต่อความสวยงามมากนัก

แต่ในความเป็นจริงแล้วศัลยแพทย์ต้องการต้นแบบของชิ้นส่วนปลูกฝังที่มีรูปร่างและขนาดต่าง ๆ กันไปไม่ใช่ทรงกลมอย่างเดียว สำหรับคนไข้ตามตำแหน่งต่างๆของกะโหลกศีรษะที่ได้รับบาดเจ็บ จึงต้องมีการออกแบบชิ้นส่วนปลูกฝังที่มีขนาดมาตรฐาน เพื่อหารูปร่างขนาดที่เหมาะสมกับคนไทยต่อไป

#### 3. บทสรุปการศึกษา

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จะเป็นการเก็บข้อมูลทางสถิติของขนาดและรูปร่างของกะโหลกศีรษะคนไทย เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบชิ้นส่วนปลูกฝังที่มีขนาดมาตรฐานใช้ให้กับคนไข้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ อีกทั้งช่วยลดค่าใช้จ่ายสำหรับคนไข้ให้อยู่ในขอบเขตที่สามารถรับผิดชอบเองได้ รวมถึงใช้วัสดุและเทคโนโลยีอุปกรณ์ที่มีในพื้นที่นี้ด้วย



รูปที่ 11 ขั้นตอนการออกแบบชิ้นส่วนปลูกฝังที่มีขนาดมาตรฐาน

สำหรับผู้ป่วยที่บาดเจ็บทางกะโหลกศีรษะมีบาดแผลขนาดใหญ่หรือซับซ้อน เช่น เนื้องอกในสมอง ไม่เหมาะสมกับการใช้ชิ้นส่วนปลูกฝังแบบมาตรฐาน จึงยังต้องการ การออกแบบชิ้นส่วนปลูกฝังซึ่งทำให้คนไข้เป็นกรณีไปอยู่เหมือนเดิม

ในการวัดจุดแบบสามมิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้ผลเป็นที่น่าพอใจเนื่องจากความสะดวกและความแม่นยำ ลดความยุ่งยากเมื่อเทียบกับการวัดแบบเก่าๆเช่นการวัดด้วย Diagraph หรือ Caliper แต่ความเที่ยงตรงของการวัดระยะและมุมต่างๆจะขึ้นอยู่กับวิธีการกำหนดจุดของผู้วัดเป็นสำคัญ

#### 4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีทางทันตกรรมขั้นสูง(ADTEC ภายใต้ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ MTEC) ที่เอื้อเฟื้อโปรแกรม MIMICS ที่ใช้ในการวิเคราะห์ Anthropometric Analysis และสร้างแบบจำลองสามมิติ

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] สถิติคดีอุบัติเหตุการจราจรทางบก ในเขตพื้นที่ที่ตำรวจอาณัติกร ปี 2547. [http://www.police.go.th/traff\\_main.htm](http://www.police.go.th/traff_main.htm) (accessed on August 2006).
- [2] Max T., 1957, Technic of Closure of Cranial Defects, Modern Surgical Technic. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: JB Lippincott, 766-773.
- [3] Perry, M., Banks, P., Richards, R., Rriedman, E.P., Haw, P., 1998. The Use of Computer-Generated Three-Dimensional Models in Orbital Reconstruction, British Journal of Oral and Maxillafacial Surgery, 36, 275-284.
- [4] Eufinger, H., Wehmoller, M., Machtens, E., Heuser, L., Harders, A., Kruse, D., 1995. Reconstruction of Craniofacial Bone Defects with Individual Alloplastics Implants based on CAD/CAM-manipulated CT-Data. J. Cranio Maxillo-facial Surgery 23, 175-181.
- [5] Hieu, L.C., Vander Sloten, J., Bohez, E., Phien, H.N., Vatcharaporn, E., An, P.V., To, N.C., Binh, P.H., 2004. A Cheap Technical Solution for Cranioplasty Treatments, Technology and Health Care 12, 281-292.
- [6] Hieu, L.C., Bohez, E., Vander Sloten, J., Phien, H.N., Vatcharaporn, E., Binh, P.H., An, P.V., To, N.C., Oris, P., 2002 Design and Manufacturing of Personalized and Standardized Templates for Cranioplasty Applications, IEEE Proceedings on Industrial Automations, Bangkok, Thailand, 1025-1030.
- [7] Kuipers, A.H.W.M., Claessens, M.H.A., Sauren, A.A.H.J., 1995. The Influence of Different Boundary Conditions on the Response of the Head to Impact: a Two Dimensional Finite Element Study. Journal of Neurotrauma 12,4, 715-724.
- [8] Joon, B.P., Roderic, S.L., 1992, Biomaterial, Preunum Press, New York, USA.
- [9] Hieu, L.C., 2002. Intelligent Design of Personalized Implants and Standardized Templates for Cranioplasty Applications, Doctor of Engineering Dissertation, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- [10] Ninprapan, A., Three-Dimensional Analysis of Thai Skulls collected in Northeast Thailand, Master of Science in Anatomy Thesis, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand.
- [11] Hung, L.H., 1995. Anthropometric Characteristics of Modern Vietnamese Skulls, Doctoral dissertation, Hanoi University of Medicine, Hanoi, Vietnam.