

การศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง
ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการวิเคราะห์ด้วยมือ



นาย ชาดรี ชะโยชัยชนะ

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมจัดฟัน ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

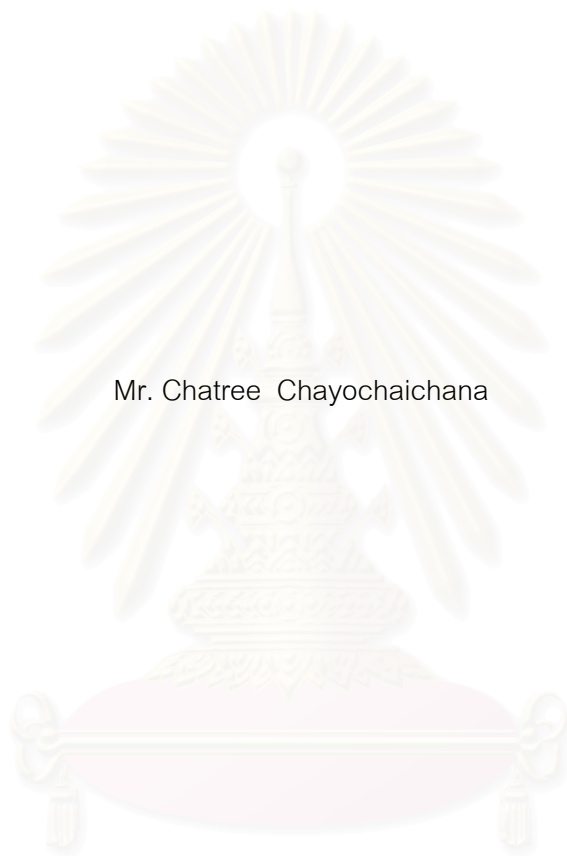
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-2224-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A COMPARATIVE STUDY OF CEPHALOMETRIC ANALYSIS
BY COMPUTER PROGRAMS AND MANUAL METHOD

Mr. Chatree Chayoichaichana



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Orthodontics

Department of Orthodontics

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-2224-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการวิเคราะห์ด้วยมือ
โดย	นาย ชาตรี ชะโยชัยชนะ
สาขาวิชา	ทันตกรรมจัดฟัน
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ทันตแพทย์ สมศักดิ์ เจ็งประภากร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.สุนทรา พันธุ์เกียรติ

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สุรสิทธิ์ เกียรติพงษ์สาร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ วัชร เพชรคุปต์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ทันตแพทย์ สมศักดิ์ เจ็งประภากร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.สุนทรา พันธุ์เกียรติ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. อรุณ จันทวานิช)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ รักพร เหล่าสุทธิวงษ์)

ชาติรี ชะโยชัยชนะ: การศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการวิเคราะห์ด้วยมือ.(A COMPARATIVE STUDY OF CEPHALOMETRIC ANALYSIS BY COMPUTER PROGRAMS AND MANUAL METHOD) อ.ที่ปรึกษา : อาจารย์ ทันตแพทย์ สมศักดิ์ เจ็งประภากร, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.สุนทรา พันธุ์มีเกียรติ, 119 หน้า. ISBN 974-17-2224-9.

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาความแตกต่างของค่าระยะทางและค่ามุมที่วัดได้จากภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ 5 โปรแกรม เปรียบเทียบกับการวัดด้วยมือ ตามเกณฑ์ของ สไตเนอร์ และเกณฑ์ของ ริกเกทส์

เลือกกลุ่มตัวอย่างจากภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างของผู้ป่วยที่มารับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ที่คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 32 คน อายุระหว่าง 11-27 ปี (เฉลี่ย 16.06 ปี) ฟันอยู่ในระยะฟันแท้ ไม่มีฟันคุดหรือพยาธิสภาพมาบังทับรากฟันหน้าและฟันกรามแท้ซี่แรก นำภาพรังสีมาทำการลอกลายและกำหนดจุดอ้างอิงตามวิธีการวิเคราะห์ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป 5 โปรแกรมคือ 1.Dentofacial planner, 2.Quick-ceph image, 3.RMO's Jiffy Orthodontic Evaluation, 4.Compu-ceph, 5.OTP รวมทั้งวิเคราะห์ด้วยมือจากภาพลอกลาย ทำการวัดค่าระยะทางและค่ามุมตามเกณฑ์ของ สไตเนอร์ 9 ค่า และเกณฑ์ของ ริกเกทส์ 9 ค่า และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 เมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทำการทดสอบความแตกต่างพหุคูณ(Multiple comparison tests) แบบ Post Hoc test ตามวิธี Tukey

ผลการวิจัยพบความแตกต่างของค่า POG-NB(mm.)ของโปรแกรมJOEและค่า U6-PTV(mm.),L1-APO(deg.) และ Facial axis angle(deg.) ของโปรแกรม Compu-ceph ซึ่งมีเพียง 4 ค่าจากค่าตัวแปรที่ใช้ทั้งหมด 18 ค่าทำให้สรุปได้ว่า โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทั้ง 5 โปรแกรม สามารถที่จะใช้ทดแทนการวิเคราะห์ด้วยมือได้ การเลือกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ใดควรพิจารณาความเหมาะสมที่ใช้และควรศึกษาวิธีการขั้นตอนการใช้ของโปรแกรมโดยละเอียด รวมทั้งข้อจำกัดและคำนิยามที่แตกต่างของค่าตัวแปรของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่ใช้ ผู้ใช้ควรฝึกฝนเรียนรู้ทางด้านการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะเป็นอย่างดี เพื่อลดความผิดพลาดคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นจากขั้นตอนการกำหนดจุดอ้างอิง (Landmark identification) เพื่อให้สามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ ได้อย่างถูกต้อง

ภาควิชา ทันตกรรมจัดฟัน
สาขาวิชา ทันตกรรมจัดฟัน
ปีการศึกษา 2545

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4276105132 : MAJOR ORTHODONTICS

KEYWORD : CEPHALOMETRIC ANALYSIS / COMPUTER PROGRAMS / MANUAL METHOD

CHATREE CHAYOCHAICHANA : A COMPARATIVE STUDY OF CEPHALOMETRIC ANALYSIS BY COMPUTER PROGRAMS AND MANUAL METHOD. THESIS

ADVISOR : SOMSAK CHENGPRAPAKORN , THESIS COADVISOR : ASSOC.

PROF. SOONTRA PANMEKIATE ,Ph.D. 119 pp. ISBN 974-17-2224-9

The objective of this study was designed to determine the different of measurements obtained from five computer cephalometric programs as compared to measurements of manual method

Thirty - Two lateral cephalograms was selected from patients of orthodontic Department of faculty of Dentistry of Chulalongkorn University by purposive sampling (8 males and 24 females) age 11-27 years (Average 16.06 years) who have permanent teeth, no embedded tooth, no pathology that can overlap the root area of incisors and first permanent molar. And then make a manual tracing and landmark identification by direction method of five computer programs: 1.Dentofacial planner, 2.Quick-ceph image, 3.RMO's Jiffy Orthodontic Evaluation, 4.Compu-ceph, 5.OTP.

Means, Standard deviations was calculated from following of the linear and angular measurements in the Steiner analyses and Ricketts analyses are compared 18 variables by One-way Anova at 0.05 significance level, and the different of measurements under the six methods were test by multiple comparisons using Post Hoc Tukey test.

The research results were found the different of 4 variables from 18 variables : POG-NB(mm.) of program JOE , U6-PTV (mm.),L1-APO (deg.)and Facial axis angle (deg.) of program Compu-ceph that means in clinical uses we can use these five computerized cephalometric analysis programs instead of manual method if the user understand the details of using each program and have basic knowledge of definitions and landmark identifications.

Department Orthodontics

Student's signature.....

Field of study Orthodontics

Advisor's signature.....

Academic year 2002

Coadvisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากผู้มีพระคุณหลายท่านได้แก่ อาจารย์ทันตแพทย์ สมศักดิ์ เจ็่งประภากร และรองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.สุนทรา พันธุ์มีเกียรติ ในนามของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ วัชระ เพชรคุปต์ อาจารย์ ดร. อารุง จันทวานิช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ รักพร เหล่าวิสุทธิวงษ์ ในนามของกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ และช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลงได้ด้วยดี

ในขั้นตอนของการดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล ได้รับความอนุเคราะห์จากหลายบุคคลและหน่วยงานในการให้อนุญาตใช้เครื่องมือและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้วิจัย คือ

ศาสตราจารย์กิตติคุณ ทันตแพทย์ วัฒนะ มธราลัย เอื้อเพื่อโปรแกรม OTP

ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์มหิดล เอื้อเพื่อโปรแกรม Quick-ceph

ทันตแพทย์ นฤมล ทวีเศรษฐ์ เอื้อเพื่อโปรแกรม Dentofacial planner

ทันตแพทย์ ไพฑูรย์ จินดาโรจนกุล เอื้อเพื่อโปรแกรม Compu-ceph

ทันตแพทย์ ศุภวัฒน์ พุฒิภาษ เอื้อเพื่อโปรแกรม RMO's Jiffy orthodontic evaluation

ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน ทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทศาสตร์วิทยาการและให้ความเมตตากรุณาแก่ผู้วิจัยขณะเข้ารับการศึกษาในสถาบันแห่งนี้

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ มูลนิธิทันตกรรมจัดฟัน ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อชาญชัย คุณแม่วนิดา ขอขอบคุณ คุณประภัสรา ด.ช.พศวีร์ ด.ญ.พีชนา และครอบครัว ชะโยชัยชนะ ทุกคนสำหรับคำปรึกษา และกำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา และผู้ที่ให้ความช่วยเหลือที่ไม่สามารถกล่าวนามได้ทั้งหมดไว้ ณ ที่นี้ และขอมอบความดีแห่งงานวิจัยครั้งนี้ ให้แก่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน

ชาตรี ชะโยชัยชนะ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
สมมติฐานของการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย.....	4
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	4
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	5
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
ประวัติความเป็นมาของการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ.....	10
ประโยชน์ของภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง.....	12
เครื่องมือและวิธีการถ่ายภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง.....	13
การลอกภาพลายเส้นของภาพรังสี.....	14
ข้อจำกัดของภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง.....	16
วิธีการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ.....	17
เกณฑ์การวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ.....	18
เกณฑ์การวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะของสไตเนอร์.....	21
เกณฑ์การวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะของริกเกตส์.....	22
ความผิดพลาดคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์ภาพรังสี.....	23

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ตำแหน่งศิระขณะถ่ายภาพรังสี.....	24
เหตุผลของการนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ทางการวิเคราะห์ ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ.....	35
โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ.....	37
หลักการเลือกใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยวิเคราะห์.....	40
3. ระเบียบวิธีการวิจัย.....	44
ประชากร.....	44
กลุ่มตัวอย่าง.....	44
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	44
การรวบรวมข้อมูล.....	45
ตัวแปรของการวิจัย.....	46
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	48
4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล.....	54
5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	59
รายการอ้างอิง.....	66
ภาคผนวก.....	70
ประวัติผู้วิจัย.....	119

สารบัญตาราง

ตาราง

หน้า

1. แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าที่วัดจากภาพรังสี (Film).....57
2. แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าที่วัดจากภาพลอกถ่าย (Tracing).....58
3. แสดงค่าเฉลี่ยของค่าระยะทางและค่ามุมที่วัดได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีต่างๆ.....71-88
4. แสดงการทดสอบความแตกต่างของค่าระยะทางและค่ามุมด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการทดสอบ Post hoc tukey test.....89-111
5. แสดงการทดสอบความสามารถในการวัดซ้ำของค่ามุม SNA ,Sn-GoGn และค่าระยะทาง L1-APO ด้วย Dalhberg's formula.....112
6. แสดงการทดสอบความสามารถในการวัดซ้ำของค่ามุม SNA ,Sn-GoGn และค่าระยะทาง L1-APO ด้วยสถิติวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย paired t-test.....113-118

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ

หน้า

รูปที่

1. แสดงอุปกรณ์การลากเส้นลอกลายภาพรังสีกะโหลกศีรษะ	14
2. แสดงภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง.....	15
3. แสดงการลากเส้นลอกลายภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง.....	15
4. แสดงจุดและระนาบอ้างอิง ค่ามาตรฐานของการวิเคราะห์ ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างของสไตเนอร์.....	21
5. แสดงจุดและระนาบอ้างอิง ค่ามาตรฐานของการวิเคราะห์ ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างของริกเกตส์.....	21
6. แสดงเครื่องกำหนดพิกัดจุด (Digitizer)ที่ใช้ในการวิจัย.....	45
7. แสดงขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัยโดยสังเขป.....	49
8. แสดงค่าระยะทางและค่ามุมที่ใช้วิเคราะห์ตามเกณฑ์ของ สไตเนอร์	50
9. แสดงค่าระยะทางและค่ามุมที่ใช้วิเคราะห์ตามเกณฑ์ของ ริกเกตส์	51
10. แสดงการกำหนดจุดอ้างอิงของโปรแกรม Dentofacial planner.....	52
11. แสดงการกำหนดจุดอ้างอิงและเส้นอ้างอิงของโปรแกรม Quick cephal image.....	53

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระบวนการบำบัดรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน สำหรับผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของการสบฟันและกระดูกขากรรไกรนั้น ขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญ คือ การวินิจฉัยความผิดปกติของผู้ป่วยและการวางแผนการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน จะต้องกระทำได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

ขั้นตอนการวินิจฉัยและวางแผนการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันต้องอาศัยการวินิจฉัยสภาพที่ตรวจพบในผู้ป่วยแต่ละรายว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นในบริเวณใดมีลักษณะความผิดปกติอย่างไรบ้าง โดยการวินิจฉัยจะต้องทำทั้งการตรวจวิเคราะห์โดยตรงภายในช่องปาก การวิเคราะห์หุ่นจำลองฟันและการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีของกะโหลกศีรษะ(Lateral Cephalometric Analysis)

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้มีการวิวัฒนาการอย่างรวดเร็วมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานคลินิกทันตกรรมหลายด้าน เช่น การทำนัดหมาย, การจัดระบบบัตรเวชระเบียน, การทำรายงานบันทึกการรักษา, การเก็บข้อมูลผู้ป่วยแต่ละคน, การทำสถิติของผู้ป่วย, การจัดระบบวัสดุทันตกรรมและอื่นๆอีกมากมาย รวมทั้งได้มีการนำระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะมากขึ้น ตั้งแต่ช่วงปี 1970 เป็นต้นมา

การวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะโดยทั่วไปต้องทำการลอกภาพ(Tracing) ของกระดูกโครงสร้างใบหน้าและขากรรไกรและเนื้อเยื่ออ่อนของใบหน้าลงบนกระดาษลอกลาย (Acetate Tracing paper) และกำหนดจุดอ้างอิงที่ใช้ในการวิเคราะห์ตามวิธีต่างๆ และทำการวัดค่าระยะทางและค่ามุม ด้วยไม้บรรทัดและไมโครเมตรซึ่งเป็นวิธีปกติที่ทำกัน (Manual technique) วิธีการดังกล่าวต้องเสียเวลาอย่างมาก ต่างจากการใช้คอมพิวเตอร์ในการช่วยวิเคราะห์ ซึ่งใช้เวลาเพียง 10% ของวิธีวัดด้วยมือ (Liu and Gravelly 1991) เพราะเพียงแค่นำจุดอ้างอิงเป็นข้อมูลในเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องจะทำการวัดค่ามุมค่าระยะทางและคำนวณเสร็จภายในไม่กี่วินาที ซึ่งกระบวนการนี้ยังช่วยลดข้อผิดพลาดของมนุษย์ในการวัดค่ามุม ค่าระยะทาง และการคำนวณ (Baumrind and Frantz 1971) นอกจากนี้ยังสามารถทำซ้ำ (double digitization of the landmark) ทำให้สามารถกำหนดจุดได้ใกล้เคียงจุดแท้จริงถึง 98% ทำให้เพิ่มความน่าเชื่อถือในการวิเคราะห์มากขึ้นอีกด้วย

Darryl และ Mackay (1991) ได้กล่าวถึงวิธีการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีของกะโหลกศีรษะด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีความแม่นยำสูง มีความรวดเร็วและมีความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์เป็นอย่างมาก สามารถจำลองการเปลี่ยนแปลงของกระดูกบริเวณใบหน้า และขากรรไกร รวมทั้งสามารถจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ เพื่อเป็นคลังข้อมูลสำหรับการวิจัย และศึกษาต่อไปในอนาคต จึงได้รับการยอมรับเป็นอย่างมากในวงการทันตกรรมจัดฟันว่า การวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีของกะโหลกศีรษะด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีของกะโหลกศีรษะ

ปัจจุบันได้มีการผลิตโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับช่วยในการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีกะโหลกศีรษะขึ้นหลายโปรแกรมเพื่อให้ทันตแพทย์เลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมของการใช้งาน

ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาถึงผลของการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยมือ (Manual Method) โดยเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าระยะทางและค่ามุมจากการกำหนดจุดและระนาบอ้างอิงทางกายวิภาคของส่วนกระดูกโครงสร้างและเนื้อเยื่ออ่อนของใบหน้าจากภาพรังสีเพื่อเป็นประโยชน์แก่ทันตแพทย์ผู้ให้การรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ในการเป็นข้อมูลเบื้องต้นประกอบการตัดสินใจเลือกใช้วิธีใดในการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยผู้วิจัยทำการศึกษาผลการวิเคราะห์ภาพรังสีด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป 5 โปรแกรมคือ

1. Dentofacial planner ผลิตโดย บริษัท Dentofacial Software Inc., Canada
2. Quick cephal image ผลิตโดย บริษัท Orthodontic processing, USA
3. RMO's Jiffy Orthodontic Evaluation ผลิตโดย บริษัท Rocky mountain Orthodontic, USA
4. Compu-ceph ผลิตโดย บริษัท American Orthodontics, USA
5. OTP ผลิตโดย บริษัท Ortho vision technologies Inc, USA

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความแตกต่างของค่าระยะทางและค่ามุมที่วัดได้จาก ภาพรังสีด้านข้างของกะโหลกศีรษะ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป สำหรับวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ 5 โปรแกรม เปรียบเทียบกับการวัดด้วยวิธีด้วยมือ โดยใช้เกณฑ์ของสไตเนอร์ และเกณฑ์ของริกเกทส์

สมมติฐานของการวิจัย

ค่าระยะทางและค่ามุมที่วัดได้จากภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป และค่าที่วัดด้วยมือ มีความแตกต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบถึงความแตกต่างของค่าระยะทางและค่ามุมที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ 5 โปรแกรมเปรียบเทียบกับวิธีวัดด้วยมือ
2. เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการตัดสินใจเลือกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปใดในการวิเคราะห์
3. เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ ในประเทศไทย

ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการศึกษาจากภาพถ่ายรังสีด้านข้างของกะโหลกศีรษะของผู้ป่วยที่มารับการรักษาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 32 คน โดยเป็นภาพรังสีก่อนทำการรักษามหาวิทยาลัย
2. กลุ่มตัวอย่างเป็นคนไทยอายุ 11-27 ปี มีฟันอยู่ในระยะฟันแท้ทั้งหมดและภาพรังสีที่นำมาศึกษาไม่มีฟันคุด หรือพยาธิสภาพมาซ้อนทับบริเวณฟันหน้าและฟันกราม

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. การวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง จะกำหนดจุด, เส้น, แนวอ้างอิง และมุมต่างๆ ตามเกณฑ์การวิเคราะห์ของ สไตเนอร์ และริกเกทส์
2. การวัดค่ามุมเป็นองศา วัดด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ละเอียดทศนิยม 1-2 ตำแหน่ง วัดด้วยมืออ่านได้ละเอียด 0.5 องศา
3. การวัดระยะทางเป็นมิลลิเมตร วัดด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ละเอียดทศนิยม 1-2 ตำแหน่ง วัดด้วยมือ อ่านได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร

ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถอ้างอิงถึงประชากรทั้งประเทศได้เนื่องจากมีจำนวนน้อย และคัดเลือกจากผู้ป่วยที่มารับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันที่คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. การถ่ายภาพรังสี ของกะโหลกศีรษะด้านข้าง อาจได้ภาพลักษณะกายวิภาคด้านซ้ายและด้านขวาซ้อนทับกันไม่สนิทพอดี การจำลองภาพลายเส้น (Tracing) จึงต้องมีการเฉลี่ยภาพด้านซ้ายและขวาซึ่งอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง
3. ลักษณะที่ซับซ้อนทางกายวิภาคบางตำแหน่งอาจมีการซ้อนทับกันของเงาภาพรังสีของอวัยวะที่อยู่ใกล้เคียงกัน ทำให้การกำหนดจุดบางจุดอาจคลาดเคลื่อนได้

ข้อจำกัดของการวิจัย

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปแต่ละโปรแกรมมีราคาสูงมาก ต้องไปขอยืมใช้ในต่างสถานที่ ซึ่งอุปกรณ์ต่างๆ เช่นเครื่องคอมพิวเตอร์, เครื่องสแกนภาพ, เครื่องกำหนดพิกัดจุด, การกำหนดจุดอ้างอิงต่างๆ ได้มีการตั้งค่าตามมาตรฐานของแต่ละโปรแกรม เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานประจำในสถานทีนั้น ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถปรับแต่งค่าได้ เพราะอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อการใช้งานประจำ

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง หมายถึง ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ ซึ่งถ่ายโดยหันศีรษะด้านข้างเข้าหาแหล่งกำเนิดรังสีที่อยู่ห่างเป็นระยะเท่ากับ 5 ฟุต กำหนดตำแหน่งศีรษะโดยใช้เครื่องยึดศีรษะให้ระนาบแฟรงค์ฟอर्ट (Frankfort horizontal plane) ขนานกับพื้น รังสีส่วนกลาง (Central-ray) ผ่านเข้ากะโหลกศีรษะด้านข้างตรงบริเวณรูหูทั้งสองข้าง ตั้งฉากกับระนาบแฟรงค์ฟอर्टและระนาบฟิล์ม โดยกำหนดให้ระยะระหว่างวัตถุกับฟิล์ม (Object-film distance) น้อยที่สุดเพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการขยายขนาดของภาพรังสีทำการถ่ายภาพรังสีในขณะที่ขากรรไกรบนและล่างอยู่ในตำแหน่งที่ทับซ้อนกันสนิท (Centric Occlusion)

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เป็นซอฟต์แวร์ (Soft ware) ที่ถูกออกแบบมาใช้สำหรับการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ โดยการป้อนข้อมูล (Input) เข้าไปในเครื่องคอมพิวเตอร์อาจเป็นรูปสแกนภาพรังสีหรือภาพลอกลายเส้น (Tracing) และกำหนดจุดอ้างอิง (Landmark identification) ตามวิธีการที่กำหนดผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้เมาส์คลิกหรือเครื่องกำหนดพิกัดจุด (Digitizer) และให้โปรแกรมทำงานโดยกำหนดระนาบอ้างอิง ทำการคำนวณวิเคราะห์ค่ามุม, ค่าระยะทางต่างๆออกมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ทำให้สามารถทราบถึงความผิดปกติและเป็นข้อมูลในการให้การรักษาได้อย่างถูกต้อง ในเวลาที่รวดเร็ว

การวิเคราะห์โดยการวัดค่าด้วยมือ (Manual method) หมายถึง การนำภาพรังสีมาทำการลอกภาพลายเส้น (Tracing) ของกระดูกโครงสร้างใบหน้าและขากรรไกร เนื้อเยื่ออ่อนของใบหน้าลงบนกระดาษลอกลาย (Acetate tracing paper) และทำการกำหนดจุดอ้างอิง และระนาบอ้างอิง ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ทำการวัดระยะทางและค่ามุมด้วยไม้บรรทัดสำหรับลอกลายเส้นภาพรังสี, ไม้โปรเตคเตอร์

จุดอ้างอิงจากภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง(Lateral cephalometric landmarks)

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

NA (Nasion)	:	จุดหน้าสุดของรอยต่อระหว่างกระดูกตั้งจมูกและกระดูกหน้าผาก (Naso-frontal suture)
S (Sella turcica)	:	จุดกึ่งกลางของกระดูก鞍狀窩
OR (Orbitale)	:	จุดต่ำสุดที่อยู่บนขอบบนของกระดูกเบ้าตา
Po (Porion)	:	จุดบนสุดของ external auditory meatus
Ba (Basion)	:	จุดต่ำสุดและหลังสุดของกระดูก occipital ซึ่งอยู่บริเวณขอบเขตทางด้านหน้าของ occipital foramen
PT-Point	:	จุดตัดของขอบล่างของ foramen rotundum กับขอบหลังของ pterygomaxillary fissure
ANS	:	จุดปลายสุดของ anterior nasal spine
PNS	:	จุดปลายสุดของ posterior nasal spine
A-Point	:	จุดลึกสุดของส่วนโค้งของกระดูก Maxilla ซึ่งอยู่ระหว่าง Anterior nasal spine และ dental alveolus
B-Point	:	จุดลึกสุดของส่วนโค้งของกระดูก Mandible ซึ่งอยู่ระหว่าง infradentale และ Pogonion
PM (Protuberance Menti or supra pogonion)	:	จุดที่อยู่บริเวณด้านหน้าของ symphysis ระหว่างจุด B และ POG เป็นจุดที่ส่วนโค้งของ symphysis เปลี่ยนจากเว้าเป็นนูน

- POG (Pogonion) : จุดหน้าสุดที่อยู่ในแนวกึ่งกลางของกระดูกขากรรไกร
ล่างบริเวณลูกคาง (mid-sagittal symphysis)
- GN (Gnathion) : จุดตัดของเส้นที่ลากสัมผัสกับจุดต่ำสุดของขอบล่างของ
symphysis และจุดต่ำสุดบริเวณ gonial region กับ
เส้นที่เชื่อมระหว่าง NA และ POG
- CC Point (Center of Cranium) : จุดตัดของระนาบ BA-NA และ PT-GN
- XI Point : จุดกึ่งกลางทางเรขาคณิตของ Ramus ซึ่งกำหนดโดย
1. ลากเส้นตั้งฉากกับระนาบแฟรงค์ฟอร์ดและระนาบ PTV
 2. เส้นตั้งฉากในข้อ 1 นั้น สัมผัสกับจุด (R_1 , R_2 , R_3 , R_4) ซึ่งอยู่ที่ขอบของ Ramus
 3. ลากเส้นทั้ง 4 ดังกล่าว ทำให้เกิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมล้อมรอบส่วนของ Ramus
 4. กำหนด XI point ที่กึ่งกลางของรูปสี่เหลี่ยม ซึ่งเป็นจุดที่เส้นทแยงมุมตัดกัน
- DC Point : จุดที่อยู่กึ่งกลางของ neck ของ condyle บนระนาบ Ba-Na
- AI Incisor : จุดปลายสุดของฟันหน้าบน
- AR Incisor : จุดปลายสุดของรากฟันหน้าบน
- BI Incisor : จุดปลายสุดของฟันหน้าล่าง
- BR Incisor : จุดปลายสุดของรากฟันหน้าล่าง

A6 Upper Molar	:	จุดบน occlusal plane ซึ่งลากเส้นไปตั้งฉากกับขอบ หลังของฟันกรามแท้บนซี่แรก
B6 Lower Molar	:	จุดบน occlusal plane ซึ่งลากเส้นไปตั้งได้ฉากกับขอบ หลังของฟันกรามแท้ล่างซี่แรก
EN Nose	:	จุดบนส่วนโค้งทางด้านหน้าของเนื้อเยื่ออ่อนของจมูก (soft tissue nose)
DT Chin	:	จุดบนส่วนโค้งทางด้านหน้าของเนื้อเยื่ออ่อนของคาง (soft tissue chin)
LL Lower lip	:	จุดหน้าสุดของริมฝีปากล่าง
GO Gonion	:	จุดที่เกิดจากเส้นที่เชื่อมระหว่างขอบหลังสุดของ condyle และของหลังสุดของ ramus ตัดกับเส้น ที่เชื่อมระหว่างจุดต่ำสุดของขอบล่างของ symphysis กับจุดต่ำสุดบริเวณ gonial region

ระนาบที่ใช้ในการอ้างอิง

Frankfort horizontal plane	:	เส้นที่เชื่อมระหว่างจุด Porion และ Orbitale
S-N plane	:	เส้นที่เชื่อมระหว่างจุด S และ Na
Mandibular plane	:	เส้นที่เชื่อมระหว่างจุดต่ำสุดบริเวณขอบล่างของ symphysis กับจุดต่ำสุดบริเวณ gonial region
Palatal plane	:	เส้นที่เชื่อมระหว่างจุด ANS และ PNS

Facial axis	:	เส้นที่เชื่อมระหว่างจุด PT และ GN
Occlusal plane	:	เส้นที่แบ่งครึ่ง overbite ของฟันกรามแท้ซี่แรกและ overbite ของฟันกรามน้อย(Functional occlusal plane)
Condylar axis	:	เส้นที่เชื่อมระหว่างจุด DC กับ XI point
Basion - Nasion plane	:	เส้นที่เชื่อมระหว่างจุด Ba กับ Na
Facial plane	:	เส้นที่เชื่อมระหว่างจุด Na กับ POG
Esthetic plane	:	เส้นที่เชื่อมระหว่างจุด EN กับ DT
Corpus axis	:	เส้นที่เชื่อมระหว่างจุด XI point กับ PM
PTV Pterygoid root vertical	:	เส้นที่ตั้งฉากกับ Frankfort horizontal plane และ สัมผัสกับด้านหลังของ Pterygomaxillary fissure
Denture plane(A-PO plane)	:	เส้นที่เชื่อมระหว่างจุด A กับ POG

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประวัติความเป็นมาของการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ

การศึกษาทาง Cephalometry มีพื้นฐานมาจากการศึกษาทางมานุษยวิทยา ซึ่งจะศึกษาเกี่ยวกับรูปร่างลักษณะของศีรษะและใบหน้าตามความแตกต่างของเชื้อชาติ เพศ และอายุ Allen (1963) ได้ศึกษาและรวบรวมประวัติความเป็นมาของ Cephalometry ไว้ดังนี้

Camper เป็นบุคคลแรกที่วัดค่ามุมต่างๆของใบหน้า และอธิบายถึงประโยชน์ของมุมที่เกิดจากการตัดกันของเส้นตรงที่ลากจากฐานจมูกไปยังรูหูด้านบนนอกกับเส้นตรงที่ลากสัมผัสใบหน้าด้านข้าง ซึ่งจะแสดงถึงความอูมของกะโหลกศีรษะ (Prognathism Craniometric)

ในทาง Craniometry ได้มีการวัดกะโหลกศีรษะแห้ง เพื่อให้คำอธิบายและการจัดหมวดหมู่ และเพื่อให้การวัดค่าเหล่านั้นมีความน่าเชื่อถือได้ จึงมีพัฒนาเครื่องยึดจับศีรษะ (Head holder หรือ Cephalostat) ขึ้น ค่าและความสัมพันธ์ต่างๆ ที่วัดได้ในกะโหลกศีรษะแห้งนั้น ไม่เป็นประโยชน์ต่อทางทันตกรรมจัดฟันเท่าใด ต่อเมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในคนที่ยังมีชีวิตอยู่เท่านั้น จึงจะมีประโยชน์อย่างยิ่ง ในทางทันตกรรมจัดฟัน การวิเคราะห์กระดูกโครงสร้างใบหน้าจากภาพทางรังสีที่ได้มาตรฐานก่อนเริ่มให้การรักษาคนไข้เรียกว่า เซฟฟาโลเมตริก (cephalometrics)

จากการประชุมของ The International Congress of Anthropology ที่เมือง Frankfurt ประเทศเยอรมัน ในปี ค.ศ.1884 ได้ยอมรับ Von Ihering's Line เป็นระนาบอ้างอิงสำหรับการวัดค่าต่างๆ ระนาบนี้จะลากจากขอบบนสุดของรูหูด้านบนออกไปยังจุดต่ำสุดของขอบกระดูกตาด้านล่าง ต่อมาระนาบนี้คือ ระนาบแฟรงค์ฟวร์ท (Frankfort horizontal plane) ซึ่งเป็นระนาบอ้างอิงพื้นฐานในทาง Cephalometric นั่นเอง

ต่อมาได้มีการพัฒนาวิธีการทางมานุษยวิทยาเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ผู้ป่วยในทางทันตกรรมจัดฟัน โดย Van Loon, Simon, Hellman, Schwarz และท่านอื่นๆ เช่น Simon's system of gnathostatic จะกล่าวถึงความสัมพันธ์ของฟันกับระนาบแฟรงค์ฟวร์ท ส่วนของเนื้อเยื่ออ่อนด้านข้าง (Soft tissue profile) Van Loon ได้ทำแบบจำลองใบหน้าด้วยพลาสติกเตอร์ซึ่งแสดงลักษณะของฟันด้วย Brandhost ได้รายงานถึงวิธีการซ้อนทับรูปภาพของแบบจำลองฟันบนรูปภาพของใบหน้า ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ในการซ้อนทับภาพ Cephalogram ในปัจจุบัน

ในวันที่ 8 พฤศจิกายน ค.ศ.1895 Roentgen นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันได้ค้นพบรังสีเอกซเรย์ขึ้นจากการทดลองปล่อยกระแสไฟฟ้าที่มีกำลังสูงผ่านหลอดแก้วสุญญากาศ ในปีต่อมาคือ ค.ศ.1896 Rowland ได้ใช้ฟิล์มบันทึกภาพรังสีกะโหลกศีรษะและใบหน้าได้สำเร็จ และในปีเดียวกันนี้เองได้มีการพัฒนามาใช้กับทางทันตกรรมสำเร็จเป็นครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยทันตแพทย์ Kells เขาได้ถ่ายภาพรังสีของฟันของคนที่เสียชีวิตเนื่องจากการที่เขาไม่ทราบถึงอันตรายจากรังสีเอกซ์ในสมัยนั้นทำให้เขาเป็นมะเร็งที่นิ้วมือ เนื่องจากการถ่ายภาพรังสีและเสียชีวิตในเวลาต่อมา

ปี ค.ศ.1921 Pacini ได้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง Roentgen Ray Anthropometry of the skull และให้ความเห็นว่า การศึกษาโครงสร้างของใบหน้าและกะโหลกศีรษะด้วยรังสีเอกซ์จะให้ผลแน่นอนกว่าการวัดและศึกษาแบบ Anthropometry และกล่าว่วิธีนี้มีประโยชน์อย่างมากในการจำแนกและแบ่งการพัฒนาการและการเจริญเติบโตของกะโหลกศีรษะนอกจากนั้นยังได้กำหนดจุดต่างๆ ลงบนภาพถ่ายของกะโหลกศีรษะ ซึ่งได้แก่ Gonion, Pogonion, Nasion, Anterior Nasal Spine, จุดกึ่งกลางของ Sella turcica และรูหูชั้นนอก รวมทั้งทำการวัด Gonial angle และ Maxillary protrusion ด้วย ปี ค.ศ.1922 Pacini ได้คิดค้นเทคนิคสำหรับการถ่ายภาพกะโหลกศีรษะ(teleroentgenographic technique) ขึ้น เขาใช้ระยะความยาวโฟกัส-ฟิล์ม เท่ากับ 2 เมตร แต่ก็ยังมีปัญหาคือภาพรังสีที่ได้มีขนาดเล็กกลางและได้ภาพที่บิดเบี้ยวมากเนื่องจากไม่มีเครื่องมือควบคุมศีรษะคนไข้ให้อยู่นิ่งและตั้งระยะเวลาที่ใช้ในการถ่าย(exposure time)นานเกินไป

ปี ค.ศ. 1922 Carrea ได้แนะนำวิธีวิเคราะห์ภาพถ่ายกะโหลกศีรษะด้านข้างด้วยรังสีเอกซ์มาใช้ในการบำบัดรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ภาพที่ได้ปรากฏส่วนกระดูกและเนื้อเยื่ออ่อนชัดเจน โดยบริเวณเนื้อเยื่ออ่อนจะใช้สารทึบแสงรังสีเอกซ์ทาที่บริเวณส่วนนูนที่สุดของใบหน้าก่อนที่จะทำการถ่าย

ปี ค.ศ. 1923 Mc Cowen ได้ทำการถ่ายภาพกะโหลกศีรษะด้านข้างด้วยรังสีเอกซ์และนำมาใช้ในทางทันตกรรมจัดฟัน โดยดูความสัมพันธ์ของเนื้อเยื่ออ่อนด้านข้างกับโครงสร้างของใบหน้ารวมทั้งดูการเปลี่ยนแปลงของใบหน้า ในระหว่างการบำบัดรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน

ปี ค.ศ. 1928 Dewey และ Riesner ใช้วิธียึดศีรษะคนไข้ด้วยเครื่องมือยึดศีรษะ (Head holder) ที่ประดิษฐ์ขึ้น เริ่มมีการจัดตำแหน่งของคนไข้โดยใช้ระนาบ Eye-Ear ขนานกับพื้นระนาบเป็นหลัก

ปี ค.ศ. 1929 Schwarz ทำการถ่ายภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างด้วยรังสีเอกซ์ ซึ่งสามารถเห็นส่วนโครงสร้างและเนื้อเยื่ออ่อนข้างอย่างชัดเจน บริเวณเนื้อเยื่ออ่อนด้านข้างสามารถเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากใช้สารทึบรังสีชนิดครีม (Radio-opaque paste) ได้แก่ Bismuth ทาที่แนวกึ่งกลางใบหน้า ปรากฏว่าภาพที่ได้มีการผิดรูปไป เมื่อเปรียบเทียบกับหุ่นจำลองของใบหน้าในคนเดียวกัน

ปี ค.ศ. 1931 Broadbent ได้แนะนำการถ่ายภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างที่ได้มาตรฐานขึ้น เขาใช้เครื่องเอกซเรย์ที่มีกำลังมากขึ้นและประดิษฐ์เครื่องมือควบคุมศีรษะคนไข้ให้อยู่ในตำแหน่งที่กำหนดไว้ซึ่งประกอบด้วย แท่งยึดที่ใส่บริเวณขอบบนของหูส่วนนอกทั้งสองข้าง (ear-rods) มีแท่งชี้บอกตำแหน่งของจุดต่ำสุดของขอบล่างกระดูกเบ้าตาด้านซ้าย (orbital marker) และมีเครื่องมือยึดส่วนโคนของจมูก (root of nose) เพื่อควบคุมใบหน้าส่วนบน ระยะเวลาฉายโฟกัส - ฟิล์มเท่ากับ 152.4 เซนติเมตร จัดฟิล์มให้ขนานกับแนวกึ่งกลางของกะโหลกศีรษะ ซึ่งใช้เป็นมาตรฐานในการถ่ายภาพรังสีกะโหลกศีรษะมาจนถึงปัจจุบัน

ประโยชน์ของการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง (Moyer 1973)

การวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง มีประโยชน์ คือ

1. อธิบายความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆของกะโหลกศีรษะและใบหน้า (Craniofacial components) ซึ่งมีผลต่อลักษณะของใบหน้า (Facial type)
2. จำแนกและบ่งชี้ถึงความผิดปกติทั้งในส่วนของกระดูกและฟัน (Skeletal and dental abnormalities) โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานต่างๆ
3. ช่วยในการวางแผนการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของทั้งส่วนกระดูกกะโหลกศีรษะ กระดูกฐานขากรรไกรและฟัน
4. ใช้วิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงของส่วนเนื้อเยื่อแข็ง (Hard tissue) และเนื้อเยื่ออ่อน (Soft tissue) ซึ่งเกิดจากการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันหรือการเจริญเติบโต หรือทั้ง 2 อย่างร่วมกัน

5. ใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการรักษา โดยเปรียบเทียบจากผลหลังการรักษา กับก่อนการรักษา
6. ใช้ในการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการเจริญของกะโหลกศีรษะและใบหน้า รวมทั้งพยาธิสภาพที่เกิดบริเวณกะโหลกศีรษะและใบหน้า

เครื่องมือและวิธีการถ่ายภาพกะโหลกศีรษะด้านข้างด้วยรังสีเอ็กซ์

เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย

1. แหล่งกำเนิดรังสี (X-ray source) จากเครื่องถ่ายภาพรังสีภายนอกปาก
2. เครื่องยึดศีรษะ (Cephalostat) อันประกอบด้วยเดือยใส่ในรูหูชั้นนอกทั้งสองด้าน (Ear rods) และส่วนเตะตั้งจมูก (Nasion Position rod)
3. กล่องบรรจุฟิล์ม (Cassette) และที่ยึดกล่องบรรจุฟิล์ม (Cassette holder)
4. ที่กันรังสี เพื่อให้เห็นเนื้อเยื่ออ่อนชัดเจน (Soft-tissue shield)

วิธีการถ่ายภาพรังสีจะกระทำโดยจัดตำแหน่งผู้ป่วย จัดเครื่องถ่ายภาพรังสีและใช้ฟิล์ม ดังนี้

1. ตำแหน่งผู้ป่วย ผู้ป่วยอาจยืนหรือนั่งโดยมีเดือยรูหูสอดเข้าไปในรูหูชั้นนอกเพื่อกันการหมุนของศีรษะในแนวระนาบปรับศีรษะผู้ป่วยในแนวตั้งจนกระทั่งระนาบแฟรงค์פורต์ขนานกับแนวระนาบใช้ที่เตะตั้งจมูกเตะศีรษะบริเวณตั้งจมูกเพื่อกันไม่ให้ศีรษะเคลื่อนที่ในแนวตั้ง

ความสัมพันธ์ของฟันบนและล่างมีได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับความต้องการผู้ป่วย อาจสบฟันแบบCentric relation, Centric occlusion หรือในตำแหน่งที่ขากรรไกรล่างอยู่ในขณะพัก (Rest position) หรือในตำแหน่งที่อ้าปากมากที่สุด ซึ่งตำแหน่งนี้มักจะทำให้ดูลักษณะของหัว Condyle แต่ปกติที่ใช้ในการถ่ายภาพกะโหลกศีรษะด้านข้างด้วยรังสีเอ็กซ์ทั่วไปจะสบฟันในตำแหน่ง Centric occlusion

2. การตั้งเครื่องถ่ายภาพรังสี องค์ประกอบในการถ่ายภาพรังสีใช้กระแสไฟฟ้าที่อยู่ในช่วง 8-15mA และ ให้กำลังท่อฉายอยู่ระหว่าง 60 - 70kVp เวลาที่ใช้ในการถ่าย 0.4-2.2 วินาทีแปรตามอายุผู้ป่วยและความกว้างของกะโหลกศีรษะ ระยะทางจากแหล่งกำเนิดรังสีเอ็กซ์ไปยัง

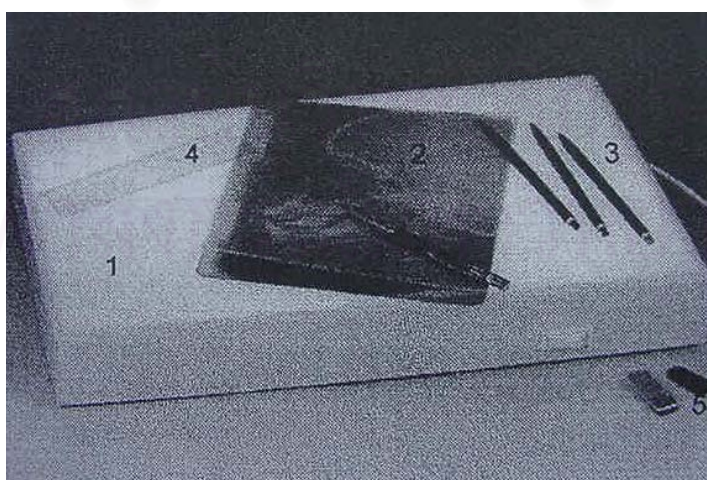
ฟิล์ม 5 ฟุต และใช้แผ่นอลูมิเนียมรูปสามเหลี่ยม (Aluminium wedge) ซ้อนที่ด้านหน้าของกล่องบรรจุฟิล์ม บริเวณที่ตรงกับแนวความโค้งของใบหน้า เพื่อให้เห็นเนื้อเยื่ออ่อนที่เป็นรูปหน้าด้านข้างได้ชัดเจน มีแผ่นตะกั่วกันรังสี ซึ่งมีรูเปิดขนาด 7/8 นิ้วอยู่ที่กระบอกรังสี เพื่อป้องกันการกระจายของรังสีเอ็กซ์

3. ฟิล์มที่ใช้ขนาด 8 x 10 นิ้วบรรจุลงในกล่องบรรจุฟิล์ม ซึ่งภายในมีแผ่นเพิ่มแสง (Intensifying screen) ติดอยู่ที่ฝากล่องทั้งสองด้าน เพื่อเพิ่มแสงให้กับฟิล์มเป็นการลดเวลาในการถ่ายภาพและผู้ป่วยได้รับรังสีน้อยลง

การลอกภาพลายเส้นของภาพรังสี (Tracing Cephalogram)

เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย

1. กล่องไฟสำหรับดูฟิล์ม (View box)
2. กระดาษอะซิเตท (Transparent Acetate Paper) หนา 0.003 นิ้ว
3. ดินสอดำขนาด 0.5 มิลลิเมตรชนิด 2B
4. ไม้โปรแทรกเตอร์ (Cephalometric tracing Protractor)
5. เทปกาวย (Masking tape)



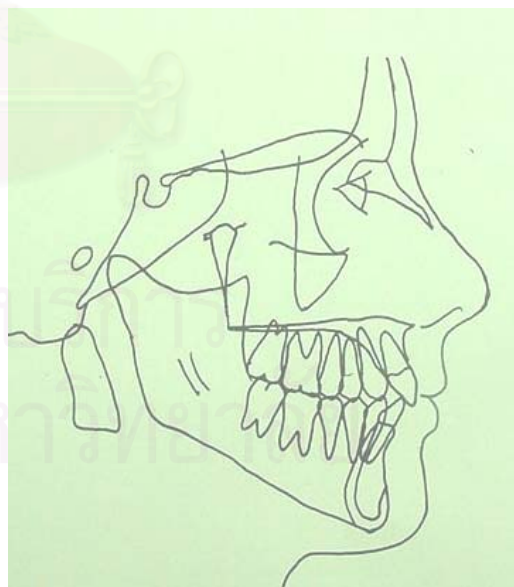
รูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการลอกลายเส้นภาพรังสี

การทำ Cephalometric analysis ส่วนมากจะทำจากแผ่นภาพที่ลอกฉายภาพรังสีมากกว่าที่จะทำจากแผ่นฟิล์มโดยตรง การลอกฉายภาพรังสีทำโดยนำภาพถ่ายรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างติดลงบนกล่องดูฟิล์ม โดยใช้ Masking tape โดยให้ใบหน้าผู้ป่วยหันไปทางด้านขวา ใช้กระดาษอะซิเตทวางทับลงบนแผ่นฟิล์ม ใช้เทปกาวติดบริเวณส่วนบนของกระดาษอะซิเตท เพื่อกันการขยับขณะลอกฉายละเอียด และสามารถยกกระดาษอะซิเตทขึ้นลงเพื่อพิจารณาลักษณะโครงสร้างต่างๆ บนฟิล์มได้ ในขณะที่ทำการลอกฉายละเอียดนั้น บริเวณรอบๆ จะต้องมีตัวครีใช้กระดาษสีดำปิดบริเวณอื่นๆ ที่นอกเหนือจากฟิล์ม เพื่อให้สามารถเห็นโครงสร้างต่างๆ ได้อย่างชัดเจน

การลอกฉายละเอียดควรทำอย่างเป็นระบบ โดยเริ่มจากส่วนภายนอกทั่วไป กำหนดจุดต่างๆ จากนั้นจึงลอกฉายละเอียดส่วนกายวิภาค และทำที่สุดจึงลากเส้นต่างๆ การที่ได้รายละเอียดต่างๆ อย่างสมบูรณ์และใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด ผู้ทำจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับกายวิภาคทางภาพรังสีที่ปรากฏบนแผ่นฟิล์มเป็นอย่างดีในกรณีที่มีอวัยวะซึ่งเป็นคู่ไม่ซ้อนทับกันสนิท จะใช้ค่าเฉลี่ยของอวัยวะทั้งสองนั้น (Moyer 1973)



รูปที่ 2 แสดงภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง



รูปที่ 3 แสดงการลอกฉายเส้นจากภาพถ่ายรังสี

ข้อจำกัดของภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง Moyer (1973)

ถึงแม้ว่าวิธีการวิเคราะห์ภาพรังสีนี้จะมีประโยชน์และเป็นที่ยอมรับอย่างมากในการวิเคราะห์ทางทันตกรรมจัดฟัน แต่การวิเคราะห์อาจผิดพลาดได้ เนื่องจากข้อจำกัดต่างๆ ดังนี้

1. ความผิดพลาดที่เกิดจากการถ่ายภาพรังสีซึ่งอาจเกิดได้จากการจัดตำแหน่งของผู้ป่วย, ความชัดเจนเนื่องจากปริมาณรังสีที่ใช้ไม่เพียงพอ, การบันทึกภาพคลาดเคลื่อนจากแนวกึ่งกลางใบหน้า Mid sagittal เป็นต้น
2. เกิดการขยายหรือการบิดเบี้ยวของภาพรังสีที่ได้ ซึ่งปัญหานี้ส่วนใหญ่เกิดจากระยะทางระหว่างฟิล์มและแหล่งกำเนิดรังสีไกลเกินไปหรือฟิล์มไม่ตั้งฉากกับรังสีที่ออกมา
3. ความผิดพลาดที่เกิดจากการลดรายละเอียดส่วนต่างๆ จำเป็นต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับกายวิภาคต่างๆ รวมทั้งประสบการณ์และฟิล์มที่ชัดเจน
4. วิธีการใช้ที่ไม่ถูกต้อง ภาพรังสีที่ได้จำเป็นต้องคำนึงถึงเสมอว่าเป็นภาพ 2 มิติ ในขณะที่ใบหน้าของคนจะเป็น 3 มิติ ดังนั้นการอ่านค่าใดๆ ก็ตามจะกระทำได้เพียงใน 2 มิติ เท่านั้น
5. ปัญหาที่เกี่ยวกับข้อคิดเห็นที่แตกต่างกัน (Conceptual problems) ในการมองจุดอ้างอิงเกี่ยวกับกายวิภาคต่างๆ บนฟิล์ม เนื่องจากมีการซ้อนทับกันของกายวิภาคที่ซับซ้อนในบางตำแหน่งทำให้การกำหนดจุดอ้างอิงแตกต่างกันออกไป

วิธีการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง

ได้มีการคิดค้นหาวิธีการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างจากบุคคลที่มีโครงสร้างกระดูกขากรรไกรรูปใบหน้า และการสบฟันปกติ เพื่อเป็นบรรทัดฐานในการเปรียบเทียบกับคนไข้ที่มีความผิดปกติของโครงสร้างกระดูกขากรรไกร รูปใบหน้า และการสบฟัน วิธีการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างสามารถจำแนกได้เป็น 5 วิธีคือ

1. การวัดหาค่าจากระยะทางเส้นตรง (Linear measurement) คือ การวัดระยะจากจุดอ้างอิง (landmark) สองตำแหน่งเพื่อเปรียบเทียบระยะกับตำแหน่งหรือสัดส่วนของระยะกับค่าปกติ เช่น วิธีการวิเคราะห์ของโคเบน (Coben, 1955)

2. การวัดจากมุม (Angular measurement) เป็นการวัดค่าของมุมที่เกิดจากระนาบต่างๆ มาตัดกัน การใช้ค่าของมุมในการวิเคราะห์เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมาก เช่น การวิเคราะห์ Bjork (1947, 1963), Downs (1948), Steiner (1953, 1959), Tweed (1954, 1966, 1969), Ricketts (1957, 1960), Holdway (1983, 1984) และ Mc Namara (1984) เป็น

3. การวิเคราะห์แบบอาร์ชีเอล (Archial analysis) เป็นการวิเคราะห์โดยใช้ส่วนโค้งของวงกลม 4 เส้น ได้แก่ ส่วนโค้งหน้า (anterior arc) ส่วนโค้งเบซาล (basal arc) ส่วนโค้งกลางหน้า (midface arc) และส่วนโค้งหลัง (posterior arc) ตัดกับระนาบต่าง ๆ ทั้ง 6 ระนาบ คิดขึ้นโดย Vicken Sassouni (1955, 1969)

4. การวิเคราะห์โดยใช้แผ่นวัด (Template analysis) ใช้แผ่นพลาสติกใสที่มีเส้นโครงสร้างกะโหลกศีรษะสำหรับใช้เป็นมาตรฐานแยกเพศ ชาย หญิง อายุตั้งแต่ 6 ถึง 16 ปี เมื่อต้องการวิเคราะห์ นำแผ่นวัด (template) มาทาบบกับเส้นโครงสร้างกะโหลกศีรษะของคนไข้จริงที่ลากเตรียมไว้แล้ว จากนั้นจึงวิเคราะห์เปรียบเทียบความเบี่ยงเบนของคนไข้กับแผ่นวัด

5. การวิเคราะห์โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ (Computerized cephalometric analysis) วิธีนี้จะได้ผลการวิเคราะห์ที่ออกมารวดเร็วกว่า และสามารถวิเคราะห์ได้จากภาพถ่ายจริงของคนไข้จากกล้องถ่ายภาพดิจิทัล รวมทั้งสามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นกับรูปหน้าคนไข้ภายหลังจากการจัดฟันหรือผ่าตัดกระดูกขากรรไกร

เกณฑ์การวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง

ภายหลังปี ค.ศ.1931 เป็นต้นมา การศึกษาเกี่ยวกับCephalometryได้มีการพัฒนาโดยตลอด มีการกำหนดจุดอ้างอิงต่างๆ(Landmarks identification) และเส้นระนาบอ้างอิง (Reference plane)และวัดระยะทางระหว่างจุดอ้างอิง วัดมุมที่เกิดจากเส้นระนาบเหล่านี้ตัดกัน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของส่วนประกอบและโครงสร้างใบหน้าและฟัน (Dentofacial complex) เพื่อช่วยแก้ไขลักษณะที่ผิดปกตินั้น รวมทั้งการศึกษาการเจริญเติบโตของใบหน้าด้วย Downs (1956)เป็นคนแรกที่นำ Cephalometry มาใช้ทางคลินิกทันตกรรมจัดฟัน และได้ศึกษาหาค่าเฉลี่ยมาตรฐานของเด็กอเมริกัน 20 คน ที่มีการสบฟันดี ต่อมาได้มีผู้คิดวิธีวิเคราะห์อื่นๆ อีกหลายท่าน เช่น Tweed (1946), Margolis (1947), Krogman และ Sassouni (1957), Higley (1954) , Steiner (1960) , Jarabak และ Fizzell (1972), Jacobson (1976),Legan (1980), Ricketts (1981), McNamara (1984), Holdaway (1984), Bell และ คณะ (1986) เป็นต้น

Gianelly (1970) ให้ความสนใจเกี่ยวกับ ค่ามาตรฐานทางการวิเคราะห์ภาพรังสี ในอายุและเพศที่แตกต่างกัน เขาได้ทดสอบในคนไข้ 252 คน ที่มีการสบฟันลักษณะ Class II Division 1 และในคนที่สบฟันปกติ 137 คน เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของฟันและใบหน้า ในช่วงอายุ 8 – 13 ปี โดยใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ของสไตเนอร์ พบว่าในเด็กผู้ชาย ฟันหน้าบนยื่นมากขึ้น 1 – 2 มิลลิเมตร ลูกคาง (chin button) นูนมากขึ้น 1 มิลลิเมตร และขากรรไกรล่างยื่นมากขึ้น ในช่วงอายุเข้าสู่วัยรุ่น ในเด็กผู้หญิงที่เข้าสู่วัยรุ่น มุม ANB ลดลง 1 องศาและฟันหน้าล่างยื่นน้อยลง 1 มิลลิเมตร และเขาได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับค่ามาตรฐานของคนที่มีการสบฟันแบบอุดมคติ (Ideal Class I occlusion)ซึ่งในทางทันตกรรมจัดฟันพยายามให้เป้าหมายการรักษาเป็นแบบอุดมคติมากกว่าการมองในแง่ชีววิทยาของการสอดคล้องของการสบฟันกับลักษณะศีรษะและใบหน้า ดังนั้นการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะใช้เป็นเพียงแนวทางในการรักษาที่ถูกต้อง แต่ไม่จำเป็นต้องรักษาจนได้ค่ามาตรฐานตามอุดมคติเพราะเราต้องมีข้อมูลด้านอื่น ๆ เช่นการตรวจทางคลินิก, แบบจำลองฟัน, รูปถ่ายของใบหน้าที่จะต้องนำมาประมวลผลวางแผนร่วมกัน เพื่อให้ผลการรักษาที่สอดคล้องเหมาะสมของผู้ป่วยแต่ละรายบุคคลไป

โดยที่ในการใช้เกณฑ์การวิเคราะห์วิธีต่าง ๆ นั้น จำเป็นต้องอาศัยจุดอ้างอิงและระนาบอ้างอิงที่แตกต่างกันไป

Salzmann (1974) จึงกล่าวว่าจุดอ้างอิงที่ดีต้องสามารถเห็นได้ชัดเจน และสามารถกำหนดซ้ำใหม่ได้ง่าย มีความผิดพลาดน้อยที่สุด

Bjork, Palling (1954), Krogman, Sassouni (1957), Yen (1960), Salzmann (1960), Graber (1966), Koski (1972), Sekiguchi, Savara (1972), Moorees (1953), Richardson (1966) ได้ศึกษาและนิยามจุดอ้างอิงต่างๆ ซึ่งมองเห็นในภาพถ่ายรังสีกะโหลกศีรษะ ด้านข้างทั้งในกะโหลกศีรษะแห้งและในคน สรุปว่าความแปรปรวนของการกำหนดจุดอ้างอิงนั้นมีมากกว่าความแปรปรวนจากการวัดและความแปรปรวนจุดอ้างอิงบนภาพถ่ายรังสีกะโหลกศีรษะ ด้านข้างเกิดจากปัญหา 3 ประการ คือ

1. วิธีการถ่ายภาพรังสี
2. ความซับซ้อนของตำแหน่งทางกายวิภาคของจุดนั้นๆ
3. ตำแหน่งของจุดอ้างอิงนั้นๆ บนภาพถ่ายรังสีขณะทำการลอกภาพ (Tracing)

ในปัจจุบันได้มีนิยามของจุดอ้างอิงต่างๆ ที่ใช้กันในทางด้านทันตกรรมจัดฟันอย่างชัดเจน ดังเช่น ของ Salzmann, Graber, Moyer และท่านอื่นๆ

ส่วนระนาบอ้างอิงซึ่งเกิดจากการลากเส้นต่อจุดอ้างอิง 2 จุดนั้น Bjerin (1957) กล่าวว่าเริ่มแรกในทางมนุษยวิทยา จะใช้ระนาบ Camper ซึ่งกำหนดโดย Peter Camper ระนาบ Camper จะต่อระหว่างจุดบนสุดของรูหูด้านนอกและปีกจมูก ส่วนระนาบพื้นฐานในทาง Cephalometry ได้แก่ ระนาบแฟรงค์פורต ซึ่งกำหนดโดย Ihering ระนาบนี้จะผ่านจุดขอบบนสุดของรูหูด้านนอก (Upper periphery of external auricular canals) และจุดต่ำสุดของกระดูกตา ด้านซ้าย ข้อดีของระนาบอ้างอิงแฟรงค์פורต คือจุดอ้างอิงทั้งสองสามารถเห็นได้ชัดเจน และระนาบนี้ค่อนข้างขนานกับระนาบในแนวนอนที่แท้จริง Bjerin ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของระนาบอ้างอิงแฟรงค์פורตกับระนาบในแนวนอนที่แท้จริง ในกลุ่มตัวอย่างชาย 24 คนและหญิง 11 คน อายุระหว่าง 22-36 ปีพบว่าระนาบอ้างอิงแฟรงค์פורตทำมุมกับระนาบในแนวนอนที่แท้จริง 4.6 องศาและ 4.3 องศาในทำยืนและทำนั่งตามลำดับซึ่งค่านี้น้อยมากเมื่อเทียบกับความไม่แน่นอนของตำแหน่งศีรษะในท่าปกติ

Broadbent และคณะ (1975) กล่าวว่าถึงแม้จุด Bolton จะถูกบังโดย Mastoid process ในระยะวัยรุ่นก็ตาม แต่สามารถหาได้โดยง่ายโดยลากเส้นสัมผัสกับ Posterior extremity ของ Superior auricular process ซึ่งตั้งฉากกับแนวแกนของกระดูกสันหลังชั้นที่หนึ่งไปตัดกับส่วนของกะโหลกศีรษะ (Skull) จะได้จุด Bolton และ Broadbent ได้แนะนำให้ใช้ Bolton plane (ลาก

จากจุด Bolton ไปยัง Nasion) เพราะทำให้เห็นภาพความยาวทั้งหมดของฐานกะโหลกศีรษะ นอกจากนี้ จุด Bolton ยังสามารถหาได้ง่ายกว่า Basion ทั้งนี้เพราะ Basion ซึ่งอยู่บนขอบเขตด้านหน้าของ Foreman magnum มักถูกบังโดยเดือยรูลู (Ear rods)

Bjork (1975) ได้ศึกษาถึงความผิดพลาดในการกำหนดจุดต่างๆ โดยการวัดค่าระยะทาง 32 ค่า และค่ามุม 55 ค่า ใช้ผู้วิจัย 2 คน ทำการวัดค่า 2 ครั้ง หาค่า Standard error ของ Mean difference ถ้าค่าใดมี Standard error น้อย แสดงว่าจุดกำหนดนั้นค่อนข้างคงที่ พบว่า Sella turcica และ Nasion มีความแม่นยำมากที่สุดจากจำนวนจุดต่างๆ ที่ใช้ และพบว่า Bolton และ Porion มีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด

Ricketts และคณะ(1979)กล่าวว่า มุมระหว่าง Basion – Nasion และระนาบ Frankfort กับมุม Facial axis(มุม ระหว่าง Facial axis ตัดกับ Basion-Nasion)จะมีค่าคงที่ตลอด ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์การเจริญเติบโตได้ ในส่วนของฟันจะใช้ระนาบA-Poเป็นระนาบอ้างอิงสำหรับตำแหน่งของฟันหน้า โดยพบว่าฟันหน้าบนจะอยู่หน้าต่อระนาบA-Po ประมาณ 3.5 มม. ส่วนฟันหน้าล่างจะอยู่หน้าต่อระนาบA-Po 1.0 มม. และ ทำมุม 22 องศา

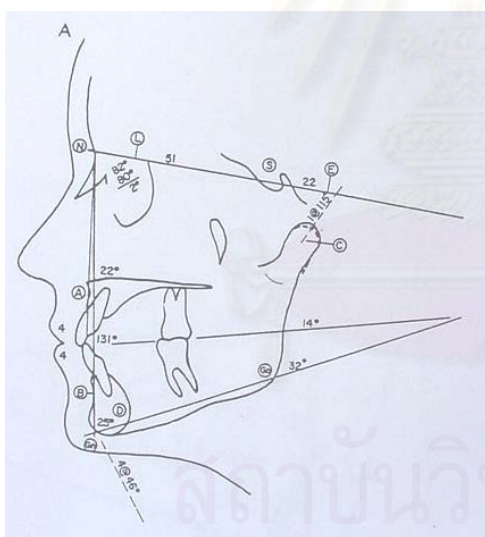
Foster และคณะ (1981) ได้ทำการทดลองกับตัวอย่าง 90 คน ที่ถ่ายภาพรังสีเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน เป็นชาย 40 คน หญิง 50 คน อายุเฉลี่ย 13.7ปี พบว่า การใช้ระนาบอ้างอิงในกะโหลกศีรษะ(intracranial reference line)ต่างๆได้แก่ ระนาบ sella – nasion, ระนาบ Frankfort, ระนาบ maxillary และระนาบ mandibular มีความสัมพันธ์กับระนาบแนวราบที่แท้จริง (true horizontal)และมีความสัมพันธ์แตกต่างกันไปพบว่า ระนาบFrankfortและระนาบmaxillary เกือบจะขนานกันกับระนาบ true horizontal ความคลาดเคลื่อนของแต่ละระนาบอ้างอิงจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับความคลาดเคลื่อนของการจัดตำแหน่งศีรษะในขณะที่ถ่ายและยังพบว่าระนาบ sella – nasion ค่อนข้างคงที่ เมื่อเทียบกับระนาบอ้างอิงอื่น

Steiner (1960) ได้คิดค้นเกณฑ์การวิเคราะห์ของสไตเนอร์ขึ้น โดยใช้ระนาบ Sella-Nasion เป็นระนาบอ้างอิง โดยเชื่อว่าจุด S และจุด N เป็นจุดที่อยู่บนกระดูก สามารถเห็นได้ชัดเจน จากภาพถ่ายกะโหลกศีรษะด้านข้างและโดยเฉพาะอย่างยิ่งอยู่ในแนวกึ่งกลางของใบหน้า ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งในขณะศีรษะมีการเคลื่อนไหวขณะทำการถ่ายภาพรังสีน้อย

จากการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าระนาบอ้างอิงที่ใช้ในเกณฑ์การวิเคราะห์แต่ละวิธีนั้นแตกต่างกันไป ซึ่งแต่ละระนาบที่ใช้กันอยู่จะมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไปด้วย

เกณฑ์การวิเคราะห์ของสไตเนอร์ (Steiner analysis) (Steiner 1953, 1959, 1960)

เขาได้ประเมินมาตรฐานของฟัน กระดูกโครงสร้างและรูปใบหน้าจากภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง โดยใช้มุม ANB กับ ตำแหน่งและมุมของฟันตัดซึ่งกลางเป็นแนวทางในการรักษา เขาแนะนำให้ใช้จุดกึ่งกลางหน้าเป็นหลักเพื่อลดความเบี่ยงเบนของตำแหน่งของรูปหน้าด้านข้าง แต่บางครั้งพบว่ายังมีปัญหาเรื่องความเบี่ยงเบนของความยาวของฐานกะโหลกศีรษะ ผลของการหมุนของกระดูกขากรรไกรล่างทำให้ค่ามุม ANB เปลี่ยนแปลงและจุด A บางครั้งก็เป็นจุดที่กำหนดได้ยาก กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาไม่ได้บอกรายละเอียดไว้

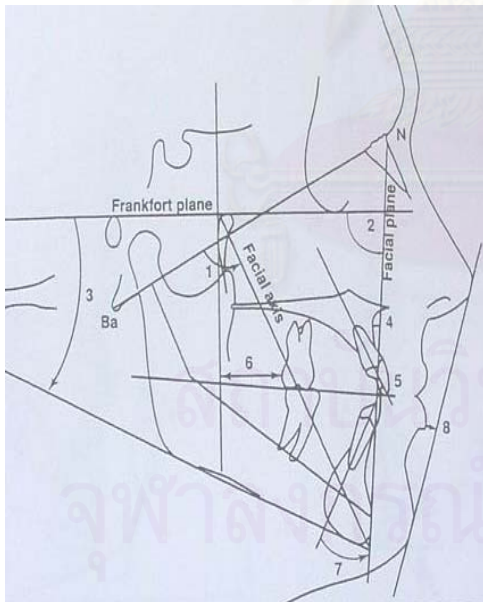


ค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน
SNA	82 องศา
SNB	80 องศา
ANB	2 องศา
SND	76 องศา
U1 to NA (labial surface)	4 ม.ม.
U1 to NA	22 องศา
L1 to NB (labial surface)	4 ม.ม.
L1 to NB	25 องศา
Po to NB	3.5 ม.ม.
U1 to L1	131 องศา
Occ to SN	14 องศา
GoGn to SN	32 องศา
S-E distance	22 ม.ม.
S-L distance	51 ม.ม.

รูปที่ 4. แสดงจุดและระนาบอ้างอิง ค่ามาตรฐานของการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างของสไตเนอร์

เกณฑ์การวิเคราะห์ของริกเกตส์(Ricketts analysis)(Ricketts 1960,1972,1981)

ในปี ค.ศ. 1960 Ricketts ได้ศึกษาคนไข้ที่มีการสบฟันผิดปกติหลายชนิดจากการสุ่มตัวอย่าง 250 คน ทั้งชนิดที่ได้รับการรักษา และไม่ได้รับการรักษา เขาใช้การวิเคราะห์ในแนวด้านหน้า ด้านข้าง และแนวดิ่ง นอกจากนี้ยังนำอายุมาวิเคราะห์ร่วมด้วย แต่ก็ยังมีความคลาดเคลื่อนในบางจุดเพราะกำหนดตำแหน่งได้ยาก เช่น จุด Pt, Xi, จุด Pm เป็นต้น



ค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์	ค่ามาตรฐาน
Interincisal angle	130 ± 6 องศา ไม่เปลี่ยนแปลงตามอายุ
Convexity	2 ± 2 มม. เปลี่ยนแปลง = -1 มม.ทุก 3 ปี
Lower facial height	45 ± 4 องศา ไม่เปลี่ยนแปลงตามอายุ
A6 to PTV	12 ± 3 มม. เปลี่ยนแปลง = 1 มม.ทุกปี
B1 to A-PO plane	1 ± 2 มม. ไม่เปลี่ยนแปลงตามอายุ
B1 inclination to A-PO	22 ± 4 องศา ไม่เปลี่ยนแปลงตามอายุ
Facial (angle) depth	87 ± 3 องศา เปลี่ยนแปลง = 1 มม.ทุก 3 ปี
Facial axis	90 ± 3.5 องศา ไม่เปลี่ยนแปลงตามอายุ
Md plane to FH	26 ± 4.5 องศา เปลี่ยนแปลง = -1 มม. ทุก 3 ปี
Mandibular arc	26 ± 4 องศา เพิ่มขึ้น 1/2 องศา ต่อปี
Maxillary depth	90 ± 3 องศา ไม่เปลี่ยนแปลงตามอายุ

รูปที่ 5. แสดงจุดและระนาบอ้างอิง ค่ามาตรฐานของการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างของริกเกตส์

ความผิดพลาดคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ

ความผิดพลาดของการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ มีสาเหตุมาจาก

1. ความผิดพลาดของขบวนการถ่ายภาพรังสี
2. ความผิดพลาดการวาดภาพลอกถ่าย และการกำหนดจุดอ้างอิง
3. ความผิดพลาดจากขบวนการวัดและการคำนวณ

ความผิดพลาดของขบวนการถ่ายภาพรังสี ทำให้ได้ภาพรังสีที่ไม่มีคุณภาพมาตรฐานที่พบได้บ่อยได้แก่

1. ภาพไม่คมชัด (Image unsharpness) การที่ได้ภาพไม่คมชัด อาจมีสาเหตุมาจาก

1.1 เครื่องฉายรังสี เกิดจากอุปกรณ์ที่ชำรุดภายในตัวเครื่อง หรือ การปรับระยะโฟกัสกับฟิล์ม (focus - film distance) ระยะวัตถุกับฟิล์ม (object - film distance) และขนาดของจุดโฟกัส (size of focal spot) ไม่ถูกต้อง เครื่องฉายรังสีไม่สามารถปล่อยรังสีออกมาในขนาดที่กำหนดได้ ระยะของวัตถุอยู่ในระยะที่ไม่เหมาะสมจากเครื่องฉายรังสีหรือระยะของฟิล์มห่างจากศีรษะมาก หลักการคือ ถ้าฟิล์มอยู่ใกล้ส่วนใดมากที่สุด ส่วนนั้นจะให้ภาพได้ชัดที่สุด

1.2 ภาพไม่ชัดเจน เกิดจากมีการเคลื่อนไหว (Motion unsharpness) การเคลื่อนไหวของท่อที่ปล่อยรังสี การเคลื่อนไหวของฟิล์ม และการเคลื่อนไหวของศีรษะคนไข้ในขณะที่ถ่ายภาพทำให้ภาพไม่ชัดเจนได้ทั้งสิ้น

1.3 เกิดจากมีปัญหาที่ฟิล์มถ่ายภาพรังสีได้แก่ ขนาดของผลึกซิลเวอร์ฮาไลด์ (silver halide crystals) ฟิล์มหมดอายุหรือเสื่อมสภาพ หรืออาจเกิดจากขบวนการล้างฟิล์ม เช่น ห้องล้างฟิล์มไม่มีดิสทริบิวเตอร์หลอดไฟที่ใช้ในห้องมืดไม่ได้มาตรฐาน น้ำยาที่ใช้ล้างฟิล์มเสื่อมสภาพ การเก็บรักษาไม่ถูกต้อง มีรอยขีดข่วนหรือมีรอยนิ้วมือที่ฟิล์ม

2. ภาพขยายมากกว่าปกติ (Image magnification) เกิดจากการคลาดเคลื่อนในการตั้งระยะโฟกัสกับฟิล์มและระยะวัตถุกับฟิล์ม ซึ่งจะทำให้ภาพที่ได้ขยายกว่าวัตถุจริงมากเกินไป ภาพที่ได้จากการถ่ายภาพรังสีกะโหลกศีรษะจะเป็นภาพที่ขยายทั้งสิ้นแต่จะเป็นการขยายเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ภาพของกระดูกโครงสร้างด้านขวาจะขยายใหญ่กว่าทางด้านซ้ายเนื่องจากใบหน้าด้านซ้ายของผู้ถูกถ่ายอยู่ชิดฟิล์มมากกว่า หลักการคือ ถ้าวัตถุอยู่ใกล้เครื่องฉายรังสีมากหรือฟิล์มอยู่ไกลวัตถุมากจะทำให้ได้ภาพที่ขยายมาก

3. ภาพที่ได้บิดเบี้ยว (Shape distortion) บริเวณที่รังสีผ่านตั้งฉากกับฟิล์มจะได้ภาพที่บิดเบี้ยวน้อยที่สุด ดังนั้นในขณะที่ถ่าย ศีรษะของผู้ถูกถ่ายต้องไม่เอียง คือแนวกึ่งกลางใบหน้าขนาน

กับแนวตั้งและมองตรงไปข้างหน้าในระดับสายตาขนานกับพื้นหรือให้ระนาบแฟรงค์ฟอร์ดขนานกับแนวระดับ

4. รีมฝีปากและฟันอยู่ในตำแหน่งไม่ถูกต้องในขณะที่ถ่ายภาพรังสี ในขณะที่ถ่ายรีมฝีปากของคนไข้ควรอยู่ในท่าพัก ไม่เกร็ง ไม่ยิ้ม และฟันควรสบอยู่ในตำแหน่งศูนย์ (centric occlusion) ดังนั้นควรจะอธิบายให้คนไข้เข้าใจก่อนที่จะส่งคนไข้ไปถ่ายภาพรังสี

การแก้ไขในส่วนนี้ทำได้ โดยใช้เครื่องฉายรังสีที่มีมาตรฐาน ตรวจสอบเช็คคุณภาพฟิล์มถ่ายภาพรังสี ขบวนการล้างฟิล์ม จัดตำแหน่งการถ่ายได้ถูกต้อง คงที่โดยใช้เครื่องช่วยยึดศีรษะ (Cephalostat หรือ Head Holder) และให้ตำแหน่งศีรษะอยู่ในตำแหน่ง Natural head position **ตำแหน่งศีรษะขณะถ่ายภาพรังสี(Natural head position) Lundström และคณะ (1995)**

ตำแหน่งศีรษะปกติ(NHP) ได้ถูกเสนอในสาขาทันตกรรมจัดฟัน ในช่วงตั้งแต่ปี ค.ศ.1950 โดย Downs (1956), Bjerin (1957) และ Moorrees, Kean (1958) และผู้คนที่ให้ความสนใจในหลักการ NHP Orientation ตั้งแต่ปี 1970 เป็นต้นมา จนถึงปัจจุบันมีการตีพิมพ์มากกว่า 40 ครั้ง ในระหว่าง 8 ปี หลัง (1987 – 1995)

Lundström และ Lundström (1989,1992) ได้เสนอวิธีการถ่ายภาพผู้ป่วยโดยใช้แท่งเสียบรูหู (ear rods) ของเครื่องยึดศีรษะ (Cephalostat) และสามารถถ่ายซ้ำในตำแหน่งเดิม โดยปราศจากการฉายรังสีแก่คนไข้

ผู้เชี่ยวชาญหลายคนใช้การจัดตำแหน่งโดยใช้กระจกมาช่วยโดยในตำแหน่ง NHP ผู้ป่วยมองไปยังระดับสายตาตนเองในกระจกขณะถ่าย (Bjerin 1957; Moorrees และ Kean 1958)

การดูความแตกต่างแบบสุ่ม (Random Variation) ของตำแหน่ง NHP ได้ถูกคำนวณพบว่าเกิดความแตกต่างในช่วง 1.5 – 2 องศาและเป็นการยากที่จะให้อยู่ในตำแหน่งเดิมโดยปราศจากเครื่องช่วยยึดศีรษะ

นอกจากนี้ Lundström 1995 ได้เสนอนิยามเพิ่มเติมของตำแหน่ง

1. Natural head position (NHP) คือ ตำแหน่งจัดโดยใช้กระจกช่วยจัดตำแหน่งศีรษะในขณะที่ร่างกายและตำแหน่งศีรษะอยู่ในลักษณะพักผ่อนคลาย

2. Natural head orientation (NHO) คือ ตำแหน่งที่ศีรษะถูกจัดประมาณให้อยู่ในลักษณะเป็นธรรมชาติ โดยแพทย์ผู้ชำนาญที่ได้ผ่านการฝึก

เขาได้เสนอการใช้เส้นระนาบอ้างอิงภายนอกกะโหลกศีรษะ(Extracranial reference line) ได้ผลดีกว่าใช้ เส้นระนาบอ้างอิงภายในกะโหลกศีรษะ (Intracranial line) ซึ่งจัดตำแหน่งได้ยากและผิดพลาดได้มากเขาแนะนำให้ใช้การจัดตำแหน่ง NHO โดยผู้เชี่ยวชาญช่วยเสริมการจัด

ตำแหน่งธรรมชาติ NHP ในการถ่ายภาพรังสีกะโหลกศีรษะ เพื่อให้ได้ภาพรังสีในตำแหน่งที่ค่อนข้างคงที่ สามารถใช้ได้ทั้งในทางคลินิกและทางด้านการวิจัยได้อย่างดี

นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาการถ่ายภาพรังสีแบบเทคนิคพิเศษต่างๆ ให้ได้ภาพรังสีที่มีคุณภาพสูงขึ้นเพื่อให้ได้รายละเอียดที่ชัดเจน ลดความผิดพลาดคลาดเคลื่อนของการกำหนดจุด (Landmark identification) ได้แก่ Xeroradiography, Photocephalometry, Video imaging, Digital computed radiography

Xeroradiography คือ การถ่ายภาพรังสีด้วยวิธีแห้ง ซึ่งบันทึกเป็นภาพด้วยพื้นฐานระบบประจุไฟฟ้าสถิต (electrostatic charge system) ซึ่งแตกต่างจากภาพรังสีธรรมดาทั่วไปใช้กระบวนการเปลี่ยนคุณสมบัติของสารเคมี (conventional photochemical process)

เริ่มค้นคิดค้นขึ้นในปี 1937 โดย Chester F. Carlson นักฟิสิกส์และเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์ผู้กำหนดความหมายของขบวนการนี้ว่าเป็น Electrophotography, ในปี 1944 สถาบัน Battelle Memorial ได้พัฒนาระบบนี้ โดยใช้แผ่นโลหะที่เคลือบด้วยธาตุกึ่งตัวนำ (semiconductor) ที่มีคุณสมบัติคล้ายแก้ว (vitreous selenium) ให้ผลที่มีความไวต่อรังสีเอ็กซ์เรย์ Schaffert, McMaster และ Bixby ร่วมกันทำงานพัฒนาระบบมากขึ้นจนในปี 1946 บริษัท Haloid (ปัจจุบันคือ Xerox corporation) ร่วมกับบริษัท General electric เป็นผู้สนับสนุนภายใต้การดูแลของ Vyvererg ในปี 1956 ได้ผลิตเครื่องมือ xeroradiography ออกมาขายเป็นครั้งแรก

Hurst และคณะ (1979) ได้ทำการทดลองวิจัยเพื่อทดสอบระหว่าง xeroradiograph เปรียบเทียบกับภาพรังสีธรรมดาทั่วไป (conventional radiograph) โดยใช้เครื่องถ่ายภาพรังสี Picker KMS 300 medical X-ray unit ถ่ายที่ระยะโฟกัสห่างจากฟิล์ม 60 นิ้วพร้อมด้วย Aluminium filter หนา 3.5 มิลลิเมตรโดยภาพรังสีธรรมดาทั่วไปให้ค่าที่ 82 กิโลโวลท์ (kv.), 100 มิลลิแอมป์ (mA) เป็นเวลา 0.2 วินาทีใช้ฟิล์มโกดัก XL-5 และล้างด้วยเครื่อง Kodak RP Xomat automatic processor with kodak RP chemistry ได้ภาพออกมาบนฟิล์มเป็น negative mode ส่วนที่บดแสงจะมีสีขาวส่วนโปร่งแสงผ่านได้มากจะมีสีดำกว่า ขณะที่ xeroradiograph ต้องมีการเพิ่มการรับแสงโดยใช้ 110 kv., 200 Ma และ 0.7 วินาที และทำการเปลี่ยนเป็นรูปโดยเครื่อง Xerox 125 system processor จะได้ภาพออกมาในแบบ positive mode ตรงข้ามกับภาพรังสีทั่วไป คือ ส่วนที่บดแสงจะเป็นสีเข้ม ส่วนโปร่งแสงจะเป็นสีขาว พบว่า ภาพ xeroradiograph ของภาพรังสีด้านข้างของกะโหลกศีรษะให้รายละเอียดที่คมชัดมากกว่าภาพรังสีทั่วไปโดยอธิบายว่าเป็นผลมาจากขบวนการของ xeroradiograph ทำให้มีการวางตำแหน่งของประจุไฟฟ้าบน selenium-coated cassette ทำให้มีการดึงดูผงถ่ายทอด (Transfer powder) ไปที่ขอบของประจุนั้น ซึ่งผล

นี้ทำให้กำจัดการแบ่งลำดับชั้นของสีเทาในภาพรังสีทั่วไปให้ลดลงเหลือแต่ขอบเขตที่ชัดเจนน้อยกว่า เพื่อให้ได้รายละเอียดที่ชัดเจนเพื่อลดความผิดพลาดคลาดเคลื่อนของการกำหนดจุด (landmark identification) เขาได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบ ภาพรังสีที่ถ่ายโดยวิธีมาตรฐาน กับ ภาพรังสีที่ถ่ายด้วยเทคนิคพิเศษ xeroradiography โดยทดสอบตัวอย่าง 29 คน (หญิง 14 คน, ชาย 15 คน) อายุระหว่าง 11 – 16 ปี กำหนด 14 จุดอ้างอิง พบว่า 4 จุดอ้างอิง คือ ANS, Condylion, infradentale, Ptm ของ xeroradiograph ให้ผลดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับ 0.05 และ 6 จุดอ้างอิงให้ผลดีกว่าแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ คือ Na, Or, A, U1, B, PNS ส่วนอีก 4 จุด คือ POG, Me, U6, Ba ภาพรังสีปกติให้ผลดีกว่าแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จะเห็นได้ว่าภาพรังสีที่ถ่ายโดยวิธีนี้ให้ความชัดเจนที่ดีกว่าเดิมแต่ก็ต้องใช้ปริมาณรังสีในการถ่ายมากขึ้นทำให้มีความเกรงกลัวถึงอันตรายจากรังสีในการถ่าย (Radiation exposure) ต่อผู้ป่วย

จึงได้มีการพัฒนาการถ่ายภาพรังสีด้วยระบบคอมพิวเตอร์ดิจิทัล ซึ่งทำให้ลำแสงเอ็กซเรย์จำนวนที่ลดลงสามารถบันทึกผลได้โดยตรงและเปลี่ยนสภาพเป็นรูปภาพทางดิจิทัล และสามารถจะใช้กับเมาส์ของคอมพิวเตอร์กำหนดจุดต่างๆ โดยตรงผ่านทางจอแสดงผลได้ทันทีพร้อมทั้งสามารถปรับแต่งคุณภาพของภาพให้เห็นจุดต่างๆ ได้ชัดเจน ซึ่งต่างจากแต่ก่อนหน้านี้ต้องใช้วิธีทัศนมาทำการถ่ายเพื่อจับภาพจากภาพถ่ายรังสีของกระโหลกศีรษะบนกล่องไฟเพื่อให้เกิดภาพที่คอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นวิธีที่มีข้อจำกัดในการสร้างภาพเพราะจะเกิดปัญหาเกี่ยวกับรายละเอียดความชัดเจนของภาพ (Cohen 1984)

Phillp และคณะ(1984)ได้ทดสอบการประเมินผลเนื้อเยื่ออ่อนของใบหน้าในผู้ป่วยที่รับการจัดฟันร่วมกับการผ่าตัดขากรรไกร โดยใช้การซ้อนภาพถ่ายใบหน้ามาตรฐานพร้อมกับภาพถ่ายรังสีกะโหลกศีรษะซึ่งเรียกเทคนิคนี้ว่า photocephalometry ทดสอบจากผู้ป่วย 12 คน ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง 27 จุดอ้างอิง พบว่า 66% ของจุดอ้างอิงด้านข้างและ 57% ของจุดอ้างอิงด้านหน้าตรง มีความผิดพลาดเฉลี่ยไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ซึ่งหลักการดังกล่าวได้พัฒนาการมาเป็นการถ่ายภาพวีดิทัศน์ร่วมกับการถ่ายภาพรังสี

ความผิดพลาดการวาดภาพลอกลาย และการกำหนดจุดอ้างอิง พบว่าเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การวิเคราะห์ผิดพลาด

Marshall (1970) กล่าวว่า การกำหนดจุดอ้างอิงได้อย่างถูกต้องควรมีพื้นฐานความรู้ทางกายวิภาคของกระดูกกะโหลกศีรษะร่วมกับการเข้าใจลักษณะของภาพรังสีที่เกิดจากการถ่าย

เป็นอย่างดี เพราะเป็นการฉายภาพวัตถุจาก 3 มิติ กลายเป็นภาพรังสีเพียง 2 มิติ เขาได้อธิบาย และยกตัวอย่างสถิติการกำหนดจุดอ้างอิงต่างๆ พร้อมคำนิยามของจุดเหล่านั้น

Vander Lin den (1971) ศึกษาจุดอ้างอิงในกระดูกกะโหลกศีรษะเทียบกับ ภาพรังสีที่ แสดงออกมาจากกะโหลกศีรษะแห่ง 64 ศีรษะ พบว่าภาพรังสีที่แสดงออกมาของจุดอ้างอิงต่าง ๆ เช่น จุด S, N, prosthion, infradentale, Me, Gn, A มีความแตกต่างกันในแต่ละกะโหลก เนื่องจากความแตกต่างกันในรูปร่างตามลักษณะทางกายวิภาคของกระดูกแต่ละส่วน ของแต่ละ บุคคล และแต่ละช่วงอายุที่ต่างกัน ทำให้การกำหนดจุดอ้างอิง ตามนิยามที่ถูกต้องในแต่ละบุคคล บางครั้งทำได้ยาก

Baumrind และ Frantz (1971) ได้ทำการทดสอบความน่าเชื่อถือ การวัดค่าทางภาพรังสี กะโหลกศีรษะโดยใช้ภาพรังสี 20 फिल्म สุ่มจาก 122 फिल्म ทันตแพทย์จัดฟัน 5 คนที่ได้รับการ ฝึกฝนเกี่ยวกับการวาดภาพลอกลายและกำหนดจุดอ้างอิงเป็นเวลา 7 เดือนได้ภาพลอกลาย 100 ภาพ จุดอ้างอิง 16 จุด ในภาคแรกดูความผิดพลาดคลาดเคลื่อนของการกำหนดจุด (Landmark identification) พบว่าความผิดพลาดตั้งแต่การถ่ายภาพรังสี เพื่อให้ได้คุณภาพของภาพรังสีที่ดีมี ความชัดเจนช่วยให้กำหนดจุดได้ถูกต้องมากขึ้นแต่ในบางตำแหน่งที่มีลักษณะกายวิภาคที่ซับซ้อน มีการซ้อนทับของส่วนต่างๆที่อยู่ใกล้เคียงจากวัตถุ 3 มิติ กลายเป็นภาพ 2 มิติ ทำให้ความชัดเจน ลดลง นอกจากนี้ความรู้ ความเข้าใจ ความแม่นยำของผู้กำหนดจุด นิยามของจุดอ้างอิงที่แน่นอน ชัดเจน จุดที่อยู่ปลายสุด เช่น จุดปลายฟัน UI, จุดปลายรากฟัน UR, จุดรอยต่อของการกระดูก เช่น Na, จุดบนส่วนโค้งเว้าที่สุด เช่น จุด A, จุด B, ส่วนนูน เช่น จุด POG และ Me ซึ่งส่วนต่างๆเหล่านี้ ล้วนมีผลต่อความผิดพลาดของการกำหนดจุดอ้างอิง มีผลต่อการศึกษาในภาคที่สองเกี่ยวกับการ วัดค่ามุมและค่าระยะทาง ซึ่งพบการผิดพลาดได้เช่นกันตั้งแต่การจัดตำแหน่งศีรษะในขณะที่ ถ่ายภาพรังสี การกำหนดจุดอ้างอิงที่ผิดพลาด ความผิดพลาดในการวาดภาพ (Tracing) และ การวัด (measurement) ทำให้ค่ามุมและค่าระยะทางที่วัดได้ผิดพลาดไปจากความจริง เขาได้ แนะนำให้ควบคุมทุกขั้นตอนให้ตีรวมทั้งแนะนำให้ทำการลอกภาพและวัดซ้ำ (replicated measurement) จะช่วยให้ความผิดพลาดลดลง

Houston และคณะ (1986) ได้ทำการทดสอบหาสาเหตุข้อผิดพลาดในการวัดค่าจาก ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ โดยการถ่ายภาพรังสีผู้ป่วย 24 คน แต่ละคนถ่าย 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ไม่ใส่เครื่อง ยึดศีรษะและครั้งที่ 2 ใส่เครื่องยึดศีรษะ แล้วนำภาพรังสีแต่ละครั้งมาทำการลอกภาพ 2 ครั้ง โดย ทิ้งระยะเวลา 1 สัปดาห์ (1 ตัวอย่าง ทำการลอกภาพ 4 ครั้ง) เขาแนะนำว่า ความผิดพลาดจาก การถ่ายภาพรังสีลดลงโดยการจัดตำแหน่งผู้ป่วยได้ถูกต้องและใช้เครื่องยึดศีรษะ ส่วนความ

ผิดพลาดของการลอกภาพและการวัดควรมีการกำหนดค่านิยามของจุดอ้างอิงอย่างชัดเจน และมีการฝึกฝนผู้ทำการวัดให้เกิดความชำนาญ และทำการลอกภาพซ้ำ รวมทั้งกำหนดจุดทำการวัดซ้ำ เพื่อลดข้อผิดพลาด

ความผิดพลาดจากขบวนการวัดและการคำนวณ พบว่าการวัดค่าตัวแปรต่างๆไม่ว่าจะเป็นค่ามุม ค่าระยะทาง ค่าสัดส่วน การนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามเกณฑ์การวิเคราะห์แบบต่างๆ ตามอายุ เชื้อชาติต่างกัน มีโอกาสเกิดความผิดพลาดและใช้เวลาอย่างมาก

Faber, Burstone, Solonche (1978) ได้แนะนำการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยวางแผนการรักษา โดยการใช้เครื่องกำหนดพิกัดจุด (Digitizer) ป้อนข้อมูลของจุดอ้างอิงต่างๆ ในการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะร่วมกับข้อมูลจากการตรวจทางคลินิกและแบบจำลองฟันและอื่นๆ เข้าไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวางแผนการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน (Computerized interactive orthodontic treatment planning) ชื่อ TEK – 10, The Tektronix graphic program ใช้จุดอ้างอิงทั้งหมด 47 จุด ใช้ระนาบ Frankfort เป็นระนาบอ้างอิง ร่วมกับระนาบ S – N ซึ่งทำมุมกัน 7 องศา พบว่ามีข้อดีหลายด้าน คือ

1. สามารถรวบรวมข้อมูลพื้นฐานหลายด้านมาร่วมกันในการวางแผนการรักษา
2. วางแผนการรักษาโดยละเอียด ในทุกขั้นตอน
3. สามารถแสดงภาพกราฟฟิก ให้เห็นการเปลี่ยนแปลงจากการรักษา
4. การจำลองการรักษา สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว
5. สามารถควบคุมขั้นตอน โดยการตัดสินใจของทันตแพทย์จัดฟัน
6. สามารถเก็บรวบรวม และส่งต่อข้อมูล ในแต่ละขั้นตอนได้ตามต้องการ
7. ช่วยประหยัดเวลาในขั้นตอนการวิเคราะห์และวางแผนการรักษา

Baumrind และ Miller (1980) ได้กล่าวถึงการพัฒนาการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยลดข้อผิดพลาดในการกำหนดจุด และการวัดค่ามุมและค่าระยะทาง โดยช่วยลดขั้นตอนที่ยุ่งยากและลดเวลา ในการทำการลอกภาพและวัดซ้ำ (replicate tracing and measurement) โดยใช้โปรแกรม DIGITIZ ORTHO ช่วยในการวิเคราะห์ พบว่าสามารถลดความผิดพลาดได้อย่างมาก จากเดิมการกำหนดจุดพบว่าเกิดความผิดพลาดมากกว่า สองเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยที่วัดได้เหลือเพียงผิดพลาดเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ เชื้อถือได้ถึง 95 เปอร์เซ็นต์

Cohen (1984) ทำการประเมินผลการใช้คอมพิวเตอร์ที่มีเครื่องมือแตกต่างกัน เขาได้ทดสอบการหาจุด landmark 2 จุด คือ Menton, Sella ด้วย 3 วิธีแตกต่างกันคือ

1. Automatic landmark identification โดยใช้ “Clip 4” computer system (Duff 1978, Fountain 1982, Reynold, Otto 1982)
2. Eletronically operated cursor กำหนดจุดบน TV image ของ object (ใช้ Keyboard controlled cursor)
3. Electro mechanical digitizer (reflex plotter) นี้คิดค้นโดย (Buttcher and Stephens 1981)

ทดสอบตัวอย่าง 23 फिल्मโดยกำหนดจุด Menton และ Sella พบว่า การใช้เครื่องกำหนดพิกัดจุด (digitizer) บนภาพรังสีโดยตรงดีกว่าการกำหนดจุดบนภาพลอกถ่าย ซึ่งอาจวาดผิดพลาด หรือเส้นดินสอที่วาดมีความหนา ทำให้กำหนดจุดผิดพลาด แต่ผลโดยวัดเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธี อาจเปรียบเทียบกันได้ยากเนื่องจากความละเอียดของแต่ละเครื่องมือแตกต่างกันจากความละเอียดของภาพจากเครื่องมือ Clip 4 และ TV image มีเพียง 0.39 มม. เมื่อเทียบกับ Reflex plotter ซึ่งมีความละเอียดถึง 0.017 มม. ซึ่งต้องได้ผลดีกว่า 2 วิธีแรก

Jackson และคณะ (1985) ได้พัฒนาระบบต้นแบบของการแปรรูปภาพรังสีกะโหลกศีรษะเป็นภาพดิจิทัล ด้วยวิธี digital image processing เขาได้ทดสอบตัวอย่าง 20 फिल्म วิเคราะห์โดยทันตแพทย์จัดฟัน 2 คน ทำการวัดซ้ำ 2 ครั้ง วัดค่ามุม 6 มุม คือ SNA, SNB, ANB, MMP, U1-MXP, L1 – MP เขากล่าวว่า ถ้าได้รับการพัฒนาสูงขึ้นจะช่วยให้ภาพรังสีที่มีคุณภาพชัดเจนมากขึ้น และเพิ่มความแม่นยำถูกต้องของการกำหนดจุดอ้างอิงและสามารถลดความผิดพลาดของการวัดค่าเซฟฟาโลเมตริกได้

Cohen, Linney (1986) ได้เสนอระบบการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ พื้นฐานมาช่วยวิเคราะห์ภาพรังสี โดยประดิษฐ์ขึ้นจากกล้องถ่ายภาพทีวี (TV camera) ส่งผ่านภาพมายังจอมอนิเตอร์ของคอมพิวเตอร์และทำการกำหนดจุดอ้างอิงและวัดผ่านจุดด้วยเมาส์ของคอมพิวเตอร์เนื่องจากต้นทุนต่ำกว่าการใช้เครื่องกำหนดพิกัด(Digitizer)ที่มีราคาแพง ซึ่งทดสอบกับภาพรังสีตัวอย่าง 20 फिल्म ให้ผลพอใช้ได้ แต่ต้องมีการตรวจสอบปรับค่าการวัด(Calibration)ก่อนการวัด เนื่องจากมีการบิดเบี้ยวของภาพจากขบวนการสร้างภาพไปยังจอมอนิเตอร์ของคอมพิวเตอร์ได้

Sandler (1988) ทดสอบเปรียบเทียบการวัดค่าระยะทางและค่ามุมจากตัวอย่างภาพรังสี 25 फिल्म ด้วย 3 วิธี ต่างกัน คือ วัดด้วยมือจากภาพลอกถ่าย, วัดด้วยคอมพิวเตอร์จากการกำหนดจุดบนภาพลอกถ่าย(digitization of tracing), วัดด้วยคอมพิวเตอร์จากการกำหนดจุดจากภาพรังสีโดยตรง (direct digitization of the radiographs) พบว่าการวัดจากภาพรังสีโดยตรงให้ผลดีในการวัดค่ามุม แม้ว่าความแตกต่างทางสถิติไม่ค่อยเห็นชัดเจน ส่วนการลอกภาพให้ประโยชน์ใน

กรณีการวัดค่าระยะทางระหว่างจุดที่ต้องสร้างขึ้นจากเส้นตัดกันของระนาบต่างๆ เช่นจุด Gonion และจุด Articulare และพบว่าการใช้วิธีปักวัดด้วยมือโดยใช้ไม้บรรทัดและไม่โปรแทรกเตอร์ให้ผลดี เท่ากันกับวัดด้วยคอมพิวเตอร์ ด้วยวิธีกำหนดจุดผ่านเครื่องกำหนดพิกัด(digitizer)

Darryl และ Mackay (1991) ได้ทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้วยวิธีวัดด้วยมือและคอมพิวเตอร์ 2 วิธี โดยใช้ตัวอย่างภาพรังสี 5 फिल्मวัดซ้ำ 5 ครั้ง ห่างกันแต่ละครั้ง 1 สัปดาห์ วัดค่ามุม 6 มุม เทียบวิธีวัดด้วยมือ และวิธีสร้างภาพด้วยคอมพิวเตอร์ (Interactive image processing methods) คือใช้กล้องดิจิตอลคุณภาพสูงในขณะนั้น (ความละเอียด 512x512 pixels) เก็บภาพรังสีเข้าไปในระบบคอมพิวเตอร์ แล้วทำการกำหนดจุดด้วยการใช้เมาส์ควบคุมธรรมดาและมีการปรับคุณภาพของภาพรังสี เปลี่ยนสีของเครื่องหมาย(cursor) กำหนดจุด แล้วทำการจับเวลาในการวัด พบว่าวิธีวัดด้วยมือและวิธีที่มีการปรับคุณภาพภาพรังสีให้ผลไม่แตกต่างกัน ส่วนเวลาที่ใช้ใกล้เคียงกัน

Oliver (1991) ได้เปรียบเทียบการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้วยวิธีต่างกัน 5 วิธี คือ วัดด้วยมือ, วัดด้วยคอมพิวเตอร์โดยกำหนดจุดอ้างอิงจากภาพรังสีและภาพลอกกลาย โดยผ่านภาพวีดีทัศน์ (enhanced video image) และผ่านทางเครื่องกำหนดพิกัด (Digitizer) โดยวัดภาพรังสีตัวอย่าง 5 फिल्म ทำการวัดค่ามุม คือ SNA, SNB, ANB, PP – MP, U1 – PP, L1 – MP พบว่าการวัดค่ามุมพื้นหน้าทั้งบนและล่างเทียบกับระนาบขากรรไกรมีความผิดพลาดมากในทุกวิธีเนื่องจากความยากในการกำหนดจุดปลายรากฟัน และผลการวัดค่ามุมด้วยวิธีกำหนดจุดจากภาพรังสี (direct digitization) ให้ความแม่นยำน้อยกว่า วิธีวัดด้วยมือและการกำหนดจุดบนภาพลอกกลาย ซึ่งต่างจากการวิจัยของ Sandler(1988) และ Richardson(1981)และพบว่าการใช้เทคนิควีดีทัศน์มาช่วยปรับความชัดเจนของภาพรังสีและภาพลอกกลายไม่ได้ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการวัดค่ามุมต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Eppley และ Sadove (1991) ได้แนะนำการใช้การปรับแต่งค่าภาพดิจิตอลคอมพิวเตอร์ (Computer digital Enhancement) ในการถ่ายภาพรังสีกะโหลกศีรษะ พบว่าสามารถปรับเพิ่มคุณภาพของภาพรังสีในด้านต่างๆได้แก่ความมืดสว่าง (contrast), ความเข้ม (density), ความชัดเจนของเส้นขอบ (edge enhancement), การขยายขนาด (enlargement) ทำให้ภาพรังสีชัดเจนมากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะเนื้อเยื่ออ่อนของใบหน้า (Soft tissue profile) ทำให้เพิ่มความแม่นยำในการกำหนดจุดอ้างอิงมากขึ้น

Liu และ Gravely (1991) ทดสอบความน่าเชื่อถือของการใช้ “Ortho Grid” ในการวัดค่าทางเซฟฟาโลเมตริก โดยเทียบกับการวัดค่าด้วยมือ (manual tracing) และใช้คอมพิวเตอร์ร่วมกับ

เครื่องกำหนดพิกัดจุด (digitizer) กำหนดจุดอ้างอิง จากภาพรังสีโดยตรง (direct digitization) และกำหนดจุดอ้างอิงจากภาพลอกถ่าย (digitization of tracing) จากการวัดค่ามุม SNA, SNB, U1A, L1A, MMP และค่าระยะทาง OJ , OB จากตัวอย่าง 50 फिल्म กำหนดจุดอ้างอิง 14 จุด พบว่า การใช้ Ortho grid สามารถให้ผลที่นำเชื่อถือ 5 ค่า ใน 7 ค่าที่วัด และใช้เวลาในการวัดรวดเร็วกว่าๆ กับการทำ direct digitization จากภาพรังสี

Nimkarn และ Miles (1995) ทดสอบความน่าเชื่อถือของกระบวนการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ โดยใช้การวิเคราะห์ภาพรังสี 40 फिल्म กำหนดจุดอ้างอิง 22 จุด และประเมินผลการวัดค่าระยะทางและค่ามุม 40 ค่าและเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Quick ceph เวอร์ชัน 5.1 เพื่อตรวจหาความผิดพลาดในกระบวนการวิเคราะห์และแยกแยะหาต้นตอสาเหตุของความผิดพลาด ในแต่ละขั้นตอนแบ่งเป็น 5 ส่วน คือ

1. การลอกถ่ายภาพรังสี และการกำหนดจุดอ้างอิง (Landmark identification)
2. การนำภาพลอกถ่ายมาสร้างภาพวิดีโอ (Video imaging)
3. การกำหนดพิกัดจุดในเครื่องคอมพิวเตอร์ (Digitization of the image) และความผิดพลาดของโปรแกรมซอฟต์แวร์
4. การวัดค่าด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์เทียบกับการวัดค่าด้วยมือ (Computerized measurement versus hand measurement)
5. การปรับตัวค่าของโปรแกรมซอฟต์แวร์และความผิดพลาดของการกำหนดพิกัดจุดของผู้วิเคราะห์ (Soft ware calibration and digitization error of the operator)

พบว่าความผิดพลาดโดยรวมของขั้นตอนสร้างภาพวิดีโอและการกำหนดพิกัดจุดในภาพและผิดพลาดของโปรแกรมซอฟต์แวร์ ไม่พบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามค่าระยะทางที่วัด ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ พบว่า ในแนวระนาบ ค่าที่วัดจากเครื่องคอมพิวเตอร์สูงกว่าค่าที่วัดด้วยมือตั้งแต่ 0.7-1.0 มิลลิเมตรซึ่งชี้ให้เห็นถึงการขยายขนาดของภาพในแนวระนาบเกิดขึ้นและพบว่า จุด B มีค่าแตกต่างในแนวตั้ง โดยเฉลี่ยถึง 2.47 มิลลิเมตร ซึ่งน่าจะมาจากความผิดพลาดของการกำหนดจุด B ซึ่งมองเห็นไม่ชัดเจนและกำหนดจุดแน่นอนได้ยาก แต่ค่าส่วนใหญ่ที่วัดได้มี ความแตกต่างเล็กน้อยซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางด้านคลินิก จึงสามารถใช้คอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ ภาพรังสีกะโหลกศีรษะได้

Baskin และ Cisneros(1997) ได้ทำการเปรียบเทียบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ จำนวน 2 โปรแกรมคือ Dentofacial Planner และ Quick Ceph เปรียบเทียบกับการวัดด้วยมือ(manual tracing) โดยใช้ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ

ด้านข้างของผู้ป่วยจำนวน 22 फिल्म นำมาทำสำเนา (duplicate) อีก 1 ชุดและทำการกำหนดจุดอ้างอิง 38 จุด โดยทำจุดเครื่องหมายถาวรโดยใช้เข็มเจาะรู(pin holes)ในแต่ละจุดอ้างอิง แต่ละฟิล์มนำไปกำหนดจุดพิกัดด้วยเครื่อง digitizer และลอกภาพซ้ำ 2 ครั้ง โปรแกรม Dentofacial planner ใช้ 35 จุด และโปรแกรม Quick ceph ใช้ 28 จุด ทำการวิเคราะห์ตามเกณฑ์ของสไตเนอร์ แต่ละวิธีใช้สถิติ one way ANOVA เพื่อตัดสินความน่าเชื่อถือในการวัดและใช้สถิติ Intraclass correlation coefficients ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ของการวัดซ้ำคำนวณหาค่าเฉลี่ย, ค่ามัธยฐานและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธี ด้วยสถิติ Two way mixed effect ANOVA เขาวิจารณ์ว่าความผิดพลาดของการวิเคราะห์ภาพรังสีส่วนมากพบว่า เกิดจากการกำหนดจุดอ้างอิงผิดพลาด(landmark identification error) ไม่ว่าจะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์หรือใช้วิธีวัดด้วยมือก็ตาม ก็ยังกำหนดจุดด้วยการตัดสินใจของผู้วิเคราะห์ทั้งสิ้นและพบว่าบางค่าตัวเลข เช่น ค่า SN-OP มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างกันของค่านิยามเพราะระนาบการบดเคี้ยว(occlusal plane)มีหลายค่านิยามในการกำหนด เช่น ในการวัดด้วยมือจากภาพลอกถ่ายถ้าพบว่ามี ความแตกต่างระหว่างยอดปุ่มฟันกรามใหญ่และฟันกรามน้อยและปลายฟันหน้า ผู้วัดใช้ค่าเฉลี่ยที่ลากผ่านจุดทั้งหลาย ส่วนในโปรแกรม Quick ceph ใช้การแบ่งครึ่งฟันกรามแท้ที่แรกบนและล่างในการคำนวณหาระนาบการสบฟันและในโปรแกรม Dentofacial planner ใช้ค่าเฉลี่ยระหว่างฟันกรามและฟันหน้าบนล่างทำให้ค่าวัดเกี่ยวข้องกับระนาบการสบฟันมีความแตกต่างกัน แต่ค่าโดยส่วนมากมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน เขาจึงสรุปว่าเราสามารถใช้ในการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั้ง 2 โปรแกรม คือ โปรแกรม Dentofacial planner และโปรแกรม Quick ceph ได้เป็นอย่างดีเพียงแต่ ถ้าต้องการความละเอียดมากให้เลือกกำหนดจุดอ้างอิงละเอียดมากขึ้นและกำหนดจุดอ้างอิงได้พิจารณาอย่างถี่ถ้วน โดยเข้าใจลึกซึ้งถึงค่านิยามในแต่ละจุดอ้างอิงและระนาบอ้างอิงต่างๆเป็นอย่างดี ก็สามารถใช้โปรแกรมได้อย่างถูกต้อง

LimและFong(1997) ได้ทำการทดสอบการใช้การถ่ายภาพรังสีระบบดิจิตอล (Phosphor-Stimulated computer cephalometry) กับภาพรังสีกะโหลกศีรษะที่ถ่ายโดยวิธีปกติ ในแง่ของความน่าเชื่อถือของการกำหนดจุดอ้างอิงจากตัวอย่าง 20 คนโดยทันตแพทย์จัดฟัน 5 คน กำหนดจุดอ้างอิงในโครงสร้างกระดูก 8 จุด,บริเวณฟัน 4 จุด,บริเวณเนื้อเยื่ออ่อน 5 จุด พบว่าส่วนโครงสร้างกระดูกจุดอ้างอิงมีความแตกต่างโดยทั่วไป ส่วนจุดอ้างอิงที่ปลายรากฟันมีความแตกต่างมากกว่าที่ปลายฟันและจุดอ้างอิงของเนื้อเยื่ออ่อนมีความคงที่ในแนวระนาบ ไม่พบความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างระบบการถ่ายภาพรังสีทั้งสองแต่ข้อดีของการถ่ายภาพรังสีระบบใหม่ คือ สามารถลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับน้อยลงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมาก

Rudolph และคณะ (1998) ได้พัฒนาและทำการทดสอบการใช้คอมพิวเตอร์ ช่วยกำหนดจุดอ้างอิงโดยอัตโนมัติด้วยเครื่องมือ Spatial spectroscopy (SS) เปรียบเทียบกับการกำหนดจุดด้วยมือผ่านทางจอมอนิเตอร์ของคอมพิวเตอร์ซึ่งความละเอียดภาพที่เครื่องมือ SS สามารถกำหนดได้คือ 0.16 ตารางเซนติเมตรต่อหนึ่งพิกเซล เริ่มจากการสแกนภาพรังสีเข้าไปในเครื่องคอมพิวเตอร์ และทำการกำหนดจุดอ้างอิง 15 จุด ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 เขาสรุปว่าเครื่องมือ Spatial spectroscopy มีศักยภาพในการกำหนดจุดอ้างอิงอัตโนมัติและเป็นก้าวสำคัญที่จะพัฒนาไปสู่การวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะโดยเครื่องมืออัตโนมัติเพื่อลดข้อผิดพลาดของมนุษย์ได้อย่างสมบูรณ์

Forsyth, Shaw, Richmond (1996) ได้กล่าวถึง ประโยชน์หลายด้านของการถ่ายภาพรังสี , การส่งต่อ, การเพิ่มปรับคุณภาพของภาพ, การลดปริมาณรังสีในการถ่ายแต่ผู้ป่วย, สามารถกำหนดจุดอ้างอิงอัตโนมัติ และวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ ลดความผิดพลาดของผู้วิเคราะห์, วางแผนและทำนายผลในผู้ป่วยทำการผ่าตัดขากรรไกรร่วมกับทันตกรรมจัดฟัน, สามารถทำการซ้อนทับภาพได้หลายตำแหน่ง เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของการเจริญเติบโตและผลของการรักษา ในส่วนภาคที่สอง ได้กล่าวถึงคุณภาพของภาพรังสีโดยเปรียบเทียบคุณภาพในด้านการวินิจฉัยกับการใช้ภาพรังสีปกติกับภาพรังสีดิจิทัล จากตัวอย่าง 30 फिल्म และถ่ายภาพ(capture) ขึ้น 2 ครั้ง ได้ 60 ภาพดิจิทัล ทำการกำหนดจุดและวัดค่าตัวแปรมุมและระยะทางเปรียบเทียบกัน พบว่าความผิดพลาดแบบสุ่ม(random error) ของการวัดค่ามุมและค่าระยะทางของภาพดิจิทัลมีมากกว่าภาพรังสีปกติ รวมทั้งความผิดพลาดของระบบ(systemic error) ของการวัดค่ามุมและค่าระยะทาง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในบางค่าที่วัด ซึ่งต้องการความแม่นยำสูง อาจพอเพียงที่แสดงถึงความแตกต่างให้เห็นได้อย่างมีนัยสำคัญทางคลินิก เขาจึงแนะนำว่าขนาดของภาพควรมีจำนวนพิกเซลมากกว่า 512x512 pixels และมีระดับสีเทา(gray level)มากกว่าระดับ 64 ขึ้นไปเพื่อรักษาคุณภาพของภาพรังสีตั้งต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์

Hing (1989) ได้ทดสอบความแม่นยำของโปรแกรม Quick – Ceph ในด้าน การทำนายลักษณะใบหน้าของผู้ป่วยที่รับการรักษาทันตกรรมจัดฟันร่วมกับการผ่าตัดขากรรไกรล่างเคลื่อนมาด้านหน้า (Advancement BSSO.) จำนวน 16 คน ผลปรากฏว่าโปรแกรม Quick ceph ให้การประมาณจุดอ้างอิงให้ผลมากเกินความจริงของการเปลี่ยนแปลงในแนวระนาบและผลน้อยกว่า

ปกติของการเปลี่ยนแปลงในแนวตั้ง แต่อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยของความแตกต่างและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าน้อยกว่า วิธีทำนายด้วยมือ จึงสรุปว่าโปรแกรม Quick ceph มีความแม่นยำพอเพียงที่จะใช้ในการทำนายผลการรักษา ในกรณีผู้ป่วยจัดฟันร่วมกับการผ่าตัดเลื่อนขากรรไกรล่างมาด้านหน้า

Gerbo และคณะ (1997) ได้ทดสอบเปรียบเทียบผลการทำนายผลการรักษาของผู้ป่วยทันตกรรมจัดฟันร่วมกับการผ่าตัดขากรรไกรล่าง 35 คนในจำนวนนี้มีการเลื่อนขากรรไกรไปด้านหน้า 11 คนและเลื่อนขากรรไกรถอยหลัง 24 คนทำการถ่ายภาพรังสี 2 เดือนก่อนผ่าตัดและ 6 เดือน หลังผ่าตัด โดยใช้โปรแกรม Quick ceph image กำหนดจุดอ้างอิง 28 จุด ทำการวัดค่ามุม 6 ค่า และค่าระยะทาง 10 ค่าพบว่าตัวแปร 12ค่าใน16ตัวแปรที่วัดมีความแตกต่างน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร หรือ 1 องศา มุมที่แตกต่างมากที่สุด คือ มุม interincisal angle แตกต่างเท่ากับ 3.1 องศา ขณะที่ค่าระยะทางที่แตกต่างมากที่สุด คือ ค่าริมฝีปากล่างต่อ E-plane เท่ากับ 1.8 มิลลิเมตร ค่าแตกต่างในการทดลองของเขาน้อยกว่าการศึกษาผู้อื่น เนื่องจากได้ทำการกำหนดจุดวัดซ้ำ เขาสรุปว่าโปรแกรม Quick ceph image สามารถใช้ทำนายผลการรักษาภายหลังการผ่าตัดได้ความแม่นยำพอสมควร

Quintero และคณะ (1999) ได้กล่าวถึง ภาพถ่ายรังสีปกติเป็นภาพ 2 มิติ ทำให้เกิดข้อจำกัดของความชัดเจนจากวัตถุจริงซึ่งมี 3 มิติ จนได้มีการใช้ computed tomography มาใช้แก้ปัญหาแต่เนื่องจาก ข้อเสียที่ค่าใช้จ่ายสูง ปริมาณรังสีที่ได้รับมาก ไม่เห็นเนื้อเยื่ออ่อนชัดเจนพอ จึงไม่เป็นที่นิยมในวงการทันตกรรมจัดฟัน ระยะเวลาหลังได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีทางดิจิทัลมากขึ้น เขาได้แนะนำการใช้ craniofacial imaging ซึ่งใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ Acuscape Sculptor สร้างภาพจำลองของรูปร่างใบหน้าเป็นภาพ 3 มิติ สามารถนำมาใช้วินิจฉัยวางแผนการรักษาและการเปลี่ยนแปลงการรักษารักษา ได้อย่างแม่นยำเป็นประโยชน์ในทางสถิติและวิจัย

Leitao,Nanda (2000) ประเมินผลความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งศีรษะNHP และลักษณะของโครงสร้างของกะโหลกศีรษะและใบหน้า โดยทดสอบในกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชาย 284 คน อายุ 18 – 25 ปี โดยถ่ายภาพใบหน้าด้านข้างและถ่ายภาพรังสีกะโหลกศีรษะ ในตำแหน่ง NHP ทั้งรูปถ่ายและภาพรังสี นำมาวาดภาพลายเส้น(Tracing)และกำหนดจุดอ้างอิง 58 จุดผ่านเครื่องกำหนดพิกัด (digitizer Scriptel RDT 1212) เข้าไปยังโปรแกรมสำเร็จรูป Dentofacial planner 5.3 ในคอมพิวเตอร์ ช่วยประมวลผลการวัดค่าตัวแปรต่างๆ พบว่า ระนาบแฟรงค์ฟวร์ท(Frankfort horizontal) และระนาบเพดาน(palatal plane) มีค่าใกล้เคียงกับระนาบแนวนอนมาก ค่าเฉลี่ยมี

ค่าน้อยกว่า 1 องศา ค่าความสัมพันธ์ Correlation coefficients แสดงว่า ส่วนน้อยของค่าตัวแปรที่แสดงลักษณะโครงสร้างของกะโหลกศีรษะและใบหน้า มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งของศีรษะ

Gottlieb, Nelson, Vogels (1996) ได้ทำการสำรวจเกี่ยวกับข้อมูลทางสถิติ “1996 JCO Study of orthodontic Diagnosis and treatment Procedures” พบว่า ในหัวข้อการใช้การวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ ก่อนการรักษา 89.9%, ขณะทำการรักษา 20.2% และภายหลังการรักษา 44.4% มีการใช้ เกณฑ์การวิเคราะห์ ของ Ricketts 27.6%, Steiner 43.7%, Tweed 27.9%, Down 22.4% และการใช้วิธีต่างๆในการวัดและวิเคราะห์คือ วิธีวัดด้วยมือ 61.2 %, คอมพิวเตอร์ลอกภาพ 20.3%, ใช้ถ่ายภาพและวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ (computer imaging and analysis) 12.4% ซึ่งมีสถิติมากขึ้นเมื่อเทียบกับสถิติในปี ค.ศ. 1990 และ 1986

เหตุผลของการนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ทางการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ

แต่เดิมการวิเคราะห์ทางภาพรังสีกะโหลกศีรษะต้องทำการลอกภาพ(Tracing) ของกระดูกโครงสร้างใบหน้าและเนื้อเยื่ออ่อนลงบนกระดาษลอกกลาย (Acetate tracing paper) และกำหนดจุดอ้างอิงหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์ตามวิธีต่างๆ และนำการวัดค่าระยะทางและค่ามุม ทำการคำนวณด้วยไม้บรรทัด, ไม้โปรเทคเตอร์ ซึ่งเป็นวิธีวัดด้วยมือ (Manual method) ซึ่งวิธีดังกล่าวต้องเสียเวลาอย่างมาก ต่างจากการใช้คอมพิวเตอร์วิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ (computerized cephalometry) ซึ่งเร็วกว่ามาก (Liu and Gravely 1991) คือใช้เวลาเพียง 10% ของวิธีวัดด้วยมือเพราะเพียงแค่นำจุดหลักสำคัญลงในภาพรังสีโดยตรงหรือในภาพลอกกลายคอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณเสร็จภายในไม่กี่วินาที การใช้คอมพิวเตอร์วิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะยังสามารถทำการกำหนดจุดสองครั้ง (double digitization of the landmark) ทำให้เพิ่มความน่าเชื่อถือในการวิเคราะห์อีกด้วย โดยสามารถกำหนดจุดได้ใกล้เคียงจุดแท้จริงถึง 98% ผิดพลาดไปเพียง 2% เท่านั้น (Baumrind 1980)

นอกจากนี้ยังมีประโยชน์มากในด้านการเก็บค่าต่างๆทางเซฟไฟโรเมตริก, สามารถเรียกกลับมาใช้ได้ง่าย เช่น รูปภาพถ่ายใบหน้า, ภาพถ่ายในปาก, แบบจำลองฟัน, ทำนายผลของการเจริญเติบโต, ผลของการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันร่วมกับการผ่าตัด ทำให้สามารถวางแผนการรักษาได้อย่างถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

หลักพื้นฐานทางเทคนิคการใช้คอมพิวเตอร์วิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ

- แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1. Data acquisition การได้มาซึ่งข้อมูล (Data Input)
2. Data management การบริหารจัดการข้อมูล, การคำนวณ, การแสดงผล

การได้มาซึ่งข้อมูลอาจได้มาด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ จากภาพรังสีโดยตรง, จากภาพลอกลาย, การสแกนภาพรังสีเข้าไปเป็นภาพระบบดิจิทัลหรือการถ่ายภาพรังสีเป็นภาพดิจิทัลโดยตรง แล้วทำการกำหนดจุดในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้ง (x and y co-ordinate) โดยใช้เครื่องมือเรียกว่าเครื่องกำหนดพิกัดจุด (digitizer) ซึ่งออกแบบเป็นรูปเส้นกากบาท (crosshair line digitizer) หรือเป็นรูปคล้ายปากกา (digitizing tablet)

ได้มีการวิจัยทดลองหลายฉบับที่เปรียบเทียบผลการวัดด้วยมือกับการวัดด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านเครื่อง digitizer พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าความผิดพลาดส่วนมากเกิดมาจากขบวนการกำหนดจุดอ้างอิง (landmark identification) มากกว่าขบวนการลอกภาพ (Tracing) (Baumrind 1980, Richardson 1981, Liu and Gravely 1991) มีการวิจัยหลายฉบับทดสอบความแม่นยำของการกำหนดจุดด้วยวิธีต่างๆ

อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถสรุปได้ว่าวิธีใดให้ความแม่นยำน่าเชื่อถือกว่ากัน ไม่ว่าจะ เป็นวิธีวัดด้วยมือซึ่งใช้อุปกรณ์เพียงแค่ไม้บรรทัด, ไม้โปรเจกเตอร์หรือ การใช้การกำหนดจุดโดยตรงที่ฟิล์ม หรือการใช้ การกำหนดจุดบนภาพลอกลาย (Tracing) ยกเว้นประสิทธิภาพที่เหนือกว่าในแง่ของการประหยัดเวลาที่ใช้วัดเมื่อใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยวิเคราะห์

แต่มีการวิจัยหนึ่งโดย Liu และ Gravely (1991) ได้ทดสอบเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธี ข้างต้นกับการใช้ "Ortho grid" ซึ่งเป็นคล้ายแผ่นไม้บรรทัดเฉพาะทำจากพลาสติกใสที่คิดค้นโดย McEven และ Martin (1969) พบว่า Ortho grid ให้ความแม่นยำและผิดพลาดน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีวัดด้วยมือและ direct digitization และสามารถทำได้เร็วเท่าๆ กับการวัดด้วย digitization ซึ่งเขาได้แนะนำให้ใช้ Ortho grid ในกรณีที่ไม่มี electronic digitizer ซึ่งมีราคาแพงและยังไม่สามารถใช้อย่างแพร่หลายในคลินิกทั่วไปในขณะนั้น

ดังนั้นถ้าจะเป็นการดีในอนาคต ถ้ามีการพัฒนาภาพทางรังสีไม่ว่าจะเป็นคุณภาพของเครื่องถ่ายภาพรังสี การใช้เครื่องยึดตำแหน่งศีรษะ ขบวนการสร้างภาพให้ได้คุณภาพของภาพรังสีที่ดีมีรายละเอียดสูงก็จะสามารถทำให้การกำหนดจุดอ้างอิงได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ไม่ว่าจะ เป็นโดยวิธีใช้มือ หรือใช้เครื่องกำหนดพิกัดจุด (digitizer) หรือใช้เครื่องกำหนดจุดอ้างอิงอัตโนมัติ (Automatic landmark identification) ร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิเคราะห์ภาพรังสีก็จะหลีกเลี่ยงศีรษะสำเร็จรูปต่างๆ

ระบบคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ภาพรังสีของกะโหลกศีรษะ (Computerized systems for cephalometric analysis)

ลักษณะโดยทั่วไปของระบบคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ภาพรังสีของกะโหลกศีรษะได้มีการคิดค้นระบบการวิเคราะห์เป็นโปรแกรมสำเร็จรูป (Software programs) บางครั้งจัดทำเป็นชุดสำเร็จรูป ทั้งฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ หรืออาจมีส่วนเพิ่มพิเศษ (Auxillary functions) ในที่นี้จะกล่าวถึงระบบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยไม่มีการอคติหรือการโน้มเอียงสนับสนุนหรือปฏิเสธโปรแกรมใดเป็นพิเศษ

1. RMO's Jiffy Orthodontic Evaluation

บริษัท Rocky Mountain Orthodontics (RMO) ได้เป็นผู้เผยแพร่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ทางภาพรังสีกะโหลกศีรษะโดยใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในช่วงหลังของปี ค.ศ.1960 โดยให้บริการวิเคราะห์หลายอย่างทั้งทางเซฟฟาโลเมตริกและการทำนายการเจริญเติบโตหรือผลจากการรักษา (Growth forecast and treatment)

RMO ได้ออกแบบสร้างและวางตลาด ชุดโปรแกรมซอฟต์แวร์สำเร็จรูปใหม่ที่มีชื่อ JOE (ย่อมาจาก Jiffy Orthodontic evaluation) โดย JOE เป็นโปรแกรมวิเคราะห์แบบอยู่กับที่ (Static) ตามข้อมูลของบริษัทระบบนี้จะตอบสนองต่อการวิเคราะห์พื้นฐานวิธีต่างๆ โดยสร้างภาพถ่ายเส้น (Tracing) ของภาพรังสีด้านข้างหรือด้านตรงของกะโหลกศีรษะและใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ของ Ricketts, Jarabak, Sassoni-plus, Steiner and Grummons

โปรแกรม JOE จะแสดงให้เห็นภาพของลักษณะปกติเปรียบเทียบกับภาพลอกลายของผู้ป่วยโดยมีข้อมูลของค่ามาตรฐานทางเซฟฟาโลเมตริกค่าต่างๆ และส่วนเบี่ยงเบนไปจากปกติรวมทั้งแสดงถึงผลสรุปของปัญหาของผู้ป่วยแต่ละคนว่ามีความผิดปกติที่ส่วนใด (JOE ผลิตโดย Rocky mountain Orthodontics, PO, Box 17085, Denver, Colorado 80217,USA)

2. Dentofacial planner

เป็นระบบโปรแกรมซอฟต์แวร์สำเร็จรูปของวิเคราะห์และวางแผนการรักษาทันตกรรมจัดฟันและทันตกรรมจัดฟันร่วมกับการผ่าตัดขากรรไกร, โปรแกรมซอฟต์แวร์นี้ทำงานเข้ากันได้กับเครื่องระบบ IBM, Processor 286, 386 ใน Dos 3.0 หรือสูงกว่าผู้ใช้สามารถใช้การวิเคราะห์ตามวิธีของ Steiner, McNamara, COGS, Downs, Rick10, Rick32, Grummons, Harvold, Legan และ Jarabak.

นอกจากนี้ยังสามารถใช้ซ้อนทับภาพ, ประมาณการเจริญเติบโตของใบหน้า, การลอกเลียนแบบของโครงสร้างกระดูกและเนื้อเยื่ออ่อนที่เป็นผลจากการใช้เครื่องมือกระตุ้นการ

เจริญเติบโต(Orthopedic Appliances)หรือสามารถลอกเลียนแบบการเคลื่อนที่บนทางทันตกรรมจัดฟัน

ทั้งทันตแพทย์จัดฟันและทันตแพทย์ผ่าตัดสามารถผสมผสานความหลากหลายของส่วนต่างๆ ของโครงสร้างโดยเป็นระบบโต้ตอบ(interactive)หรือแบบเคลื่อนที่(dynamics) โดยเฉพาะแพทย์ผู้ผ่าตัดสามารถประมาณผลต่อโครงสร้างและเนื้อเยื่ออ่อนจากการผ่าตัดขากรรไกร, กำหนดเป็น Surgical Treatment Objective (Walford และคณะ 1985)

Dentofacial Planner สามารถใช้ได้หลายหน้าที่รวมถึงการแสดงผลภาพแผนการรักษาซ้อนทับภาพเริ่มต้นหรือที่เป็นอยู่ขณะนั้น โดยใส่ข้อมูลของเวลาที่แตกต่างกันไป, CO - CR Option สามารถบอกความแตกต่างระหว่างข้อต่อขากรรไกรในตำแหน่ง Record Condylar Position และตำแหน่งของข้อต่อขากรรไกรขณะที่ฟันสบกันสนิทมากที่สุดและยังสามารถวิเคราะห์ภาพของข้อต่อขากรรไกรในรูป submento-vertex โดยดู TMJ Tomograms ของคนไข้แต่ละราย (Dentofacial Planner ผลิตโดย Dentofacial software Inc, PO box300, toronto, Ontario M5X 1C9, Canada)

3. Quick Ceph Image

Quick Ceph Image เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ สำหรับคอมพิวเตอร์ระบบแมคอินทอช (Macintosh) เพื่อใช้ทำการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computerized Cephalometrics) และการทำซ้อนภาพ (Mapping)

Quick Ceph Image ที่ใช้งานกับคอมพิวเตอร์ระบบวินโดวส์ มักจะใช้ใน Computer Apple ถ้าใช้กับระบบ Macintosh จะใช้ Quadra หรือ Ilici processor และจอแสดงผลภาพรายละเอียดสูง (ขนาด 14", 16", 20 นิ้ว) ส่วน Hardware ยังประกอบเพิ่มเติมด้วยกล้องถ่ายภาพขาวดำ CCd 252 (NTSC), และกล้องถ่ายวิดีโอที่ศน์ Sony camcorder TR200, ระบบ S Video, ขาตั้งกล้องสูง 29 นิ้ว และเครื่องพิมพ์สี

มีการใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ได้ถึง 13 วิธี ได้แก่ Ricketts, Steiner, Jarabak, Mcnamara, Downs, Soft tissue, Iowa, Roth, Burstone, Sassouni, Frontal, SMV และวิเคราะห์แบบจำลองฟัน (model analysis) นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถปรับแต่งเกณฑ์การวิเคราะห์โดยผู้ใช้งานเพื่อให้วิเคราะห์ได้กว้างขวางและสะดวกขึ้น

ลักษณะพิเศษอื่นๆของระบบคือ รวมการวัดค่าต่างๆ มีระบบสรุปรายละเอียดแบบอัตโนมัติ, การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของข้อต่อขากรรไกร(CO-CR), การทำนายการเจริญเติบโต (Growth forecast), Steiner box of arch length discrepancy elimination, ตัวอย่างการรักษา

โดยทันตกรรมจัดฟัน และการรักษาร่วมกับการผ่าตัดขากรรไกรและการซ้อนทับภาพโดยใช้จุดหรือระนาบใดก็ได้ แล้วแต่จะเลือก

Quick Ceph Image ยังสามารถรวบรวมรูปของผู้ป่วยทั้งหมดทั้งรูปในปาก, นอกปาก เข้าในระบบสี 24 bit mode โดยการใส่กล้องวิดีโอทัศนถ่ายและใส่ข้อมูลรูปถึง 16 รูป ใน 1 ตำแหน่งการนั่งได้มีการรวมการบีบเก็บข้อมูลแบบ JPEG Compression สำหรับการเก็บได้มากขึ้นและใช้ระบบการทำงานเร็วถึง 32 bit อัตราเสียงพูด, อิสรระ, การทำภาพจำลองเหมือนจริง ของการรักษา (Animated Treatment Simulation), หอสมุดข้อมูลตัวอย่างรอยยิ้ม (smile Library) และ การใช้ digitizer หรือ กล้องสำหรับถ่ายภาพรังสี ทำให้ Quick Ceph Image ในช่วงหลังสามารถใช้งานง่ายและสะดวกมากยิ่งขึ้น (Quick Ceph และ Quick Ceph Image ผลิตโดย Orthodontic Processing, 386 East H Street, Suite 209-404, Chula Vista, California 91910, USA)

4. COMPU - CEPH

Compu – Ceph ได้ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับทันตแพทย์จัดฟันและศัลยแพทย์ผ่าตัดใบหน้าและขากรรไกรที่ให้ความสนใจในเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ นำมาเพื่อประโยชน์การใช้วิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ, เก็บข้อมูลบันทึกการรักษาของผู้ป่วยและการแสดงผลการรักษา (Case presentation) จากบทความของวารสาร Clinical research Associates News–letter ฉบับเดือนมีนาคม คศ.1991 กล่าวถึงการใช้โปรแกรม Compu – Ceph แสดงภาพทำให้ผู้ป่วยเข้าใจและยอมรับแผนการรักษามากขึ้น

วิธีการใช้โปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์เริ่มจากการใส่ข้อมูลภาพรังสีและรูปถ่ายของผู้ป่วย เข้าไปในคอมพิวเตอร์ โดยผ่านทางกล้องถ่ายภาพดิจิตอลหรือเครื่องสแกนภาพ ทำการกำหนดจุดอ้างอิงตามเกณฑ์การวิเคราะห์ถึง 8 เกณฑ์ เช่น Ricketts, Steiner–Tweed, Mcnamara, Down, และอื่นๆและยังสามารถตั้งค่าเกณฑ์การวิเคราะห์ขึ้นใหม่ตามผู้ใช้ต้องการได้ การกำหนดจุดอ้างอิงไปยังภาพรังสีบนจอคอมพิวเตอร์ของคอมพิวเตอร์โดยผ่านเมาส์ของคอมพิวเตอร์ ระหว่างที่ทำการกำหนดจุดตามลำดับที่โปรแกรมกำหนด สามารถใช้ Help / contents/ Definitions ช่วยได้และถ้าภาพบางบริเวณไม่ชัดเจนสามารถปรับภาพได้ หลังจากกำหนดจุดอ้างอิงทุกจุดแล้วสามารถแก้ไขได้ถ้าพบว่ามีจุดผิดพลาด โดยใช้เมาส์ลากจุดที่ผิดเคลื่อนไปอยู่ตำแหน่งที่ถูกต้อง จากนั้น ให้เครื่องทำการวัด คำนวณค่า แสดงผลทางจอภาพหรือเครื่องพิมพ์เทียบค่ามาตรฐาน

โปรแกรมCompu-cephสามารถทำการซ้อนภาพรังสีร่วมกับภาพถ่ายใบหน้าผู้ป่วยเปรียบเทียบผลการรักษาแต่ละขั้นตอนได้ 5 ช่วง คือ pretreatment, Intermediate I, II, III, Final

และสามารถทำการทำนายผลการรักษา (Prediction of treatment) ตามแผนการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันร่วมกับการผ่าตัด, ทำนายการเจริญเติบโตช่วงอายุไม่เกิน 15 ปี

(Compu – Ceph Version 3.0 ผลิตโดย FYI Software Development Corporation, Algorithm Inc and American Orthodontics Corporation)

5. OTP

OTP เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะที่คิดค้นและพัฒนาขึ้นมาตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ.1986–1996 จนถึงปัจจุบันใช้กับโปรแกรมทำงานวินโดวส์ ได้พัฒนาให้ใช้งานได้ง่ายโดยทันตแพทย์ทั่วไปโดยมีหลักการนำเข้าข้อมูลผ่านเครื่องสแกนภาพและฟิล์มเช่นเดียวกัน และทำการกำหนดจุดผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยใช้เมาส์ของคอมพิวเตอร์โดยแสดงคำอธิบายแต่ละจุด พร้อมกับรูปภาพตัวอย่าง ในขณะที่กำหนดจุดอ้างอิงทำให้ไม่สับสน และสามารถทำการลบจุดหรือแก้ไขได้ทันทีที่กำหนดจุดอ้างอิงผิดพลาดโดยไม่ต้องรอนเสร็จทั้งหมดหรือเริ่มต้นใหม่ การนำเข้าข้อมูลต้องใช้ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างร่วมกับรูปถ่ายใบหน้าด้านข้างของผู้ป่วยเพื่อนำมาร่วมกันวิเคราะห์และแสดงผลเป็นภาพลายเส้น(Tracing) ซ่อนอยู่ในรูปถ่ายใบหน้าของผู้ป่วยตามเกณฑ์การวิเคราะห์แบบต่างๆ เช่น Ricketts, Steiner–Tweed, Mcnamara, Downs, Jarabak , Sessouni เป็นต้น

(OTP for windows Version 8.5.4 ผลิตโดย Pacific Coast Software Inc, windows interface by Ed Chmiel.)

หลักการเลือกใช้ระบบคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ (Computerized Cephalometric System)

ระบบที่มีความสมบูรณ์เป็นอุดมคติที่ควรเลือกใช้นั้น ควรจะมีความแม่นยำทำซ้ำได้ผลคงที่มาตรฐานและต้องใช้เวลาน้อยในการวิเคราะห์ตั้งแต่เริ่มป้อนข้อมูลจนสำเร็จ

Liu และ Gravely (1991), Baumrind(1980) ได้เขียนสรุปข้อพิจารณาในการเลือกใช้นี้

1. เป็นระบบที่ทำงานได้ในภาษาที่ผู้ใช้เข้าใจได้
2. ระบบเข้าใจได้ง่ายไม่ซับซ้อน
3. สามารถทำให้สำเร็จได้ง่าย
4. ระบบข้อมูลควรสามารถปรับเปลี่ยนไปใช้กับโปรแกรมอื่นได้โดยไม่ต้องใส่ข้อมูลใหม่ทั้งหมด
5. ทำงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ปกติทั่วไปได้

6. ระบบสามารถเปลี่ยนจุดทางดิจิทัลกลับไปที่ระบบแกน x,y คาร์ทีเซียน, ข้อมูลคนไข้ทั้งหมดเก็บไว้ในแฟ้มประวัติได้
7. ระบบสามารถใช้กับเกณฑ์การวิเคราะห์วิธีต่างๆทุกวิธีและที่สำคัญผู้ใช้สามารถประยุกต์สร้างวิธีวิเคราะห์ของตนเองได้
8. สามารถทำการกำหนดจุดซ้ำได้ (Double digitization)
9. ง่ายต่อการแก้ไขหรือเพิ่มจุดใหม่เข้าไปในระบบโดยไม่ต้องกำหนดจุดทั้งหมดเข้าไปใหม่อีก
10. ควรมีการแสดงผลเป็นรูปภาพโครงสร้างใบหน้าของผู้ป่วย เพื่อง่ายต่อการสื่อสารเข้าใจ

นอกจากข้อพิจารณาดังกล่าวข้างต้นผู้ใช้อาจต้องพิจารณาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบบริหารจัดการที่จะต้องใช้อยู่แล้วหรือจะเข้ากันได้กับโปรแกรม Computerized Cephalometrics ได้หรือไม่ จะมีการรวบรวมระบบที่มีอยู่หรือไม่ ถ้าต้องซื้อทั้งระบบก็ต้องศึกษาว่าแต่ละส่วนสามารถนำมาใช้งานได้เหมาะสมกับค่าใช้จ่ายที่ใช้ไป ถ้าต้องเปลี่ยนระบบเครื่องคอมพิวเตอร์ในการใช้ส่วนของเดิมก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้ต่อไป ควรพิจารณาถึงความต้องการของผู้ใช้เป็นสำคัญ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการใช้เพียงบันทึกข้อมูลการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ การคำนวณและการซ้อนทับภาพก็ไม่จำเป็นต้องซื้อระบบใหญ่ที่ใช้ค่าใช้จ่ายสูง ส่วนระบบการทำนายการเจริญเติบโต (growth prediction systems) ยังเป็นที่สงสัยว่าเป็นไปถูกต้องตามจริงเชื่อถือได้หรือไม่เพียงไร รวมทั้งการแสดงผลของภาพจำลองหลังการรักษาที่อาจให้ผลในแง่ลบได้ ถ้าทำให้ผลการรักษาจริงไม่สามารถเหมือนกับภาพที่แสดงในตอนแรกขณะที่ทำการพูดคุยก่อนทำการรักษา เนื่องจากมีปัจจัยต่างๆมากมายที่มีผลต่อการรักษา เช่น การตอบสนองของผู้ป่วย, ช่วงเวลาอายุขณะที่ทำการรักษาและปัจจัยอื่นๆ ซึ่งอาจทำให้เกิดความไม่พอใจของผู้ป่วย เนื่องจากมีความคาดหวังสูงตามภาพจำลองที่ได้แสดงไว้ก่อนทำให้เกิดปัญหาขัดแย้ง ถกเถียงจนถึงการฟ้องร้องเรียกค่าเสียหายก็มีจึงพึงระลึกถึงการใช้ระบบดังกล่าวอย่างดีเพราะให้ผลทั้งแง่บวกและแง่ลบ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงความพร้อมของแต่ละคลินิกทั้งทางด้านเศรษฐกิจ, สังคม, วัฒนธรรมว่าพร้อมที่จะใช้หรือยัง ก่อนที่จะเลือกซื้อระบบโปรแกรม computerized cephalometry มาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งกับทันตแพทย์, เจ้าหน้าที่และผู้ป่วยในคลินิกนั้นๆ

การใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะได้มีการพัฒนาขึ้นมากทำให้เกิดความสะดวกต่อทั้งทันตแพทย์จัดฟัน, ทันตแพทย์ศัลยกรรมและแมคซิโล

เฟเชียล ในการวิเคราะห์ความผิดปกติของผู้ป่วยทันตกรรมจัดฟันร่วมกับการผ่าตัดพร้อมทั้งวางแผนการรักษาได้อย่างถูกต้อง

การพัฒนาของเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ยังเจริญต่อไปอย่างไม่หยุดยั้งส่งผลให้การวิเคราะห์ภาพรังสีของกะโหลกศีรษะจะสามารถกระทำได้ง่ายและแม่นยำ เพียงแต่ป้อนข้อมูลของผู้ป่วยจากการถ่ายภาพระบบดิจิทัล ซึ่งลดปริมาณรังสีลงมากและได้คุณภาพของภาพที่ดี หรืออาจใช้ร่วมกับ Computer Tomography (CT) หรือ Magnetic resonance imaging (MRI), ทำให้ทันตแพทย์ผู้ให้การรักษาสามารถมองภาพได้กว้างขึ้นจากเดิมที่ถูกบดบังจากภาพ 2 มิติ ก็ จะเห็นภาพเป็น 3 มิติ ด้วยวิธีนี้ก็เพิ่มความแม่นยำที่เที่ยงตรงและน่าเชื่อถือของการวินิจฉัยและวางแผนการรักษาผู้ป่วย รวมทั้งเป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัยได้ความรู้ใหม่ๆ อีกมากมายในอนาคต

จากวรรณคดีที่เกี่ยวข้องทำให้เราได้ทราบถึงประวัติความเป็นมาของการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ ประโยชน์ เครื่องมือและวิธีการถ่ายภาพรังสีกะโหลกศีรษะ การลดทอนรายละเอียดภาพรังสี ข้อจำกัดของภาพถ่ายรังสีเกณฑ์การวิเคราะห์ จุดอ้างอิงและระนาบอ้างอิงต่างๆ นิยาม และเหตุผลที่ใช้ ความผิดพลาดคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์ที่อาจเกิดขึ้น การป้องกันและการแก้ไข ตลอดจนพัฒนาการของการถ่ายภาพรังสีในระบบเดิมมาจนถึงการถ่ายภาพแบบดิจิทัลเพื่อความคมชัดและประโยชน์ในการลดปริมาณรังสีที่ใช้ แนวโน้มที่จะมีการพัฒนาการต่อไปในลักษณะภาพ 3 มิติจะเห็นได้ว่า เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์สมัยใหม่ที่เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะได้มีการพัฒนาและใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น วิธีการและขั้นตอนยุ่งยาก เช่นการถ่ายภาพจากด้วยกล้องวีดิทัศน์เพื่อเปลี่ยนภาพรังสีเข้าเป็นข้อมูลทางดิจิทัลซึ่งเกิดการบิดเบี้ยว (distortion) ของภาพได้ง่ายก็เปลี่ยนไปเป็นการใช้เครื่องสแกนภาพ (Scanner) ที่ให้รายละเอียดสูงและเกิดการบิดเบี้ยวได้น้อย จอมอนิเตอร์ของคอมพิวเตอร์ก็เปลี่ยนจากจอโค้งซึ่งมีการขยายขนาดในแต่ละส่วนไม่เท่ากัน มาเป็นจอแบน (Flat plane monitor) ซึ่งได้ภาพที่ชัดเจนไม่บิดเบี้ยวใกล้เคียงกับภาพรังสีต้นฉบับ รวมทั้งสามารถทำการปรับแต่งภาพความมืดสว่างเกิดความคมชัด ช่วยให้การกำหนดจุดอ้างอิงได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปโดยเฉพาะสำหรับวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะออกมาจำหน่ายโดยบริษัทต่างๆ มากมาย ตามที่สืบค้นจากผู้ที่ใช้ในประเทศไทยซึ่งผู้วิจัยสามารถติดต่อขอความอนุเคราะห์ไปยืมใช้ทดสอบสำหรับงานวิจัยนี้ได้ทั้งหมด 5 โปรแกรม คือ

1. Dentofacial planner
2. Quick cephalometric image

3. RMO's jiffy orthodontic evaluation
4. Compu – ceph
5. OTP

ผู้วิจัยจึงได้เกิดความสนใจที่จะทดสอบความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทั้ง 5 โปรแกรมเปรียบเทียบกับ การวิเคราะห์ด้วยมือซึ่งใช้กันมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ตามเกณฑ์การวิเคราะห์ของสไตเนอร์และ เกณฑ์การวิเคราะห์ของริกเกทส์ที่ใช้จุดอ้างอิงและระนาบอ้างอิงที่ต่างกัน ซึ่งทั้งสองเกณฑ์การ วิเคราะห์เป็นที่นิยมและยอมรับอย่างกว้างขวาง รวมทั้งเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้วย เพื่อได้ทราบถึงประโยชน์ว่าจะสามารถนำ โปรแกรมสำเร็จรูปดังกล่าวมาใช้ทดแทนการวิเคราะห์ด้วยมือ สำหรับการวางแผนการรักษาให้แก่ ผู้ป่วยทางทันตกรรมจัดฟันด้านคลินิกและเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการ วิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะต่อไปในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ประชากร เป็นคนไทย ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- 1.1 ผู้ป่วยที่มารับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ที่คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- 1.2 ไม่เคยมีโรคทางระบบที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของโครงสร้างใบหน้าและไม่เคยได้รับอุบัติเหตุอันมีผลต่อความสมดุลของใบหน้าจนทำให้ใบหน้าไม่สมมาตรกันอย่างเห็นได้ชัดเจน
- 1.3 ได้รับการถ่ายภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างโดยใช้เครื่องชนิดที่ถ่ายภาพรังสีเพื่อการวัดกะโหลกศีรษะ (Proscan, Planmeca, Helsinki, Finland) โดยใช้ค่าความต่างศักย์ ระหว่าง 68-70 kV. และค่ากระแสไฟฟ้า 12 mA เวลาในการถ่ายภาพรังสี 0.6 วินาที ฟิล์มใช้ขนาด 8x10 นิ้ว (Kodak Dental Film, T-Mat, TMG/RA-1 Kodak de Mexico for Eastman Kodak Company, USA.) บรรจุไว้ในตลับใส่ฟิล์มทำด้วยแผ่นอลูมิเนียมที่ภายในมีแผ่นเพิ่มรังสี (Intensifying screen) ชนิดความไวต่อรังสีปานกลาง (Kodak Lanex Equipped with medium screens, USA.)

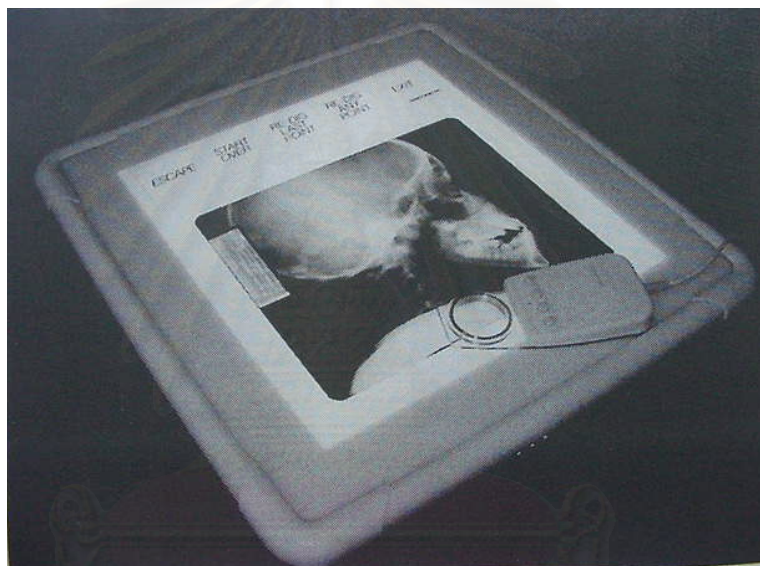
2. ตัวอย่าง

ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) จากภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง ของผู้ป่วยที่มารับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันที่คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 32 คน อายุ 11-27 ปี (อายุเฉลี่ย 16.06 ปี) ประกอบด้วยเพศชาย 8 คน เพศหญิง 24 คน มีฟันอยู่ในระยะฟันแท้ทั้งหมด โดยคัดเลือกภาพรังสีที่มีคุณภาพชัดเจนในส่วนโครงสร้างใบหน้า, ขากรรไกร และฟัน รวมทั้งเนื้อเยื่ออ่อนของใบหน้า ไม่มีฟันคุด หรือพยาธิสภาพมาซ้อนทับบริเวณฟันหน้าและฟันกรามและไม่เกิดการเลื่อมของโครงสร้างใบหน้าด้านซ้าย, ขวา บริเวณ ขอบของกระดูกขากรรไกรล่างและมุมขากรรไกรเกิน 5 มิลลิเมตร

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. กระดาษลอกลาย (Acetate Tracing paper) ขนาด 8 นิ้ว x 10 นิ้ว หนา 0.003 นิ้ว
2. ดินสอดำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร ชนิด 2 บี

3. ไมโปรเทคเตอร์ (Cehalometric tracing template protractor) วัดค่าระยะทางและค่ามุมได้ละเอียด 0.5 มิลลิเมตร และ 0.5 องศา ตามลำดับ
4. กล่องไฟสำหรับดูภาพรังสี (View box)
5. เลนส์ขยายและกระดาษบังแสง (Masking paper) สำหรับช่วยดูบริเวณอ้างอิงทางกายวิภาคที่ไม่ชัดเจน
6. เครื่องคอมพิวเตอร์, เครื่องพิมพ์, เครื่องสแกนภาพ, เครื่องอ่านพิกัด (Digitizer) พร้อมชุดโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ ซึ่งตามแบบกำหนดของบริษัทผู้ผลิต



รูปที่ 6. แสดงเครื่องกำหนดพิกัดจุด (Digitizer) ที่ใช้ในการวิจัย

4. การรวบรวมข้อมูล

การบันทึกข้อมูลทำโดยการนำภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างจากกลุ่มตัวอย่างมาทำการลอกรายละเอียดส่วนต่างๆ ของกะโหลกศีรษะและใบหน้าลงบนกระดาษอาซิเตท (Tracing) โดยทำการลอกภาพ ช่วงละไม่เกิน 10 फिल्म ทำ 2 ชุด ไม่ซ้ำกัน ระยะเวลาห่างกัน 2 สัปดาห์เพื่อป้องกันการจดจำกายวิภาคอ้างอิง และความอ่อนล้าของสายตาผู้วิจัย หลังจากนั้น ทำการวัดค่าจากกลุ่มตัวอย่าง แต่ละช่วง ไม่ควรเกิน 10 ตัวอย่าง พักประมาณ 15 นาที โดยทำเป็น 4 ชุดดังตัวอย่างคือ

- T1 : วัดค่าจาก ภาพลอกถ่าย ครั้งที่ 1
- T2 : วัดค่าจาก ภาพลอกถ่าย ครั้งที่ 2
- F1 : วัดค่าจาก ภาพรังสีโดยตรง ครั้งที่ 1
- F2 : วัดค่าจาก ภาพรังสีโดยตรง ครั้งที่ 2

นำชุดตัวอย่าง 4 ชุด แต่ละชุดมี 32 ตัวอย่างมาทำการทดสอบโดย

- ก. วิธีใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (Computerized cephalometric programs) โดยทำการนำเข้าข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านเครื่องกำหนดพิกัดจุด (Digitizer) หรือเครื่องสแกนภาพ(Scanner)และกำหนดจุดอ้างอิงที่ใช้ในการวิเคราะห์ตามแบบกำหนดของแต่ละโปรแกรม ตามเกณฑ์ของสไตเนอร์และริกเกตส์ ให้เครื่องคอมพิวเตอร์วัดค่าระยะทาง,ค่ามุมต่างๆและประมวลผลพิมพ์ออกมาทางเครื่องพิมพ์ทำการคัดเลือกเฉพาะค่าตัวแปรที่มีเหมือนกัน
- ข. วิธี วัดด้วยมือ(Manual method) โดยนำภาพลอกถ่ายทั้ง 2 ชุด T1, T2 มาทำการกำหนดจุดและระนาบอ้างอิงตามเกณฑ์ของสไตเนอร์และริกเกตส์ วัดค่ามุมและค่าระยะทางต่างๆ ด้วยไม้โปรเทคเตอร์(Cephalometric Tracing Template protractor) แล้วนำมาเฉลี่ยได้ค่า เป็น T(hand) นำค่าเฉลี่ย ทั้ง 5 โปรแกรม ทั้งค่าวัดจาก Tracing (T1,T2 : T) และค่าที่วัดจากภาพรังสีตัวจริง(F1,F2 : F) นำมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยที่วัดจากวิธีมือ T(hand)

5. ตัวแปรของการวิจัย

- ก. ตัวแปรอิสระ ได้แก่วิธีการวิเคราะห์ภาพรังสีที่ใช้ได้แก่ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 5 วิธี คือ
 1. วิธีวิเคราะห์ด้วยมือ Manual Method
 2. วิธีวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม OTP
 3. วิธีวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Compu-ceph
 4. วิธีวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RMO's Jiffy Orthodontic Evaluation
 5. วิธีวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Quick ceph image
 6. วิธีวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Dentofacial planner
- ข. ตัวแปรตาม ได้แก่ ค่าตามเกณฑ์ของ สไตเนอร์ 9 ค่า คือ
 1. SNA(deg.) แสดงความสัมพันธ์ในแนวหน้าหลัง (Antero-posterior) ของขากรรไกรบนที่มีต่อส่วนฐานกะโหลกศีรษะส่วนหน้า(Anterior cranial base)
 2. SNB(deg.) แสดงถึงความสัมพันธ์ในแนวหน้าหลังของขากรรไกรล่างที่มีต่อส่วนฐานกะโหลกศีรษะส่วนหน้า
 3. ANB(deg.) แสดงถึงความสัมพันธ์ในแนวหน้าหลังของขากรรไกรบนและขากรรไกรล่าง

4. SN-GoGn(deg.) แสดงถึงความสัมพันธ์ของฐานกะโหลกศีรษะส่วนหน้า (Anterior cranial base) กับ Lower border ของขากรรไกรล่าง
5. U1-NA(mm.) วัดจากส่วนหน้าสุดของฟันหน้าบนถึงเส้นระนาบ NA โดยวัดตั้งฉากกับระนาบ NA ระยะทางนี้แสดงถึงตำแหน่งความยื่นของฟันหน้าบน เมื่อเทียบกับขากรรไกรบน (Maxillary incisor protrusion) โดยปกติแล้วฟันหน้าบนจะอยู่หน้าต่อระนาบ NA
6. U1-NA(deg.) แสดงถึงความสัมพันธ์ของฟันหน้าบนกับขากรรไกรบนในแนว Antero-posterior บอกให้ทราบถึงความเอียง (Inclination) ของฟันหน้าบน ที่สัมพันธ์กับขากรรไกรบน
7. L1-NB(mm.) วัดจากส่วนหน้าสุดของฟันหน้าล่างถึงระนาบ NB โดยวัดตั้งฉากกับระนาบ NB ระยะทางนี้จะแสดงถึงตำแหน่งความยื่นของฟันหน้าล่าง เมื่อเทียบกับขากรรไกรล่าง (Mandibular incisor protrusion) โดยปกติแล้วฟันหน้าล่างจะอยู่หน้าต่อระนาบ NB
8. L1-NB(deg.) แสดงความสัมพันธ์ของฟันหน้าล่างกับขากรรไกรล่างในแนว Antero-posterior บอกให้ทราบถึงความเอียงของฟันหน้าล่างกับส่วนหน้าของขากรรไกรล่าง
9. Pog-NB (mm.) วัดจากส่วนหน้าสุดของลูกคาง (Pog) ถึงระนาบ NB โดยวัดตั้งฉากกับระนาบ NB ระยะทางนี้จะแสดงถึงตำแหน่งความยื่นของลูกคาง เมื่อเทียบกับระนาบ NB

ค่าตามเกณฑ์ของ ริกเกตส์ 9 ค่าคือ

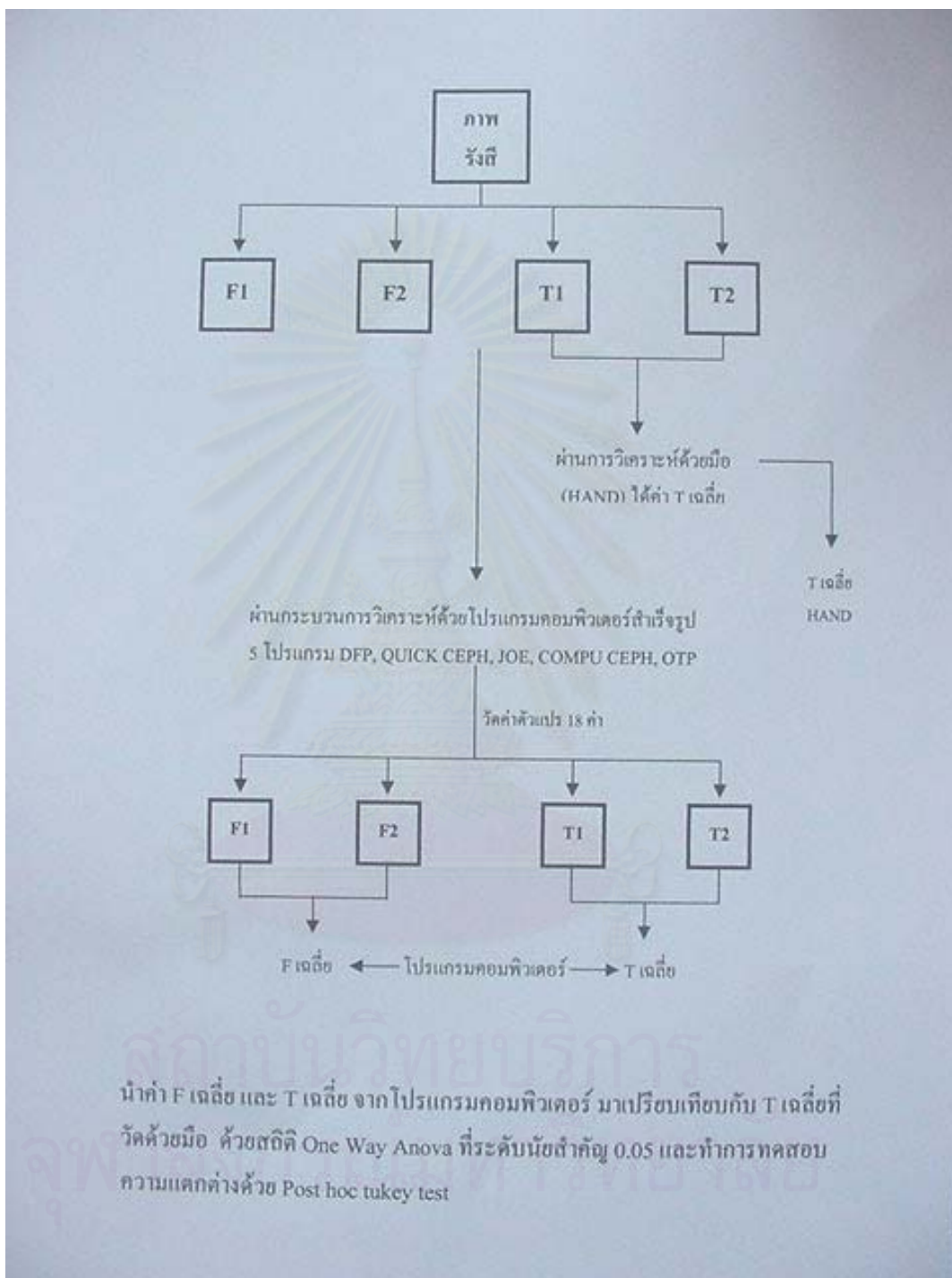
10. Convexity point A (mm.) คือระยะทางระหว่างจุด A กับ Facial plane (N-Pog) ถ้าค่านี้มากกว่าปกติ แสดงว่ามีลักษณะเป็น Class II skeletal pattern ถ้าค่านี้เป็นลบแสดงว่ามีลักษณะเป็น Class III skeletal pattern
11. Lower face height (deg.) เป็นมุมที่เกิดจากการลากเส้นจาก ANS ไปยังจุด XI และเส้นจากจุด XI ไปยังจุด PM เป็นค่าที่ใช้อธิบายความกว้างในแนวตั้งของช่องปาก ถ้ามุมมีค่ามากกว่าปกติแสดงว่ามีลักษณะโครงสร้างใบหน้าเป็น openbite และถ้าน้อยกว่าปกติแสดงถึงโครงสร้างใบหน้าเป็น deepbite
12. Upper molar position (U6 to PTV)(mm.) เป็นระยะจาก PTV ไปยังพื้นผิวทางด้านหลังของฟันกรามแท้บนซี่แรกค่านี้ใช้ตัดสินว่าการสบฟันที่ผิดปกติ

เกิดจากตำแหน่งของฟันกรามแท้ที่ขึ้นหรือล่าง และอาจช่วยตัดสินใจเกี่ยวกับการพิจารณาถอนฟันเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน

13. Mandibular incisor protrusion (L1 to APO)(mm.) เป็นระยะที่วัดตามแนวระนาบจากปลายตัดของฟันหน้าล่างไปยังระนาบA-POแสดงการยื่นของฟันหน้าล่าง
14. Mandibular incisor inclination(L1 to APO)(deg.)คือมุมที่เกิดจากแนวแกนของฟันหน้าล่างทำกับระนาบA-POแสดงความเอียงยื่นของฟันหน้าล่าง
15. Facial axis angle (deg.) คือมุมระหว่าง Facial axis กับระนาบ BA-NA แสดงทิศทางการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่าง โดยเฉพาะคางและฟันกราม
16. Mandibular plane angle(deg.) คือมุมระหว่าง Frankfort horizontal plane กับ mandibular plane แสดงลักษณะโครงสร้างใบหน้าในแนวตั้ง ถ้าค่ามุมมากแสดงว่า skeletal openbite เกิดจากขากรรไกรล่างหมุนเปิดไปด้านหลัง
17. Interincisal angle(deg.) คือมุมที่เกิดขึ้นระหว่างเส้นแนวแกนของฟันหน้าบนและล่างมาทำมุมกัน แสดงความสัมพันธ์ของฟันหน้าบนและฟันหน้าล่าง ตลอดจนความสัมพันธ์ของฟันและใบหน้า ในกรณีที่พบว่าทั้งฟันหน้าบนและฟันหน้าล่างยื่นมากกว่าปกติทั้งคู่ เรียกลักษณะนี้ว่า Bimaxillary protrusion
18. Lip protrusion (Lower Lip to E plane) (mm.) เป็นระยะที่วัดจากริมฝีปากล่างไปยัง Esthetic plane แสดงถึงความสมดุลของเนื้อเยื่อ (soft tissue) ใบหน้าด้านข้างระหว่างริมฝีปาก จมูก และ คาง

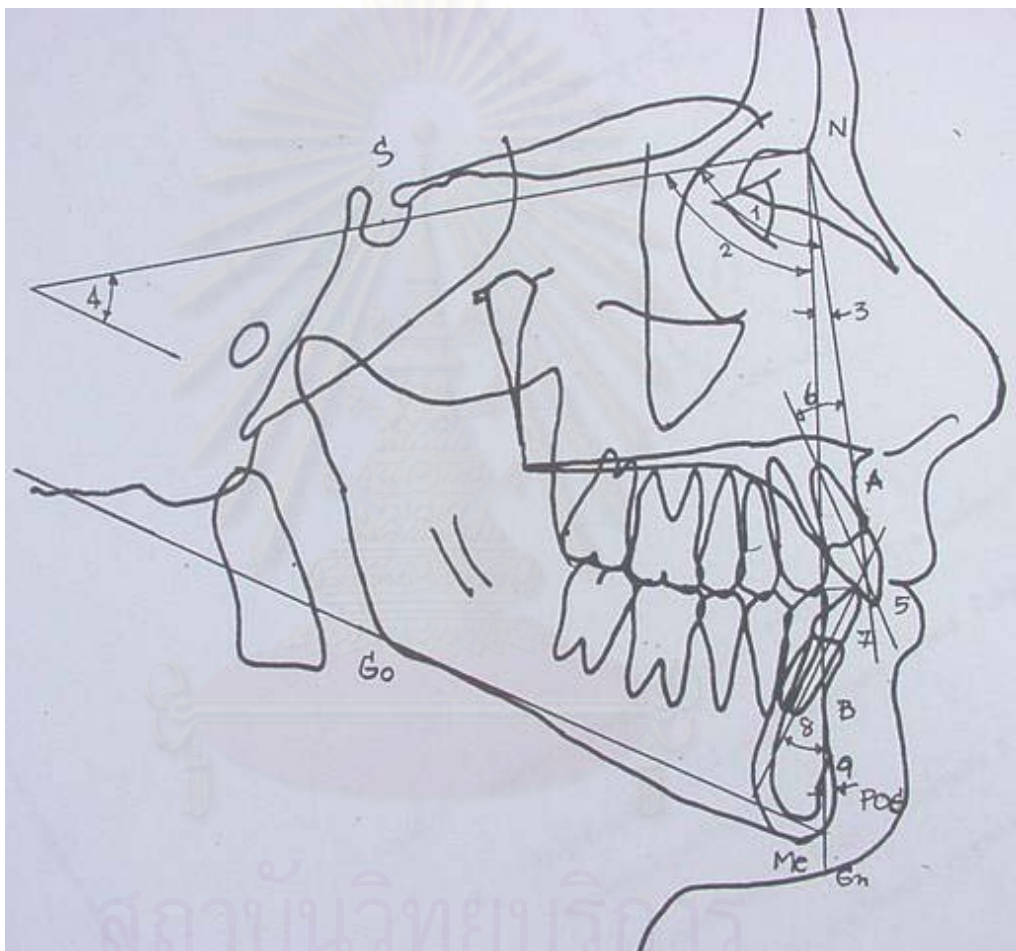
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ามุมและค่าระยะทางที่วัดจากส่วนต่างๆ ของกะโหลกศีรษะและใบหน้าในส่วนที่วัดจากภาพรังสีโดยตรง(Film) และที่วัดจากภาพลอกลาย (Tracing) สำหรับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 5 โปรแกรม และค่าเฉลี่ยที่วัดด้วยมือจากภาพลอกลายมาเปรียบเทียบความแตกต่างกันด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way Anova) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และค่าที่พบความแตกต่างนำมาทำการทดสอบเพิ่มเติม (Post hoc test) ด้วยการทดสอบความแตกต่างพหุคูณ (Multiple comparison tests) ตามวิธีของ Tukey



นำค่า F เฉลี่ย และ T เฉลี่ย จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มาเปรียบเทียบกับ T เฉลี่ยที่วัดด้วยมือด้วยสถิติ One Way Anova ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และทำการทดสอบความแตกต่างด้วย Post hoc tukey test

รูปที่ 7. แสดงขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัยโดยสังเขป

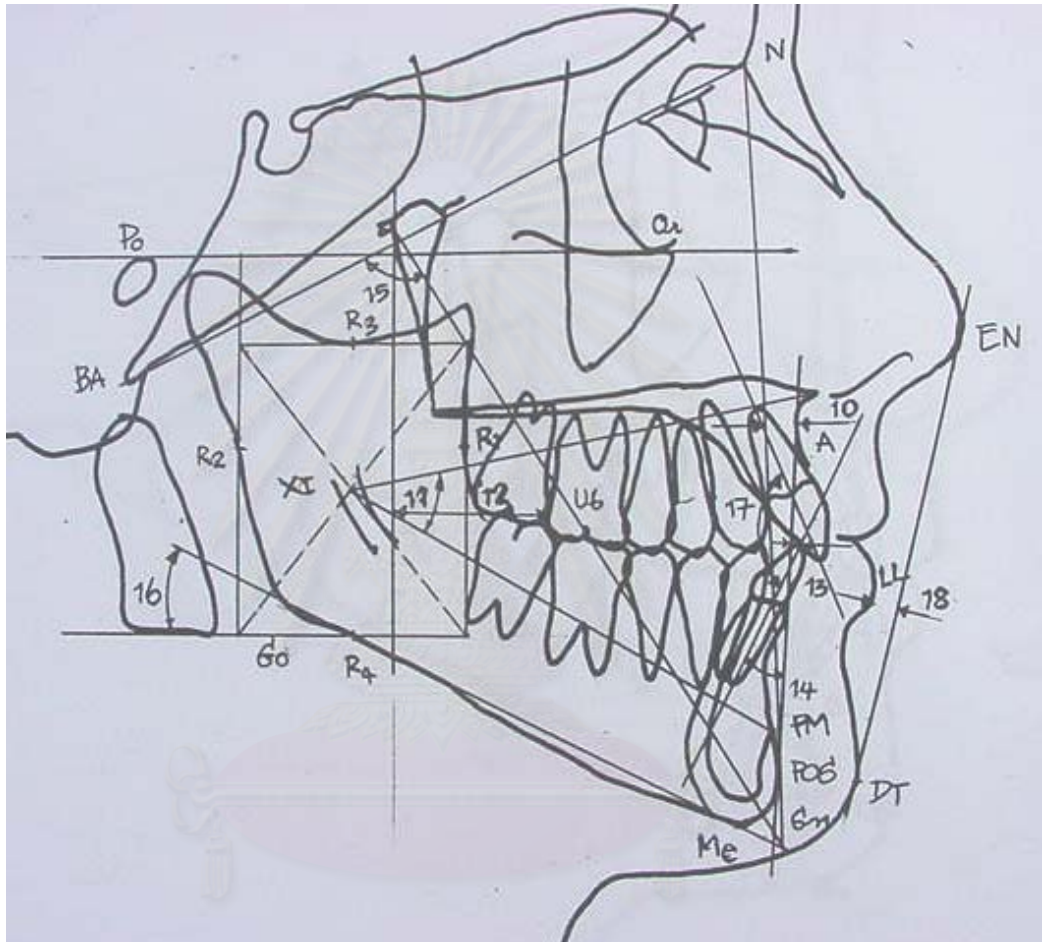


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 8. แสดงค่าระยะทางและค่ามุมที่วิเคราะห์ ตามเกณฑ์ของ สไตเนอร์ 9 ค่า

1. SNA(deg) 2.SNB(deg) 3.ANB(deg) 4.SN-GoGn(deg) 5.U1-NA(mm)

6.U1-NA(deg) 7.L1-NB(mm) 8.L1-NB(deg) 9.POG-NB(mm)



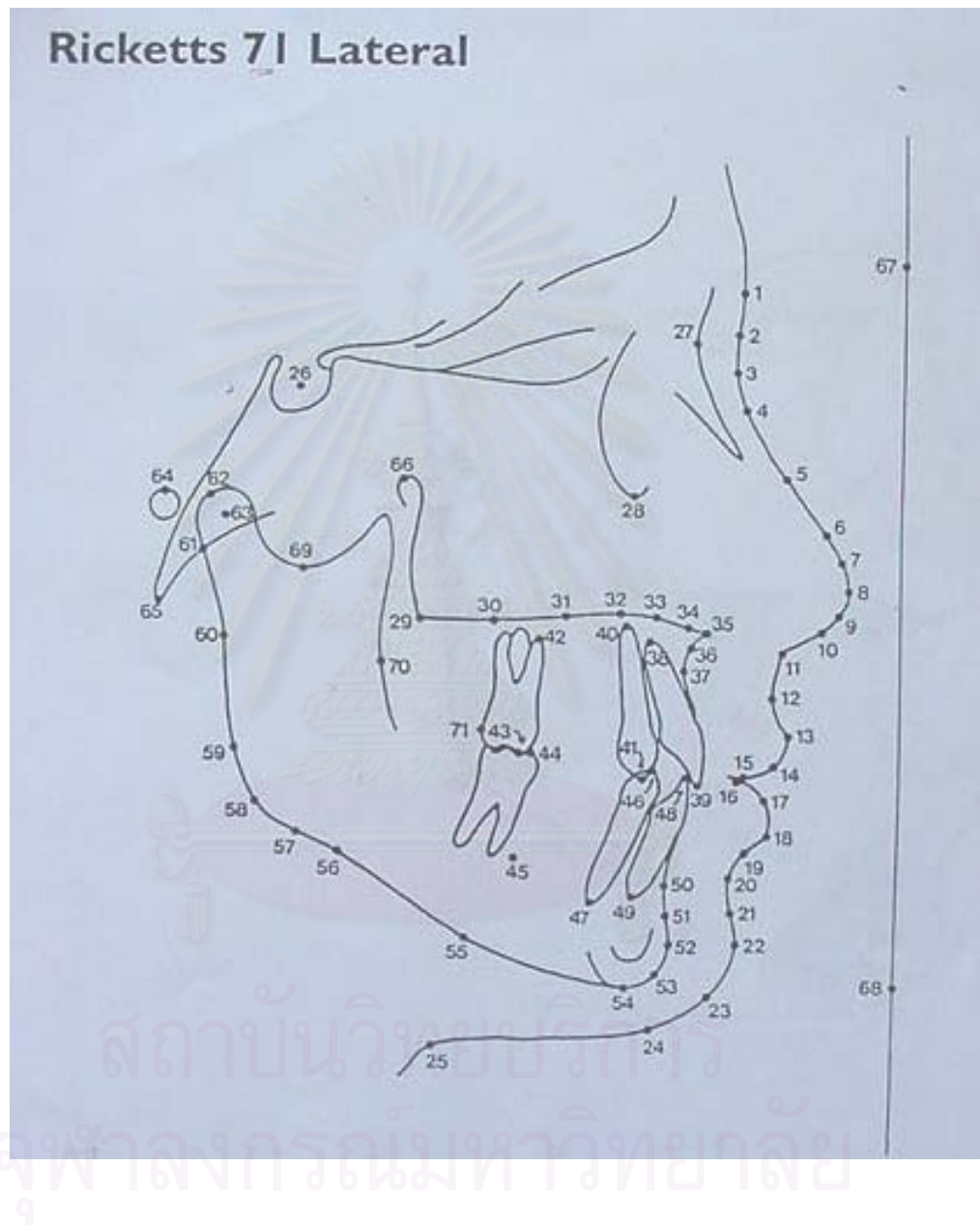
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 9. แสดงค่าระยะทางและค่ามุมที่วิเคราะห์ ตามเกณฑ์ของ ริกเกทส์

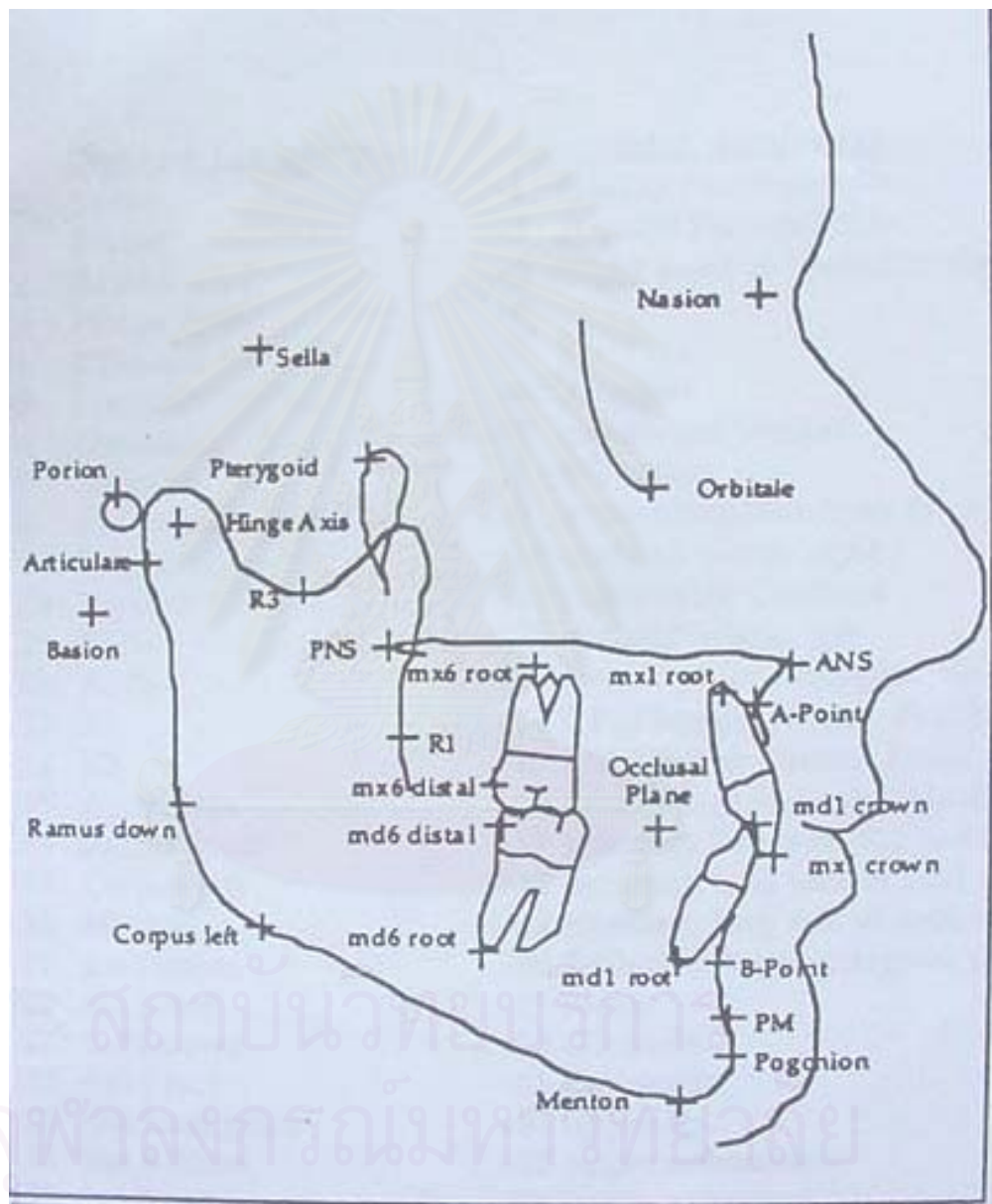
10.Convexity point A (mm) 11.Lower face height (deg) 12.U6-PTV(mm)

13.L1-APO (mm) 14.L1-APO(deg) 15.Facial axis angle(deg)

16.Mandibular plane angle(deg) 17.U1-L1(deg) 18.Lower lip-E plane(mm)



รูปที่ 10. แสดงการกำหนดจุดอ้างอิงที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป DENTOFACIAL PLANNER (Ricketts 71 Lateral)



รูปที่ 11. แสดงการกำหนดจุดอ้างอิง และ เส้น (LINE) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป QUICK CEPH IMAGE

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการวิเคราะห์ด้วยมือ ตามเกณฑ์การวิเคราะห์ของสไตเนอร์และริกเกทส์ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นภาพรังสีก่อนทำการรักษาของผู้ป่วย ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 32 ตัวอย่าง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแตกต่างของค่าระยะทางและค่ามุมที่วัดได้จากภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป สำหรับการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ 5 โปรแกรมด้วยกัน คือ Dentofacial planner, Quick cephalometric Image, RMO's jiffy orthodontic evaluation, Compuceph, OTP เทียบกับวิธีวัดด้วยมือ โดยผู้วิจัยได้นำค่าระยะทางและค่ามุมที่วัดได้นำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้ค่าตามตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าที่วัดได้จากภาพรังสี (Film) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เทียบกับค่าที่วัดจากภาพลอกลายซึ่งวัดด้วยมือ และตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าที่วัดได้จากภาพลอกลาย (Tracing) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เทียบกับค่าที่วัดด้วยมือ และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่า เมื่อวัดจากภาพรังสีโดยตรง ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ 12 ค่าตัวแปร ได้แก่ ค่า SNA(deg.), SNB(deg.), ANB(deg.), SN-GoGn(deg.), U1-NA(deg.), L1-NB(deg.), Convexity point A(mm.), Lower Face height(deg.), L1-APO(mm.), Mandibular plane angle(deg.), Interincisal angle(deg.) และค่า Lower Lip-E plane(mm.) ส่วนค่าที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า Significance < 0.05) มี 6 ค่า คือ U1-NA (mm.), L1-NB (mm.) POG-NB (mm.), U6-PTV (mm.), L1-APO (deg.) , Facial axis angle (deg.) ตามตารางที่ 1

ส่วนการวัดจากภาพลอกลาย (Tracing) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ 14 ค่า ได้แก่ ค่า SNA(deg.), SNB(deg.), ANB(deg.), SN-GoGn(deg.), U1-NA (mm.), U1-NA (deg.), L1-NB (mm.), L1-NB (deg.), Convexity point A(mm.), Lower face height(deg.), L1-APO (mm.), Mandibular plane angle(deg.), Interincisal angle(deg.), Lower Lip-E plane(mm.) ส่วนค่าที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า Significance < 0.05) มี 4 ค่า คือ POG-NB (mm.), U6-PTV (mm.), L1-APO (deg.), Facial axis angle (deg.) ตามตารางที่ 2

ค่าที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนนำมาทดสอบเพิ่มเติม (Post hoc tests) ด้วยการทดสอบพหุคูณ (Multiple comparison tests) โดยจะมีการคำนวณหาผลต่างสมบูรณ์ของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างทุกคู่ที่เป็นไปได้และนำค่าที่ได้นี้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากวิธีการทางสถิติตามวิธีของ Tukey test เป็นวิธีที่ใช้ได้ผลดีกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดคงที่เท่ากันซึ่งในการวิจัยนี้จำนวนตัวอย่างเท่ากันตลอด ($n = 32$)

เมื่อดูจากค่าที่วัดจากภาพรังสีโดยตรง จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 วิธี เปรียบเทียบกันร่วมกับค่าที่วัดจากภาพพลอกลายด้วยมือ โดยเรียงลำดับดังนี้ คือ วิธีที่ 1 มือ, วิธีที่ 2 OTP, วิธีที่ 3 Compu-ceph, วิธีที่ 4 JOE, วิธีที่ 5 Quick ceph วิธีที่ 6 DFP เมื่อทำการทดสอบ Post hoc Tukey test ได้ผลเรียงตามลำดับ 6 ค่า ที่แตกต่างกันดังนี้

Upper incisor to NA distance (U1-NA) (mm.) จากค่า Significance ของ Anova เท่ากับ 0.028 พบว่าค่าเฉลี่ยของ Compu-ceph และ OTP มีค่าใกล้เคียงกันคือ 4.69 มิลลิเมตร และ 4.82 มิลลิเมตร แต่ต่ำกว่าค่าของวิธีอื่น ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.16 – 6.84 มิลลิเมตร

Lower incisor to NB distance (L1-NB)(mm.) จากค่า Significance ของ Anova เท่ากับ 0.018 พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ OTP ซึ่งมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6.28 มิลลิเมตรกับค่าเฉลี่ยของ Quick ceph ที่มีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.85 มิลลิเมตร ส่วนค่าเฉลี่ยจากวิธีอื่นอยู่ระหว่าง 7.00-7.98 มิลลิเมตร

POG to NB distance (mm.) จากค่า Significance ของ Anova เท่ากับ 0.005 พบว่าค่าเฉลี่ยของ JOE มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.35 มิลลิเมตร แตกต่างจากวิธีอื่น ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.13 – 0.62 มิลลิเมตร

Upper Molar Position (U6-PTV)(mm.) จากค่า Significance ของ Anova เท่ากับ 0.000 พบว่าค่าเฉลี่ยของ OTP เท่ากับ 13.8 มิลลิเมตร ต่ำกว่าวิธีอื่นทุกวิธี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 16.38 – 18.79 มิลลิเมตร

Lower incisor inclination (L1-APO) (deg.) จากค่า Significance ของ Anova เท่ากับ 0.009 พบว่าค่าเฉลี่ยของ Compu-ceph มีค่าสูงสุดเท่ากับ 30.21 องศา ให้ผลแตกต่างจากวิธีอื่นคือ Hand, OTP, Quick-ceph ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 25.61, 26.17, 25.59 องศา ตามลำดับ

Facial axis angle (deg.) จากค่า Significance ของ Anova เท่ากับ 0.000 พบว่าค่าเฉลี่ยของวิธี Compu-ceph มีค่าสูงสุดเท่ากับ 94.79 องศา ต่างจากวิธีอื่นทุกวิธีซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 85.48-86.67 องศา อย่างเห็นได้ชัดเจน

หมายเหตุ สามารถเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าที่วัดจากภาพรังสี (Film) ได้จากตารางที่ 1 และการทดสอบพหุคูณจากภาคผนวก

เมื่อดูจากค่าที่วัดจากภาพลอกลาย(Tracing) จากทุกวิธีเปรียบเทียบกันทั้งจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 5 วิธีและวิธีวัดด้วยมือ โดยเรียงลำดับเช่นเดิม ได้ผลเรียงลำดับ 4 ค่าที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังนี้

POG to NB distance (ระยะจากจุด POG ถึงระนาบ NB) (mm.) จากค่า Significance ของ Anova เท่ากับ 0.014 พบว่า ค่าเฉลี่ยที่วัดได้โดยวิธี JOE มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.51 มิลลิเมตร ต่างจากวิธีอื่น ซึ่งค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.32 - 0.62 มิลลิเมตร

Upper Molar Position (U6-PTV)(mm.) จากค่า Significance ของ Anova เท่ากับ 0.020 พบว่าค่าเฉลี่ยของวิธี Compu-ceph มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 16.74 มิลลิเมตร เมื่อเทียบกับวิธีอื่น ซึ่งมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 18.06 - 19.11 มิลลิเมตร

Lower incisor inclination (L1-APO) (deg.) จากค่า Significance ของ Anova เท่ากับ 0.032 พบว่าค่าเฉลี่ยของวิธี Compu-ceph มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 29.60 องศา ต่างจากวิธีอื่น ๆ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันตั้งแต่ 25.59 - 25.94 องศา

Facial axis angle (deg.) จากค่า Significance ของ Anova เท่ากับ 0.000 พบว่าค่าเฉลี่ยของวิธี Compu-ceph มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 95.70 องศาต่างจากวิธีอื่น ๆ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันตั้งแต่ 85.25 - 86.51 องศา

หมายเหตุ สามารถเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าที่วัดจากภาพลอกลาย (Tracing) ได้จากตารางที่ 2 และการทดสอบพหุคูณจากภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าที่วัดจาก
ภาพรังสี (Film) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เทียบกับภาพลอกถ่ายที่วัดด้วยมือ

วิธีวิเคราะห์		DFP		Quick ceph		JOE		Compu-ceph		OTP		Hand		Sig
ค่าตัวแปร	ค่าเฉลี่ย	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	P<0.05
1. SNA (deg.)		83.40	3.53	83.47	3.49	83.40	3.56	84.54	3.59	83.24	3.19	82.34	3.70	0.280
2. SNB (deg.)		79.47	5.29	79.43	5.35	79.53	5.13	79.45	5.15	79.01	4.97	78.26	5.13	0.916
3. ANB (deg.)		3.91	2.98	4.08	3.21	3.85	3.09	5.11	2.99	4.18	3.51	4.06	3.28	0.648
4. SN GoGn (deg.)		34.47	7.13	36.32	7.45	36.16	7.18	34.08	6.98	37.31	6.43	35.28	6.57	0.430
5. U1-NA (mm.)		6.26	3.25	6.84	3.53	6.47	2.09	4.69*	3.36	4.82*	3.16	6.16	3.35	0.028*
6. U1-NA (deg.)		25.96	8.99	26.71	9.74	27.07	9.72	27.32	8.04	29.34	9.15	27.35	8.39	0.777
7. L1-NB (mm.)		7.93	3.16	8.85*	3.43	7.00	1.99	7.98	3.38	6.28*	2.90	7.96	3.14	0.018*
8. L1-NB (deg.)		30.85	7.65	30.09	7.31	31.03	7.18	29.94	7.38	30.43	7.31	29.30	7.07	0.943
9. POG-NB (mm.)		0.37	1.53	0.13	1.60	1.35*	0.83	0.21	1.36	0.32	1.24	0.62	1.44	0.005*
10.Convexity Pt.A(mm.)		4.10	3.31	4.38	3.51	4.08	3.51	5.25	3.47	3.47	3.10	3.81	3.53	0.412
11. LFH (deg.)		47.46	4.50	48.55	4.57	48.64	4.77	48.38	4.55	48.12	3.78	48.69	4.31	0.883
12. U6-PTV (mm.)		18.03	2.78	17.88	2.91	17.27	3.08	16.38	3.27	13.80	3.05	18.79	2.69	0.000*
13. L1-APO (mm.)		5.01	3.28	4.80	3.22	5.33	3.33	4.29	3.01	3.86	2.70	4.98	3.10	0.439
14. L1-APO (deg.)		26.77	5.03	25.59	5.23	26.46	5.25	30.21	6.61	26.17	5.43	25.61	5.31	0.009*
15. Facial Axis (deg.)		86.61	4.70	86.67	4.53	85.48	4.48	94.79	4.64	86.05	4.95	86.13	5.06	0.000*
16. Mand.Plane (deg.)		28.01	5.75	27.91	6.29	27.36	5.99	29.06	5.81	28.39	5.19	27.70	5.66	0.893
17. U1-L1 (deg.)		118.56	12.96	119.02	13.14	118.05	13.07	118.36	12.64	116.32	13.67	119.18	12.27	0.960
18.Lower Lip-E pl.(mm.)		3.43	2.65	2.80	2.50	3.77	2.76	4.02	3.05	2.81	2.41	3.74	2.77	0.318

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าที่วัดจาก
ภาพเอกซเรย์(Tracing) ของการวัดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เทียบกับวิธีวัดด้วยมือ

วิธีวิเคราะห์		DFP		Quick ceph		JOE		Compu-ceph		OTP		Hand		Sig
ค่าตัวแปร	ค่าเฉลี่ย	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	P<0.05
1. SNA (deg.)		82.56	3.76	82.42	3.60	82.30	3.65	82.60	3.71	82.50	3.66	82.34	3.70	0.999
2. SNB (deg.)		78.80	5.14	78.48	5.01	78.42	5.08	78.56	5.08	78.83	5.25	78.26	5.13	0.998
3. ANB (deg.)		3.73	3.30	3.82	3.51	3.83	3.30	4.08	3.29	3.98	3.33	4.06	3.28	0.998
4. SN GoGn (deg.)		34.76	6.72	37.02	7.44	36.63	7.03	34.01	6.79	37.81	6.64	35.28	6.57	0.208
5. U1-NA (mm.)		6.32	3.42	7.11	3.39	6.13	2.16	5.90	3.34	6.29	3.45	6.16	3.35	0.751
6. U1-NA (deg.)		27.01	8.97	26.97	9.13	26.82	8.93	27.01	8.62	27.39	8.52	27.35	8.39	1.000
7. L1-NB (mm.)		7.81	2.85	8.85	3.08	6.90	2.02	7.97	3.13	8.13	3.09	7.96	3.14	0.196
8. L1-NB (deg.)		29.67	7.33	29.55	7.41	29.64	7.57	29.60	7.04	29.66	7.15	29.30	7.07	1.000
9. POG-NB (mm.)		0.32	1.62	0.43	1.55	1.51*	0.95	0.52	1.48	0.34	1.68	0.62	1.44	0.014*
10.Convexity Pt.A(mm.)		3.87	3.64	3.95	3.56	3.90	3.60	4.17	3.51	4.11	3.58	3.81	3.53	0.998
11. LFH (deg.)		47.76	4.23	49.39	4.38	49.59	4.32	48.84	4.41	49.11	4.54	48.69	4.31	0.621
12. U6-PTV (mm.)		18.32	2.77	18.36	2.86	18.06	2.87	16.74	2.78	19.11	2.78	18.79	2.69	0.020*
13. L1-APO (mm.)		5.04	3.10	5.01	3.05	5.33	3.18	5.04	3.09	5.29	3.16	4.98	3.10	0.996
14. L1-APO (deg.)		25.67	5.40	25.94	5.70	25.59	5.62	29.6*	6.80	25.65	5.37	25.62	5.31	0.032*
15. Facial Axis (deg.)		85.90	4.43	86.06	4.51	85.25	4.44	95.7*	6.08	86.51	4.54	86.13	5.06	0.000*
16. Mand.Plane(deg.)		26.88	6.03	27.26	6.37	26.49	5.96	29.02	5.67	27.85	5.75	27.70	5.66	0.611
17. U1-L1 (deg.)		118.92	12.64	119.65	12.13	119.46	12.42	119.69	11.81	119.10	11.97	119.18	12.27	1.000
18.Lower Lip-E pl.(mm.)		3.56	2.78	2.50	2.46	3.95	2.98	3.71	2.74	3.47	3.22	3.74	2.77	0.393

บทที่ 5

สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการวิเคราะห์ด้วยมือ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นภาพรังสีก่อนทำการรักษาของผู้ป่วยภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 32 ตัวอย่าง มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความแตกต่างของค่าระยะทางและค่ามุมที่วัดได้จาก ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป สำหรับการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ 5 โปรแกรมด้วยกัน คือ Dentofacial planner, Quick ceph image, RMO's jiffy, Orthodontic evaluation, compu-ceph, OTP เทียบกับวิธีวัดด้วยมือ โดยใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ของสไตเนอร์และเกณฑ์การวิเคราะห์ของริกเกทส์ และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว(One-way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 เมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ได้ทำการทดสอบพหุคูณ(Multiple comparison tests) แบบ Post Hoc test ตามวิธี Tukey

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ วัดค่าจากภาพรังสีโดยตรง(Film) ไม่พบความแตกต่าง 12 ค่าตัวแปร คือ ค่า SNA (deg.),SNB(deg.),ANB(deg.),Sn-GoGn(deg.),U1-NA(deg.), L1-NB(deg),Convexity point A(mm.), Lower face height(deg.), L1-APO(mm.), Mandibular plane angle(deg.), Interincisal angle(deg.) และค่า Lower Lip-E plane(mm.) ส่วนค่าที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า Significance < 0.05) มี 6 ค่า คือ U1-NA (mm.), L1-NB (mm.) POG-NB (mm.), U6-PTV (mm.), L1-APO (deg.), Facial axis angle (deg.) ส่วนการวัดจากภาพลอกลาย (Tracing) ไม่พบความแตกต่าง 14 ค่าตัวแปร คล้ายกับผลการทดลองที่วัดจากภาพรังสีโดยตรงซึ่งไม่พบความแตกต่าง 12 ค่าตัวแปรเดิม แต่เพิ่มค่าที่ไม่แตกต่างอีก 2 ค่า คือ U1-NA (mm.) และ L1-NB (mm.) ส่วนค่าที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ มี 4 ค่า คือ POG-NB(mm.) ของโปรแกรม JOE และ U6-PTV(mm.), L1-APO (deg.), Facial axis angle(deg.) ทั้ง 3 ค่าหลังเป็นของโปรแกรม Compu-ceph ซึ่งการวิจัยได้ทำการวัดค่าทั้งจากภาพรังสีและภาพลอกลาย ทำให้ทราบถึงความผิดพลาด คลาดเคลื่อนของการกำหนดจุดอ้างอิง และความคลาดเคลื่อนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ที่ใช้วิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะเปรียบเทียบกันทั้ง 5 โปรแกรม ในการวัดค่าระยะทางและค่ามุม เทียบกับการวิเคราะห์ด้วยมือ

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวัดซ้ำ (Replicated measurement) เพื่อนำค่าเฉลี่ยมาใช้ทดสอบ เป็นการลดความผิดพลาดคลาดเคลื่อนของการกำหนดจุดอ้างอิง และการวัด การคำนวณ ตามการวิจัยของ Baumrind และ Frantz (1971), Houston (1986), Sandler (1988), Darryl และ Mackay (1991), Forsyth, Shaw, Richmond (1996), Baskin และ Cisneros (1997) ซึ่งล้วนแต่แนะนำให้ทำการวัดซ้ำเพื่อสามารถลดความผิดพลาดคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะลงได้ ยิ่งการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปมาช่วยทำให้การวัดซ้ำสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว และทำให้ผลการวิเคราะห์ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

อภิปรายผล

จากการศึกษาวิจัยนี้ ซึ่งเป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ ด้านข้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปถึง 5 โปรแกรม คือ DFP, Quick ceph, JOE, Compu-ceph, OTP เทียบกับการวิเคราะห์ด้วยมือ โดยใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ทั้งของสไตเนอร์ และริกเกทส์ ซึ่งเป็นเกณฑ์การวิเคราะห์ที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางตามที่ Gottlieb, Nelson, Vogels (1996) ได้สำรวจไว้ รวมทั้งเป็นเกณฑ์ที่ใช้อยู่ที่ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพราะมีความเป็นมาตรฐานสากลและให้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทั้งในการรักษาผู้ป่วยในคลินิก และในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันได้เป็นอย่างดี เนื่องจากในเกณฑ์ของสไตเนอร์ใช้ระนาบอ้างอิง Sella-Nasion (S-N plane) เป็นหลัก ส่วนในเกณฑ์ของริกเกทส์ใช้ระนาบแฟรงฟอร์ด (FrankFort horizontal plane) และระนาบ Basion Nasion (Ba-Na) เป็นหลัก ซึ่งระนาบดังกล่าวเป็นที่ยอมรับกันเป็นมาตรฐาน

จากวรรณคดีที่เกี่ยวข้อง พบเพียงการเปรียบเทียบเพียง 1-2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เช่น DFP และ Quick ceph เทียบกับการวิเคราะห์ด้วยมือตามเกณฑ์ของสไตเนอร์ ตามการวิจัยของ Baskin และ Cisneros (1997) หรือ Nimkarn และ Miles (1995) เปรียบเทียบโปรแกรม Quick ceph หรือ Hing (1989) Gerbo และคณะ (1997) ทดสอบการทำนายลักษณะใบหน้าของผู้ป่วยที่รับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ร่วมกับการผ่าตัดขากรรไกรโดยใช้โปรแกรม Quick ceph image ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความยากลำบากในการเปรียบเทียบหลายโปรแกรมไปพร้อมกัน เพราะแต่ละโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั้งในส่วนซอฟต์แวร์ซึ่งมีราคาสูงมาก และในส่วนฮาร์ดแวร์ ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์, เครื่องกำหนดพิกัดจุด (digitizer), เครื่องสแกนภาพที่ใช้สแกนภาพรังสีเอ็กซีได้ เครื่องพิมพ์ภาพและข้อมูล, กล้องวิดีโอ (Video imaging capture camera)

ซึ่งส่วนมากผู้ผลิตโปรแกรมได้กำหนด Specification ของส่วนฮาร์ดแวร์ที่เหมาะสมแต่ละโปรแกรมไว้เฉพาะแตกต่างกัน เช่น Quick ceph ใช้กับระบบคอมพิวเตอร์ปฏิบัติการ McIntosh ซึ่งไม่ค่อยใช้ในประเทศไทยที่ใช้ระบบวินโดวส์(Window) มากกว่า อีกทั้งในอดีตการผลิตคั่นโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะสำหรับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันมีน้อยและไม่เป็นที่นิยมใช้ เนื่องจากมีขั้นตอนยุ่งยากและราคาต้นทุนการนำเข้าค่อนข้างสูง นอกจากนี้อาจมีผลจากด้านธุรกิจ ซึ่งการเปรียบเทียบผลการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์หลายๆโปรแกรมพร้อมกันแม้ผู้วิจัยทำการทดสอบโดยบริสุทธิ์ใจโดยไม่มีอคติหรือสนับสนุนโปรแกรมใด แต่ถ้าผลการวิจัยเปรียบเทียบให้เห็นข้อดีข้อด้อยของแต่ละโปรแกรม อาจทำให้เกิดความเสียหายต่อบริษัทผู้ผลิตโปรแกรมดังกล่าวและทำให้เกิดการฟ้องร้องเรียกค่าเสียหายจากผู้วิจัยและสถาบันได้ ทำให้การทดลองวิจัยอาจไม่ได้รับการเผยแพร่ตีพิมพ์อย่างเปิดเผย ซึ่งคล้ายกับตัวผู้วิจัยของการศึกษานี้ที่ต้องการศึกษาเปรียบเทียบให้ทราบข้อเท็จจริงเท่านั้น ไม่ได้มีเจตนาเพื่อหวังผลการเปรียบเทียบให้เกิดความเสียหายให้แก่ธุรกิจแต่อย่างใด

ส่วนวิธีการดำเนินการวิจัยที่ใช้การวัดค่าจากภาพรังสีโดยตรง และวัดค่าจากภาพลอกกลายเพื่อเปรียบเทียบให้ทราบถึงข้อผิดพลาดจากการกำหนดจุดอ้างอิง เช่น ในตัวแปร U1-NA (mm) และ L1-NB (mm) ซึ่งพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวัดค่าจากภาพรังสีโดยตรง แต่จากการวัดค่าจากภาพลอกกลายไม่พบความแตกต่าง ทั้งนี้แสดงว่าการกำหนดจุดอ้างอิงจากภาพรังสีของโปรแกรม Compu-ceph และ OTP ซึ่งใช้ระบบสแกนภาพรังสีเข้าไปในเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วทำการกำหนดจุดที่หน้าจอมอนิเตอร์ของคอมพิวเตอร์อาจเกิดข้อผิดพลาดจากคุณภาพของภาพรังสีที่ใช้เหมาะกับการดูจากกล่องไฟสำหรับดูภาพรังสี (View Box) หรือการกำหนดจุดบนเครื่องกำหนดพิกัดจุด (Digitizer) ซึ่งมีกล่องไฟอยู่ด้านหลังเครื่องทำให้เห็นจุดได้ชัดเจนคล้ายกับการกำหนดจุดอ้างอิงจากภาพลอกกลายที่ได้จากการวาดลายเส้นบนกล่องไฟ ซึ่งให้ผลได้ถูกต้องยิ่งขึ้น แต่ไม่ได้หมายความว่า การใช้การกำหนดจุดอ้างอิงผ่านจอมอนิเตอร์จะให้ผลคลาดเคลื่อนเสมอไป เพราะถ้าเราสามารถปรับคุณภาพภาพรังสีให้เหมาะสมกับภาพที่ออกมาในจอมอนิเตอร์ของคอมพิวเตอร์ที่มีจอแบน ไม่มีการบิดเบี้ยว (Distortion) ของภาพตามการศึกษาวิจัยของ Nimkarn และ Miles (1995) และสามารถทำการปรับค่าความชัดเจนของภาพรังสีในเครื่องให้เห็นจุดอ้างอิงที่ชัดเจนตาม Jackson และคณะ (1985), Cohen และ Linney (1986), Darryl และ Mackey (1991), Eppley และ Sadave (1991) กล่าวว่า การปรับค่าภาพรังสี (Computer digital enhancement) ช่วยให้ได้เพิ่มความแม่นยำในการกำหนดจุดอ้างอิงมากขึ้น

แต่เนื่องจากโปรแกรมสำเร็จรูปและระบบเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 โปรแกรมที่ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์ให้ไปขอยืมใช้วิจัยนั้น ได้มีการปรับตั้งค่าที่เหมาะสมกับการใช้ในองค์กรหรือคลินิกนั้นๆ อยู่แล้ว ผู้วิจัยจึงมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถปรับแต่งค่าใดๆ ในระบบโปรแกรมที่ไปใช้ได้ เนื่องจากอาจทำให้เกิดความเสียหายและไม่สามารถใช้งานที่เหมาะสมของเจ้าของโปรแกรมที่ใช้งานอยู่เป็นประจำ ผู้วิจัยจึงใช้การกำหนดจุดจากภาพลอกกลายเป็นส่วนช่วยลดข้อผิดพลาดคลาดเคลื่อนในการกำหนดจุดข้างอิงนี้ ซึ่งตามผลการทดลองที่พบว่าในส่วนการวัดค่าจากภาพลอกถ่ายไม่พบความแตกต่างของค่า U1-NA (mm), และค่า L1-NB (mm) ทั้งนี้อธิบายได้ว่า เมื่อมองจากภาพรังสีโดยตรงและกำหนดจุดข้างอิง (digitization of radiograph) จากมอนิเตอร์ของคอมพิวเตอร์ ทำให้เห็นจุดข้างอิงที่สำคัญคือ จุด A, จุด B และจุดปลายฟัน U1, L1 ซึ่งจุดเหล่านี้ อยู่บริเวณใกล้เคียงกัน มีการซ้อนทับของอวัยวะข้างเคียงและเป็นตำแหน่งการวาง soft tissue shield เพื่อให้เห็นส่วนของเนื้อเยื่ออ่อนของใบหน้าทำให้มองภาพรังสีในส่วนกระดูกโครงสร้าง (bony landmark) ไม่ชัดเจนเป็นผลให้การกำหนดจุดข้างอิงผิดพลาดได้ แต่เมื่อวัดค่าจากภาพลอกถ่าย (digitization of tracing) ทำให้กำหนดจุดข้างอิงได้ถูกต้องใกล้เคียงกันในทุกโปรแกรม รวมทั้งการวัดค่าด้วยมือ ทำให้ไม่พบความแตกต่างในค่าดังกล่าว

ด้วยเหตุผลที่คล้ายกันในค่า U6-PTV (mm.) ของการวัดค่าจากภาพรังสีพบว่า โปรแกรม OTP ให้ค่าต่ำกว่าปกติจากวิธีอื่น เนื่องจากจุด PT เป็นจุดที่มีกายวิภาคซับซ้อน มีการซ้อนทับของส่วนต่างๆ ทำให้มองจุดได้ยากยิ่ง ประกอบกับโปรแกรม OTP ที่ใช้ได้มีการปรับตั้งค่าของระบบให้เหมาะสมกับภาพรังสีที่มีความแตกต่างระดับสีเทาอ่อน มีความเข้ม (Contrast) น้อยเพื่อให้เหมาะสมกับการถ่ายภาพรังสีที่ใช้สำหรับสถานที่นั้นโดยเฉพาะซึ่งแตกต่างจากที่ใช้ในการถ่ายภาพรังสีทั่วไป ทำให้เมื่อนำภาพรังสีที่ใช้ในการวิจัยไปใช้กับโปรแกรม OTP ที่ตั้งค่าไว้ต่างกัน ทำให้ภาพที่มองในจอมอนิเตอร์ไม่ชัดเจน เป็นผลให้การกำหนดจุดข้างอิงบางจุดผิดพลาดเพราะเมื่อทดสอบวัดค่าจากภาพลอกถ่ายไม่พบความแตกต่างของค่า U6-PTV (mm.) ของโปรแกรม OTP กับวิธีอื่นๆ แต่กลับพบความแตกต่างของค่า U6-PTV (mm.) ของโปรแกรม Compu-ceph แทนเนื่องจากมีค่าเฉลี่ยแตกต่างรองลงมาจากค่าของโปรแกรม OTP ที่วัดจากภาพรังสีโดยตรง และค่าเฉลี่ยทั้งจากภาพรังสีและจากภาพลอกถ่ายมีค่าใกล้เคียงกันคือ 16.38 และ 16.74 มิลลิเมตรและมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยที่วัดด้วยวิธีอื่น ซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 18.06 – 19.11 มิลลิเมตร ทั้งนี้เนื่องมาจากโปรแกรม Compu-ceph ใช้การกำหนดจุดข้างอิง PTS (Pterygomaxillary fissure superior) แทนการกำหนดจุด PT (Pterygomaxillary fissure) เนื่องจากจุด PTS อยู่ใกล้เข้ามามากกว่าจุด PT ทำ

ให้ค่าระยะทางที่วัดจากระนาบ PTV ไปยัง distal surface ของฟันกรามแท่นที่แรกมีระยะทางน้อยกว่าปกติ

ส่วนค่า POG-NB (mm.) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งที่วัดจากภาพรังสีและที่วัดจากภาพลอกลายของโปรแกรม JOE คือมีค่าสูงกว่าปกติต่างจากวิธีอื่นทั้งหมด ทั้งนี้ไม่ได้เกิดจากความผิดพลาดของการกำหนดจุดอ้างอิงแต่อาจเกิดจากความไม่เหมือนกันของนิยาม (Definition) ที่ใช้ในโปรแกรม JOE ของค่า POG-NB แตกต่างกันหรือความผิดพลาดในตัวโปรแกรมเอง เมื่อดูจากตารางข้อมูลดิบที่ได้มาพบว่ามีค่าเป็นบวกเสมอในทุกตัวอย่าง ทั้งที่ในวิธีอื่นอาจพบว่าค่า POG-NB เป็นลบได้ในกรณีคนไข้มีโครงสร้างใบหน้าแบบคลาสทู (Skeletal Class II) เพราะมีขากรรไกรล่างเล็กและอยู่ถอยหลังไปเมื่อเทียบกับขากรรไกรบนและฐานกะโหลกศีรษะ ทำให้ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ของ POG-NB ของโปรแกรม JOE สูงกว่าวิธีอื่นอย่างเห็นได้ชัดเจน

สำหรับค่า L1-APO (deg.) และค่า Facial axis angle (deg.) นั้นพบความแตกต่างทั้งในการวัดจากภาพรังสีและภาพลอกลายของโปรแกรม Compu-ceph โดยทั้งสองค่าที่วัดได้มีค่ามากกว่าปกติเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ทั้งนี้อธิบายได้ว่าอาจเป็นผลมาจากการกำหนดจุดอ้างอิงและระนาบอ้างอิงที่ใช้ในการคำนวณการวัดแตกต่างไปจากวิธีอื่น เพราะจากค่า L1-APO(deg.) เป็นการวัดค่ามุมที่เกิดจากแนวแกนพื้นหน้าล่างทำกับระนาบอ้างอิง A-PO ซึ่งการกำหนดจุดปลายฟันและปลายรากฟันของพื้นหน้าล่าง L1 ค่อนข้างชัดเจนถูกต้อง ส่วนจุด A และจุด POG ที่อยู่บนส่วนโค้งเว้าและนูน ตามการศึกษาของ Baumrind และ Frantz (1971) มักพบความผิดพลาดได้ง่ายขึ้นอยู่กับระนาบอ้างอิงที่ใช้ แต่จากการวิจัยทั้งค่าที่วัดจากภาพรังสีและค่าที่วัดจากภาพลอกลายให้ผลคล้ายกัน แสดงว่าไม่ได้เกิดจากความผิดพลาดของการกำหนดจุดอ้างอิง แต่น่าจะเกิดจากการวัดจากระนาบอ้างอิงที่ไม่ถูกต้องมากกว่า เนื่องจากในแบบการวิเคราะห์ของโปรแกรม Compu-ceph ตามเกณฑ์ของริกเกทส์ไม่พบว่ามีอาการลากเส้นระนาบ A-PO แต่อย่างใดมีเพียงการลากเส้นระนาบของใบหน้า Facial plane (N-POG) ซึ่งอาจเป็นไปได้ที่ทำการวัดค่ามุมแกนพื้นหน้าล่างเทียบกับระนาบใบหน้า N-POG แทนการวัดค่ามุมเทียบระนาบ A-PO ทำให้ได้ค่ามุมที่มีค่ามากกว่าปกติ ส่วนในค่า Facial axis angle(deg.) นั้น อาจมีผลมาจากโปรแกรม Compu-ceph ใช้การกำหนดจุด PTS(Pterygomaxillary fissure superior) แทนการกำหนดจุด PT (Pterygomaxillary fissure) ซึ่งใช้เป็นจุดอ้างอิงสำคัญของการวัดค่า Facial axis angle(deg.) ทำให้ค่าที่วัดได้ผิดพลาดไปจากความเป็นจริง หรืออาจเกิดจากความผิดพลาดในคำนิยาม (Definition) ในค่า Facial axis angle ของโปรแกรม Compu-ceph ได้ทำการวัดค่า Y axis angle คือค่ามุมที่ระนาบ S-Gn ทำกับระนาบ Ba-Na แทนทำให้ได้ค่าผิดพลาดไปจากความเป็นจริง

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการวิเคราะห์ด้วยมือ โดยการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างภาพรังสีก่อนทำการรักษาของผู้ป่วย จำนวน 32 ตัวอย่าง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแตกต่างของค่าระยะทาง และค่ามุมที่วัดได้จากภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง ทั้งจากภาพรังสีโดยตรงและจากภาพลอกกลาย โดยทำการวัดซ้ำ 2 ครั้ง แล้วนำค่าเฉลี่ยมาทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และทำการทดสอบค่าความแตกต่างที่พบด้วย Post Hoc test ตามวิธีของ Tukey การเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทั้งหมด 5 โปรแกรมคือ Dentofacial planner, Quick cephal image, JOE, Compu-ceph, OTP และวิธีวัดด้วยมือ พบความแตกต่างของค่า POG-NB (mm) ของโปรแกรม JOE และค่า U6-PTV (mm), L1-APO (deg) และ Facial axis angle (deg) ของโปรแกรม Compu-ceph ซึ่งทั้งหมดมีเพียง 4 ค่าจากทั้งหมด 18 ค่าตัวแปรที่ใช้ ทำให้สรุปได้ว่า โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทั้ง 5 โปรแกรมสามารถใช้ทดแทนการวิเคราะห์ด้วยมือ (Manual method) ซึ่งใช้กันมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันได้เป็นอย่างดี ทั้งในด้านการวินิจฉัยและการวางแผนรักษาร่วมกับข้อมูลด้านอื่น เช่น การตรวจทางคลินิก, การวิเคราะห์แบบจำลองฟัน, ความต้องการของผู้ป่วยและข้อมูลจากประวัติผู้ป่วย และการใช้ช่วยทางด้านการศึกษาวิจัยเช่น เปรียบเทียบผลการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันด้วยเครื่องมือชนิดต่างๆร่วมกับผลการเจริญเติบโตก่อนและหลังการรักษาด้วย การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ใดควรพิจารณาความเหมาะสมที่ใช้และควรศึกษาวิธีการขั้นตอนการใช้ของโปรแกรมโดยละเอียด รวมทั้งข้อจำกัดค่านิยามที่แตกต่างของค่าตัวแปรที่ใช้วัดของแต่ละโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่ใช้ ทำการวัดซ้ำ และผู้ใช้ควรมีการฝึกฝนเรียนรู้ทางด้านการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะเป็นอย่างดี เพื่อลดความผิดพลาดคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นจากขั้นตอนการกำหนดจุดอ้างอิง (Landmark identification) การวัดและการคำนวณ การประเมินผลต่างๆได้ เพื่อให้เกิดผลของการใช้โปรแกรมได้อย่างถูกต้อง

ข้อเสนอแนะ

การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมสำเร็จรูปในการช่วยวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างเพื่อเป็นข้อมูลในการตรวจวินิจฉัยและวางแผนการรักษา จะช่วยให้เกิดความสะดวกรวดเร็ว ประหยัดเวลาและลดข้อผิดพลาดในการวัดการคำนวณของมนุษย์และทำให้เกิดความแม่นยำ เชื่อถือได้ จากการวัดซ้ำหลายครั้ง ในเวลารวดเร็วทำให้เกิดประโยชน์อย่างมาก

ในทางทันตกรรมจัดฟัน เพียงแต่โปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆ ส่วนใหญ่นำเข้ามาจากต่างประเทศ จึงมีราคาค่อนข้างสูง การวิจัยนี้ก็ทำให้เห็นประโยชน์อย่างมากมายของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะซึ่งควรได้รับการสนับสนุนให้พัฒนาคิดค้นขึ้นมาใช้เองในประเทศเป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายและสามารถกำหนดค่ามาตรฐานของคนไทยทำให้การวิเคราะห์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

- Allen, W.I. 1963. Historical aspects of roentgenographic cephalometry.
Am. J. Orthod. 49 : 451 – 459
- American Orthodontics 1997. Compu-Ceph User Guide Version 2.0, FYI Software Development Corp.
- Athanasίου, A.E. and Kragskou, J. 1995 Computerized Cephalometric Systems. In Athanasίου, A.E. Orthodontics Cephalometry : 231 - 239 : Mosby - Wolfe
- Baskin, H.N., Cisneros, G.J. 1997. A Comparison of Two Computer Cephalometric Programs. J Clin Orthod 31 (4) : 231 – 233
- Baumrind, S., Frantz, R.C. 1971. The Reliability of head film measurement
1. Landmark Identification. Am J Orthod 60 : 111 – 127
- Baumrind, S., Frantz, R.C. 1971. The Reliability of head film measurements
2. Conventional Angular and Linear Measures. Am J Orthod 60 : 505 – 517
- Baumrind, S., Miller, D.M. 1980. Computer - aided head film analysis ;The University of California, San Francisco method. Am J Orthod 78(1) : 41 – 65
- Bell, LA. 1975. The angular relationship between the maxillary and Frankfort lines.
Angle Orthod 45(3): 204-206
- Bjerin, R. 1957. A comparison between Frankfort horizontal and the Sella-turcica-Nasion as reference planes in cephalometric analysis. Acta. Odont. Scand 15 : 1-12
- Blaseic, G. 1996 . Quick ceph Image TM User Guide, Orthodontic Processing
- Broadbent , B.H. 1931. A new X-ray technique and its application to orthodontic.
Angle Orthod 1 : 45-66
- Broadbent , B.H.S., Broadbent, B.H. Jr. and Golden, W.H. 1975. Bolton Standard of Dentofacial development growth. The C.V. Mosby. Saint Louis
- Chen, Y.J. et al. 2000. Comparison of Landmark identification. In traditional Versus Computer - Aided Digital Cephalometry. Angle Orthod 70 : 387 – 392
- Cohen , A.M. 1984. A Preliminary Study of Computer Recognition and Identification of Skeletal Landmarks as a New Method of Cephalometric Analysis
Br J Orthod 11 : 143 – 154
- Cohen, A.M. 1984 . Uncertainty in Cephalometrics. Br. J Orthod 11 : 44 – 48

- Darryl, D.N., Mackay, F. 1991. Reliability of Cephalometric analysis Using Manual and Interactive Computer Methods. Br J Orthod 18 : 105 – 109
- Eppley, B.L., Sadove, A.M. 1991. Computerized digital Enhancement in Craniofacial Cephalometric Radiography. J. Oral Maxillofac Surg 49 :1038 – 1043
- Faber, R.D., Burstone, C.J., Solonche, D.J. 1978. Computerized interactive Orthodontic Treatment Planning. Am J Orthod Jan : 36 – 46
- Forsyth, D.B., Shaw, W.C., Richmond, S. 1996. Digital Imaging of Cephalometric radiography part 1 and Part 2 Angle Orthod 66 (1) : 37 – 50
- Forsyth, D.B., Davis, D.N. 1996. Assessment of an automated cephalometric analysis System. Eur J Orthod. Oct 18(5) :471 - 478
- Foster, T.D., Howat, A.P., Naish, P.J. 1981. Variation in cephalometric reference lines. Br J Orthod. Oct 8(4) : 183 – 187
- Gerbo, L.R., Poulton, D.R., Covell, D.A., Russell, C.A. 1997. A comparison of a computer-based orthognathic surgery prediction system to postsurgical results. Int. J. Adult Orthod Orthognath. Surg. 12(1):55-63
- Gianelly, A.A. 1970. Age and sex cephalometric norms. Am. J. Orthod 57 :497– 501
- Gottlieb, Nelson, and Vogels. 1996 JCO study of orthodontic diagnosis and treatment procedures. J. Clin. Orthod. 30(11) : 619-629
- Graber, T.M. 1996. Orthodontics-Principles and practices. Philadelphia : W.B. Saunders Company
- Hing, N.R. 1989. The accuracy of computer generated prediction tracings. Int. J. Oral Maxillofac. Surg. 18 :148-151
- Houston, W.J.B. 1983. The analysis of errors in orthodontic measurements. Am. J. Orthod 83 : 382 - 390
- Houston, W.J.B., Maher, R.E., and Sherriff, M. 1986. Sources of errors in measurements from cephalometric radiographs. Eur. J. Orthod 8 : 149 -151
- Hurst, R.V.V., Schwaninger, B., Shaye, R. 1979. Interobserver reliability in Xeroradiographic Cephalometry. Am J Orthod Feb : 179 – 183
- Jackson, P.H., Dickson, G.C., Birnie, D.J. 1985. Digital Image Processing of cephalometric Radiographs : A preliminary report. Br J Orthod 12 : 122 – 132

- Lim, K.F., Foong, K.W.C. 1997. Phosphor-stimulated computed cephalometry: reliability of landmark identification. Br J Orthod 24 : 301-308
- Liu, Y.T., Gravely, J.F. 1991. The Reliability of the Ortho Grid in Cephalometric Assessment. Br J Orthod 18 : 21 – 27
- Lundstrom, A., Lundstrom, F., Le Bret, L.M., Moorrees, C.F. 1995. Natural head position and natural head orientation : basic considerations in cephalometric analysis and research. Eur J Orthod Apr 17(2) : 111-120
- Margolis, H.I. 1947. A basic facial pattern and its application in clinical orthodontics. Am. J. Orthod 34 : 813 – 840
- Moorees, C.F.A. 1953. Normal variation and its bearing on the use of cephalometric radiographs in orthodontics diagnosis. Am. J. Orthod 39 : 942 – 950
- Moyer, R.E. 1973. Hand book of Orthodontics. Third edition, Year Book Medical Publishers Inc.
- Nanda, S.K. and Sassouni, V. 1965. Planes of reference in roentgenographic Cephalometry. Angle Orthod 35 : 311 - 319. Quoting Sassouni
- Nimkarn, Y., Miles, P.G. 1995. Reliability of computer-generated cephalometrics. Int J Adult Orthod Orthognath Surg 10 (1) : 43 – 52
- Oliver, R.G. 1991. Cephalometric Analysis comparing five different methods, Br J Orthod 18 : 277 – 283
- Quintero, J.C., Trosien, A., Hatcher, D., Kapila, S. 1999. Craniofacial imaging in Orthodontics : Historical Perspective, Current Status, and future Developments. Angle Orthod 69 (6) : 491 – 506
- Richardson, A. 1966. An investigation into the reproducibility of point, planes and lines used in cephalometric analysis. Am. J. Orthod 52 : 637
- Rickett, R.M., Bench, R.W., Hilger, J.J., Schulhof, R. 1972 . An Overview of Computerized Cephalometrics. Am J Orthod 61(1) : 1 – 28
- Rickettes, R.M. 1960. A Foundation for cephalometric Communication. Am J Orthod 46 : 330 – 357
- Rudolph, D.C., Sinclair, P.M., Coggins, J.M. 1998. Automatic Computerized radiographic identification of cephalometric landmarks. Am J Orthod 113 : 173 -179

- Salzmann, J.A.1960.The research workshop on cephalometrics. Am.J. Orthod 46 :834-847
- Salzmann, J.A. 1974. Orthodontics in Daily Practice, J.B. Lippincott Company.
- Sandler, P.J.1988 .Reproducibility of Cephalometric Measurements. Br J Orthod 15 : 105 - 110.
- Schulhof, R.J. 1977. On the reliability of cephalometric measurements and predictions. Am J Orthod Oct 72 (4) : 448 - 451
- Steiner, C.C. 1953.Cephalometric for you and me. Am. J. Orthod 39 : 729 – 755
- Steiner, C.C. 1959.Cephalometric in clinical practice. Angle Orthod 29 : 8 – 29
- Steiner, C.C.1960.The use of cephalometric as an aid to planning and assessing orthodontic treatment. Am. J. Orthod 46 : 721 – 735
- Trpkova,B., Major,P., Prasad, N., Nebbe, B. 1997.Cephalometric landmarks identification and reproducibility:a meta analysis. Am.J.Orthod112 (2) :165-170
- Tweed, C.S.1946. The Frankfort-Mandibular plane angle in Orthodontic diagnosis, classification, treatment planning and prognosis .Am.J.Orthod 32 : 175 – 230
- Van der Linden, F.P.G.M. 1971.A study of roentgenocephalometric bony landmarks. Am. J. Orthod 59 : 111 –125
- Walker, R.P.1990. Dentofacial Planner User Manual. Dentofacial soft ware, Inc.Toronto
- Walker,R.P. 2000.Computer Applications in Orthodontics. In Graber,T.M., Vandarsdall, R.L. Orthodontics:Current Principles and Techniques : 353-374.St.Louis: Mosby



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3. แสดงค่าเฉลี่ยของค่าระยะทางและค่ามุมที่วัดได้จากกราววิเคราะห์ด้วยวิธีต่างๆ

SNA (ANGLE)

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	83.85	83.6	83.75	84.8	83.3	84.1	81.95	84.8	83.38	82.355	82.25
2	81.15	79.9	80.7	80.85	80.55	80.7	81.05	81.2	80.865	81.185	80.5
3	84.05	84.9	84.1	84.55	84.1	84	84.05	84.7	83.565	82.405	84
4	74.55	76	73.9	76.25	74	75.85	74.3	76.55	74.02	75.65	74
5	79.6	85.65	79.7	86.6	79.65	83.55	79.85	85.5	79.85	82.32	79
6	87.35	86.9	85.05	84.1	85.65	85.8	85.1	88.1	85.58	87.725	85.75
7	76.05	76.7	75.95	76.5	75.85	75.9	76.3	78.3	75.965	77.805	75.75
8	81.9	84.6	82	84.85	81.95	84.25	82.1	85.05	82.175	82.39	82
9	81.6	83.25	82	83.1	81.75	82.4	82.3	81.2	81.9	81.22	82
10	89.3	91.35	88.65	90.65	89.25	90.4	89.7	92.75	89.36	89.445	89.25
11	78.3	80.25	78.7	79.15	77.7	79.35	78.35	80.1	78.355	78.1	78.5
12	78.9	80.1	79	78.9	78.75	79.25	78.9	81.7	79.54	81.59	79.25
13	78.15	79.7	77.85	81.25	78.05	78.65	78.85	82.35	78.21	80.315	78
14	84.3	84.7	84.9	85.05	84.05	83.7	84.45	85.85	84.8	82.885	84.25
15	84.7	84.75	85.35	86.15	84.45	85.95	85.35	90	85.15	83.84	84.25
16	84.2	83.3	84.25	82.9	83.75	85.5	85.7	85.3	84.255	84.21	84
17	85.95	85.95	85.85	85.45	85.7	86.15	85.45	84.8	86.06	85.87	85.75
18	87.2	87	87.25	88.25	87.4	87.85	87.55	89.6	87.795	87.17	87.5
19	79.7	79.85	80.05	80.25	79.7	80.6	80.05	81.25	80.135	81.02	80
20	79.5	81.75	79.75	79.7	79.5	81.35	79.75	83.05	79.62	84.22	79
21	80.6	81.9	80.65	81.5	80.8	81.2	80.7	83.55	80.58	83.465	80.5
22	82.9	85.6	83.25	86.1	82.8	85.15	83.85	85.9	83.515	83.95	83.25
23	84.05	86.35	84.15	85.8	83.55	84.8	84.25	85.35	83.965	84.415	84.25
24	87.8	88.8	86.95	87	86.75	88.9	87.4	87.95	87.665	85.695	87.5
25	88.45	89.55	88.3	88.95	88.25	90	88.85	90.1	88.095	88.65	88.5
26	84.35	81.35	81.7	82.7	81.75	82.7	81.8	82.6	81.59	82.44	81.5
27	86.35	85.5	85.75	85.9	86.6	85.4	86.65	87.45	85.765	86.385	86.25
28	75.85	79.15	76.4	78.9	76.65	80.2	76.05	80.95	76.575	79.455	76.5
29	83	83.7	82.6	83.9	82.65	83.9	82.8	86.6	82.49	87.305	82.5
30	81.3	80.7	81.9	81.5	82.25	81.3	82.6	82.45	81.795	81.6	82
31	84.45	83.4	84.25	86.3	84.2	85.7	84.75	87.4	84.86	86.16	84.5
32	82.6	82.7	82.65	83.2	82.4	84.35	82.55	82.85	82.59	82.495	82.75

SNB (ANGLE)

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	76.95	76.95	76.35	77.5	76.2	77.35	76.05	76.95	76.025	75.39	75.25
2	75.1	73.25	73.5	73.4	73.6	73.9	73.7	72.7	73.685	73.69	73
3	78.85	80.2	79.05	79.3	79.3	79.3	78.95	79.55	78.72	79.015	79
4	72.95	73.8	72.45	73.45	72.7	73.8	72.85	73.25	72.35	73.46	72.5
5	81.85	87.25	81.7	87.65	81.6	85.1	81.85	87.05	81.665	84.885	81
6	79.45	80.6	78.7	80.3	78.95	79.65	79.05	81.05	79.205	80.3	79
7	71.25	71.4	70.75	71.3	70.95	71.05	70.8	71.95	71.065	71.375	70.5
8	78.45	80.1	78.45	77.1	78.3	79.7	78.5	79.4	78.47	77.51	78.5
9	75.45	76.2	75.45	76.2	75.65	76.1	75.4	72.9	75.2	73.77	75.25
10	98.2	98.55	97.3	98.15	98.05	98.15	97.8	97	97.805	97.265	97.5
11	73.7	74.75	73.8	74.5	73.4	74.3	73.7	74.45	73.635	74.185	73.75
12	78.6	80.1	78.3	79.45	78.5	79.8	78.45	79.35	79.24	80.7	78.5
13	72.85	74	72.95	74.65	72.75	73.45	73.05	74.45	72.935	73.705	72.5
14	78.6	79.05	78.55	78.85	78.3	78.45	78.2	79.25	78.64	76.795	77.75
15	80.8	80.75	81.05	82.2	80.55	82.2	80.95	85.05	80.875	80.695	80
16	80.75	80.1	80.6	79.45	80.3	82.15	81.6	80.4	80.565	80.67	80.5
17	80.7	81.4	80.5	81.05	80.4	81.15	80.45	79.85	80.565	81.365	79.75
18	83.7	83.65	83.35	85.65	83.6	84.6	83.1	83.6	83.855	84.095	83.5
19	78.55	78.8	78.6	78.85	78.75	79.15	78.7	79.45	78.75	79.325	78.75
20	74.5	76.2	75	75.4	74.2	76.55	74.85	77.55	74.955	76.605	73.75
21	76.2	76.65	76.2	76.35	76.25	76.75	76	76.85	76.045	77.185	75.75
22	80.8	83.15	80.8	83.15	80.2	82.8	81.1	83.3	81.02	80.89	80.75
23	85.45	87	85.25	86.9	85	86.45	85.35	85.45	85.155	85.235	85.25
24	84.7	85.15	84.35	84.7	83.8	85.6	83.95	85.2	84.435	83.525	84.25
25	82.7	83.6	82.5	84.3	82.5	83.65	82.8	83.2	82.505	82.965	82.75
26	74.5	75.05	74.6	76.05	74.35	76.3	74.45	75.5	74.09	75.23	74.25
27	83.6	80.35	79.75	80.1	80	79.85	80.05	80.65	79.485	79.34	79.75
28	72.8	73.85	72.45	73.6	72.6	74.9	72.2	74.8	72.47	73.94	72.25
29	76.55	77.35	76.2	76.75	76.15	77.15	76.4	77.45	86.08	80.345	76
30	76.05	76	76.3	76.05	76.45	76.45	76.75	75.95	76.24	75.83	76.25
31	77.05	77.55	76.8	78.5	76.5	78.5	77	79.45	77.15	78.835	77
32	79.8	80.35	79.9	80.85	79.6	80.65	79.75	79.55	79.72	80.195	79.75

ANB (ANGLE)

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	6.9	6.65	7.4	7.3	7.05	6.75	7.25	7.85	7.355	7.11	7
2	6	6.65	7.2	7.45	7	6.8	7.35	8.4	7.195	7.49	7.5
3	5.2	4.7	5	5.25	4.8	4.7	5.1	5.2	4.845	3.21	5
4	1.55	2.2	1.45	2.75	1.3	2.05	1.45	3.35	1.67	2.19	1.5
5	-2.1	-1.6	-5	-1.05	-1.95	-1.5	-2	-1.6	-1.95	-2.565	-2
6	6.1	6.25	6.3	6.8	6.65	6.15	6.15	7.05	6.39	7.43	6.75
7	4.85	5.35	5.15	5.2	4.7	4.8	5.5	6.35	5.17	6.45	4.5
8	3.4	4.5	3.55	5.3	3.65	4.35	3.6	5.65	3.715	4.885	3.5
9	6.15	7	6.55	6.9	6	6.35	6.9	8.35	6.7	7.455	6.75
10	-9.1	-7.15	-8.65	-7.5	-8.8	-7.7	-8.15	-4.25	-8.445	-7.955	-8.25
11	4.6	5.55	4.85	4.65	4.3	5	4.7	5.7	4.715	3.92	4.75
12	0.25	0	0.5	-0.55	0.25	0.55	0.4	2.3	-0.305	-0.89	0.75
13	5.3	5.75	4.85	6.6	5.25	5.55	5.8	7.9	5.265	6.61	5.5
14	5.7	5.75	6.4	6.2	5.75	5.3	6.3	6.6	6.46	6.09	6.5
15	3.9	4	4.25	4	3.9	3.8	4.35	5	4.275	3.14	4.25
16	3.45	3.15	3.65	3.45	3.45	3.35	4.1	4.85	3.51	3.54	3.5
17	5.2	4.65	5.35	4.4	5.35	5	5	4.95	5.49	4.775	6
18	3.55	3.35	3.95	2.6	3.75	3.2	4.5	6	3.94	3.08	4
19	1.1	1.055	1.4	1.3	0.95	1.45	1.3	1.8	1.385	1.7	1.25
20	5	5.5	4.75	4.4	4.95	4.75	4.8	5.45	4.66	7.885	5.25
21	4.45	5.25	4.4	5.25	4.55	4.45	4.65	6.7	4.54	6.05	4.75
22	2.1	2.45	2.45	2.95	2.25	2.35	2.75	2.6	2.495	3.07	2.5
23	-1.4	-0.7	-1.15	-1.1	-1.1	-1.65	-1.15	0.45	-1.195	-0.82	-1
24	3.1	3.6	2.65	2.3	3	3.4	3.4	2.8	3.23	2.145	3.25
25	5.6	5.95	5.8	4.65	5.7	6.3	6.05	6.9	5.59	5.685	5.75
26	6.85	6.35	7.1	6.7	6.7	6.4	7.35	7.15	7.5	7.215	7.25
27	6.35	5.35	6.05	6.3	6.6	5.3	6.6	6.8	6.28	7.045	6.5
28	3.5	4.55	3.95	5.25	4.05	5.3	3.85	6.15	4.105	5.51	4.25
29	6.4	6.3	6.4	7.1	6.55	6.75	6.3	9.2	6.575	6.96	6.5
30	5.25	4.7	5.4	5.45	5.45	4.85	5.85	6.5	5.55	5.77	5.75
31	7.4	5.85	7.5	7.75	7.7	7.25	7.75	7.95	7.71	7.315	7.5
32	2.8	2.3	2.7	2.5	2.8	1.9	2.8	3.3	2.875	2.305	3

SN - GOGN (ANGLE)

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	36.4	37.1	37.9	37.8	38.25	37.75	37.45	37.8	39.63	36.71	37
2	39.4	41.15	42.35	43.3	42.5	41.85	39.85	40.15	41.415	42.895	39
3	31.05	31.05	33.4	33.55	33.1	33.2	31.45	31	33.615	34.45	30.75
4	40.55	40	43.1	43.15	42.9	42.8	42.4	41.65	44.535	44.005	40.5
5	26.7	22.1	29.5	23.25	29	25.8	27.45	21.8	30.015	26.79	27.75
6	34.65	33.15	37.25	35.6	37.1	36.8	32.8	34.1	38.95	36.515	34.5
7	43.7	42.65	49.75	47.6	46.1	46.2	43.9	43.5	47.35	46.135	45
8	31.25	31.7	32.2	32.25	32.8	32.1	31.2	30.5	33.76	35.31	31
9	38.05	36.85	41.85	40.75	41.3	40.65	36.3	40.75	41.325	45.695	39
10	21.45	22.3	23.05	23.4	23.15	23.35	20.35	22.95	24.66	26.485	22.25
11	38.75	39.45	41.45	41.75	41.55	41.35	38	39.2	42.43	41.09	39.75
12	48.45	49.15	51.9	50.85	52.3	51.05	48.2	48	51.805	50.045	49
13	42.15	41.5	45.3	43.15	44.5	44.2	42.3	40.75	45.665	44.165	43
14	35	34.4	36.85	36.6	36.3	36.6	34.1	35.5	37.91	37.97	35.25
15	34.35	35.05	35.55	36.1	36.25	35.85	33.95	30.3	38.19	37.89	35
16	25.85	24.5	27.1	27.85	26.6	25.55	22.55	25.8	27.68	28.465	26.75
17	35	34.5	38.05	38.5	37.6	37.4	32.35	35.25	37.66	38.395	35.5
18	35.45	34.2	38.3	34.8	37	36.9	35.1	34.4	39.18	36.635	36
19	33.3	34.15	35.15	35.15	36.05	37.2	32.95	33.05	35.875	36.79	34.5
20	32.85	31.75	35.35	34.7	34.35	33.55	30.3	29.4	34.855	33.705	32.75
21	39.6	37.7	40.35	40.2	40.8	39.7	36.6	38.25	42.47	41.735	39.5
22	36	34.9	37.75	36.5	37.25	37.05	34.65	33.1	38.225	38.86	36
23	31.65	35.1	33.45	32.4	33.9	32.25	30.5	29.15	34.42	32.905	32.75
24	15.6	13.75	16	15.2	17.55	15.85	17.1	15.95	20.185	20.95	17
25	26.6	25.5	27.6	27.15	27.25	26.35	25.15	26.35	29.375	29.705	27
26	40.1	39.55	44.25	42.25	42.35	40.4	38.3	38.55	42.96	42.11	40
27	29.4	27.25	29.45	29.2	30.15	29.95	27.85	26	33.04	30.07	30
28	40.65	41.65	43.95	44.3	43.05	41.4	40.25	40.35	43.48	42.48	41.75
29	37.95	38.2	39.3	38.6	35.4	38.8	36.55	36.3	39.925	35.365	38.5
30	30.65	35.05	34.65	36.25	34.05	34.7	31.9	34.55	35.99	38.085	33
31	39.8	39.4	41.3	40.1	40.6	40	38.05	36.65	41.125	40.035	39.25
32	39.9	38.35	41.2	40.05	41.15	40.45	38.5	39.65	42.305	41.635	40

UPPER INCISOR to NA (mm).

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	5.9	6.1	5.8	6.25	6.15	6.75	5.3	4.2	5.635	5.45	6.25
2	8.3	8.95	9.5	8.8	8.55	9.35	8.4	7.5	8.495	8.135	8.5
3	12.2	12.85	13.3	13.3	8.7	9.65	12.25	11.9	13.025	15.81	12.5
4	8.3	7.75	9.45	7.7	7.15	7.25	8.75	6.3	8.215	5.44	8.25
5	0.7	0.45	1.8	0.6	2.45	2.35	0.4	0.1	0.72	1.08	0.75
6	3.2	2.95	4.1	3.4	4.25	4.9	3.15	2.3	3.335	1.98	3
7	6.8	6.9	8	7.7	6.05	6.45	6.35	6	6.995	4.825	6.5
8	9.75	8.85	10.5	8.35	7.85	7.65	9.15	7.2	9.735	6.3	9.5
9	9.2	8.95	10.3	9.9	9.1	8.95	8.55	7.05	9.265	6.15	9.25
10	14.25	11.7	14.85	13.35	11.75	11.2	13.55	8	13.79	9.735	13.5
11	5.15	4.1	5.85	6.25	6.1	6.1	4.95	3.65	5.345	4.71	5.25
12	8.5	9.15	9.15	9.95	6.9	8.4	8.05	5.45	8.215	5.675	8
13	5.7	5.5	6.8	4.5	6.25	6	4.95	2	5.75	3.285	5.5
14	6.6	6.7	6.7	7.1	6.05	7.75	6.1	6.05	6.08	5.355	6.5
15	1.95	1.7	2.3	2.4	2.45	4.15	1.1	0.95	1.545	2.16	1.5
16	7.15	7.6	7.65	8.15	7.15	8.3	6.25	5.3	7.465	5.36	6.75
17	3.45	4	4.25	5.8	3.2	4.25	3.45	5	3.025	3.86	3.25
18	6.7	7.1	7.3	9.6	5.95	7.3	5.9	3.5	6.11	6.285	6.5
19	5.95	5.85	6.55	6.5	6.3	5.55	5.15	5.25	5.775	4.34	6
20	4.8	4.2	6.35	7.1	5.55	6.15	4.6	5	5.625	1.285	5.25
21	9.7	11.6	10.2	8.65	8.8	8.15	8.9	6.1	9.19	5.685	9
22	8.35	7.4	9	8.2	7.4	7.4	7.3	7.95	8.25	5.18	8
23	7.8	7.2	8.6	8.2	6.75	6.95	7.6	5.35	8.305	5.385	7.25
24	11.15	9.9	11.95	13.15	8.2	7.3	10.1	10.75	10.925	8.92	10.75
25	6.3	5.4	6.65	7.55	6.2	5.9	5.7	4.35	6.515	5.12	6.25
26	5.35	5.85	5.9	6.15	5	6.35	4.75	5.2	4.455	3.915	5
27	4.1	5	5.5	4.65	5	6.3	3.3	3.1	4.4	2.255	3.75
28	6.4	4.55	6.85	5.8	6.15	5.2	6.4	4.05	6.27	3.8	6.25
29	-2.9	-2.8	-1.7	-3.45	2.25	1.45	-2.65	-7.05	-2.905	-3.01	-2.75
30	4.85	5.55	5.5	5.35	4	4.95	4.3	3.6	4.73	3.805	4.5
31	1.5	3.85	2.35	1.75	2.95	3.3	1	1.15	1.305	1.555	1.25
32	5.3	5.5	6.15	6.1	5.65	5.35	5.6	2.8	5.69	4.485	5.25

UPPER INCISOR to NA (ANGLE)

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	23.6	23.6	23.1	24.5	23.8	25	23.25	23.5	24.64	27.93	25
2	25.95	25.45	25.95	29.05	26.2	26	26.2	25.95	26.12	30.1	26.5
3	41.55	42.75	42.35	44	33.35	44.85	41.75	45.2	42.925	50	42
4	35.05	31.4	35.05	31.95	35.25	34.1	35.3	33.8	34.9	33.795	35.25
5	14.05	12.05	13.45	10.25	13.35	14.4	12.65	12.15	13.88	18.25	13.5
6	17.05	14.95	17.5	16	17.1	17.75	18.95	21.15	17.77	22.575	22.5
7	26.9	26	28	29.5	28.3	28.2	28.35	29.6	27.79	34.37	27.5
8	37.2	39.2	36.85	33.6	37.95	37.7	36.55	35.1	36.67	37.82	36
9	29.5	28.1	30.25	29.9	30.9	31.25	29	28.95	30.14	28.92	30
10	41.7	38.9	42.9	40.5	43.45	41.8	42.45	36.1	41.21	42.61	41
11	26.2	25	25.25	24.45	26.9	27.9	26.2	23.65	26.565	32.435	26.25
12	30.8	29.3	30.45	31.95	30.35	31.35	29.7	30.05	30.415	33.945	30.5
13	21.3	20.2	20.45	18.1	20.5	20.4	20.85	17.05	21.12	24.26	20.75
14	27.2	26.1	26.6	27.45	26.65	30.05	27.05	29.45	26.58	30.93	28
15	17.95	14	17.1	12.75	16.8	13.8	16.6	18.85	17.945	18.21	18
16	27.75	25.95	28	27.3	27.85	27.65	27.15	27.4	28.32	31.435	28
17	25.4	25.45	26.5	30.2	26.45	27.2	26.8	29.05	25.195	29.7	26.75
18	25.5	25.05	25.5	28.85	25.25	25.05	26.05	25.15	25.805	28.665	25.5
19	27	21.05	26.8	26.6	27.25	24.25	26.75	28.5	27.08	29.69	26.75
20	24.7	25.8	25.65	28.95	26.3	27.6	24.45	27.9	26.62	22.79	25.5
21	30.3	30.6	29.75	28.25	29.3	29.65	30.15	28.8	29.695	29.35	29.75
22	35.95	35.75	35.6	36.6	35.1	36.25	35.25	36.35	35.31	35.58	35.5
23	28.6	26.9	29.75	24.8	29	27.7	28.3	25.25	30.02	29.27	28.25
24	47.25	45.9	47.5	48.85	47.7	50.6	47.1	48.05	48.13	53.295	47
25	28.5	26.5	27.25	28.5	28.3	26.75	27.55	26.7	28.785	27.78	28.5
26	26.2	23.5	24.6	25.2	26.6	27	25.95	26.45	24.245	27.04	25.25
27	24.4	24.55	24.3	20.7	23.15	24.5	22.9	22.4	24.465	18.82	23.75
28	25	23.15	25.55	25.05	24.25	24.1	25.95	26.25	26.32	25.405	26.25
29	-2.6	-1.45	-2.2	-4.05	-2.75	-2.85	1.7	8.05	2.37	5.375	1
30	28.5	27.4	28.05	28.4	28.6	26.9	27.2	29	28.745	31.055	28.5
31	18.35	20.75	17.5	19.55	17.75	15.55	17.5	18.55	18.435	17.21	18
32	27.45	26.9	27.7	27.1	27.4	23.8	28.9	29.7	28.36	30.24	28.25

LOWER INCISOR to NB (mm)

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	11.75	11.45	12.75	17.45	9.3	8.4	11.85	11.5	12.26	11.39	11.5
2	13.4	15.7	16.4	16.8	12	12.65	15.4	16.05	15.46	15.59	15.5
3	5.85	5.65	6.5	6.9	5.35	4.6	5.5	5.35	5.54	6.055	5.5
4	6.4	6.5	7.6	7.95	5.45	6.4	6.4	6.95	6.66	5.22	6.5
5	0.3	0.5	1.25	1.2	1.9	2.05	-0.15	0.3	0.38	-0.065	0
6	7.65	8.25	9.05	9.05	5.9	6.8	8.1	8.05	8.235	6.47	8
7	7.55	8.25	8.95	8.9	6.35	7.05	7.95	8.95	8.065	6.32	8
8	5.65	5	6.8	6.4	5.55	5.5	5.95	5.1	5.905	4.16	5.75
9	12.5	13.25	13.65	14.1	8	9.2	13.1	14.05	13.96	10.035	13
10	5.2	5.6	6.05	5.65	5.45	6.6	5.2	4.9	5.475	4.2	5.25
11	9.1	9.3	10.4	9.85	8.1	7.7	9	9	9.39	5.965	9.25
12	10	10.2	11.15	9.95	8.6	9.75	10.05	10.1	10.11	7.35	10.25
13	10.45	10.6	11.2	11.55	8.8	8.4	10.3	10.4	10.665	7.965	10.5
14	12.15	12.5	13.5	13.05	9.7	9.4	12.4	13.1	12.43	9.575	12.75
15	5.2	4.5	5.95	4.95	4.6	5.05	4.8	4.65	5.025	2.805	4.75
16	6.55	6.85	7.4	7.5	6.3	7.05	6.9	6.9	6.6	5.03	6.5
17	7.85	7.85	8.75	8.85	7	7.2	7.65	8.3	8.06	6.115	8
18	9.15	9.15	8.4	10.25	8.25	7.85	9.6	10.35	9.015	7.325	9.25
19	3.45	3.35	4.55	4.5	4.8	5.5	3.45	3.75	3.685	3.035	3.5
20	7.65	6.15	8.5	7.85	6.25	5.45	7.35	7.05	8.02	6.02	7.75
21	10.1	10.75	11.35	11	9.1	7.55	10.7	10.85	10.625	8.455	10.75
22	7.45	7.45	8.45	8.25	6.85	6.75	7.8	7.4	7.57	5.52	7.5
23	7.6	7.85	8.65	8.35	7.2	7.05	7.45	7.5	7.49	5.85	7.75
24	3.35	3.05	4.05	4.2	3.55	4.15	3.25	2.35	3.875	2.335	3
25	7.7	8.05	8.8	8.1	7.25	8.15	7.75	7.85	7.87	6.18	7.5
26	9.85	9.65	11.25	9.9	8	8.1	10.15	9.95	10.5	7.57	9.75
27	9.95	9.75	11.35	10.8	8.9	8	10.1	10.3	10.035	7.555	10.25
28	8.4	9.55	9.45	9.85	7.9	8.55	8.9	9.25	8.765	6.965	8.75
29	4.45	4.05	5.25	4.7	3.95	3.9	4.2	4.25	4.79	2.23	4.5
30	8.75	8.75	9.85	9.65	6.7	6.5	9.1	8.85	8.875	6.775	9
31	7.35	7.6	8.15	8.65	6.9	6.75	7.25	7.75	7.71	5.96	7
32	7.05	6.75	7.95	7.1	6.9	5.85	7.5	4.3	7.165	4.99	7.5

LOWER INCISOR to NB (ANGLE)

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	40	41.8	40.35	39.45	40.95	41.25	40.7	39.55	41.695	42.615	39.5
2	47.6	47.5	47.05	46.6	47.5	47.85	45.85	44.05	46.185	43.02	46.5
3	22.5	26.55	21.55	24.8	21.05	28.45	21.65	25.05	20.93	26.195	22.25
4	28.05	29.1	27.2	28.6	27	29.55	26.75	27	27.18	30.375	26
5	14.6	13.35	14.2	13.65	14.15	13.8	14.1	12.75	14.795	14.375	14.75
6	31.25	35.15	32.85	36.05	33.2	37.75	33.4	34.6	33.16	36.235	32.75
7	30	31	29.25	30.45	30.05	31.8	29.8	33.1	30.145	31.545	29.25
8	24.45	22.65	25	23.8	24.8	27.25	25.85	23.1	25.06	24.97	25
9	39.75	41.05	38.75	40.4	39.75	41.25	38.75	39.9	38.565	38.395	39
10	22.95	22.75	22.5	22.4	22.3	22.2	22.35	21.55	24.195	22.525	22.25
11	31.65	33.95	32.1	33.65	31.05	33.45	31.2	37.15	31.18	30.63	31.75
12	30.9	32.35	30.75	32.15	31.85	32.85	30.6	30.35	31.345	32.73	30
13	35.6	41.05	35.3	36	34.6	35	35	34.4	35.38	35.785	33.75
14	43.95	44	43.95	42.3	43.55	43.1	42.5	42.75	42.555	42.95	42.25
15	25.4	23.7	25.75	22.05	24.55	22.8	25.2	19.6	23.895	18.935	24.5
16	25.4	23.7	25.75	22.05	26.05	30	27.6	27.95	25.05	28.98	25.5
17	27.7	30.5	28.6	30.9	28.45	29.7	28.6	28.65	28.395	28.485	28
18	33.7	33.9	33.9	33.45	33.2	35.15	34.2	35.5	34.02	37.86	33.75
19	17.45	18.8	17.85	18.2	18	20.3	18.45	19.4	17.735	19.555	17.75
20	33.7	32.65	33.25	33.95	34.6	30.4	33.55	35.5	33.81	33.475	33.5
21	33.3	35.8	33.3	33.75	34	33.4	32.95	33.35	34.005	35.685	33.75
22	30.55	30.8	31.35	30.25	32.35	32.15	31.6	31.45	31.83	31.33	31
23	24.8	24.35	24.5	24.3	24.9	25.15	24.4	24.05	24.16	27.12	24
24	19.75	21.2	19.65	21.55	19.6	23.3	20.15	22.45	21.485	22.405	20
25	29	29.2	28.45	29.65	28	29.1	29.2	27.1	28.62	31.42	28.75
26	32.75	34.5	34.35	32.7	32.3	33	31.4	32.05	32.455	31.35	31.5
27	33.25	34.4	31.7	33.75	32.95	35.35	32.75	34.95	32.5	34.345	32
28	28.25	30.35	27.45	27.9	27.3	29.2	27.8	28.9	27.83	29.825	28
29	22.15	25.8	20.75	23.65	20.65	23.5	22.5	21.1	22.25	18.715	21.75
30	37.1	38.15	37.55	37.65	38.65	39.5	36.8	36.9	36.7	38.3	37
31	28.5	30.55	27.1	30.1	27.8	29.75	27.65	29.35	28.035	30.29	27.75
32	23.45	26.75	23.45	26.75	23.4	25.65	23.85	24.65	23.895	23.285	24

POG to NB (mm)

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	0.35	1.25	1.3	1.05	1.65	1	1.5	0.5	1.92	0.825	1.5
2	-3.9	-1.75	-1.1	-2.15	1.6	2.1	-1.3	-1	-1.685	-2.81	-1.75
3	2.95	2.05	2.6	1.75	2.85	2.3	2.7	1.75	2.855	2.735	2.75
4	0.85	1.1	1.25	1.3	1.3	0.85	0.9	0.7	0.98	0.2	1.25
5	1.3	1.75	1.8	1.55	2.15	1.7	1.15	0.85	1.565	1.195	1.75
6	-0.125	-0.1	0.25	-0.35	0.15	2.25	-0.05	-1.65	-0.145	0.47	0
7	0.35	-0.5	-0.45	-1.1	0.9	0.65	-1	-0.85	-0.585	-1.03	-0.25
8	2.15	2.05	2.2	2.6	2.4	2.2	1.85	2	2.465	1.665	2.25
9	-0.55	-0.25	0	-0.2	0.45	1.2	0.05	0.2	0.08	-0.33	0
10	-1.95	-1.55	-1.3	-2	1.6	0.75	-1	-1.4	-1.645	-0.405	-0.75
11	2.2	2.45	2.25	1.85	2.4	2.2	2.2	1.8	2.04	1.475	2
12	-0.6	-1.1	-0.75	-1.25	1.35	0.8	-1.25	-0.45	-2.005	-0.935	-0.25
13	-1.05	-0.9	-1.3	-1	0.2	0.95	-0.35	-2.15	-1.065	-0.46	-0.75
14	-0.9	-1.15	-1.1	-1.35	0.8	0.6	-0.6	-1.9	-1.1	-0.54	-0.25
15	-0.05	-0.2	-0.05	-0.85	0.25	0.3	0.1	0.1	-0.265	-0.355	0
16	1.1	1.5	1.05	1.25	1.3	1.2	1.1	1.4	0.975	0.945	1.5
17	-1.405	-3.15	-3.15	-3.4	2.85	2.4	-3.2	-2.1	-3.335	-1.95	-3
18	-0.45	-0.35	-0.5	0.3	1	0.9	0.1	-0.45	-1.095	-0.39	0
19	1.95	1.85	2	1.35	1.85	2.05	1.55	1.85	1.69	1.59	1.75
20	0.05	-0.05	0	-0.25	1.15	0.35	0.4	0.1	-0.145	0.275	0.25
21	0.15	0.85	0.45	0.1	0.3	0.35	1.15	-0.45	0.37	-0.265	0.75
22	2.15	0.65	1.8	1.2	1.8	1.2	2	0.95	1.445	1.325	2
23	-0.15	0.45	0.8	-0.1	1	0.55	0.15	0.3	0.195	0.48	0.75
24	3.8	3.85	3.45	3.55	3.95	3.6	3.95	2.6	4.015	2.65	3.75
25	0.8	1	1	0.5	1.4	1.45	0.95	1.2	0.835	1.215	0.75
26	-2.5	-1.6	-2.45	-2.45	3.15	2.5	-1.95	-1.65	-2.285	-0.94	-1.75
27	1.25	1.7	1.85	1.4	1.6	1.5	1.6	1.7	1.505	1.51	1.75
28	-0.55	0.1	-0.45	-0.15	0.45	0.4	0.25	-0.35	-0.28	0.45	-0.25
29	2.05	1.85	2.4	1.9	2.65	2.25	2.35	2.15	2.66	1.385	2.5
30	-0.65	-1.2	-1	-1.2	1.35	0.7	-0.6	-0.3	-0.57	-0.265	-0.25
31	1.45	1.95	1.4	1.55	2.05	1.55	1.6	1.55	1.73	1.19	1.5
32	0.3	-0.65	-0.5	-1.35	0.35	0.35	0.3	-0.25	-0.255	-0.6	0.25

วิเคราะห์ตามแบบวิธี RICKETT
CONVEXITY of POINT A (mm)

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	6.25	6.05	6.6	6.7	6.15	6.3	6.4	6.9	6.31	6.845	6
2	8.65	8.35	8.25	9.2	8.2	8.6	8.55	9.9	8.565	9.5	8.25
3	4.25	4.05	4.05	4.9	3.8	4.05	4.15	4.85	3.79	2.075	3.75
4	0.2	1.9	1	2.55	0.8	1.95	1.7	3.6	1.4	1.81	1
5	-2.9	-2.45	-3.1	-1.85	-3.15	-2.55	-2.95	-2.9	-2.915	-2.63	-3
6	6.65	6.75	6.5	7.35	7	7.85	6.75	8.05	6.81	5.69	6.75
7	5.65	5.85	5.6	6.1	5.5	5.4	5.9	7.55	5.8	5.89	5.75
8	2.4	3.5	2.4	4	2.45	3.45	2.9	4.7	2.41	2.935	2.25
9	6.45	7.25	6.4	7.05	6.2	7.1	6.9	8.95	6.625	6.27	6
10	-8.45	-6.9	-8.1	-6.95	-8.25	-7.55	-7.65	-4.4	-8	-6.115	-8.5
11	4.1	5.55	4.35	4.35	3.7	4.8	3.6	6.6	4.235	2.65	4
12	0.65	0.6	0.95	0.4	1	-0.2	1.55	2.75	1.35	1.25	1
13	6.65	7.15	6.2	8.2	6.2	6.95	6.9	9.05	6.585	6	6.25
14	6.8	7	7.35	7.45	6.5	6.15	7.55	8.05	7.475	5.375	6.75
15	4.15	4.55	4.45	4.75	4.15	4.2	4.5	4.5	4.615	2.72	4
16	3.1	3.9	3.3	3.1	3.05	2.9	3.2	4.35	3.2	2.37	3.25
17	7.4	7	7.65	6.8	7.55	6.9	7.75	6.75	7.955	5.025	7.5
18	4.3	4	4.7	2.7	4.8	4.2	4.5	7.55	5.005	2.84	4.5
19	0.15	0.4	0.4	0.65	0.1	0.5	0.4	1.3	0.565	0.49	0
20	5.45	6.3	5.1	4.95	5.2	5.15	5.2	6.35	5.215	6.455	5
21	4.7	2.9	4.7	6	4.85	5.2	5.25	8	4.97	5.46	4.5
22	1.15	2.25	1.7	2.6	1.5	1.95	2	2.3	1.995	1.87	1.5
23	-1.55	-1.05	-1.4	-1.2	-1.5	-1.9	-0.95	-0.35	-1.47	-0.97	-1.25
24	0.95	1.45	0.65	0.25	0.85	1.4	1.15	0.7	0.99	0.14	1
25	5.5	5.75	5.5	4.6	5.6	5.9	5.65	7	5.475	3.805	5.5
26	8.6	7.65	8.7	8.3	8.8	8.1	8.75	8.4	9.09	6.445	8
27	6.15	5.05	5.45	6.2	6.15	5.55	5.9	5.95	5.99	5.13	5.75
28	4.4	6.25	4.7	6.3	4.7	6.25	4.85	6.5	4.85	4.52	4.5
29	6.15	6.25	5.95	7.05	5.95	6.55	6.15	7.35	6.105	5.24	6
30	5.85	5.65	6.1	6.5	6.65	5.55	6.3	6.95	5.99	4.675	6
31	7	5.2	7	7.5	7	6.95	7.3	8	7.125	5.065	7
32	3.15	3.05	3.4	3.6	3.15	3	3.25	2.8	3.45	2.32	3

LOWER FACE HEIGHT ANGLE

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	49.55	48.25	49.6	49.3	49.7	49.25	48.9	49.35	49.53	48.54	48.75
2	47.45	50.2	49.55	50.6	50.4	49.8	50.3	48.85	49.95	49.365	49.25
3	48.1	48	48.65	48.9	48.4	48.75	49.35	48.35	48.44	48.96	48
4	50.6	49.75	50.45	50.6	51.15	51.2	50.35	49.5	50.34	49.75	50
5	41	41.55	41.45	41.65	41.9	41.35	42.25	40.45	41.115	42.11	41
6	43	40.95	43.1	43.1	43.4	46.1	42.3	42.25	42.62	42.755	42.75
7	52.8	52.95	52.9	53.35	53.85	55.25	53.15	52.05	54.21	53.985	53
8	45.65	42.3	46	46.6	45.8	45.4	46.1	45.8	45.81	45.635	45
9	55.45	50.8	53.25	54.45	53	53.95	52.55	53.25	52.59	51.945	52.5
10	45.8	43	49.95	48.6	47.55	45	47.95	46.25	46.885	44.785	46
11	47.8	43.9	49.55	49.6	50.05	47.35	49.35	48.4	49.095	48.31	48.75
12	50.5	51.3	57.6	57.2	54.4	56.55	54.5	55.95	57.195	50.845	52
13	50.95	51.85	54.1	52.7	54.85	53.75	53.6	53.55	54.18	51.46	53.5
14	48.85	50.3	51.25	51.15	51.8	50.2	51.45	49.4	51.665	49.87	51
15	48.8	48.8	50.2	49.05	50.75	49.8	50.55	51.15	50.12	48.855	49.5
16	44.45	43.55	45.55	44	46.25	45.15	45.05	45.1	44.72	44.615	45
17	44.6	45.05	46.95	45.3	47.35	47.25	45.9	48.1	46.61	47.8	46.25
18	58.2	57.7	59.6	58.2	60.5	58.9	59.3	57.55	59.83	55.23	59.5
19	44.2	44.2	46.6	45.3	45.85	46.15	44.8	45.35	45.815	45.165	44.75
20	42.85	42.4	44.85	43.1	44.9	41.9	43.4	41.7	44.375	42.425	43.75
21	49.3	49.7	51.2	49.1	51.75	49.4	49.95	48.2	51.46	48.86	50.75
22	45.8	46.75	47.5	47.7	47.25	47.05	46.65	47.7	46.94	46.205	47.25
23	51.3	50.5	53.15	51.85	53.85	51.75	53.25	52.5	52.375	51.695	52.5
24	38.5	38.65	41.05	38.4	41.85	37.8	39.2	38.4	41.26	39.855	40.5
25	42.7	41.85	43.65	42.45	44.45	42.45	43.45	42.95	43.52	44.97	44.5
26	54.1	55.45	56.95	54.95	57.55	57.35	55.7	56.8	56.725	55.285	56.25
27	44.75	44.8	46.3	44	46.7	44.55	45.45	45	45.955	45.06	45.5
28	48.75	50.6	50.05	50.05	50.9	50.05	49.75	49.45	50.585	50.495	53.5
29	46.8	48.6	49.7	48.85	50.15	48.45	49.9	49.7	49.35	48.85	49.25
30	45.95	44.5	46.95	44.45	47.8	45.35	46	44.95	45.9	45.445	46.5
31	50.15	50.8	51.3	49.2	51.95	49.95	51.25	50.25	50.805	49.955	51
32	49.75	49.8	51.4	49.9	50.85	49.25	51.15	50	51.51	50.915	50.25

UPPER MOLAR POSITION (mm)

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	22.15	22.45	21.95	21.8	21.2	21.7	20.7	21.6	22.665	21.35	22.5
2	20.1	18.1	20.7	17.7	20.15	17.5	18.7	15.4	21.185	19.4	20.75
3	19.9	19.95	19.8	19.25	19.65	19.2	18.25	18.6	20.89	18.89	20.5
4	15.85	16.15	16.5	15.6	15.8	15.35	14.15	14.9	16.965	11.92	16.75
5	17.25	16.4	17.35	16.65	17.5	17.65	15.85	15.45	18.225	12.795	17.75
6	16.1	15.65	15.8	16.5	15.35	14.7	14.4	14.05	17.405	12.415	16.5
7	17.55	17.5	17.5	16.65	17	16.25	15.35	14.9	18.17	13.26	18
8	18.05	17.5	18.4	17.15	18.7	12.7	17.45	15.55	19.275	12.81	18.75
9	14.75	12.75	14.35	14.7	13.75	13.85	12.1	15.3	15.03	11.48	15
10	26.6	24.35	26.85	26.35	26.4	26.75	24.7	24.8	27.425	20.44	26.5
11	16.6	16.75	16.1	15.45	16.95	15.65	14.65	15.6	17.965	11.98	17.25
12	18.3	20.15	18.95	18.55	18.85	18	16.85	19.85	19.825	14.455	19.5
13	18.55	18.4	19.3	17.7	18.6	16.9	17.2	17.45	19.295	13.02	18.75
14	18.85	17.3	18.75	15.8	18.6	18.15	17.7	17.05	19.39	12.99	19.25
15	21.15	19.45	21.25	20.3	20.1	18.85	19.05	19.95	21.53	14.55	21
16	20.2	20.35	20.15	19.65	20.9	17.65	18.4	16.55	20.985	12.525	20.5
17	15.85	17.55	15.45	16.3	15.05	14.45	13.45	14.75	16.04	12.365	16
18	15.65	17	15.6	15.6	14.95	14.7	13.5	15.15	15.735	13.425	16.5
19	18.85	18.4	18.2	16.7	18.4	16.85	17.15	15.4	19.465	12.54	19.25
20	16.65	14.4	16.65	15.85	16.6	15.2	15.05	13.4	17.525	8.845	17
21	18.65	17.35	19.3	18.2	19.05	16.7	17.65	14.85	20.27	13.13	19.5
22	17.5	17.85	17	17.7	17	17.2	16.2	15	18.305	12.81	18
23	24	25.1	23.9	25.45	23.45	24.05	21.35	24.45	24.525	18.815	24
24	18.8	19	18.9	19.65	18.65	19.4	18.3	17.45	19.76	14.305	19.75
25	22	22	21.4	21.6	20.75	20.9	19.9	20.3	21.935	16.89	22.25
26	13.25	14.2	13	13.35	11.85	12.75	11.85	12.55	14.04	10.555	13.5
27	19.75	19.65	20.5	20.15	20.35	19.5	18.8	18	21.04	13.895	20.75
28	17.8	17.25	18.55	17.15	17.75	17.2	16.5	15.45	18.57	12.79	18.5
29	15.95	16.05	15.95	16.15	15.95	16.25	14.3	13.7	17.105	11.855	16.75
30	15.65	14.1	14.9	14.2	15.05	13.1	13.75	11.65	15.49	8.465	15.5
31	16.3	16.25	17.2	16.5	16.45	15.65	15.25	14.85	17.6	12.57	17.25
32	17.75	17.7	17.35	17.85	17.1	18	17.05	10.3	17.86	14.01	17.5

LOWER INCISOR PROTRUSION (to APO) mm.

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	6.5	6.95	6.8	6.6	7.2	7	6.65	6.5	7.155	6.69	7
2	10.85	11.8	11.25	11.65	12	12.2	11.5	10.7	11.795	11.76	11.5
3	0.95	1.45	1.05	1.25	1.2	1.95	0.9	1.05	1.025	2.745	1.25
4	4.9	4.5	5.05	4.4	5.2	5.2	5.05	4.15	5.09	3.945	4.75
5	1.2	0.75	0.95	0.35	1.05	0.4	1.1	1.15	1.115	1.095	0.75
6	3.5	3.8	3.75	3.25	3.65	4.7	3.85	3.45	3.925	2.37	3.5
7	4.85	5	4.75	4.75	5.1	5.9	4.6	4.25	5.02	3.325	4.5
8	2.5	1.05	2.2	0.8	2.65	1.2	2.25	0.7	2.585	0.96	2.5
9	8.8	8.9	8.6	8.75	9.25	9.6	8.75	8.45	9.4	6.345	9
10	11.85	10.75	11	10.6	11	10.6	10.95	8.8	12	8.7	11
11	4.65	4.1	4.95	4.7	5.3	4.65	5.45	2.7	5.26	3.17	5.25
12	10.05	10.65	10.05	9.85	10.5	11.2	10.1	9.45	10.135	7.21	9.75
13	7.1	6.8	7.25	5.85	7.05	7.45	7.05	5.75	7.365	4.625	7
14	8.7	8.65	8.55	9.7	9.15	9.45	8.65	7.75	8.565	6.66	8.75
15	2.7	1.65	2.25	1.5	2.6	2.1	2.05	1.95	2.29	1.235	2.25
16	3.8	4.1	3.6	4.15	4	4.7	3.6	3.55	3.86	2.865	3.75
17	4.65	5.15	4.7	5.5	5.3	5.7	4.65	5.45	4.985	4.16	4.5
18	6.95	6.8	6.55	7.45	7.05	8.05	6.75	5.7	6.965	5.99	6.5
19	1.95	1.95	1.9	2.1	2.5	2.2	2	1.9	2.15	1.605	2
20	4.1	2.05	4.2	3.75	4.85	3.6	4.35	2.55	4.77	1.625	4.25
21	6.65	8.25	7.1	5.9	7.45	7.1	7.25	5.3	7.2	5.095	7.25
22	5.2	5.5	5.1	4.75	5.6	5.65	5.05	5.55	5.285	3.375	5.25
23	8.65	8.2	7.2	8.15	8.55	8.5	7.9	7.75	8.325	6.135	7.25
24	0.1	-0.6	0.25	0.6	0.15	0.15	-0.05	0	0.63	0.42	-0.25
25	2.35	3.35	3.35	3.65	3.6	3.05	3.5	1.85	3.515	2.9	3
26	5.75	5.85	6.05	5.15	6.3	6.35	5.5	5.25	6.295	4.02	5.5
27	5.1	5.3	5.15	4.75	5.15	5.75	5	4.95	5.26	3.21	5
28	5.95	5.25	5.75	4.6	5.7	5	5.7	4.7	5.915	3.715	6
29	-1.15	-1.5	-1.5	-2.4	-1.6	-1.55	-1.25	-2.5	-1.32	-2.37	-1.5
30	5.4	5.85	5.65	5.25	6.05	6	5.4	4.95	5.595	3.975	5.25
31	1.75	2.75	1.6	1.55	1.7	1.8	1.45	1	1.915	1.875	1.75
32	4.85	5.25	5.1	4.65	5.25	5	5.55	2.45	5.145	3.955	5.25

LOWER INCISOR INCLINATION (to APO)

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	34	35.65	34.05	32.75	34.9	34.4	39.9	38.65	35.985	35.555	35.5
2	36.75	35.95	38.15	36.35	37.7	37.2	45.15	43.5	36.65	32.735	37.5
3	19.4	23.25	18.95	20.45	18	24.8	22.1	27.5	18.33	25.26	20
4	26	27.45	26.7	26.4	26.7	27.7	28.05	27	26.175	27.91	25.5
5	18.7	17.2	19	16.8	19.45	18.2	14.85	12.45	19.155	19.41	19.75
6	23.35	27	25.25	27.05	24.35	27.15	32.35	33.85	25.285	27.355	24.5
7	23.7	24.5	28.25	23.55	23.5	25.5	29.15	32.6	23.935	22.79	22.5
8	23.05	24.75	23.45	20.6	23.05	24.1	25.5	26.6	23.7	26.695	23.25
9	33.2	33.55	32.65	33.3	33	32.95	38.2	40.1	32.33	29.815	32.5
10	30.1	29.05	29.6	28.25	30.05	29.7	22	21.15	30.82	30.19	30.25
11	28.5	28.5	28.7	29.65	28.2	28.75	32.75	33.9	28.025	27.79	28.5
12	30.1	31.3	29.55	31.6	30.2	32.7	30.35	33.8	29.23	30.615	29.5
13	28.5	28.4	28.5	27.2	28.1	26.9	34.85	34.95	28.55	27.425	27.5
14	36.9	36.6	36.55	34.4	36.1	36.1	42.75	40.65	35.15	35.825	35.75
15	21	18.8	21.1	16.55	20	17.8	24	22.45	19.035	14.96	20.25
16	22.8	25.8	22.3	24.8	23.2	27.1	26.85	29.2	22.22	26.205	23
17	18.85	21.75	19.5	22.2	18.75	20.9	27.45	28.75	18.98	20.57	18.75
18	29.85	30.55	29.75	31.3	28.6	30.9	34.2	35.8	29.645	34.59	29.5
19	18.35	19.6	18.4	18.1	18.8	20.75	18.4	20.8	17.98	19.91	18.5
20	27.15	24.75	27.1	27.8	28.4	23.65	33.95	33.65	27.725	23.15	27.25
21	28.95	33.35	29.05	27.1	29.35	27.75	34.15	34.5	29.445	28.13	29.5
22	30.35	29.35	35.45	28.25	31.6	30.55	31.4	32.1	30.57	29.67	30
23	25.95	25.55	25.85	25.315	26.15	26.95	24.25	24.15	25.47	28.53	25.5
24	20.65	21.45	20.75	23.15	20.65	23.3	22	25.35	22.48	24.115	20.75
25	23.3	23.3	23.1	24.8	23.6	22.65	29.25	29.4	23.375	26.875	22.75
26	23.2	26.15	23.15	23.25	21.85	23.35	29.65	29.35	23.245	22.285	23.5
27	27.3	29.2	26.9	27.5	26.15	30.2	32.45	35	25.615	27.92	26.5
28	23.4	23.95	22.65	21.45	22.3	22.15	27.8	28.2	22.98	24.165	23.75
29	16.55	20.4	16.05	17.25	15.5	17.1	23.5	24.15	17.285	12.645	16.75
30	29.5	30.55	29.45	28.85	29.35	31.6	36.8	33.745	29.355	30.72	28.75
31	21.5	25.7	20.3	22.3	21	22.15	28.1	30.1	21.445	23.715	21.25
32	20.45	23.35	19.9	20.45	20.25	21.7	25.1	23.25	20.475	19.85	21

FACIAL AXIS ANGLE

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	87.55	86.8	87.8	88.55	87.05	86.1	93.75	93.25	88.405	87.495	87.25
2	83.35	83.2	83.65	83.55	83	83.15	97.6	98.7	84.07	81.885	83.25
3	88.25	88.45	88.65	88.6	88.4	87.65	92.45	93.6	90.01	88.345	88.5
4	82.3	82.4	82.65	82.6	81.85	80.65	98.9	99	82.965	82.13	82
5	90.95	93.2	91	94.15	90.3	91.2	90.45	89.05	92.145	92.38	91
6	86	87.5	85.8	87.65	84.95	85.25	96.1	94.45	85.755	87.275	86.5
7	79.25	79.1	79.15	79.45	79.1	77.7	101.35	102.05	80.095	76.955	79.5
8	87.75	87.9	88	88.4	87.35	87.3	92.9	93.95	88.59	87.295	87.25
9	83.7	84.6	83.9	83.95	82.8	81.35	96.95	100.1	84.375	80.885	83
10	100.2	100.75	100.4	100.95	99.6	99.3	80.4	80.3	100.8	101.445	105.25
11	86.5	86.9	86.15	87.75	85.45	86.65	94.15	94.4	87.64	88.395	86
12	84	85.85	84.35	84.95	82.9	83.2	96.7	97.35	85.09	85.295	84
13	81.8	82.85	82.45	82.8	81.15	81.95	98.05	97.55	82.925	83.41	81
14	86.75	86.9	85.5	87.05	85.15	89.55	93.75	89.2	87.125	85.845	86.5
15	84.55	84.15	84.65	85.05	84.65	83.85	96.85	96.05	84.225	83.96	85
16	88.85	90.35	89.45	88.45	88.15	88.3	91.85	93.05	89.4	88.79	89.5
17	84.65	86.05	84.4	85.55	83.05	83.5	96.4	96.75	84.6	85.28	84.5
18	81.55	82.2	81.25	84.1	80.75	80.95	99.2	99.85	81.83	81.975	81.25
19	88.25	88.15	88.1	87.7	87	86.4	92.05	92.85	86.385	88.405	89
20	85.55	87.1	85.95	86.45	85.05	86	94.75	93.5	85.835	87.105	85
21	81.45	82.2	81.9	82.2	80.5	80.9	98.6	100.75	82.305	81.115	81.5
22	85.7	86.05	85.55	86.6	85.9	85.25	114.25	95.6	86.055	85.2	85.75
23	88.8	91.85	89.1	90	88.35	88.2	91.65	91.25	89.265	89.34	89.25
24	96.3	97.95	97.25	96.9	95.4	96	84.55	84.65	97.865	97.2	96.5
25	88.05	89.8	88.45	89.75	87.1	86.95	93	91.7	88.74	89.29	89
26	79.7	80.15	79.85	80.6	79.2	79.7	110.1	99.6	79.935	80.375	80
27	90	89.85	90.6	90.15	89.75	89.6	90.25	91.15	91.175	90.155	90.25
28	81.4	82	81.9	82.05	80.25	82.8	98.75	97.7	82.255	82.73	82
29	82.4	83.85	82.85	83.7	82.75	84.5	97.5	96.6	84.49	82.59	82.75
30	83.7	83.25	83.5	83.35	82.4	82.6	97.75	97.5	83.395	80.515	84.25
31	83.25	83.4	83.65	83.35	82.9	83.5	96.85	97.05	84.05	83.57	84
32	86.2	86.9	86	87.1	85.8	85.25	94.4	94.7	86.42	86.925	85.5

MANDIBULAR PLANE ANGLE

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	26.05	27.75	26.3	27.65	26.1	26.35	33.15	35.85	27.49	24.365	27.75
2	30.75	32.8	30.45	32.7	30.4	31.1	29	27.9	29.365	31.05	29.5
3	22.25	23.95	22.3	23.55	22.05	22.35	31.75	31.3	22.425	25.4	22.5
4	28.7	29.3	28.5	29.5	28.45	28.35	35	33.85	29.88	29.955	29.5
5	19.8	20.65	20.35	19.7	19.5	18.7	19.9	17.15	20.815	20.31	20.75
6	28	30.75	29.05	29.7	28.75	30.55	28.2	28.95	30.59	30.395	30.5
7	35.75	34.85	38.4	37.55	34.65	35.8	38	35.7	36.11	35.045	36
8	20.85	22.1	21.05	20.45	20.85	20.95	31.55	30.4	22.45	22.83	22
9	32.2	36.5	33.55	32.55	32.25	31.85	33.8	33.7	32.53	35.52	31.5
10	19.45	21.35	19.5	21.4	19.8	19.9	23.3	23.55	21.055	23.01	21
11	27.5	29.8	27.85	30.35	26.95	27.2	26.05	26.45	28.745	28.225	28.5
12	35.75	35.45	35.8	35.9	35.5	35.8	35.95	35.7	35.675	35.715	35.5
13	29.8	31.5	30.65	32.45	29.6	32.15	38.05	35.25	31.015	32.21	31.25
14	27.75	29.3	27.7	30.2	26.9	28.85	30.75	28.65	28.555	29.19	28.75
15	28.4	28.65	28.55	28.9	28.2	29.3	29.3	30	30.55	31.89	29.5
16	15.65	17.4	16.05	16.4	14.5	18.5	18.1	17.75	16.26	20.745	17.25
17	31.95	31.1	32.8	32.6	32.05	33	28.45	33.15	32.43	33.46	32
18	37.95	36.5	38	37	35.85	37.6	35.1	35.7	39.345	34.39	38.5
19	24.6	25.6	24.7	26	23.65	27.55	25.8	27.45	23.78	26.245	24.25
20	19.6	24.8	20.55	22.25	19.65	21	24.35	23.9	19.94	26.66	20
21	27.6	30	27.85	28.3	28.1	28.6	34.2	32.65	29.505	30.78	29.5
22	26.15	27.25	26.8	27.05	25.35	27.1	25.5	26.5	27.02	23.72	26.75
23	23.85	22.7	23.55	23.25	23.3	22.5	28.7	27.2	24.425	22.235	25.5
24	11	11.55	10.15	9.3	10.65	9.9	14.7	13.07	14.15	13.87	13.25
25	24.25	24.65	24.35	26.3	23.75	24.75	22.65	24.1	26.135	27.39	25.25
26	34.95	36.25	37.2	36.8	34.9	34.85	34.65	35.1	35.295	35.14	35
27	23	23.95	23.35	23.2	23.8	24.25	25	23.35	26.515	25.175	25.75
28	30.3	31.05	30.05	32	29.15	29.45	31.85	32.7	29.6	31.185	30
29	29.85	30.3	30.15	30.1	29.3	29.8	29.7	29.25	30.655	30.06	31
30	24.3	25.85	23.65	26.4	22.3	26.2	23.75	27.25	24.755	28.635	24
31	32.15	32.35	32.7	33.15	31.5	32.4	32.3	34.05	32.58	32.49	33
32	30.05	30.2	30.45	30.55	29.85	29	29.95	32.35	31.505	31.05	31

INTERINCISAL ANGLE (U1 - L1)

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	109.5	107.95	109.35	108.75	108.2	107	110	109.25	106.3	102.495	107.25
2	100.45	102.1	99.85	96.9	99.25	99.35	100.1	98.95	100.51	96.89	99
3	105.05	105.9	110.75	106	111.8	102.1	112.1	100.65	111.3	100.6	109.75
4	117.8	117.25	116.3	116.65	116.5	114.25	115.55	117.6	116.25	113.64	116
5	157.55	156.2	154.4	157.1	154.45	153.35	154.85	156.05	153.275	149.935	153.5
6	126.05	123.6	123.35	121.15	123	118.35	122.4	120.75	122.695	113.76	123.25
7	118	117.65	117.6	114.85	116.8	115.2	118.35	111.05	116.9	107.635	117.25
8	116.5	118.15	114.6	116.9	113.6	110.6	115.1	116.1	114.555	112.325	114
9	104.15	103.8	104.1	102.8	103.3	101.15	105.2	103.75	104.595	105.235	104.5
10	112.7	103.8	123.2	124.65	123.1	123.7	123.8	128.05	123.04	122.685	124.5
11	113.55	115.55	117.8	117.25	117.75	113.3	117.1	117.15	117.54	113.02	116.75
12	117.95	118.35	118.55	116.5	117.55	117.8	119.95	120	117.935	112.43	117
13	116.35	118.1	119.35	119.3	119.6	119.05	118.6	120	118.235	115.345	119.5
14	103.2	104.15	103.15	104.1	104.55	101.6	104.2	105.7	104.405	100.035	102.75
15	135.25	138.3	132.9	141.15	134.75	139.65	133.95	133.05	133.89	139.71	133.5
16	123.65	122.9	123	121.6	122.7	118.95	122.4	118.2	123.115	116.05	121.75
17	121.3	119.35	119.55	114.55	119.95	118.85	118.65	117.3	120.915	117.035	120
18	116.1	117.7	116.7	115.15	117.8	118.1	116.95	114.75	116.235	110.4	117
19	137.1	139.1	134	133.9	133.75	134	135.1	130.4	133.81	129.055	134.25
20	117.05	116	116.45	112.7	114.2	117.2	116.45	113.75	114.91	115.85	116.5
21	112	110.6	112.55	113.35	112.15	112.5	111.85	110.1	111.76	108.91	111
22	108.8	110.55	110.6	110.2	110.35	109.25	111.9	110.2	110.335	110.02	110.25
23	128.1	129.45	126.8	131.95	127.5	128.8	128.05	129.65	127.015	124.435	128
24	111.3	109.3	110.25	107.35	109.65	102.7	111	105	107.15	102.155	109.5
25	116.65	109.3	118.55	117.2	118	117.85	116.85	118.15	117.1	115.115	117.25
26	114.25	115.6	115.9	115.45	114.1	113.55	116.15	119	115.8	114.39	115.5
27	115.9	116.15	117.95	119.3	118.25	114.85	117.4	113.7	116.76	119.785	117.25
28	120.2	121.2	123.05	121.8	124.4	121.35	122.3	120.85	121.745	119.25	121.5
29	153.05	149.3	155.05	153.4	155.6	152.6	152.65	152.1	153.545	159.695	155
30	110.3	109.75	109	108.5	106.95	108.7	110.05	106.8	109.005	104.875	109
31	121.2	122.85	127.95	122.6	126.7	127.45	128.05	124.75	125.76	125.185	127
32	124.3	124.05	126.2	125.5	126.4	124.6	123	124.85	124.88	124.17	124.5

LOWER LIP to E PLANE

	DFP		QUICK CEPH		JOE (RMO)		COMPU CEPH		OTP		HAND
	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T
1	3.9	2.75	2.6	2.9	4	3.75	3.95	3.9	3.33	2.915	4
2	9.5	9.4	7.25	8.45	12.05	11.35	11	12.05	13.905	10.265	10.5
3	1.65	1.6	1.9	2.4	2.35	2.3	3.5	5.85	1.175	4.745	2.75
4	2.2	1.8	1.05	1.5	1.8	2.45	2.2	2.95	2.045	1.925	2
5	0.35	0.4	0.15	0.85	0.9	0.65	0.25	0.85	-1.64	0.625	1
6	6.8	6.55	4.45	5.4	6.65	6.3	6.05	5.7	5.71	4.64	6.5
7	4.3	3.75	1.7	2.1	4.05	3.85	3.6	3.6	4.025	3.28	3.75
8	0.9	0.8	0.45	0.8	1.25	1.6	0.9	1.4	0.385	-0.145	1.25
9	9.25	9.05	7.6	7.7	9.55	9.3	9.8	10.25	7.82	7.385	9.75
10	4.7	4.3	2.65	2.75	5.1	4.1	3.75	4.3	5.485	3.25	4
11	0.8	2.35	-0.6	-0.85	0.4	0.9	0.9	0.9	0.41	2.03	1
12	6.2	5.8	5.25	5	6.95	6.4	6.1	6.1	5.925	4.26	6
13	2.05	2.2	1.35	2.4	2.55	1.7	2.45	2.95	1.985	3.04	2.5
14	5.4	4.95	4.55	4.1	6	4.6	5.5	7.9	6.34	2.88	5.75
15	0.55	0.55	-0.05	-0.15	0.6	1.45	0.65	0.4	1.675	-0.305	0.75
16	1.8	1.5	1.75	2.05	2.3	2.7	1.95	2.35	-0.01	1.125	2
17	4.3	4.1	3.35	2.6	4.1	4.65	3.9	4.2	2.145	2.26	4
18	6.35	6.1	5.35	5.35	6.65	7.05	6.55	6.55	5.89	4.705	6.25
19	0.6	0.25	-0.25	0.8	0.75	0.85	0.55	0.75	0.415	0.61	0.75
20	2.2	2.55	1.4	2.35	2.15	2.75	2.2	2.55	3.155	1.405	2.5
21	8.65	7.75	8.4	9.05	8.8	8.5	8.7	9.15	9.395	6.805	9.5
22	2.55	2.25	1.55	1.45	3	2.1	2.15	1.95	3.72	3.03	2.25
23	4.5	4.65	3.2	3.25	4.8	5.8	4.8	5.65	3.745	2.605	4.5
24	-0.6	-0.65	-0.7	-0.3	-0.95	-0.5	0.2	-0.45	-0.03	-0.72	-0.25
25	4	3.8	2.65	3.1	4.45	3.8	4.2	4.6	3.23	2.095	4.75
26	5.25	4.8	1.7	3.15	5.6	5.6	4.75	6.25	3.965	4.06	4.75
27	2.95	3.3	2.45	1.15	3.55	3.2	3.15	3	0.535	1.35	3
28	2.7	2.55	1.8	2.55	3.7	3.1	3.05	3.5	3.99	3.145	3
29	-1.3	-1.65	-1.85	-1.45	-0.75	-0.7	-0.1	-0.95	-0.95	-1.71	-0.75
30	6.45	6.25	5.25	5.45	6.7	5.15	5.7	5.95	5.445	4.125	6.25
31	1.85	2.45	1.4	1.6	2.75	2.5	2.15	2.3	2.69	1.9	2.5
32	3	3.55	2.2	1.95	4.55	3.35	4.35	2.15	5.015	2.3	3.25

ตารางที่ 4 .แสดงการทดสอบความแตกต่างของค่าระยะทางและค่ามุม ด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการทดสอบ Post hoc tukey test

SNA f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	78.295	5	15.659	1.267	.280
Within Groups	2299.400	186	12.362		
Total	2377.695	191			

ANOVA

SNB f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	39.164	5	7.833	.293	.916
Within Groups	4974.588	186	26.745		
Total	5013.752	191			

ANOVA

ANB f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	33.824	5	6.765	.668	.648
Within Groups	1884.721	186	10.133		
Total	1918.545	191			

ANOVA

SN-GoGn f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	238.213	5	47.643	.982	.430
Within Groups	9027.456	186	48.535		
Total	9265.669	191			

ANOVA

Upper incisor to NA distance f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	128.747	5	25.749	2.583	.028
Within Groups	1854.065	186	9.968		
Total	1982.812	191			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Upper incisor to NA distance f

Tukey HSD

(I) method	(J) method	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	1.3339	.7893	.538	-.9154	3.5832
	3	1.4672	.7893	.428	-.7821	3.7165
	4	-.3141	.7893	.999	-2.5634	1.9352
	5	-.6813	.7893	.955	-2.9305	1.5680
	6	-.1047	.7893	1.000	-2.3540	2.1446
2	1	-1.3339	.7893	.538	-3.5832	.9154
	3	.1333	.7893	1.000	-2.1160	2.3826
	4	-1.6480	.7893	.294	-3.8973	.6013
	5	-2.0152	.7893	.109	-4.2645	.2341
	6	-1.4386	.7893	.451	-3.6879	.8107
3	1	-1.4672	.7893	.428	-3.7165	.7821
	2	-.1333	.7893	1.000	-2.3826	2.1160
	4	-1.7813	.7893	.212	-4.0305	.4680
	5	-2.1484	.7893	.071	-4.3977	.1009
	6	-1.5719	.7893	.347	-3.8212	.6774
4	1	.3141	.7893	.999	-1.9352	2.5634
	2	1.6480	.7893	.294	-.6013	3.8973
	3	1.7813	.7893	.212	-.4680	4.0305
	5	-.3672	.7893	.997	-2.6165	1.8821
	6	.2094	.7893	1.000	-2.0399	2.4587
5	1	.6813	.7893	.955	-1.5680	2.9305
	2	2.0152	.7893	.109	-.2341	4.2645
	3	2.1484	.7893	.071	-.1009	4.3977
	4	.3672	.7893	.997	-1.8821	2.6165
	6	.5766	.7893	.978	-1.6727	2.8259
6	1	.1047	.7893	1.000	-2.1446	2.3540
	2	1.4386	.7893	.451	-.8107	3.6879
	3	1.5719	.7893	.347	-.6774	3.8212
	4	-.2094	.7893	1.000	-2.4587	2.0399
	5	-.5766	.7893	.978	-2.8259	1.6727

Homogeneous Subsets

Upper incisor to NA distance f

Tukey HSD^a

method	N	Subset for alpha = .05
		1
3	32	4.6891
2	32	4.8223
1	32	6.1563
6	32	6.2609
4	32	6.4703
5	32	6.8375
Sig.		.071

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 32.000.

ANOVA

Upper incisor to NA f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	203.240	5	40.648	.499	.777
Within Groups	15154.348	186	81.475		
Total	15357.588	191			

ANOVA

Lower incisor to NB distance f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	129.060	5	25.812	2.797	.018
Within Groups	1716.207	186	9.227		
Total	1845.267	191			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Lower incisor to NB distance f
Tukey HSD

(I) method	(J) method	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	1.6814	.7594	.231	-.4827	3.8455
	3	-2.0313E-02	.7594	1.000	-2.1844	2.1437
	4	.9641	.7594	.802	-1.2000	3.1281
	5	-.8906	.7594	.850	-3.0547	1.2734
	6	2.812E-02	.7594	1.000	-2.1359	2.1922
2	1	-1.6814	.7594	.231	-3.8455	.4827
	3	-1.7017	.7594	.219	-3.8658	.4623
	4	-.7173	.7594	.935	-2.8814	1.4467
	5	-2.5720*	.7594	.009	-4.7361	-.4080
	6	-1.6533	.7594	.248	-3.8173	.5108
3	1	2.031E-02	.7594	1.000	-2.1437	2.1844
	2	1.7017	.7594	.219	-.4623	3.8658
	4	.9844	.7594	.787	-1.1797	3.1484
	5	-.8703	.7594	.862	-3.0344	1.2937
	6	4.844E-02	.7594	1.000	-2.1156	2.2125
4	1	-.9641	.7594	.802	-3.1281	1.2000
	2	.7173	.7594	.935	-1.4467	2.8814
	3	-.9844	.7594	.787	-3.1484	1.1797
	5	-1.8547	.7594	.142	-4.0187	.3094
	6	-.9359	.7594	.821	-3.1000	1.2281
5	1	.8906	.7594	.850	-1.2734	3.0547
	2	2.5720*	.7594	.009	.4080	4.7361
	3	.8703	.7594	.862	-1.2937	3.0344
	4	1.8547	.7594	.142	-.3094	4.0187
	6	.9187	.7594	.832	-1.2453	3.0828
6	1	-2.8125E-02	.7594	1.000	-2.1922	2.1359
	2	1.6533	.7594	.248	-.5108	3.8173
	3	-4.8438E-02	.7594	1.000	-2.2125	2.1156
	4	.9359	.7594	.821	-1.2281	3.1000
	5	-.9187	.7594	.832	-3.0828	1.2453

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

Lower incisor to NB distance f

Tukey HSD^a

method	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
2	32	6.2795	
4	32	6.9969	6.9969
6	32	7.9328	7.9328
1	32	7.9609	7.9609
3	32	7.9813	7.9813
5	32		8.8516
Sig.		.219	.142

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 32.000.

ANOVA

Lower incisor to NB f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	64.945	5	12.989	.243	.943
Within Groups	9959.878	186	53.548		
Total	10024.823	191			

ANOVA

Pog to NB f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	32.150	5	6.430	3.488	.005
Within Groups	342.928	186	1.844		
Total	375.078	191			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Pog to NB f
Tukey HSD

(I) method	(J) method	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	.2952	.3395	.954	-.6722	1.2625
	3	.4063	.3395	.839	-.5611	1.3736
	4	-.7313	.3395	.260	-1.6986	.2361
	5	.4906	.3395	.699	-.4767	1.4580
	6	.2453	.3395	.979	-.7220	1.2127
2	1	-.2952	.3395	.954	-1.2625	.6722
	3	.1111	.3395	1.000	-.8563	1.0784
	4	-1.0264*	.3395	.030	-1.9938	-5.91E-02
	5	.1955	.3395	.993	-.7719	1.1628
	6	-4.9844E-02	.3395	1.000	-1.0172	.9175
3	1	-.4063	.3395	.839	-1.3736	.5611
	2	-.1111	.3395	1.000	-1.0784	.8563
	4	-1.1375*	.3395	.010	-2.1049	-.1701
	5	8.437E-02	.3395	1.000	-.8830	1.0517
	6	-.1609	.3395	.997	-1.1283	.8064
4	1	.7313	.3395	.260	-.2361	1.6986
	2	1.0264*	.3395	.030	5.905E-02	1.9938
	3	1.1375*	.3395	.010	.1701	2.1049
	5	1.2219*	.3395	.004	.2545	2.1892
	6	.9766*	.3395	.046	9.208E-03	1.9439
5	1	-.4906	.3395	.699	-1.4580	.4767
	2	-.1955	.3395	.993	-1.1628	.7719
	3	-8.4375E-02	.3395	1.000	-1.0517	.8830
	4	-1.2219*	.3395	.004	-2.1892	-.2545
	6	-.2453	.3395	.979	-1.2127	.7220
6	1	-.2453	.3395	.979	-1.2127	.7220
	2	4.984E-02	.3395	1.000	-.9175	1.0172
	3	.1609	.3395	.997	-.8064	1.1283
	4	-.9766*	.3395	.046	-1.9439	-9.21E-03
	5	.2453	.3395	.979	-.7220	1.2127

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

Pog to NB f

Tukey HSD^a

method	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
5	32	.1266	
3	32	.2109	
2	32	.3220	
6	32	.3719	
1	32	.6172	.6172
4	32		1.3484
Sig.		.699	.260

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 32.000.

ANOVA

convexity point A f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	58.810	5	11.762	1.012	.412
Within Groups	2160.735	186	11.617		
Total	2219.544	191			

ANOVA

Lower facial Height f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	34.143	5	6.829	.349	.883
Within Groups	3643.279	186	19.588		
Total	3677.422	191			

ANOVA

Upper Molar to PTV f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	503.891	5	100.778	11.430	.000
Within Groups	1639.958	186	8.817		
Total	2143.849	191			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Upper Molar to PTV f
Tukey HSD

(I) method	(J) method	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	4.9908*	.7423	.000	2.8753	7.1062
	3	2.4063*	.7423	.015	.2908	4.5217
	4	1.5156	.7423	.319	-.5998	3.6311
	5	.9078	.7423	.826	-1.2076	3.0233
	6	.7562	.7423	.912	-1.3592	2.8717
2	1	-4.9908*	.7423	.000	-7.1062	-2.8753
	3	-2.5845*	.7423	.007	-4.7000	-.4691
	4	-3.4752*	.7423	.000	-5.5906	-1.3597
	5	-4.0830*	.7423	.000	-6.1984	-1.9675
	6	-4.2345*	.7423	.000	-6.3500	-2.1191
3	1	-2.4063*	.7423	.015	-4.5217	-.2908
	2	2.5845*	.7423	.007	.4691	4.7000
	4	-.8906	.7423	.837	-3.0061	1.2248
	5	-1.4984	.7423	.332	-3.6139	.6170
	6	-1.6500	.7423	.227	-3.7654	.4654
4	1	-1.5156	.7423	.319	-3.6311	.5998
	2	3.4752*	.7423	.000	1.3597	5.5906
	3	.8906	.7423	.837	-1.2248	3.0061
	5	-.6078	.7423	.964	-2.7233	1.5076
	6	-.7594	.7423	.910	-2.8748	1.3561
5	1	-.9078	.7423	.826	-3.0233	1.2076
	2	4.0830*	.7423	.000	1.9675	6.1984
	3	1.4984	.7423	.332	-.6170	3.6139
	4	.6078	.7423	.964	-1.5076	2.7233
	6	-.1516	.7423	1.000	-2.2670	1.9639
6	1	-.7562	.7423	.912	-2.8717	1.3592
	2	4.2345*	.7423	.000	2.1191	6.3500
	3	1.6500	.7423	.227	-.4654	3.7654
	4	.7594	.7423	.910	-1.3561	2.8748
	5	.1516	.7423	1.000	-1.9639	2.2670

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

Upper Molar to PTV f

Tukey HSD^a

method	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
2	32	13.7983		
3	32		16.3828	
4	32		17.2734	17.2734
5	32		17.8813	17.8813
6	32		18.0328	18.0328
1	32			18.7891
Sig.		1.000	.227	.319

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 32.000.

ANOVA

Lower incisor to A-PO f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	47.002	5	9.400	.970	.437
Within Groups	1802.058	186	9.688		
Total	1849.060	191			

ANOVA

Lower incisor inclination to APO f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	480.008	5	96.002	3.171	.009
Within Groups	5631.855	186	30.279		
Total	6111.863	191			

Post Hoc Tests

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Lower incisor inclination to APO f

Tukey HSD

(I) method	(J) method	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.5508	1.3757	.999	-4.4710	3.3694
	3	-4.5905*	1.3757	.011	-8.5107	-.6703
	4	-.8422	1.3757	.990	-4.7624	3.0780
	5	3.078E-02	1.3757	1.000	-3.8894	3.9510
	6	-1.1547	1.3757	.960	-5.0749	2.7655
2	1	.5508	1.3757	.999	-3.3694	4.4710
	3	-4.0397*	1.3757	.039	-7.9599	-.1195
	4	-.2914	1.3757	1.000	-4.2116	3.6288
	5	.5816	1.3757	.998	-3.3387	4.5018
	6	-.6039	1.3757	.998	-4.5241	3.3163
3	1	4.5905*	1.3757	.011	.6703	8.5107
	2	4.0397*	1.3757	.039	.1195	7.9599
	4	3.7483	1.3757	.070	-.1719	7.6685
	5	4.6212*	1.3757	.010	.7010	8.5415
	6	3.4358	1.3757	.125	-.4844	7.3560
4	1	.8422	1.3757	.990	-3.0780	4.7624
	2	.2914	1.3757	1.000	-3.6288	4.2116
	3	-3.7483	1.3757	.070	-7.6685	.1719
	5	.8730	1.3757	.988	-3.0472	4.7932
	6	-.3125	1.3757	1.000	-4.2327	3.6077
5	1	-3.0781E-02	1.3757	1.000	-3.9510	3.8894
	2	-.5816	1.3757	.998	-4.5018	3.3387
	3	-4.6212*	1.3757	.010	-8.5415	-.7010
	4	-.8730	1.3757	.988	-4.7932	3.0472
	6	-1.1855	1.3757	.955	-5.1057	2.7347
6	1	1.1547	1.3757	.960	-2.7655	5.0749
	2	.6039	1.3757	.998	-3.3163	4.5241
	3	-3.4358	1.3757	.125	-7.3560	.4644
	4	.3125	1.3757	1.000	-3.6077	4.2327
	5	1.1855	1.3757	.955	-2.7347	5.1057

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

Lower incisor inclination to APO f

Tukey HSD^a

method	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
5	32	25.5864	
1	32	25.6172	
2	32	26.1680	
4	32	26.4594	26.4594
6	32	26.7719	26.7719
3	32		30.2077
Sig.		.955	.070

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 32.000.

ANOVA

Facial axis angle f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2003.454	5	400.691	17.887	.000
Within Groups	4166.667	186	22.401		
Total	6170.121	191			

Post Hoc Tests

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Facial axis angle f

Tukey HSD

(I) method	(J) method	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	7.641E-02	1.1833	1.000	-3.2955	3.4483
	3	-8.6641*	1.1833	.000	-12.0360	-5.2921
	4	.6484	1.1833	.994	-2.7235	4.0204
	5	-.5453	1.1833	.997	-3.9172	2.8266
	6	-.4891	1.1833	.998	-3.8610	2.8829
2	1	-7.6406E-02	1.1833	1.000	-3.4483	3.2955
	3	-8.7405*	1.1833	.000	-12.1124	-5.3685
	4	.5720	1.1833	.997	-2.7999	3.9440
	5	-.6217	1.1833	.995	-3.9936	2.7502
	6	-.5655	1.1833	.997	-3.9374	2.8065
3	1	8.6641*	1.1833	.000	5.2921	12.0360
	2	8.7405*	1.1833	.000	5.3685	12.1124
	4	9.3125*	1.1833	.000	5.9406	12.6844
	5	8.1187*	1.1833	.000	4.7468	11.4907
	6	8.1750*	1.1833	.000	4.8031	11.5469
4	1	-.6484	1.1833	.994	-4.0204	2.7235
	2	-.5720	1.1833	.997	-3.9440	2.7999
	3	-9.3125*	1.1833	.000	-12.6844	-5.9406
	5	-1.1937	1.1833	.915	-4.5657	2.1782
	6	-1.1375	1.1833	.930	-4.5094	2.2344
5	1	.5453	1.1833	.997	-2.8266	3.9172
	2	.6217	1.1833	.995	-2.7502	3.9936
	3	-8.1187*	1.1833	.000	-11.4907	-4.7468
	4	1.1937	1.1833	.915	-2.1782	4.5657
	6	5.625E-02	1.1833	1.000	-3.3157	3.4282
6	1	.4891	1.1833	.998	-2.8829	3.8610
	2	.5655	1.1833	.997	-2.8065	3.9374
	3	-8.1750*	1.1833	.000	-11.5469	-4.8031
	4	1.1375	1.1833	.930	-2.2344	4.5094
	5	-5.6250E-02	1.1833	1.000	-3.4282	3.3157

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

Facial axis angle f

Tukey HSD^a

method	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
4	32	85.4766	
2	32	86.0486	
1	32	86.1250	
6	32	86.6141	
5	32	86.6703	
3	32		94.7891
Sig.		.915	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 32.000.

ANOVA

Mandibular plane angle f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	55.728	5	11.146	.332	.893
Within Groups	6244.348	186	33.572		
Total	6300.076	191			

ANOVA

Interincisor Angle f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	170.934	5	34.187	.205	.960
Within Groups	31053.881	186	166.956		
Total	31224.816	191			

ANOVA

Lower lip to E-plane f

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	43.123	5	8.625	1.186	.318
Within Groups	1352.930	186	7.274		
Total	1396.052	191			

Oneway

ANOVA

SNA-t

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.326	5	.465	.034	.999
Within Groups	2519.482	186	13.546		
Total	2521.809	191			

ANOVA

SNB-t

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.855	5	1.571	.060	.998
Within Groups	4865.104	186	26.156		
Total	4872.959	191			

ANOVA

ANB-T

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.327	5	.665	.060	.998
Within Groups	2068.756	186	11.122		
Total	2072.083	191			

ANOVA

Sn-GoGn-t

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	342.351	5	68.470	1.450	.208
Within Groups	8782.332	186	47.217		
Total	9124.683	191			

ANOVA

U1-NA t

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	27.641	5	5.528	.534	.751
Within Groups	1926.671	186	10.358		
Total	1954.312	191			

ANOVA

U1-NA angle t

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.246	5	1.649	.021	1.000
Within Groups	14285.367	186	76.803		
Total	14293.613	191			

ANOVA

L1-NB t

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	63.063	5	12.613	1.487	.196
Within Groups	1577.768	186	8.483		
Total	1640.831	191			

ANOVA

L1-NB angle t

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.164	5	.633	.012	1.000
Within Groups	9811.872	186	52.752		
Total	9815.035	191			

ANOVA

POG-NB t

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	32.028	5	6.406	2.952	.014
Within Groups	403.548	186	2.170		
Total	435.577	191			

Post Hoc Tests

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Multiple Comparisons

Dependent Variable: POG-NB t

Tukey HSD

(I) method	(J) method	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	.2777	.3682	.975	-.7717	1.3270
	3	9.844E-02	.3682	1.000	-.9509	1.1478
	4	-.8906	.3682	.150	-1.9400	.1588
	5	.1875	.3682	.996	-.8619	1.2369
	6	.2931	.3682	.968	-.7563	1.3425
2	1	-.2777	.3682	.975	-1.3270	.7717
	3	-.1792	.3682	.997	-1.2286	.8702
	4	-1.1683*	.3682	.019	-2.2177	-.1189
	5	-9.0156E-02	.3682	1.000	-1.1395	.9592
	6	1.547E-02	.3682	1.000	-1.0339	1.0648
3	1	-9.8437E-02	.3682	1.000	-1.1478	.9509
	2	.1792	.3682	.997	-.8702	1.2286
	4	-.9891	.3682	.078	-2.0384	6.032E-02
	5	8.906E-02	.3682	1.000	-.9603	1.1384
	6	.1947	.3682	.995	-.8547	1.2441
4	1	.8906	.3682	.150	-.1588	1.9400
	2	1.1683*	.3682	.019	.1189	2.2177
	3	.9891	.3682	.078	-6.03E-02	2.0384
	5	1.0781*	.3682	.040	2.875E-02	2.1275
	6	1.1838*	.3682	.016	.1344	2.2331
5	1	-.1875	.3682	.996	-1.2369	.8619
	2	9.016E-02	.3682	1.000	-.9592	1.1395
	3	-8.9062E-02	.3682	1.000	-1.1384	.9603
	4	-1.0781*	.3682	.040	-2.1275	-2.87E-02
	6	.1056	.3682	1.000	-.9438	1.1550
6	1	-.2931	.3682	.968	-1.3425	.7563
	2	-1.5469E-02	.3682	1.000	-1.0648	1.0339
	3	-.1947	.3682	.995	-1.2441	.8547
	4	-1.1838*	.3682	.016	-2.2331	-.1344
	5	-.1056	.3682	1.000	-1.1550	.9438

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

POG-NB t

Tukey HSD^a

method	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
6	32	.3241	
2	32	.3395	
5	32	.4297	
3	32	.5188	.5188
1	32	.6172	.6172
4	32		1.5078
Sig.		.968	.078

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 32.000.

ANOVA

Convexity point A t

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.181	5	.636	.050	.998
Within Groups	2371.365	186	12.749		
Total	2374.546	191			

ANOVA

Lower face height t

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	67.071	5	13.414	.704	.621
Within Groups	3541.662	186	19.041		
Total	3608.734	191			

ANOVA

U6-PTV t

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	107.920	5	21.584	2.766	.020
Within Groups	1451.433	186	7.803		
Total	1559.354	191			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: U6-PTV t
Tukey HSD

(I) method	(J) method	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.3200	.6984	.997	-2.3101	1.6701
	3	2.0531*	.6984	.039	6.299E-02	4.0433
	4	.7297	.6984	.903	-1.2604	2.7198
	5	.4281	.6984	.990	-1.5620	2.4183
	6	.4656	.6984	.986	-1.5245	2.4558
2	1	.3200	.6984	.997	-1.6701	2.3101
	3	2.3731*	.6984	.009	.3830	4.3633
	4	1.0497	.6984	.662	-.9404	3.0398
	5	.7481	.6984	.893	-1.2420	2.7383
	6	.7856	.6984	.871	-1.2045	2.7758
3	1	-2.0531*	.6984	.039	-4.0433	-6.30E-02
	2	-2.3731*	.6984	.009	-4.3633	-.3830
	4	-1.3234	.6984	.405	-3.3136	.6667
	5	-1.6250	.6984	.183	-3.6151	.3651
	6	-1.5875	.6984	.205	-3.5776	.4026
4	1	-.7297	.6984	.903	-2.7198	1.2604
	2	-1.0497	.6984	.662	-3.0398	.9404
	3	1.3234	.6984	.405	-.6667	3.3136
	5	-.3016	.6984	.998	-2.2917	1.6886
	6	-.2641	.6984	.999	-2.2542	1.7261
5	1	-.4281	.6984	.990	-2.4183	1.5620
	2	-.7481	.6984	.893	-2.7383	1.2420
	3	1.6250	.6984	.183	-.3651	3.6151
	4	.3016	.6984	.998	-1.6886	2.2917
	6	3.750E-02	.6984	1.000	-1.9526	2.0276
6	1	-.4656	.6984	.986	-2.4558	1.5245
	2	-.7856	.6984	.871	-2.7758	1.2045
	3	1.5875	.6984	.205	-.4026	3.5776
	4	.2641	.6984	.999	-1.7261	2.2542
	5	-3.7500E-02	.6984	1.000	-2.0276	1.9526

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

U6-PTV t

Tukey HSD^a

method	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
3	32	16.7359	
4	32	18.0594	18.0594
6	32	18.3234	18.3234
5	32	18.3609	18.3609
1	32		18.7891
2	32		19.1091
Sig.		.183	.662

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 32.000.

ANOVA

L1-APO t

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.720	5	.744	.077	.996
Within Groups	1803.792	186	9.698		
Total	1807.512	191			

ANOVA

L1 inclination to APO t

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	410.286	5	82.057	2.506	.032
Within Groups	6090.889	186	32.747		
Total	6501.175	191			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: L1 inclination to APO t
Tukey HSD

(I) method	(J) method	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-2.7969E-02	1.4306	1.000	-4.1048	4.0489
	3	-3.9844	1.4306	.060	-8.0612	9.247E-02
	4	2.969E-02	1.4306	1.000	-4.0472	4.1065
	5	-.3234	1.4306	1.000	-4.4003	3.7534
	6	-5.0000E-02	1.4306	1.000	-4.1268	4.0268
2	1	2.797E-02	1.4306	1.000	-4.0489	4.1048
	3	-3.9564	1.4306	.063	-8.0333	.1204
	4	5.766E-02	1.4306	1.000	-4.0192	4.1345
	5	-.2955	1.4306	1.000	-4.3723	3.7814
	6	-2.2031E-02	1.4306	1.000	-4.0989	4.0548
3	1	3.9844	1.4306	.060	-9.25E-02	8.0612
	2	3.9564	1.4306	.063	-.1204	8.0333
	4	4.0141	1.4306	.057	-6.28E-02	8.0909
	5	3.6609	1.4306	.108	-.4159	7.7378
	6	3.9344	1.4306	.066	-.1425	8.0112
4	1	-2.9687E-02	1.4306	1.000	-4.1065	4.0472
	2	-5.7656E-02	1.4306	1.000	-4.1345	4.0192
	3	-4.0141	1.4306	.057	-8.0909	6.278E-02
	5	-.3531	1.4306	1.000	-4.4300	3.7237
	6	-7.9688E-02	1.4306	1.000	-4.1565	3.9972
5	1	.3234	1.4306	1.000	-3.7534	4.4003
	2	.2955	1.4306	1.000	-3.7814	4.3723
	3	-3.6609	1.4306	.108	-7.7378	.4159
	4	.3531	1.4306	1.000	-3.7237	4.4300
	6	.2734	1.4306	1.000	-3.8034	4.3503
6	1	5.000E-02	1.4306	1.000	-4.0268	4.1268
	2	2.203E-02	1.4306	1.000	-4.0548	4.0989
	3	-3.9344	1.4306	.066	-8.0112	.1425
	4	7.969E-02	1.4306	1.000	-3.9972	4.1565
	5	-.2734	1.4306	1.000	-4.3503	3.8034

Homogeneous Subsets

L1 inclination to APO t

Tukey HSD^a

method	N	Subset for alpha = .05
		1
4	32	25.5875
1	32	25.6172
2	32	25.6452
6	32	25.6672
5	32	25.9406
3	32	29.6016
Sig.		.057

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 32.000.

ANOVA

Facial axis angle t

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2550.582	5	510.116	21.428	.000
Within Groups	4428.011	186	23.807		
Total	6978.592	191			

Post Hoc Tests

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Facial axis angle t

Tukey HSD

(I) method	(J) method	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.3817	1.2198	1.000	-3.8578	3.0943
	3	-9.5703*	1.2198	.000	-13.0464	-6.0942
	4	.8750	1.2198	.980	-2.6011	4.3511
	5	6.719E-02	1.2198	1.000	-3.4089	3.5433
	6	.2281	1.2198	1.000	-3.2479	3.7042
2	1	.3817	1.2198	1.000	-3.0943	3.8578
	3	-9.1886*	1.2198	.000	-12.6647	-5.7125
	4	1.2567	1.2198	.908	-2.2193	4.7328
	5	.4489	1.2198	.999	-3.0272	3.9250
	6	.6098	1.2198	.996	-2.8662	4.0859
3	1	9.5703*	1.2198	.000	6.0942	13.0464
	2	9.1886*	1.2198	.000	5.7125	12.6647
	4	10.4453*	1.2198	.000	6.9692	13.9214
	5	9.6375*	1.2198	.000	6.1614	13.1136
	6	9.7984*	1.2198	.000	6.3224	13.2745
4	1	-.8750	1.2198	.980	-4.3511	2.6011
	2	-1.2567	1.2198	.908	-4.7328	2.2193
	3	-10.4453*	1.2198	.000	-13.9214	-6.9692
	5	-.8078	1.2198	.986	-4.2839	2.6683
	6	-.6469	1.2198	.995	-4.1229	2.8292
5	1	-6.7188E-02	1.2198	1.000	-3.5433	3.4089
	2	-.4489	1.2198	.999	-3.9250	3.0272
	3	-9.6375*	1.2198	.000	-13.1136	-6.1614
	4	.8078	1.2198	.986	-2.6683	4.2839
	6	.1609	1.2198	1.000	-3.3151	3.6370
6	1	-.2281	1.2198	1.000	-3.7042	3.2479
	2	-.6098	1.2198	.996	-4.0859	2.8662
	3	-9.7984*	1.2198	.000	-13.2745	-6.3224
	4	.6469	1.2198	.995	-2.8292	4.1229
	5	-.1609	1.2198	1.000	-3.6370	3.3151

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Facial axis angle t

Tukey HSD^a

method	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
4	32	85.2500	
6	32	85.8969	
5	32	86.0578	
1	32	86.1250	
2	32	86.5067	
3	32		95.6953
Sig.		.908	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 32.000.

ANOVA

Mandibular plane angle t

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	125.388	5	25.078	.717	.611
Within Groups	6502.846	186	34.962		
Total	6628.235	191			

ANOVA

U1-L1 angle t

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15.805	5	3.161	.021	1.000
Within Groups	27729.464	186	149.083		
Total	27745.268	191			

ANOVA

Lower Lip-E plane t

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	41.987	5	8.397	1.045	.393
Within Groups	1494.972	186	8.037		
Total	1536.959	191			

ตารางค่า Dalhberg's formula เปรียบเทียบการวัด ครั้งที่1และครั้งที่2 ของค่า SNA, SN-GOGN , L1-APO.

ค่า SNA										
snathand	snat dfp	snaf dfp	snatquick	snafquick	snatjoe	snafjoe	snatcomp	snafcomp	snatotp	snafotp
0.87	1.2	1.05	0.86	1.23	0.87	0.85	1.01	0.91	0.78	1.47
ค่าSN-GOGN										
sngognhand	sngognthand	sngognthand	sngognthand	sngognthand	sngognthand	sngognthand	sngognthand	sngognthand	sngognthand	sngognthand
0.69	1.06	1.46	1.33	1.41	1.46	0.57	0.87	0.87	0.97	1.22
ค่าL1 to APO										
1apothand	1apotdfp	1apofdfp	1apotquick	1apofquick	1apotjoe	1apofjoe	1apotcomp	1apofcomp	1apototp	1apofotp
0.6	0.73	0.83	0.62	0.71	0.54	0.56	0.64	0.38	0.59	0.47

ตารางที่ 5. แสดงการทดสอบความตามารถในการวัดค่าของค่า SNA, SN-GOGN และค่าระยะทาง L1-APO ด้วย Dalhberg's formula

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6. แสดงการทดสอบความสามารถในการวัดซ้ำของค่ามุม SNA ,Sn-GoGn และค่าระยะทาง L1-APO ด้วยสถิติวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย paired t-test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	DFPSNAT1	82.5812	32	4.0415	.7144
	DFPSNAT2	82.5438	32	3.6698	.6487
Pair 2	DFPSNAF1	83.5313	32	3.7385	.6609
	DFPSNAF2	83.2750	32	3.4717	.6137
Pair 3	QUISNAT1	82.5313	32	3.6756	.6498
	QUISNAT2	82.3000	32	3.6208	.6401
Pair 4	QUISNAF1	83.4219	32	3.8050	.6726
	QUISNAF2	83.5187	32	3.3900	.5993
Pair 5	JOESNAT1	82.4031	32	3.7142	.6566
	JOESNAT2	82.2063	32	3.6834	.6511
Pair 6	JOESNAF1	83.4875	32	3.6256	.6409
	JOESNAF2	83.3188	32	3.6035	.6370
Pair 7	COMSNAT1	82.4406	32	3.7213	.6578
	COMSNAT2	82.7688	32	3.8295	.6770
Pair 8	COMSNAF1	84.5875	32	3.7218	.6579
	COMSNAF2	84.4938	32	3.5832	.6334
Pair 9	OTPSNAT1	82.4991	32	3.6759	.6498
	OTPSNAT2	82.5050	32	3.7267	.6588
Pair 10	OTPSNAF1	83.3241	32	3.5794	.6328
	OTPSNAF2	83.1594	32	3.1168	.5510
Pair 11	HANSNAT1	82.3125	32	3.7217	.6579
	HANSNAT2	82.3750	32	3.7909	.6701

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	DFPSNAT1 & DFPSNAT2	32	.905	.000
Pair 2	DFPSNAF1 & DFPSNAF2	32	.917	.000
Pair 3	QUISNAT1 & QUISNAT2	32	.945	.000
Pair 4	QUISNAF1 & QUISNAF2	32	.886	.000
Pair 5	JOESNAT1 & JOESNAT2	32	.944	.000
Pair 6	JOESNAF1 & JOESNAF2	32	.944	.000
Pair 7	COMSNAT1 & COMSNAT2	32	.930	.000
Pair 8	COMSNAF1 & COMSNAF2	32	.937	.000
Pair 9	OTPSNAT1 & OTPSNAT2	32	.955	.000
Pair 10	OTPSNAF1 & OTPSNAF2	32	.811	.000
Pair 11	HANSNAT1 & HANSNAT2	32	.945	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Pair 1	DFPSNAT1 - DFPSNAT2	3.750E-02	1.7187	.3038	-.5822	.6572
Pair 2	DFPSNAF1 - DFPSNAF2	.2563	1.4878	.2630	-.2802	.7927
Pair 3	QUISNAT1 - QUISNAT2	.2313	1.2090	.2137	-.2046	.6671
Pair 4	QUISNAF1 - QUISNAF2	-9.69E-02	1.7655	.3121	-.7334	.5397
Pair 5	JOESNAT1 - JOESNAT2	.1969	1.2364	.2186	-.2489	.6426
Pair 6	JOESNAF1 - JOESNAF2	.1687	1.2060	.2132	-.2661	.6036
Pair 7	COMSNAT1 - COMSNAT2	-.3281	1.4195	.2509	-.8399	.1837
Pair 8	COMSNAF1 - COMSNAF2	9.375E-02	1.2994	.2297	-.3747	.5622
Pair 9	OTPSNAT1 - OTPSNAT2	-5.94E-03	1.1146	.1970	-.4078	.3959
Pair 10	OTPSNAF1 - OTPSNAF2	.1647	2.1036	.3719	-.5937	.9231
Pair 11	HANSNAT1 - HANSNAT2	-6.25E-02	1.2427	.2197	-.5105	.3855

Paired Samples Test

		t	df	Sig.
				(2-tailed)
Pair 1	DFPSNAT1 - DFPSNAT2	.123	31	.903
Pair 2	DFPSNAF1 - DFPSNAF2	.974	31	.337
Pair 3	QUISNAT1 - QUISNAT2	1.082	31	.288
Pair 4	QUISNAF1 - QUISNAF2	-.310	31	.758
Pair 5	JOESNAT1 - JOESNAT2	.901	31	.375
Pair 6	JOESNAF1 - JOESNAF2	.792	31	.435
Pair 7	COMSNAT1 - COMSNAT2	-1.308	31	.201
Pair 8	COMSNAF1 - COMSNAF2	.408	31	.686
Pair 9	OTPSNAT1 - OTPSNAT2	-.030	31	.976
Pair 10	OTPSNAF1 - OTPSNAF2	.443	31	.661
Pair 11	HANSNAT1 - HANSNAT2	-.284	31	.778

T-Test

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	DFPSNGT1	34.6062	32	7.0371	1.2440
	DFPSNGT2	34.9094	32	6.4733	1.1443
Pair 2	DFPSNGF1	34.6312	32	7.1160	1.2579
	DFPSNGF2	34.3125	32	7.3020	1.2908
Pair 3	QUISNGT1	36.9969	32	7.7575	1.3713
	QUISNGT2	37.0406	32	7.2446	1.2807
Pair 4	QUISNGF1	36.6563	32	7.7055	1.3621
	QUISNGF2	35.9875	32	7.3114	1.2925
Pair 5	JOESNGT1	36.8438	32	7.2107	1.2747
	JOESNGT2	36.4188	32	6.9954	1.2366
Pair 6	JOESNGF1	36.1813	32	7.0502	1.2463
	JOESNGF2	36.1344	32	7.3245	1.2948
Pair 7	COMSNGT1	33.9625	32	6.9131	1.2221
	COMSNGT2	34.0594	32	6.7157	1.1872
Pair 8	COMSNGF1	33.9281	32	6.9723	1.2325
	COMSNGF2	34.2406	32	7.0396	1.2444
Pair 9	OTPSNGT1	37.7491	32	6.6941	1.1834
	OTPSNGT2	37.8762	32	6.6525	1.1760
Pair 10	OTPSNGF1	37.3494	32	6.6711	1.1793
	OTPSNGF2	37.2803	32	6.3056	1.1147
Pair 11	HANSNGT1	35.1719	32	6.6011	1.1669
	HANSNGT2	35.3906	32	6.5817	1.1635

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	DFPSNGT1 & DFPSNGT2	32	.979	.000
Pair 2	DFPSNGF1 & DFPSNGF2	32	.959	.000
Pair 3	QUISNGT1 & QUISNGT2	32	.970	.000
Pair 4	QUISNGF1 & QUISNGF2	32	.969	.000
Pair 5	JOESNGT1 & JOESNGT2	32	.959	.000
Pair 6	JOESNGF1 & JOESNGF2	32	.994	.000
Pair 7	COMSNGT1 & COMSNGT2	32	.984	.000
Pair 8	COMSNGF1 & COMSNGF2	32	.985	.000
Pair 9	OTPSNGT1 & OTPSNGT2	32	.978	.000
Pair 10	OTPSNGF1 & OTPSNGF2	32	.965	.000
Pair 11	HANSNGT1 & HANSNGT2	32	.989	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Pair 1	DFPSNGT1 - DFPSNGT2	-.3031	1.4961	.2645	-.8425	.2363
Pair 2	DFPSNGF1 - DFPSNGF2	.3187	2.0784	.3674	-.4306	1.0681
Pair 3	QUISNGT1 - QUISNGT2	-4.38E-02	1.9116	.3379	-.7329	.6454
Pair 4	QUISNGF1 - QUISNGF2	.6687	1.9088	.3374	-1.94E-02	1.3569
Pair 5	JOESNGT1 - JOESNGT2	.4250	2.0491	.3622	-.3138	1.1638
Pair 6	JOESNGF1 - JOESNGF2	4.688E-02	.8215	.1452	-.2493	.3430
Pair 7	COMSNGT1 - COMSNGT2	-9.69E-02	1.2527	.2215	-.5485	.3548
Pair 8	COMSNGF1 - COMSNGF2	-.3125	1.2021	.2125	-.7459	.1209
Pair 9	OTPSNGT1 - OTPSNGT2	-.1272	1.3926	.2462	-.6293	.3749
Pair 10	OTPSNGF1 - OTPSNGF2	6.906E-02	1.7574	.3107	-.5646	.7027
Pair 11	HANSNGT1 - HANSNGT2	-.2188	.9667	.1709	-.5673	.1298

Paired Samples Test

		t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	DFPSNGT1 - DFPSNGT2	-1.146	31	.261
Pair 2	DFPSNGF1 - DFPSNGF2	.868	31	.392
Pair 3	QUISNGT1 - QUISNGT2	-.129	31	.898
Pair 4	QUISNGF1 - QUISNGF2	1.982	31	.056
Pair 5	JOESNGT1 - JOESNGT2	1.173	31	.250
Pair 6	JOESNGF1 - JOESNGF2	.323	31	.749
Pair 7	COMSNGT1 - COMSNGT2	-.437	31	.665
Pair 8	COMSNGF1 - COMSNGF2	-1.471	31	.151
Pair 9	OTPSNGT1 - OTPSNGT2	-.517	31	.609
Pair 10	OTPSNGF1 - OTPSNGF2	.222	31	.826
Pair 11	HANSNGT1 - HANSNGT2	-1.280	31	.210

T-Test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	DFPLAPT1	4.9813	32	3.1719	.5607
	DFPLAPT2	5.0906	32	3.1249	.5524
Pair 2	DFPLAPF1	5.1500	32	3.3560	.5933
	DFPLAPF2	4.8687	32	3.3008	.5835
Pair 3	QUILAPT1	5.0938	32	3.0262	.5350
	QUILAPT2	4.9188	32	3.1368	.5545
Pair 4	QUILAPF1	4.6094	32	3.1115	.5500
	QUILAPF2	4.9875	32	3.4011	.6012
Pair 5	JOELAPT1	5.4063	32	3.0808	.5446
	JOELAPT2	5.2500	32	3.3170	.5864
Pair 6	JOELAPF1	5.4719	32	3.2430	.5733
	JOELAPF2	5.1938	32	3.4590	.6115
Pair 7	COMLAPT1	5.0656	32	3.0367	.5368
	COMLAPT2	5.0125	32	3.2150	.5683
Pair 8	COMLAPF1	4.1688	32	3.0589	.5407
	COMLAPF2	4.4062	32	2.9721	.5254
Pair 9	OTPLAPT1	5.2953	32	3.1136	.5504
	OTPLAPT2	5.2806	32	3.2611	.5765
Pair 10	OTPLAPF1	3.7525	32	2.8067	.4962
	OTPLAPF2	3.9591	32	2.6228	.4637
Pair 11	HANLAPT1	5.0469	32	3.0753	.5436
	HANLAPT2	4.9219	32	3.1727	.5609

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	DFPLAPT1 & DFPLAPT2	32	.945	.000
Pair 2	DFPLAPF1 & DFPLAPF2	32	.939	.000
Pair 3	QUILAPT1 & QUILAPT2	32	.961	.000
Pair 4	QUILAPF1 & QUILAPF2	32	.962	.000
Pair 5	JOELAPT1 & JOELAPT2	32	.975	.000
Pair 6	JOELAPF1 & JOELAPF2	32	.977	.000
Pair 7	COMLAPT1 & COMLAPT2	32	.958	.000
Pair 8	COMLAPF1 & COMLAPF2	32	.988	.000
Pair 9	OTPLAPT1 & OTPLAPT2	32	.966	.000
Pair 10	OTPLAPF1 & OTPLAPF2	32	.974	.000
Pair 11	HANLAPT1 & HANLAPT2	32	.963	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Pair 1	DFPLAPT1 - DFPLAPT2	-.1094	1.0458	.1849	-.4864	.2677
Pair 2	DFPLAPF1 - DFPLAPF2	.2813	1.1624	.2055	-.1379	.7004
Pair 3	QUILAPT1 - QUILAPT2	.1750	.8666	.1532	-.1374	.4874
Pair 4	QUILAPF1 - QUILAPF2	-.3781	.9472	.1674	-.7196	-3.66E-02
Pair 5	JOELAPT1 - JOELAPT2	.1563	.7543	.1333	-.1157	.4282
Pair 6	JOELAPF1 - JOELAPF2	.2781	.7542	.1333	6.197E-03	.5501
Pair 7	COMLAPT1 - COMLAPT2	5.312E-02	.9218	.1629	-.2792	.3855
Pair 8	COMLAPF1 - COMLAPF2	-.2375	.4818	8.516E-02	-.4112	-6.38E-02
Pair 9	OTPLAPT1 - OTPLAPT2	1.469E-02	.8488	.1501	-.2913	.3207
Pair 10	OTPLAPF1 - OTPLAPF2	-.2066	.6479	.1145	-.4402	2.704E-02
Pair 11	HANLAPT1 - HANLAPT2	.1250	.8519	.1506	-.1822	.4322

Paired Samples Test

		t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	DFPLAPT1 - DFPLAPT2	-.592	31	.558
Pair 2	DFPLAPF1 - DFPLAPF2	1.369	31	.181
Pair 3	QUILAPT1 - QUILAPT2	1.142	31	.262
Pair 4	QUILAPF1 - QUILAPF2	-2.258	31	.031
Pair 5	JOELAPT1 - JOELAPT2	1.172	31	.250
Pair 6	JOELAPF1 - JOELAPF2	2.086	31	.045
Pair 7	COMLAPT1 - COMLAPT2	.326	31	.747
Pair 8	COMLAPF1 - COMLAPF2	-2.789	31	.009
Pair 9	OTPLAPT1 - OTPLAPT2	.098	31	.923
Pair 10	OTPLAPF1 - OTPLAPF2	-1.803	31	.081
Pair 11	HANLAPT1 - HANLAPT2	.830	31	.413

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายชาติรี ชะโยชัยชนะ เกิดเมื่อวันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ.2507 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนบูรณวิทย์ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเทพศิรินทร์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีทันตแพทยศาสตรบัณฑิตจากคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยปีการศึกษา2530 ปีพ.ศ.2531เข้ารับการอบรมทันตแพทย์ฝึกหัดที่คณะทันตแพทยศาสตร์จุฬาฯ ปีพ.ศ.2533สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรหลังปริญญาสาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ระหว่าง พ.ศ.2534-2535เป็นอาจารย์พิเศษตรวจเช็คงานแล็บของนิสิตภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์และทำงานในคลินิกเอกซนตลอดมา ปี พ.ศ.2537สมรสกับนางสาวประภัสรา ศรีเกตุสุขและมีบุตร 2 คน ปีพ.ศ.2542เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาทันตกรรมจัดฟัน ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย