

Effect of mandibular setback surgery and bimaxillary surgery in patients with skeletal class III deformity on pharyngeal airway change by using cone beam computed tomographic measurement

Sittipong Chaimanakarn¹, Nattinee Chaiudomsom², Watus Sakdejayont³

¹ *Oral & Maxillofacial Surgery, Maha Chakri Sirindhorn Dental Hospital, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Bangkok, Thailand*

² *Sirindhorn Hospital, Khon Kaen, Thailand*

³ *Department of Oral & Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Bangkok, Thailand*

The common abnormal relationship of jaw is skeletal class III deformity which can be corrected by various jaw surgical techniques. The most commonly used technique for correcting this type of deformity is mandibular setback surgery or bimaxillary surgery, which results in the jaw position. It is said that this surgical correction affects the pharyngeal airway changes. Many studies report a decrease in the airway after the jaw surgery, mainly measured by lateral cephalometric radiographs. Currently, there is computed tomography which can demonstrate structures in three-dimensions and illustrate the anatomy of the airway more clearly. According to previous studies, the decrease of the airway may be one of the factors that can cause sleep apnea. Thus the objective of this review article is to gather and evaluate the pharyngeal airway changes after the mandibular setback and bimaxillary surgery in patients with skeletal class III deformity by using cone beam computed tomography and to evaluate the correlation of pharyngeal airway changes with sleep apnea.

Keyword: bimaxillary surgery, cone beam computed tomographic, pharyngeal airway changes, skeletal class III deformity, sleep apnea, mandibular setback surgery

How to cite: Chaimanakarn S, Chaiudomsom N, Sakdejayont W. Effect of Mandibular Setback Surgery and Bimaxillary Surgery in Patients with Skeletal Class III Deformity on Pharyngeal Airway Change by Using Cone Beam Computed Tomographic Measurement. M Dent J 2019; 39: 243-255

Correspondence author: Watus Sakdejayont

Department of Oral Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Mahidol University,
6 Yothi Street, Rachathewe District, Bangkok 10400, Thailand

Email: watus.sak@mahidol.ac.th

Received : 30 May 2019

Accepted : 19 September 2019

ผลของการผ่าตัดขากรรไกรชนิดถอยขากรรไกรล่างและการผ่าตัดสองขากรรไกรในผู้ป่วยที่มีความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สามต่อการเปลี่ยนแปลงต่อทางเดินหายใจโดยภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวย

สิทธิพงษ์ ชัยมานะการ¹, ญัฐณี ชัยอุดมสม², เวทัส ศักดิ์เดชยนต์³

¹ ศัลยศาสตร์ช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล โรงพยาบาลทันตกรรมมหาจักรีสิรินธร คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

² โรงพยาบาลสิรินธร จังหวัดขอนแก่น

³ ภาควิชาศัลยศาสตร์ช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สามเป็นภาวะที่พบได้บ่อย สามารถแก้ไขได้โดยการผ่าตัดขากรรไกรเทคนิคที่ใช้กันมากในการแก้ไขความผิดปกติชนิดนี้ ได้แก่ การผ่าตัดถอยขากรรไกรล่าง หรือ การผ่าตัดสองขากรรไกร ซึ่งผลของการเลื่อนขากรรไกรเพื่อแก้ไขความผิดปกติดังกล่าวนั้น พบว่าส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อทางเดินหายใจของผู้ป่วยหลายการศึกษารายงานการลดลงของต่อทางเดินหายใจหลังการผ่าตัดขากรรไกร โดยส่วนใหญ่ประเมินโดยภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง แต่ในปัจจุบันได้มีการนำภาพรังสีส่วนตัดโดยอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวยมาใช้ในการประเมินมากขึ้น เนื่องจากสามารถแสดงผลในลักษณะสามมิติและเห็นลักษณะของต่อทางเดินหายใจได้ชัดเจนมากขึ้น ซึ่งจากรายงานผลการศึกษาที่พบว่าการลดลงของต่อทางเดินหายใจอาจเป็นหนึ่งปัจจัยที่สามารถทำให้เกิดภาวะหยุดหายใจในขณะหลับนั้น วัตถุประสงค์ในการทบทวนวรรณกรรมนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อรวบรวม และประเมินผลการเปลี่ยนแปลงต่อทางเดินหายใจหลังการผ่าตัดขากรรไกร ประเภทถอยขากรรไกรล่าง และการผ่าตัดสองขากรรไกร ในผู้ป่วยที่มีความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สาม โดยใช้ภาพถ่ายรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวย และเพื่อประเมินความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงต่อทางเดินหายใจดังกล่าวกับการเกิดภาวะหยุดหายใจในขณะหลับ

รหัสคำ: การผ่าตัดถอยขากรรไกรล่าง, การผ่าตัดสองขากรรไกร, ความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สาม, การเปลี่ยนแปลงต่อทางเดินหายใจ, ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวย, ภาวะหยุดหายใจขณะหลับ

การอ้างอิง: สิทธิพงษ์ ชัยมานะการ, ญัฐณี ชัยอุดมสม, เวทัส ศักดิ์เดชยนต์, ผลของการผ่าตัดขากรรไกรชนิดถอยขากรรไกรล่างและการผ่าตัดสองขากรรไกรในผู้ป่วยที่มีความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สามต่อการเปลี่ยนแปลงต่อทางเดินหายใจโดยภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวย, ว ทันตะ มหิดล 2562; 39: 243-255.

บทนำ

ความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สาม (skeletal class III deformity) เป็นผลมาจากขากรรไกรล่างยื่น (mandibular prognathism) หรือ

ขากรรไกรบนยุบ (maxillary deficiency) หรืออาจเกิดจากทั้ง 2 สาเหตุร่วมกัน [1] ในอดีต การผ่าตัดแก้ไขขากรรไกรล่างยื่น ทำได้โดยการใช้อาการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่าง (mandibular setback surgery) เพียงอย่างเดียว [2,3] สืบเนื่องจากการพัฒนาความรู้

Correspondence author: เวทัส ศักดิ์เดชยนต์

ภาควิชาศัลยศาสตร์ช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

6 ถนนโยธี เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 อีเมล watus.sak@mahidol.ac.th

วันรับเรื่อง : 30 พฤษภาคม 2562 วันยอมรับการตีพิมพ์ : 19 กันยายน 2562

และเทคนิคในการผ่าตัดที่มากขึ้น การผ่าตัดแก้ไขขากรรไกรล่างยื่นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาพบว่าการผ่าตัดแก้ไขโดยการถอยขากรรไกรล่างเพียงอย่างเดียวลดลงเหลือน้อยกว่าร้อยละ 10 ในขณะที่การผ่าตัดสองขากรรไกร (bimaxillary surgery) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 40 ของผู้ป่วยที่มีความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สาม [4]

การผ่าตัดถอยขากรรไกรล่างเพียงอย่างเดียวและการผ่าตัดสองขากรรไกรสามารถช่วยแก้ไขการสบฟันการบดเคี้ยว และทำให้เกิดความสวยงามโดยการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของขากรรไกรล่างและขากรรไกรบน

มีงานศึกษารายงานว่ามีการลดลงของมิติของท่อทางเดินหายใจ (airway dimensions) หลังจากการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่าง [5-7] ในขณะเดียวกันก็มีการศึกษาระบุว่าการผ่าตัดสองขากรรไกร ซึ่งได้แก่การผ่าตัดเลื่อนขากรรไกรบนมาข้างหน้า (maxillary advancement surgery) และการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่างเพื่อแก้ไขความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สาม อาจจะมีผลกระทบต่อ การลดลงของท่อทางเดินหายใจส่วนคอหอย (pharyngeal airway) น้อยกว่าการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่างเพียงอย่างเดียว [3,8]

การแคบลงของช่องท่อทางเดินหายใจส่วนหลัง (posterior airway space) หลังการผ่าตัดขากรรไกรได้รับความสนใจมากขึ้นในระยะหลัง [3,9] โดยเหตุผลหลักนั้นมาจากการมีรายงานผู้ป่วยจำนวนหนึ่งที่ได้รับการผ่าตัดโดยการถอยขากรรไกรล่างแล้วพบว่าอาจเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดภาวะหยุดหายใจขณะหลับ (Obstructive Sleep Apnea; OSA) [10-13] แพทย์รายงานการพบผู้ป่วยที่เกิดภาวะหยุดหายใจขณะหลับหลังการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่าง และรายงานเกี่ยวกับภาวะแทรกซ้อนดังกล่าวโดยตัวอย่างผู้ป่วยรายที่หนึ่งเป็นผู้ป่วยเพศชาย มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับและมีประวัติการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่างเมื่อ 15 ปีก่อน และภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง (lateral cephalometric radiographs) พบว่าผู้ป่วยมีช่องท่อทางเดินหายใจส่วนหลังลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังการผ่าตัดทันทีและหลังจาก 15 ปี โดยที่

ไม่พบปัจจัยอื่นๆ ในการเกิดภาวะหยุดหายใจขณะหลับ [13] และยังมีรายงานผู้ป่วยอีก 2 ราย เป็นผู้ป่วยเพศหญิงที่เกิดภาวะหยุดหายใจขณะหลับหลังการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่าง [11,12]

ผลของการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่างในผู้ป่วยที่มีความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สามพบว่าทำให้มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของกระดูกโคนลิ้น (hyoid bone) และลิ้น [14] ในการประเมินตำแหน่งของกระดูกโคนลิ้น และลิ้น หลังการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่างพบว่าตำแหน่งกระดูกโคนลิ้น มีการเคลื่อนที่ไปในแนวล่าง-หลัง (infero-posterior) หลังการผ่าตัดทันที และเกิดการคืนกลับ (relapse) เคลื่อนมาในแนวบน-หน้า (supero-anterior) หลังการติดตามผล 1 ปี และตำแหน่งของลิ้นมีการเคลื่อนไปในแนวหลัง (posterior) โดยที่ตำแหน่งสุดท้ายของกระดูกโคนลิ้น และลิ้นนั้นพบว่ายู่ในแนว หลัง อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับตำแหน่งก่อนผ่าตัด [7]

ตำแหน่งของกระดูกโคนลิ้น หลังการผ่าตัดทำให้เกิดการหย่อนของระบบกล้ามเนื้อเหนือกระดูกโคนลิ้น (suprahyoid musculature) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่มีบทบาทสำคัญในการคงไว้ของท่อทางเดินหายใจส่วนคอหอยหลังช่องปาก (oropharyngeal airway) ทำให้เกิดการแคบลงของช่องท่อทางเดินหายใจส่วนคอหอย (pharyngeal airway space) ตามมา โดยการที่มีช่องท่อทางเดินหายใจส่วนคอหอยแคบลงนั้นอาจเป็นผลทำให้เกิดภาวะหยุดหายใจขณะหลับได้ [10-12]

ภาวะหยุดหายใจขณะหลับ คือ ภาวะความผิดปกติของการหายใจที่มีความสัมพันธ์ในขณะนอนหลับ โดยไม่มีการหายใจเข้าออกเป็นเวลา 10 วินาทีหรือมากกว่านั้น ถึงแม้ว่าจะมีแรงพยายามในการหายใจ (respiratory effort) [15] โดยภาวะหยุดหายใจขณะหลับนี้เป็นปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง, ความดันหลอดเลือดปอดสูง (pulmonary hypertension) และภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะซึ่งอาจเพิ่มอัตราการเสียชีวิต [16,17]

ปัจจุบันมีการศึกษาผลของการผ่าตัดขากรรไกรต่อช่องท่อน้ำลายในผู้ป่วยที่มีความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สามเป็นจำนวนมาก แต่ในการศึกษาส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาผลของการผ่าตัดดอกลอยขากรรไกรเพียงอย่างเดียวต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของท่อน้ำลายในผู้ป่วยที่มีความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สาม ในขณะที่ผลของการผ่าตัดดอกลอยขากรรไกรยังมีการศึกษาน้อย และส่วนใหญ่ประเมินผลโดยใช้ภาพถ่ายรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างเช่นเดียวกัน [3,9]

การใช้ภาพถ่ายรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างนั้นสามารถประเมินท่อน้ำลายในผู้ป่วยที่มีความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สามได้ แต่มีข้อจำกัดคือสามารถวัดได้ในแนวด้านข้าง (lateral view) เท่านั้น ดังนั้นจึงควรมุ่งเน้นการศึกษาที่ประเมินการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของท่อน้ำลายในแนว 3 มิติในผู้ป่วยที่มีความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สาม หลังการผ่าตัดแก้ไขโดยการผ่าตัดดอกลอยขากรรไกร เปรียบเทียบกับการผ่าตัดดอกลอยขากรรไกรเพียงอย่างเดียว โดยใช้ภาพถ่ายรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวย (cone beam computed tomography; CBCT)

การถ่ายภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวย เป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการวินิจฉัย วางแผนการรักษา ช่วยในการผ่าตัด ประเมินผล และติดตามผลการรักษาของความผิดปกติบริเวณขากรรไกรและใบหน้า โดยภาพถ่ายรังสีชนิดนี้สามารถให้ข้อมูลลักษณะโครงสร้างของเนื้อเยื่ออ่อนและเนื้อเยื่อแข็ง (soft and hard tissues) ได้อย่างแม่นยำและการถ่ายภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวยนั้น ยังสามารถประเมินความสัมพันธ์ของโครงสร้างใบหน้าสามมิติได้ดีอีกด้วย [18]

ลักษณะทางกายวิภาคของท่อน้ำลายในผู้ป่วยที่มีความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สาม (anatomy of upper airway)

ท่อน้ำลายในผู้ป่วยที่มีความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สาม ถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน [19, 20] ดังนี้ (รูปที่ 1)

1. คอหอยหลังโพรงจมูก (Nasopharynx) มีระยะตั้งแต่ฐานกะโหลกศีรษะ (base of skull) ถึงเพดานอ่อน (soft palate)

2. คอหอยหลังช่องปาก (Oropharynx) ตั้งแต่เพดานแข็ง (hard palate) ถึงกระดูกโคนลิ้น โดยแบ่งออกเป็น

2.1 บริเวณหลังเพดานปาก (retropalatal region) คือพื้นที่ตั้งแต่เพดานแข็ง ถึงส่วนปลายของเพดานอ่อน

2.2 บริเวณหลังโคนลิ้น (retroglossal region) มีระยะตั้งแต่ส่วนปลายของเพดานอ่อน ถึงฐานฝากล่องเสียง (epiglottis)

3. คอหอยส่วนกล่องเสียง (Hypopharynx) ตั้งแต่ขอบบนของฝากล่องเสียง ถึงขอบล่างของกระดูกอ่อนกล่องเสียง (cricoid cartilage)

ค่าปกติของช่องท่อน้ำลายในผู้ป่วยที่มีความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สาม (Normal value of posterior airway space)

ค่าปกติของช่องท่อน้ำลายในผู้ป่วยที่มีความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สาม ในมิติหน้า-หลัง (antero-posterior dimension) ที่ได้จากประเมินจากภาพถ่ายรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างคือ 10 ± 2 มิลลิเมตร [5]

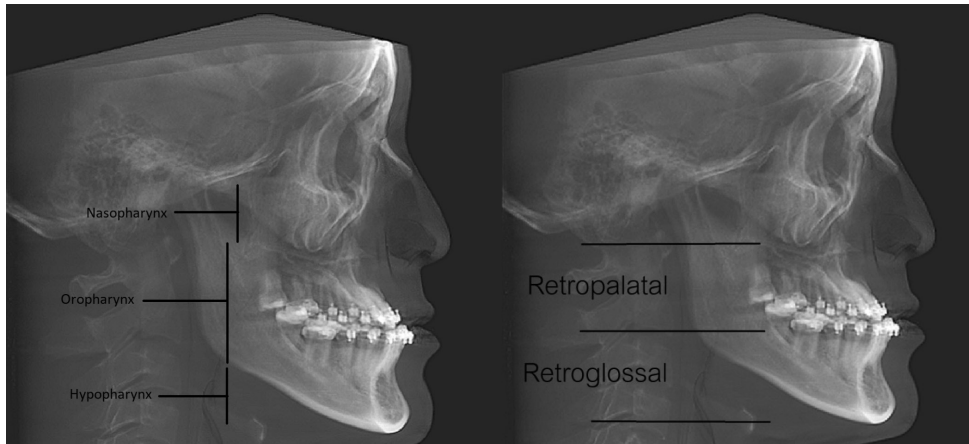


Figure 1 Anatomy of upper airway

ขนาดของช่องท่อทางเดินหายใจส่วนหลัง ในผู้ป่วยที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับ

มีงานศึกษาวิจัยต่างๆ ที่จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างช่องท่อทางเดินหายใจส่วนหลังและภาวะหยุดหายใจขณะหลับ ดังนี้

Hochban และคณะ [6] แนะนำว่าในผู้ป่วยที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับ ที่มีขนาดของช่องท่อทางเดินหายใจส่วนหลัง น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร ในภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง เป็นหนึ่งในข้อบ่งชี้หลักในการผ่าตัดเลื่อนขากรรไกรบนและล่างมาข้างหน้า (maxillomandibular advancement; MMA)

Riley และคณะ [21] สรุปผลว่าช่องท่อทางเดินหายใจส่วนหลังที่น้อยกว่า 11 มิลลิเมตร และระยะระหว่างระนาบขากรรไกรล่าง (mandibular plane) ถึง กระดูกโคนลิ้น มากกว่า 15.4 มิลลิเมตร เป็นข้อบ่งชี้ของการเกิดภาวะหยุดหายใจขณะหลับ

Partinen และคณะ [22] รายงานผลผู้ป่วยที่มีช่องท่อทางเดินหายใจส่วนหลังน้อยกว่า 5 มิลลิเมตร และระยะระหว่าง ระนาบขากรรไกรล่าง ถึง กระดูกโคนลิ้นมากกว่า 24 มิลลิเมตร พบว่ามีดัชนีการหายใจผิดปกติ (respiratory disturbance index; RDI) สูง

บริเวณที่มักพบการอุดตันทางเดินหายใจ (Major site of obstruction)

ผู้ป่วยที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับ อาจจะมีการอุดตันทางเดินหายใจได้หลายตำแหน่ง แต่บริเวณที่พบมากที่สุด 2 ตำแหน่ง ได้แก่ บริเวณหลังเพดานปาก และ บริเวณหลังโคนลิ้น [15]

ลักษณะทางกายวิภาคของท่อทางเดิน หายใจส่วนบนที่สัมพันธ์กับการเกิดภาวะ หยุดหายใจขณะหลับ

ภาวะหยุดหายใจขณะหลับ เป็นภาวะที่มีความผิดปกติของการหายใจที่สัมพันธ์กับการมีช่องท่อทางเดินหายใจส่วนบนบกพร่อง (compromised upper airway space) โรคนี้เป็นโรคที่เป็นปัญหาหลักทางสาธารณสุข โดยพบว่าประชากรส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 80-90 ประสบปัญหาการเป็นโรคทางเดินหายใจอุดตันในระดับกลาง โดยที่ยังไม่ได้รับการวินิจฉัย [23] กลไกการเกิดโรคนี้ยังไม่เป็นที่เข้าใจแน่ชัด แต่ข้อสันนิษฐานเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกิดโรคนี้ได้แก่ ปัจจัยด้านลักษณะทางกายวิภาค (anatomical factor) และปัจจัยด้านกล้ามเนื้อเนื้อร่วมประสาท (neuromuscular factors) [24]

การศึกษาที่ผ่านมาโดยใช้เทคนิคการถ่ายภาพรังสีที่แตกต่างกันพบว่า ลักษณะทางกายวิภาคของท่อทางเดินหายใจที่ผิดปกติ เป็นปัจจัยหลักสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะหยุดหายใจขณะหลับ [25-27] กลุ่มผู้ที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับโดยทั่วไปมักพบว่า มีท่อทางเดินหายใจส่วนบนขนาดเล็ก [28] ท่อทางเดินหายใจเป็นรูปวงรี (oval shape) [29] และการที่มีท่อทางเดินหายใจส่วนบนที่ยาวกว่าผู้ที่ไม่มีความผิดปกติ [30]

Chen และคณะ [31] ทำการศึกษาทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (systematic review) เพื่อหาลักษณะทางกายวิภาคของท่อทางเดินหายใจส่วนบนที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดต่อการเกิดภาวะหยุดหายใจขณะหลับโดยวิเคราะห์ผลจากภาพในแนวสามมิติ โดยจากการศึกษาที่คัดเลือกมีการวิเคราะห์ระยะในมิติหน้า-หลัง ระยะในมิติข้าง (lateral dimension) ความยาวของท่อทางเดินหายใจ พื้นที่ในแนวตัดขวางที่น้อยที่สุด (minimum cross-sectional area) ปริมาตรท่อทางเดินหายใจ และรูปร่างของท่อทางเดินหายใจ โดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับ และกลุ่มที่ไม่มีภาวะดังกล่าว สรุปผลได้ดังนี้

1. ค่าพื้นที่ในแนวตัดขวางที่น้อยที่สุดของท่อทางเดินหายใจส่วนบนของผู้ป่วยภาวะหยุดหายใจ

ขณะหลับ มีค่าน้อยกว่าผู้ที่ไม่มีความผิดปกติขณะหลับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ค่าพื้นที่ในแนวตัดขวางที่น้อยที่สุดของท่อทางเดินหายใจส่วนบน เป็นลักษณะทางกายวิภาคที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะหยุดหายใจขณะหลับมากที่สุด

จุดอ้างอิง (reference points) และระนาบอ้างอิง (reference planes) ในการวัดท่อทางเดินหายใจโดยใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวย

การศึกษากการเปลี่ยนแปลงของท่อทางเดินหายใจโดยใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวยในแต่ละการศึกษาใช้จุดอ้างอิงและระนาบอ้างอิงที่แตกต่างกัน โดยในการศึกษาของ Park และคณะ [19] ได้ใช้จุดอ้างอิงและระนาบอ้างอิง ดังตารางที่ 1 และ รูปที่ 2

ส่วนการศึกษาของ Degerliyurt และคณะ [8] จะวัดผลที่ระดับเพดานอ่อน และโคนลิ้น (base of tongue) ดังรูปที่ 3

Table 1 Reference points and planes according to studies of Park et al. [19]

| Definition | Explanation |
|---------------------------------------|---|
| Reference points | |
| Po (Porion) | The most superior point of the external auditory meatus |
| Or (Orbitale) | The most inferior point of the orbital margin |
| PNS (Posterior nasal spine) | The most posterior point of the hard palate |
| CV ₁ | The most anterior inferior point of the anterior arch of the atlas |
| CV ₂ | The most anterior inferior point of the body of the 2nd cervical vertebra |
| CV ₃ | The most anterior inferior point of the body of the 3rd cervical vertebra |
| CV ₄ | The most anterior inferior point of the body of the 4th cervical vertebra |
| Vp | The most posterior point of the ala of the vomer |
| Reference planes | |
| FH plane (Frankfort Horizontal plane) | The plane was constructed on both side of Po and right of Or |
| PNS-Vp plane | The plane was perpendicular to the midsagittal plane passing through PNS and Vp |
| CV ₁ plane | The plane was parallel to the FH plane passing through CV ₁ |
| CV ₂ plane | The plane was parallel to the FH plane passing through CV ₂ |
| CV ₃ plane | The plane was parallel to the FH plane passing through CV ₃ |
| CV ₄ plane | The plane was parallel to the FH plane passing through CV ₄ |

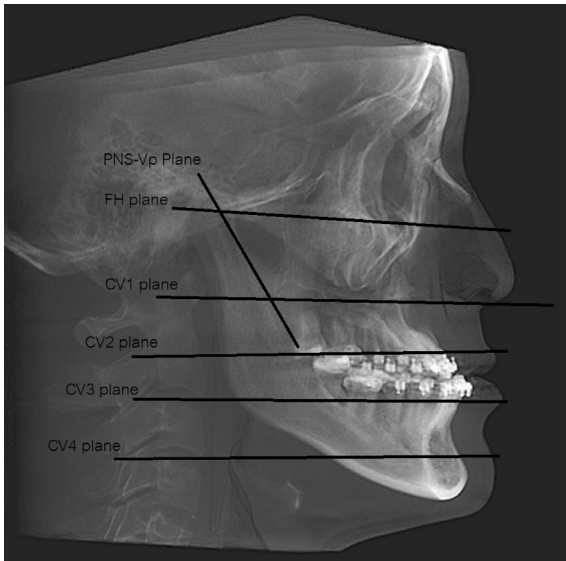


Figure 2 Reference planes according to studies of Park et al. [36]

มาตรการวัดท่อทางเดินหายใจ (Airway measurement)

ในการวัดความเปลี่ยนแปลงของท่อทางเดินหายใจ ในผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดขากรรไกรโดยใช้ภาพรังสี ส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวย การวัดผล จะวัดระยะในแนวต่างๆ [19] ดังนี้ (รูปที่ 4)

1. ความยาวในแนวน้ำหลัง (Anteroposterior length; APL)
2. ความกว้างมากสุดในแนวตามขวาง (Largest transverse width; LTW)
3. พื้นที่ตัดขวาง (Cross-sectional area; CSA)
4. ปริมาตรท่อทางเดินหายใจ

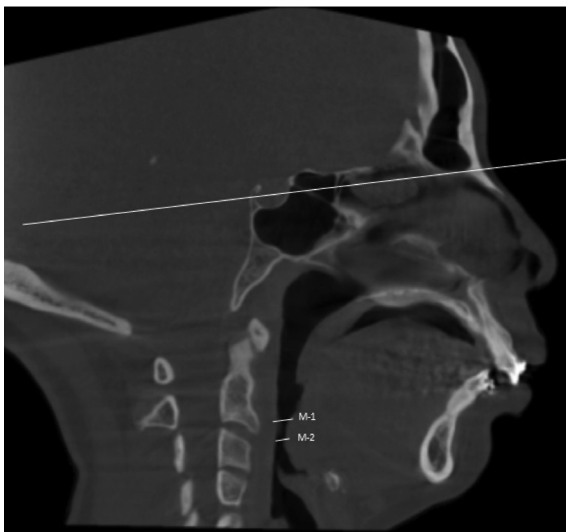


Figure 3 Reference planes according to studies of Degerliyurt et al. [8] (M1: The level of the most superior anterior point of the second cervical spine parallel to the Sella-Nasion line to evaluate the airway between the soft palate and posterior pharyngeal wall. M2: The level of the most superior anterior point of the third cervical spine parallel to the Sella-Nasion line to evaluate the airway between the base of the tongue and posterior pharyngeal wall.)



Figure 4 Airway measurement (APL: Anteroposterior length. LTW: Largest transverse width. CSA: Cross-sectional area)

การวัดปริมาตรท่อทางเดินหายใจส่วนบน

Park และคณะ [19] ได้ทำการศึกษาการวัดปริมาตรท่อทางเดินหายใจส่วนบน จากภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวย โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดย ดังนี้ (รูปที่ 5)

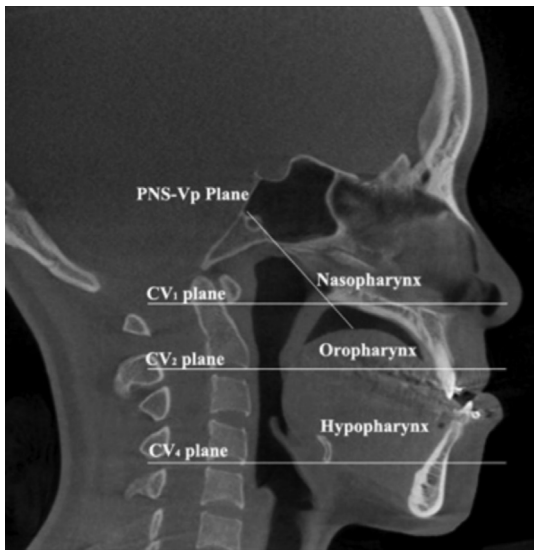


Figure 5 Volume boundaries for upper airway

1. คอหอยหลังโพรงจมูก สัมพันธ์กับระนาบอ้างอิงระหว่าง PNS-Vp plane ถึง CV₁ plane
2. คอหอยหลังช่องปาก สัมพันธ์กับระนาบอ้างอิงระหว่าง CV₁-CV₂
3. คอหอยส่วนกล่องเสียง สัมพันธ์กับระนาบอ้างอิงระหว่าง CV₂-CV₄

ผลการเปลี่ยนแปลงท่อทางเดินหายใจ หลังการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่างโดยภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวย

1. การเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นหลังการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่าง

1.1 การเปลี่ยนแปลงในมิติหน้า-หลัง

Degerliyurt และคณะ [8] พบว่าระยะในมิติหน้า-หลัง ของท่อทางเดินหายใจ ที่ระดับเพดานอ่อน และระดับโคนลิ้น หลังผ่าตัดถอยขากรรไกรล่าง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Lee และคณะ [32] พบว่ามีการลดลงของระยะในมิติหน้า-หลัง ของท่อทางเดินหายใจ ที่ระดับ CV₁, CV₂, CV₃, CV₄

Park และคณะ [19] รายงานผลว่าระยะในมิติหน้า-หลัง ที่ระดับ CV₂, CV₃ และ CV₄ ลดลงหลังผ่าตัด และคงสภาพอยู่ตลอดการติดตามผล 1.4 ปี โดยไม่มีการกลับสู่สภาวะเริ่มต้น (recovery)

1.2 การเปลี่ยนแปลงในมิติข้าง

Degerliyurt และคณะ [8] พบว่าระยะในมิติข้าง มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับเพดานอ่อน และระดับโคนลิ้น

Park และคณะ [19] พบว่าระยะในมิติข้าง ที่ระดับ CV₁ ลดลงหลังผ่าตัดโดยคงอยู่ถึง 1.4 ปี

Hong และคณะ [33] และ Hatab และคณะ [34] พบว่าระยะในมิติข้าง มีการลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การเปลี่ยนแปลงพื้นที่หลังการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่าง

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่าง และการผ่าตัดสองขากรรไกร คือ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ในแนวระนาบ [35] สำหรับการผ่าตัดสองขากรรไกรนั้น พื้นที่ในแนวระนาบยังคงไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนหลังการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่าง หลายงานศึกษารายงานผลยืนยันว่ามีการลดลงของพื้นที่ในแนวระนาบ [8,32,36]

ในแนวระนาบ PNS-Vp หรือ ในแนวระนาบนอน (horizontal plane) ที่ระดับ เจียงกระดูกจมูกส่วนหลัง (Posterior nasal spine) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของพื้นที่ [19,32,33]

ที่ระดับ ปลายลิ้นไก่ (uvular tip) และ ฐานฝากล่องเสียง พื้นที่ในแนวระนาบและในแนวหน้า-หลัง ลดลง [33]

พื้นที่ตัดขวางหลังการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่าง ทั้งในระดับเพดานอ่อน และ โคนลิ้น มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [8]

ที่ระดับ CV₁ การศึกษารายงานผลสอดคล้องกันว่ามีการลดลงของ พื้นที่ในแนวระนาบ และมีการลดลงของท่อทางเดินหายใจ ในแนวหน้า-หลัง และในแนวข้าง [8,19,32]

การศึกษาของ Park และคณะ [19] พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยการลดลงของพื้นที่ของท่อทางเดินหายใจ มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญจากช่วงเวลา ก่อนการผ่าตัด ถึง 1.4 ปีหลังการผ่าตัดที่ระดับ CV_2 , CV_3 , และ CV_4 โดยผลการทดลองนี้ได้รับการสนับสนุนจากการศึกษาอื่นๆ [8,32,36] แต่จากผลการศึกษาไม่สามารถสรุปได้ว่าผลดังกล่าวจะคงถาวร เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาติดตามผลในระยะยาวกว่า 1.4 ปีหลังผ่าตัด

การศึกษาของ Lee และคณะ [32] พบว่าการลดลงของพื้นที่ในแนวตัดขวางของท่อทางเดินหายใจที่ระดับ CV_1 , CV_2 , CV_3 , CV_4

จากผลการศึกษาที่ได้ประเมินผลระยะยาวหลังการผ่าตัดดอชกรรไกรล่าง พบว่าไม่ได้รับอิทธิพลจากการปรับตัวทางสรีรวิทยา (physiological adaptation) จึงพบว่าไม่มีการกลับสู่สภาวะเริ่มต้น ของค่าที่วัดได้เมื่อมีการติดตามผล [8,19,32,33,36] หรืออาจจะเป็นไปได้ว่าการกลับสู่สภาวะเริ่มต้น จะใช้ระยะเวลานาน เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของท่อทางเดินหายใจในช่วงเริ่มต้นมาก โดยที่การผ่าตัดดอชกรรไกรล่างเพียงอย่างเดียว จะมีการเปลี่ยนแปลงท่อทางเดินหายใจเริ่มต้นหลังการผ่าตัดที่มากกว่าเมื่อไม่ได้ทำร่วมกับการผ่าตัดขากรรไกรบนมาด้านหน้า [19]

3. การเปลี่ยนแปลงปริมาตรหลังการผ่าตัดดอชกรรไกรล่าง

รายงานการเปรียบเทียบปริมาตรอากาศยังไม่แน่ชัด โดยงานศึกษาต่างๆ รายงานข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไป การประเมินผลสามารถเปรียบเทียบแนวโน้มหลังผ่าตัดว่ากว้างหรือแคบลงเท่านั้น [35]

การผ่าตัดดอชกรรไกรล่าง ในทุกการศึกษา ยืนยันการลดลงของปริมาตรท่อทางเดินหายใจ [19,32,33,36]

Park และคณะ [19] รายงานการลดลงของปริมาตรท่อทางเดินหายใจหลังการผ่าตัดดอชกรรไกรล่าง

ที่ระยะหลังผ่าตัด 4.6 เดือน และหลังติดตามผล 1.4 ปี ยังคงมีการลดลงของปริมาตร โดยไม่มีแนวโน้มการกลับสู่สภาวะเริ่มต้น

สำหรับการผ่าตัดดอชกรรไกรล่างเพียงอย่างเดียว มีการเปลี่ยนแปลงในส่วนของท่อทางเดินหายใจส่วนบน โดยส่วน คอหอยหลังโพรงจมูก ยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลงในการผ่าตัดทั้ง 2 ประเภท ในขณะที่ส่วน คอหอยหลังช่องปาก และ คอหอยส่วนกล่องเสียง นั้นมีการลดลงของปริมาตรท่อทางเดินหายใจ [19,32]

จากการศึกษาของ Park และคณะ [19] หลังการผ่าตัดดอชกรรไกรล่าง จะมีการลดลงของปริมาตรคอหอยหลังช่องปากอย่างมาก อาจเนื่องมาจากส่วนของท่อทางเดินหายใจส่วนคอหอยหลังช่องปากนั้น ใกล้กับขากรรไกรล่างและลิ้นมากที่สุด

ผลการเปลี่ยนแปลงท่อทางเดินหายใจ หลังการผ่าตัดสองขากรรไกรโดยภาพรังสี ส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ลำรังสีรูปกรวย

1. การเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นหลังการผ่าตัดสองขากรรไกร

จากการศึกษาของ Degerliyurt และคณะ [8] พบว่าระยะในมิติหน้า-หลังของท่อทางเดินหายใจที่ระดับเพดานอ่อน และระดับโคนลิ้น หลังผ่าตัดสองขากรรไกร ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามก็ยังคงมีการลดลงที่น้อยกว่าการผ่าตัดดอชกรรไกรล่าง ส่วนระยะในมิติข้าง ที่ระดับเพดานอ่อน และระดับโคนลิ้น มีการลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการศึกษาส่วนใหญ่แล้วหลังการผ่าตัดสองขากรรไกร การเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นทั้งในมิติหน้า-หลังและมิติข้าง ไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การเปลี่ยนแปลงพื้นที่หลังการผ่าตัดสองขากรรไกร

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของท่อนทางเดินหายใจในแต่ละแนวระนาบหลังการผ่าตัดสองขากรรไกร มีการเปลี่ยนแปลงที่มีนัยสำคัญทางสถิติในวัยเมื่อเทียบกับการผ่าตัดดอຍขากรรไกรล่างเพียงอย่างเดียว โดยที่ระดับปลายลิ้นไก่ และในช่องระหว่างโคนลิ้น กับฝากล่องเสียง ยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ตัดขวางหลังการผ่าตัด [33,37,38]

พื้นที่ตัดขวางหลังการผ่าตัดสองขากรรไกร ทั้งในระดับเพดานอ่อน และระดับโคนลิ้น ลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและการลดลงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการผ่าตัดดอຍขากรรไกรล่างเพียงอย่างเดียว [8]

การวัดในแนวระนาบที่ระดับลากผ่าน CV₁ ผลการวัดสอดคล้องกันค่อนข้างน้อย การศึกษาของ Degerliyurt และคณะ [8] และ Jakobson และคณะ [38] พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เล็กน้อยและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่การศึกษาของ Park และคณะ [19] พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วง 5 เดือนแรก และมีการลดลงในช่วงหลัง แต่เมื่อถึง 1.4 ปี ยังคงมากกว่าช่วงแรกก่อนการผ่าตัด

3. การเปลี่ยนแปลงปริมาตรหลังการผ่าตัดสองขากรรไกร

เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาตรหลังการผ่าตัดดอຍขากรรไกรล่าง คือการรายงานการเปรียบเทียบปริมาตรยังไม่แน่ชัด โดยงานศึกษาต่างๆ รายงานข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไป การประเมินผลจึงสามารถเปรียบเทียบแนวโน้มหลังผ่าตัดว่ากว้างหรือแคบลงเท่านั้น [35]

การเปลี่ยนแปลงปริมาตรท่อนทางเดินหายใจสำหรับการผ่าตัดสองขากรรไกร มีผลการศึกษาที่ไม่สอดคล้องกัน โดยการศึกษาของ Hong และคณะ [33] และ Lee และคณะ [39] มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การศึกษาของ Jakobson และคณะ

[38] พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของปริมาตรท่อนทางเดินหายใจใน 6 เดือนหลังผ่าตัด ซึ่งความแตกต่างนี้อาจเป็นผลมาจากวิธีการแบ่งส่วนของท่อนทางเดินหายใจในการวัดผล

สำหรับการผ่าตัดสองขากรรไกร เมื่อวัดปริมาตรท่อนทางเดินหายใจ โดยแบ่งเป็นส่วนพบว่า ส่วนคอหอยหลังโพรงจมูก ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ในขณะที่ส่วนคอหอยหลังช่องปาก และ คอหอยส่วนกล่องเสียง จะมีปริมาตรลดลงหลังผ่าตัดที่ระยะเวลา 5 และ 6 เดือน หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อติดตามผลระยะยาว

การผ่าตัดสองขากรรไกร พบว่าการลดลงของปริมาตรท่อนทางเดินหายใจไม่คงที่ในระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการปรับตัวทางสรีรวิทยา [8,40-42]

การติดตามผลระยะยาว

เพื่อให้เกิดความแน่ชัดในการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นหลังผ่าตัดขากรรไกร จำเป็นต้องมีการติดตามผลในระยะยาว แต่จากการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงของท่อนทางเดินหายใจ ในรูปแบบ 3 มิติ มีเพียงการศึกษาของ Park และคณะ [19] เท่านั้นที่ติดตามผลมากกว่า 1 ปี

บทวิจารณ์

ค่าพื้นที่ในแนวตัดขวางของท่อนทางเดินหายใจที่น้อยที่สุด เป็นลักษณะทางกายวิภาคที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะหยุดหายใจขณะหลับมากที่สุด [31] โดยหลังการผ่าตัดดอຍขากรรไกรจะมีการลดลงของพื้นที่ในท่อนทางเดินหายใจส่วนบนในหลายระนาบที่วัดการติดตามผลในระยะกลางและระยะยาว ส่วนผลของการผ่าตัดสองขากรรไกร จะมีการลดลงของช่องท่อนทางเดินหายใจในแนวหน้า-หลัง, แนวตามขวาง และพื้นที่ตัดขวางที่น้อยที่สุด ซึ่งน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบการผ่าตัดดอຍขากรรไกรล่างเพียงอย่างเดียว ดังนั้นในการผ่าตัดเพื่อแก้ไขความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สาม จะพบว่าการผ่าตัดสองขากรรไกร

มีแนวโน้มในการเกิดภาวะหยุดหายใจขณะหลับ น้อยกว่า [8] แต่อย่างไรก็ตามการลดลงของมาตรวัดต่าง ๆ ของช่องทางเดินหายใจนั้น ไม่สามารถสรุปได้ว่า จะทำให้เกิดภาวะหยุดหายใจขณะหลับ เนื่องจากต้องอาศัยการติดตามผลในระยะยาว

ผลการศึกษากการเปรียบเทียบปริมาตร มีความแตกต่างกันไปในแต่ละงานศึกษา โดยผลการศึกษาที่เป็นไปในทางเดียวกันคือผลการประเมินปริมาตร หลังการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่างเพียงอย่างเดียวพบว่า ปริมาตรทั้งหมด ลดลงในส่วนคอดอยหลังช่องปาก และ คอดอยส่วนกล่องเสียง ส่วนในระดับคอดอย หลังโพรงจมูกนั้น ไม่มีความแตกต่างของปริมาตร ในขณะที่ การศึกษาปริมาตร หลังการผ่าตัดสองขากรรไกรนั้น แต่ละงานศึกษาพบการเปลี่ยนแปลงที่ต่างกันออกไป [35]

กล่าวโดยสรุปคือ เมื่อเปรียบเทียบการผ่าตัดสองขากรรไกร และการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่างเพียงอย่างเดียว โดยใช้ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ ล้างสีรูปกรวย พบว่า จะมีการแคบลงของช่องทางเดินหายใจส่วนคอดอย ในแนวหน้า-หลัง, แนวตามขวาง และพื้นที่ตัดขวางที่น้อยที่สุด หลังการผ่าตัดสองขากรรไกร น้อยกว่าการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่างเพียงอย่างเดียว ดังนั้นในการผ่าตัดเพื่อแก้ไขความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรชนิดที่สามนั้น การผ่าตัดสองขากรรไกร จะสามารถป้องกันการเกิดภาวะหยุดหายใจขณะหลับได้มากกว่าการผ่าตัดถอยขากรรไกรล่างเพียงอย่างเดียว [8]

Acknowledgement

Department of Oral and Maxillofacial Surgery,
Faculty of Dentistry, Mahidol University

Funding: None

Competing interests: None

Ethical Approval: Not required

References

1. Samman N, Tong A, Cheung D, Tideman H. Analysis of 300 dentofacial deformities in Hong Kong. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1992; 7: 181-5.
2. Bloomquist DS, Lee JJ. Principles of mandibular orthognathic surgery. In: Miloro M, Ghali G, Larsen PE, Waite PD, editors. *Peterson's principles of oral and maxillofacial surgery* 2nd ed. London: BC Decker Inc 2004; 1150-4.
3. Chen F, Terada K, Hua Y, Saito I. Effects of bimaxillary surgery and mandibular setback surgery on pharyngeal airway measurements in patients with Class III skeletal deformities. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 131: 372-7.
4. Busby BR, Bailey L, Proffit WR, Phillips C, White JR. Long-term stability of surgical class III treatment: a study of 5-year postsurgical results. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 2002; 17: 159-70.
5. Güven O, Saraçoglu U. Changes in pharyngeal airway space and hyoid bone positions after body osteotomies and sagittal split ramus osteotomies. *J Craniofac Surg* 2005; 16: 23-30.
6. Hochban W, Schürmann R, Brandenburg U. Mandibular setback for surgical correction of mandibular hyperplasia—does it provoke sleep-related breathing disorders? *Int J Oral Maxillofac Surg* 1996; 25: 333-8.
7. Hwang S, Chung CJ, Choi Y-J, Huh J-K, Kim K-H. Changes of hyoid, tongue and pharyngeal airway after mandibular setback surgery by intraoral vertical ramus osteotomy. *Angle Orthod* 2010; 80: 302-8.
8. Degerliyurt K, Ueki K, Hashiba Y, Marukawa K, Nakagawa K, Yamamoto E. A comparative CT evaluation of pharyngeal airway changes in class III patients receiving bimaxillary surgery or mandibular setback surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 105: 495-502.
9. Mehra P, Downie M, Pita MC, Wolford LM. Pharyngeal airway space changes after counterclockwise rotation of the maxillomandibular complex. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001; 120: 154-9.

10. Tiner B, Waite PD. Surgical and nonsurgical management of obstructive sleep apnea. In: Miloro M, Ghali G, Larsen PE, Waite PD, editors. *Peterson's principles of oral and maxillofacial surgery*. London: BC Decker Inc 2004; 1297-312.
11. Guilleminault C, Riley R, Powell N. Sleep apnea in normal subjects following mandibular osteotomy with retrusion. *Chest* 1985; 88: 776-8.
12. Riley RW, Powell NB, Guilleminault C, Ware W. Obstructive sleep apnea syndrome following surgery for mandibular prognathism. *J Oral Maxillofac Surg* 1987; 45: 450-2.
13. Liukkonen M, Vähätalo K, Peltomäki T, Tiekso J, Happonen R-P. Effect of mandibular setback surgery on the posterior airway size. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 2002; 17: 41-6.
14. Athanasiou AE, Toutountzakis N, Mavreas D, Ritzau M, Wenzel A. Alterations of hyoid bone position and pharyngeal depth and their relationship after surgical correction of mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991; 100: 259-65.
15. Goodday RH. Obstructive sleep apnea: Evaluation and treatment planning. In: Bagheri S, Bell R, Khan H, editors. *Current Therapy in Oral and Maxillofacial Surgery*. St Louis, MO: Saunders Elsevier 2012; 1020-33.
16. Bédard M-A, Montplaisir J, Richer F, Rouleau I, Malo J. Obstructive sleep apnea syndrome: pathogenesis of neuropsychological deficits. *J Clin Exp Neuropsychol* 1991; 13: 950-64.
17. Rosenow F, McCARTHY V, Caruso A. Sleep apnoea in endocrine diseases. *J Sleep Res* 1998; 7: 3-11.
18. Montgomery WM, Vig PS, Staab EV, Matteson SR. Computed tomography: a three-dimensional study of the nasal airway. *Am J Orthod* 1979; 76: 363-75.
19. Park S-B, Kim Y-I, Son W-S, Hwang D-S, Cho B-H. Cone-beam computed tomography evaluation of short-and long-term airway change and stability after orthognathic surgery in patients with Class III skeletal deformities: bimaxillary surgery and mandibular setback surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2012; 41: 87-93.
20. Schwab RJ, Goldberg AN. Upper airway assessment: radiographic and other imaging techniques. *Otolaryngol Clin North Am* 1998; 31: 931-68.
21. Riley R, Guilleminault C, Herran J, Powell N. Cephalometric analyses and flow-volume loops in obstructive sleep apnea patients. *Sleep* 1983; 6: 303-11.
22. Partinen M, Guilleminault C, Quera-Salva M-A, Jamieson A. Obstructive sleep apnea and cephalometric roentgenograms: the role of anatomic upper airway abnormalities in the definition of abnormal breathing during sleep. *Chest* 1988; 93: 1199-205.
23. Young T, Evans L, Finn L, Palta M. Estimation of the clinically diagnosed proportion of sleep apnea syndrome in middle-aged men and women. *Sleep* 1997; 20: 705-6.
24. Ryan CM, Bradley TD. Pathogenesis of obstructive sleep apnea. *J Appl Physiol* 2005; 99: 2440-50.
25. Enciso R, Nguyen M, Shigeta Y, Ogawa T, Clark GT. Comparison of cone-beam CT parameters and sleep questionnaires in sleep apnea patients and control subjects. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 109: 285-93.
26. Hora F, Nápolis LM, Daltro C, Kodaira SK, Tufik S, Togeiro SM, et al. Clinical, anthropometric and upper airway anatomic characteristics of obese patients with obstructive sleep apnea syndrome. *Respiration* 2007; 74: 517-24.
27. Chen NH, Li KK, Li SY, Wong CR, Chuang ML, Hwang CC, et al. Airway assessment by volumetric computed tomography in snorers and subjects with obstructive sleep apnea in a Far-East Asian population (Chinese). *Laryngoscope* 2002; 112: 721-6.
28. Bradley TD, Brown IG, Grossman RF, Zamel N, Martinez D, Phillipson EA, et al. Pharyngeal size in snorers, nonsnorers, and patients with obstructive sleep apnea. *N Engl J Med* 1986; 315: 1327-31.
29. Leiter J. Upper airway shape: Is it important in the pathogenesis of obstructive sleep apnea? *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 153: 894-8.

30. Malhotra A, White DP. Obstructive sleep apnoea. *Lancet* 2002; 360: 237-45.
31. Chen H, Aarab G, de Ruiter MH, de Lange J, Lobbezoo F, van der Stelt PF. Three-dimensional imaging of the upper airway anatomy in obstructive sleep apnea: a systematic review. *Sleep Med* 2016; 21: 19-27.
32. Lee J-Y, Kim Y-I, Hwang D-S, Park S-B. Effect of maxillary setback movement on upper airway in patients with class III skeletal deformities: cone beam computed tomographic evaluation. *J Craniofac Surg* 2013; 24: 387-91.
33. Hong J-S, Park Y-H, Kim Y-J, Hong S-M, Oh K-M. Three-dimensional changes in pharyngeal airway in skeletal class III patients undergoing orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2011; 69: e401-e8.
34. Hatab N, Konstantinović V, Mudrak J. Pharyngeal airway changes after mono-and bimaxillary surgery in skeletal class III patients: cone-beam computed tomography evaluation. *J Craniomaxillofac Surg* 2015; 43: 491-6.
35. Fernández-Ferrer L, Pinho T, Almerich-Silla JM, Bellot-Arcís C. Effects of mandibular setback surgery on upper airway dimensions and their influence on obstructive sleep apnoea—A systematic review. *J Craniomaxillofac Surg* 2015; 43: 248-53.
36. Park J-W, Kim N-K, Kim J-W, Kim M-J, Chang Y-I. Volumetric, planar, and linear analyses of pharyngeal airway change on computed tomography and cephalometry after mandibular setback surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 138: 292-9.
37. Gonçalves ES, Duarte MA, Palmieri Jr C, Zakhary GM, Ghali GE. Retrospective analysis of the effects of orthognathic surgery on the pharyngeal airway space. *J Oral Maxillofac Surg* 2014; 72: 2227-40.
38. Jakobsone G, Neimane L, Krumina G. Two-and three-dimensional evaluation of the upper airway after bimaxillary correction of Class III malocclusion. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 110: 234-42.
39. Lee Y, Chun Y-S, Kang N, Kim M. Volumetric changes in the upper airway after bimaxillary surgery for skeletal class III malocclusions: a case series study using 3-dimensional cone-beam computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 2012; 70: 2867-75.
40. Demetriades N, Chang DJ, Laskarides C, Papageorge M. Effects of mandibular retropositioning, with or without maxillary advancement, on the oro-nasopharyngeal airway and development of sleep-related breathing disorders. *J Oral Maxillofac Surg* 2010; 68: 2431-6.
41. Gokce S, Gorgulu S, Gokce H, Bengi O, Sabuncuoglu F, Ozgen F, et al. Changes in posterior airway space, pulmonary function and sleep quality, following bimaxillary orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2012; 41: 820-9.
42. Panou E, Motro M, Ateş M, Acar A, Erverdi N. Dimensional changes of maxillary sinuses and pharyngeal airway in Class III patients undergoing bimaxillary orthognathic surgery. *Angle Orthod* 2013; 83: 824-31.

