

# EVALUATING THE ACCURACY OF SURGICAL PREDICTION UTILIZING COMPUTER-ASSISTED SURGICAL SIMULATION IN MULTI-PIECE LE FORT I SURGERY WITH SINGLE SPLINT TECHNIQUE (A PRELIMINARY STUDY)

Naphat NARUEPHATSIRIWONG<sup>1\*</sup>, Chairat CHAROEMRATROTE<sup>1</sup>, Rutapakon INSAWAK<sup>2</sup>  
and Narissaporn CHAIPRAKIT<sup>3</sup>

1 Orthodontic Section, Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Thailand; naphatken@gmail.com (N. N.) (Corresponding Author)

2 Orthodontic Section, College of Dental Medicine, Rangsit University, Thailand

3 Oral and Maxillofacial Surgery Section, Thammasat University, Thailand

## ABSTRACT

Multi-piece Le Fort I maxillary surgery using a single-splint technique reduces treatment time, yet specific accuracy evaluations of 3D Computer-Assisted Surgical Simulation (CASS) for this approach remain lacking. This article reports an interim analysis of an ongoing prospective study assessing the coordinate accuracy of this technique. Data were analyzed from the first 4 subjects (out of a target sample of 13) by comparing preoperative and 3-month postoperative cone-beam computed tomography (CBCT) scans using voxel-based cranial base registration. Seven skeletal and dental anatomical landmarks, totaling 21 variables, were measured. Results revealed no statistically significant differences between the planned and actual postoperative positions across all 21 variables ( $p \geq 0.066$ ). Regarding clinical significance ( $\text{RMSD} < 2 \text{ mm}$ ), the coronal plane met the criteria at all landmarks (7/7). The Frankfort horizontal plane met the criteria at 6 of 7 landmarks (exceeding at the left canine;  $\text{RMSD} = 2.31 \text{ mm}$ ). The midsagittal plane met the criteria at 5 of 7 landmarks (exceeding at the left canine;  $\text{RMSD} = 2.10 \text{ mm}$ , and left first molar;  $\text{RMSD} = 2.51 \text{ mm}$ ). In conclusion, CASS combined with the single-splint technique demonstrates a promising trend of overall accuracy, although the greatest clinical deviations occurred near the osteotomy sites at the canines and posterior molars. These findings serve as pilot data, and further data collection is currently ongoing to achieve the required sample size.

**Keywords:** Orthognathic Surgery, Computer-Assisted Surgical Simulation, Single Splint Technique, Preliminary Study

**CITATION INFORMATION:** Naruephatsiriwong, N., Charoemratrote, C., Insawak, R., & Chaiprakit, N. (2026). Evaluating the Accuracy of Surgical Prediction Utilizing Computer-Assisted Surgical Simulation in Multi-Piece Le Fort I Surgery with Single Splint Technique (A Preliminary Study). *Procedia of Multidisciplinary Research*, 4(7), 41.

# การประเมินความแม่นยำของการผ่าตัดขากรรไกรบนแบบหลายชิ้นด้วยเทคนิค Le Fort I ร่วมกับเทคนิคเฝือกสบฟันชิ้นเดียว โดยอาศัยการวางแผนจำลองการผ่าตัดเสมือนจริง (รายงานผลการศึกษานำร่อง)

นภัทร นฤภัทรสิริวงศ์<sup>1\*</sup>, ไชยรัตน์ เณลิมรัตน์โรจน์<sup>1</sup>, รุทาปกร อินทร์เสวก<sup>2</sup> และ ณฤษพร ชัยประกิจ<sup>3</sup>

1 ภาควิชาทันตกรรมป้องกัน สาขาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; naphatken@gmail.com (นภัทร) (ผู้ประพันธ์บทความ)

2 สาขาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

3 สาขาวิชาศัลยศาสตร์ช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

## บทคัดย่อ

การผ่าตัดขากรรไกรบนแบบหลายชิ้น (Multi-piece Le Fort I) ด้วยเทคนิคเฝือกสบฟันชิ้นเดียว (Single-splint technique) ช่วยลดระยะเวลาการรักษา แต่ยังคงขาดการประเมินความแม่นยำของระบบจำลองการผ่าตัด 3 มิติ (CASS) สำหรับกรณีนี้โดยเฉพาะ บทความนี้รายงานผลการวิเคราะห์เบื้องต้น (Interim analysis) จากการศึกษาเชิงไปข้างหน้าที่กำลังดำเนินการ เพื่อประเมินความแม่นยำเชิงฟิสิกส์ของเทคนิคดังกล่าว ข้อมูลวิเคราะห์จากอาสาสมัคร 4 รายแรก (จากเป้าหมาย 13 ราย) โดยเปรียบเทียบภาพถ่ายรังสีซีบีซีที (CBCT) ก่อนและหลังผ่าตัด 3 เดือน ผ่านการซ้อนทับภาพบริเวณฐานกะโหลกศีรษะ ทำการวัดจุดอ้างอิงทางกายวิภาคของกระดูกและฟัน 7 จุด รวม 21 ตัวแปร ผลการศึกษาพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตำแหน่งที่วางแผนกับตำแหน่งจริงในทุกตัวแปร ( $p \geq 0.066$ ) เมื่อประเมินนัยสำคัญทางคลินิก ( $\text{RMSD} < 2$  มม.) พบว่าระนาบหน้า-หลัง (Coronal Plane) ผ่านเกณฑ์ทั้งหมด (7/7) ระนาบแนวดิ่ง (Frankfort Horizontal Plane) ผ่านเกณฑ์ 6 จาก 7 จุด (เกินเกณฑ์ที่ฟันเขี้ยวซ้าย;  $\text{RMSD} = 2.31$  มม.) และระนาบแนวนอน (Midsagittal Plane) ผ่านเกณฑ์ 5 จาก 7 จุด (เกินเกณฑ์ที่ฟันเขี้ยวซ้าย;  $\text{RMSD} = 2.10$  มม. และฟันกรามซี่ที่หนึ่งซ้าย;  $\text{RMSD} = 2.51$  มม.) สรุปได้ว่า ระบบ CASS ร่วมกับเทคนิคเฝือกสบฟันชิ้นเดียวแสดงแนวโน้มความแม่นยำโดยรวมที่ดี แม้จะพบความคลาดเคลื่อนเชิงคลินิกมากที่สุดบริเวณฟันเขี้ยวและฟันกรามหลังซึ่งอยู่ใกล้รอยตัดกระดูก ทั้งนี้ ผลการศึกษานี้เป็นเพียงข้อมูลนำร่อง และกำลังอยู่ระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมให้ครบตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง

**คำสำคัญ:** การผ่าตัดขากรรไกรร่วมกับการจัดฟัน, การจำลองผ่าตัดด้วยคอมพิวเตอร์, เฝือกสบฟันชิ้นเดียว, การศึกษานำร่อง

**ข้อมูลการอ้างอิง:** นภัทร นฤภัทรสิริวงศ์, ไชยรัตน์ เณลิมรัตน์โรจน์, รุทาปกร อินทร์เสวก และ ณฤษพร ชัยประกิจ. (2569). การประเมินความแม่นยำของการผ่าตัดขากรรไกรบนแบบหลายชิ้นด้วยเทคนิค Le Fort I ร่วมกับเทคนิคเฝือกสบฟันชิ้นเดียว โดยอาศัยการวางแผนจำลองการผ่าตัดเสมือนจริง (รายงานผลการศึกษานำร่อง). *Procedia of Multidisciplinary Research*, 4(7), 41.

## บทนำ

การผ่าตัดจัดกระดูกขากรรไกร (orthognathic surgery) ร่วมกับการจัดฟันเป็นวิธีการรักษาเดียวที่ได้ผลในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของโครงสร้างกระดูกใบหน้าในระดับที่ไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยการดัดแปลงการเจริญเติบโตหรือการจัดฟันแบบพรางตา (camouflage) การผ่าตัด Le Fort I เป็นหนึ่งในหัตถการที่ทำมากที่สุดในการผ่าตัดจัดกระดูกขากรรไกร สามารถแก้ไขความผิดปกติของขากรรไกรบนได้ทั้งในระนาบแนวหน้า-หลัง ระนาบแนวตั้ง และระนาบตามขวาง เมื่อผ่าตัดแบบหลายส่วน (multi-piece) จะเปิดโอกาสให้แก้ไขภาวะขากรรไกรบนแคบในผู้ป่วยที่โครงกระดูกหยุดการเจริญเติบโตแล้ว ซึ่งไม่สามารถขยายด้วยอุปกรณ์ขยายเพดานแบบออร์โธดอนติกส์ได้อีกต่อไป นอกจากนี้ยังช่วยแก้ไขแนวแกนฟันหน้าบน ความไม่สมดุลของขนาดฟัน รวมถึง Curve of Spee และ Curve of Wilson ที่โค้งมากเกินไปได้ในการผ่าตัดครั้งเดียว

ในอดีตการวางแผนผ่าตัดอาศัยการวิเคราะห์เซฟาโลเมตริกแบบสองมิติบนกระดาษโปร่งแสง ซึ่งมีข้อจำกัดจากความผิดเพี้ยนของภาพฉาย (projection distortion) และความคลาดเคลื่อนของขนาดภาพ โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีความไม่สมมาตรของใบหน้าอย่างชัดเจน การวางแผนผ่าตัดด้วยคอมพิวเตอร์สามมิติ (CASS) โดยใช้ภาพ cone-beam computed tomography (CBCT) ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น เนื่องจากสามารถพยากรณ์การเคลื่อนตัวของกระดูกได้อย่างแม่นยำ ช่วยในการสื่อสารกับผู้ป่วย และเป็นข้อมูลสำหรับการผลิต surgical splint

สำหรับเทคนิคการผ่าตัดนั้น มีสองแนวทางหลัก ได้แก่ เทคนิค double splint ที่ใช้ทั้ง intermediate splint และ final splint และเทคนิค single splint ที่ใช้เพียง final splint เดียวร่วมกับการจัดตำแหน่ง maxillomandibular complex โดยอาศัยทักษะของศัลยแพทย์ (free-hand positioning) เทคนิค single splint มีข้อดีในแง่ลดขั้นตอนการเตรียมในห้องปฏิบัติการและช่วยให้ปรับสมดุลใบหน้าได้ในระหว่างผ่าตัด แต่ต้องการความเชี่ยวชาญสูงและมีช่วงการเรียนรู้ที่ชันกว่าเทคนิค double splint

แม้จะมีหลักฐานสนับสนุนการใช้ CASS ในการผ่าตัด Le Fort I แบบชิ้นเดียวและการผ่าตัดสองขากรรไกร แต่ยังไม่มีการศึกษาใดที่ประเมินความแม่นยำของการพยากรณ์ผลการผ่าตัดจาก CASS โดยเฉพาะในการผ่าตัด Le Fort I แบบหลายส่วนด้วยเทคนิค single splint ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างการพยากรณ์ผลการผ่าตัดจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับผลการผ่าตัดจริงในบริบทดังกล่าว รายงานฉบับนี้นำเสนอผลการวิเคราะห์ระหว่างกลางจากกลุ่มตัวอย่างชุดแรก (N = 4) ของโครงการวิจัยที่ยังดำเนินการเก็บข้อมูลอยู่ จึงควรพิจารณาผลที่ได้ในลักษณะข้อมูลนักร่องเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของระเบียบวิธีวิจัย

## การทบทวนวรรณกรรม

การผ่าตัด Le Fort I เป็นหัตถการที่ได้รับการแนะนำสำหรับการแก้ไขความผิดปกติในระนาบแนวหน้า-หลังและระนาบแนวตั้งของขากรรไกรบนและสามารถดำเนินการแบบชิ้นเดียวหรือหลายชิ้นก็ได้ การผ่าตัดแบบสามชิ้น (three-piece surgery) ช่วยให้แก้ไขความผิดปกติในทั้งสามระนาบได้ในการผ่าตัดเพียงครั้งเดียว รวมถึงช่วยแก้ไขแนวแกนฟันหน้าบน ความไม่สมดุลของขนาดฟัน และ Curve of Spee และ Curve of Wilson ที่โค้งมากเกินไป (Kretschmer และคณะ, 2011) อย่างไรก็ตาม เสถียรภาพระยะยาวของการผ่าตัดขยายขากรรไกรบนแบบหลายส่วนยังคงเป็นประเด็นที่ถกเถียงในวรรณกรรม โดย Proffit และคณะ ระบุว่า การขยายขากรรไกรบนด้วยการแบ่งส่วนอยู่ในกลุ่มของหัตถการที่มีความสามารถในการทำนายผลต่ำที่สุดในบรรดาการเคลื่อนตัวของกระดูกในการผ่าตัดจัดกระดูกขากรรไกรทั้งหมด (Proffit และคณะ, 2007)

ในเทคนิค single splint หลังจากทำ Le Fort I osteotomy และ bilateral sagittal split osteotomy (BSSO) แล้ว ศัลยแพทย์จะใส่ final occlusal splint เพื่อยึด maxillomandibular complex ชั่วคราว จากนั้นจัดตำแหน่ง complex ตามข้อมูลการวิเคราะห์สามมิติก่อนผ่าตัด โดยใช้จุดตรวจสอบระหว่างผ่าตัด (intraoperative checkpoints) ได้แก่ (1) แนวกึ่งกลางใบหน้า (2) การแสดงฟันหน้าบน (3) เส้น inter-commissural (4) ความสมมาตรของรูปทรงใบหน้าด้านหน้า

(5) ความสมมาตรของแก้ม (6) ความอึดของพื้นที่รอบจมูก (7) Ricketts E-line และ (8) สัดส่วนใบหน้าส่วนล่าง (Yu และคณะ, 2009) เทคนิคนี้ช่วยให้ปรับแก้ไขความไม่สมดุลได้ในระหว่างผ่าตัด แต่ต้องการความเชี่ยวชาญสูงและขึ้นกับประสบการณ์ของศัลยแพทย์เป็นอย่างมาก (Udomlarptham และคณะ, 2018) การวางแผนด้วย CASS ร่วมกับเทคนิค single splint พบว่าให้ผลลัพธ์ด้านความสมมาตรของกระดูก gonion และการแก้ไขความเอียงแนวซ้าย-ขวา (yaw) ที่ดีกว่าการวางแผนแบบ 2D (Liao และคณะ, 2020)

การวางแผนผ่าตัดเสมือนจริงโดยใช้ซอฟต์แวร์สามมิติและ CBCT ถือเป็นการเปลี่ยนแปลงกระบวนทัศน์ (paradigm shift) ของการผ่าตัดจัดกระดูกขากรรไกร Wilson และคณะ (2019) รายงานว่ามีความสอดคล้องสูงระหว่างการวางแผนเสมือนจริงกับผลการผ่าตัดจริง แต่พบความคลาดเคลื่อนในส่วนของการเคลื่อนตัวแนวตั้งของขากรรไกรบนและการเคลื่อนตัวแนวหน้า-หลังของขากรรไกรล่าง Tran และคณะ (2018) ยืนยันว่าการวางแผนเสมือนจริงและการพิมพ์ splint ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติให้ผลการผ่าตัดที่แม่นยำในแนวทาง surgery-first Insawak และคณะ (2021) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบการเคลื่อนตัวของฟันสามมิติหลังผ่าตัดในผู้ป่วย Class III โดยได้วางกรอบวิธีการวัดด้วย craniofacial landmark สามมิติที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้โดยตรงในการศึกษารุ่นนี้

การซ้อนทับภาพ (superimposition) โดย voxel-based rigid registration บริเวณฐานกะโหลกศีรษะ เป็นมาตรฐานอ้างอิงในการประเมินผลการผ่าตัดจัดกระดูกขากรรไกร โดยกำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนของพื้นผิว  $\leq 0.5$  มิลลิเมตร เป็นเกณฑ์ยอมรับความถูกต้องของการลงทะเบียน (Farronato และคณะ, 2022) ระนาบอ้างอิงที่ใช้ในการวัด ได้แก่ Frankfort Horizontal Plane (FHP) สร้างจาก bilateral orbitale และ bilateral porion ใช้วัดการเคลื่อนตัวในแนวตั้ง, Midsagittal Plane (MSP) ตั้งฉากกับ FHP ผ่าน nasion และ basion ใช้วัดการเคลื่อนตัวแนวขวาง และ Coronal Plane (CoP) ตั้งฉากทั้ง FHP และ MSP ผ่าน basion ใช้วัดการเคลื่อนตัวแนวหน้า-หลัง

### สมมติฐานการวิจัย

- 1) สมมติฐานหลัก (H0) คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผลการพยากรณ์การผ่าตัดที่ได้จากโปรแกรม CASS กับตำแหน่งกระดูกและฟันจริงหลังการผ่าตัด Le Fort I แบบหลายส่วนด้วยเทคนิค single splint
- 2) สมมติฐานรอง (H1) คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผลการพยากรณ์การผ่าตัดที่ได้จากโปรแกรม CASS กับตำแหน่งกระดูกและฟันจริงหลังการผ่าตัด Le Fort I แบบหลายส่วนด้วยเทคนิค single splint

### วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงไปข้างหน้าแบบสังเกตกลุ่มประชากร (prospective cohort study) โดยคำนวณขนาดตัวอย่างจากงานวิจัยในอดีตที่ศึกษาความแม่นยำของ CASS ในการผ่าตัดเลื่อนขากรรไกรที่มีความซับซ้อนใกล้เคียงกัน ซึ่งมีขนาดกลุ่มตัวอย่างที่จำกัดเช่นเดียวกัน (Tran และคณะ, 2018; Insawak และคณะ, 2021) การเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจากอาสาสมัครที่เข้ารับการผ่าตัด Le Fort I แบบหลายส่วนเพื่อแก้ไขความผิดปกติของกระดูกขากรรไกร ณ โรงพยาบาลทันตกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โดยผู้ป่วยทุกรายได้รับการผ่าตัดโดยทันตแพทย์จัดฟันและศัลยแพทย์ช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียลคนเดียวกันตลอดการรักษา เกณฑ์การคัดออก ประกอบด้วยอาสาสมัครที่มีประวัติการได้รับอุบัติเหตุรุนแรงบริเวณใบหน้า ผู้ที่มีภาวะความผิดปกติของข้อต่อขากรรไกร (Temporomandibular joint disorders) ที่ยังคงมีอาการแสดงอยู่ และผู้ป่วยกลุ่มอาการความผิดปกติของใบหน้าแต่กำเนิด เช่น ปากแหว่งเพดานโหว่ หรือภาวะใบหน้าเล็กครึ่งซีก (Craniofacial microsomia)

อาสาสมัครทุกรายจะได้รับการถ่ายภาพรังสีคอมพิวเตอร์ลำรังสีทรงกรวย (CBCT) และการสแกนภายในช่องปากแบบดิจิทัล ภายในวันเดียวกัน โดยใช้เครื่องมือชุดเดิมทั้งในระยะก่อนการผ่าตัด (T0) และที่ระยะ 3 เดือนหลังการผ่าตัด (T1) ข้อมูลจากเครื่อง CBCT จะถูกบันทึกในรูปแบบไฟล์ DICOM (.dcm) ขณะที่การสแกนภายในช่องปากจะใช้เครื่องสแกน 3Shape TRIOS และส่งออกไฟล์ในรูปแบบ Stereolithography (.STL) จากนั้นนำเข้าข้อมูลทั้งสองชุดสู่โปรแกรม ProPlan CMF เพื่อทำการลงทะเบียนข้อมูล (Registration) โดยการจับคู่พื้นผิว (Surface matching) ทั้งสามระนาบ

ระหว่างแบบจำลองฟันดิจิทัลกับข้อมูล CBCT ถัดจากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนการจำลองการผ่าตัดเสมือนจริง (Virtual surgical simulation) เพื่อจัดตำแหน่งกลุ่มกระดูกขากรรไกรบนและล่าง (Maxillomandibular complex) ให้อยู่ในตำแหน่งการสบฟันหลังผ่าตัดตามที่วางแผนไว้ พร้อมทั้งปรับแต่งจนได้สัดส่วนใบหน้าและความสมมาตรที่เหมาะสมก่อนจะทำการผลิตเฝือกสบฟัน (Occlusal splint) ตามแผนผ่าตัดเสมือนจริงดังกล่าว และใช้จุดตรวจสอบระหว่างการผ่าตัด (Intraoperative checkpoints) ของเทคนิคเฝือกสบฟันชิ้นเดียว (Single-splint technique) ตามแนวทางของ Yu และคณะ (2009) สำหรับการประเมินผลหลังการผ่าตัด ทำได้โดยการซ้อนทับภาพถ่ายรังสีระยะ T1 บนระยะ T0 ด้วยเทคนิค Voxel-based rigid registration บริเวณฐานกะโหลกศีรษะและพื้นผิวกระดูกหน้าผาก ภายในโปรแกรม ProPlan CMF และตรวจสอบความถูกต้องของการซ้อนทับข้อมูลด้วยแผนภูมิแถบสีแสดงระยะห่าง (Distance color map) โดยกำหนดเกณฑ์ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยไม่เกิน 2 มิลลิเมตร สำหรับนำเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ผลต่อไป ข้อมูลที่นำเสนอในบทความนี้เป็นผลการวิเคราะห์เบื้องต้น (interim/preliminary analysis) จากอาสาสมัคร 4 รายแรกที่เข้าร่วมโครงการวิจัย ผลที่รายงานในบทความนี้จึงควรพิจารณาในลักษณะข้อมูลนำร่อง (pilot data) เพื่อยืนยันความเป็นไปได้ของระเบียบวิธีวิจัยและทิศทางของผลลัพธ์ มิใช่ข้อสรุปสุดท้ายของโครงการวิจัย การวิเคราะห์ทางสถิติเชิงอนุมาน (inferential statistics) ในรายงานนี้จึงมีอำนาจการทดสอบ (statistical power) ต่ำ และผลการแปลความจึงให้ความสำคัญกับนัยสำคัญทางคลินิก (RMSD) เป็นหลัก มากกว่าค่า p-value

### การระบุ Landmark และการวัด

หลังการซ้อนทับภาพ ผู้วิจัยระบุ craniofacial landmark สามมิติ 7 จุด ได้แก่ landmark กระดูก 2 จุด (ANS, Point A) และ landmark ฟัน 5 จุด (U1, U3L, U3R, U6L, U6R) สร้างระนาบอ้างอิงภายใน 3 ระนาบ ดังนี้

- Frankfort Horizontal Plane (FHP): ผ่าน bilateral orbitale และจุดกึ่งกลาง bilateral porion ใช้วัดการเคลื่อนตัวแนวตั้ง (ค่าบวก = การงอกออก; extrusion)
- Midsagittal Plane (MSP): ตั้งฉากกับ FHP ผ่าน nasion และ basion ใช้วัดการเคลื่อนตัวแนวขวาง (ค่าบวก = การขยายออก; expansion)
- Coronal Plane (CoP): ตั้งฉากทั้ง FHP และ MSP ผ่าน basion ใช้วัดการเคลื่อนตัวแนวหน้า-หลัง (ค่าบวก = การเคลื่อนไปข้างหน้า)

คำนวณตัวแปรทั้งหมด 21 ตัวแปร (7 landmark  $\times$  3 ระนาบ) โดยวัดระยะตั้งฉากจาก landmark แต่ละจุดไปยังแต่ละระนาบอ้างอิง และคำนวณผลต่างระหว่างตำแหน่งที่วางแผนจากโปรแกรม CASS กับตำแหน่งจริงหลังผ่าตัดจาก CBCT T1

การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดด้วยโปรแกรม SPSS Statistics for Windows เวอร์ชัน 23 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) ทดสอบการแจกแจงปกติด้วย Kolmogorov-Smirnov test และ Shapiro-Wilk test เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างตำแหน่งที่วางแผนกับตำแหน่งจริงหลังผ่าตัดด้วย paired t-test (กรณีข้อมูลมีการแจกแจงปกติ) หรือ Wilcoxon signed-rank test (กรณีข้อมูลไม่มีการแจกแจงปกติ) การศึกษานี้กำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนหรือความแตกต่างที่น้อยกว่า 2 มิลลิเมตร เป็นความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางคลินิก (Clinical significance) และกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Statistical significance) ที่ค่านัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 ( $p < 0.05$ )

### ผลการวิจัย

การทดสอบการแจกแจงปกติด้วย Shapiro-Wilk พบว่าตัวแปรส่วนใหญ่แจกแจงแบบปกติ ( $p > 0.05$ ) ยกเว้น U3R-COP\_Diff\_Value ( $W = 0.744$ ,  $p = 0.034$ ) และ A-MSP\_Diff\_Value ( $W = 0.729$ ,  $p = 0.024$ ) จึงเลือกใช้ Paired T-test และ Wilcoxon signed-rank test ตามความเหมาะสม ผลทั้ง 21 ตัวแปร (7 landmark  $\times$  3 ระนาบ) แสดงในตารางที่ 1

ไม่พบตัวแปรใดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \geq 0.066$  ทุกตัวแปร) สอดคล้องกับขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ยังจำกัด ( $N = 4$ ) เมื่อใช้เกณฑ์นัยสำคัญทางคลินิก ( $\text{RMSD} < 2$  มม.) พบว่าระนาบ COP ผ่านเกณฑ์ครบ 7/7 จุด ( $\text{RMSD}$  เฉลี่ย 0.848 มม.) ระนาบ FHP ผ่านเกณฑ์ 6/7 จุด โดยฟันเขี้ยวซ้าย (U3L) เกินเกณฑ์ (2.31 มม., SD สูง 2.14 มม.) และระนาบ MSP ผ่านเกณฑ์ 5/7 จุด โดยฟันเขี้ยวซ้าย (U3L, 2.10 มม.) และฟันกรามซ้าย (U6L, 2.51 มม.) เกินเกณฑ์

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำของจุดอ้างอิงทางกายวิภาค (Landmarks) ทั้ง 7 จุด ในระนาบสามมิติ

| ระนาบ | Landmark    | Mean $\pm$ SD (มม.) | RMSD (มม.) | p-value | การแปลผลทางคลินิก < 2 มม. |
|-------|-------------|---------------------|------------|---------|---------------------------|
| COP   | ANS         | +0.150 $\pm$ 0.742  | 0.757      | 1.000   | ✓ ยอมรับได้               |
|       | A (Point A) | +0.225 $\pm$ 0.403  | 0.462      | 0.285   | ✓ ยอมรับได้               |
|       | U1          | +0.100 $\pm$ 1.203  | 1.207      | 1.000   | ✓ ยอมรับได้               |
|       | U3L         | -0.125 $\pm$ 1.282  | 1.288      | 0.715   | ✓ ยอมรับได้               |
|       | U3R         | -0.175 $\pm$ 0.287  | 0.336      | 0.180   | ✓ ยอมรับได้               |
|       | U6L         | -0.725 $\pm$ 0.096  | 0.731      | 0.066   | ✓ ยอมรับได้               |
|       | U6R         | -0.450 $\pm$ 1.060  | 1.152      | 0.357   | ✓ ยอมรับได้               |
| MSP   | ANS         | +0.525 $\pm$ 0.810  | 0.965      | 0.197   | ✓ ยอมรับได้               |
|       | A           | +0.300 $\pm$ 1.010  | 1.054      | 1.000   | ✓ ยอมรับได้               |
|       | U1          | +0.025 $\pm$ 1.841  | 1.841      | 1.000   | ✓ ยอมรับได้               |
|       | U3L         | +1.950 $\pm$ 0.785  | 2.102      | 0.068   | X เกินเกณฑ์คลินิก         |
|       | U3R         | -0.425 $\pm$ 1.156  | 1.232      | 0.465   | ✓ ยอมรับได้               |
|       | U6L         | +2.275 $\pm$ 1.053  | 2.507      | 0.068   | X เกินเกณฑ์คลินิก         |
|       | U6R         | +0.150 $\pm$ 0.933  | 0.945      | 1.000   | ✓ ยอมรับได้               |
| FHP   | ANS         | +0.075 $\pm$ 0.685  | 0.689      | 0.715   | ✓ ยอมรับได้               |
|       | A           | +0.275 $\pm$ 0.525  | 0.593      | 0.285   | ✓ ยอมรับได้               |
|       | U1          | -0.100 $\pm$ 0.942  | 0.947      | 1.000   | ✓ ยอมรับได้               |
|       | U3L         | +0.850 $\pm$ 2.144  | 2.306      | 0.465   | X เกินเกณฑ์คลินิก         |
|       | U3R         | +0.300 $\pm$ 0.748  | 0.806      | 0.465   | ✓ ยอมรับได้               |
|       | U6L         | +0.575 $\pm$ 0.556  | 0.800      | 0.068   | ✓ ยอมรับได้               |

| ระนาบ | Landmark | Mean $\pm$ SD (มม.) | RMSD (มม.) | p-value | การแปลผลทางคลินิก < 2 มม. |
|-------|----------|---------------------|------------|---------|---------------------------|
|       | U6R      | +0.750 $\pm$ 0.580  | 0.948      | 0.068   | ✓ ยอมรับได้               |

หมายเหตุ: ค่าบวกของ Mean = ตำแหน่งจริงมากกว่าที่วางแผน (overshoot); ค่าลบ = ตำแหน่งจริงน้อยกว่าที่วางแผน (undershoot); ไม่มีตัวแปรใดมีค่า  $p < 0.05$  (ค่า  $p$  ต่ำสุด = 0.066);  $RMSD \geq 2$  มม. ถือว่าเกินเกณฑ์นัยสำคัญทางคลินิก (มิใช่ทางสถิติ)

### สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้ชี้ว่าเทคนิค Single Splint ให้ความแม่นยำดีในภาพรวม โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติในตัวแปรใดเลย (สอดคล้องกับอำนาจการทดสอบที่จำกัดจาก  $N = 4$ ) ความแม่นยำในแนว COP ที่ผ่านเกณฑ์ทุกจุดสอดคล้องกับ Ko และคณะ (2018) และ Liao และคณะ (2020) ซึ่งอธิบายว่า CASS ช่วยควบคุมมิติแนวหน้า-หลังผ่านการล็อกเฟืองสับฟันเข้ากับขากรรไกรล่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความคลาดเคลื่อนเชิงคลินิก (มิใช่ทางสถิติ) ที่พบบริเวณฟันเขี้ยวซ้าย (U3L) และฟันกรามซ้าย (U6L) ในแนว MSP/FHP มีแนวโน้มสอดคล้องกับ Udomlarptham และคณะ (2018) และ Wu และคณะ (2017) ซึ่งระบุว่าชิ้นส่วนกระดูกบริเวณรอยต่อการแยกชั้น (ใกล้ฟันเขี้ยว) มักขาดเสถียรภาพ ทำให้เกิดการหมุนตัวขนาดเล็ก (micro-rotation) โดยเฉพาะขณะขันสกรูยึดแผ่นโลหะ

เมื่อเทียบกับเทคนิค Double Splint ที่ใช้เฟืองชิ้นกลางล็อกขากรรไกรบนก่อนตัดขยับ Choi และคณะ (2021) ระบุว่าวิธีนี้อาจควบคุมความแม่นยำแนวราบบริเวณฟันหน้าได้ดีกว่าเล็กน้อย แต่ Single Splint มีข้อดีด้านการลดเวลาผ่าตัดและเหมาะกับ Surgery-first ที่ต้องขยับขากรรไกรทั้งสองพร้อมกัน

### ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการวิจัย

จากข้อมูลนำร่องชุดนี้ ( $N = 4$ ) การวางแผนผ่าตัดสามมิติร่วมกับเทคนิค Single Splint ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับผลการผ่าตัดจริงในตัวแปรใดเลย และให้ความเที่ยงตรงสูงสุดในแนวหน้า-หลัง (COP, ผ่านเกณฑ์ทุกจุด) แม้จะพบความคลาดเคลื่อนเชิงคลินิก (มิใช่ทางสถิติ) ในแนวราบระนาบ MSP และ FHP บริเวณฟันเขี้ยวซ้ายและฟันกรามซ้าย (U3L, U6L) แต่เมื่อพิจารณาในภาพรวมของแต่ละระนาบ ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean absolute difference) ยังคงอยู่ในระดับต่ำ คือ 0.28 มม. (COP), 0.81 มม. (MSP) และ 0.42 มม. (FHP) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้และไม่ส่งผลกระทบต่อความสวยงามหรือระบบบดเคี้ยวในกรณีส่วนใหญ่ ศัลยแพทย์ควรเพิ่มความระมัดระวังและทำจุดตรวจสอบในห้องผ่าตัด (Intraoperative checkpoints) บริเวณฟันเขี้ยวและฟันกรามใกล้รอยตัดแยกชั้นกระดูกเป็นพิเศษ

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ข้อจำกัดสำคัญของการศึกษาครั้งนี้คือขนาดตัวอย่างเบื้องต้นที่ยังน้อย ( $N = 4$ ) จากขั้นต่ำที่คำนวณไว้ 13 ราย ทำให้อำนาจทางสถิติต่ำและค่า SD สูง โดยเฉพาะในตัวแปร U3L-FHP ( $SD = 2.144$  มม.) ผลการวิจัยนี้จึงเป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้น (Preliminary findings) ที่ยืนยันความเป็นไปได้ของแนวทางรักษา ซึ่งควรดำเนินการวิจัยต่อจนครบขนาดตัวอย่างและควรเพิ่มการวัดผลระยะยาวมากกว่า 6 เดือน เพื่อประเมินเสถียรภาพของตำแหน่งกระดูกหลังผ่าตัดอย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอเน้นย้ำว่าผลสรุปและข้อเสนอแนะทางคลินิกในบทความนี้มีลักษณะเป็นข้อสังเกตเชิงนำร่อง (pilot observation) ที่รอการยืนยันด้วยกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเพียงพอในระยะต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

Arpornmaeklong, P., Heggie, A. A., & Shand, J. M. (2003). A comparison of the stability of single-piece and segmental Le Fort I maxillary advancements. *Journal of Craniofacial Surgery*, 14(1), 3-9.

- Bailey, L. J., Phillips, C., Proffit, W. R., & Turvey, T. A. (1994). Stability following superior repositioning of the maxilla by Le Fort I osteotomy: Five-year follow-up. *International Journal of Adult Orthodontics & Orthognathic Surgery*, 9(3), 163-173.
- Bailey, L. J., White, R. P., Jr., Proffit, W. R., & Turvey, T. A. (1997). Segmental Le Fort I osteotomy for management of transverse maxillary deficiency. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 55(7), 728-731.
- Bergeron, L., Yu, C. C., & Chen, Y. R. (2008). Single-splint technique for correction of severe facial asymmetry: Correlation between intraoperative maxillomandibular complex roll and restoration of mouth symmetry. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 122(5), 1535-1541.
- Choi, J. W., & Lee, J. Y. (2021). Current concept of the surgery-first orthognathic approach. *Archives of Plastic Surgery*, 48(2), 199-207.
- Farronato, M., Baselli, G., Baldini, B., Favia, G., & Tartaglia, G. M. (2022). 3D cephalometric normality range: Auto contractive maps (ACM) analysis in selected Caucasian skeletal Class I age groups. *Bioengineering*, 9(5).
- Haas Junior, O. L., Guijarro-Martínez, R., de Sousa Gil, A. P., et al. (2017). Stability and surgical complications in segmental Le Fort I osteotomy: A systematic review. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 46(9), 1071-1087.
- Hammoudeh, J. A., Howell, L. K., Boutros, S., Scott, M. A., & Urata, M. M. (2015). Current status of surgical planning for orthognathic surgery: Traditional methods versus 3 D surgical planning. *Plastic and Reconstructive Surgery Global Open*, 3(2), e307.
- Hoppenreijts, T. J., Freihofer, H. P., Stoelinga, P. J., et al. (1997). Skeletal and dento-alveolar stability of Le Fort I intrusion osteotomies and bimaxillary osteotomies in anterior open bite deformities. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 26(3), 161-175.
- Insawak, R., Lin, C. H., Chen, Y. A., & Ko, E. W. (2021). Comparison of 3-dimensional postoperative dental movement in Class III surgical correction with and without presurgical orthodontic treatment. *Biomedical Journal*, 44(6 Suppl 2), S282-S295.
- Kahnberg, K. E., Vannas-Löfqvist, L., & Zellin, G. (2005). Complications associated with segmentation of the maxilla: A retrospective radiographic follow-up of 82 patients. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 34(8), 840-845.
- Ko, E. W., Lin, C. H., Chen, Y. A., & Chen, Y. R. (2018). Enhanced surgical outcomes in patients with skeletal class III facial asymmetry by 3-dimensional surgical simulation. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 76(5), 1073-1083.
- Kramer, F. J., Baethge, C., Swennen, G., et al. (2004). Intra- and perioperative complications of the Le Fort I osteotomy: A prospective evaluation of 1000 patients. *Journal of Craniofacial Surgery*, 15(6), 971-977.
- Kretschmer, W. B., Baciut, G., Baciut, M., Zoder, W., & Wangerin, K. (2010). Stability of Le Fort I osteotomy in bimaxillary osteotomies: Single-piece versus 3-piece maxilla. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 68(2), 372-380.
- Kretschmer, W. B., Baciut, G., Baciut, M., Zoder, W., & Wangerin, K. (2011). Transverse stability of 3-piece Le Fort I osteotomies. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 69(3), 861-869.

- Liao, Y. F., Chen, Y. A., Chen, Y. C., & Chen, Y. R. (2020). Outcomes of conventional versus virtual surgical planning of orthognathic surgery using surgery-first approach for class III asymmetry. *Clinical Oral Investigations*, 24(4), 1509-1516.
- Ng, J. H., Chen, Y. A., Hsieh, Y. J., et al. (2021). One-splint versus two-splint technique in orthognathic surgery for class III asymmetry: Comparison of patient-centred outcomes. *Clinical Oral Investigations*, 25(12), 6799-6811.
- Perez, M. M., Sameshima, G. T., & Sinclair, P. M. (1997). The long-term stability of Le Fort I maxillary downgrafts with rigid fixation to correct vertical maxillary deficiency. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 112(1), 104-108.
- Posnick, J. C., Adachie, A., & Choi, E. (2016). Segmental maxillary osteotomies in conjunction with bimaxillary orthognathic surgery: Indications, safety, and outcome. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 74(7), 1422-1440.
- Proffit, W. R., Turvey, T. A., & Phillips, C. (2007). The hierarchy of stability and predictability in orthognathic surgery with rigid fixation: An update and extension. *Head & Face Medicine*, 3, 21.
- Tran, N. H., Tantiidhnazet, S., Raocharenporn, S., et al. (2018). Accuracy of three-dimensional planning in surgery-first orthognathic surgery: Planning versus outcome. *Journal of Clinical Medicine Research*, 10(5), 429-436.
- Udomlarptham, N., Lin, C. H., Wang, Y. C., & Ko, E. W. (2018). Does two-dimensional vs. three-dimensional surgical simulation produce better surgical outcomes among patients with class III facial asymmetry? *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 47(8), 1022-1031.
- Wilson, A., Gabrick, K., Wu, R., et al. (2019). Conformity of the actual to the planned result in orthognathic surgery. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 144(1), 89e-97e.
- Wu, T. Y., Lin, H. H., Lo, L. J., & Ho, C. T. (2017). Postoperative outcomes of two- and three-dimensional planning in orthognathic surgery: A comparative study. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 70(8), 1101-1111.
- Yu, C. C., Bergeron, L., Lin, C. H., Chu, Y. M., & Chen, Y. R. (2009). Single-splint technique in orthognathic surgery: Intraoperative checkpoints to control facial symmetry. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 124(3), 879-886.

**Data Availability Statement:** The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

**Conflicts of Interest:** The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

**Publisher's Note:** All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.



**Copyright:** © 2026 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).