

เครื่องต้นแบบอุปกรณ์นำร่องการเจาะกระดูกกระดูกต้นคอข้อที่ 3 ถึงข้อที่ 7
Format and Guidelines of Full Paper for the 28th Conference of the Mechanical
Engineering Network of Thailand

จตุรงค์ ก่อเกียรติพงศ์¹, กิตติ อรุณจรัสธรรม^{2*}, มณีนรุตม์ ชนะสกุลนิยม¹, พร้อมพงศ์ อนุชิตชาญชัย² และ
ปัญญา อรุณจรัสธรรม¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 25/25 ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ศาลายา พุทธมณฑล นครปฐม 73170

² ภาควิชาศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิกส์และเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถนนลงหาดบางแสน ชลบุรี 20000

*ติดต่อ: kittaroon@gmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 0 3839 4850

บทคัดย่อ

การผ่าตัดกระดูกต้นคอจำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์ของแพทย์ผู้ทำการผ่าตัดและเครื่องมือนำวิถีในการผ่าตัดทำให้การผ่าตัดกระดูกต้นคอถูกจำกัดในโรงพยาบาลขนาดใหญ่ที่มีเครื่องมือพร้อมเท่านั้น โครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาข้อมูลทางกายวิภาคของกระดูกต้นคอข้อที่ 3 ถึงข้อที่ 7 ของกลุ่มคนไทยจำนวน 20 ราย เพื่อนำมาเป็นข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์นำร่องการเจาะกระดูกกระดูกต้นคอ จากการออกแบบเครื่องต้นแบบอุปกรณ์นำร่องการเจาะกระดูกกระดูกต้นคอด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์คและทำการขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีการขึ้นรูปต้นแบบรวดเร็ว จากนั้นทำการทดสอบ โดยทดลองเจาะโมเดลกระดูกต้นคอซึ่งหล่อขึ้นรูปด้วยวัสดุโพลียูรีเทนพบว่าสามารถนำร่องการเจาะกระดูกในตำแหน่งเพดิกิลได้ทั้งหมด 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำการทดลองการเจาะกระดูกกระดูกต้นคอตั้งกล่าวมาตรวจสอบหาความคลาดเคลื่อนในการเจาะกระดูกกระดูกในตำแหน่งกึ่งกลางเพดิกิล ซึ่งผลการตรวจสอบค่าความผิดพลาดของการเยื้องศูนย์กลางจากเพดิกิลพบว่าการเจาะกระดูกคลาดเคลื่อนจากจุดศูนย์กลางของเพดิกิลในกระดูกต้นคोन้อยที่สุดคือไม่คลาดเคลื่อนเลย และคลาดเคลื่อนมากที่สุดเพียง 60.67 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเครื่องต้นแบบอุปกรณ์นำร่องการเจาะกระดูกกระดูกต้นคอข้อที่ 3 ถึงข้อที่ 7 เหมาะจะนำไปช่วยศัลยแพทย์เพื่อใช้ในการผ่าตัดต่อไป

คำหลัก: เพดิกิล, อุปกรณ์นำร่องการเจาะกระดูก, กระดูกต้นคอข้อที่ 3 ถึงข้อที่ 7

Abstract

The cervical spine surgery was required a surgeon who had an experience and navigation devices. For this limitation, the cervical spine surgery had only in the large hospital. This project aims to evaluate the data of the 20 Thai cervical spines C3-C7 to designs the prototype of drill guide for the cervical spine. The prototype of drill guide was designed by the SolidWorks CAD software and was constructed by rapid prototyping technology. The prototype of drill guide was tested by drilling the cervical models, which was casted from polyurethane material. The results were shown 100 percent of drill hole in the pedicle region. The eccentricity between the center of pedicle region and center of drill hole were shown 0 percent of the least deviation and 60.67 percent for the most deviation. The prototype of drill

BME-174

guide for the cervical spine was a useful device to help the surgeon to insert the screw in the pedicle region.

Keywords: Pedicle, Design the Prototype of Drill Guide, Cervical spines C3 to C7

1. บทนำ

กระดูกสันหลังเป็นกระดูกแกนกลางของร่างกาย โดยเชื่อมต่อมาจากศีรษะ บริเวณส่วนบนเชื่อมกับกระดูกไหปลาร้าและสะบักเพื่อต่อเนื่องไปยังแขนทั้ง 2 ข้าง ส่วนล่างเชื่อมกับกระดูกเชิงกรานเป็นข้อต่อให้กับสะโพกและกระดูกขาทั้ง 2 ข้าง โดยแกนกลางกระดูกสันหลังของคนปกติจะมีทั้งหมด 33 ชิ้น ซึ่งจำแนกตามตำแหน่งและรูปร่างลักษณะได้แก่ กระดูกส่วนต้นคอ (Cervical vertebrae) มีจำนวน 7 ชิ้น, กระดูกส่วนทรวงอก (Thoracic vertebrae) มีจำนวน 12 ชิ้น, กระดูกส่วนบั้นเอว (Lumbar vertebrae) มีจำนวน 5 ชิ้น, กระดูกส่วนกระเบนเหน็บ (S acral vertebrae) มีจำนวน 5 ชิ้นและกระดูกส่วนก้นกบ (C occyx) มีจำนวน 4 ชิ้น

อาการปวดหลังพบมากมายในปัจจุบันซึ่งมีสาเหตุมาจากการนั่งผิดท่า, การยืนหรือนั่งท่าเดิมมากเกินไป เป็นต้น ซึ่งการรักษาจะเริ่มจากการรักษาโดยไม่ผ่าตัดก่อนเสมอ จนกระทั่งมีสิ่งบ่งชี้ที่ชัดเจน ศัลยแพทย์จึงทำการผ่าตัด เช่น กระดูกสันหลังหักกดทับไขสันหลังซึ่งจำเป็นต้องได้รับการผ่าตัดโดยด่วน เพื่อไม่ให้เกิดภาวะอัมพาต เทคนิคการผ่าตัดที่ถือเป็นหัวใจสำคัญวิธีหนึ่งที่ใช้กันบ่อยมากในการผ่าตัดกระดูกสันหลังคือ การเชื่อมต่อกระดูกสันหลัง (Spinal fusion) ซึ่งมีการใช้สกรูชนิดโลหะในการผ่าตัดทางกระดูกสันหลัง (Spinal fixation) อยู่บ่อยครั้งเพื่อยึดตรึงกระดูกสันหลังให้แข็งแรง หรือช่วยเพิ่มอัตราการติดของกระดูกสันหลังในแต่ละระดับ สกรูที่ใช้ในการยึดตรึงกระดูกสันหลังเรียกว่าเพดิกส์สกรู (Pedicle screws) การผ่าตัดใส่เพดิกส์สกรูศัลยแพทย์ที่ทำการผ่าตัดจำเป็นต้องมีความรู้และความชำนาญเป็นอย่างมากเนื่องจากการผ่าตัดใส่เพดิกส์สกรูศัลยแพทย์ผู้ทำการผ่าตัดไม่สามารถมองเห็นได้โดยตรงจากการผ่าตัด ทำให้มีปัญหาในการใส่เพดิกส์สกรูมาก ในปัจจุบันได้มี

การนำเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์นำวิถี (Navigator) มาประกอบการผ่าตัดเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการผ่าตัดใส่เพดิกส์สกรูในกระดูกสันหลังแต่เนื่องจากวิธีการดังกล่าวเป็นวิธีที่ทำให้ศัลยแพทย์ต้องใช้เวลาในการผ่าตัดนานขึ้นเพราะมีความซับซ้อนขณะใช้งานที่เพิ่มมากขึ้นและเพิ่มค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง

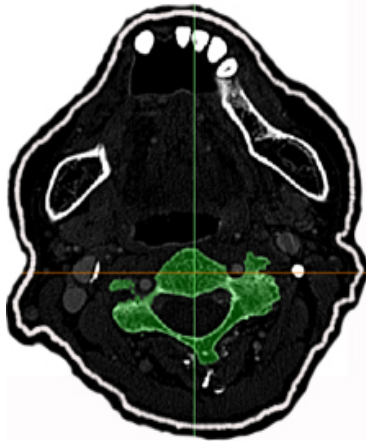
ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบอุปกรณ์นำร่องการเจาะสกรูที่กระดูกต้นคอข้อที่ 3 ถึงข้อที่ 7 เนื่องจากมีรูปร่างของกระดูกที่ใกล้เคียงกันซึ่งแตกต่างจากข้อที่ 1 และข้อที่ 2 จะมีรูปร่างของกระดูกที่แตกต่างออกไปมาก โดยอุปกรณ์นำร่องการเจาะสกรูที่กระดูกต้นคอใช้การคำนวณจุดเจาะสกรูจากข้อมูลที่ได้จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ของผู้ป่วยแต่ละรายล่วงหน้าก่อนการผ่าตัดเพื่อช่วยเพิ่มความแม่นยำในการเจาะสกรูบริเวณเพดิกส์ของกระดูกต้นคอ ทำให้ลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเจาะสกรูได้ โดยอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถนำมาใช้ทดแทนหรือใช้ร่วมกับเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์นำวิถีเพื่อเพิ่มความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การออกแบบอุปกรณ์นำร่องการเจาะสกรูที่กระดูกต้นคอข้อที่ 3 ถึงข้อที่ 7 มีวิธีการดำเนินงานดังต่อไปนี้
2.1 การปรับแต่งรูปร่างกระดูกในโปรแกรมไอทีเค-สแนป (ITK SNAP) จากภาพถ่ายซีทีสแกน

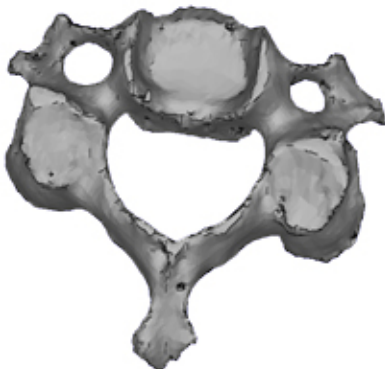
เป็นกระบวนการวิศวกรรมย้อนรอยโดยนำภาพถ่าย 2 มิติจากเครื่องสแกนคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (Computerize Tomography) หรือซีทีสแกนมาเข้าโปรแกรมไอทีเค-สแนปเพื่อทำการปรับแต่งและ แยกรูปร่างกระดูกออกจากสิ่งแวดล้อมดังแสดงในรูปที่ 1

BME-174



รูปที่ 1 แสดงภาพจากสแกนคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (CT Scan)

แบบจำลอง 3 มิติของกระดูกต้นคอที่ถูกสร้างขึ้นมาจะอยู่ในรูปแบบของไฟล์สเตอริโอลิโธกราฟี (Stereolithography: STL) ดังแสดงในรูปที่ 2

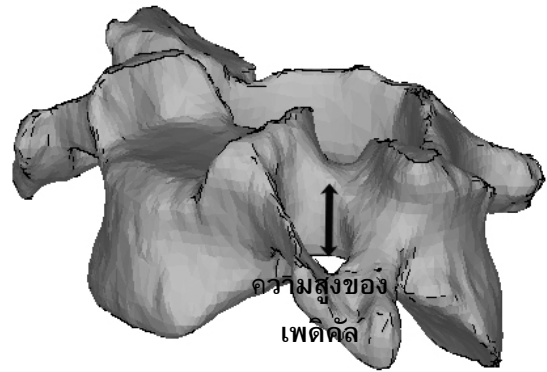


รูปที่ 2 แสดงโมเดลกระดูกต้นคอ 3 มิติของกระดูกต้นคอข้อที่ 3

2.2 การวัดค่าพารามิเตอร์ของกระดูกต้นคอ

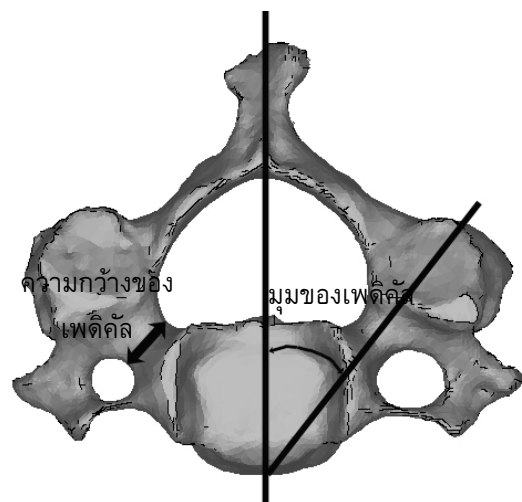
ค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการเจาะสกรูกระดูกต้นคอ [1-2] ได้แก่

- ความสูงของเพดิกัล (Pedicule Height) จะทำการวัดที่บริเวณคอคอดของเพดิกัลจากด้านบนสุดถึงล่างสุดในจุดที่แคบที่สุดดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงความสูงของเพดิกัลของกระดูกต้นคอข้อที่ 3

- ความกว้างของเพดิกัล (Pedicule Width) จะทำการวัดความกว้างของเพดิกัลในบริเวณที่แคบที่สุดดังแสดงในรูปที่ 4
- มุมของเพดิกัลในแนวราบตัดขวาง (The angle of the pedicle on the transverse plane) จะทำการวัดมุมที่อยู่ระหว่างแกนกลางของกระดูกต้นคอกับความยาวของแกนเพดิกัลดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงความกว้างของเพดิกัลและมุมในแนวราบตัดขวางของกระดูกต้นคอข้อที่ 3

ในการวัดค่าพารามิเตอร์ข้างต้นได้ทำการวัดจากผู้ป่วยจำนวน 20 รายรวมเป็นกระดูกต้นคอจำนวน 100 ชิ้นแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 1

BME-174

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ของกระดูกต้นคอข้อที่ 3 ถึงข้อที่ 7

กระดูก ต้นคอ	ความสูง ของเพดิกัล (มิลลิเมตร)	ความกว้าง ของเพดิกัล (มิลลิเมตร)	มุมของ เพดิกัล (องศา)
ข้อที่ 3	7.72	4.87	47.21
ข้อที่ 4	8.21	4.85	48.95
ข้อที่ 5	7.99	4.87	48.46
ข้อที่ 6	8.32	5.21	38.65
ข้อที่ 7	8.72	6.28	38.76

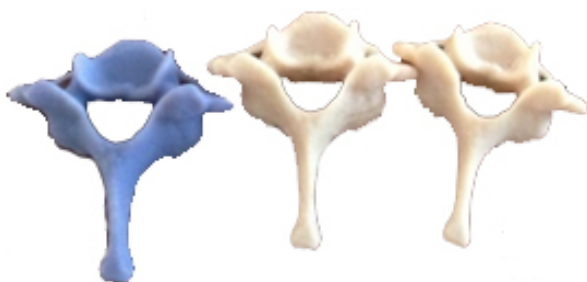
2.3 การขึ้นรูปโมเดลกระดูกต้นคอ

ทำการขึ้นรูปโมเดลกระดูกต้นคอเพื่อนำมาทดสอบอุปกรณ์นำร่องการเจาะสกรูที่กระดูกต้นคอโดยใช้การขึ้นรูปต้นแบบรวดเร็วดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการขึ้นรูปต้นแบบรวดเร็วโมเดลกระดูกต้นคอ

จากนั้นนำโมเดลต้นแบบมาทำแม่พิมพ์และทำการหล่อโมเดลกระดูกด้วยเรซินเพื่อนำมาทดสอบดังแสดงในรูปที่ 6 โดยโมเดลสีฟ้าสร้างจากการขึ้นรูปต้นแบบรวดเร็วและโมเดลสีครีมสร้างจากการหล่อด้วยเรซิน



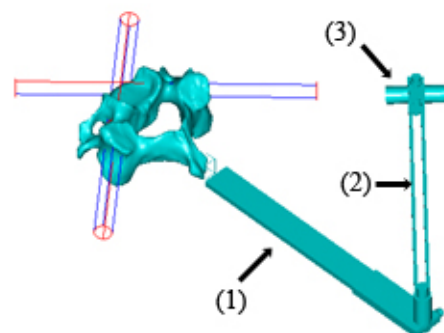
รูปที่ 6 แสดงโมเดลกระดูกต้นคอ

2.4 การออกแบบอุปกรณ์นำร่องการเจาะสกรูที่กระดูกต้นคอ

ในการออกแบบอุปกรณ์นำร่องการเจาะสกรูที่กระดูกต้นคอได้ทำการออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบโซลิดเวิร์ก โดยมีเงื่อนไขเบื้องต้นในการออกแบบคือ

- ต้องปรับมุมที่แกนที่ทางออกมาได้ เพราะตำแหน่งของเพดิกัลจะมีมุมที่ทางออก จากแนวกลางของกระดูกที่ไม่เท่ากัน
- ต้องปรับมุมก้ม-เงยของท่อนำการเจาะ สกรูได้เพราะตำแหน่งของเพดิกัลจะมีมุมก้ม-เงยจากแนวระดับที่ไม่เท่ากัน
- ต้องปรับมุมทางเข้า-ออกของท่อนำการ เจาะสกรูได้เพื่อทำการปรับละเอียดสอดคล้องกับตำแหน่งเพดิกัล

จากนั้นจึงได้ทำการออกแบบตามเงื่อนไขข้างต้นดังแสดงในรูปที่ 7



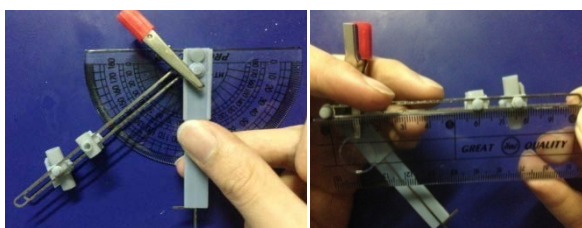
รูปที่ 7 แสดงภาพโมเดลอุปกรณ์นำร่องการเจาะสกรูที่กระดูกต้นคอเมื่อวางเทียบกับโมเดลกระดูก

อุปกรณ์นำร่องการเจาะสกรูที่กระดูกต้นคมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

BME-174

- (1) แกนกลาง เป็นชิ้นส่วนในการตั้งตำแหน่งที่กึ่งกลางกระดูกต้นคอ เพื่อเป็นแกนอ้างอิงในการปรับส่วนประกอบอื่นๆ
- (2) แขนนำท่อการเจาะ เป็นชิ้นส่วนที่กำหนดมุมทางออกจากตำแหน่งกึ่งกลาง โดยมีร่องเพื่อใช้ในการเลื่อนท่อนำร่องการเจาะกระดูก
- (3) ท่อนำการเจาะกระดูก เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในการนำร่องการเจาะกระดูก โดยสามารถปรับขึ้นลงและหมุนซ้าย-ขวา เพื่อทำการปรับมุมการเจาะกระดูก

จากนั้นนำโมเดลไปทำการขึ้นรูปต้นแบบรวดเร็ว โดยทำการวัดค่ามุมจากอุปกรณ์เครื่องวงกลมและทำการวัดระยะด้วยไม้บรรทัดดังแสดงในรูปที่ 8



(ก)

(ข)

รูปที่ 8 แสดงการตั้งค่าอุปกรณ์นำร่องการเจาะกระดูกที่กระดูกต้นคอ: (ก) ตั้งค่ามุม และ (ข) ตั้งระยะ

นำอุปกรณ์ที่ได้ตั้งค่าแล้วไปทำการเจาะโมเดลกระดูกต้นคอดังแสดงในรูปที่ 9 โดยให้ดอกสว่านเจาะตามแนวท่อการนำเจาะกระดูก โดยทำการทดลองเจาะโมเดลกระดูกต้นคอข้อละ 4 ชิ้นเพื่อนำไปหาค่าเฉลี่ยของผลการทดลองที่เกิดขึ้น



รูปที่ 9 การเจาะรูในแนวเพดิกัลโดยใช้อุปกรณ์นำร่องการเจาะกระดูกที่กระดูกต้นคอ

3. ผลการทดลอง

ภายหลังการใช้อุปกรณ์นำร่องการเจาะกระดูกที่กระดูกต้นคอทำการเจาะกระดูกที่บริเวณเพดิกัล โดยเจาะเข้ากับโมเดลกระดูกที่ขึ้นรูปจากเรซินและทำการหาค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งรูเจาะกับ บริเวณกึ่งกลางของเพดิกัลมีวิธีการหาค่าความคลาดเคลื่อนดังนี้

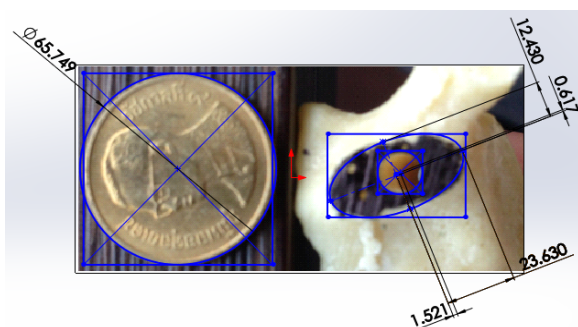
- ทำการเลื่อยโมเดลกระดูกที่บริเวณเพดิกัล ดังแสดงในรูปที่ 10 เพื่อดูตำแหน่งรูเจาะภายหลังการเข้าไปในส่วนเพดิกัลของกระดูกต้นคอ



รูปที่ 10 ทำการเลื่อยโมเดลกระดูกบริเวณเพดิกัลภายหลังทำการเจาะด้วยสว่าน

- ทำการวัดขนาดของเพดิกัลโมเดลกระดูกแต่ละชิ้นด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์กเพื่อนำมาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนดังแสดงในรูปที่ 11 พบว่าบริเวณเพดิกัลมีลักษณะพื้นที่เป็นรูปวงรีจึงได้ทำการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนตามแนวแกนเอกและแนวแกนโทของวงรี

BME-174



รูปที่ 11 แสดงขนาดของเพดัลเทียบกับเหรียญ 25 สตางค์ โดยวัดจากแกนเอกและแกนโทของพื้นที่ เพดัล

ตัวอย่างการคำนวณขนาดของรูเจาะที่บริเวณ เพดัลของกระดูกต้นคอข้อที่ 3 โดยคิดค่าความคลาดเคลื่อนตามแนวแกนเอกและแนวแกนโทของพื้นที่วงรีเป็นเปอร์เซ็นต์ดังนี้

- แนวแกนเอกของเพดัลมีค่าความคลาดเคลื่อนคือ

$$(1.521 \times 100) / 23.63 = 6.44\%$$

- แนวแกนโทของเพดัลมีค่าความคลาดเคลื่อนคือ

$$(0.617 \times 100) / 12.43 = 4.96\%$$

ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของการใช้อุปกรณ์นำร่องการเจาะกระดูกต้นคอข้อที่ 3 ในแนวแกนเอกของเพดัลมีค่าความคลาดเคลื่อนคิดเป็น 6.44% จากตำแหน่งจุดศูนย์กลางของเพดัล และในแนวแกนโทของเพดัลมีค่าความคลาดเคลื่อนคิดเป็น 4.96% จากตำแหน่งจุดศูนย์กลางของเพดัล เมื่อทำการหาค่าความคลาดเคลื่อนของกระดูกต้นคอครบทุกข้อกระดูกนำมาแสดงได้ดังตารางที่ 2 สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนตามแนวแกนเอกและตารางที่ 3 สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนตามแนวแกนโท

ตารางที่ 2 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของรูเจาะภายหลังการใช้อุปกรณ์นำร่องการเจาะกระดูกต้นคอในแกนเอกของเพดัล

ชั้นงาน ที่	ค่าความคลาดเคลื่อนของรูเจาะ (%)				
	ข้อที่3	ข้อที่4	ข้อที่5	ข้อที่6	ข้อที่7
เฉลี่ย	18.77	0	1.56	10.99	33.55

1	26.91	48.48	5.85	22.37	12.2
2	26.74	1.14	26.34	3.09	28.34
3	6.44	25.54	7.32	5.28	9.19
4	14.17	22.34	2.8	25.13	12.21
เฉลี่ย	18.57	24.38	10.58	13.97	15.49

ตารางที่ 3 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของรูเจาะภายหลังการใช้อุปกรณ์นำร่องการเจาะกระดูกต้นคอในแกนโทของเพดัล

ชั้นงาน ที่	ค่าความคลาดเคลื่อนของรูเจาะ (%)				
	ข้อที่3	ข้อที่4	ข้อที่5	ข้อที่6	ข้อที่7
1	18.77	0	1.56	10.99	33.55
2	34.54	4.05	60.67	14.8	0.26
3	4.96	26.04	17.14	4.64	8.36
4	47.97	43.21	43.55	5.08	0.29
เฉลี่ย	26.56	18.33	30.73	8.89	10.62

4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

การใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการผ่าตัดมีจำนวนที่เพิ่มขึ้นทุกปี โดยในการผ่าตัดใส่สกรูเพื่อยึดตรึงกระดูกต้นคอได้มีการนำเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์นำวิถีมาช่วยศัลยแพทย์ในการหาตำแหน่งและทิศทางที่สกรูเคลื่อนเข้าไปภายในกระดูก ณ จุดที่ศัลยแพทย์ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า จากการศึกษาพบว่าการใช้สกรูเพื่อยึดตรึงกระดูกต้นคอโดยใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์นำวิถีจะเพิ่มความปลอดภัยในการผ่าตัดมากยิ่งขึ้น [3-7] ลุตวิกและคณะ [8] ได้ทำการศึกษาและพบว่าในการสกรูเพื่อยึดตรึงกระดูกต้นคอที่บริเวณเพดัลโดยใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์นำวิถีจะสามารถใส่สกรูได้ถูกต้องตามตำแหน่งถึง 82 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อีก 18 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสกรูเบนออกไปนอกบริเวณเพดัล ในขณะที่ อุปกรณ์ต้นแบบนำร่องการเจาะสกรูที่กระดูกต้นคอ สามารถเจาะสกรูให้อยู่ในตำแหน่งเพดัล

BME-174

คัลของกระดูก ต้นคอได้อย่างแม่นยำโดยไม่เกิดการ
ทะลุออกนอก โมเดลกระดูกที่บริเวณเพดิกส์เลย

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การวัดค่าผลการทดลองเป็นการวัดความคลาดเคลื่อนในระนาบ 2 มิติโดยสนใจในรูเจาะนำร่องที่บริเวณเพดิกส์ของกระดูกต้นคอไม่ให้เกิดการทะลุออกนอกกระดูกซึ่งจากผลการทดลองพบว่าไม่เกิดการทะลุของรูเจาะเลยที่บริเวณดังกล่าว ดังนั้นอุปกรณ์ต้นแบบนำร่องการเจาะกระดูกที่กระดูกต้นคอเป็นแนวคิดที่สามารถนำมาใช้ทดแทนเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์นำวิถีได้ในกรณีที่โรงพยาบาลไม่สามารถจัดหาเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์นำวิถีมาใช้งานหรือใช้ควบคู่ไปกับเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์นำวิถีเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดแก่คนไข้ได้เช่นกัน

เนื่องจากอุปกรณ์ในการวิจัยนี้เป็นอุปกรณ์ต้นแบบนำร่องการเจาะกระดูกที่กระดูกต้นคอโดยมุ่งเน้นไปที่ความสามารถในการปรับตั้งมุมเจาะที่ได้จากการวัดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเพิ่มความสามารถในการเจาะกระดูกจึงยังไม่คำนึงถึงค่าแรงที่แพทย์ใช้ในการเจาะกระดูกดังกล่าว อีกทั้งยังต้องได้รับการปรับปรุงก่อนจะนำเข้าไปใช้ในการผ่าตัดจริง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มความแม่นยำในการตั้งค่าต่างๆ ที่ใช้ในการนำร่องการเจาะกระดูกต้นคอข้อที่ 3-7 ให้มากขึ้น เนื่องจากต้นแบบอุปกรณ์นำร่องการเจาะกระดูกต้นคอข้อที่ 3-7 นี้ใช้การตั้งค่าด้วยมือ (Manual) ทำให้มีความลำบากและยุ่งยากในการดำเนินการ

2. ควรทำชิ้นส่วนจับยึดตรงแกนกลางกับกระดูกต้นคอให้มีความมั่นคง เนื่องจากเวลาผ่าตัดแพทย์ไม่สามารถจับยึดอุปกรณ์กับกระดูกต้นคอได้ดังเช่นในการทดลอง โดยทำเป็นชิ้นส่วนเฉพาะคนไข้แต่ละรายเพื่อเพิ่มความมั่นคงในการจับยึด

3. ควรเพิ่มความแข็งแรงให้กับอุปกรณ์นำร่องการเจาะกระดูกต้นคอข้อที่ 3-7 มากขึ้น โดยอาจเปลี่ยนไปใช้วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์เป็นอลูมิเนียมหรือสแตนเลสทั้ง

ชิ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความคงทนของอุปกรณ์ได้มากขึ้น

4. ในการทดลองนี้เป็นการเจาะนำร่องดังนั้นขนาดดอกสว่านที่นำมาใช้จึงมีขนาดเล็กกว่าขนาดเจาะจริงควรนำดอกสว่านที่มีขนาดใหญ่มาทำการเจาะเพื่อวัดตำแหน่งรูเจาะที่บริเวณเพดิกส์เพิ่มเติม

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยคณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยบูรพา ขอขอบคุณนายสมิทธิ ศิริวรรณานี , นายณัฐวุฒิ รักซ้อน และนายตุลย์ จันทวัชรกร ที่ช่วยเก็บข้อมูลการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Bozbuga, M., Ozturk, A., Ari, Z., Sahinoglu, K., Bayraktar, B. and Cecen, A. (2004) Morphometric evaluation of subaxial cervical vertebrae for surgical application of transpedicular screw fixation. *Spine*, vol. 19, pp. 1876-1880.
- [2] Banerjee, P.S., Roychoudhury, A. and Karmakar, S.K. (2012) Morphometric analysis of the cervical spine of Indian population by using computerized tomography. *J. Med Allied Sci*, pp. 66-76.
- [3] Liu, Y.J., Tian, W., Liu, B., Li, Q., Hu, L., Li, Z.Y., Yuan, Q., Xing, Y.G., Wang, Y.Q. and Sun, Y.Z. (2005) Accuracy of CT-based navigation of pedicle screws implantation in the cervical spine compared with X-ray fluoroscopy technique. *Chin J Surg*, vol. 43, pp. 1328-1330.
- [4] Ludwig, S.C., Kramer, D.L., Balderston, R.A., Vaccaro, A.R., Foley, K.F. and Albert, T.J. (2000) Placement of pedicle screws in the human cadaveric cervical spine: comparative accuracy of three techniques. *Spine*, vol. 25, pp. 1655-1667.

BME-174

- [5] Richter, M., Amiot, L.P., Neller, S., Kluqer, P. and Puhl, W. (2000) Computer assisted surgery in posterior instrumentation of the cervical spine: an in vitro feasibility study. *Eur Spine L (suppl 1)*, vol. 9, pp. S65-S70.
- [6] Richter, M., Cakir, B. and Schmidt R. (2005) Cervical pedicle screws: conventional versus computer-assisted placement of cannulated screws. *Spine*, vol. 30, pp. 2280-2287.
- [7] Tian, W., Liu, Y.J., Liu B., Li, Q., Hu, L., Li, Z.Y. and Yuan, Q. (2006) Clinical contrast of cervical pedicle screw fixation assisted by C-arm fluoroscopy or 3D navigation system. *Clin J Surg*, vol. 44, pp. 1399-1402.
- [8] Ludwig, S.C., Kowalski, J.M., Edwards, C.C. and Heller, J.G. (2000) Cervical pedicle screws: comparative accuracy of two insertion techniques. *Spine*, vol. 25, pp. 2675-2681.