

ผลกระทบจากความหนาริมฝีปากต่อผลของการปลูก กระดูกเข้าฟันในผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ด้านเดียว แบบสมบูรณ์: ระเบียบวิธีไฟไนท์ เอลิเมนต์ Effects of Lip Thickness on Alveolar Bone Grafting Outcomes in Patients with Complete Unilateral Cleft Lip and Palate: Finite Element Analysis

ศิริเศรษฐ์ มงคลอุปถัมภ์¹, ชงชัย ฟองสมุทร², มารศรี ชัยวรวิทย์กุล³
¹นักศึกษาหลังปริญญาสาขาทันตกรรมจัดฟัน ภาควิชาทันตกรรมจัดฟันและทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
²ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
³ภาควิชาทันตกรรมจัดฟันและทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Siraseth Mongkolupatham¹, Thongchai Fongsamoot², Marasri Chaiworawitkul³
¹Postgraduate student in Orthodontics, Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry,
Faculty of Dentistry, Chiang Mai University
²Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University
³Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

ชม. ทันตสาร 2554; 32(1) : 93-103
CM Dent J 2011; 32(1) : 93-103

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาสำรวจเพื่อหาความสัมพันธ์ของความหนาริมฝีปากและผลของการปลูกกระดูกเข้าฟันในผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ด้านเดียวแบบสมบูรณ์ โดยอาศัยภาพรังสี 2 ชนิด คือ ภาพรังสีกัดสบ และภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างของผู้ป่วย 10 ราย ก่อนการปลูกกระดูกเข้าฟัน 1 เดือนและหลังการปลูกกระดูก 1 ปี โดยวัดการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความสูงของกระดูกที่ปลูก และใช้วิธีไฟไนท์ เอลิเมนต์สามมิติเพื่อหาความสัมพันธ์ของความหนาริมฝีปาก

Abstract

Objective of this pilot study was to define a relationship of upper lip thickness and alveolar bone grafting outcomes in patients with complete unilateral cleft lip and palate. Occlusal topographic radiographs and lateral cephalograms, at 1 month and 1 year after alveolar bone grafting of 10 patients were assessed to evaluate changes of grafted bone height percentages. Three-dimensional finite element models were

Corresponding Author:

มารศรี ชัยวรวิทย์กุล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมจัดฟันและทันตกรรม
สำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Marasri Chaiworawitkul

Assistant Professor, Department of Orthodontics and Pediatric
Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University,
Chiang Mai 50200, Thailand.

E-Mail: marasri@chiangmai.ac.th

และแรงกระทำต่อขากรรไกรบน ผลการวิเคราะห์ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างพบว่าริมฝีปากยิ่งบางจะยิ่งมีอัตราการละลายของกระดูกที่ปลูกมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยไฟไนท์ เอลิเมนต์ที่พบว่าริมฝีปากยิ่งบางจะยิ่งมีแรงกระทำต่อขากรรไกรบนมาก จากผลการศึกษาจึงสรุปได้ว่าความหนาของริมฝีปากอาจมีผลต่อการปลูกกระดูกเข้าฟัน

คำสำคัญ: ปากแหว่งเพดานโหว่, ความหนาริมฝีปาก, ไฟไนท์ เอลิเมนต์

created to reveal a relationship of lip thickness and force loaded on the maxilla. The results showed a statistically significant correlation between lip thickness and postsurgical graft alveolar bone height ratio: the less lip thickness, the less alveolar bone graft height remaining. Moreover, a finite element study result also indicated that the less lip thickness, the more loaded force on maxilla. These concluded that lip thickness might be a factor affecting alveolar bone grafting outcomes.

Keywords: Cleft, Lip thickness, Finite element

บทนำ

ภาวะปากแหว่งเพดานโหว่เป็นความผิดปกติโดยกำเนิดที่พบได้บ่อยที่สุดของความผิดปกติบริเวณศีรษะและใบหน้า มีอุบัติการณ์เกิด 1-2 รายต่อประชากรเกิดใหม่ 1,000 คน และแตกต่างกันในแต่ละเชื้อชาติ⁽¹⁾ โดยชาวยุโรปพบอุบัติการณ์ 1.45-1.57 ต่อ 1,000 คนผิวดำ 0.4 ต่อ 1,000⁽²⁾ ในเอเชีย 1.4 ต่อ 1,000 ส่วนในประเทศไทยพบว่ามีอุบัติการณ์เกิดโรคนี้ 1.43 ต่อ 1,000⁽³⁾ โดยพบเพศชายมากกว่าเพศหญิง ทั้งนี้จากการศึกษาของอิรักซ์ ชวงสุวณิช⁽⁴⁾ พบการเกิดปากแหว่งอย่างเดียวร้อยละ 23 ปากแหว่งและเพดานโหว่ ร้อยละ 60 และ เพดานโหว่อย่างเดียวร้อยละ 17

ปัญหาที่สำคัญของการรักษาผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่คือความสวยงาม ภาวะทุพโภชนาการ การติดเชื้อซ้ำซ้อนในหูส่วนกลางรวมทั้งปัญหาทางทันตกรรม⁽⁵⁾ ในทางทันตกรรม ภาวะปากแหว่งเพดานโหว่ส่งผลกระทบให้เกิดความผิดปกติของรูปร่างแนวโค้งของฟัน ระบบการบดเคี้ยว รูปร่างใบหน้า และอวัยวะบดเคี้ยว นอกจากนี้ในผู้ป่วยที่มีปากแหว่งร่วมกับเพดานโหว่อย่างสมบูรณ์จะพบมีการขาดหายไปของเนื้อเยื่ออ่อน กระดูกเข้าฟันจำนวนและรูปร่างฟันบริเวณที่เกิดการแหว่ง อีกทั้งพบการเจริญเติบโตที่ลดลงและการแฟบในแนวขวางของขากรรไกรบน การเบี่ยงเบนของแนวกลาง และใบหน้าส่วน

กลางสั้นในแนวดิ่ง⁽⁶⁾ ส่วนความผิดปกติของฟันที่พบได้ในผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ด้านเดียวได้แก่ ภาวะฟันเกิน ฟันขนาดเล็กกว่าปกติ ฟันและรากฟันผิดปกติ ฟันไม่สมมาตร การล่าช้าของการพัฒนาฟัน ฟันขาดหายซึ่งพบได้มากที่สุดคือฟันตัดบนซี่ข้าง⁽⁷⁾

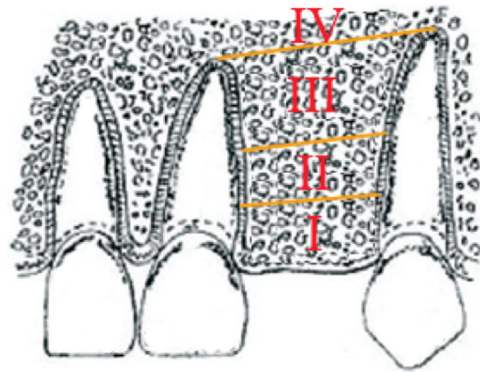
จากการศึกษาภาพถ่ายรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ (Computerized Tomography scan) พบว่าผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่มีขากรรไกรบนเล็กกว่าคนปกติในขณะที่ยากรรไกรล่างนั้นมีขนาดปกติ⁽⁵⁾ การผ่าตัดร่วมกับการจัดฟันลดปัญหานี้ได้ ในส่วนเพดานที่โหว่ การปลูกกระดูกเข้าฟันเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งในการรักษา การปลูกกระดูกในผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่มีจุดประสงค์เพื่อ บำรุงกระดูกสันหลังอก ทำให้ฟันซี่ข้างแท้สามารถขึ้นได้และลดการทำศัลยกรรมตกแต่ง ทั้งนี้กระดูกที่ดีที่สุดที่นำมาปลูกคือกระดูกสะโพก (iliac bone)⁽⁸⁾

การปลูกกระดูกนิยมแบ่งได้เป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะปฐมภูมิ ระยะทุติยภูมิและระยะตติยภูมิ (Primary, secondary and tertiary bone graft) การปลูกกระดูกปฐมภูมิ จะทำในผู้ที่อายุน้อยกว่า 2 ปีและมักทำร่วมกับการขยายขากรรไกรบนเพื่อป้องกันการยุบตัวของขากรรไกรบน มีจุดประสงค์เพื่อให้ฟันน้ำนมสามารถงอกขึ้นมาในช่องปากได้ เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของปริมาตรซิลลา

(premaxilla) และพยางค์ปีกจมูก ในผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ทั้งสองข้าง⁽⁹⁾ แต่การผ่าตัดปลูกกระดูกในระยะนี้อาจยับยั้งการเจริญเติบโตของขากรรไกรบนและจมูกได้^(8,9,10) จึงทำให้วิธีดังกล่าวไม่เป็นที่ยอมรับ การปลูกกระดูกทุกติดยุติโดยทั่วไปกระทำที่อายุประมาณ 7-11 ปี การปลูกกระดูกทุกติดยุติแบ่งได้อีกสองช่วง คือการปลูกกระดูกทุกติดยุติตอนต้นและตอนปลาย การปลูกกระดูกทุกติดยุติตอนต้นจะทำก่อนฟันเขี้ยวแทงออกมาในช่องปากคือ 7-8 ปี วัตถุประสงค์เพื่อให้ฟันตัดบนที่ข้างขึ้นมาได้ในตำแหน่งปกติ กรณีที่รอยแยกอยู่หน้าต่อฟันขึ้นนี้ และการขึ้นของฟันเขี้ยวจะช่วยคงสภาพของกระดูกที่ปลูกไว้⁽¹⁰⁾ การปลูกกระดูกทุกติดยุติตอนปลายกระทำหลังจากฟันเขี้ยวแทงออกมาในช่องปากแล้วเมื่ออายุประมาณ 8-11 ปี Brattstrom และ McWilliams⁽¹¹⁾ ได้ศึกษาความผิดปกติของฟันและความสูงกระดูกเบ้าฟันในผู้ป่วย 202 รายที่ได้รับการผ่าตัดปลูกกระดูกในช่วงอายุต่างๆ กัน พบว่าการปลูกกระดูกทุกติดยุติตอนต้นช่วยให้การขึ้นของฟันตัดที่ข้างแท้ปกติ และมีระดับความสูงของกระดูกหน้าพอใจมากกว่าการปลูกกระดูกทุกติดยุติตอนปลายซึ่งมักพบว่าฟันหายได้บ่อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการปลูกกระดูกทุกติดยุติตอนปลายมักมีความผิดปกติที่รุนแรงกว่ากลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการปลูกกระดูกทุกติดยุติตอนต้น การปลูกกระดูกทุกติดยุติคือการปลูกกระดูกเมื่ออายุประมาณ 13-14 ปี หรือมากกว่า⁽¹²⁾ ข้อเสียของการปลูกกระดูกทุกติดยุติมักจะไม่สามารถเพิ่มปริมาณกระดูกเบ้าฟันได้มากตามที่ต้องการและบ่อยครั้งยังพบรากฟันสั้นลงด้วย⁽¹³⁾

จากการศึกษาต่างๆ ได้รายงานผลความสำเร็จของการปลูกกระดูกเบ้าฟันทุกติดยุติตอนต้นไว้ถึงกว่า 80% รวมถึงทำให้ฟันเขี้ยวแท้ขึ้นมาได้ในตำแหน่งปกติ จึงได้รับความนิยมมากกว่าการปลูกกระดูกในช่วงอายุอื่น^(10,11)

ความสำเร็จในการปลูกกระดูกพิจารณาตามวิธีของ Bergland และคณะ⁽¹⁴⁾ โดยจัดระดับความสำเร็จในการปลูกกระดูกเป็น 4 ระดับตามความสูงของรากฟันข้างเคียงจากภาพรังสีรอบปลายราก ได้แก่ ระดับที่ 1 ความสูงกระดูก ร้อยละ 75-100 ระดับที่ 2 ความสูงกระดูก ร้อยละ 50-75 ระดับที่ 3 ความสูงกระดูก น้อยกว่าร้อยละ 50 และระดับที่ 4 ไม่มีกระดูกระหว่างรากฟัน (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 วิธีวัดความสูงกระดูกของ Bergland (ดัดแปลงจาก Bergland และคณะ)

Figure 1 Bergland's scale of bone height (modified from Bergland et al. 2003)⁽¹⁴⁾

นอกจากนี้ Helms และคณะ⁽¹⁵⁾ ได้คิดค้นวิธีประเมินสภาพัฒนกรรมของการปลูกกระดูกโดยการประเมินจากกระดูกด้านติดรากฟันของฟันตัดกลางบนที่อยู่ติดกับช่องโหว่ เทียบกับความสูงรากฟันจากปลายรากฟันมายังรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน Long และคณะ⁽¹⁶⁾ ศึกษาความกว้างช่องโหว่และตำแหน่งฟันเขี้ยว เพื่อวัดความสูงกระดูกเบ้าฟันข้างเคียงเพื่อประเมินความสำเร็จจากการปลูกกระดูก ต่อมา Witherow และคณะ⁽¹⁷⁾ แนะนำมาตรวัดตำแหน่งการปลูกกระดูกในช่องโหว่ ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน อันดับแรก แบ่งครึ่งรากฟันตามแนวความสูงด้วยเส้นสมมุติ แบ่งรากฟันเป็นสี่ส่วน ฟันด้านไกลกลางของช่องโหว่ควรเป็นฟันเขี้ยวแท้ที่ขึ้นแล้ว ถ้ายังไม่ขึ้นให้ใช้ฟันซี่ถัดไป แต่ละหนึ่งส่วนของรากฟันถูกกำหนดให้ได้คะแนน 0 เมื่อไม่มีกระดูกปรากฏจากผิวรากฟันถึงกึ่งกลางช่องโหว่ คะแนน 0.5 เมื่อมีกระดูกปรากฏจากผิวรากฟันแต่ไม่ถึงกึ่งกลางช่องโหว่ และได้คะแนน 1 เมื่อมีกระดูกจากผิวรากฟันไปจรดกึ่งกลางช่องโหว่ คิดคะแนน 8 ตำแหน่งที่รากฟันด้านใกล้กลางและไกลกลางของช่องโหว่ จากนั้นพิจารณาตำแหน่งสันกระดูก ที่ทอดข้ามช่องโหว่ ในภาพรังสีและแบ่งเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม A หมายถึงผิวรากฟันบริเวณรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน ถูกปกคลุมด้วยกระดูกตั้งแต่ร้อยละ 75 ขึ้นไป กลุ่ม B หมายถึงมีกระดูกอย่างน้อยร้อยละ 25 กลุ่ม C มีกระดูกไม่ถึงร้อยละ 25 กลุ่ม D ครึ่งหนึ่งของรากฟันไม่มีกระดูกปกคลุม กลุ่ม E ไม่มี

กระดูกคลุมปลายรากฟันแต่มีสันกระดูกระหว่างรากฟัน บ้าง กลุ่ม E ไม่มีกระดูกตั้งแต่ ร้อยละ 75 ขึ้นไป การประเมินด้วยวิธีของ Witherow นี้ถูกเรียกว่ามาตรวัด Chelsea

ในการประเมินการปลูกกระดูกมักใช้ภาพรังสีสองมิติซึ่งคิดค้นโดย Broadbent⁽¹⁸⁾ และถูกนำมาใช้ประเมินในทางทันตกรรมจัดฟันอย่างแพร่หลายจวบจนปัจจุบัน⁽¹⁹⁾ ต่อมาภาพถ่ายรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์สามมิติถูกคิดค้นและมีประโยชน์ในด้านลดการซ้อนทับของภาพและให้รายละเอียดที่ดีกว่าภาพรังสีสองมิติ⁽²⁰⁾ แต่เทคนิคดังกล่าว ผู้ป่วยจะได้รับปริมาณรังสีมากกว่าและค่าใช้จ่ายยังมากกว่าด้วย นอกจากนี้ยังมีเครื่องถ่ายภาพรังสีดังกล่าวน้อยอยู่ในปัจจุบัน⁽²¹⁾ อย่างไรก็ตามทั้งภาพถ่ายรังสีสองมิติและสามมิตียังคงมีความถูกต้องน่าเชื่อถือไม่ต่างกัน⁽²⁰⁾

ปัจจุบันการวิจัยทางการแพทย์ได้มีการประยุกต์ใช้วิธีไฟไนท์ เอลิเมนต์ (Finite element method) ซึ่งเป็นวิธีการเชิงตัวเลขเพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรม เช่น การวิเคราะห์โครงสร้างและการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากความเครียด โหลด ความร้อนและสมการเชิงตัวเลขที่ซับซ้อนเพื่อแก้ไข ตัวอย่างเช่นการวิเคราะห์ชิ้นส่วนรถยนต์ โครงสร้างสะพานและเครื่องมือกลต่างๆ เนื่องจากปัญหาที่ซับซ้อนเหล่านี้การใช้วิธีไฟไนท์เอลิเมนต์จำลองสมการเชิงตัวเลขเพื่อใช้ในการหาผลลัพธ์เหล่านี้ โดยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์สามารถประเมินผลตามโครงสร้างโดยการแบ่งออกเป็นหลายองค์ประกอบที่มีจำนวนจำกัด แต่ละองค์ประกอบถูกมาคำนวณในสมการทางเมตริกซ์และสามารถไขคำตอบผลลัพธ์ของโครงสร้างนั้นๆ ได้⁽²²⁾ Zienkiewicz⁽²³⁾ เสนอการใช้เทคนิคดังกล่าวในการทำนายและวิเคราะห์โครงสร้างทางวิศวกรรมเครื่องกล และต่อมาได้มีการนำมาใช้ในการศึกษาทางชีวกลศาสตร์ทางทันตกรรม เทคนิคนี้ได้รับการเสนอโดยโดยทั่วไปวัตถุที่จะศึกษาจะถูกนำมาสร้างเป็นกรวยฟักจำลองในคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของตาข่าย ซึ่งถูกกำหนดให้มีรูปทรงเรขาคณิต ตาข่ายนี้จะแบ่งออกโดยกระบวนการที่เรียกว่า ดิสครีทิเซชัน (discretization) ให้เป็นจำนวนหน่วยย่อยๆ องค์ประกอบเหล่านี้จะเชื่อมต่อกันที่จุดตัดหรือยอดแหลมที่เรียกว่า “โนด” การกำหนด

คุณสมบัติของวัสดุที่เหมาะสมถูกต้องของโครงสร้างที่เป็นตัวแทนของการคำนวณ จากนั้นจึงคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จนได้ผลลัพธ์ของการตอบสนองทางกายภาพของวัตถุที่เกิดโหลด ได้แก่ ปริมาณความเครียด ความเค้น ระยะทางที่เสียรูป และอุณหภูมิได้⁽²⁴⁾

วิธีไฟไนท์ เอลิเมนต์ทางทันตกรรมเริ่มต้นจากวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของแบบจำลอง 2 มิติของกระดูกและเนื้อเยื่ออ่อน ซึ่งการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดมากมาย⁽²⁵⁾ ต่อมา Nyashin และคณะ⁽²⁶⁾ ศึกษาวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ 3 มิติของแบบจำลองฟัน เอ็นยึดปริทันต์และกระดูก ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ทำให้เข้าใจถึงคุณสมบัติยืดหยุ่นของอวัยวะปริทันต์ภายใต้แรงกระทำ ในทางทันตกรรมจัดฟัน Katada และคณะ⁽²⁷⁾ รายงานผลจากการใส่ headgear และ facemask ต่อขากรรไกรบนโดยใช้วิธีไฟไนท์ เอลิเมนต์ 3 มิติ ผลการศึกษาพบว่าแรง headgear ส่งผลให้ขากรรไกรเคลื่อนที่ไปข้างหลังและหมุนตามเข็มนาฬิกา ส่วน facemask ทำให้ขากรรไกรเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและหมุนทวนเข็มนาฬิกา Chang และคณะ⁽²⁸⁾ เปรียบเทียบผลการดึงฟันหน้า 6 ซี่ด้วยลวด Multiloop Edgewise archwire (MEAW) โดยใช้วิธีไฟไนท์ เอลิเมนต์ 3 มิติ พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับลวดระนาบแล้ว MEAW มีการเปลี่ยนตำแหน่งของฟันน้อยกว่า ทั้งในแนวความสูงและการหมุนของฟัน Rudolph และคณะ⁽²⁹⁾ พบว่าการกดฟันเข้าหรือดึงฟันออกจากเบ้าฟันหรือหมุนฟันอย่างเดียว จะเกิดความเครียดที่บริเวณปลายรากฟัน ส่วนการเคลื่อนฟันแบบ bodily และ tipping เกิดความเครียดมากที่สุดที่ยอดสันเหงือก การศึกษาในแขนงเกี่ยวกับปากแหว่งเพดานโหว่ยังมีน้อยมาก อย่างไรก็ตามโดย Zhao และ Patel⁽³⁰⁾ ด้วยวิธีไฟไนท์ เอลิเมนต์เกี่ยวกับความเครียดและความเค้นภายในขากรรไกรบน พบว่าช่องโหว่ที่ยิ่งกว้างและลึก ยิ่งมีความเครียดและความเค้นมากภายในขากรรไกรบน ริมฝีปากเป็นปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับความสำเร็จของการผ่าตัดปลูกกระดูกในผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ปัจจัยหนึ่งซึ่งไม่เคยมีผู้ศึกษาในประเทศไทยมาก่อน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของความหนาของริมฝีปากต่อผลของการผ่าตัดปลูกกระดูกในผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ที่เข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลมหาวิทยาลัย

นครเชียงใหม่ในช่วงปี พ.ศ. 2547 ถึง 2551 โดยภาพถ่ายรังสีสองมิติและโดยวิธีไฟไนท์ เอลิเมนต์

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาภาพถ่ายรังสี

กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ที่ไม่มีกลุ่มอาการผิดปกติอื่น ชนิดสมบูรณ์ด้านเดียว (non syndromic complete unilateral cleft lip and palate) ที่มีอายุระหว่าง 8 -14 ปี จำนวน 10 ราย ซึ่งได้รับการผ่าตัดปลูกกระดูกจากโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ในช่วงปี พ.ศ. 2547 ถึง 2551 มีระเบียบประวัติสมบูรณ์และได้รับการผ่าตัดโดยศัลยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่าน ด้วยเทคนิคเดียวกัน จากนั้นนำภาพถ่ายรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างก่อนการปลูกกระดูก 1 เดือนและหลังปลูกกระดูก 1 ปี นำมาหาตำแหน่งความหนาของริมฝีปาก และนำภาพรังสีกัดสับหลังปลูกกระดูก 1 เดือน และหลังปลูกกระดูก 1 ปี มาหาความร้อยละของความสูงกระดูกที่ลดลง

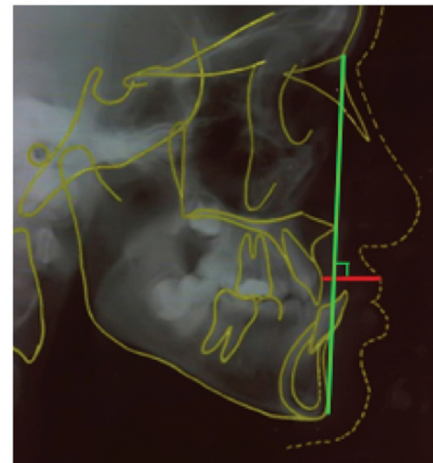
การศึกษาด้วยวิธีไฟไนท์ เอลิเมนต์

แบบจำลองริมฝีปากบน และแบบจำลองกระดูกขากรรไกรบนของผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ช่วงอายุ 8-14 ปี ถูกสร้างขึ้นแยกจากกันด้วยโปรแกรมออกแบบสามมิติ จากนั้นนำแบบจำลองริมฝีปากดังกล่าวไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม FEMap 9.0 การวิเคราะห์เริ่มจากกำหนดโหนดเอลิเมนต์ (element) และคุณสมบัติกายภาพให้กับแบบจำลองริมฝีปาก^(31,32) กำหนดจุดยึดแน่นตายตัวที่บริเวณด้านใกล้เพดานของริมฝีปาก สร้างภาระแรง (load) ที่มุมปากทำมุม 30 องศากับแนวความยาวของริมฝีปาก โดยกำหนดภาระแรงสามระดับ คือน้อย กลาง และมาก นำผลลัพธ์ที่ได้จากภาระแรงทั้งสามระดับที่มีทิศชี้ไปด้านเพดานมาหาตำแหน่งเฉลี่ย และนำค่าดังกล่าวไปสร้างภาระแรงให้กับแบบจำลองขากรรไกรบนเพื่อวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วยวิธีไฟไนท์ เอลิเมนต์ ต่อไป

ขั้นตอนการศึกษา

ภาพถ่ายรังสีรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างและภาพรังสีกัดสับของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 10 คน ถูกนำมาลอกถ่าย

ภาพโดยผู้ชำนาญ 1 ท่าน และวัดภาพลอกถ่ายดังกล่าวเพื่อหาตำแหน่งเฉลี่ย โดยวัดซ้ำ 2 ครั้งในระยะเวลาที่ต่างกันอย่างน้อย 7 วัน การประเมินโดยการวัดภาพรังสีแต่ละครั้งกระทำโดยผู้ชำนาญ 1 คน ซึ่งการวัดระยะภาพรังสีแต่ละภาพต้องมีความแตกต่างของการวัดต้องไม่เกิน 0.5 มม. มิฉะนั้นการจะทำวัดครั้งที่สามแล้วนำไปหาตำแหน่งเฉลี่ยของภาพรังสีนั้น ภาพถ่ายรังสีรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างจะนำมาวัดความหนาของริมฝีปากโดยวิธีของ Filho และคณะ⁽⁸⁾ โดยลากเส้น N-Pog ความหนาของริมฝีปากหาตำแหน่งโดยวัดระยะจากขอบริมฝีปาก (vermillion border) ตั้งฉากมายังเส้นดังกล่าวจรดผิวพื้นด้านใกล้ริมฝีปาก (รูปที่ 2)

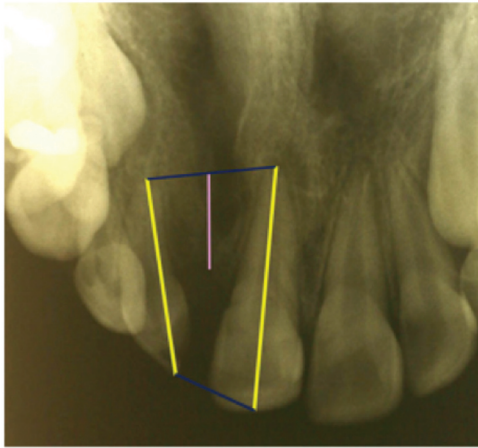


รูปที่ 2 การวัดความหนาของริมฝีปาก (ดัดแปลงจาก Filho และคณะ)

Figure 2 Measurement of upper lip thickness : a) Illustrated N-Pog line and a line tangent to it, b) Lip thickness measurement in lateral cephalometric radiographs (modified from Filho et al. 2003)⁽⁸⁾

ภาพรังสีกัดสับถูกนำมาประเมินโดยดัดแปลงจากวิธีของ Long และคณะ⁽¹⁶⁾ โดยลากเส้นแบ่งครึ่งจากฟันตามแนวแกนฟัน ลากเส้นสมมุติเชื่อมระหว่างปลายรากฟันทั้งสองที่อยู่ระหว่างช่องโหว่ จากนั้นลากเส้นสมมุติเชื่อมกึ่งกลางยอดฟัน แบ่งครึ่งเส้นสมมุติทั้งสองแล้วลากเส้นเชื่อมระหว่างจุดแบ่งครึ่งทั้งสองดังกล่าว วัดระยะจากจุดกึ่งกลางของเส้นที่เชื่อมปลายรากฟันมายังสันกระดูก จะได้ระยะความสูงของกระดูก จากนั้นนำค่าที่ได้ไปหาร

ด้วยความยาวของฟันตัดซี่กลาง จะได้ร้อยละอัตราส่วนของระดับความสูงกระดูกที่ลดลง (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 การวัดอัตราส่วนของระดับความสูงกระดูก (ตัดแปลงจาก Long และคณะ)

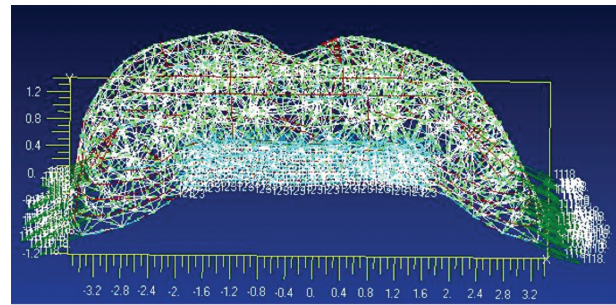
Figure 3 Measurement of grafted bone height ratio (Modified from Long, 1995)⁽¹⁶⁾

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การคำนวณความหนาริมฝีปากและอัตราส่วนของระดับความสูงกระดูกในช่องโหว่ใช้สถิติแบบพรรณนา วิธีการวัดความหนาริมฝีปากในภาพถ่ายรังสีรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรแบบจับคู่ (Paired t-test) ความสัมพันธ์ของความหนาริมฝีปากกับอัตราส่วนความสูงกระดูกในช่องโหว่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ชนิด Kendall's Tau โดยทั้งหมดใช้โปรแกรมคำนวณสถิติสำเร็จรูป

การศึกษาด้วยไฟไนท์ เอลิเมนต์

ขั้นแรกสร้างแบบจำลองริมฝีปากซึ่งถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรมสร้างภาพวัตถุ 3 มิติ กำหนดจุดยึดตายตัวที่ริมฝีปากด้านใกล้เพดาน แรงกระทำถูกกำหนดให้ที่มุมปากทำมุม 30 องศากับความยาวของริมฝีปาก (รูปที่ 4) แรงกระทำที่ให้มีปริมาณต่างกัน 3 ระดับ กล่าวคือ แรงเบามีค่า 599.02 นิวตัน แรงปานกลางมีค่า 1,118 นิวตัน และแรงหนักมีค่า 1,677.1 นิวตัน

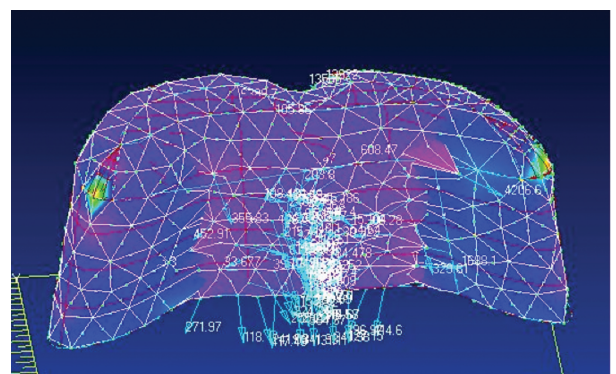


รูปที่ 4 แบบจำลองไฟไนท์เอลิเมนต์ของ ริมฝีปาก ให้แรงทำมุม 30 องศา

Figure 4 Finite element's lip model with loaded forces at 30 degrees.

หลังจากวิเคราะห์ภาระแรงกระทำด้วยวิธีไฟไนท์ เอลิเมนต์แล้ว แรงลัพธ์ที่ได้จะถูกนำไปคำนวณเพื่อหาความดันต่อพื้นที่ โดยคำนวณจากแรงลัพธ์บนโหนด 10 โหนด พื้นที่ที่ครอบคลุมโหนดดังกล่าวจะถูกวัดว่ามีพื้นที่เท่าใด จากนั้นนำแรงลัพธ์ที่กระทำบนพื้นที่ดังกล่าวมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย และนำไปคำนวณในขั้นตอนต่อไป

ปริมาณค่าเฉลี่ยแรงลัพธ์ซึ่งมีหน่วยเป็น นิวตันต่อพื้นที่ จากภาระแรงกระทำทั้ง 3 ค่าดังกล่าว ถูกนำไปใช้เป็นแรงกระทำของแบบจำลองกระดูกขากรรไกรบน แบบจำลองชิ้นนี้ถูกยึดตายตัวที่บริเวณด้านหลังด้านบน ไกลจากพื้นที่ที่ใส่ภาระแรง (รูปที่ 5) แรงกระทำทั้ง 3 ระดับ ได้แก่ แรงเบา ปานกลางและหนักถูกใส่ในทิศทางด้านขากรรไกรไปทางด้านหลัง (ด้านเพดาน) จากนั้นวิเคราะห์ผลลัพธ์ด้วยวิธีไฟไนท์ เอลิเมนต์



รูปที่ 5 ผลลัพธ์ที่ได้จากการกำหนดแรงทำมุม 30 องศา สังเกตแรงลัพธ์มีทิศไปด้านเพดาน

Figure 5 Palatal direction of lip force after 30-degree force load.

ผลการศึกษา

การศึกษาภาพถ่ายรังสี

ความหนาริมฝีปากก่อนและหลังปลูกกระดูกมีค่าเฉลี่ย 12.8 และ 13.5 ม.ม. ตามลำดับ แม้ว่าค่าเฉลี่ยหลังการปลูกกระดูกจะเพิ่มขึ้น 0.7 ม.ม. แต่เมื่อนำไปหาคำนวณหาผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสองประชากรแบบจับคู่ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P=0.05$ อัตราส่วนของระดับความสูงกระดูกลดลง ร้อยละ 34.35 ภายหลังปลูกกระดูกไป 1 ปี อัตราการลดลงสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 103.5 และต่ำสุดที่ ร้อยละ 0.49 และพบว่าการลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ $P=0.05$ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของระดับความสูงกระดูกหลังปลูก 1 เดือนและ 1 ปี

Table 1 Percentages of bone height remaining after 1 month and 1 year after grafting.

ลำดับ	หลัง 1 เดือน (%)	หลัง 1 ปี (%)	ลดลง (%)
1	134.62	31.11	-103.50
2	55.56	37.29	-18.27
3	75.76	44.44	-31.31
4	48.98	46.94	-2.04
5	86.79	42.86	-43.94
6	67.39	13.33	-54.06
7	-19.51	-20.00	-0.49
8	24.00	18.00	-6.00
9	61.54	52.00	-9.54
10	107.69	33.33	-74.36
เฉลี่ย	64.282	29.93	-34.35

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

หลังจากวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาริมฝีปากกับอัตราส่วนของระดับความสูงกระดูกด้วยสถิติ Kendall's Tau พบว่ามีความสัมพันธ์ระดับปานกลางที่ค่าประสิทธิภาพความสัมพันธ์ 0.566 ที่ P -value 0.025

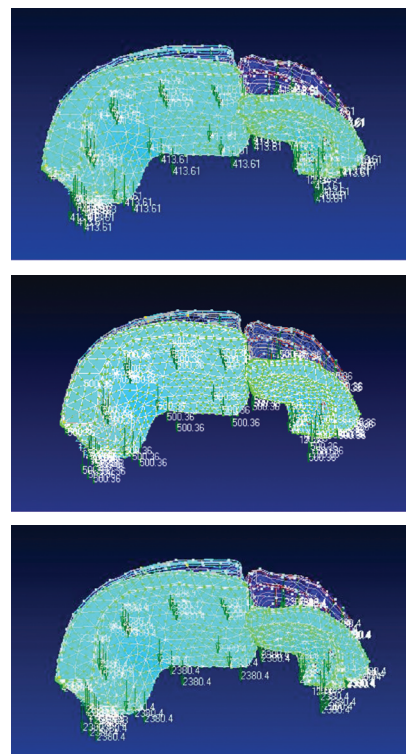
การศึกษาด้วยวิธีไฟไนท์ เอลิเมนต์

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองริมฝีปากโดยให้แรงกระทำ 30 องศาที่มุมปาก พบว่าแรงลัพธ์มีทิศทางไป

ด้านเพดาน โดยแรงกระทำเบามีแรงลัพธ์จาก 10 โหนดรวม 719.6871 นิวตัน พื้นที่ครอบคลุม 10 โหนดดังกล่าวมีขนาด 1.74 ตรมม. ดังนั้นปริมาณแรงต่อพื้นที่จึงเท่ากับ 413.61328 นิวตันต่อตรมม. และเมื่อนำแรงกระทำนี้ไปใส่ในแบบจำลองขากรรไกรบน พบว่ามีการเคลื่อนที่ของกระดูกขากรรไกรมากที่สุดเท่ากับ 1.505848 ม.ม. (รูปที่ 6)

แบบจำลองริมฝีปากภาวะแรงกระทำปานกลางถูกคำนวณที่สถานะเดียวกัน แรงลัพธ์ที่ได้เท่ากับ 870.62338 นิวตันหรือ 500.3582644 นิวตันต่อตรมม. และเมื่อนำแรงกระทำไปใส่ให้กับแบบจำลองขากรรไกรบนแล้ว พบว่ามีการเคลื่อนที่ของโหนดมากที่สุดเท่ากับ 1.821663 ม.ม. (รูปที่ 6)

แบบจำลองริมฝีปากภาวะแรงกระทำหนักถูกคำนวณที่สถานะเดิมเช่นเดียวกัน แรงลัพธ์ที่ได้เท่ากับ 4,141.923 นิวตัน หรือ 2,380.415517 นิวตันต่อตรมม. และเมื่อนำแรงกระทำไปใส่ให้กับแบบจำลองขากรรไกรบนแล้ว พบว่ามีการเคลื่อนที่ของโหนดมากที่สุดเท่ากับ 8.66643 ม.ม. (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 การเลือกรูปของแบบจำลองขากรรไกรบนที่ภาวะแรงเบา ปานกลางและหนักตามลำดับ

Figure 6 Displacement of cleft maxilla models after light, medium and heavy load.

บทวิจารณ์

การศึกษานี้เพื่อประเมินภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างและภาพรังสีกัดสบของผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ซึ่งได้รับการปลูกถ่ายกระดูก โดยเป็นภาพรังสี 2 มิติที่ใช้กันแพร่หลาย แม้ว่าภาพรังสี 3 มิติจะได้รับการยอมรับว่าแม่นยำกว่า แต่การใช้งานยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก และในความเป็นจริงภาพรังสี 2 มิติยังมีการใช้งานในการถ่ายภาพรังสีทั่วไป⁽³³⁾ ปัญหาที่พบในการศึกษานี้คือภาพรังสีไม่ชัดเจน ทำให้ผู้วิจัยวัดระยะทางได้คลาดเคลื่อน ผู้วิจัยได้พยายามลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นด้วยการวัดระยะทางภาพรังสีซ้ำสองครั้ง และหากมีค่าแตกต่างกันมากกว่า 0.5 มม. ผู้วิจัยจะวัดครั้งที่สามและนำค่าสองค่าที่ใกล้เคียงกันมาหาค่าเฉลี่ยระยะทาง

ในการศึกษานี้ พบการละลายของกระดูกที่ปลูกลดลงหลายระดับ ตั้งแต่ร้อยละ 0.49 ถึง 103.50 ซึ่งสาเหตุที่ก่อให้เกิดการละลายของกระดูกประกอบไปด้วยหลายปัจจัย Van Der Meij และคณะ⁽³⁴⁾ ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปลูกกระดูกเข้าฟัน พบว่าช่องโหว่ที่กว้างมีแนวโน้มที่จะเกิดการละลายของกระดูกมากกว่าช่องโหว่ที่แคบ ซึ่งตรงข้ามกับ Long และคณะ⁽¹⁶⁾ ที่ได้พบว่าความกว้างช่องโหว่มีผลน้อยต่อการปลูกกระดูก ในการศึกษานี้จึงไม่ได้นำปัจจัยความกว้างของช่องโหว่มาพิจารณา นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยที่อื่นเกี่ยวข้องได้แก่เนื้อเยื่อรอบๆ ชนิดของกระดูกที่นำมาปลูก การออกแบบแผ่นปิดและทักษะของศัลยแพทย์มีส่วนเกี่ยวข้องก็ถูกจำกัดด้วยการเลือกกลุ่มผู้ป่วยที่มีการรักษาวิธีเดียวกันและแพทย์คนเดียวกัน Lilja และคณะ⁽³⁵⁾ พบว่าการขึ้นของฟันที่ติดกับช่องโหว่มีผลกับความสำเร็จในการปลูกกระดูกเช่นกัน Gundlach และคณะ⁽³⁶⁾ พบว่าการปลูกกระดูกโปร่งในพื้นที่โหว่ในผู้ป่วยอายุระหว่าง 7-8 ปีเป็นช่วงอายุที่ดีที่สุด Enemark และคณะ⁽³⁷⁾ ศึกษาผลการปลูกกระดูกโดยใช้ภาพรังสีรอบปลายรากพบพวกเขาพบว่า 4 ปีหลังจากปลูกกระดูกกลุ่มที่มีอายุน้อยมีระดับขอบกระดูกสูงกว่ากลุ่มอายุมาก ดังนั้นในการศึกษานี้จึงใช้กลุ่มผู้ป่วยที่มีอายุใกล้เคียงกันและมีฟันรอบๆ ช่องโหว่เหมือนกัน Long และคณะ⁽¹⁶⁾ ศึกษาภาพรังสี รอบปลายรากและภาพรังสีกัดสบ เพื่อหาความสัมพันธ์ของความสำเร็จในการปลูกกระดูกและตำแหน่งฟันซี่ข้างแท้

ในช่องโหว่ พบว่าความกว้างของรอยแยกเพดาน ไม่มีความสัมพันธ์กับความสำเร็จในการปลูกกระดูก จึงไม่นำปัจจัยนี้มาเป็นตัวแปรในการศึกษา ในปี 2005 Brock และคณะ⁽³⁸⁾ พบความหนาแน่นของกระดูกได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของฟันหน้า และกระดูกหลังจากการจัดฟัน ส่วนเชื้อชาติไม่ได้มีผลต่อความหนาของปากที่สัมพันธ์กับการรักษา Normando และคณะ⁽³⁹⁾ พบว่าการเย็บริมฝีปากมีผลกับการเรียงตัวของกระดูกเข้าฟันส่วนหน้า ขณะที่การเย็บเพดานไม่เห็นความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนัก นั่นหมายความว่าความถี่ของการซ่อมแซมริมฝีปากมีผลมากกว่าการเย็บเพดาน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงประเมินความสัมพันธ์ของริมฝีปากต่อผลการปลูกกระดูกเป็นปัจจัยหลัก

ในการศึกษานี้ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์เพียง 10 ราย จากผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ 241 รายที่มาปรึกษา ณ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อาจมีจำนวนน้อย ซึ่งถ้ามีการศึกษาที่มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากขึ้นจะทำให้ผลการศึกษามีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

ในการศึกษาด้วยวิธีไฟไนท์ เอลิเมนต์ ของ Zhao และ Patel⁽³⁰⁾ เกี่ยวกับความกว้างและความลึกของรอยแหว่งมีผลกระทบกับการกระจายแรงภายในใบหน้าส่วนกลาง โดยใช้ พบว่ายิ่งช่องโหว่เพดานมีความกว้างและลึกมากจะเกิดการกระจายแรงแบบไม่สม่ำเสมอภายในใบหน้าส่วนกลาง ซึ่งมีผลต่อการรักษาและการเจริญเติบโตในผู้ป่วยประเภทนี้ แต่การทดลองครั้งนี้เลือกใช้ความหนาแน่นของกระดูกเป็นปัจจัยเพื่อหาผลของแรงกระทำต่อกระดูกขากรรไกรบนผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ ซึ่งปรากฏว่าความหนาแน่นของปากที่ต่างกัน แรงกระทำที่เกิดขึ้นที่ขากรรไกรบนจะต่างกันและส่งผลให้กระดูกขากรรไกรบนมีความเครียดและความเค้นต่างกันออกไป กล่าวคือ ถ้าริมฝีปากบางจะเกิดแรงกระทำที่ขากรรไกรบนมาก ส่งผลให้ความเครียดและความเค้นที่กระดูกขากรรไกรบนมากขึ้นตามไปด้วย

บทสรุป

ความหนาแน่นของริมฝีปากมีอิทธิพลต่อผลของการผ่าตัดปลูกกระดูกเข้าฟันในผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ด้านเดียวแบบสมมาตร โดยริมฝีปากที่บางจะทำให้เกิด

ภาระแรงที่มากขึ้นส่งผลต่อความเครียดและระยะบิดตัวที่เพิ่มขึ้นในกระดูกขากรรไกรบน รวมทั้งทำให้อัตราส่วนความสูงของกระดูกลดลงด้วยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ได้ผลสรุปจากผู้ป่วยที่ยังมีจำนวนน้อย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาในกลุ่มประชากรที่มากขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้แต่งขอขอบคุณคณะแพทยศาสตร์ และคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลและประวัติผู้ป่วย รวมทั้ง Professor Kevin O Carroll ที่ช่วยตรวจทานบทคัดย่อภาษาอังกฤษ

เอกสารอ้างอิง

- Gabka J. : Aetiology and statistics of harelips and cleft palate. Wallace AB, ed. Transactions of the International Society of Plastic Surgeons and Congress : 1960, at Livingstone Edinburgh.
- Bianchi DW, Crombleholme TM, DiAlton ME. *Fetology : Diagnosis and management of the fetal patient*. New York: Mc Graw-Hill; 2000: 198-207.
- Tan KI. Incidence and epidemiology of cleft lip / palate in Singapore. *Ann Acad Med Singapore* 1988; 17: 311-4.
- Chuangsuwanich A, Aojanepong C. Epidemiology of cleft lip and palate in Thailand. *Ann Plast Surg* 1998; 41: 7-10.
- Waitzman AA, Posnick JC, Armstrong DC, Pron GE. Craniofacial skeletal measurements based on computed tomography: Part II. Normal values and growth trends. *Cleft Palate Craniofac J* 1992; 29(3): 118-28.
- Harris EF, Hullings JG. Delayed dental development in children with isolated cleft lip and palate. *Arch Oral Biol* 1990; 35: 469-73.
- Ranta R. A review of tooth formation in children with cleft lip/palate. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986; 90: 11-8.
- Filho OGS, Neto JV, Filho LC, Freitas JAS. Influence of lip repair on craniofacial morphology of patients with complete bilateral cleft lip and palate. *Cleft Palate Craniofac J* 2003; 40(2): 144-53.
- Barry LE. Alveolar cleft bone grafting (Part I): Primary bone grafting. *J Oral Maxillofac Surg* 1996; 54(1): 74-82.
- Dewinter G. Dental abnormalities, bone graft quality, and periodontal conditions in patients with unilateral cleft lip and palate at different phases of orthodontic treatment. *Cleft Palate Craniofac J* 2003; 40(4): 343-50.
- Brattström V, McWilliams J. The influence of bone grafting age on dental abnormalities and alveolar bone height in patients with unilateral cleft lip and palate. *Eur J Orthod* 1989; 11: 351-8.
- Silva Filho OG, Lauris RCMC, Capelozza Filho L, Semb G. Craniofacial morphology in adult patients with unoperated complete bilateral cleft lip and palate. *Cleft Palate Craniofac J* 1998; 35: 111-9.
- Batra PA, Sharma JB, Duggal RC, Hariparka SH. Secondary bone grafting in cleft lip and palate with eruption of tooth into the graft: A case report. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2004; 22(1): 8-12.
- Bergland O, Semb G, Abyholm FE. Elimination of the residual alveolar cleft by secondary bone grafting and subsequent orthodontic treatment. *Cleft Palate J*. 1986; 23: 175-205.
- Helms JA, Speidel TM, Denis KL. Effect of timing on long-term clinical success of alveolar cleft bone grafts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987; 92: 232-40.
- Long RE, Sprangler BE, Yow M. Cleft width and secondary alveolar bone graft success. *Cleft Palate J* 1995; 35: 420-6.

17. Witherow H, Cox S, Jones E, Carr R, Waterhouse N. A new scale to assess radiographic success of secondary alveolar bone grafts. *Cleft Palate Craniofac J* 2002; 39(3): 255-60.
18. Broadbent BH. A new X-ray technique and its application in orthodontics. *Angle Orthod* 1931; 45-60.
19. Athanasiou AE. *Orthodontic cephalometry*. 1st ed. London: Mosby; 1997.
20. Papadopoulos MA, Jannowitz C, Boettcher P, Henke J, Stolla R, Zeilhofer HF, Kovacs L, Erhardt W, Biemer E, Papadopoulos NA. Three-dimensional fetal cephalometry: An evaluation of the reliability of cephalometric measurements based on three-dimensional CT reconstructions and on dry skulls of sheep fetuses. *J Cranio Maxill Surg* 2005; 33(4): 229-37.
21. Waitzman AA, Posnick JC, Armstrong DC and Pron GE. Craniofacial skeletal measurements based on computed tomography: Part III. Normal values and growth trends. *Cleft Palate Craniofac J* 1992; 29: 118-28.
22. ธงชัย ฟองสมุทร. วิถีไฟไนต์เอลิเมนต์เบื้องต้น. เชียงใหม่: หจก. ดาราวรรณการพิมพ์, 2549: 3-6
23. Zienkiewicz OC. The finite element method in engineering science. 1st ed. London: McGraw-Hill; 1977.
24. Jones ML, Hickman J, Middleton J, Knox J and Volp C. A validated finite element method study of orthodontic tooth movement in the human subject. *J Orthod* 2001; 28(1), 29-38.
25. Williams KR, Edmondson JT, Morgan G, Jones ML, Richmond S. Orthodontic movement of a canine into an adjoining extraction site. *J Biomed Eng* 1986; 8: 115-20.
26. Nyashin MY, Pechenov VS and Rammerstorfer FG. Determination of optimal orthodontic forces. *Russ J Biomechanics* 1997; 1(1-2): 84-96.
27. Katada H, Katada H, Isshiki Y. Changes in orthodontic cephalometric reference points on application of orthopedic force to jaw: three-dimensional finite element analysis. *Bull Tokyo Dent Coll* 2005; 46(3): 59-65.
28. Chang YI, Shin SJ, Baek SH. Three-dimensional finite element analysis in distal en masse movement of the maxillary dentition with the multiloop edgewise archwire. *Eur J Orthod* 2004; 26(3): 339-45.
29. Rudolph DJ, Willes PMG, Sameshima GT. A finite element model of apical force distribution from orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 2001; 71(2): 127-31.
30. Zhao L, Patel PK. : Three dimensional finite element analysis of axillary palate with a unilateral cleft. ISB 20th Congress - ASB 29th Annual Meeting 31 July-5 August 2005, at Cleveland, Ohio.
31. Pegoretti A. Finite element analysis of glass fibre reinforced composite endodontic post. *Biomaterials* 2002; 23(13): 2667-82.
32. Basu S. A three-dimensional model of human lip motion. Master of Engineering in Electrical Engineering and Computer Science. Massachusetts Institute of Technology, 1997.
33. Van der Meij AJ, Baart J, Prahl-Andersen B, Valk J, Kostense PJ, Tuinzing DB. Computed tomography in evaluation of early secondary bone grafting. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1994; 23: 132-6.
34. Van der Meij AJ, Baart JA, Prahl-Andersen B, Kostense PJ, van der Sijp JR, and Tuinzing DB. Outcome of bone grafting in relation to cleft width in unilateral cleft lip and palate patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003; 96(1): 19-25.

35. Lilja J, Kalaaji A, Friede H, Elander A. Combined bone grafting and delayed closure of the hard palate in patients with unilateral cleft lip and palate: Facilitation of lateral incisor eruption and evaluation of indicators for timing of the procedure. *Cleft Palate Craniofac J* 2000; 37(1): 98-105.
36. Gundlach KK, Behlfelt K, Pfeifer G. The maxillary arch in 8-and 16-year old patients with complete unilateral clefts treated according to the Hamburg regimen. In: Pfeifer G, ed: *Craniofacial abnormalities and clefts of lip, alveolus and palate*; Vol I. George Thieme Verlag, Stuttgart: 1991: 256-257.
37. Enemark H, Sindet-Pedersen S, Bundgaard M. Long-term results after secondary bone grafting of alveolar clefts. *J Oral Maxillofac Surg* 1987; 45(11): 913-8.
38. Brock RA 2nd, Taylor RW, Buschang PH, Behrentsd RG. Ethnic differences in upper lip response to incisor retraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005; 127(6): 683-91.
39. Normando ADC, Silva Filho OG and Capelozza Filho L. Influence of surgery on maxillary growth in cleft lip and/or palate patients. *J Cranio Maxill Surg* 1992; 20(3): 111-8.

The Vision of the Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

“To achieve quality academic and research work at the international level,
and produce dental graduates with a good knowledge
and sense of community service”



Departments

- Odontology and Oral Pathology
- Dental Radiology
- Oral Surgery
- Restorative Dentistry
- Pedodontics
- Prosthodontics
- Orthodontics
- Periodontology
- Community Dentistry
- General Dentistry

Teaching

Programs Available and Degrees Offered



● Undergraduate Program

The faculty offers a six-year program leading to a Doctor of Dental Surgery Degree (D.D.S.). Currently there are approximately 500 students working towards this degree.

● Graduate Programs

- ✎ There is a graduate program leading to Higher Graduate Diploma in Dentistry.
- ✎ There are three more graduate programs leading to Master's degrees in Dentistry, Orthodontics, and Periodontology.
- ✎ There is also one Doctor of Philosophy Program in Dentistry (Ph.D.)