

การประเมินค่าเซฟาโลเมตริกแบบ 3 มิติ ของโครงสร้างกระดูกขากรรไกรและใบหน้า (กรณีศึกษาเบื้องต้น)

3D Cephalometric Analysis of a Cranio-Maxillofacial skull: Preliminary Study

สุภกิจ รูปขันธ์^{1*} สุรสิทธิ์ ปิยะศิลป์² ฤทธิไกรพร สิทธิเสรีประทีป³ และชุตติมาพร เรืองสิทธิ์⁴
^{1, 2} ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

โทร 0-4320-2845 โทรสาร 0-4320-2849 *E-mail: supakit_r@hotmail.com¹ surasith@kku.ac.th²

³ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ช่วยงานทางการแพทย์ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง
อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 โทร 02-564-6500 ต่อ 4378 โทรสาร 02-564-6501 E-mail: kriskrs@mtec.or.th³

⁴ ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002
โทร 0-4320-2405 โทรสาร 0-4320-2862 E-mail: chutimap@kku.ac.th⁴

S. Rooppakhun¹, S. Piyasin², K. Sitthiseripratip³, and C. Ruangsitt⁴

^{1, 2} Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, Thailand

Tel: 0-4320-2845, Fax: 0-4320-2849, *E-mail: supakit_r@hotmail.com¹, surasith@kku.ac.th²

³ Computer Aided Medical Technology Laboratory, National Metal and Materials Technology Center, Paholyothin Rd., Klong 1,
Klong Luang, Pathumthani, 12120, Thailand, Tel. 0-2564-6500 ext 4378 Fax. 0-2564-6501, E-mail: kriskrs@mtec.or.th³

⁴ Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002, Thailand
Tel: 0-4320-2405, Fax: 0-4320-2862 E-mail: chutimap@kku.ac.th⁴

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เพื่อทำการศึกษาเบื้องต้นในการประเมินค่าเซฟาโลเมตริกแบบ 3 มิติ ของโครงสร้างกะโหลกศีรษะบริเวณกระดูกขากรรไกรและใบหน้าจากข้อมูลการประมวลผลภาพทางคอมพิวเตอร์(Computed Tomography Images) ในการศึกษาได้ทำการกำหนดจุดบนแบบจำลองโครงสร้างกะโหลกศีรษะ เพื่อวัดระยะและค่ามุมต่างๆ โดยที่ข้อมูลตำแหน่งทางกายวิภาคต่างๆ ของโครงสร้างกระดูกขากรรไกรและใบหน้าที่ถูกพิจารณาจะอยู่ในรูปแบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ 3 มิติ (3D CAD) และสามารถจะนำไปวิเคราะห์ต่อไป ข้อมูลการประเมินค่าเซฟาโลเมตริกแบบ 3 มิติ ดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ในทางแพทย์สำหรับการวินิจฉัยและการวางแผนรักษาผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของโครงสร้างกระดูกขากรรไกรและใบหน้า

Abstract

The purpose of this study is to preliminary evaluate the three-dimensional cephalometric data of a cranio-maxillofacial skull using data obtained from computed tomographic images (CT). The method to identify craniofacial landmarks and

measurements is described in the study. Anatomical regions are located, created and stored as template of 3D CAD files for subsequent analysis. This 3D CT cephalometric data provide useful information for diagnosis and treatment planning of cranio-maxillofacial deformities patient.

1. บทนำ

ในปัจจุบันการวิเคราะห์ประเมินค่าทางเซฟาโลเมตริกถึงลักษณะโครงสร้างกะโหลกศีรษะและใบหน้านับมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งในทางการแพทย์หลายสาขา กล่าวคือข้อมูลการประเมินค่าทางเซฟาโลเมตริกดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อแพทย์ในการวินิจฉัยประเมินการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างกระดูกก่อนและหลังการรักษา อันจะนำไปสู่การวางแผนผ่าตัดรักษาผู้ป่วยที่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้การวิเคราะห์ทางเซฟาโลเมตริกนั้น จะต้องทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่เป็นตัวแทนของกลุ่มคนที่มีโครงสร้างของใบหน้า กระดูกขากรรไกร และการสบฟันปกติหรือทำการเปรียบเทียบสัดส่วนของใบหน้าในบุคคลคนเดียวกัน ค่ามาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบนั้น จะมีความแตกต่างกันตาม เพศ อายุ และเชื้อชาติ ในทางการแพทย์การประเมินค่าทางเซฟา-

โลเมทริกส์ในโครงสร้างกะโหลกศีรษะและใบหน้าส่วนใหญ่ พบว่าจะกระทำโดยการได้ข้อมูลจากภาพรังสีหรือจากเครื่องซีทีสแกนในลักษณะภาพ 2 มิติ ของภาพกะโหลกศีรษะและใบหน้าด้านข้างและหน้าตรง กล่าวคือแพทย์จะทำการกำหนดจุดสำคัญ(Landmarks) รวมทั้งคัดลอกลายเส้นและระนาบจากภาพรังสีก่อนทำการวิเคราะห์ต่อไป[1,2] ทั้งนี้ส่วนมากพบว่าแพทย์จะทำการวัดมุมและวัดระยะจากภาพถ่ายรังสี ตามหลักการวิเคราะห์ที่มีผู้คิดค้นไว้ และให้นิยามของจุดสำคัญขึ้นมา และมักจะเรียกชื่อวิธีการที่คิดค้นตามชื่อของผู้ที่คิดขึ้นเป็นคนแรก เช่น การวิเคราะห์ของ Downs, การวิเคราะห์ของ Steiner, การวิเคราะห์ของ Ricketts, การวิเคราะห์ของ McNamara เป็นต้น

ในทางการแพทย์บางสาขา การรักษาและวินิจฉัยผู้ป่วยด้วยการประเมินค่าทางเซฟาโลเมทริกส์ในรูปแบบ 2 มิติ พบว่าข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์ยังไม่เพียงพอ[3,4,5] ซึ่งการประมวลผลภาพทางการแพทย์ในลักษณะ 2 มิติ นั้นยังมีข้อจำกัดในการประเมินได้เพียงแค่ว่าในระนาบ sagittal หรือระนาบ coronal เท่านั้น หรือหากบางกรณีก็จะกระทำด้วยการนำเอาข้อมูลภาพรังสีเซฟาโลเมทริกส์ด้านข้าง และในแนวหน้าหลังมาสัมพันธ์กันในลักษณะของการสร้างมโนภาพ[3] โดยที่การวิเคราะห์ด้วยการสร้างแบบจำลองจากข้อมูลซีทีสแกน เพื่อทำการกำหนดจุดสำคัญลงในแบบจำลอง 3 มิติ จะเป็นวิธีการที่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ รวมทั้งยังช่วยให้การประเมินค่าเซฟาโลเมทริกส์มีความแม่นยำมากขึ้น[6,7,8,9] นอกจากนี้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์จากการประมวลผลภาพด้วยเครื่องซีทีสแกน และเทคโนโลยีการสร้างต้นแบบรวดเร็วพบเห็นอย่างแพร่หลาย และได้กลายมาเป็นสิ่งจำเป็นในการประยุกต์ใช้ทางคลินิกของศัลยกรรมแพทย์ในเวลาต่อมาด้วย

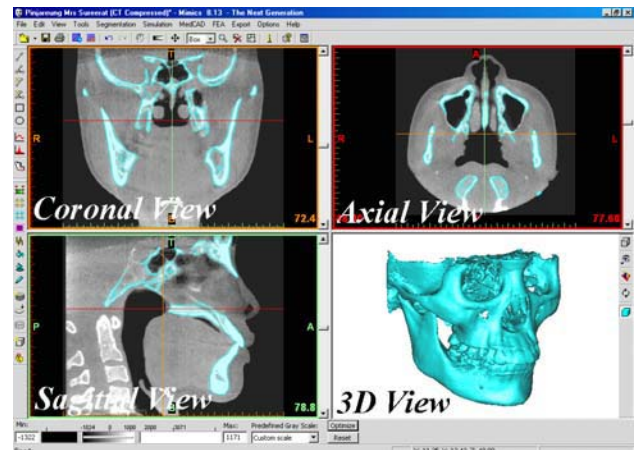
จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าข้อมูลการประเมินค่าทางเซฟาโลเมทริกส์ของโครงสร้างกะโหลกศีรษะและใบหน้าในลักษณะ 3 มิติ ในคนไทยโดยตรงนั้นยังไม่ค่อยเป็นที่พบเห็นเท่าที่ควร ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเบื้องต้นในการประเมินค่าทางเซฟาโลเมทริกส์ของโครงสร้างกระดูกขากรรไกรและใบหน้าของคนไทย ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะมีประโยชน์และเป็นแนวทางเบื้องต้นอย่างมากในการวิเคราะห์ วางแผน และเตรียมการเพื่อการรักษาผู้ป่วยต่างๆ เช่น ผู้ป่วยศัลยกรรมช่องปากและขากรรไกร (Reconstructive oral and maxillofacial surgery) ผู้ป่วยที่มีความพิการของกะโหลกศีรษะ (Dentofacial deformities) ตลอดจนผู้ป่วยที่จำเป็นต้องทำ skull prosthesis ซึ่งจะสามารถใช้เป็นสื่อกลางช่วยในการวิเคราะห์ และวางแผนการรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัสดุและวิธีการ

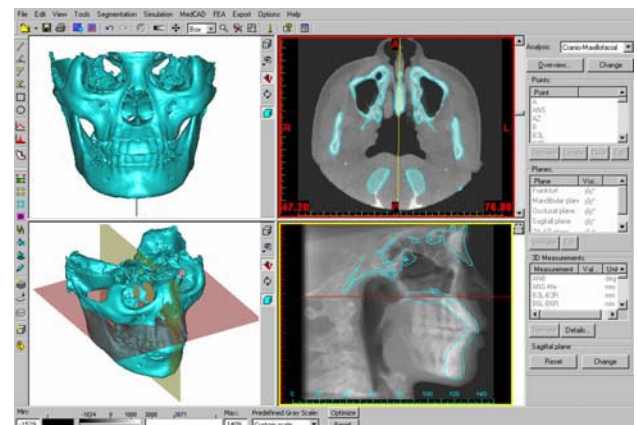
2.1 การประมวลผลภาพทางการแพทย์ด้วยคอมพิวเตอร์

ข้อมูลจากการประมวลผลภาพทางการแพทย์ด้วยเครื่อง ซีทีสแกนขนาดเล็กที่เรียกว่า ไอ-แคท (I-CAT) ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้สำหรับการประมวลผลภาพในงานทางด้านทันตกรรมขนาด 512 x 512 pxl ,120 kV ที่ความหนา 0.4 มม. จำนวน 325 ชั้น ถูกจัดเก็บอยู่ในรูปแบบไดคอมไฟล์ (Digital Imaging and Communication in Medicine, DICOM File) ได้ถูกนำมาสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์โครงสร้าง

กะโหลกศีรษะบริเวณกระดูกขากรรไกรและใบหน้าในรูปแบบ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า MIMICS (Materialise N.V.) โดยใช้เทคนิคการกำหนดช่วงความหนาแน่น (Hounsfield Range) ที่เหมาะสมสำหรับโครงสร้างกระดูก (Hard tissue) ของทุกๆ ชั้นความหนา 0.4 มม. ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวจะในรูปแบบ STL File (รูปที่ 1)



รูปที่ 1. แบบจำลองโครงสร้างกระดูกขากรรไกรและใบหน้าในภาพมุมมอง 2 มิติ และ 3 มิติ



รูปที่ 2. การวิเคราะห์แบบจำลองในโปรแกรม MIMICS ในส่วนโมดูล Anthropometric analysis

2.2 การกำหนดและคำจำกัดความของจุดสำคัญ

แบบจำลองโครงสร้างกระดูกขากรรไกรและใบหน้าที่กล่าวถึง จะถูกนำไปประเมินค่าเซฟาโลเมทริกส์ในโมดูลของโปรแกรม MIMICS ที่เรียกว่า Anthropometric analysis ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวจำทำการพิจารณาบริเวณที่สำคัญทางกายวิภาคของโครงสร้างกระดูก 4 ส่วน ดังนี้ คือ anterior cranial base, nasomaxillary complex, mandible และ the dentition โดยที่ในแต่ละส่วนจะถูกกำหนดจุดสำคัญ และมีคำจำกัดความของค่าการวัดเป็นไปตามตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งประกอบไปด้วยจุดสำคัญทั้งสิ้น 33 จุด และค่าการวัดในลักษณะเชิงเส้นและมุม รวมทั้งสิ้น 21 ค่า

โดยที่ในการกำหนดจุดสำคัญนั้นจะกระทำได้โดยการกำหนดลงในภาพแบบจำลอง 3 มิติ ในขณะที่จุดสำคัญดังกล่าวจะปรากฏที่

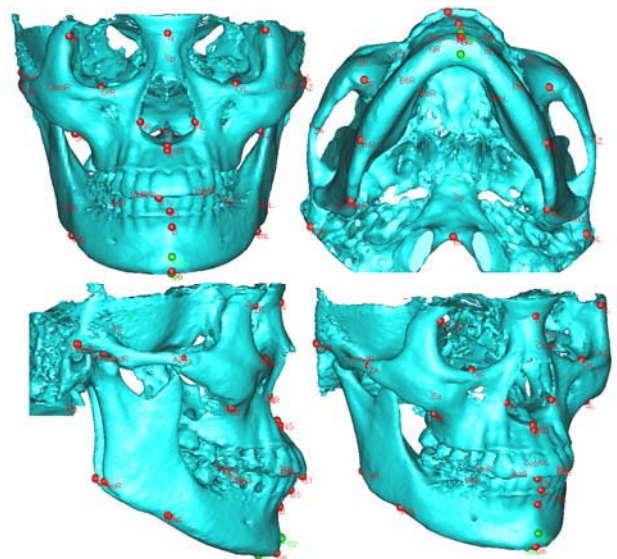
ตารางที่ 1. คำจำกัดความของจุดสำคัญ

Landmark	Landmark definition
<i>Anterior cranial base</i>	
N	Nasion : the intersection of the internasal and frontonasal sutures in the midsagittal plane
S	Sella turcica : geometric center of pituitary fossa
PoL	Porion Left : the most upper point on left bony external auditory meatus
PoR	Porion Right : the most upper point on right bony external auditory meatus
<i>Nasomaxillaery complex</i>	
A	Position of deepest concavity on anterior profile of maxilla
ANS	Tip of Anterior Nasal Spine
ZA	Center of the root of the left zygomatic arch
AZ	Center of the root of the right zygomatic arch
JL	Jugal Left : intersection of the outline of the tuberosity of the maxilla and zygomatic buttress
JR	Jugal Right : intersection of the outline of the tuberosity of the maxilla and zygomatic buttress
NL	Left Nasal point
NR	Right Nasal point
OrL	Orbitale Left: the most a inferior point on left orbit's margin
OrR	Orbitale Right: the most a inferior point on right orbit's margin
ZL	Medial margin of the left zygomaticofrontal suture
ZR	Medial margin of the right zygomaticofrontal suture
<i>Mandible</i>	
B	Position of deepest concavity on anterior profile of mandible
CondL	Condylion Left : the most superior point on left mandibular condile
CondR	Condylion Right : the most superior point on right mandibular condile
Gn	Gnation : in the midline, the lowest point on the lower border of the chin
GoL	Gonion Left : most inferior point on left angle of mandible
GoR	Gonion Right : most inferior point on right angle of mandible
ImL	Antegonial Notch Left
ImR	Antegonial Notch Right
Me	Menton : the most inferior point of the bony mandibular symphysis anteriorly
Pog	Pogonion : the most anterior point on the bony chin in the midsagittal plane
<i>Dentition</i>	
B3L	Tip of left lower canine
B3R	Tip of right lower canine
B6L	Buccal surface of left 1st molar
B6R	Buccal surface of right 1st molar
Is1u	Incision superior : most occlusal point of upper incisor
MoL	the overbiting point of the left first molars (if present) or the distal tip of the fist left molar
MoR	the overbiting point of the Right first molars (if present) or the distal tip of the fist right molar

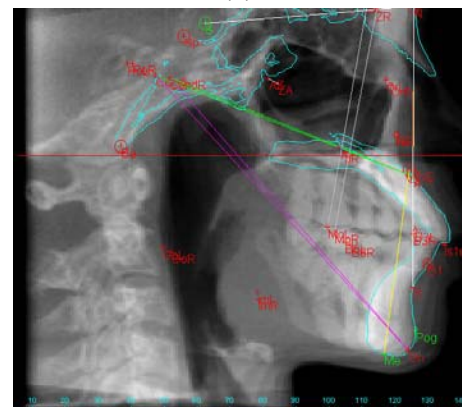
ภาพมุมมอง 2 มิติ โดยที่ในการกำหนดจุดตามค่านิยามนั้นจะใช้เทคนิควิธีการเลื่อนภาพตัดขวางในมุมมองระนาบ 2 มิติ ทั้ง 3 ระนาบไปบนแบบจำลอง เพื่อพิจารณาจุดดังกล่าวให้ตรงตามค่านิยามและทำการกำหนดตำแหน่งจุดสำคัญ ทั้งนี้จะกระทำโดยผู้วิจัยและทันตะแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณค่าระยะจัดและค่ามุมในรูปแบบ 3 มิติ และในรูปแบบที่โปรเจกชันลงในระนาบ Sagittal ซึ่งตำแหน่งจุดสำคัญและค่าการวัดต่างๆ จะถูกจัดเก็บในรูปแบบของไฟล์โปรแกรม MIMICS โดยสามารถเพิ่มเติมและแก้ไขในภายหลังได้

3. ผลการศึกษา

ผลการศึกษาการประเมินค่าทางเซฟาโลเมทริกส์ ด้วยเทคนิคการกำหนดจุดสำคัญลงในแบบจำลอง 3 มิติ ในโครงสร้างกระดูกขากรรไกรและใบหน้าสามารถแสดงค่าระยะและมุมต่างๆ ตามตารางที่ 2 รวมทั้งแสดงจุดสำคัญต่างๆ ในแบบจำลอง 3 มิติ และมุมมองการโปรเจกชันลงบนระนาบ Sagittal ได้ตามรูปที่ 3(ก) และ 3(ข) ตามลำดับ ซึ่งค่าจากข้อมูลในตารางที่ 2 จะสามารถนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับปกติค่ามาตรฐาน และวิเคราะห์การสมมาตรของโครงสร้างใบหน้าได้



(ก)



(ข)

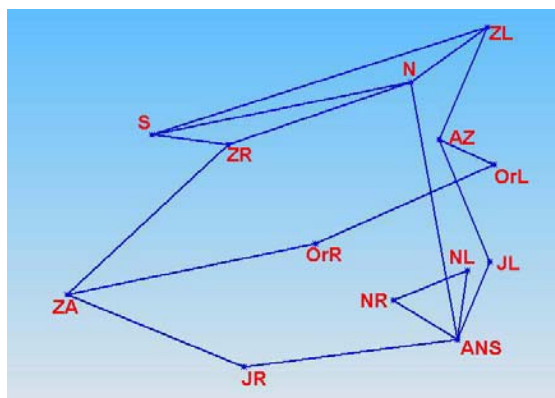
รูปที่ 3. จุดสำคัญต่างๆ ที่ถูกกำหนดบนแบบจำลองโครงสร้างกระดูกขากรรไกรและใบหน้า (ก)บนแบบจำลอง 3 มิติ (ข)มุมมองภาพ 2 มิติ

ตารางที่ 2. ผลการประเมินค่าทางเซฟาโลเมทริกส์

Measurment	Description	Unit	3D	2D *
SNA	Sagittal maxillary position	deg	83.92	83.92
SNB	Sagittal mandibular position	deg	84.47	84.47
ANB	Sagittal max-mand relationship	deg	0.7	0.7
OrLPoL-GoLMe	Max-mand vertical relationship-left	deg	24.52	-
OrRPOr-GoRMe	Max-mand vertical relationship-right	deg	23.59	-
CondL-A	Maxillary length-left	mm	94.91	83.3
CondR-A	Maxillary length-right	mm	96.34	78.74
CondL-Gn	Mandibular length-left	mm	121.32	112.2
CondR-Gn	Mandibular length-right	mm	122.09	109.0
Max-Mand L	Left maxillo-mandibular difference	mm	-26.41	28.97
Max-Mand R	Right maxillo-mandibular difference	mm	-25.75	30.25
ANS-Me	Lower anterior facial height	mm	55.79	55.79
ZL-ZR	Upper mid-face width	mm	89.06	5.26
JL-JR	Lower mid-face width	mm	81.17	2.45
ZA-AZ	Zygomatic width	mm	120.9	1.51
NL-NR	Nasal width	mm	24.52	1.16
ZL-MoL	Upper facial high-left	mm	71.82	67.98
ZR-MoR	Upper facial high-right	mm	73.41	70.44
B3L-B3R	Lower intercanine width	mm	23.27	2.35
B6L-B6R	Lower intermolar width	mm	49.59	2.16
ImL-ImR	Antigonial notch width	mm	86.67	4.95

* 2D คือ ค่าการวัดที่ได้ในรูปแบบการโปรเจกชันลงในระนาบ Sagittal

นอกจากนี้ตำแหน่งพิกัดจุดสำคัญที่ได้จากการวิเคราะห์ยังสามารถนำไปสร้างบนโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ เพื่อนำไปประโยชน์ต่อไปดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งเป็นการสร้างพิกัดของโครงสร้างบริเวณกระดูกขากรรไกรบนในระบบ 3 มิติ บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยที่ข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ในการแพทย์ เช่น การวิเคราะห์ประเมินการเปลี่ยนแปลง หรือวางแผนในการรักษาของโครงสร้างกระดูกก่อนและหลังการผ่าตัด รวมทั้งการวิเคราะห์ทางตัวเลขด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เป็นต้น



รูปที่ 4. ตำแหน่งของจุดสำคัญบนโปรแกรม CAD ในระบบ 3 มิติ

4. สรุปผล

การพัฒนาความรู้ทางด้านการประเมินค่าทางเซฟาโลเมทริกส์ของโครงสร้างกระดูกขากรรไกรและใบหน้า นับสิ่งที่ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากสำหรับการประยุกต์ใช้งานในทางการแพทย์ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาดูการใช้เทคนิคทางคอมพิวเตอร์สร้างแบบจำลอง 3 มิติ จากข้อมูลการประมวลผลภาพด้วยเครื่องซีที สแกน เพื่อประเมินค่าทางเซฟาโลเมทริกส์ในโครงสร้างกระดูกขากรรไกร และใบหน้าในระบบ 3 มิติ ข้อมูลที่ได้จะเป็นแนวทางเบื้องต้นในการศึกษาต่อไปในอนาคต อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อแพทย์ในการการวินิจฉัย วางแผนผ่าตัดรักษาผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของโครงสร้างกระดูกขากรรไกรและใบหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. ข้อเสนอแนะ

การศึกษาค้นคว้านี้เป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้นในการการประเมินค่าเซฟาโลเมทริกส์แบบ 3 มิติ ในคนไทย 1 กรณีเท่านั้น โดยที่ในการประเมินค่าปกติในใบหน้าคนไทยนั้น จำเป็นต้องมีฐานข้อมูลของการประมวลผลภาพทางการแพทย์ด้วยเครื่อง ซีที สแกนของกลุ่มตัวอย่างที่มีโครงสร้างใบหน้าที่สวยงามและการสบฟันปกติ ที่ทำการคัดเลือกจากทันตแพทย์ รวมทั้งเนื่องจากแพทย์ส่วนใหญ่จะเคยชินกับระบบการกำหนดจุดสำคัญจากการคัดลอกลายบนแผ่นฟิล์มแบบ 2 มิติ ดังนั้นในการกำหนดจุดสำคัญในรูปแบบ 3 มิติ แพทย์ผู้ใช้งานยังคงต้องได้รับฝึกฝนใช้ให้เกิดความชำนาญและเคยชิน

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณ ผศ.ทพ.วิจิตร ธารานนท์ ผู้อำนวยการศูนย์เทคโนโลยีทันตกรรมขั้นสูง (ADTEC) ในการอนุเคราะห์ข้อมูลการประมวลผลภาพทางคอมพิวเตอร์ และ ดร.กฤษณ์ไกรพี สิทธิเสรีประทีป นักวิจัยห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ช่วยงานทางการแพทย์ สังกัดศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และเอื้อเฟื้อในการใช้โปรแกรม MIMICS

ผู้เขียนขอขอบคุณสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย, (TGIST) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, สวทช. ที่สนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Broadbent B H, 1931 A new x-ray technique and its application to orthodontia. The Angle Orthod 1 No.2 45-66
- [2] Peter K J Yen, 1960 Identification of Landmarks in Cephalometric Radiographs. The Angle Orthod 30 No.1 35-41
- [3] Kragsskov J, et al. 1997 Comparison of the Reliability of Craniofacial Anatomic landmarks based on Cephalometric Radiographs and Three-Dimensional CT-scan. Cleft Palate-Craniofacial J. 34 No.2 111-116
- [4] Everett P C, Seldin E B, Troulis M, Kaban L B, 2000 A 3-D System for planning and simulating minimally-invasive

- distraction osteogenesis of the facial skeleton*. 3rd Int Conference, Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, MICCAI 2000, Pittsburgh, Penn, USA, p 1029-1039
- [5] Hajee M Y, Ayoub A F, Millte D T, Bock M, Siebert J P, 2002 *Three-dimensional imaging in orthognathic surgery: The clinical application of a new method*. Int Journal of Adult Orthod Orthognatic Surgery, 17 No.4
- [6] Adam G L, et al. 2004 *Comparison between traditional 2-D Cephalometry and a 3-D approach on human dry skulls*. Am J of Orthod. & Dentofacial Orthop. 126 No.4 397-409
- [7] Marcelo GP C, SS Rocha, MW Vannier, 2004 *Craiofacial measurements based on 3D-CT volume rendering: implication for clinical applications*. Dento-Facial Radiology 33 170-176.
- [8] Netherway D J, et al. 2006 *Three-Dimensional Computed Tomography Cephalometry of Plagiocephaly: Asymmetry and shape Analysis*. Clef Palate-Craniofacial J 43 No.2
- [9] Lagravere M O, Hansen L, Harzer W, Major P W, 2006 *Plane Orientation for Standardization in 3-dimensional cephalometric analysis with computerized tomography imaging*. Am J Orthod and Dentofacial Orthop 129 NO.5
- [10] Park S H, et al. 2006 *A Proposal for New Analysis of Craniofacial Morphology by 3-dimensioal computed tomography*. Am J of Orthod and Dentofacial Orthop 129 No.5