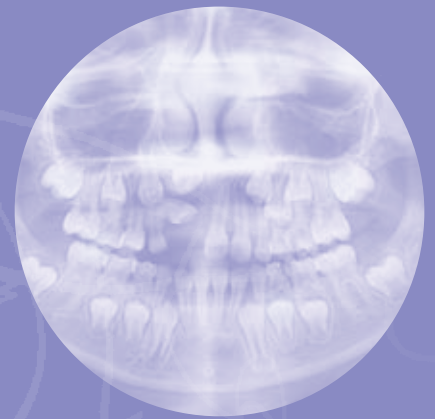


The Online Journal of Thai Association of Orthodontists

VOLUME 8 No 2

2018

2018





วารสารออนไลน์สมาคมทันตแพทย์จัดฟันแห่งประเทศไทย The Online Journal of Thai Association of Orthodontists

วารสารออนไลน์ ทันต จัดฟัน ปีที่ 8 ฉ.2 2561 OJ Thai Assoc Orthod Vol 8 No2 2018

สารบัญ

รายงานผู้ป่วย

การรักษาในระยะเริ่มแรกของฟันตัดซี่กลางคุดรุนแรง
ในแนวขนานและฟันตัดซี่ข้างคุดตามขวางในขากรรไกรบน
ข้างเดียวกัน

ศุภชัย เลิศนิมุลชัย

คีท ก๊อดฟรี

เรวดี เลิศนิมุลชัย

บทความปริทัศน์

ปีแอร์โรแบง ซีควเอนซ์: แนวโน้มการรักษาในปัจจุบัน
และรายงานผู้ป่วย 1 ราย

อาวีคุณ ธารสารสมบุญ

วิภาพรรณ ฤทธิถก

การเปรียบเทียบคุณลักษณะของการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2

สิริธิดา พงษ์สุพจน์

สุภาณี สุนทรโหลหะนะกุล

ภาพรวมของการจัดฟันโดยใช้อินวิสไลน์

ปริยากร ชัยมงคล

บัญชา สำรวจเบญจกุล

การเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการคืนกลับของฟัน
ภายหลังการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน โดยการคงสภาพฟัน
ทางชีวภาพ

รกรอง พรหมจันทร์

ชิดชนก ลิธนะกุล

CONTENTS

Case Report

4 Early Treatment of Unilaterally Severe Horizontally Impacted Maxillary Central and Transversely Impacted Lateral Incisors

Supachai Lertnimulchai

Keith Godfrey

Rewadee Lertnimulchai

Review Article

13 Pierre Robin Sequence: Current Trends in Treatment and a case report

Aweekhun Thanasansomboon

Wipapun Ritthagol

25 Comparison of Class II Malocclusion Characteristics

Siritida Pongsupot

Supanee Suntornlohanakul

33 An Overview of Invisalign®

Priyakorn Chaimongkol

Bancha Samruajbenjakun

40 Increasing the Efficiency of Relapse Prevention after Orthodontic Treatment by Biological Retention

Rongrong Promchan

Chidchanok Leethanakul



วารสารออนไลน์สมาคมทันตแพทย์จัดฟันแห่งประเทศไทย The Online Journal of Thai Association of Orthodontists

www.thaiortho.org/journal

Advisory Board:

Chuckpaiwong Somsak, Prof. Emeritus Dr.
Godfrey Keith, Assoc. Prof.
Satravaha Somchai, Clinical Assoc. Prof. Dr.
Thongprasom Kobkan, Prof. Dr.

Editor:

Bancha Samruajbenjakul, Asst. Prof. Dr.

Editorial Board:

Samornree Viteporn, Prof. Dr.
Anuwongnukroh Niwat, Assoc. Prof. Dr.
Apivatanagul Piyarat, Clinical Prof. Dr.
Chaiwat Jiraporn, Clinical Prof. Dr.
Chaiwat Paisal, Prof. Emeritus Dr.
Chaiworawitkul Marasri, Asst. Prof. Dr.
Charoemratrote Chairat, Assoc. Prof. Dr.
Charoenying Hataichanok, Dr.
Chiewcharat Porntip, Assoc. Prof. Dr.
Chittanandha Piyathida, Dr.
Jaruprakorn Tanan, Dr.
Jotikasthira Dhirawat, Prof. Dr.
Keinprasit Chutimaporn, Asst. Prof. Dr.
Leethanakul Chidchanok, Assoc. Prof. Dr.
Luppanapornlarp Suwannee, Assoc. Prof. Dr.
Patanaporn Virush, Assoc. Prof. Dr.
Pisek Poonsak, Dr.
Poontaweekiat Thachpan, Dr.
Ritthagol Wipapun, Asst. Prof. Dr.
Ruangrat Komolpis, Dr.
Sawaengkit Pornrachanee, Assoc. Prof. Dr.
Sombuntham Nonglak, Asst. Prof. Dr.
Srivicharnkul Pennapa, Dr.
Verayangkura Porntip, Asst. Prof. Dr.
Virarat Pongjai, Dr.
Viwattanatipa Nita, Assoc. Prof. Dr.
Natthawee Phaoseree, Dr.
Nuengrutai Yodthong, Dr.
Thanawat Kiattawornwong, DR.

ที่ปรึกษา:

ศ.เกียรติคุณ ทพ.สมศักดิ์ จักรไพวงศ์
Godfrey Keith, Assoc. Prof.
รศ.(พิเศษ) ดร.ทพญ.สมใจ สาตราวาหะ
ศ.ทพญ.กอบกาญจน์ ทองประสม

สารบัญ:

ผศ.ดร.ทพ.บัญชา ตำรวจเบญจกุล

กองบรรณาธิการ:

ศ.ทพญ.สมรตรี วิถีพร
รศ.ทพ.นิวัต อนุวงศ์นุเคราะห์
ศ.(คลินิก) ทพญ.ปิยรัตน์ อภิวัฒนกุล
ศ.(คลินิก) ทพญ.จิราภรณ์ ชัยวัฒน์
ศ.คลินิกเกียรติคุณ ทพ.ไพศาล ชัยวัฒน์
ผศ.ทพญ.มารศรี ชัยวรวิทย์กุล
รศ.ดร.ทพ.ไชยรัตน์ เฉลิมรัตน์โรจน์
ทพญ.หทัยชนก เจริญยิ่ง
รศ.ทพญ.พรทิพย์ ชิวขรัตน์
ทพญ.ปิยะธิดา จิตตานันท์
ทพ.ชานัน จารุประกร
ศ.ทพ.ธีระวัฒน์ โชติกเสถียร
ผศ.ทพญ.ชุตินาพร เขียนประสิทธิ์
รศ.ดร.ทพญ.ชิตชนก ลีชนะกุล
รศ.ดร.ทพญ.สุวรรณี ถิ่นนะพรลาภ
รศ.ทพ.วิรัช พัฒนาการณ์
ทพ.พูนศักดิ์ ภิเศก
ทพ.รัชพันธุ์ พูลทวีเกียรติ์
ผศ.ทพญ.วิภาพรรณ อุทธิถกุล
ทพญ.เรืองรัตน์ โกมลภิส
รศ.ทพญ.พรรัชนี แสงวงกิจ
ผศ.ทพญ.นงลักษณ์ สมบุญธรรม
ทพญ.เพ็ญนภา ศรีวิชาญกุล
ผศ.ทพญ.พรทิพย์ วีรยางกูร
ทพญ.ปองใจ วิจารณ์
รศ.ทพญ.นิตา วิวัฒน์ทีปะ
ทพญ.ณัฐวีร์ เผ่าเสรี
ทพญ.หนึ่งฤทัย ยอดทอง
ทพ.ธนวัฒน์ เกียรติถาวรวงศ์

สารจาก สาราณียกร

วิทยาสารออนไลน์สมาคมทันตแพทย์จัดฟันแห่งประเทศไทยฉบับนี้นับเป็นปีที่ 8 ฉบับที่ 2 ประจำปี 2561 ของการตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานบทความทางวิชาการ หรือบทความจากผลงานวิจัยสู่สาธารณชนในรูปแบบสื่อสิ่งพิมพ์ และสื่อทางอิเล็กทรอนิกส์ (E- Journal) จากทันตแพทย์จัดฟันนักศึกษา ตลอดจนนักวิจัยทั่วไป ในการเผยแพร่ความรู้ ความคิด และการพัฒนาต่าง ๆ ที่ได้จากการศึกษา ค้นคว้า และวิจัย ตลอดจนแง่มุมด้านต่าง ๆ ของวิทยาการอันหลากหลายซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการศึกษาหรือเป็นการเพิ่มความรู้ให้กับผู้อ่านโดยทั่วไป

ซึ่งทางสมาคมทันตแพทย์จัดฟันแห่งประเทศไทยได้เล็งเห็นความสำคัญของการส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการเผยแพร่ จึงได้จัดทำวิทยาสารขึ้น โดยมีกำหนดเป็นรายปี ปีละ 2 ฉบับพร้อมกันนี้ทางสมาคมยังได้ให้การสนับสนุนเงินรางวัลเพื่อการตีพิมพ์ จากบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ในวิทยาสารนี้อีกด้วย

จึงขอเชิญชวน นักศึกษา อาจารย์ ทันตแพทย์ หรือ นักวิจัย ร่วมเสนอผลงานได้ทางเว็บไซต์ออนไลน์ของทางสมาคมในส่วนของ วิทยาสารออนไลน์ ได้ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สำหรับวิทยาสารฉบับนี้ ได้รวบรวมบทความทางวิชาการและบทความจากผลงานวิจัยทั้งสิ้นจำนวน 5 เรื่อง ประกอบไปด้วยบทความรายงานผู้ป่วยจำนวน 1 เรื่อง และบทความจากการทบทวน วรรณกรรมจำนวน 4 เรื่อง โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าทุกบทความจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจและพัฒนางานวิจัยให้ก้าวหน้าต่อไป

ผศ.ดร.ทพ.บัญชา สํารวจเบญจกุล

สารานียกร

การรักษาในระยะเริ่มแรกของฟันตัดซี่กลางคุดรุนแรง ในแนวนอนและฟันตัดซี่ข้างคุดตามขวางในขากรรไกรบน ข้างเดียวกัน

ศุภชัย เลิศนิมุลชัย* คีท ก็อดฟรีย์** เรวดี เลิศนิมุลชัย***

บทคัดย่อ

รายงานผู้ป่วยนำเสนอขั้นตอนการรักษาฟันตัดบนคุดของฟันตัดซี่ข้างบนคุดตามขวางและฟันตัดซี่กลางบนที่อยู่ข้างเคียงคุดรุนแรงในแนวนอนในผู้ป่วยเพศหญิงอายุ 8 ปี 9 เดือน หลักการรักษาประกอบไปด้วยทันตกรรมสหสาขา ได้แก่ ทันตกรรมจัดฟัน ศัลยศาสตร์ช่องปาก ปรีทันตวิทยา และความร่วมมือที่ดีของผู้ป่วย ผลการรักษา มีความสวยงาม การบดเคี้ยวใช้การได้ดี และสภาวะเยื่อปริทันต์ปกติดี

คำสำคัญ: ฟันคุดในแนวนอน ฟันคุด ฟันหน้าบน ฟันคุดตามขวาง

Early Treatment of Unilaterally Severe Horizontally Impacted Maxillary Central and Transversely Impacted Lateral Incisors

Supachai Lertnimulchai* Keith Godfrey** Rewadee Lertnimulchai***

Abstract

This case report records the sequential management of a transversely impacted lateral incisor and adjacent severe horizontally impacted central incisor in a Thai girl aged 8 years and 9 months. The treatment protocol consisted of multidisciplinary management, combining orthodontics, surgery, periodontics and good patient's compliance. The treatment resulted in good esthetics and function, and good periodontal health.

Key words: Horizontally impacted, Impacted teeth, Maxillary incisors, Transversely impacted

-
- * ทันตแพทย์เอกชน : จังหวัดหนองคาย และจังหวัดอุดรธานี ประเทศไทย
 - ** รองศาสตราจารย์คลินิกอากันตูกะ ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 - *** ทันตแพทย์เอกชน : จังหวัดหนองคาย และจังหวัดอุดรธานี ประเทศไทย
 - * D.D.S., M.Sc in Orthodontics, F.R.C.D.T. Private orthodontist in Nong Khai and Udon Thani, Thailand
 - ** AM, MDS, Dr Dent. Visiting Clinical Associate Professor, Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University
 - *** D.D.S., Certificated in Endodontics Private practice in Nong Khai and Udon Thani, Thailand

Introduction

The definition of impaction is tooth retention due to an obstacle in the eruption path or ectopic position of the tooth buds¹. Using data of Hou et al, a calculated prevalence among 8,912 child and adolescent Chinese was approximately 1.09% for maxillary central incisors and 0.38% for lateral incisors². The available data did not take account of the possibility of isolated subjects having more than one incisor impaction. Kafle et al found 1.8% prevalence of impactions of maxillary central incisors among Nepalese orthodontic patients³.

Although the process of normal tooth eruption remains unclear⁴, local and systemic conditions are related to tooth impaction. Common local factors associated with impacted teeth include physical obstructions such as adjoining supernumerary teeth, odontome, malposition of the developing permanent tooth from early childhood trauma, scar tissue such as with repaired cleft lip, and dilacerations^{1,5}. Root dilacerations are occasionally associated with tooth impactions and with history of previous local dento-alveolar trauma⁶⁻⁸. There was the possibility of either of the patient's incisors being dilacerated following early trauma, or minor dilacerations as a consequence of disturbance to remaining root development during orthodontic retrieval of the teeth⁵⁻⁸.

Management of two complicated impacted maxillary incisors in one patient is a challenge because the treatment protocol requires orthodontics combined and extended multi-surgical exposures and excellent patient compliance. Early intervention before completion of tooth development where possible is preferred because of its potential benefits of retaining the tooth with as close as possible to normal dento-alveolar support and normal dento-facial esthetics⁹⁻²¹.

The surgical exposure method is required for artificial eruption. The window exposure or excisional gingivectomy is proper for the impaction near the top of the alveolus with wide attach gingiva, where the apically

positioned flap is used for narrow gingival^{5,22}. The closed surgical technique is the choice for the impaction in the middle of the alveolus or higher, close to the nasal spine^{5,22}.

This case report presents the sequential management of two unilaterally impacted maxillary incisors: a transversely impacted of lateral incisor and a severe horizontally impacted of central incisor in the early mixed dentition.

Case report

Diagnosis and etiology

The mother of a Thai girl, age 8 years 9 months, complained about non-eruption of her child's maxillary right central and lateral incisors. The mother said that a previous orthodontist had suggested removing the two impacted incisors but she wanted to retain and correct the malpositions of the unerupted teeth. The patient was healthy. She had history of trauma to the maxillary primary incisors when she was 4-5 years old. The panoramic radiograph (Fig 1) showed a mixed dentition with horizontal impaction of her maxillary right central incisor in a high position near the floor of her nose and a transversely impacted maxillary right lateral incisor obstructing eruption of the central incisor. There is the likelihood of impaction of both maxillary canines because of dental arch crowding.



Figure 1. Pre-treatment panoramic radiograph.

The clinical examination showed an Angle Class I occlusion, a straight profile, normal anterior facial height, normal nasolabial angle, and unerupted maxillary permanent right central and lateral incisors (Fig 2). The space was sufficient for eruption of both maxillary incisors (Fig 2). There was dental caries of #64, #65 and # 84 teeth.

Her diagnosis was a horizontal impaction of maxillary right central incisor, a transversely impacted maxillary right lateral incisor and the likelihood of impaction of both maxillary canines. The etiology of maxillary incisors impaction may relate to her history of trauma to the maxillary primary incisors.



Figure 2. Pre-treatment facial and intra-oral photographs.

Orthodontic treatment objectives

The treatment objectives were to (1) maintain space for both maxillary incisors to erupt, (2) induce the impacted lateral incisor to move to its appropriate

position, (3) induce the impacted central incisor to move to its appropriate position, and (4) gain space for maxillary canines.

Treatment alternatives

Immediate orthodontically-assisted tooth eruption should be the first alternative treatment because of evidence of its potential benefit in retaining the incisors⁹⁻²¹. However, in cases of a central incisor with horizontal position and great displacement, the parents should be informed of the possibility of alternative treatments, including removal of the impacted tooth in case there is failure of assisted eruption, necessitating artificial tooth replacement¹. The treatment options were explained to the parents and it was decided to try to retain and align both impacted teeth. Firstly, the closed surgical exposure method^{5,22} was applied for correcting the maxillary right lateral incisor to remove its obstruction to eruption of the maxillary right central incisor. Surgical-assisted eruption of the maxillary right central incisor was then evaluated after the maxillary right lateral incisor was seated to proper position.

Treatment progress

A “2 x 3” fixed appliance (2 molar bands, 2 bonded left incisors and one bonded right first permanent premolar) was used initially to maintain space, while facilitating eruption of the both impacted incisors. Three months later, after anterior teeth of maxillary arch leveling with a 0.018-in Australian stainless steel wire, the oral surgeon surgically exposed the maxillary right lateral incisor (Fig 3) and a button with ligature wire bonded to its labial surface by the orthodontist (author) with following mucosal flap closure leaving the ligature wire protruding through the oral mucosa. Orthodontic extrusion by elastomeric chains was started three weeks later. When the maxillary right lateral incisor became sufficiently exposed the button was replaced with a standard bracket converting to a “2 x 4” fixed appliance. The maxillary right lateral incisor was moved into normal position in another 5 months using a 0.014-in copper nickel-titanium wire



Figure 3. Closed surgical exposure of maxillary right lateral incisor was performed.



Figure 4. Progressive panoramic radiograph.



Figure 5. Closed surgical exposure and button bonded with ligature wire on maxillary right central incisor was performed.



Figure 6. After elastomeric chains extrusion in four visits, the crown of maxillary right central incisor was partially exposed in oral cavity.



Figure 7. Progressive panoramic radiograph after elastomeric chains lasting four visits.



Figure 8. After a small incision was performed to uncover the labial surface of maxillary right central incisor.

as an overlay (piggy-back) arch on the 0.018-in Australian stainless steel main arch wire. The patient was also referred for a panoramic radiograph (Fig 4). This progress radiograph showed the maxillary right central incisor had spontaneously moved downward from its initial position (Figs 1, 4).

One month later, surgical exposure with closed surgical technique for the maxillary right central incisor was performed by the oral surgeon and button with ligature wire bonded to the labial surface of incisor by the orthodontist (author) (Fig 5), followed by mucosal flap closure, leaving the ligature wire protruding through



Figures 9. A. The maxillary right central incisor was moved its correct position in 9 months after surgical assistance.
B. The periapical film at the end of treatment.



Figure 10. Post-treatment facial and intra-oral photographs.

oral mucosa. The orthodontic extrusion of the incisor by elastomeric chains to the ligature wire was started after two weeks. After four visits, the crown of the maxillary right central incisor was partially exposed (Fig 6). The patient was then sent for another panoramic radiograph. This radiograph showed the impacted right central incisor had changed to a vertical position (Fig 7). Then a small incision was performed to uncover the labial surface (Fig 8) and the button was replaced with a standard bracket converting to a “2 x 5” fixed appliance. The maxillary right central incisor was then moved to its planned position in 9 months (Fig 9 A- B) using elastomeric chains and piggy-back arch wires. The finishing arch wire was 0.019×0.025-in stainless steel.

The total active treatment period with the “2 x 5” fixed appliance was 19 months. Because of the likelihood of impaction of both maxillary canines, the parent wanted to retain appliances until all maxillary succedaneous teeth eruption. Nine months later, with all maxillary succedaneous teeth fully erupted, the “2 x 5” fixed appliance was removed. The patient had gingival hyperplasia due to plaque deposit in the cervical region of the maxillary incisors and was referred to the periodontist for appropriate care (Fig 10-13). The patient was suggested to wear a maxillary wraparound retainer at least two years.



Figure 11. Post-treatment panoramic.

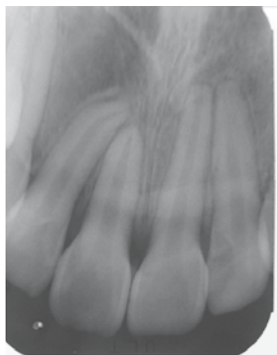


Figure 12. Post-treatment periapical film.

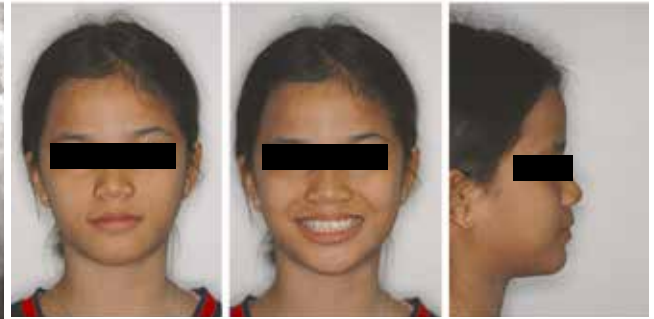


Figure 14. Facial and intra-oral photographs 1 year after treatment.



Figure 13. One week post-treatment intra-oral photographs after periodontal appropriate care.

Treatment results

The maxillary right central and lateral incisors were successfully aligned in proper positions. Simultaneously, maxillary canines erupted in normal positions. The periapical film of maxillary right central incisor showed slightly shorter but otherwise normal root compared with the adjacent incisor and maxillary right lateral incisor had slight curvature towards its root apex which might be considered a dilacerations (Fig 12). Periodontal evaluation showed acceptable gingival contour and adequate width of keratinized attached gingival tissue (Fig 13).

One year after active treatment, the facial and intra-oral photographs showed stable results (Fig 14). The panoramic and periapical films showed no side effects on neighboring teeth and their surrounding



Figure 15. Panoramic and periapical films 1 year after treatment.

tissues (Fig 15). The periodontal condition was good without any gingival recession on maxillary right central and lateral incisors.

Discussion

There have been numerous published reports demonstrating successful retrieval of one impacted incisor⁹⁻²¹. But reports of simultaneous treatment of two impacted and displaced incisors for a young patient similar to the conditions in this case report were not found. The treatment protocol would be more difficult and complicated than for one impacted tooth. It may require a longer treatment time and have many risks such as pulp obliteration¹³, nonvital pulps^{15,18}, root resorption²⁰, ankylosis and loss of periodontal attachment²³⁻²⁴. However, the prognosis of tooth impaction depends on the position and angulation of impaction, degree of root formation, and the space for eruption of impacted tooth^{9,25}. In this patient, the prognosis of maxillary right lateral incisor was good, while the prognosis of maxillary right central incisor was less certain due to a horizontally position and close to floor of nose requiring more surgical trauma interventions²⁵.

Spontaneously eruption of an impacted incisor tooth after obstruction removal has been reported in the literature²⁶⁻²⁷, but mostly with vertical impactions and only with obstructions in the way of normal eruption.

In this patient, the horizontal impacted maxillary right central incisor showed some spontaneous movement downward after the obstructive effect of the maxillary right lateral incisor was moved to its proper position (Figs 1,4). The possible explanation of the spontaneously downward movement of horizontal impacted maxillary right central incisor may relate to provision of a better eruption pathway following movement of maxillary right lateral incisor.

In this present case, the chronological age of lateral incisor at initial treatment was almost 9 years. There are possibly 2 years for continued root formation until age 11 years²⁸⁻²⁹, with more root lengthening as seen in the present case (Fig 7). This might be the reason for slight curvature towards the root apex of the lateral incisor during its repositioning, and thus be considered as a minor dilaceration. The extruded central incisor showed only possible root shortening, but no dilacerations (Fig 12).

The closed surgical exposure technique is the treatment of choice for the tooth that is impacted in the middle of the alveolus or higher, close to the nasal spine^{5,22}. This technique also provides natural tooth eruption and produces the best esthetic and periodontal results³⁰⁻³². Both impacted teeth in this report were treated with the closed surgical exposure technique. The careful surgical procedure was intended to minimize bone loss to enable preservation of normal gingival attachment as the tooth erupted. Achieving

favorable outcomes for such young patients requiring repeated surgeries depends on careful patient-clinician-parent counseling.

Most reports of treatment of horizontal maxillary incisor impactions have recommended bonding the attachment on the palatal side to avoid excessive labial bone removal^{9-14,16-20}. Some authors reported two stages of surgical crown exposure because of need to change from initial palatal to later labial bonding^{9,19}. In this patient, after surgical exposure with minimal tissue removal, labial surface bonding could be performed thus avoiding repeat of surgical crown exposure.

Various attachment types to tie with ligature wire have been used, such as bracket^{9,12}, pin¹⁰, tube^{11,19}, button^{13-14,16,18,20-21}, drilling a small a holing the incisor¹⁵, a twist-flex with drop-shaped¹⁷. A button was used as the bonded attachment in this patient because it has wide bonding area and is easy to tie with ligature wire.

Orthodontic treatment in mixed dentition often requires the modified with “2 x 4” fixed appliance^{9,12,14,21}. It is advantageous for a child since it doesn't require compliance during use, apart from maintaining oral hygiene. To obtain the sufficient anchorage, bonding to right first permanent premolar and first permanent molars were used in this patient. In the present patient, the orthodontic extrusion force was performed using an elastic chain with a stiff arch wire (0.018-in Australian wire). The 0.014-in copper nickel-titanium wire overlaid onto a stiff arch wire was continued for tooth alignment^{15-16,20-21}. The overlay arch wire technique was a simple and effective method to align an impacted incisor.

This patient with two complicated maxillary impacted incisors was treated with orthodontically induced tooth eruption in the early mixed dentition. The closed surgical eruption combined with modified “2 x 4” fixed appliance achieved a stable occlusion and good periodontal health. The facial esthetic was

restored without any artificial teeth replacement.

Conclusion

A multidisciplinary approach in the early mixed dentition for combined correction of a severe horizontally impacted central incisor and a transversely impacted lateral incisor for a child patient produced the satisfactory results; good esthetics and function and good periodontal health.

Early intervention, appropriate surgical exposure method, effective orthodontic traction and careful patient-clinician-parent counseling are importance for satisfactory outcome.

Acknowledgement:

The authors are grateful to Dr.Duangporn Krongnawakul as the periodontist, and Dr.Chanakan Dulyakasame as the oral surgeon.

References

1. Suri L, Gagari E, Vastardis H. Delayed tooth eruption: Pathogenesis, diagnosis, and treatment. A literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:432-45.
2. Hou R, Kong L, Ao J, Liu G, Zhou H, Qin R, Hu K. Investigation of impacted permanent teeth except the third molar in Chinese patients through an X-ray study. *J Oral Maxillofac Surg* 2010;68:762-7.
3. Kafle D, Sherstha S, Acharya N, Agarwal A. Prevalence of maxillary central incisor impaction and supernumerary teeth among Nepalese orthodontic patient. *Orthod J Nepal* 2015;5:14-6. (Google Scholar [PDF] nepjol.info)
4. Kjær I. Mechanism of human tooth eruption: review article including a new theory for future studies on the eruption process. *Scientifica (Cairo)* 2014;341905.(Free PMC Article)
5. Becker A, editor. Orthodontic treatment impaction. 3rd ed:Wiley-Blackwell;2012.
6. Jafarzadeb H. Dilacreation: review of an endodontic challenge. *J Endod* 2007;33:1025-30.
7. Topouzelis N,Tsaousoglou P, Pisoka V, Zouloumis L. Dilaceration of maxillary central incisor: a literature review. *Dental Traumatol* 2010;26:427-33.

8. Walia PS, Rohilla AK, Choudhary S, Kaur R. Review of dilaceration of maxillary central incisor: a multidisciplinary challenge. *Int J Clin Pediatr Dent* 2016;9:90-8. (PubMed Free PMC Article)
9. Lin YT. Treatment of an impacted dilacerated maxillary incisor. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;115:406-9.
10. McNamara T, Woolfe SN, McNamara CM. Orthodontic management of a dilacerated maxillary central incisor with an unusual sequel. *J Clin Orthod* 1998;32:293-7.
11. Topouzelis N, Tsaousoglou P, Gofa A. Management of root dilaceration of an impacted maxillary central incisor following orthodontic treatment: an unusual therapeutic outcome. *Dental Traumatol* 2010;26:521-6.
12. Kajiyama K, Kai H. Esthetic management of an unerupted maxillary central incisor with a closed eruption technique. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118:224-8.
13. Kuvvetli SS, Seymen F, Gencay K. Management of an unerupted dilacerated maxillary incisor: a case report. *Dental Traumatol* 2007;23:257-61.
14. Farronato G1, Maspero C, Farronato D. Orthodontic movement of a dilacerated maxillary incisor in mixed dentition treatment. *Dental Traumatol* 2009;25:451-6.
15. Pinho T, Neves M, Alves C. Impacted maxillary central incisor: surgical exposure and orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140:256-65.
16. Ruellas ACO, Mattos CT. Multidiscipline approach to a traumatized unerupted dilacerated maxillary central incisor. *Angle Orthod* 2012;82:739-47.
17. Rizzato SMD, Menezes LM, Allgayer LM, Batista EL, Freitas MPM and Loro RCD. Orthodontically induced eruption of a horizontally impacted maxillary central incisor. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144:119-29.
18. Uematsu S, Uematsu T, Furusawa K, Deguchi T, Kurihara S. Orthodontic treatment of an impacted dilacerated maxillary central incisor combined with surgical exposure and apicoectomy. *Angle Orthod* 2004;74:132-6.
19. Pavlidis D, Daratsianos N, Jafer A. Treatment of an impacted dilacerated maxillary central incisor. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139:378-87.
20. Chang NY, Park JH, Kim SC, Kang KH, Cho JH, Cho JW, Jang HE, Chae JM. Forced eruption of impacted maxillary central incisors with severely dilacerated roots. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016;150:692-702.
21. Lertnimulchai S, Godfrey K, Boonchai S. Management of delayed eruption of maxillary incisors: Three case reports. *J Dent Assoc Thai* 2015;65:234-44.
22. Vermette ME, Kokich VG, Kennedy DB. Uncovering labially impacted teeth: apically positioned flap and close-eruption techniques. *Angle Orthod* 1995;65:23-32.
23. Brand A. Akhavan M, Tong H, Kook YA, Zernik JH. Orthodontic, genetic, and periodontal considerations in treatment of impacted central incisors: a study of twins. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:68-74.
24. Frank CA, Long M. Periodontal concerns associated with the orthodontic treatment of impacted teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:639-49.
25. Proffit WR. Contemporary orthodontics. 3rd ed. St.Louis: Mosby;2000. P.233-4
26. Nagaraj K, Upadhyay M, Yadav S. Impacted central incisor, canine, and second molar with 2 supernumerary teeth and odontoma. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:390-9.
27. Mitchell L, Bennett TG. Supernumerary teeth causing delayed eruption - a retrospective study. *Br J Orthod* 1992;19:41-6.
28. Logan WHG, Kronfeld R. Development of the human jaw and the surrounding structures from birth to the age of fifteen years. *J AM Dent Assoc* 1933;20:379-427.
29. Proffit WR. Contemporary orthodontics. 3rd ed. St.Louis: Mosby; 2000. P.83.
30. Graber TM, Swain BF. Orthodontics: current principles and techniques. St Louis: Mosby;1985. P.231-4.
31. Becker A, Brin L, Ben-Bassat, Zilberman Y and Chaushu S. Closed-eruption surgical technique for impacted maxillary incisors: A postorthodontic periodontal evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122:9-14.
32. Shi XR, Hu Z, Wang XZ, Sun XY, Zhang CY, Si Y, Zheng SG. Evaluation of the effect of the closed-eruption technique on impacted immature maxillary incisors. *Chin J Dent Res* 2015;18:111-5. (Google Scholar [PDF] quintessence)

ปีแอร์โรแบง ซีควนซ์: แนวโน้มการรักษาในปัจจุบัน และรายงานผู้ป่วย 1 ราย

อาวีคุณ ธนะสารสมบุรณ์* วิภาพรรณ ฤทธิ์ถกล**

บทคัดย่อ

ปีแอร์โรแบง ซีควนซ์ เป็นความผิดปกติแต่กำเนิด มีอุบัติการณ์พบได้ประมาณ 1.2 ใน 10,000 รายของทารกแรกเกิด โดยแสดงลักษณะเฉพาะ คือ ขากรรไกรล่างเล็ก ลิ้นตกไปอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบน ร่วมกับเพดานโหว่รูปตัวยู ทารกมีโอกาสเสียชีวิตตั้งแต่แรกเกิดได้ การตรวจเพื่อคัดกรองความผิดปกติดังกล่าวตั้งแต่ระยะแรก รวมถึงการรักษาที่เหมาะสมจะสามารถลดปัญหาดังกล่าวและยังสามารถช่วยรักษาชีวิตผู้ป่วยได้ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมองค์ความรู้ในปัจจุบันเกี่ยวกับภาวะปีแอร์โรแบง ซีควนซ์ โดยเน้นไปที่ทางเลือกในวิธีการรักษา บทบาทของทันตแพทย์จัดฟันต่อการดูแลผู้ป่วยแบบสหสาขาวิชาชีพ และรายงานผู้ป่วย 1 ราย

คำสำคัญ: ปีแอร์โรแบง ซีควนซ์, ขากรรไกรล่างเล็ก, ลิ้นตก, การอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบน, เพดานโหว่รูปตัวยู, วิธีการรักษา

Pierre Robin Sequence: Current Trends in Treatment and a case report

Abstract

Aweekhun Thanasansomboon* Wipapun Ritthagol**

Even the incidence of Pierre Robin sequence that is a congenital anomaly has been estimated to be 1.2 per 10,000 births, the clinical triad of Pierre Robin sequence characterized by mandibular hypoplasia, glossoptosis which caused an upper airway obstruction, and u-shaped cleft palate can be potentially life-threatening problems of infants and neonates. Early detection and proper management can reduce the problem and save the lives. This article presents some of updating information of Pierre Robin sequence emphasizing on treatment modalities, orthodontist's role within multi-disciplinary management and a case report.

Key words: Pierre Robin sequence, Mandibular hypoplasia, Glossoptosis, Upper airway obstruction, U-shaped cleft palate, Treatment modalities

* ทันตแพทย์ แผนกทันตกรรม โรงพยาบาลวาปีปทุม อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ประเทศไทย

* Dentist, Dental Department, Wapi Pathum Hospital, Wapi Pathum District, Maha Sarakham, Thailand

** Assistant Professor, Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Hat Yai District, Songkhla, Thailand

บทนำ

ปีแอร์โรแบง ซีควเอนซ์ (Pierre Robin sequence; PRS) เป็นความผิดปกติแต่กำเนิดที่มีสาเหตุมาจากความผิดปกติเริ่มแรกเพียงอย่างเดียวคือ ขากรรไกรล่างเจริญพร่อง (mandibular hypoplasia) ทำให้ลิ้นตกไปทางด้านหลังบริเวณคอ (glossoptosis) และเกิดการอุดตันทางเดินหายใจส่วนบน (upper airway obstruction) เดิมภาวะนี้มีชื่อเรียกว่า กลุ่มอาการปีแอร์โรแบง (Pierre Robin syndrome) ตามรายงานของ Pierre Robin¹ นักวิทยาศาสตร์ช่องปากชาวฝรั่งเศสในปี ค.ศ. 1923 ที่ได้อธิบายลักษณะเฉพาะและอาการสำคัญของผู้ป่วยกลุ่มนี้ หากทารกและทารกแรกเกิดไม่ได้รับการดูแลและรักษาความผิดปกติดังกล่าว จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรง ได้แก่ การหายใจลำบาก ความยากลำบากในการให้อาหาร การสำลักอาหาร และมีโอกาสเสียชีวิตสูง บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับสาเหตุ ระบาดวิทยา ลักษณะทางคลินิก รวมถึงการดูแลและวิธีการรักษาที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยกลุ่มนี้ตั้งแต่แรกเกิดโดยทีมสหวิทยาการ (interdisciplinary team) ซึ่งมีทันตแพทย์เป็นส่วนหนึ่งของทีมโดยมีบทบาทดูแลส่งเสริมสุขภาพช่องปาก และให้การรักษาความผิดปกติที่พบบริเวณช่องปาก ฟัน และกระดูกขากรรไกร

1. สาเหตุของการเกิด

ปีแอร์โรแบง ซีควเอนซ์ เป็นความผิดปกติของกระดูกกะโหลกศีรษะและใบหน้าแต่กำเนิดที่ยังไม่สามารถระบุสาเหตุที่ชัดเจนว่าเกิดจากปัจจัยใด แต่เชื่อว่าความผิดปกตินี้เป็นผลมาจากปัจจัยร่วม (multifactorial disorders) ได้แก่ ปัจจัยทางพันธุกรรมและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม โดยผู้ป่วยที่มีความผิดปกตินี้และพบความผิดปกติแต่กำเนิดของใบหน้าและกะโหลก

ศีรษะบริเวณอื่นร่วมด้วยแบบเป็นกลุ่มอาการ (syndromic) มักจะสัมพันธ์กับปัจจัยทางพันธุกรรม ตัวอย่างของความผิดปกติทางพันธุกรรมในกลุ่มนี้ ได้แก่ การเกิดความผิดปกติของยีนบนโครโมโซมร่างกาย มีการกลายพันธุ์ของยีน COL2A1 (collagen type II alpha 1 chain) ซึ่งพบในกลุ่มอาการ Stickler syndrome² ทำให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันผิดปกติเกิดการสูญเสียความสามารถในการคงรูปของอวัยวะต่าง ๆ บางกรณีเชื่อว่าอาจเป็นผลกระทบจากการพัฒนาที่ผิดปกติของกล้ามเนื้อ (muscular dysgenesis)³ มีผลต่อการยับยั้งการเจริญและแนวการเคลื่อนที่มาด้านหน้าของขากรรไกรล่างทำให้ขากรรไกรล่างมีการเจริญเติบโตน้อยกว่าปกติ ดังแสดงในตารางที่ 1⁴ ขณะที่ผู้ป่วยที่ไม่พบร่วมกับกลุ่มอาการ (non-syndromic) มีเพียงภาวะขากรรไกรล่างเจริญพร่องอย่างเดียว (isolated) น่าจะเกิดจากอิทธิพลของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมมากกว่าปัจจัยทางพันธุกรรม โดยสันนิษฐานว่าเกิดจากการมีภาวะแรงดันสูงภายในมดลูกนำไปสู่การขัดขวางการปรับเปลี่ยนท่าโดยเฉพาะท่าอศีรษะของตัวอ่อนในครรภ์ช่วงอายุระหว่าง 6-12 สัปดาห์ ทำให้ตัวอ่อนไม่มีการปรับตำแหน่งศีรษะให้ยืดออก ส่งผลให้ตำแหน่งกระดูกขากรรไกรล่างยังคงถูกกดไว้กับหน้าอก เกิดการเจริญพร่องของกระดูกขากรรไกรล่างตามมา เช่น ภาวะน้ำคร่ำน้อย (Oligohydramnios)⁵ และภาวะการตั้งครรภ์แฝด (multiple pregnancy)^{6,7} เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ทั้งสองปัจจัยมักมีความเกี่ยวข้องกับภาวะปีแอร์โรแบง ซีควเอนซ์ ที่พบในผู้ป่วยแต่ละราย และเนื่องจากภาวะนี้โดยส่วนใหญ่จะไม่พบร่วมกับความผิดปกติแต่กำเนิดบริเวณอื่น ๆ แต่เป็นภาวะความผิดปกติที่เกิดต่อเนื่อง จึงควรเรียกภาวะนี้ว่า ซีควเอนซ์ แทนการเรียกลักษณะเดิมคือ กลุ่มอาการ⁸

ตารางที่ 1 กลุ่มอาการที่พบร่วมกับภาวะปีแอร์โรแบง ซีควเอนซ์⁴

Table 1 Syndromes with Pierre Robin sequence⁴

ความผิดปกติแบบกลุ่มอาการ	ขากรรไกรล่างเจริญพร่อง	เพดานโหว่	ลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรม
Stickler syndrome	มี	มี	เด่น
Velo-Cardio-Facial syndrome	มี	มี	เด่น
Treacher Collins syndrome	มี	มี	เด่น
Nager syndrome	มี	มี	เด่นหรือด้อย (ไม่แน่นอน)
Hemifacial microsomia	ข้างเดียว	มีหรือไม่มี	-
Trisomy 22 syndrome	มี	มีหรือไม่มี	ทางออโตโซม
Down syndrome	มี	มีหรือไม่มี	ทางออโตโซม
Kabuki syndrome	มี	มี	เด่น



รูปที่ 1 แสดงลักษณะกระดูกขากรรไกรล่างเจริญพร่อง



รูปที่ 2 รอยแยกเพดานโหว่รูปตัวยู

การเกิดภาวะปิแอร์โรแบง ซีควนซ์ เริ่มแรกมาจากการมีกระดูกขากรรไกรล่างเจริญพร่อง (mandibular hypoplasia) (รูปที่ 1) ส่งผลให้ลิ้นถูกดันไปอยู่ด้านหลังบริเวณคอ (glossoptosis) ส่วนโคนลิ้นจะตกลงมาทับฝาปิดกล่องเสียง

(epiglottis) และฝาปิดกล่องเสียงจะถูกกดลงไปบังต่อทางเดินหายใจ ทำให้ทางเดินหายใจส่วนบนเกิดการอุดตัน (tongue-based obstruction of supraglottic airway; TBAO) ตามมาเป็นลำดับ^{1, 9} นอกจากนี้ร้อยละ 90 ของผู้ป่วยกลุ่มนี้ สามารถพบภาวะเพดานโหว่ (cleft palate) ร่วมด้วย โดยที่เพดานโหว่ที่พบในผู้ป่วยภาวะนี้จะแสดงลักษณะเฉพาะเป็นรอยแยกเพดานรูปตัวยู (u-shaped cleft palate) แตกต่างจากรอยแยกเพดานโหว่โดยทั่วไปที่เป็นรูปตัววี (v-shaped cleft palate) อันเกิดจากส่วนด้านหลังลิ้นอยู่เบียดขวางส่วนยื่นเพดาน (palatal shelves) ทำให้เกิดการรบกวนการเชื่อมกันตรงกลางระหว่างส่วนยื่นเพดานทุติยภูมิ (secondary palate) ด้านตรงข้ามก่อนช่วงอายุครรภ์ระหว่าง 10-12 สัปดาห์ ซึ่งถือเป็นระยะวิกฤติ (critical period) ของการเจริญของส่วนเพดานแข็ง ทำให้เกิดเป็นเพดานโหว่กว้างลักษณะตัวยู (รูปที่ 2)

2. ระบาดวิทยา

จากการรายงานการเกิดอุบัติการณ์ภาวะปิแอร์โรแบง ซีควนซ์ จะแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ ซึ่งจะขึ้นกับปัจจัยที่ใช้ในแต่ละการศึกษา ได้แก่ ระดับของการประเมินและการตรวจคัดกรองผู้ป่วย¹⁰ การสำรวจโดยส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาในกลุ่มประชากรที่ไม่มีกลุ่มอาการร่วมด้วย (non-syndromic Pierre Robin sequence) พบว่ามีความแตกต่างระหว่างเชื้อชาติ แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างเพศ¹¹⁻¹³ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายงานอุบัติการณ์ภาวะปิแอร์โรแบง ซีควนซ์ในการศึกษาต่าง ๆ ที่ผ่านมา

Table 2 Incidence of Pierre Robin sequence in the previous studies

ลำดับที่	ผู้วิจัย (ปี)	สถานที่ศึกษา	ระยะเวลาที่ศึกษา	อุบัติการณ์ (ต่อ 10,000)
1	Printzlau และ Andersen (2004) ¹¹	เดนมาร์ก	ค.ศ. 1990-1999	7
2	Kallen และคณะ (1996) ¹²	สแกนดิเนเวีย	ค.ศ. 1988-1998	1
3	Bush และ Williams (1983) ¹³	นอร์ทเวสต์อิงแลนด์	ค.ศ. 1960-1982	1.2
4	Vatlach และคณะ (2014) ¹⁴	เยอรมัน	ค.ศ. 2011-2012	1.2

สำหรับประเทศไทย ยังไม่พบรายงานอุบัติการณ์การเกิดภาวะপিแอร์โรแบง ซีเควนซ์ มีเพียงรายงานการรักษาผู้ป่วยชาวไทยที่มีภาวะนี้ จำนวน 15 ราย โดย บวรศิลป์ เซาว์ชื่น และ คณะ¹⁵ ที่ได้ให้การรักษาในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ จังหวัดขอนแก่น ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2554

3. การตรวจและปัญหาที่พบทางคลินิก

ลักษณะเฉพาะที่สำคัญของผู้ป่วยภาวะปิแอร์โรแบง ซีเควนซ์ คือการมีคางสั้น ใบหน้าเหมือนนก (birdlike face) และเพดานโหว่ นำไปสู่ความเสี่ยงสูงของการเกิดการอุดกั้นทางเดินหายใจ ปัญหาการหายใจลำบาก รวมถึงความยากลำบากในการให้อาหาร ทีมแพทย์ผู้ดูแลมีความจำเป็นที่ต้องใส่ใจในการตรวจและวินิจฉัยระดับความรุนแรงของปัญหาเหล่านี้ รวมถึงการให้การรักษาผู้ป่วยได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องเพื่อป้องกันการเกิดภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ที่อาจเป็นอันตรายต่อชีวิตผู้ป่วยได้

3.1 การอุดกั้นทางเดินหายใจ

ภาวะการอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบน ในรายที่เป็นรุนแรง หากไม่ได้รับการแก้ไขอย่างรวดเร็ว อาจทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตตั้งแต่วัยทารก รวมถึงมีการเจริญเติบโตช้ากว่าปกติ ทั้งนี้ความผิดปกติที่เกิดจากการอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบนเกิดทั้งขณะหลับหรือแม้แต่ช่วงเวลาที่ตื่น อาการแสดงสำคัญที่เป็นตัวบ่งชี้ คือการมีเสียงกรนขณะหลับ อย่างไรก็ตาม อาการแสดงนี้พบเพียงร้อยละ 50 ของผู้ป่วยภาวะปิแอร์โรแบง ซีเควนซ์ ที่มีการอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบนเท่านั้น¹⁶ ดังนั้น ทีมแพทย์จำเป็นต้องทราบและสามารถประเมินภาวะการอุดกั้นทางเดินหายใจนี้ได้ถูกต้องทั้งขณะหลับและตื่น รวมถึงสามารถเลือกวิธีการรักษาที่เหมาะสมเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการหยุดหายใจ โดยเฉพาะช่วงแรกเกิดถึง 2 เดือนหลังคลอด¹⁷

การตรวจดูลักษณะความผิดปกติทางกายวิภาคและสรีรวิทยาโดยรอบทางเดินหายใจส่วนบนอย่างละเอียด โดยเฉพาะตำแหน่งบริเวณโคนลิ้นมีความจำเป็นอย่างมาก การส่งตรวจด้วยการสอดกล้อง ชนิดสายอ่อนที่ส่องผ่านจมูก (flexible nasolaryngoscopy) ขณะผู้ป่วยอยู่ในท่านอนคว่ำ (prone position) ท่านอนหงายราบ (supine position) รวมถึงท่านอนตะแคง (elevated side-lying position) จะสามารถประเมินความรุนแรงของการตีบแคบของทางเดินหายใจส่วนบนได้¹⁸

นอกจากนี้ การตรวจการนอนหลับ (polysomnography; PSG) ถือเป็นมาตรฐาน (standard investigation) และมีความน่าเชื่อถือได้มากที่สุด¹⁹ สำหรับใช้ในการวินิจฉัย

ผู้ป่วยทารกที่มีลักษณะเสี่ยงต่อภาวะทางเดินหายใจอุดกั้นขณะหลับ (obstructive sleep apnea; OSA) และประเมินความรุนแรงของภาวะดังกล่าวได้ อย่างไรก็ตามในปัจจุบัน ถึงแม้ว่าการตรวจการนอนหลับจะเป็นวิธีที่ดีที่สุดที่ใช้ในการวินิจฉัยและประเมินความรุนแรงของภาวะการอุดกั้นทางเดินหายใจขณะหลับ แต่ข้อจำกัดของการตรวจชนิดนี้ คือจำเป็นต้องติดอุปกรณ์ตรวจการนอนหลับดังกล่าวตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่ร่างกายตลอดทั้งคืน ทำให้ผู้ป่วยโดยเฉพาะเด็กทารกหรือเด็กเล็กมักจะไม่ให้ความร่วมมือในการตรวจ

3.2 ความยากลำบากในการให้อาหาร

ปัญหาความยากลำบากในการให้นมและสารอาหาร มักพบในเด็กทารกที่มีความผิดปกติเกี่ยวกับการอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบนร่วมกับภาวะเพดานโหว่ อันเป็นลักษณะทางคลินิกที่สำคัญของผู้ป่วยภาวะปิแอร์โรแบง ซีเควนซ์ เนื่องจากการมีภาวะเพดานโหว่ทำให้ทารกไม่สามารถสร้างแรงดันลบ (negative pressure) ในช่องปากขณะดูดนม เป็นผลให้แรงดูดนมจากท่อนมเสียประสิทธิภาพไป ร่วมกับการมีลิ้นตกไปอยู่ด้านหลัง ทำให้ลิ้นเคลื่อนตัวมาคดและรัดท่อนมที่อยู่ด้านหลังได้ยาก²⁰ ปริมาณน้ำนมที่ทารกดูดได้จะน้อย ส่งผลให้ทารกจำเป็นต้องใช้เวลาในการดูดนมแต่ละครั้งและมีโอกาสสำลักนมได้ง่าย นอกจากนี้ปัญหาการหายใจลำบากจะทำให้ทารกใช้พลังงานมากกว่าปกติ ทำให้รู้สึกเหนื่อยง่าย เมื่อเกิดร่วมกับการได้รับสารอาหารที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตบกพร่องและมีอันตรายต่อสุขภาพของทารกได้

การตรวจเพิ่มเติมที่นิยมนำมาใช้ประเมินภาวะการให้อาหารลำบาก ได้แก่ การตรวจทางรังสีวิทยาโดยการกลืนสารทึบแสงและดูการกลืนด้วยเครื่องเอกซเรย์ฟลูออโรสโคปี (videofluoroscopic swallowing study; VFSS) และการดูลักษณะการกลืนโดยการใช้อุปกรณ์ส่อง (fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing; FEES)²¹ โดย VFSS ถือเป็นมาตรฐาน ซึ่งวิธีนี้จะให้ผู้ป่วยกลืนอาหารที่ผสมแป้งแบเรียมแล้วถ่ายภาพรังสีเป็นระยะ ๆ ทำให้สามารถประเมินการกลืนของผู้ป่วยแบบต่อเนื่องได้ อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ไม่สามารถตรวจลักษณะเนื้อเยื่อที่อยู่บริเวณทางเดินอาหาร แตกต่างจากวิธี FEES ที่เป็นการส่องกล้องผ่านจมูกเข้าไปทำให้สามารถเห็นและประเมินลักษณะเนื้อเยื่อในระบบทางเดินอาหารได้

4. การรักษา

เนื่องจากการดูแลผู้ป่วยภาวะปิแอร์โรแบง ซีเควนซ์ ควรเริ่มตั้งแต่แรกคลอด และผู้ป่วยเหล่านี้ต้องการการดูแล

และเฝ้าระวังเป็นระยะเวลายาวนานจากภาวะเรื้อรัง ดังนั้นทีมสหวิทยาการจึงมีบทบาทสำคัญในการวางแผนและดูแลผู้ป่วยร่วมกันอย่างเป็นองค์รวมเพื่อให้ผลของการรักษาที่ดีที่สุด โดยการรักษาทางทันตกรรมจะแยกอธิบายโดยละเอียดในหัวข้อต่อไป

4.1 การดูแลทางเดินหายใจ

การประเมินระดับความรุนแรงของการอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบนจะถูกตรวจโดยแพทย์ตั้งแต่แรกคลอด แนวทางการดูแลและการรักษาผู้ป่วยมีหลายวิธีขึ้นอยู่กับความรุนแรงของความผิดปกติ ได้แก่

4.1.1 การจัดการแบบประคอง

โดยการจัดท่า (positioning) ให้ทารกอยู่ในท่านอนคว่ำ (prone) หรือท่านอนตะแคงเกือบคว่ำหน้า (semi-prone)²² จะเป็นวิธีการรักษาแรกๆ ที่ช่วยเปิดทางเดินหายใจในผู้ป่วยเด็กทารกที่มีปัญหาการอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบนที่ไม่รุนแรง โดยวิธีนี้จะช่วยทำให้ขากรรไกรล่างตกมาทางด้านหน้าพร้อมกับลิ้นไม่ไปอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบน อย่างไรก็ตาม เทคนิคนี้กระทำได้เพียงชั่วคราวในผู้ป่วยทารกและยากที่จะประเมินภาวะการอุดกั้นทางเดินหายใจหรือภาวะแทรกซ้อนอื่น ๆ ที่อาจเกิดขึ้นทุกขณะได้

4.1.2 การใส่ท่อเปิดทางเดินหายใจชนิดใส่ทางจมูก (nasopharyngeal airway; NPA)

เป็นวิธีจัดการลำดับถัดมาที่อาจทำร่วมกับการจัดท่าเมื่อการจัดท่าเพียงอย่างเดียวไม่มีประสิทธิผลเพียงพอ²³ โดยการสอดท่อเปิดทางเดินหายใจผ่านทางรูจมูก มีปลายท่อวางเลยโคนลิ้นและอยู่เหนือต่อฝาปิดกล่องเสียง

4.1.3 การทำศัลยกรรมทารกที่มีการอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบนระดับรุนแรงปานกลางถึงระดับรุนแรงมาก

การรักษาด้วยวิธีศัลยกรรมจะเป็นวิธีที่เหมาะสม ส่วนวิธีการผ่าตัดแบบใดจำเป็นต้องประเมินจากระดับความรุนแรงของอาการอายุผู้ป่วย รวมถึงความเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนจากการผ่าตัดแต่ละวิธี ดังนี้

4.1.3.1 การผ่าตัดเย็บลิ้นติดกับริมฝีปาก (Tongue-lip adhesion; TLA)

การผ่าตัดเพื่อยึดตำแหน่งลิ้นส่วนล่างด้านหน้า (anterior ventral tongue) ไว้กับริมฝีปากล่างเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่มีการอุดกั้นของทางเดินหายใจระดับหลังโคนลิ้น (tongue base)²⁴ มีจุดประสงค์เพื่อป้องกันไม่ให้ลิ้นตกไปอุดกั้นทางเดินหายใจทางด้านหลัง ช่วยทำให้ช่องทางเดินหายใจส่วนบนบริเวณหลังโคนลิ้นกว้างขึ้น อย่างไรก็ตาม ภาวะลิ้นฉีกขาด (tongue dehiscence) และการเคลื่อนไหวของลิ้นที่ถูกจำกัดขณะกลืน นับเป็นผลข้างเคียงจากการทำหัตถการนี้

4.1.3.2 การผ่าตัดเพื่อยึดถ่างขยายกระดูกขากรรไกรล่างมาทางด้านหน้า (Mandibular distraction osteogenesis; MDO)

การเพิ่มความยาวของกระดูกขากรรไกรล่างด้วยวิธีการสร้างกระดูกขึ้นมาใหม่บริเวณช่องว่างที่ได้จากการยึดถ่างกระดูกที่ถูกตัดแยกออกจากกันไปอย่างช้า ๆ เรียกว่า ดิสแทรกชั่น ออสทีโอเจเนซิส (distraction osteogenesis: DO) นับเป็นการรักษาทางเลือกในปัจจุบันสำหรับแก้ไขปัญหาคกระดูกขากรรไกรล่างขนาดเล็กมากร่วมกับการอุดกั้นทางเดินหายใจระดับความรุนแรงมากหรือปานกลาง²⁴ โดยมีรายงานผู้ป่วยที่นำเสนอการใช้เครื่องมือยึดถ่างขยายกระดูกขากรรไกรล่างมาทางด้านหน้าแบบสองข้าง (bilateral distraction) ในการรักษาเด็กที่มีภาวะอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบนระดับรุนแรงจากกระดูกขากรรไกรล่างเล็ก ซึ่งมีรายงานการรักษาทั้งในเด็กทารก²⁶⁻²⁸ และเด็กโต^{29, 30} ได้อย่างเป็นผลสำเร็จ

ข้อดีของการช่วยเปิดทางเดินหายใจด้วยวิธีดิสแทรกชั่น ออสทีโอเจเนซิส คือสามารถเคลื่อนโครงสร้างกระดูกขากรรไกรล่างมาด้านหน้าได้ปริมาณมาก ในขณะที่เนื้อเยื่ออ่อนสามารถปรับขยายได้ตามการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของกระดูกขากรรไกร ทำให้ลดโอกาสการคืนกลับตำแหน่งเดิมก่อนการรักษา³¹ อย่างไรก็ตาม วิธีการดังกล่าวมีข้อจำกัดในการควบคุมทิศทางการยึดขยายกระดูก มีโอกาสเกิดการเชื่อมติดกันเองระหว่างชิ้นกระดูกก่อนหรือเกิดการต่อไม่ติด (nonunion) ของชิ้นกระดูก³² อีกทั้งหากทำในเด็กเล็ก การวางแผนการผ่าตัดและตำแหน่งเข็มยึดติดสำหรับอุปกรณ์ยึดขยายกระดูกเป็นสิ่งสำคัญที่ควรพิจารณา เนื่องจากวิธีดิสแทรกชั่น ออสทีโอเจเนซิส มีโอกาสทำลายหน่วยพันแท่งที่กำลังสร้างหรือพันที่กำลังงอก¹⁵

4.1.3.3 การเจาะคอ (Tracheostomy)

ผู้ป่วยที่มีภาวะอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบนระดับรุนแรงมากจนไม่สามารถหายใจทางจมูก การรักษาหลักของผู้ป่วยภาวะนี้จำเป็นต้องเปิดทางเดินหายใจโดยการผ่าตัดเจาะคอและใส่ท่อหลอดลมคอที่สอดผ่านผิวหนังและกล้ามเนื้อคอ เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยสามารถหายใจเอาอากาศผ่านหลอดลมเข้าสู่ปอดได้ ถึงแม้ว่าการเจาะคอจะเป็นการช่วยเปิดทางเดินหายใจวิธีหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตาม การรักษาวิธีนี้ไม่ได้ทำให้ขากรรไกรล่างที่มีการเจริญพร่องถูกแก้ไข ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของปัญหาการอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบน นอกจากนี้ ทารกที่ถูกเจาะคอและใส่ท่อหลอดลมคอจะมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดปอดอักเสบและติดเชื้อ ซึ่งถือเป็นภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรงและอันตรายต่อชีวิต

ตัวชี้วัดความสำเร็จของการรักษาภาวะการอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบนในแต่ละวิธี คือการที่เด็กสามารถอยู่ในท่าที่สบายและนอนหลับได้โดยไม่ต้องตื่นขึ้นบ่อย ๆ และร้องเพื่อพยายามหายใจ⁽¹⁸⁾

4.2 การให้อาหาร (Feeding management)

ผู้ป่วยเด็กที่มีภาวะปิแอร์โรแบง ซีควินซ์ มักจะพบภาวะการให้อาหารและการกลืนลำบาก ผู้ดูแลจำเป็นต้องช่วยเหลือด้วยเทคนิคการจัดท่าในขณะรับประทาน โดยการจัดให้เด็กอยู่ในท่านั่ง (upright position) หน้าและคอตั้งตรงหรือก้มหน้าเล็กน้อย การจัดท่าลักษณะนี้จะช่วยลดการตกไปด้านหลังของกระดูกขากรรไกรล่างและลิ้น ช่วยให้มีการนำพาอาหารเข้าสู่หลอดอาหารและลดการสำลักอาหารเข้าทางเดินหายใจได้³³ รวมถึงการใช้อุปกรณ์เสริมการให้นมที่สามารถบีบให้นมเพื่อช่วยทารกในขณะดูดได้ ตัวอย่างเช่น การใช้ขวดอาหารฮาเบอร์แมน (Haberman feeder) จะสามารถช่วยป้องกันการไหลของน้ำนมขณะที่ทารกไม่ดูดและช่วยปรับอัตราการไหลของนมตามความสามารถการดูดของเด็กได้³⁴ สำหรับการใส่แผ่นปิดเพดานเทียม (obturator) ยังเป็นที่ถกเถียงกันถึงประสิทธิภาพในการช่วยทารกให้ดูดนมเต็มที่มากขึ้น³⁵ เนื่องจากการมีปัญหาการหายใจทำให้ทารกกลุ่มนี้มักไม่ยอมรับการใส่เพดานเทียม ในส่วนการให้อาหารผ่านทางสายให้อาหาร (nasogastric tube feeding: NG tube feeding) ควรเป็นแนวทางการช่วยเหลือสุดท้ายในกรณี que เด็กไม่สามารถรับประทานอาหารทางปากหรือได้รับอาหารทางปากไม่เพียงพอจากการช่วยเหลือด้วยวิธีอื่น ๆ ทั้งหมด

5. การจัดการทางทันตกรรม

บทบาทของทันตแพทย์ในการดูแลผู้ป่วยภาวะปิแอร์โรแบง ซีควินซ์ตามหลักการรักษาแบบทีมสหวิทยาการ และลักษณะที่พบความผิดปกติดังต่อไปนี้

5.1 ภาวะเพดานโหว่ (cleft palate)

เพื่อส่งเสริมให้ผู้ป่วยภาวะเพดานโหว่มีโอกาสของการพูดและการได้ยินที่เป็นปกติ ดังนั้นหากเริ่มการผ่าตัดเสริมสร้างเพดานโหว่ตั้งแต่หลังคลอดได้เร็วเท่าไรจะยิ่งเป็นผลดี (การผ่าตัดปิดเพดานโหว่แบบระยะแรกจะกระทำได้ในช่วงอายุก่อน 12 เดือน) อย่างไรก็ตาม ผู้ป่วยภาวะปิแอร์โรแบง ซีควินซ์ ที่มีปัญหาด้านการหายใจจำเป็นต้องประเมินการมีตำแหน่งลิ้นที่ตกไปด้านหลังด้วยการส่องกล้องทางจมูกก่อน และไม่ควรทำการเย็บซ่อมแซมเพดานโหว่เร็วเกินไป เนื่องจากภาวะแทรกซ้อนหลังการผ่าตัด คือปัญหาทางเดินหายใจส่วนบนถูกอุดกั้น มีโอกาสเป็นมากขึ้นจากการบวมของลิ้นและเพดาน ควรพิจารณาผ่าตัด

ปิดเพดานโหว่ในช่วงอายุ 12-18 เดือน³⁶

5.2 ภาวะขากรรไกรล่างเจริญพร่อง และการสบฟันผิดปกติ

ในผู้ป่วยที่มีขากรรไกรล่างเล็กและอยู่ถอยไปด้านหลัง การเลือกวิธีการรักษาใดจะขึ้นกับระยะทางของการจัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรล่างมาด้านหน้า อายุของผู้ป่วย รวมถึงความรุนแรงของภาวะอุดกั้นทางเดินหายใจจากขากรรไกรล่างเล็ก ทำให้ลิ้นตกไปอุดกั้นทางเดินหายใจ

กรณีผู้ป่วยเด็กที่มีขนาดขากรรไกรล่างผิดปกติระดับน้อยถึงปานกลาง แนวทางการรักษาที่เป็นอุดมคติคือ การกระตุ้นขากรรไกรล่างให้เจริญเติบโตมาทางด้านหน้าด้วยการดัดแปลงการเจริญเติบโต (growth modification)^{38,39} และควรทำในขณะที่เด็กยังมีการเจริญเติบโตอยู่ในระยะที่ใบหน้าจะมีการเจริญเติบโตสูงสุดของวัยเจริญพันธุ์ (peak of pubertal growth spurt)^{40,41} อย่างไรก็ตาม ปริมาณการเปลี่ยนแปลงจะขึ้นกับศักยภาพในการเจริญเติบโต ส่วนกระดูกขากรรไกรของแต่ละบุคคล ซึ่งอาจทำให้ผลการรักษาที่ออกมาไม่สมบูรณ์จำเป็นต้องมีการแก้ไขความผิดปกติด้วยการผ่าตัดขากรรไกรอีกครั้งเมื่อผู้ป่วยหมดการเจริญเติบโต รวมถึงวิธีการดัดแปลงการเจริญเติบโตดังกล่าวเป็นเพียงการกระตุ้นการเจริญเติบโต ไม่สามารถเพิ่มขนาดขากรรไกรให้มีขนาดใหญ่กว่าขนาดที่โตเต็มที่แล้วได้อย่างแท้จริง⁴²⁻⁴⁴ นอกจากนี้หากผู้ป่วยมีรูปแบบการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างในทิศทางเคลื่อนที่ลงล่างร่วมกับการหมุนไปทางด้านหลัง ทำให้คางอยู่ถอยไปทางด้านหลัง นับเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อำพรางการเพิ่มขนาดของขากรรไกรล่างด้วยวิธีการดัดแปลงการเจริญเติบโต⁴⁵ และเป็นข้อห้ามสำคัญในการคัดผู้ป่วยออกจากทางเลือกการรักษาวิธีนี้ เนื่องจากเครื่องมือดัดแปลงการเจริญของขากรรไกรล่าง มักส่งเสริมให้ขากรรไกรล่างหมุนไปทางด้านหลังมากยิ่งขึ้น

สำหรับผู้ป่วยเด็กที่ขากรรไกรล่างมีขนาดเล็กมาก มีตำแหน่งขากรรไกรถอยไปด้านหลัง ร่วมกับมีภาวะหายใจลำบาก การพยายามกระตุ้นการเจริญเติบโตจะไม่ถูกพิจารณานำมาใช้ การรักษาด้วยวิธีดิสแทรกชั่น ออสทิโอเจนีซิส³⁰ และการผ่าตัดกระดูกขากรรไกรล่างทั้งสองข้าง (bilateral sagittal split osteotomy: BSSO)⁴⁶ ในระยะแรกเพื่อเคลื่อนตำแหน่งมาทางด้านหน้าจะถูกพิจารณาเป็นแนวทางการรักษาเบื้องต้น

จากรายงานการศึกษาที่ผ่านมา มักพิจารณาเลือกวิธีการรักษาตามระยะทางของการจัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรมาทางด้านหน้า ในรายที่จำเป็นต้องเคลื่อนกระดูกขากรรไกรล่างมาด้านหน้ามากกว่า 6 มิลลิเมตรขึ้นไป^{30,46} การผ่าตัดเคลื่อนกระดูก

ขากรรไกรล่างออกมาทางด้านหน้าทันที เนื้อเยื่ออ่อนโดยรอบขากรรไกรที่ถูกดึงออกมาไม่สามารถคงอยู่ในตำแหน่งขากรรไกรที่เปลี่ยนใหม่ได้แต่จะถูกดึงรั้งกลับเข้าตำแหน่งเดิมในภายหลังและเกิดการคืนกลับของกระดูกขากรรไกรล่างตามมา⁴⁶ ดังนั้นถ้าเป็นกรณีผู้ป่วยมีความผิดปกติของขนาดขากรรไกรล่างอย่างมาก การเพิ่มความยาวของกระดูกขากรรไกรล่างด้วยวิธีดิสแทรกชันออสทิโอเจเนซิส ถือเป็นวิธีการรักษาที่เหมาะสมมากกว่า เนื่องด้วยเทคนิคการยืดต่างชิ้นกระดูกให้แยกออกจากกันไปอย่างช้า ๆ ส่งผลดีต่อเนื้อเยื่ออ่อนโดยรอบกระดูก ขากรรไกรสามารถขยายตามการปรับตำแหน่งใหม่ของโครงสร้างกระดูกได้ มีผลให้สามารถเคลื่อนชิ้นกระดูกมาด้านหน้าได้มากขึ้นกว่าการผ่าตัด รวมทั้งมีรายงานการคืนกลับที่เดิมน้อยกว่ามากด้วย⁴⁷ อย่างไรก็ตาม การรักษาทั้งสองวิธีเป็นเพียงการรักษาเบื้องต้นในระยะแรกเท่านั้น ส่วนการรักษาในระยะถัดมาเมื่อผู้ป่วยไม่มีการเจริญเติบโตแล้วยังเป็นสิ่งจำเป็น โดยอาจจะมีแผนการรักษาด้วยการผ่าตัดกระดูกขากรรไกรภายหลังอีกครั้ง ดังนั้นแผนการรักษาทางทันตกรรมโดยทั่วไปจึงต้องประกอบด้วย 2 ระยะ โดยที่ระยะแรกจะเน้นการแก้ไขตำแหน่งกระดูกขากรรไกรล่างบางส่วนให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ส่วนระยะที่สองจะพิจารณาภายหลังการเจริญเติบโตของใบหน้าสิ้นสุดแล้ว โดยมีทางเลือกการรักษาระหว่างการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันเพียงอย่างเดียวแบบอำพรางความไม่สมดุลของโครงสร้างขากรรไกร (camouflage orthodontic treatment) และการจัดฟันร่วมกับการผ่าตัด (orthodontic treatment combined with orthognathic surgery) เพื่อแก้ไขความผิดปกติของกระดูกขากรรไกรที่คงเหลืออยู่

สำหรับผู้ป่วยที่หมดการเจริญเติบโตแล้ว ขากรรไกรล่างมีตำแหน่งอยู่หลังต่อขากรรไกรบน มีขนาดเล็ก ร่วมกับการสบฟันผิดปกติประเภทที่สอง หากผู้ป่วยมีใบหน้าที่ดี โครงสร้างกระดูกมีความผิดปกติค่อนข้างน้อย การรักษาทางทันตกรรมจัดฟันเพียงอย่างเดียวแบบอำพรางความไม่สมดุลของโครงสร้างขากรรไกร (camouflage orthodontic treatment) สามารถทำได้ ในทางกลับกันหากผู้ป่วยมีตำแหน่งขากรรไกรที่ผิดปกติอย่างรุนแรง คางหลุบอยู่ด้านหลังมาก การจัดฟันร่วมกับการผ่าตัด (orthodontic treatment combined with orthognathic surgery) หรือการทำดิสแทรกชัน ออสทิโอเจเนซิส ในรายที่ความผิดปกติรุนแรงอย่างมาก ถือเป็นทางเลือกการรักษาที่เหมาะสม

5.3 โรคฟันผุและโรคปริทันต์อักเสบ

ทันตแพทย์ควรมุ่งเน้นการให้คำแนะนำและความรู้แก่ผู้ปกครองเกี่ยวกับทันตกรรมป้องกันและการดูแลสุขภาพ

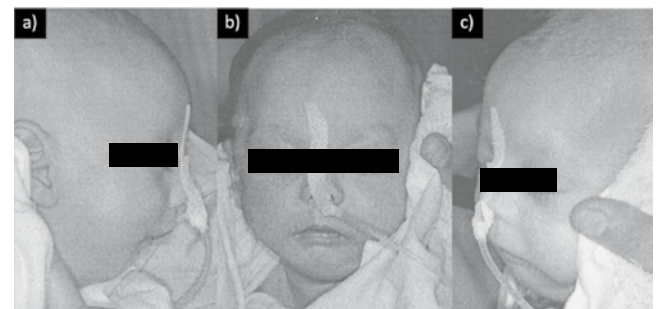
ช่องปากและฟันของผู้ป่วยตั้งแต่วัยทารก เพื่อป้องกันฟันผุหรือโรคปริทันต์อักเสบ เนื่องจากฟันผุที่รุนแรงจนทำให้มีการสูญเสียฟันไปก่อนกำหนด อาจนำไปสู่ความรุนแรง ของการเจริญที่ผิดปกติของกระดูกขากรรไกรมากขึ้น

รายงานผู้ป่วย

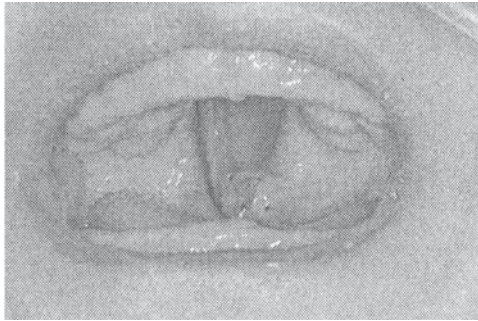
ผู้ป่วยเด็กชายไทยอายุ 3 เดือน 11 วัน ถูกส่งตัวจากศูนย์ผู้ป่วยปากแหว่ง เพดานโหว่และพิการแต่กำเนิดบริเวณศีรษะใบหน้า ภาควิชาศัลยศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มารับการรักษาที่คลินิกทันตกรรมจัดฟัน โรงพยาบาลทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ด้วยปัญหาหูหนวกได้ช้า มีอาการสำลักน้ำนมบ่อยขณะดูดนม และบิดามารดามีความวิตกกังวลในภาวะเพดานโหว่ของบุตร ผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นผู้ป่วยกลุ่มภาวะปีแอร์โรแบง ซีเควนซ์ ร่วมกับมีเพดานโหว่โดยไม่ปรากฏประวัติทางกรรมพันธุ์ใดๆ จากการซักประวัติทางครอบครัว พบว่าผู้ป่วยมีน้องชายฝาแฝดหนึ่งคนแต่ไม่มีลักษณะผิดปกติใดๆ จากประวัติทางการแพทย์ผู้ป่วยเคยได้รับการช่วยหายใจด้วยการใส่ท่อหลอดลมคอ และขณะส่งตัวผู้ป่วยพบว่า ผู้ป่วยถูกให้อาหารโดยวิธีการใส่สายให้อาหาร (nasogastric tube feeding) (รูปที่ 3) ภายหลังการเฝ้าระวังดูแลและติดตามอาการอย่างต่อเนื่อง แพทย์พิจารณาว่าผู้ป่วยมีความเสี่ยงต่ำต่อปัญหาการอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบน จึงให้รักษาแบบอนุรักษ์ด้วยวิธีการจัดฟันและส่งต่อผู้ป่วยมารับการรักษาทางทันตกรรมต่อไป

การตรวจภายนอกช่องปาก

รูปใบหน้าด้านข้างมีลักษณะใบหน้าอูม คางหลุบและสัน (รูปที่ 3a และ 3c) ในส่วนหน้าด้านตรง (รูปที่ 3b) มีความสมมาตรทั้งด้านซ้ายและด้านขวา



รูปที่ 3 ภาพภายนอกช่องปากก่อนการรักษา: a) ใบหน้าด้านขวา b) ใบหน้าตรง และ c) ใบหน้าด้านซ้าย



รูปที่ 4 ภาพภายในช่องปากก่อนการรักษา

การตรวจภายในช่องปาก

เพดานแข็งในช่องปากพบรอยโหว่แบบสมบูรณ์ของส่วนยื่นเพดานทุติยภูมิทั้งสองข้าง ขนาดของรอยโหว่วัดจากขอบสันกระดูกกลางเพดานมีขนาดกว้าง 14 มิลลิเมตร (รูปที่ 4) ไม่พบแผลในช่องปาก

การรักษาทางทันตกรรม

เริ่มจากการป้องกันการสำลักน้ำนมเข้าไปในทางเดินหายใจขณะดูดนม โดยการใช้เครื่องมือเพดานเทียมชนิดไร้แรงกระทำ (passive obturator) ที่ทำจากแผ่นยางพอลิไวนิลซินดิไนมีปิตรอยโหว่ที่เพดานปากและกั้นส่วนของช่องจมูกออกจากช่องปาก ช่วยให้ผู้ป่วยสามารถดูดนมได้ดีขึ้น^{48, 49} จากการติดตามผลการใช้เพดานเทียมอย่างต่อเนื่องร่วมกับประสานผลการตรวจติดตามจากแพทย์ผู้ดูแลพบว่า ไม่พบการสำลักน้ำนมขณะดูดนม และไม่พบการสำรอกน้ำนมออกทางจมูก

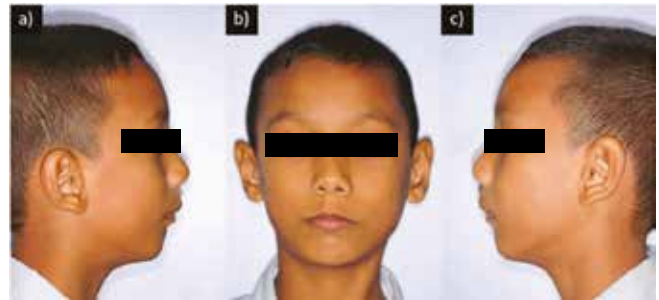
การติดตามผลการรักษา

เพดานเทียมถูกเปลี่ยนใหม่ทุก ๆ 3-4 เดือนเพื่อปรับขนาดเพดานเทียมตามการเจริญเติบโตของขากรรไกรบนจนผู้ป่วยอายุ 1 ปี 2 เดือน (รวมเปลี่ยนจำนวน 3 ชิ้น)

เมื่อผู้ป่วยมีอายุ 1 ปี 3 เดือน ผู้ป่วยถูกส่งตัวเพื่อการทำศัลยกรรมตกแต่งเย็บปิดเพดานโหว่ (palatoplasty)³⁷ ภายหลังการผ่าตัดพบว่า ผลมีการตอบสนองดี ไม่เกิดการแยกออกจากกันของแผลที่เย็บไว้ และภายหลังการผ่าตัด 1 เดือนพบว่า ผู้ป่วยเริ่มออกเสียงพูดเป็นคำ ๆ แต่ยังไม่พูดได้น้อยกว่าน้องชายฝาแฝด จึงส่งผู้ป่วยเพื่อปรึกษานักอรรถวิทยาบำบัดต่อไป

เมื่อผู้ป่วยมีอายุ 5 ปี 11 เดือน พบการเบี่ยงเบนของคางไปทางด้านขวา 3 มิลลิเมตร ร่วมกับมีมุมปากด้านขวาดกอยู่ระดับต่ำกว่าด้านซ้าย ส่วนใบหน้าด้านข้างยังคงมีลักษณะใบหน้าอูมจากการมีตำแหน่งขากรรไกรล่างและคางหลุบอยู่ด้านหลัง ในแนวตั้งมีความสัมพันธ์ของใบหน้าปกติ (รูปที่ 5) ในส่วนช่องปากพบว่า ผู้ป่วยมีอนามัยช่องปากอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ความสัมพันธ์การสบฟัน

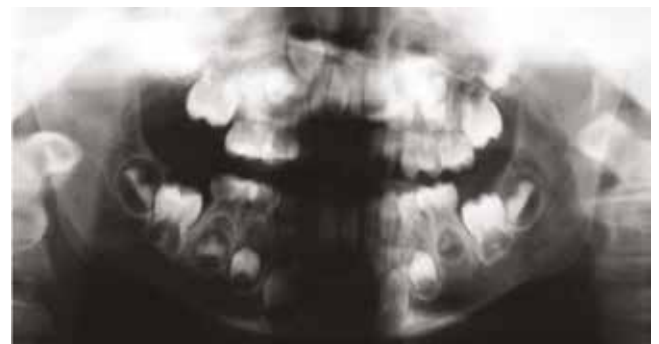
กรามทั้งด้านขวาและซ้ายเป็นการสบฟันประเภทกลุ่มชั้นใกล้กลาง (mesial step molar relationship) มีการสบเหลี่ยมแนวราบ 4 มิลลิเมตร การสบเหลี่ยมแนวตั้ง 2 มิลลิเมตร (รูปที่ 6) จากภาพรังสีพานอรามิก (panoramic radiograph) มีฟันครบทุกซี่ ไม่มีฟันเกิน และไม่พบการขาดหายไปของหน่อฟันแท้ (รูปที่ 7) ผู้ป่วยถูกส่งต่อทันตแพทย์เฉพาะทางสำหรับเด็กเพื่อรับการรักษาทางทันตกรรมทั่วไป



รูปที่ 5 ภาพภายนอกช่องปากเมื่ออายุ 5 ปี 11 เดือน a) ใบหน้าด้านขวา b) ใบหน้าตรง และ c) ใบหน้าด้านซ้าย



รูปที่ 6 ภาพภายในช่องปากเมื่ออายุ 5 ปี 11 เดือน: a) ระบายสบบน b) ท่ากัดข้างด้านขวา c) ท่ากัดหน้าตรง d) ท่ากัดข้างด้านซ้าย และ e) ระบายสบล่าง



รูปที่ 7 ภาพรังสีพานอรามิกของผู้ป่วยขณะมีอายุ 5 ปี 11 เดือน



รูปที่ 8 ภาพภายนอกช่องปากเมื่ออายุ 12 ปี 9 เดือน
a) ใบหน้าด้านขวาเฉียง 45 องศา b) ใบหน้าตรง และ
c) ใบหน้าด้านซ้าย



รูปที่ 9 ภาพภายในช่องปากเมื่ออายุ 12 ปี 9 เดือน: a) ระบายสบบน b) ทำกััดข้างด้านขวา c) ทำกััดหน้าตรง
d) ทำกััดข้างด้านซ้าย และ e) ระบายสบล่าง



รูปที่ 10 ภาพซ้อนทับของภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง โดยรวมที่ติดตามใน 3 ช่วงอายุ

เมื่อผู้ป่วยอายุ 8 ปี 11 เดือนและอยู่ในระยะชุดฟันผสม พบว่ามีการสูญเสียฟันกรามน้ำนมล่างซี่ที่สองทั้งสองข้างไป ก่อนกำหนดจากสาเหตุฟันผุ ร่วมกับมีการเคลื่อนที่มาทางด้าน ไกลกลางของฟันกรามแท้ล่างซี่ที่หนึ่ง ผู้ป่วยถูกใส่เครื่องมือกัน ช่องว่างชนิดลึงกวลโฮลดิ้งอาร์ช (lingual holding arch) ไว้เพื่อ รักษาพื้นที่ที่เหลืออยู่เอาไว้

เมื่อผู้ป่วยมีอายุ 12 ปี 9 เดือน พบว่าใบหน้าด้านตรงมีการ เบี่ยงเบนของคางไปทางด้านขวาประมาณ 5 มิลลิเมตร มุมปาก ด้านขวาต่ำกว่าด้านซ้ายชัดเจนมากขึ้น ส่วนใบหน้าด้านข้าง ยังคงอูมและมีคางหลุบอยู่ด้านหลัง (รูปที่ 8) ขากรรไกรบน มีลักษณะแคบและฟันซ้อนเกปานกลาง ขากรรไกรล่างมีฟันซ้อน เกมาก ขาดพื้นที่สำหรับการให้ฟันกรามน้อยแท้ซี่ที่สองทั้งสองข้างขึ้น มาได้ ในส่วนการสบฟันยังคงมีความสัมพันธ์ของฟันกรามแท้ซี่ ที่หนึ่งบนและล่างเป็นการสบฟันประเภทที่ 2 (รูปที่ 9)

จากการซ้อนทับภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างโดยรวม ที่ติดตามต่อเนื่องใน 3 ช่วงอายุ ได้แก่ เมื่อผู้ป่วยอายุ 5 ปี 11 เดือน, 8 ปี 11 เดือน, และ 12 ปี 9 เดือน พบว่าการเจริญเติบโตของ ขากรรไกรล่างมีทิศทางการเจริญมาทางด้านหน้าและลงล่าง ในขณะที่ตัวฟันหลังล่างมีการเคลื่อนมาทางด้านหน้าพร้อมกับการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่าง (รูปที่ 10)

การวางแผนรักษาในขั้นตอนต่อไป มีเป้าหมายเพื่อแก้ไข ปัญหาขากรรไกรบนแคบ ขาดพื้นที่สำหรับการเรียงฟันบน ปานกลาง ร่วมกับผู้ป่วยรายนี้ยังมีการเจริญเติบโตและอยู่ระยะ ที่มีการเจริญเติบโตสูงสุดในช่วงวัยหนุ่มสาว (peak of pubertal growth spurt) จึงวางแผนรักษาทางทันตกรรมจัดฟันด้วยการ ขยายแนวโค้งขากรรไกรบนทั้งส่วนหน้าและส่วนหลังให้ได้ขนาด ที่เหมาะสมกับแนวโค้งขากรรไกรล่าง แล้วรักษาทางทันตกรรม จัดฟันต่อด้วยวิธีการดัดแปลงการเจริญเติบโต^{50, 51} โดยการ กระตุ้นการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างมาทางด้านหน้าด้วย เครื่องมือฟังก์ชันนัล (functional appliance) เพื่อกระตุ้นการ เจริญเติบโตของขากรรไกร และประเมินผลการรักษาเพื่อวางแผน การรักษาในขั้นตอนต่อไป

บทวิจารณ์

ปีแอร์โรแบง ซีควอนซ์ เป็นความผิดปกติแต่กำเนิดที่มี สาเหตุมาจากการมีขากรรไกรล่างเจริญพร้อม ส่งผลกระทบทั้ง ต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการ อันเนื่องมาจากการมีภาวะ การอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบนและการขาดสารอาหารซึ่งเกิด จากความยากลำบากในการให้อาหาร รวมถึงปัญหาเรื่องการ สบฟันที่ผิดปกติ หากผู้ป่วยภาวะปีแอร์โรแบง ซีควอนซ์สามารถ

รอดชีวิตจากปัญหาหายใจลำบากนี้ได้ การพยากรณ์โรคจะดีมากรั้งนั้น การดูแลและรักษาผู้ป่วยภาวะนี้ต้องมีประสิทธิภาพจึงมีความจำเป็นและต้องอาศัยความร่วมมือเป็นอย่างดีระหว่างกลุ่มผู้เชี่ยวชาญจากสาขาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

นอกจากลักษณะเฉพาะที่มีขากรรไกรล่างเจริญพร้อมแล้วนั้น ความผิดปกติในลักษณะอื่น ๆ ที่พบในบริเวณช่องปากและฟัน ได้แก่ ภาวะเพดานโหว่ การสบฟันผิดปกติอันเป็นผลจากการมีโครงสร้างกระดูกขากรรไกรล่างที่เล็กและแคบ หรือการมีฟันซ้อนเกมาก เป็นต้น ปัญหาภายในช่องปากและฟันเหล่านี้จำเป็นต้องได้รับการดูแลตั้งแต่เริ่มแรก และมีการติดตามการรักษาไปจนถึงวัยผู้ใหญ่ อย่างไรก็ตาม การเลือกรักษาวิธีต่าง ๆ ควรพิจารณาให้เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละรายตามแต่ละช่วงอายุ เนื่องจากข้อพิจารณาดังกล่าวอาจมีผลต่อความซับซ้อนของการรักษาความผิดปกติในขั้นตอนต่อ ๆ ไปได้ เช่น ผู้ป่วยรายนี้เลือกใช้เพดานเทียมชนิดไม่มีแรงกระทำในช่องปากร่วมกับการรักษาโดยการจัดทำฟันอนเพื่อให้อายุผู้ป่วยคุณมได้ดี และสร้างสภาวะเลียนแบบกายวิภาคปกติของเพดาน ช่วยให้ผู้ป่วยไม่วางลิ้นแทรกกระหว่างรอยแยกส่งผลต่อการกลืนและการออกเสียง อย่างไรก็ตาม วิธีนี้อาจเหมาะกับผู้ป่วยที่มีอาการไม่รุนแรง อาจมีสาเหตุจากสภาวะแวดล้อมภายนอกหรือการตั้งครรภ์ผิดปกติ เช่น ความผิดปกติของแรงดันในมดลูก การรักษาแบบประคับประคองเพียงการปรับท่าเป็นหลักจะให้ผลการตอบสนองที่น่าพอใจ แตกต่างกับผู้ป่วยที่มีระดับความรุนแรงของปัญหากระดูกขากรรไกรล่างขนาดเล็กมากร่วมกับการอุดกั้นทางเดินหายใจระดับความรุนแรงปานกลางหรือมากซึ่งเกิดร่วมกับการมีลิ้นตกมาทางด้านหลัง การจัดการดูแลปัญหาการอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบนที่รุนแรงอาจจำเป็นต้องอาศัยการผ่าตัดตั้งแต่ระยะเริ่มแรกเพื่อยึดถ่างขยายกระดูกขากรรไกรล่างทางด้านหน้า ด้วยวิธีดิสแทรกชั่น ออสทิโอเจนีซิส หรือการเจาะคอ เป็นต้น นอกจากนี้ การติดตามผู้ป่วยระยะยาวเพื่อประเมินความก้าวหน้าและการเปลี่ยนแปลงของภาวะความผิดปกติรวมถึงความต่อเนื่องของการรักษาในแต่ละขั้นตอนตามแต่ละช่วงอายุเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากการรักษาที่ผู้ป่วยได้รับในขั้นตอนหนึ่งตั้งแต่แรกอาจมีผลต่อความยากง่ายและความสำเร็จของการรักษาในขั้นต่อไป

ทันตแพทย์แต่ละสาขาโดยเฉพาะทันตแพทย์จัดฟัน เป็นบุคลากรที่มีบทบาทสำคัญในการจัดการและดูแลผู้ป่วยภาวะนี้ตั้งแต่วัยทารกก่อนที่จะมีฟันขึ้นในช่องปากจนถึงระยะที่ฟันขึ้น นอกจากนี้ ทันตแพทย์ทั่วไปควรให้ความรู้ทางทันตกรรมป้องกันในการทำมาสะอาดช่องปากและฟันอย่างถูกวิธีแก่ผู้ป่วยและผู้ปกครอง ควรมีการเฝ้าระวังและติดตามการเจริญพัฒนาของฟัน

น้ำนมและฟันถาวร ตลอดจนเมื่อเกิดฟันผุ ผู้ป่วยควรได้รับการบูรณะฟันจากทันตแพทย์อย่างทันที่ตามความจำเป็นและเหมาะสม อันจะเป็นการช่วยส่งเสริมให้ผู้ป่วยมีการเจริญของกระดูกขากรรไกรเป็นไปอย่างใกล้เคียงปรกติมากที่สุด เพื่อลดความรุนแรงและความซับซ้อนของการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันต่อไป

บทสรุป

ภาวะปิแอร์โรแบง ซีควนซ์ เป็นความผิดปกติแต่กำเนิดที่พบได้ไม่บ่อย แต่จากลักษณะเฉพาะ คือการมีขากรรไกรล่างเจริญพร้อม ลิ้นตกไปด้านหลัง และการมีภาวะอุดกั้นทางเดินหายใจส่วนบน ในความผิดปกติระดับรุนแรง หากไม่ได้รับการตรวจและรักษาอย่างทันที่ที่จะมีโอกาสเกิดการเสียชีวิตของทารกตั้งแต่ช่วงขวบปีแรกได้ การจัดการดูแลผู้ป่วยภาวะปิแอร์โรแบง ซีควนซ์นี้ ต้องอาศัยการทำงานร่วมกันเป็นทีมระหว่างสหสาขาวิชาชีพ โดยทันตแพทย์จัดฟันจะเป็นบุคลากรสำคัญที่มีบทบาทตั้งแต่ผู้ป่วยแรกเกิด การให้คำแนะนำและดูแลสุขภาพช่องปาก รวมถึงการติดตามการเจริญเติบโตของกระดูกขากรรไกรและใบหน้าของผู้ป่วยตั้งแต่วัยเด็กต่อเนื่องไปจนให้การรักษาที่เหมาะสมเมื่อผู้ป่วยมีการเจริญเติบโตเต็มที่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.นพ.ทพ.ธงชัย นันทนรานนท์ ที่ให้ความรู้และคำปรึกษาเพื่อการรักษาผู้ป่วยภาวะปิแอร์โรแบง ซีควนซ์ที่มีภาวะเพดานโหว่ร่วม ขอขอบคุณทีมงานคลินิกศัลยศาสตร์ช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียลและคลินิกทันตกรรมจัดฟัน โรงพยาบาลทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ทุกท่าน ที่มีส่วนให้รายงานผู้ป่วยศึกษาและบทความปริทัศน์นี้ถูกจัดทำขึ้นจนเสร็จสมบูรณ์ตลอดจนขอขอบคุณผู้ป่วยที่อนุญาตให้ใช้ข้อมูลภาพในการเผยแพร่

เอกสารอ้างอิง

1. Robin P. A fall of the base of the tongue considered as a new cause of nasopharyngeal respiratory impairment: Pierre Robin sequence, a translation. 1923. *Plast Reconstr Surg* 1994; 93(6): 1301-3.
2. Ballo R, Beighton PH, Ramesar RS. Stickler like syndrome due to a dominant negative mutation in the COL2A1 gene. *Am J Med Genet A* 1998; 80(1): 6-11.

3. Carey JC, Fineman RM, Ziter FA. The Robin sequence as a consequence of malformation, dysplasia, and neuromuscular syndromes. *J Pediatr* 1982; 101(5): 858-64.
4. Cohen MM, Jr. Robin sequences and complexes: causal heterogeneity and pathogenetic/phenotypic variability. *Am J Med Genet* 1999; 84(4): 311-5.
5. Aggarwal S, Kumar A. Fetal Hydrocolpos Leading to Pierre Robin Sequence: An Unreported Effect of Oligohydramnios Sequence. *J Perinatol* 2003; 23(1): 76-8.
6. Holder-Espinasse M, Abadie V, Cormier-Daire V, et al. Pierre Robin sequence: a series of 117 consecutive cases. *J Pediatr* 2001; 139(4): 588-90.
7. Knottnerus AC, de Jong DJ, Haumann TJ, Mulder JW. Higher incidence of twins in infants with Pierre Robin sequence. *Cleft Palate Craniofac J* 2001; 38(3): 284.
8. Pasyayan HM, Lewis MB. Clinical experience with the Robin sequence. *Cleft Palate J* 1984; 21(4): 270-6.
9. Mackay DR. Controversies in the diagnosis and management of the Robin sequence. *J Craniofac Surg* 2011; 22(2): 415-20.
10. Cladis F, Kumar A, Grunwaldt L, et al. Pierre Robin Sequence: a perioperative review. *Anesth Analg* 2014; 119(2): 400-12.
11. Printzlau A, Andersen M. Pierre Robin sequence in Denmark: a retrospective population-based epidemiological study. *Cleft Palate Craniofac J* 2004; 41(1): 47-52.
12. Kallen B, Harris J, Robert E. The epidemiology of orofacial clefts. 2. associated malformations. *J Craniofac Genet Dev Biol* 1996; 16(4): 242-8.
13. Bush PG, Williams AJ. Incidence of the Robin anomalad (Pierre Robin syndrome). *Br J Plast Surg* 1983; 36.
14. Vatlach S, Maas C, Poets CF. Birth prevalence and initial treatment of Robin sequence in Germany: a prospective epidemiologic study. *Orphanet J Rare Dis* 2014; 9: 9.
15. Chowchuen B, Jenwitheesuk K, Chowchuen P, Prathanee B. Pierre Robin sequence: challenges in the evaluation, management and the role of early distraction osteogenesis. *J Med Assoc Thai* 2011; 94(6): S91.
16. Anderson ICW, Sedaghat AR, McGinley BM, et al. Prevalence and severity of obstructive sleep apnea and snoring in infants with Pierre Robin sequence. *Cleft Palate Craniofac J* 2011; 48(5): 614-8.
17. Wilson A, Moore D, Moore M, et al. Late presentation of upper airway obstruction in Pierre Robin sequence. *Arch Dis Child* 2000; 83(5): 435-8.
18. Côté A, Fanous A, Almajed A, Lacroix Y. Pierre Robin sequence: Review of diagnostic and treatment challenges. *Int J Pediatr Otorhinolaryngo* 2015; 79(4): 451-64.
19. Berry RB, Budhiraja R, Gottlieb DJ, et al. Rules for scoring respiratory events in sleep: update of the 2007 AASM manual for the scoring of sleep and associated events. *J Clin Sleep Med* 2012; 8(5): 597-619.
20. Baudon J-J, Renault F, Goutet J-M, et al. Motor dysfunction of the upper digestive tract in Pierre Robin sequence as assessed by sucking-swallowing electromyography and esophageal manometry. *J Pediatr* 2002; 140(6): 719-23.
21. Miller CK, Willging JP. The implications of upper-airway obstruction on successful infant feeding. Paper presented at: *Semin Speech Lang* 2007.
22. Anderson IC, Sedaghat AR, McGinley BM, et al. Prevalence and severity of obstructive sleep apnea and snoring in infants with pierre robin sequence. *Cleft Palate Craniofac J* 2011; 48.
23. Abel F, Bajaj Y, Wyatt M, Wallis C. The successful use of the nasopharyngeal airway in Pierre Robin sequence: an 11-year experience. *Arch Dis Child* 2012; 97(4): 331-4.
24. Cope JB, Samchukov ML, Cherkashin AM. Mandibular distraction osteogenesis: a historic perspective and future directions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 115(4): 448-60.
25. Abramowicz S, Bacic JD, Mulliken JB, Rogers GF. Validation of the GILLS score for tongue-lip adhesion in Robin sequence patients. *J Craniofac Surg* 2012; 23(2): 382-6.
26. Sahoo NK, Roy ID, Dalal S, Bhandari A. Distraction osteogenesis for management of severe OSA in Pierre Robin sequence: an approach to elude tracheostomy in infants. *J Maxillofac Oral Surg* 2016; 15(4): 501-5.
27. Hong P, Bezuhly M. Mandibular Distraction Osteogenesis in the Micrognathic Neonate: A Review for neonatologists and pediatricians. *Pediatr Neonatol* 2013; 54(3): 153-60.
28. Zenha H, Azevedo L, Rios L, Pereira A, Pinto A, Barroso ML, et al. Bilateral mandibular distraction osteogenesis in the neonate with pierre robin sequence and airway obstruction: a primary option. *Craniomaxillofac Trauma Reconstr* 2012; 5(1): 25-30.
29. Breuning KH, van Strijen PJ, Prahl-Andersen B, Tuinzing DB. Outcome of treatment of Class II malocclusion by intraoral mandibular distraction. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2004; 42(6): 520-5.
30. Behnia H, Tehranchi A, Morad G. Distraction Osteogenesis. *A textbook of advanced oral and maxillofacial surgery*. chapter 16: 449-78.

31. Al-Mahdi AH, Al-Hasnawi SN, Al-Jumaily HA. Changes in soft tissue measurements after mandibular distraction osteogenesis. *J Craniofac Surg* 2016; 27(7): e702-e707.
32. McCarthy JG, Stelnicki EJ, Mehrara BJ, Longaker MT. Distraction osteogenesis of the craniofacial skeleton. *Plast Reconstr Surg* 2001; 107(7): 1812-27.
33. Rathé M, Rayyan M, Schoenaers J, et al. Pierre Robin sequence: Management of respiratory and feeding complications during the first year of life in a tertiary referral centre. *Int J Pediatr Otorhinolaryngo* 2015; 79(8): 1206-12.
34. Reid J. A review of feeding interventions for infants with cleft palate. *Cleft Palate Craniofac J* 2004; 41(3): 268-78.
35. Butow KW, Naidoo S, Zwahlen RA, Morkel JA. Pierre Robin sequence: Subdivision, data, theories, and treatment - Part 4: Recommended management and treatment of Pierre Robin sequence and its application. *Ann Maxillofac Surg* 2016; 6(1): 44-9.
36. Marques IL, Sousa TVd, Carneiro AF, et al. Robin sequence: a single treatment protocol. *Jornal de pediatria* 2005; 81(1): 14-22.
37. Leow AM, Lo LJ. Palatoplasty: evolution and controversies. *Chang Gung Med J* 2008; 31(4): 335-45.
38. Collett A. Current concepts on functional appliances and mandibular growth stimulation. *Aust Dent J* 2000; 45(3): 173-8.
39. Cozza P, Baccetti T, Franchi L, De Toffol L, McNamara JA, Jr. Mandibular changes produced by functional appliances in Class II malocclusion: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 129(5): 599.e1-12; discussion e1-6.
40. Hagg U, Pancherz H. Dentofacial orthopaedics in relation to chronological age, growth period and skeletal development. An analysis of 72 male patients with Class II division 1 malocclusion treated with the Herbst appliance. *Eur J Orthod* 1988; 10(3): 169-76.
41. Malmgren O, Omblus J, Hagg U, Pancherz H. Treatment with an orthopedic appliance system in relation to treatment intensity and growth periods. A study of initial effects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987; 91(2): 143-51.
42. Nelson C, Harkness M, Herbison P. Mandibular changes during functional appliance treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993; 104(2): 153-61.
44. Tulloch JF, Phillips C, Koch G, Proffit WR. The effect of early intervention on skeletal pattern in Class II malocclusion: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997; 111(4): 391-400.
44. O'Brien K, Wright J, Conboy F, Sanjie Y, Mandall N, Chadwick S, et al. Effectiveness of early orthodontic treatment with the Twin-block appliance: a multicenter, randomized, controlled trial. Part 1: Dental and skeletal effects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 124(3): 234-43.
45. McNamara JA Jr, Brudon WL. Orthodontics and dentofacial orthopedics. *Ann Arbor: Needham Press*; 2001. p. 67-80
46. Schreuder WH, Jansma J, Bierman MW, Vissink A. Distraction osteogenesis versus bilateral sagittal split osteotomy for advancement of the retrognathic mandible: a review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2007; 36(2): 103-10.
47. Altug-Atac AT, Grayson BH, McCarthy JG. Comparison of skeletal and soft-tissue changes following unilateral mandibular distraction osteogenesis. *Plast Reconstr Surg* 2008; 121(5): 1751-9.
48. Agarwal A, Rana V, Shafi S. A feeding appliance for a newborn baby with cleft lip and palate. *Natl J Maxillofac Surg* 2010; 1(1): 91-3.
49. Masarei AG, Wade A, Mars M, Sommerlad BC, Sell D. A randomized control trial investigating the effect of presurgical orthopedics on feeding in infants with cleft lip and/or palate. *Cleft Palate Craniofac J* 2007; 44(2): 182-93.
50. Rai AK, Patil A, Ganeshkar SV. A two stage non extraction treatment of class II division 1 malocclusion using split-activator and fixed appliance – A case report. *Saudi Dent J* 2016; 7(1): 73-9.
51. Sharma NS. Management of a growing skeletal class II patient: a case report. *Int J Clin Pediatr Dent* 2013; 6(1): 48-54.

การเปรียบเทียบคุณลักษณะของการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2

สิริธิดา พงษ์สุพจน์* สุภาณี สุนทรโลหะนะกุล**

บทคัดย่อ

ผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 เป็นหนึ่งในกลุ่มผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันมากที่สุดกลุ่มหนึ่ง การวินิจฉัยการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 นิยมประเมินจากการสบฟันของฟันกรามแท้ซี่ที่ 1 ตามการแบ่งประเภทการสบฟันแบบ Angle เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกต่อการตรวจทางคลินิก วิธีนี้จะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างปุ่มฟันใกล้กลางด้านแก้มของฟันกรามแท้บนซี่ที่ 1 กับร่องด้านแก้มของฟันกรามแท้ล่างซี่ที่ 1 นอกจากนี้การวินิจฉัยการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ยังพิจารณาร่วมกับลักษณะการเอียงตัวของฟันตัดแท้บน และปริมาณระยะเหลื่อมแนวราบระหว่างฟันตัดแท้บนและล่างด้วย การสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 สามารถแบ่งออกเป็น 2 ดิวิชัน ได้แก่ การสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 1 ซึ่งมีลักษณะฟันตัดบนยื่น มีระยะเหลื่อมในแนวราบมาก และการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 2 ที่มีลักษณะฟันตัดบนซีกกลางเอียงไปด้านเพดาน และมีระยะเหลื่อมในแนวราบน้อย อย่างไรก็ตาม หลากหลายการศึกษาเกี่ยวกับการรักษาผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 พบว่าการวินิจฉัยความผิดปกติ จากการสบฟันบริเวณฟันกราม กับระยะเหลื่อมในแนวราบระหว่างฟันตัดบนและฟันตัดล่าง อาจให้ข้อมูลไม่เพียงพอต่อการวางแผนการรักษาผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 อย่างเหมาะสม เนื่องจากมีความแตกต่างเฉพาะบุคคลที่หลากหลาย และพบว่ามีคุณลักษณะเฉพาะอื่น ๆ ในกลุ่มผู้ป่วยดังกล่าวร่วมด้วย

บทความนี้ ขอนำเสนอการศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะเฉพาะของการสบฟันผิดปกติของการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบด้านโครงสร้างกระดูก ประกอบด้วย ความสัมพันธ์ในแนวหน้าหลัง และแนวตั้งของลักษณะกระดูกฐานกะโหลกศีรษะ ความสัมพันธ์ระหว่างขากรรไกรบนและล่าง องค์ประกอบด้านฟันและกระดูกเบ้าฟัน ประกอบด้วย ลักษณะการเรียงตัวของฟันตัด ลักษณะการสบฟันตำแหน่งฟันเขี้ยว ฟันกรามน้อย ฟันกราม อัตราส่วนของขนาดฟันบนกับฟันล่าง ตลอดจนลักษณะรูปร่างส่วนโค้งแนวฟัน องค์ประกอบสุดท้าย ได้แก่ องค์ประกอบด้านลักษณะทางคลินิกและการทำหน้าที่ของเนื้อเยื่ออ่อนที่เกี่ยวข้องกับการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 เพื่อเป็นแนวทางประกอบการวินิจฉัยการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 นำไปสู่การวางแผนการรักษาที่เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละรายต่อไป

คำสำคัญ: การสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 1, การสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 2, การเปรียบเทียบ

* ทันตแพทย์ โรงพยาบาลแม่สอด อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

** รองศาสตราจารย์ ระดับ 9 ภาควิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

* Dentist, Institute Maesot Hospital, Maesot District, Tak province

** Associate Professor, Department of Preventive Dentistry Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Hat Yai District, Songkhla Province

Comparison of Class II Malocclusion Characteristics

Siritida Pongsupot* Supanee Suntornlohanakul**

Abstract

Patients with class II malocclusion were one of the most common patients seeking for orthodontic treatment. Diagnosis of class II malocclusion normally based on upper and lower molar's relationship according to Angle's Classification. This method appeared to be simple and convenient for clinical evaluation focusing only on the relationship between mesio-buccal cusp of upper first molar and buccal groove of lower first molar. Upper incisors inclination and overjet were also used for diagnosis. Angle's class II can be divided into 2 divisions which are class II division 1 demonstrating upper incisors proclination with increased overjet and class II division 2 demonstrating upper incisors retroclination with decreased overjet. According to several studies, Angle's classification had some limitations influencing inadequate data for treatment planning. Not only normal variation between individuals, but also some pathognomonic characteristics of class II malocclusion that had been neglected.

The objective of this article is to present and compare characteristics of class II malocclusion in all 3 components; skeletal, dentoalveolar and soft tissues ; being a guideline for further individualized treatment planning.

Key words: Class II division 1 malocclusion, Class II division 2 malocclusion, Comparison

บทนำ

การสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 1 และการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 2 ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มการสบฟันผิดปกติเดียวกัน อ้างอิงตามเกณฑ์การสบฟันผิดปกติของ Angle^{1,2} ที่แบ่งตามการสบฟันของฟันกรามแท้ซี่ที่ 1 บนและล่างเท่านั้น อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 1 และดิวิชัน 2 ในด้านองค์ประกอบโครงสร้างกระดูก, องค์ประกอบด้านฟันและกระดูกขากรรไกร ตลอดจนองค์ประกอบด้านลักษณะทางคลินิกและการทำหน้าที่ของเนื้อเยื่ออ่อนที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีความแตกต่างกันในหลายประเด็น

บทความนี้ จึงมีจุดประสงค์เพื่อนำเสนอการศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะสำคัญที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 1 และการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 2 เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำไปพิจารณาใช้วินิจฉัย และวางแผน

การรักษาผู้ป่วยให้มีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป โดยแบ่งเป็นองค์ประกอบ 3 ด้าน ดังต่อไปนี้

องค์ประกอบโครงสร้างกระดูก (Skeletal component)

การศึกษาเกี่ยวกับลักษณะโครงสร้างกระดูกในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 มีบทสรุปที่ไม่สอดคล้องกันในหลายประเด็น เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการ เช่น ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง การกำหนดจุด ระนาบอ้างอิงและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายวัดศีรษะด้านข้าง ตลอดจนกลุ่มควบคุมที่ใช้ศึกษาเปรียบเทียบ โดยผลการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบด้านโครงสร้างกระดูกของผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 (Skeletal component of Class II malocclusion) สามารถแบ่งออกเป็น 2 แนว ได้แก่

1. ความสัมพันธ์ในแนวหน้าหลัง (Antero-posterior skeletal relationship)

• ลักษณะกระดูกฐานกะโหลกศีรษะ (Cranial base feature)

จากการศึกษาเกี่ยวกับกระดูกฐานกะโหลกศีรษะ พบว่า ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 1 จะมีมุมกระดูกฐานกะโหลกศีรษะมากกว่าปกติ¹⁻⁴ ร่วมกับมีความยาวกระดูกฐานกะโหลกศีรษะด้านหน้าและหลังสั้นกว่า³ หรือเท่ากับปกติ^{4,5} อาจส่งผลให้ขากรรไกรล่างมีความสัมพันธ์กับฐานกะโหลกศีรษะอยู่หลังกว่าปกติ^{3,4} มีลักษณะไบหน้าด้านข้างที่โค้ง มากกว่ากลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 2 ที่พบว่า มีมุมกระดูกฐานกะโหลกศีรษะน้อยกว่า หรือเท่ากับปกติ ร่วมกับมีแนวโน้มที่ความยาวของกระดูกฐานกะโหลกศีรษะยาวกว่าปกติ²

• ลักษณะขากรรไกรบน (Maxillary feature)

การศึกษาเกี่ยวกับลักษณะและความสัมพันธ์ของขากรรไกรบนเทียบกับฐานกะโหลกศีรษะส่วนมาก จะพิจารณาจากค่า SNA พบว่า ตำแหน่งของขากรรไกรบนในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ทั้ง 2 ดิวิชัน สามารถพบได้ทั้งลักษณะ ขากรรไกรบนปกติ ไม่แตกต่างกับกลุ่มผู้ป่วยสบฟันแบบที่ 1^{3,5-7} และลักษณะขากรรไกรบนที่ยื่นกว่าปกติ⁸ ทั้งนี้หลายการศึกษาได้ให้ข้อสังเกตเกี่ยวกับค่าที่แตกต่างกันว่า อาจเกิดจากการใช้ระนาบอ้างอิงที่ต่างกัน⁷ เช่น ระนาบเอสเอ็น (SN plane) กับระนาบแนวนอนแฟรงค์เฟิร์ต (Frankfort plane) เป็นต้น

• ลักษณะขากรรไกรล่าง (Mandibular feature)

ตำแหน่งของขากรรไกรล่างเมื่อเทียบกับฐานกะโหลกศีรษะในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 1 มักอยู่หลังกว่าปกติ^{1,3,6,7} ร่วมกับมีความยาวขากรรไกรล่าง (body of mandible) สั้น^{1,3,5,9} หรืออาจพบว่าขากรรไกรล่างมีความยาวปกติ แต่มีตำแหน่งขากรรไกรล่างอยู่หลังกว่าปกติก็ได้⁴ อย่างไรก็ตาม ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 2 มักมีความยาวขากรรไกรล่างปกติ แต่มีตำแหน่งขากรรไกรล่างอยู่หลังกว่าปกติ เมื่อเทียบกับผู้ป่วยที่มีการสบฟันแบบที่ 1 แต่อยู่หน้ากว่ากลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 1 ร่วมกับมีลักษณะคางที่ยื่นเด่น¹ เป็นต้น

• ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างขากรรไกรบนและขากรรไกรล่าง (Maxillomandibular relationship)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขากรรไกรบนและล่างในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 พบว่า ค่าวิทส์ (Wits appraisal) และค่ามุมเอเอ็นบี (ANB) ในกลุ่มผู้ป่วยที่มี

การสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 1 มีค่ามากกว่ากลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันแบบที่ 1⁹ โดยมีพื้นฐานแนวคิด 3 ประการ ได้แก่ แนวคิดแรก เชื่อว่าความสัมพันธ์ระหว่างขากรรไกรล่างและขากรรไกรบนที่ผิดปกติ มีสาเหตุมาจากขนาดของขากรรไกรล่างที่เล็กกว่าปกติเท่านั้น⁵ ไม่ได้เกิดจากความผิดปกติของตำแหน่งขากรรไกร แนวคิดที่สอง เชื่อว่าความผิดปกติของความสัมพันธ์ดังกล่าว เกิดจากตำแหน่งของขากรรไกรล่างที่อยู่ถอยหลังกับขากรรไกรบนที่อยู่ตำแหน่งปกติ^{1,3,8} หรือตำแหน่งขากรรไกรล่างปกติกับขากรรไกรบนที่อยู่หน้ากว่าปกติ⁷ หรือเกิดจากตำแหน่งขากรรไกรล่างที่อยู่ถอยหลังกับขากรรไกรบนที่อยู่หน้ากว่าปกติร่วมกัน^{1,10} ในขณะที่แนวคิดที่สาม มีความเห็นว่าความสัมพันธ์ที่ผิดปกติของขากรรไกรบนและขากรรไกรล่าง เกิดจากการมีมุมระนาบขากรรไกรล่างในแนวตั้งมากกว่าปกติ ทำให้ขากรรไกรล่างที่มีขนาดปกติ มีตำแหน่งอยู่ถอยหลังเมื่อเทียบกับฐานกะโหลกศีรษะ³ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของขากรรไกรบนกับตำแหน่งคาง พบว่ากลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 2 มีความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่แตกต่างกับกลุ่มที่มีการสบฟันแบบที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ⁵

2. ความสัมพันธ์ในแนวตั้ง (Vertical skeletal relationship)

• ระนาบขากรรไกรล่าง (Mandibular plane)

ระนาบขากรรไกรล่างเมื่อเทียบกับฐานกะโหลกศีรษะในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 1 ส่วนมากมีค่ามากกว่ากลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันแบบที่ 1 มีแนวโน้มรูปแบบการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างในแนวตั้งสูง^{1,3} (hyperdivergent pattern tendency) ตรงข้ามกับกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 2 ที่พบทิศทางการเจริญของขากรรไกรล่างในแนวราบมากกว่าแนวตั้ง (horizontal growth vector of hypodivergent pattern)^{2,6}

• มุมขากรรไกรล่าง (Gonial angle)

หลายการศึกษาพบว่า มุมขากรรไกรล่างในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 2 มีค่าน้อยกว่าปกติ และมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น² จัดเป็นลักษณะเด่นประการหนึ่งในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 2 เมื่อเทียบกับกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวิชัน 1 และกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันแบบที่ 1

ความสูงใบหน้าส่วนล่างด้านหลังกับความสูงใบหน้าส่วนล่างด้านหน้า (Posterior lower facial height and anterior lower facial height)

ความสูงไบหน้าส่วนหลังในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 มีค่าน้อยกว่าปกติ ร่วมกับความสูงรามัส (Ramus height) ที่น้อยกว่าปกติ³ อาจพบลักษณะของความสูงไบหน้าส่วนหน้าที่เพิ่มขึ้นหรือไม่เพิ่มขึ้นได้ ในขณะที่กลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 2 พบอัตราส่วนความสูงไบหน้าส่วนล่างด้านหลังกับความสูงไบหน้าส่วนล่างด้านหน้าที่มีมากกว่าปกติ มีแนวโน้มที่ความสูงไบหน้าส่วนล่างด้านหลังเพิ่มขึ้น¹ ร่วมกับความสูงไบหน้าส่วนล่างด้านหน้าลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น

องค์ประกอบด้านฟันและกระดูกขาฟัน (Dental and dentoalveolar component)

ด้านฟัน (Dental component)

1. ความสัมพันธ์ของฟันในแนวหน้าหลัง (Anteroposterior dental relationship)

• ลักษณะการเอียงตัวของฟันตัดหน้า (Incisor inclination)

การเอียงตัวของฟันตัดบน เมื่อเทียบกับฐานกะโหลกศีรษะ (U1-SN) หรือเทียบกับตำแหน่งขากรรไกรบน (U1-NA) ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 พบลักษณะการเอียงตัวที่ยื่นมากกว่าปกติ (proclination)^{2,10} แต่ก็สามารถพบลักษณะการเอียงตัวของฟันตัดบนที่ตั้งตรง เป็นปกติได้³ ในขณะที่การเอียงตัวของฟันตัดบนในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 2 พบลักษณะฟันตั้งตรงหรือเอียงเข้าด้านเพดาน⁶ (retroclination) เป็นส่วนใหญ่ ร่วมกับมีแนวโน้มที่มุมแกนฟันตัดบนเทียบกับฐานกะโหลกศีรษะลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น²

การเอียงตัวของฟันตัดล่าง พบว่ามีลักษณะการเอียงตัวที่ยื่นมากกว่าปกติ^{1,3,10} เมื่อเทียบกับระนาบขากรรไกรล่าง (L1-MP) หรือเทียบกับตำแหน่งขากรรไกรล่าง (L1-NB) ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 ถึง 50%^{7,11} เพื่อชดเชยความผิดปกติของความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งขากรรไกรบนและขากรรไกรล่างที่มากกว่าปกติ สำหรับกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 2 พบว่าการเอียงตัวของฟันตัดล่างตั้งตรงหรือ ล้มเอียงเข้าด้านลิ้นมากกว่าปกติ ประมาณ 6-9%¹¹ และมีแนวโน้มที่มุมแกนฟันตัดล่างเทียบกับฐานกะโหลกศีรษะลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น²

จากลักษณะการเอียงตัวของฟันตัดบนและฟันตัดล่างข้างต้น ทำให้ลักษณะของมุมระหว่างฟันตัดบนและฟันตัดล่างในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 มีค่าน้อยกว่าปกติ¹⁰ (acute interincisal angle) กลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟัน

ผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 2 มีค่ามุมระหว่างฟันตัดบนและฟันตัดล่างมากกว่าปกติ^{1,10} (obtused interincisal angle) ด้วยลักษณะเฉพาะนี้เอง หลายการศึกษาจึงพิจารณาให้ มุมระหว่างฟันตัดบนและฟันตัดล่าง เป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้พิจารณาวินิจฉัยแยกการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ทั้ง 2 ดิวชัน

• ลักษณะการสบฟันของฟันตัดในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 (Incisal's classification)

ลักษณะการสบฟันตัดผิดปกติแบบที่ 2 (Class II incisor relationship) อ้างอิงและดัดแปลงจากเกณฑ์มาตรฐานของ The British Standard Institute (BSI) ปี ค.ศ.1983¹² หมายถึง ลักษณะการสบฟันตัดที่ปลายของฟันตัดล่างสบอยู่ด้านหลังของซิงกูลัม (cingulum) ของฟันตัดบน สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย ได้เป็น

การสบฟันตัดผิดปกติแบบที่ 2 ประเภทที่ 1 แสดงลักษณะฟันตัดบนเอียงตัวยื่นออกด้านริมฝีปาก ร่วมกับมีระยะเหลื่อมแนวราบ มากกว่า 4 มิลลิเมตร

การสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ประเภทที่ 2 เอ (Class II/2a) แสดงลักษณะฟันตัดบนซึ่งกลางเอียงตัวเข้าด้านเพดาน ฟันตัดบนซึ่งข้างเอียงตัวยื่นออกด้านริมฝีปาก หรือทั้งฟันตัดบนซึ่งกลางและซึ่งข้างเอียงตัวเข้าด้านเพดาน ร่วมกับมีระยะเหลื่อมแนวราบปกติ หรือ น้อยกว่าปกติที่ 2 มิลลิเมตร

การสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ประเภทที่ 2 บี (Class II/2b) แสดงลักษณะฟันตัดบนและล่างเหมือนกับ การสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ประเภทที่ 2 เอ แต่มีระยะเหลื่อมแนวราบมากกว่าปกติ

• ลักษณะการสบฟันเขี้ยวผิดปกติแบบที่ 2 (Canine's classification)¹²

หมายถึง ลักษณะการสบฟันเขี้ยวที่มีความชันด้านไกลกลาง (distal slope) ของฟันเขี้ยวบนสกับความชันด้านใกล้กลาง (mesial slope) ของฟันเขี้ยวล่าง หรือลักษณะที่ยอดปุ่มฟันเขี้ยวด้านบน (cusp tip) สบหน้าต่อผิวฟันด้านไกลกลางสุดของฟันเขี้ยวล่าง (most distal surface)

• ลักษณะการสบฟันกรามผิดปกติแบบที่ 2 (Molar's classification)¹²

หมายถึง ลักษณะที่ร่องฟันด้านแก้มใกล้กลางของ ฟันกรามแท้ล่างซี่ที่ 1 (Mesio-buccal groove of mandibular first permanent molar) สบอยู่หลังต่อปุ่มฟันด้านแก้มใกล้กลางของฟันกรามแท้บนซี่ที่ 1 (Mesio-buccal cusp of maxillary first permanent molar)

การสบฟันชนิดปกติแบบที่ 2 แบบครึ่งหน่วย (Class II ½ unit) แสดงลักษณะปุ่มฟันกรามแท้บนซี่ที่ 1 สบกับปุ่มฟันกรามแท้ล่างซี่ที่ 1 แบบปุ่มฟันชนปุ่มฟัน (edge-to-edge)

การสบฟันชนิดปกติแบบที่ 2 แบบเต็มหน่วย (Class II full unit) แสดงลักษณะปุ่มฟันกรามแท้บนซี่ที่ 1 สบหน้าต่อปุ่มฟันกรามแท้ล่างซี่ที่ 1

- **ปริมาณระยะเหลื่อมแนวราบของฟันตัดบนและฟันตัดล่าง (Overjet)**

ปริมาณระยะเหลื่อมแนวราบของฟันตัดที่มากกว่าปกติในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 ไม่ได้มีสาเหตุมาจาก โครงสร้างกระดูกที่ผิดปกติ และไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดทางเดินหายใจ¹³ แต่เป็นผลมาจากอิทธิพลของเนื้อเยื่ออ่อนร่วมกับตำแหน่งของฟันแต่ละซี่ และไม่สามารถใช้ระยะเหลื่อมแนวราบของฟันตัดมาพิจารณาความรุนแรงของการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ที่มีสาเหตุมาจากโครงสร้างกระดูกได้ ปัจจัยที่เหมาะสมในการพิจารณาความรุนแรงของการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ได้แก่ มุมขากรรไกรล่าง ทิศทางการเจริญเติบโตในแนวตั้ง และตำแหน่งของขากรรไกรเทียบกับฐานกะโหลกศีรษะ¹³

2. ความสัมพันธ์ของฟันในแนวตั้ง (Vertical dental relationship)

- **ลักษณะระยะเหลื่อมในแนวตั้งในฟันหน้า ของการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 (Overbite)**

จากการศึกษาในระยะยาวเพื่อประเมินลักษณะการสบฟันในแนวตั้งตั้งแต่ช่วงชุดฟันผสม¹⁴ ถึงชุดฟันแท้ ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ทั้ง 2 ดิวชัน พบว่า ลักษณะการสบฟันสามารถเริ่มพบได้ตั้งแต่ช่วงชุดฟันผสมและจะน้อยลงจนอาจเป็นระยะเหลื่อมในแนวตั้งปกติเมื่ออายุมากขึ้น โดยมีปัจจัยที่สำคัญคือ ปริมาณการเอียงตัวของฟันตัดบน^{14,15} ยิ่งฟันตัดบนมีการเอียงตัวออกด้านริมฝีปากมาก อัตราการแก้ไขลักษณะการสบฟันตามธรรมชาติยิ่งสูง จึงเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้กลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 2 มีอัตราการแก้ไขลักษณะการสบฟันตามธรรมชาติเพียง 25%¹⁵ ในขณะที่กลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 มีอัตราสูงถึง 62%¹⁵ เมื่อเริ่มเข้าสู่วัยผู้ใหญ่

ปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลให้เกิดการแก้ไขตามธรรมชาติของภาวะสบฟัน ได้แก่ การเจริญในแนวตั้งของรามัสในขากรรไกรล่าง^{2,16} การขึ้นของฟันแท้ล่างร่วมกับการมีความสูงของกระดูกเบ้าฟันหลังที่เพิ่มขึ้น¹⁶ นอกจากนี้ ยังอาจเกิดจากการที่ฟันกรามแท้บนซี่ที่ 1 ในช่วงแรกของการขึ้นจะเอียงตัวไปด้านไกลกลาง มีการเอียงตัวมาด้านใกล้กลางมากขึ้น จนกระทั่ง

ตั้งตรงในที่สุด

3. ขนาดของฟัน กับการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 (Tooth size)

การศึกษาของลักษณะเฉพาะเกี่ยวกับขนาดฟันกับการสบฟันผิดปกติ¹⁴ พบว่า ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 2 เพศชายมีขนาดฟันใหญ่กว่าเพศหญิง และพบว่าขนาดฟันตัดบนและล่างในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง ของกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 2 มีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 และกลุ่มสบฟันผิดปกติแบบที่ 1 แต่จากการศึกษาอัตราส่วนของขนาดฟันบนและฟันล่างตามการวิเคราะห์ของโบลตัน¹⁷ ในกลุ่มตัวอย่างอายุ 13-20 ปี พบว่า เพศไม่มีผลต่อขนาดฟัน และพบว่า อัตราส่วนของขนาดฟันในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ไม่แตกต่างจากกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันปกติ

ด้านกระดูกเบ้าฟัน (Dentoalveolar component)

การศึกษาระยะยาว¹⁸เกี่ยวกับลักษณะกระดูกเบ้าฟันในเด็กอายุ 6-12 ปี ที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 และไม่ได้รับการจัดฟัน พบลักษณะกระดูกเบ้าฟันบนที่สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

การสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 2 ลักษณะเฉพาะคือ ฟันตัดบนซี่กลาง 2 ซี่ เอียงตัวเข้าด้านลิ้น, ฟันตัดบนซี่ข้างเอียงตัวออกด้านริมฝีปาก, ส่วนโค้งแนวฟันกว้าง และมีภาวะสบลึก

การสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ที่ก้ำกึ่งระหว่างดิวชัน 2 และดิวชัน 1 ลักษณะเฉพาะ คือ มีฟันตัดบนตั้งตรง เรียงตัวปกติ, ส่วนโค้งแนวฟันเป็นรูปกลมรี

การสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 สามารถถูกแบ่งตามลักษณะส่วนโค้งแนวฟันได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรก มีลักษณะเฉพาะ คือ มีส่วนโค้งแนวฟันบนรูปตัววี ฟันหน้าบนซ้อนเกรุนแรง ร่วมกับมีระยะเหลื่อมแนวราบมาก ในขณะที่กลุ่มที่ 2 มีลักษณะเฉพาะ คือ มีส่วนโค้งแนวฟันบนเป็นรูปพาลาโบลอยด์ (Palaboloid), ฟันหน้าบนบานออก, มีช่องว่างระหว่างฟัน และมีระยะเหลื่อมในแนวราบมาก

อย่างไรก็ตาม การศึกษาในแบบจำลองฟัน เปรียบเทียบลักษณะกระดูกเบ้าฟัน ระหว่างกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 และผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 2 ในชุดฟันแท้ พบเพียงค่าความกว้างระหว่างฟันเขี้ยวในขากรรไกรล่างของกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 2 น้อยกว่า กลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 เท่านั้น

องค์ประกอบด้านลักษณะทางคลินิกและการทำหน้าที่ของเนื้อเยื่ออ่อนที่เกี่ยวข้องกับการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 (Clinical and functional characteristic of soft tissue)

1. ลักษณะทางคลินิกของเนื้อเยื่ออ่อน (Clinical characteristic of soft tissue)

• ลักษณะใบหน้าด้านข้าง (Facial profile)

ผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 2 มักมีลักษณะใบหน้าด้านข้างแบบตรงหรือโค้งงอ เนื่องจากมีการเจริญของขากรรไกรล่างเป็นปกติ ร่วมกับมีลักษณะของคางที่เด่นชัด⁶ ในขณะที่ลักษณะใบหน้าด้านข้างของผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 จะมีลักษณะโค้งงอ เนื่องจากมีตำแหน่งและการเอียงตัวของฟันหน้าบนยื่นกว่าปกติ ส่งผลให้ริมฝีปากบนยื่น จากการศึกษายเปรียบเทียบลักษณะเนื้อเยื่ออ่อนจากภาพรังสีวัดศีรษะด้านข้างในกลุ่มประชากรผิวขาวที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 1 และแบบที่ 2 ทั้ง 2 ดิวชัน พบว่า¹ ค่ามุมความโค้งงอของใบหน้าด้านข้างในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 2 มีค่าน้อยกว่ากลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 1

• ลักษณะมุมระหว่างคางกับริมฝีปากล่าง (Mento-labial fold)

ลักษณะฟันตัดบนที่ยื่นของกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1¹⁹ เมื่อสบกับริมฝีปากล่าง ทำให้ค่ามุมระหว่างคางกับริมฝีปากล่างน้อยกว่ากลุ่มที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 2 อย่างมีนัยสำคัญ

• ลักษณะริมฝีปาก (Lip position)

กลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 2 มีตำแหน่งริมฝีปากล่างสูงกว่าปกติ (High lower lip line) 2-4 มิลลิเมตร²⁰ สัมพันธ์กับลักษณะฟันตัดบนที่เอียงตัวเข้าด้านเพดานมากกว่าปกติ ในขณะที่กลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 มีตำแหน่งของริมฝีปากล่างปกติแต่ มักถูกจำกัดอยู่ระหว่างฟันหน้าบนที่ยื่นกับฟันหน้าล่าง (Lower lip trapping) ส่งเสริมให้มีระยะเหลืออมในแนวราบมากขึ้น²⁰

2. ลักษณะการทำหน้าที่ของเนื้อเยื่ออ่อน (Functional characteristic of soft tissue)

การทำงานของเนื้อเยื่ออ่อนรอบช่องปากที่ผิดปกติ มีความสัมพันธ์กับลักษณะการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ทั้ง 2 ดิวชัน โดยในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันแบบที่ 2 ดิวชัน 1 พบการทำงานของกล้ามเนื้อเมนทอลิส (Mentalis muscle) มากกว่าปกติ²¹

ซึ่งอาจเป็นผลจากการที่ริมฝีปากล่างถูกจำกัดอยู่ใต้ต่อฟันหน้าบนที่ยื่น ร่วมกับการทำงานของกล้ามเนื้อบัคซิเนเตอร์ (Buccinator muscle) ที่มากกว่าปกติ ส่งผลให้มีลักษณะเข้าฟันในขากรรไกรบนแคบ ฟันหน้าบนห่างและยื่น นอกจากนี้ลักษณะนิสัยการดูดนิ้วมือ และนิสัยลิ้นดันฟัน ก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้การสบฟันและลักษณะเข้าฟันผิดปกติในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 สำหรับกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 2 พบว่ากล้ามเนื้ออออบูลิซ ออริส (Orbicularis oris) และกล้ามเนื้อเมนทอลิสทำงานมากกว่าปกติ แรงกระทำนี้ส่งผลให้ฟันหน้าบนเอียงตัวเข้าด้านเพดาน ทั้งนี้เมื่อพิจารณา ร่วมกับการมีความสูงใบหน้าส่วนล่างน้อย ยิ่งส่งเสริมให้พบลักษณะคางนูนเด่นมากขึ้น²¹

บทวิจารณ์

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาเกี่ยวกับองค์ประกอบด้านโครงสร้างกระดูก กระดูกเข้าฟัน ฟัน และเนื้อเยื่ออ่อน พบว่าคุณลักษณะของความผิดปกติในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 และดิวชัน 2 มีความแตกต่างกันในหลายประเด็น ทั้งนี้อาจเกิดจากการศึกษาดังกล่าว มีจุดประสงค์ของการศึกษา และลักษณะกลุ่มตัวอย่างที่ต่างกัน นอกจากนี้จำนวนตัวอย่าง ค่ามาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบ ตลอดจนลักษณะของกลุ่มควบคุม ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผลการศึกษามีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม คุณลักษณะร่วมบางประการที่สรุปในบทความเบื้องต้น ก็ยังสามารถใช้เป็นพื้นฐานประกอบการวินิจฉัย และวางแผนการรักษาผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ได้โดยเมื่อพิจารณาวิเคราะห์ในแต่ละองค์ประกอบของการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ทั้ง 2 ดิวชัน จะพบว่า คุณลักษณะดังกล่าว สามารถนำไปประยุกต์เพื่อกำหนดแนวทางการรักษาที่แตกต่างกัน ดังนี้

กลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1

ลักษณะโครงสร้างกระดูกที่พบในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 มักแสดงตำแหน่งของขากรรไกรบนปกติ หรือ ยื่นกว่าปกติ ร่วมกับการมีขากรรไกรล่างถอยหลังมากกว่าปกติ หากเป็นการรักษาในผู้ป่วยที่หมดการเจริญเติบโต อาจพิจารณารักษาได้เป็น 2 แนวทาง คือ ถ้าความผิดปกติของโครงสร้างกระดูกไม่มากนัก มักรักษาโดยการจัดฟันเพื่อขจัดความผิดปกติของโครงสร้างกระดูกเพียงอย่างเดียว ในขณะที่เดียวกัน หากปริมาณความผิดปกติของโครงสร้างกระดูกมีมาก มักพิจารณารักษาโดยการจัดฟันร่วมกับการผ่าตัด โดยการจัดตำแหน่งขากรรไกรล่างมาด้านหน้า และอาจร่วมกับการ

จัดตำแหน่งขากรรไกรบนไปด้านหลัง อย่างไรก็ตาม หากตรวจพบความผิดปกติของโครงสร้างกระดูกในช่วงที่ผู้ป่วยยังไม่หมดการเจริญเติบโต จะพิจารณาแก้ไขลักษณะฟันและกระดูกเข้าฟันบนที่ผิดปกติ โดยการขยายขากรรไกรบนที่มีลักษณะแคบให้กว้างขึ้น สร้างพื้นที่ในการเจริญเติบโตให้ขากรรไกรล่างส่วนหน้า ร่วมกับการใช้เครื่องมือกระตุ้นการเจริญเติบโตในขากรรไกรล่าง เพื่อลดปริมาณความผิดปกติในแนวหน้า-หลังของโครงสร้างกระดูกขากรรไกร ในส่วนของความสัมพันธ์และการทำงานของเนื้อเยื่ออ่อนที่ผิดปกติ ถูกจัดเป็นหนึ่งในสาเหตุของการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 ที่มีผลต่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการรักษา ในทุกช่วงอายุ ดังนั้น กลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 1 ทันตแพทย์ควรให้ความสำคัญกับการกำจัดลักษณะการทำงานของเนื้อเยื่ออ่อนที่ผิดปกติต่าง ๆ เช่น ลักษณะริมฝีปากล่างที่วางตัวอยู่ระหว่างฟันหน้าบนที่ยื่นกับฟันหน้าล่าง นิสัยการดูดนิ้ว ลิ้นดันฟัน และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างฟันหน้ากับริมฝีปากให้ถูกต้อง เพื่อให้การรักษาเกิดเสถียรภาพสูงสุด

กลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 ดิวชัน 2

ลักษณะโครงสร้างกระดูกมีความใกล้เคียงกับกลุ่มผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 1 มักพบความผิดปกติระหว่างขากรรไกรบนและล่างในแนวหน้า-หลังน้อย แต่มักพบความผิดปกติในแนวตั้งในลักษณะที่มีใบหน้าส่วนล่างสั้นกว่าปกติ ทั้งนี้จากการทบทวนวรรณกรรมจะพบว่า สาเหตุจากพันธุกรรม และการทำงานของเนื้อเยื่ออ่อน มีบทบาทสำคัญที่ทำให้เกิดความผิดปกติของการสบฟันดังกล่าว การให้การรักษา จะมุ่งเน้นไปที่การแก้ไขการสบฟันในช่วงที่มีการเจริญเติบโต มากกว่าการแก้ไขโครงสร้างกระดูกที่ผิดปกติ โดยการปรับการเอียงตัวของฟันหน้าบนที่มักเอียงตัวเข้าด้านเพดานให้มีการเอียงตัวปกติ สร้างพื้นที่ในการเจริญเติบโตให้กับขากรรไกรล่างส่วนหน้า ร่วมกับการกระตุ้นการเจริญเติบโตของกระดูกเข้าฟันส่วนหลัง ส่งเสริมการงอกขึ้นของฟันหลัง เพื่อเพิ่มระยะในแนวตั้งของการสบฟัน นอกจากนี้การแก้ไขลักษณะฟันหน้าสบลึก ยังช่วยทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างฟันและริมฝีปากที่ดีขึ้น ลดแรงจากริมฝีปากล่างที่กระทำต่อฟันหน้าบน ช่วยเพิ่มเสถียรภาพระหว่าง และหลังการรักษาให้มากขึ้นอีกด้วย

บทสรุป

การแบ่งประเภทของการสบฟันตามแบบของ Angle ที่พิจารณาเพียงรูปแบบการสบฟันระหว่างฟันกรามแท้บน และล่าง อาจไม่เพียงพอต่อการพิจารณาวินิจฉัย และวางแผนการรักษา

ผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 เนื่องจากผู้ป่วยแต่ละรายมีความผิดปกติของการสบฟันหลายองค์ประกอบ ในระดับความรุนแรงที่แตกต่างกันไป ส่งผลให้การกำหนดแบบแผนเพื่อเป็นแนวทางในการรักษาจริงเป็นไปได้ยาก ดังนั้น การมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบของการสบฟันผิดปกติแบบที่ 2 โดยละเอียด จึงเป็นการเปิดมุมมองต่อการให้การรักษาผู้ป่วยให้กว้างขึ้น สามารถวางแผนการรักษาแบบองค์รวมได้อย่างครบถ้วน มีประสิทธิภาพ และเกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้ป่วยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Al-Khateeb EA, Al-Khateeb SN. Anteroposterior and vertical components of class II division 1 and division 2 malocclusion. *Angle Orthod* 2009;79:859-66.
2. Bratu DC, Balan RA, Szuhaneck CA, Pop SI, Bratu EA, Popa G. Craniofacial morphology in patients with Angle Class II division 2 malocclusion. *Rom J Morphol Embryol* 2014;55:909-13.
3. Sayin M, Türkkahraman H. Cephalometric evaluation of nongrowing females with skeletal and dental Class II, division 1 malocclusion. *Angle orthod* 2005;75:656-60.
4. Uribe LMM, Vela KC, Kummert C, Dawson DV, Southard TE. Phenotypic diversity in white adults with moderate to severe Class III malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144:32-42.
5. Craig CE. The skeletal patterns characteristic of Class I and Class II, Division I malocclusions in norma lateralis. *Angle orthod* 1951;21:44-56.
6. Brezniak N, Arad A, Heller M, Dinbar A, Dinte A, Wasserstein A. Pathognomonic cephalometric characteristics of Angle Class II Division 2 malocclusion. *Angle orthod* 2002;72:251-7.
7. Rosenblum RE. Class II malocclusion: mandibular retrusion or maxillary protrusion? *Angle orthod* 1995;65:49-62.
8. Bishara SE, Jakobsen JR. Changes in overbite and face height from 5 to 45 years of age in normal subjects. *Angle Orthod* 1998;68:209-16.
9. Baccetti T, Stahl F, McNamara JA. Dentofacial growth changes in subjects with untreated Class II malocclusion from late puberty through young adulthood. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:148-54
10. Dhakal J. Comparative Dentoskeletal Study of Class II Division 1 and Class II Division 2 Malocclusion Subjects. *Orthod J Nepal* 2013;1:36-41.

11. Pancherz H, Zieber K, Hoyer B. Cephalometric characteristics of Class II division 1 and Class II division 2 malocclusions: a comparative study in children. *Angle orthod* 1997;67: 111-20.
12. Hassan R, Rahimah A. Occlusion, malocclusion and method of measurements-an overview. *Arch Orofac Sci* 2007;2:3-9.
13. Bollhalder J, Hänggi MP, Schätzle M, Markic G, Roos M, Peltomäki TA. Dentofacial and upper airway characteristics of mild and severe class II division 1 subjects. *Eur J Orthod* 2012;35:447-53.
14. Peck S, Peck L, Kataja M. Class II Division 2 malocclusion: a heritable pattern of small teeth in well-developed jaws. *Angle Orthod* 1998;68:9-20.
15. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. Longitudinal growth changes in subjects with deepbite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140:202-9.
16. Martinelli FL, de Oliveira Ruellas AC, de Lima EM, Bolognese AM. Natural changes of the maxillary first molars in adolescents with skeletal Class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:775-81.
17. Prasanna AL, Venkatramana V, Aryasri AS, Katta AK, Santhanakrishnan K, Maheshwari U. Evaluation and comparison of intermaxillary tooth size discrepancy among class I, class II division 1, and class III subjects using bolton's analysis: an in vitro study. *J int oral health: JIOH* 2015;7:58.
18. Fröhlich FJ. Changes In Untreated Class II Type Malocclusions. *Angle Orthod* 1962;32:167-79.
19. Santos RLd, Ruellas ACdO. Dentofacial characteristics of patients with Angle Class I and Class II malocclusions. *Dental Press J Orthod* 2012;17:46. e41-46. e47.
20. Ghafari JG, Haddad RV. Cephalometric and dental analysis of Class II, Division 2 reveals various subtypes of the malocclusion and the primacy of dentoalveolar components. *Semin Orthod* : Elsevier; 2014: p. 272-86.
21. Bishara SE. Class II malocclusions: diagnostic and clinical considerations with and without treatment *Semin Orthod* : Elsevier; 2006: p. 11-24.

ภาพรวมของการจัดฟันโดยใช้อินวิสไลน์

ปริยากร ชัยมงคล* บัญชา สำรองเบญจกุล**

บทคัดย่อ

อินวิสไลน์เป็นการจัดฟันโดยใช้เครื่องมือจัดฟันแบบถอดได้แบบใส โดยเครื่องมือมีหลายชิ้น และต้องเปลี่ยนตามลำดับ ในปัจจุบันอินวิสไลน์ถูกนำมาใช้ในการรักษากันอย่างแพร่หลาย โดยเครื่องมือชนิดนี้ เป็นทางเลือกในการรักษาคนไข้ที่ต้องการความสวยงาม การพัฒนาของเทคโนโลยีในปัจจุบันส่งผลให้การผลิตเครื่องมือนี้ทำได้มากและมีความแม่นยำสูง ส่งผลให้การจัดฟันโดยใช้อินวิสไลน์ทำได้ง่ายและสะดวกสบายขึ้น แม้ว่าในอดีตอินวิสไลน์ถูกแนะนำให้ใช้รักษาในผู้ป่วยที่มีการเรียงตัวของฟันผิดปกติในระดับเล็กน้อยเนื่องจากเครื่องมือยังมีข้อจำกัด แต่ปัจจุบันเครื่องมือได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องและสามารถใช้ในการรักษาผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบยากมากขึ้น บทความปริทัศน์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอข้อบ่งชี้ ข้อดี ข้อเสีย การนำเครื่องมือไปใช้ในทางคลินิก รวมถึงการพัฒนาของเครื่องมือเพื่อนำมาใช้ในการรักษา

คำสำคัญ : อินวิสไลน์, เครื่องมือจัดฟันแบบถอดได้แบบใส, เครื่องมือจัดฟัน

An Overview of Invisalign®

Priyakorn Chaimongkol* Bancha Samruajbenjakun**

Abstract

Invisalign® is a sequential aligner therapy, which is widely available and popular nowadays. This technique represents a new orthodontic treatment option for patients who care of esthetics. With the advance of computer and technology, Invisalign® can be fabricated in a large number and has high accuracy. Thus, this appliance is practical for everyday treatment for orthodontists. Although this appliance was recommended to use with mildly malaligned occlusion because of the limitations of appliance, nowadays this appliance has been developed for the more complex malocclusion. This review is intended to present the overview of Invisalign®, such as indications, advantages, disadvantages, clinical application and also the development of the appliance.

Keywords: Invisalign, Clear aligner, Orthodontic appliance

-
- * นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 - ** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
 - * Ph.D. Candidate in Oral health Sciences, Orthodontic section, Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Hat Yai District, Songkhla
 - ** Assistant Professor, Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Hat Yai District, Songkhla

Introduction

Invisalign® is a modern technology developed from positioner appliances. Kesling¹ introduced the tooth positioning appliance for refining during orthodontic finishing stage in 1945. After basic treatment with fixed appliance was completed, a positioner, which was a flexible rubber appliance, was fabricated on wax set-up. Since this appliance could produce minor tooth movement, the advantages were reducing the space left after debanding, artistically setting and also retaining dental position. Moreover, Kesling predicted that it would be possible to obtain major tooth movement by using positioners that were fabricated on sequential models of progressed tooth movement. In 1971, Ponitz² invented invisible retainer fabricated from prepositioned teeth on dental model and found that it produced limited tooth movement. After that, Sheridan et al³ developed Essix appliance in 1993. This technique was accomplished with interproximal tooth reduction and sequential alignment with clear retainer. However, a disadvantage of this technique was time-consuming because new set of impression and model were required every visit for sequential tooth movement. Nowadays, prediction of Kesling came true because of computer technology. Align technology has been developed for orthodontic treatment practically.⁴ Nowadays, Invisalign® has become alternative treatment options for adult patients.⁵

Indications

Invisalign® appliance was indicated to treat patients with mild non-skeletal malocclusions.⁵ Joffe⁶ suggested that the most successful treatment was obtained when treating mildly malaligned malocclusions including

- Mild crowding and malaligning (1 to 5 mm)
- Mild spacing (1 to 5 mm)
- Deep overbite (when deepbite can be corrected by intrusion and proclination)

- Non-skeletal constricted arch (expansion with limited teeth tipping)

Moreover, Invisalign® was suggested to treat malocclusion which need to be corrected by slight tooth movement in antero-posterior and lateral direction, minor interproximal reduction, or by lower incisor extraction.

Contraindications

Joffe⁶ also instructed about the case that should not be treated with Invisalign® :

- Severe crowding over 5 mm
- Severe spacing over 5 mm
- Skeletal discrepancy over 2 mm
- Severe tooth rotation over 20 degrees
- Centric relation and centric occlusion discrepancy
- Anterior or posterior openbite that need to be closed by extrusion
- Teeth extrusion
- Severe teeth tipping over 45 degrees
- Teeth with short clinical crown
- Partial erupted permanent teeth
- Arched with multiple missing teeth

However, nowadays, many studies reported that complex malocclusion could be successfully treated with Invisalign®.⁷⁻⁹ Invisalign® could correct crowding with mandibular incisor or premolar extraction, deep overbite, ectopically positioned teeth and rotation. Moreover, it could distalize molars and extrude incisors, which has proven to be one of the most difficult movements to achieve by using clear aligner.⁷

Advantages

Invisalign® provides ideal esthetics for the patients who seek for orthodontic treatment with invisible appliance, however, good compliance and cooperation must be evaluated. Moreover, the appliances are comfortable to use because they are easy to insert and remove.^{6, 10} It is much less bulky

and obtrusive compared with conventional fixed and removable appliance.¹¹ Since teeth were moved around 0.2 mm, subjective evaluation of patients showed that less discomfort was found in patients treated with aligners compared with fixed appliances.¹² Speech has rarely become the problem, although it is usually affected for 24 hours to one week of treatment.^{6, 12} Removing aligner during eating and cleaning, patients can continue eating without restriction.¹³ It can also provide better oral hygiene because the appliance does not impede oral hygiene procedures. Thus, the risk of decalcification, gingivitis and periodontal problems could be reduced.^{4, 10, 13} Moreover, special care of aligner is not needed, brushing with toothbrush and toothpaste is sufficient and aligner have to be changed every two weeks period. For orthodontist, this technique can reduce chair time¹⁰ because only minor procedure is needed such as bonding attachment or interproximal reduction. Comparing with conventional appliance, less frequent visits is needed with 6 to 8 weeks instead of 4 to 6 week intervals.¹¹

Disadvantages

Although, Invisalign® can be used with many types of malocclusions, Invisalign® alone is not suggested for severe skeletal discrepancies treatment. Orthognathic surgery and fixed appliance could be used combined with Invisalign® to correct severe skeletal discrepancies.⁶ Moreover, previous article showed that Invisalign® was only about 59 percent effective. The accuracy of certain tooth movements, such as the upper incisor torque and the premolar derotation, were less than 50 percent effective. Kravitz described just a 41% mean accuracy of tooth movement.¹⁴ In addition, posterior openbite was reported after the use of aligner due to lacking of occlusal corrections that was not fully incorporated into the virtual treatment plan. Another reasons was related to unfinished corrections, which was a primary factor in developing anterior interference.¹⁵

Previous study reported that Invisalign® showed inferior outcome than fixed appliance. Using ABO-OGS score, Invisalign® did not treat malocclusions as well as conventional braces. Invisalign® was especially deficient in its ability to correct large antero-posterior discrepancies and occlusal contacts. The strengths of Invisalign® were its ability to close spaces and correct anterior rotations and marginal ridge heights. The Invisalign® group lost 13 OGS points more than the braces group on average, and the OGS passing rate for Invisalign® was 27% lower than that for braces.¹⁶ However, the overall improvement in OGS scores indicate that both Invisalign® and fixed appliances were successful in treating Class I adult extraction cases in this sample.¹⁷

Previous study compared post-retention dental change after treated with Invisalign® and traditional orthodontic treatment using fixed appliances. The result showed that the change in the total alignment score in the Invisalign® group was significantly larger than fixed appliances group and found significant changes in maxillary anterior alignment in Invisalign® group only.¹⁸

To obtain the greatest result, patients have to wear aligner around 20-22 hours a day. Good compliance of patients is needed when using Invisalign® for orthodontic treatment.⁵ This appliance is not suitable for patient who has teeth with severe undercut¹¹ and partial eruption of permanent teeth because short clinical crowns could not provide enough retention.¹² After set of aligners was made, orthodontist has no ability to modify the aligner. If treatment plan has to be changed, new impressions will be needed for new aligners and that can be costly. The lag time for plan formulation and new aligners fabrication could take 2 months and this can lengthen treatment time.⁶ During treatment procedure, anatomy of teeth cannot change thus restoration should be performed before treatment.¹² Consequently, well treatment plan is needed before appliances fabrication. Furthermore, these appliances

are transparent thus they are prone to be misplaced easily.^{5, 10}

Clinical application

Patient preparation and orthodontic records of Invisalign® appliances are similar to treatment with conventional fixed appliances. Pretreatment records comprise of panoramic and lateral cephalometric radiography, oral impression, bite registration and photos.⁵ Precision of impressions is important thus the impression materials should be polyvinyl silicone material or polyether material. Maximum intercuspation position should be recorded by using silicone bite. The innovation of Invisalign® is scanning and imaging the high precision casts made from high quality and accurate impressions. Then, 3-dimensional models will be duplicated from patient's teeth and will be used for treatment plan developed by orthodontist and translated by Invisalign® technology.⁶ Nowadays, direct intra-oral scan is used to eliminate error from impression step and to obtain greater accuracy.¹¹ All data must be sent to Align technology in California to create virtual models from malocclusion and correct with proprietary 3-dimensional CAD-CAM technology. After that, orthodontists can download virtual treatment models through a program called ClinCheck® and re-evaluate the treatment plan by tooth movement from initial until obtain final dental position. Orthodontists can request for plan modification, aligner design, selection of attachment and other items, such as precision cuts for using elastic and button cutouts for using bondable attachments to teeth surface, until obtaining precise and satisfying treatment plan.^{5, 6, 11} Computer images are converted to series of physical models and these models will be used for aligners fabrication using Biostar pressure molding machine (Great Lakes Orthodontic Products, Tonawanda, NY).¹⁹ After series of aligners are made, plan could not be changed. If the plan must be modified during the treatment process, auxiliary appliances

can be used combined with aligners or contact Align technology for modification and construction new set of aligners.^{5, 6}

Around 4-6 weeks, Invisalign® appliances are delivered to clinicians. In the first visit, orthodontist must check for fit and comfort after aligner insertion. The fit of aligner can indicate that the appliance is working effectively. Since the initial visit, patients should be informed about the attachment and auxiliary appliances thus they would not be disappointed when they were placed. Some orthodontists delay the bonding of attachments to allow patients getting used to aligner first. Inter-proximal reduction is performed depending on schedule recommended by Align Technology. Patient must be informed about wearing instruction.^{6, 11} Invisalign® can produce minor tooth movement by creating divots, which produce force for individual tooth movement, and windows, which prepare space for teeth to move into.¹⁹ After aligner therapy was completed, treatment result must be evaluated and patient satisfaction must be obtained. In case that objective is not fully achieved, refinement course is indicated. Course of refinement comprises of additional set of aligners, which can continue the treatment until the endpoint. Many orthodontists compare this stage as final detailing stage.¹¹

Patient instruction

After the treatment was begun, present aligner has to be changed to the next one every two weeks to advance to the next stage of tooth movement.⁶ Each aligner is designed to move teeth for 0.25 to 0.3 mm in 2 weeks and these aligners have to be worn in a specific sequence. Aligners should be worn for 20 to 22 hours a day to obtain effective result, except when eating, drinking hot beverages, brushing and flossing. Thus, Invisalign® appliances should be used in adult and adolescents who have acceptable compliance.⁵ To monitor the treatment progression, check up with orthodontist every 6-8 weeks is required.¹¹

Development technique treating with Invisalign®

In the past, previous study reported that Invisalign® appliance was not suitable to treat patient with premolar extraction because Invisalign® had limited capability to control tooth angulation during space closure. Although bonding restorative attachment on buccal surface of tooth could provide greater angulation control, it helped partially.⁶ Space closures of extraction were the result of crown tipping of the adjacent teeth rather than bodily movement.⁵ Bollen and others⁴ found severe tipping around extraction site in premolar extraction case. Moreover, Miller and others²⁰ found tipping around lower incisors extraction site. Consequently, recent study used Invisalign® combined with fixed appliance to treat patient who had severe crowding with four first premolars extraction. During the treatment, distal tipping of canines and mesial tipping of second premolars and first molars were found and caused bowing effect, then fixed appliances and power arms were used to eliminate tipping movement.²¹ Another study suggested that if the teeth tipped exceeds 10-15 degree during space closure, segmental or full-fixed appliances were recommended after treatment with aligners. Moreover, fixed appliance should be performed before using aligners in case of severe localized crowding. Previous study reported the case of 30-year-old patient who had class II molars with severe crowding and ectopically erupted upper right canine. Upper first premolars were extracted and upper canines were distalized with segmental fixed appliances before treatment with aligners. Brackets from canines to first molars and T-loops in segmented 0.017" x 0.025" TMA wires were used for canine distalization.²² Nowadays, Invisalign® has developed the methods including attachments to enhance the effectiveness of root control during tooth movement in extraction case. For first premolars extraction case, optimized root control attachments are suggested to bond on canines and second premolars

to control roots. For second premolars extraction, optimized root control attachments are recommended to bond on first premolars and bonded molars with 1 mm thick vertical rectangular attachments.

For lingual root torque of upper and lower incisors, power ridge was recommended by Align technology to place on buccal surface of incisors. For lingual root torque and lingual translation of upper incisors, power ridge will be placed on both buccal and lingual sides. However, power ridge is designed for upper and lower incisors but not available for other teeth. To torque root of other teeth in lingual direction, conventional attachments are required.

Previous study reported that anterior openbite correction treatment with Invisalign® has limited success and ideal occlusion is difficult to obtain.⁵ However, Schupp et al²³ treated 15-year-old female with anterior openbite and tongue dyskinesia, and sigmatism during speech. Patient underwent myofunctional therapy before orthodontic treatment. During Invisalign® treatment, vertical rectangular attachments were bonded on upper incisors, canines and first premolar and lower canines and premolars. After 20 months, functional overjet and overbite were obtained. Relapse was not found after 12 months Invisalign® treatment.

To correct rotation, Invisalign® appliance is not suitable for severe tooth rotation.⁵ Vlaskalic et al¹² suggested that rotation of tooth with round anatomy such as premolar is challenging and tooth rotation exceeds 45 degree should be derotated and reduced the magnitude of rotation with fixed appliance before treated with aligners.

Regarding inter-arch mechanics, previous study reported about the limitation of the appliance thus it had imperfection of buccal malocclusion correction.^{5, 24} It was shown that conventional fixed appliance was more successful to correct bucco-lingual crown inclinations, occlusal contacts, occlusal relationships, and overjet compared with Invisalign®¹⁶ and could produce better occlusal relationship.²⁵ Moreover, clear

sequential orthodontic aligners, which is similar to Invisalign® was used in another study and found that buccal occlusion correction was minimal successful.²⁴ In addition, Kamatovic²⁶ concluded that Invisalign® could not correct antero-posterior and transverse relationships. However, some clinicians recommended to bond buttons on buccal surface to assist tooth movement but this technique could affect retention of the appliance.⁶ Nowadays, plastic buttons were suggested to bond directly on aligners combined with the use of interarch elastics. The retention of aligner was gained by adding the attachments on teeth. It showed that this technique could improve inter-arch relationship and suggested that it can provide better treatment results for broader variety of cases using Invisalign® treatment.²⁷ Moreover, prescribing precision cuts were recommended to facilitate the use of buttons and elastics.²⁸ Class II and III elastics were recommended to used with precision cuts to correct antero-posterior dental relationship. Midline deviation was suggested to correct by using class II elastic on one side and class III elastic on opposite side.²⁸

For patient who has erupting teeth, eruption compensation will be designed by orthodontists to prescribe the room to accommodate the natural eruption while wearing aligner. To prevent supra-eruption of terminal molar, eruption tab is suggested by Align technology. It extends over the mesial cusp of terminal molar thus it helps prevent supra-eruption of terminal molar and keep it from exceeding the height of adjacent teeth.

After completion of initial aligning, some case may need to detail the treatment with detailing pliers to correct minor dental malalignment such as minor rotation, antero-posterior of anterior teeth and tighten interproximal contacts. Since aligners were pre-built, little extra pressure-generating dimples are needed to create using pliers to move teeth into desired position. The purpose of detailing is to encourage fully expression of tooth movement in pre-programmed aligner thus the desired movement must already be

present in the aligner. Moreover, pressure points can be flattened and repositioned by using Invisalign® eraser plier. Detailing method can reduce the need of refinement aligners in finishing stage.

Invisalign® combined with corticotomy

Aside from esthetics, treatment time is challenging for adult orthodontic treatment.²⁹ Corticotomy is safe and effective technique to accelerate orthodontic tooth movement by producing regional accerelatory phenomena (R.A.P.).³⁰ Cassetta et al³¹ reported clear aligner with corticotomy case. Patient's chief complaint was dental crowding and required short treatment time and esthetic appliance. After corticotomy, orthodontic force was applied immediately using clear aligner and each aligner was used for 5 days. Treatment was completed in 2 months and it was one-third of usual time treating with clear aligners.

Retention strategies

Retention can be obtained from fixed or removable retainer or combination depending on experience of orthodontists. For clear retainer, there are many factors that can shorten lifetime of this appliance such as wear, crack, discoloration and staining. Thus patients should have been checked up regularly to re-evaluate dental position, abnormality of retainer and fabricate new retainer if needed.^{11, 32}

Conclusion

Treatment with Invisalign® is another option for orthodontic treatment, especially for patients who concern about esthetics. With the advance of computer and technology, Invisalign® has been developed and limitations of treatment were gradually eliminated. However, additional researches and case reports are still needed to improve the effectiveness of these clear aligners in the near future.

References

1. Kesling HD. The philosophy of tooth positioning appliance. *Am J Orthod* 1945;31:297-304.
2. Ponitz RJ. Invisible retainers. *Am J Orthod* 1971;59(3): 266-72.
3. Sheridan JJ, LeDoux W, McMinn R. Essix retainers: fabrication and supervision for permanent retention. *J Clin Orthod* 1993;27(1):37-45.
4. Bollen AM, Huang G, King G, Hujoel P, Ma T. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 1: Ability to complete treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124(5):496-501.
5. Phan X, Ling PH. Clinical limitations of Invisalign. *J Can Dent Assoc* 2007;73(3):263-6.
6. Joffe L. Invisalign: early experiences. *J Orthod* 2003;30(4): 348-52.
7. Boyd RL, Waskalic V. Three-dimensional diagnosis and orthodontic treatment of complex malocclusions with the invisalign appliance. *Semin Orthod* 2001;7(4):274-93.
8. Womack WR. Four-premolar extraction treatment with Invisalign. *J Clin Orthod* 2006;40(8):493-500.
9. Honn M, Goz G. A premolar extraction case using the Invisalign system. *J Orofac Orthop* 2006;67(5):385-94.
10. Boyd RL, Miller RJ, Vlaskalic V. The Invisalign system in adult orthodontics: mild crowding and space closure cases. *J Clin Orthod* 2000;34(4):203-12.
11. Celenza F. Clear aligner therapy: Essentials of esthetic dentistry: Elsevier; 2016.
12. Waskalic V, Boyd RL. Three-dimensional diagnosis and orthodontic treatment of complex maloccluslons with the Invisalign appliance. *Semin Orthod* 2001;7(4):274-93.
13. Lingenbrink JC, King G, Bollen AM, Hujoel P, Huang G, Orsini-Alcalde G. Quality of life comparison between clear removable and conventional orthodontics [abstract]. *J Dent Res* 2002;81(463).
14. Kravitz ND, Kusnoto B, BeGole E, Obrez A, Agran B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135(1):27-35.
15. <http://theorthocosmos.com/posterior-openbites-aligners/>.
16. Djeu G, Shelton C, Maganzini A. Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128(3):292-8.
17. Li W, Wang S, Zhang Y. The effectiveness of the Invisalign appliance in extraction cases using the the ABO model grading system: a multicenter randomized controlled trial. *Int J Clin Exp Med* 2015;8(5):8276-82.
18. Kuncio D, Maganzini A, Shelton C, Freeman K. Invisalign and traditional orthodontic treatment postretention outcomes compared using the American Board of Orthodontics objective grading system. *Angle Orthod* 2007;77(5):864-9.
19. Wong BH. Invisalign A to Z. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121(5):540-1.
20. Miller RJ, Duong TT, Derakhshan M. Lower incisor extraction treatment with the Invisalign system. *J Clin Orthod* 2002;36(2):95-102.
21. Ogura Y, Yanagisawa W, Sugiura M, Fujita Y, Yamaguchi T, Maki K. Treatment of a Patient with Class I Malocclusion and Severe Tooth Crowding Using Invisalign and Fixed Appliances. *Dental Medicine Research* 2014;34(1):36-40.
22. Giancotti A, Di Girolamo R. Treatment of severe maxillary crowding using Invisalign and fixed appliances. *J Clin Orthod* 2009;43(9):583-9.
23. Schupp W, Haubrich J, Neumann I. Treatment of anterior open bite with the Invisalign system. *J Clin Orthod* 2010;44(8):501-7.
24. Clements KM, Bollen AM, Huang G, et al. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 2: Dental improvements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124(5):502-8.
25. Vlaskalic V, Boyd R. Orthodontic treatment of a mildly crowded malocclusion using the Invisalign System. *Aust Orthod J* 2001;17(1):41-6.
26. Kamatovic M. A retrospective evaluation of the effectiveness of the Invisalign appliance using the PAR and irregularity indices [dissertation]. Toronto (Ont.): University of Toronto 2004.
27. Chenin DA, Berg R. Interarch control with invisalign®. Invisalign Tips & Techniques.
28. INVISALIGN® TECHNIQUE: PRESCRIBING PRECISION CUTS: Align Technology, Inc.; 2013.
29. Hernandez-Alfaro F, Guijarro-Martinez R. Endoscopically assisted tunnel approach for minimally invasive corticotomies: a preliminary report. *J Periodontol* 2012;83(5):574-80.
30. Teixeira CC, Khoo E, Tran J, et al. Cytokine Expression and Accelerated Tooth Movement. *J Dent Res* 2010;89(10): 1135-41.
31. Cassetta M, Altieri F, Barbato E. The combined use of corticotomy and clear aligners: A case report. *Angle Orthod* 2016;86(5):862-70.
32. Pratt MC, Kluemper GT, Lindstrom AF. Patient compliance with orthodontic retainers in the postretention phase. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140(2):196-201.

การเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการคืนกลับ ของฟันภายหลังการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน โดยการคงสภาพฟันทางชีวภาพ

รณรงค์ พรหมจันทร์* ชิดชนก ลีธนะกุล**

บทคัดย่อ

การคงสภาพฟันเป็นขั้นตอนสำคัญของการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน เพื่อให้ฟันมีเสถียรภาพในตำแหน่งใหม่และป้องกันการคืนกลับภายหลังการเคลื่อนฟันโดยแรงทางทันตกรรมจัดฟัน วิธีการคงตำแหน่งสามารถแบ่งได้ 2 วิธี คือ การคงตำแหน่งฟันโดยวิธีเชิงกล และการคงตำแหน่งฟันโดยวิธีทางชีวภาพ วิธีเชิงกล คือ การใช้เครื่องมือรีเทนเนอร์แบบถอดได้ หรือแบบติดแน่นเพื่อประคองฟันไว้ในตำแหน่งนั้น ส่วนวิธีทางชีวภาพ เป็นการใช้อาหารหรือเครื่องมืออื่น ๆ ช่วยคงสภาพฟัน เพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานของเซลล์สร้างกระดูก และเซลล์สลายกระดูก เพื่อกระตุ้นให้เกิดการสร้างและยับยั้งสลายกระดูกในทิศทางที่ป้องกันการคืนกลับ หรือกระตุ้นการปรับตัวของเอ็นยึดปริทันต์เพื่อยึดเกาะฟันในตำแหน่งใหม่ ทำให้ยับยั้งการคืนกลับของฟันได้

บทความปริทัศน์นี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อนำเสนอวิธีการคงสภาพฟันที่ใช้ในปัจจุบันและแนวคิดใหม่ที่ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อนำไปปรับใช้ในผู้ป่วยและอาจเป็นประโยชน์ในการนำไปศึกษาต่อไป

คำสำคัญ: การจัดฟัน การคงสภาพฟัน การคืนกลับ การยับยั้งการคืนกลับ

* ทันตแพทย์ ฝ่ายทันตกรรม โรงพยาบาลยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

* Dentist, Dental Department, Yala Hospital, Mueang District, Yala, Thailand

** Associated Professor Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Hat Yai District, Songkhla, Thailand

Increasing the Efficiency of Relapse Prevention after Orthodontic Treatment by Biological Retention

Rongrong Promchan* Chidchanok Leethanakul**

Abstract

In orthodontics, retention phase is as crucial as the other phases because it is the period of stabilizing teeth in their new position and preventing relapse after the tooth movement. The tooth position maintenance methods in this phase could be classified into mechanical and biological retention. Mechanical retention is the use of removable or fixed retainers to hold the teeth in their position, whereas, biological retention uses pharmaceutical products or devices that modify the activity of osteoblast and osteoclast with the aim to stimulate bone formation and/or inhibit bone resorption in a direction that preventing relapse or stimulate the remodeling of periodontal ligament fibers to reattach in the new position of the teeth. This article aims to review the retention methods which have been contemporary used and the new concept about retention method that has been recently developed.

This review article aims to present the retention methods which used at present and the new concept that has been developed in order to apply for patients and would be useful for the further study.

Key words: Orthodontics, Retention, Relapse, Relapse prevention

บทนำ

การคืนกลับ (relapse) ภายหลังจากการจัดฟัน เป็นสิ่งสำคัญที่ทันตแพทย์จัดฟันต้องคำนึงถึงเมื่อให้การรักษาทางทันตกรรมจัดฟันแก่ผู้ป่วย โดยการคืนกลับของฟันนั้น เกิดได้จากหลายสาเหตุทั้งการมีแรงหดตัวกลับที่เดิม (elastic recoil) ของเอ็นยึดปริทันต์ (periodontal ligament) และเส้นใยเหงือก (gingival fiber) การที่ผู้ป่วยยังไม่หมดการเจริญเติบโต และความไม่สมดุลของสภาวะแวดล้อมในช่องปากกับตำแหน่งของฟัน¹ ดังนั้น เมื่อทำการเคลื่อนฟันจำเป็นต้องคงสภาพฟัน (retention) ในตำแหน่งใหม่ เพื่อไม่ให้ฟันคืนกลับสู่ตำแหน่งเดิม ซึ่งต้องคงสภาพฟันไว้จนกว่าเนื้อเยื่อต่างๆ โดยรอบฟันจะมีการปรับตัวทั้งในส่วนของโครงสร้างอวัยวะและการทำหน้าที่เพื่อให้ผล การรักษาเป็นไปตามที่ต้องการ²

การคงสภาพฟันหลังการรักษา ถือเป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่งที่จะทำให้การจัดฟันประสบความสำเร็จ โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

- 1) เพื่อให้มีระยะเวลาในการปรับรูป (remodeling) ของอวัยวะปริทันต์
- 2) เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีผลมาจากการเจริญเติบโตน้อยที่สุด
- 3) เพื่อให้เกิดการปรับสภาพ (adaptation) ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (neuromuscular) ของตำแหน่งฟันที่เราเคลื่อนไป
- 4) เพื่อคงสภาพฟันในตำแหน่งที่อาจจะไม่มีเสถียรภาพ (unstable position) แต่จำเป็นต้องเคลื่อนไปเพื่อความสวยงาม หรือการรักษาแบบประนีประนอม (compromised treatment)^{3,4}

ซึ่งในปัจจุบันการคงสภาพฟันสามารถทำได้ 2 วิธีคือการคงสภาพฟันโดยวิธีเชิงกล (mechanical retention) และโดยวิธีทางชีวภาพ (biological retention)

การคงสภาพฟันโดยวิธีเชิงกล

เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน โดยใช้เครื่องมือในการยึดฟันให้อยู่กับที่เพื่อให้เกิดการปรับรูปของเนื้อเยื่อปริทันต์และกระดูกเบ้าฟันในตำแหน่งใหม่ ซึ่งเครื่องมือคงสภาพฟัน (retainers) มีหลายประเภท³ ดังนี้

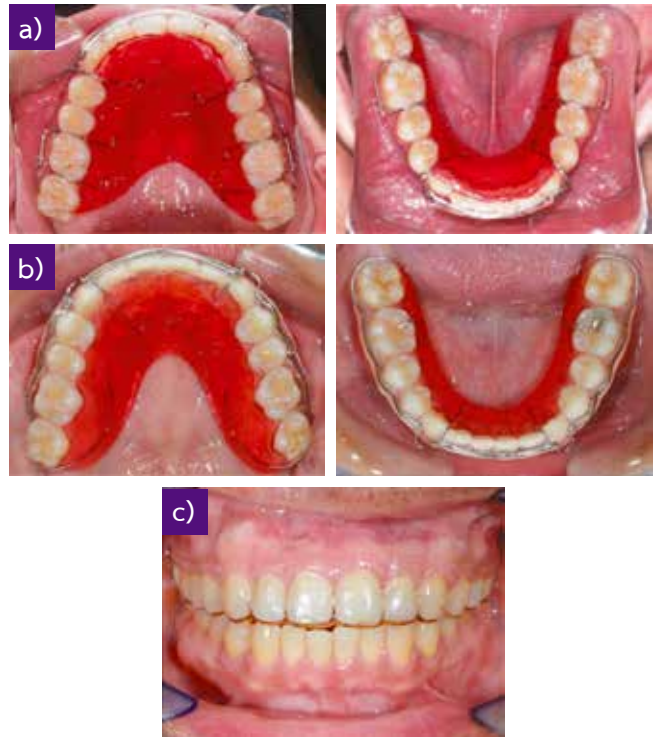
1. เครื่องมือคงสภาพฟันชนิดถอดได้ (removable retainers) เป็นเครื่องมือที่ช่วยคงสภาพฟันแบบที่ผู้ป่วยสามารถถอดใส่เองได้ ได้แก่ เครื่องมือคงสภาพฟันฮอว์ลีย์ (Hawley retainer) (รูปที่ 1a) เครื่องมือคงสภาพฟันแรพอะราวน์ด์ (wraparound retainer) (รูปที่ 1b) เครื่องมือคงสภาพฟันเทอร์โมพลาสติกแบบใส (thermoplastic clear retainer) (รูปที่ 1c) และโพลีซันเนอร์ (positioner)

2. เครื่องมือคงสภาพฟันชนิดติดแน่น (fixed retainers) (รูปที่ 2) เป็นเครื่องมือที่ช่วยคงสภาพฟันแบบติดแน่นกับฟัน ผู้ป่วยไม่สามารถถอดใส่เองได้ มีข้อดีคือ มีความสวยงาม เนื่องจากเครื่องมือจะอยู่เฉพาะบริเวณทางด้านลิ้นหรือด้านเพดาน ไม่ต้องอาศัยความร่วมมือของผู้ป่วยมากนัก และมีรายงานว่าให้เสถียรภาพของฟันในระยะยาวที่ดีกว่าเครื่องมือคงสภาพฟันแบบถอดได้⁵ แต่ผู้ป่วยจะทำความสะอาดบริเวณนั้นได้ยาก อาจมีปัญหาฟันผุหรือโรคปริทันต์ตามมาได้ มักจะใช้ในกรณีที่ต้องการคงสภาพฟันเมื่อมีการปิดช่องว่างระหว่างฟันหรือช่องว่างระหว่างฟันหน้า (diastema) คงสภาพฟันบริเวณที่จะใส่ฟันหรือรากฟันเทียม (implant) และป้องกันการเปิดช่องว่างจากการถอนฟัน

3. เครื่องมือคงสภาพฟันชนิดแอกทีฟ (active retainers) ได้แก่ เครื่องมือคงสภาพ แบบสปริง (spring retainer) หรือการใช้เครื่องมือฟังก์ชันนอลแบบโมดิฟายด์ (modified functional appliance) เช่น แอกทีเวเตอร์ (activator) และ ไบโอเนเตอร์ (bionator) เป็นต้น

แม้ว่าการคงสภาพฟันโดยวิธีเชิงกลจะมีประสิทธิภาพในการคงสภาพฟันที่ดี แต่ยังมีข้อจำกัด คือ

- 1) ความยากในการทำเครื่องมือ
- 2) ผู้ป่วยต้องใส่เครื่องมือเป็นระยะเวลานาน ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือของผู้ป่วยเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะเครื่องมือคงสภาพฟันชนิดถอดได้ นอกจากนี้ผู้ป่วยจำเป็นต้องพกพากล่องสำหรับเก็บเครื่องมือคงสภาพฟัน ซึ่งอาจทำให้ผู้ป่วยรู้สึกไม่สะดวก
- 3) ทำความสะอาดยากมากขึ้นโดยเฉพาะเครื่องมือคงสภาพฟันชนิดติดแน่น

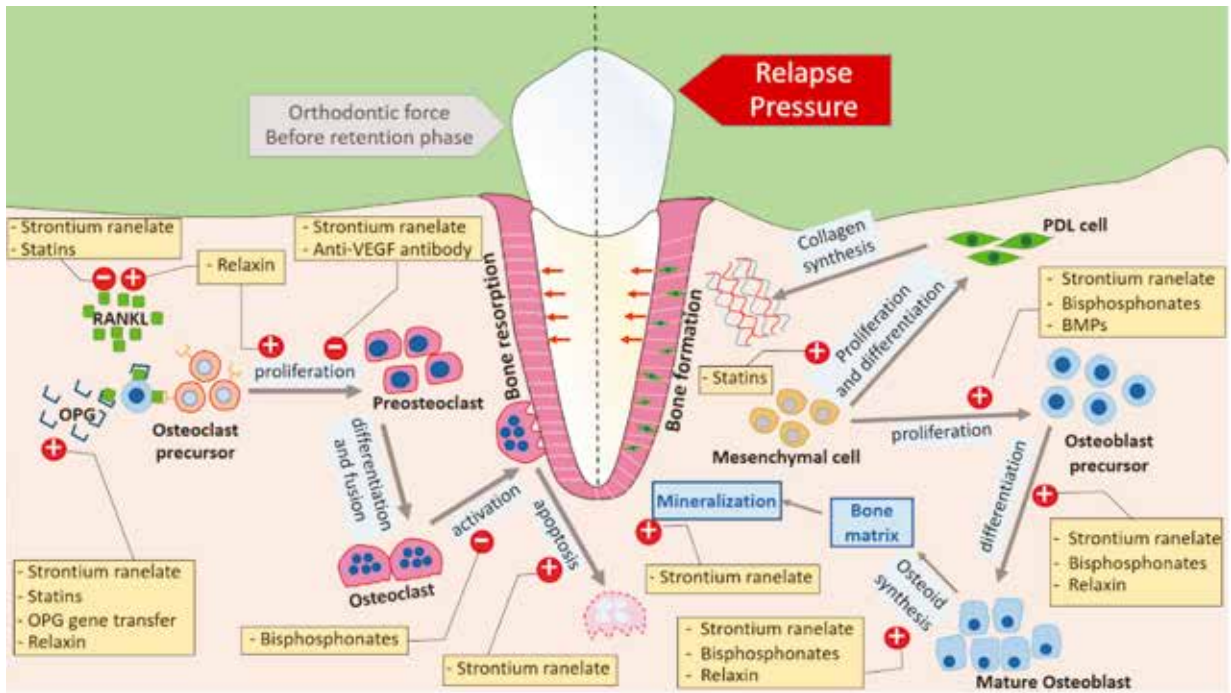


รูปที่ 1 รีเทนเนอร์ชนิดถอดได้แบบต่าง ๆ
a) ฮอว์ลีย์ รีเทนเนอร์ b) แรพอะราวน์ด์ รีเทนเนอร์
c) เทอร์โมพลาสติก เคลียร์ รีเทนเนอร์



รูปที่ 2 รีเทนเนอร์ชนิดติดแน่น

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีนักวิจัยให้ความสนใจในการคงสภาพฟันโดยวิธีทางชีวภาพ เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการคงสภาพฟันได้ดี และสะดวกสบายมากขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น การใช้ยาหรือสารทางชีวภาพต่าง ๆ (pharmaceutically assisted) และ การใช้เครื่องมืออื่น ๆ (devices assisted) มาช่วยในการคงสภาพฟัน



รูปที่ 3 ผลของยาต่อการป้องกันการคืนกลับจากการเคลื่อนที่ของฟัน

การคงสภาพฟันโดยวิธีทางชีวภาพ

การใช้ยาหรือสารทางชีวภาพในการคงสภาพฟัน (pharmaceutically assisted retention)

สำหรับการใช้ยาเพื่อช่วยในการคงสภาพฟัน เกิดจากแนวความคิดที่ว่า การเคลื่อนฟันถูกควบคุมโดยการให้แรงกระทำกับฟัน ทำให้เกิดการปรับรูปของกระดูกในด้านที่มีแรงกด (compression side) จะมีการทำงานของเซลล์สลายกระดูก (osteoclast) เป็นผลให้กระดูกเกิดการละลาย ส่วนในด้านตรงข้ามที่มีแรงดึง (tension side) จะมีการทำงานของเซลล์สร้างกระดูก (osteoblast) เป็นผลให้เกิดการสร้างกระดูกขึ้น ซึ่งกระบวนการดังกล่าว ยังทำให้เกิดการคืนกลับของฟันเข้าสู่ตำแหน่งเดิมได้เช่นกัน โดยเมื่อถอดเครื่องมือจัดฟัน จะมีแรงดึงกลับ (relapse pressure) จากอวัยวะปริทันต์เกิดขึ้น และยังคงอยู่จนกระทั่งเกิดการละลายของกระดูกในบริเวณด้านที่มีแรงดึงกลับ⁶ ด้วยเหตุนี้จึงมีนักวิจัยพยายามคิดค้นแนวทางการยับยั้งการทำงานของเซลล์สลายกระดูก และกระตุ้นการทำงานของเซลล์สร้างกระดูก เพื่อให้มีการสร้างกระดูกเร็วขึ้นและป้องกันการเกิดการละลายกระดูกจากแรงดึงกลับ ซึ่งทำให้สามารถคงสภาพฟันในตำแหน่งใหม่ไว้ได้ ปัจจุบันมีการศึกษามากมายเกี่ยวกับการใช้ยาในการช่วยคงสภาพหลังการจัดฟัน (รูปที่ 3) ซึ่งจะกล่าวต่อไปดังนี้

1. ยาสตรอนเซียม รานีเลต (Strontium ranelate)

ยาสตรอนเซียม รานีเลต เป็นยาที่ใช้ในการรักษาโรคกระดูกพรุน (osteoporosis) โดยตัวยานี้จะส่งผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของกระดูก (bone metabolism) ทำหน้าที่ทั้งในการกระตุ้นการสร้างกระดูกผ่านการกระตุ้นการทำงานของเซลล์สร้างกระดูก และยังการละลายของกระดูกผ่านการยับยั้งการทำงานของเซลล์สลายกระดูก⁷ โดยตัวยานี้จะยึดจับกับไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite) ในกระดูก ส่งผลไปยังกระบวนการสร้างเซลล์สลายกระดูก (osteoclastogenesis) และยังมีผลในการปรับเปลี่ยนสัดส่วนของรีเซพเตอร์แอกทิเวเตอร์ ออฟ นิวเคลียร์ แฟกเตอร์-แคปปา บี ไลแกนด์ (receptor activator of nuclear factor-kappa B ligand; RANKL) ต่อบีโอสทีโอโพรเทจเร็น (osteoprotegerin; OPG)⁸ นอกจากนี้ยาสตรอนเซียม รานีเลตยังมีผลข้างเคียงค่อนข้างน้อย⁹ จึงมีนักวิจัยสนใจนำมาใช้ในการศึกษาการป้องกันการคืนกลับของฟัน โดย M.J. Al-Duliamy และคณะ¹⁰ ในปี ค.ศ. 2015 ได้ทำการศึกษาถึงผลเฉพาะที่ของยาสตรอนเซียม รานีเลตต่อการคืนกลับของฟันกรามบนซี่ที่หนึ่งในหนู ผลการศึกษาพบว่าด้านที่ได้รับยาสตรอนเซียม รานีเลต มีการคืนกลับของฟันน้อยกว่าด้านควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวนของเซลล์สร้างกระดูกในด้านที่ได้รับยาสตรอนเซียม รานีเลตมี

จำนวนมากกว่าด้านควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีการลดลงของเซลล์สลายกระดูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 3 ของการทดลอง ซึ่งผลของการศึกษานี้เป็นไปตามการศึกษาของ Marie และคณะ¹¹ ในปี ค.ศ. 2001 ซึ่งได้สรุปไว้ว่า ยาสตรอนเซียม รานีเลต มีผลยับยั้งการคืนกลับของฟัน โดยกระตุ้นการเพิ่มจำนวนเซลล์สร้างกระดูก และลดจำนวนเซลล์สลายกระดูก และจากการศึกษาอื่น ๆ^{12,13} ได้อธิบายว่ายาสตรอนเซียม รานีเลต มีผลต่อเซลล์สร้างกระดูกในแง่ของการเพิ่มจำนวน (proliferation) การกระตุ้นการเปลี่ยนสภาพ (differentiation) การกระตุ้นการสังเคราะห์โครงยึดของกระดูก (bone matrix) และการสะสมแร่ธาตุของกระดูก (mineralization) ในขณะเดียวกันยังมีผลลดจำนวนเซลล์สลายกระดูกและกระตุ้นให้เกิดการขจัดตัวเอง (apoptosis) ของเซลล์สลายกระดูก

2. กลุ่มยาบิสฟอสโฟเนต (Bisphosphonate)

กลุ่มยาบิสฟอสโฟเนต มีคุณสมบัติช่วยยับยั้งการละลายของกระดูก ในทางการแพทย์ใช้รักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของกระดูก เช่น โรคกระดูกพรุนหรือมะเร็งกระดูก เป็นต้น โดย Shoji และคณะ¹⁴ ในปี ค.ศ. 1995 รายงานว่ากลุ่มยาบิสฟอสโฟเนตสามารถนำมาใช้ในการยับยั้งการละลายของกระดูกเข้าฟัน (alveolar bone) ในหนูที่มีโรคปริทันต์อักเสบ (periodontitis) ได้ จึงเป็นยาอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจใช้ศึกษาการป้องกันการคืนกลับของฟัน จากการศึกษาของ Kim และคณะ¹⁵ ในปี ค.ศ. 1999 ได้ศึกษาผลจากการใช้ยาพามิโดรเนต (pamidronate) ซึ่งเป็นยาในกลุ่มยาบิสฟอสโฟเนต โดยให้แบบทั่วร่างกาย (systemic) และสังเกตการคืนกลับของฟันในหนู ผลจากการศึกษาพบว่า ในช่วง 10 วันของการศึกษา กลุ่มที่ได้รับยาพามิโดรเนตมีการคืนกลับของฟันน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในกลุ่มควบคุมยังพบการกระจายของเซลล์สลายกระดูก และพบการละลายของกระดูกในด้านที่มีแรงกดมากกว่ากลุ่มที่ได้รับยาพามิโดรเนต โดยในกลุ่มที่ได้รับยา พบว่าเซลล์สลายกระดูกจะรวมกลุ่มอยู่รอบหลอดเลือด (blood vessel) และพบเซลล์สลายกระดูกเพียงเล็กน้อยบริเวณเอ็นยึดปริทันต์ นอกจากนี้ยาพามิโดรเนตยังส่งผลต่อโครงสร้างและรูปร่างของเซลล์สลายกระดูก โดยพบว่าจำนวนเซลล์สลายกระดูกที่มีการสร้างรัฟเฟิลบอร์ด (ruffled border) ที่ไม่สมบูรณ์มากกว่าในกลุ่มควบคุม สรุปได้ว่า ยาพามิโดรเนตสามารถยับยั้งการคืนกลับของฟันได้ โดยทำให้เกิดการละลายของกระดูกลดลง ซึ่งมีผลโดยตรงในการยับยั้งเซลล์สลายกระดูก และทำให้เกิดการบกร่องของโครงสร้างและการทำหน้าที่ของเซลล์สลายกระดูก โดยการศึกษาวิจัยรายงานว่ายาพามิโดรเนตไม่มีผลต่อโครงสร้างของเซลล์สร้าง

กระดูก เซลล์กระดูก หรือเซลล์สร้างเส้นใยของเอ็นยึดปริทันต์ แต่มีบางการศึกษา^{16,17} พบว่า กลุ่มยาบิสฟอสโฟเนตไม่เพียงแต่ยับยั้งการทำงานของเซลล์สลายกระดูกเท่านั้น แต่ยังสามารถแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติของการชักนำเนื้อเยื่อกระดูก (osteoconductive) และการเหนี่ยวนำการสร้างกระดูก (osteoinductive) ซึ่งเป็นผลมาจากการกระตุ้นการทำงานของเซลล์สร้างกระดูก โดยการศึกษาศึกษาของ Ozturk และคณะ¹⁸ ในปี ค.ศ. 2011 ทำการศึกษาการใช้ยาโซลิโดรอนิก แอซิด (zoledronic acid) ซึ่งเป็นยาในกลุ่มบิสฟอสโฟเนต โดยให้แบบทั่วร่างกายแล้วสังเกตผลการคืนกลับของการขยายรอยประสานที่กึ่งกลางเพดาน (sutural expansion) ในหนู ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ได้รับยาโซลิโดรอนิก แอซิดมีอัตราการคืนกลับที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งเกิดจากการที่เซลล์สลายกระดูกมีจำนวนลดลงและมีการกระตุ้นให้เกิดการสร้างกระดูกเพิ่มขึ้น บริเวณที่ทำการขยาย พบเซลล์สร้างกระดูกมีจำนวนและมีการทำงาน (activity) เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Altundal และ Gursay¹⁹ และ Pampu และคณะ²⁰ นอกจากนี้การศึกษาของ Im และคณะ¹⁷ ยังแสดงให้เห็นว่ากลุ่มยาบิสฟอสโฟเนตมีส่วนสนับสนุนให้เกิดการเพิ่มจำนวนและการเติบโต (maturation) ของเซลล์สร้างกระดูกอีกด้วย

3. ยีนออสทีโอโปรเทจรีน (osteoprotegerin gene, OPG)

กระบวนการสำคัญอีกกระบวนการหนึ่งที่ทำให้เกิดการละลายของกระดูก คือ กระบวนการสร้างเซลล์สลายกระดูก ผ่านการทำงานของ RANKL OPG และรีเซพเตอร์ แอคทิเวเตอร์ ออฟ นิวเคลียร์ แฟกเตอร์-แคปปา บี (receptor activator of nuclear factor-kappa, RANK) ซึ่งมีความสำคัญในการควบคุมให้เกิดการปรับรูปของกระดูก โดย RANKL สร้างมาจากเซลล์สร้างกระดูก เมื่อจับกับ RANK บนผิวเซลล์ต้นกำเนิดของเซลล์สลายกระดูกจะทำให้เกิดกระบวนการชักนำ (recruitment) เซลล์สลายกระดูก การเปลี่ยนสภาพไปเป็นเซลล์สลายกระดูกที่มีหลายนิวเคลียส (multinucleated cell) กระตุ้นการทำงานและยับยั้งการลดจำนวนของเซลล์สลายกระดูก แต่ในขณะเดียวกันเซลล์สร้างกระดูกก็จะสร้าง OPG ซึ่งจะไปแย่งจับ RANK และช่วยยับยั้งการเกิดกระบวนการสร้างเซลล์สลายกระดูกได้^{21,22}

จากหลายการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า OPG มีผลยับยั้งการเคลื่อนฟันทางทันตกรรมจัดฟัน โดยยับยั้งกระบวนการสร้างเซลล์สลายกระดูกจึงทำให้เกิดการละลายของกระดูกลดลงและส่งผลกระทบต่อการทำงานของกระดูกและการเคลื่อนฟัน^{23,24} จากการศึกษาของ Zhao และคณะ²⁵ ในปี ค.ศ. 2012 ได้ทำการศึกษาถึงผลการถ่ายฝากยีน OPG แบบเฉพาะที่ (local OPG gene

transfer) ต่อการคืนกลับของฟันในหนู โดยผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ได้รับการถ่ายฝากยีน OPG แบบเฉพาะที่ มีการคืนกลับของฟันน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบจำนวนของเซลล์สลายกระดูกน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาที่สรุปได้ว่าการถ่ายฝากยีน OPG แบบเฉพาะที่สามารถยับยั้งการคืนกลับของฟันได้จากการยับยั้งกระบวนการสร้างเซลล์สลายกระดูก

4. กลุ่มยาสแตติน (Statins)

กลุ่มยาสแตติน เช่น ยาซิมวาสแตติน (Simvastatin) หรือ ยาโลวาสแตติน (Lovastatin) เป็นยาที่ใช้ในการลดปริมาณคอเลสเตอรอล (cholesterol) ในเลือด ซึ่งยาในกลุ่มสแตตินบางชนิดมีฤทธิ์ในการเสริมสร้าง (anabolic effects) ในกระบวนการเมแทบอลิซึมของกระดูก²⁶ และยังพบว่ากลุ่มยาสแตตินสามารถกระตุ้นการทำงานของเซลล์สร้างกระดูกให้เกิดการสร้างกระดูกได้²⁷ จากการศึกษาของ Yazawa และคณะ²⁸ ในปี ค.ศ. 2005 ได้รายงานว่าการใช้ยาซิมวาสแตตินที่ความเข้มข้นต่ำ ส่งผลให้เกิดการสร้างและการเปลี่ยนสภาพมากขึ้นของเซลล์เอ็นยิตปริทันต์ของมนุษย์ และมีการศึกษาที่พบว่ากลุ่มยาสแตตินมีผลต่อการกระตุ้นการสร้างกระดูกเข้าฟันในหนูที่มีโรคปริทันต์อักเสบ²⁹ นอกจากนี้ได้มีการศึกษาทดลองฉีดยาซิมวาสแตตินไปรอบ ๆ รากเทียมที่ทำด้วยวัสดุไทเทเนียม (titanium implant) พบว่า มีผลทำให้เกิดอัตราการสัมผัสกระดูก (bone contact ratio) เพิ่มขึ้น³⁰

ในส่วนของการศึกษาเกี่ยวกับการคืนกลับของฟัน Han และคณะ³¹ ในปี ค.ศ. 2010 ได้ทำการศึกษาผลของยาซิมวาสแตตินโดยให้แบบทั่วร่างกายต่อการคืนกลับของฟันในหนู ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ได้รับยาซิมวาสแตตินมีการคืนกลับของฟันที่น้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในช่วง 1 และ 4 สัปดาห์ และในสัปดาห์ที่ 4 พบว่าบริเวณด้านที่มีแรงกด กลุ่มที่ได้รับยาซิมวาสแตตินจะพบการแสดงออกของ OPG มากกว่าและมี RANKL น้อยกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

จึงสรุปได้ว่ายาซิมวาสแตติน สามารถยับยั้งการคืนกลับของฟันได้ โดยการกระตุ้นการปรับรูปของเอ็นยิตปริทันต์ กระตุ้นการสร้างกระดูก และยังยับยั้งการทำงานของเซลล์สลายกระดูก ซึ่งมีการศึกษาที่อธิบายว่ายาได้ทำการเปลี่ยนแปลง OPG และ RANKL จากการศึกษาของโมเมอร์โอฟเจนเนติกโปรตีน-2 (bone morphogenetic protein-2; BMP-2)³²

5. โบนมอร์โฟเจนเนติกโปรตีน (bone morphogenetic protein; BMPs)

เป็นไซโตไคน์ (cytokine) ในกลุ่มของทรานสฟอร์มิง

โกรต แฟกเตอร์-บีตา (transforming growth factor-β; TGF-β) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีผลต่อการเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนสภาพของเซลล์มีเซนไคม์ (mesenchymal cell) ไปเป็นเซลล์สร้างกระดูก³³ โดยพบว่า BMPs มีความสามารถในการเหนี่ยวนำให้เกิดการสร้างกระดูกในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย³⁴ รวมไปถึงกระดูกบริเวณใบหน้าและช่องปากด้วย³⁵ โดยมีการศึกษาที่นำเนื้อเยื่อปลูกถ่ายเอกพันธ์ชนิดผ่านการละลายของแร่ธาตุภายใต้สภาวะแช่แข็ง (demineralized freeze dried bone allograft; DFD-BA) ซึ่งมี BMPs อยู่ นำมาปลูกถ่ายในผู้ป่วยที่มีการทำลายของอวัยวะปริทันต์เพื่อให้เกิดการชักนำให้อวัยวะปริทันต์คืนสภาพ (periodontal regeneration) ซึ่งผลการรักษาพบการสร้างกระดูก เคลือบรากฟันและเนื้อเยื่อยึดต่อ (connective tissue) เพิ่มขึ้น³⁶⁻³⁹

Hassan และคณะ⁴⁰ ในปี ค.ศ. 2010 ทำการศึกษานำร่อง (pilot study) ถึงผลของการใช้ BMPs ต่อเสถียรภาพของฟันหลังจากเคลื่อนฟันในแกะ ผลการศึกษาพบว่าด้านควบคุมมีการคืนกลับของฟันกลับไปสู่ตำแหน่งเดิม ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับ BMPs มีการคืนกลับของฟันเพียงเล็กน้อย โดยพบว่าด้านที่ได้รับ BMPs มีปริมาณการสร้างกระดูกในแนวที่ด้านการคืนกลับมากกว่าด้านควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสรุปได้ว่าการใช้เนื้อเยื่อปลูกถ่ายเอกพันธ์ชนิดผ่านการละลายของแร่ธาตุภายใต้สภาวะแช่แข็ง ซึ่งประกอบไปด้วย BMPs มีแนวโน้มที่จะช่วยคงสภาพฟันได้ โดยมีผลทำให้เกิดการเหนี่ยวนำการสร้างกระดูกบริเวณช่องเอ็นยิตปริทันต์ และกระตุ้นการสร้างเคลือบรากฟัน และกระดูกเข้าฟัน

6. แอนติบอดีต่อต้านวาสคิวลาร์ เอ็นโดทีเลียล โกรท แฟกเตอร์ (Anti-vascular endothelial growth factor antibody)

วาสคิวลาร์ เอ็นโดทีเลียล โกรท แฟกเตอร์ (vascular endothelial growth factor; VEGF) เป็นไซโตไคน์ที่สำคัญในการกระตุ้นให้เกิดการสร้างหลอดเลือด (angiogenesis)⁴¹ แต่มีการศึกษาที่พบว่า VEGF เป็นปัจจัยหนึ่งในการเปลี่ยนสภาพของเซลล์สลายกระดูก เนื่องจากพบตัวรับของ VEGF อยู่บนเซลล์สลายกระดูก⁴² จากการศึกษาของ Kohno และคณะ⁴³ ปี ค.ศ. 2003 พบว่าการให้ VEGF ร่วมกับการให้แรงในการเคลื่อนฟันสามารถช่วยเร่งการเคลื่อนที่ของฟันจากการเพิ่มจำนวนของเซลล์สลายกระดูก นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของ VEGF ในหนูที่มีภาวะกระดูกหนา (osteopetrotic) เนื่องจากขาดเซลล์สลายกระดูก พบว่าหนูที่ได้รับ VEGF สามารถกระตุ้นให้เกิดการชักนำและการเปลี่ยนสภาพของเซลล์สลายกระดูกมากขึ้น ส่วน

หนูที่ได้รับสารแอนติบอดีต่อต้าน VEGF (anti-VEGF polyclonal antibody) จะมีจำนวนเซลล์สลายกระดูกลดลง⁴² จึงยับยั้งการเกิดการละลายของกระดูก และในปี ค.ศ. 2005 Kohno และคณะ⁴⁴ ได้ทำการศึกษาต่อถึงผลของการใช้แอนติบอดีต่อต้าน VEGF ในหนูหลังจากถอดเครื่องมือที่ใช้เคลื่อนฟันออก พบว่ากลุ่มที่ได้รับแอนติบอดีต่อต้าน VEGF มีการคืนกลับของฟันที่น้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในวันที่ 11 ของการศึกษา กลุ่มควบคุมมีการคืนกลับของฟันคิดเป็นร้อยละ 70 แต่กลุ่มทดลองมีการคืนกลับของฟันเพียงร้อยละ 30 ของปริมาณการเคลื่อนฟัน และยังพบจำนวนของเซลล์สลายกระดูกน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาในฟันที่เป็นหลักยึด (anchorage) พบว่าในกลุ่มทดลองที่ได้รับสารต่อต้าน VEGF ฟันที่เป็นหลักยึดมีการเคลื่อนที่น้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปจากการศึกษาได้ว่าการใช้สารต่อต้าน VEGF จะมีผลทำให้จำนวนเซลล์สลายกระดูกลดลง ซึ่งช่วยจำกัดการเคลื่อนฟันแบบที่ไม่ต้องการได้ เช่น การเคลื่อนของฟันที่เป็นหลักยึด หรือการคืนกลับของฟัน

7. ฮอร์โมนรีแลกซิน (Relaxin)

เป็นฮอร์โมนชนิดหนึ่งที่สามารถกระตุ้นให้เกิดการปรับรูปของเนื้อเยื่อยึดต่อและช่วยในการปรับเรียงตัวของเส้นใยเหงือก⁴⁵ Stewart และคณะ⁴⁵ ในปี ค.ศ. 2005 ได้ทำการศึกษาผลของฮอร์โมนรีแลกซินในการป้องกันการคืนกลับของฟันในสุนัขพันธุ์บีเกิล (beagle) พบว่าฮอร์โมนรีแลกซินทำให้เกิดการสร้างไซคลิกอะดีโนซีน โมโนฟอสเฟต (cyclic adenosine monophosphate : cAMP) มากขึ้นในเซลล์สร้างเส้นใยเหงือก (gingival fibroblasts) ของสุนัข ซึ่งมีผลกระตุ้นการเปลี่ยนสภาพ การเติบโต และการทำงานของเซลล์สร้างกระดูก มีผลเพิ่มทั้งปริมาณของ OPG และ RANKL แต่มีการเพิ่มของ OPG ในปริมาณมากกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนของเซลล์สลายกระดูกมากขึ้นจึงกระตุ้นให้เกิดการละลายของกระดูกเพิ่มขึ้นได้เช่นกัน สรุปได้ว่าฮอร์โมนรีแลกซินให้ผลในการป้องกันการคืนกลับของฟันคล้ายคลึงกับการทำการผ่าตัดเส้นใยเหงือก (gingival fiberotomy) คือ มีการกระตุ้นให้เกิดการยึดติดกลับ (reattachment) ของเนื้อเยื่อยึดต่อในตำแหน่งใหม่ของฟันและยังมีผลกระตุ้นทั้งเซลล์สลายกระดูกและเซลล์สร้างกระดูก ซึ่งเป็นการกระตุ้นกระบวนการปรับรูปของกระดูกอีกด้วย

ปัจจุบันการใช้ยาหรือสารทางชีวภาพในการคงสภาพฟันยังไม่ได้นำมาใช้จริงในมนุษย์ เนื่องจากยังมีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของการใช้ยาหรือสารทางชีวภาพที่ค่อนข้างน้อย ยังไม่มีการระบุวิธีการใช้ที่ชัดเจน และยังไม่ได้ศึกษาถึงผล

ข้างเคียงในระยะยาว การใช้ยาบางชนิด เช่น ยากลุ่มบิสฟอสโฟเนต อาจทำให้เกิดภาวะกระดูกตาย (osteonecrosis) ได้ ดังนั้นจึงอาจจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงปริมาณของยาหรือสารทางชีวภาพที่ควรจะได้รับเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันการคืนกลับที่ดีที่สุดและมีความปลอดภัยต่อผู้ป่วย

การใช้เครื่องมืออื่น ๆ ในการคงสภาพฟัน (devices assisted retention)

สำหรับการคงสภาพโดยวิธีทางชีวภาพอีกวิธีหนึ่งคือ การใช้เครื่องมือหรือเทคนิคต่าง ๆ มาช่วย ในการคงสภาพฟัน โดยจากการศึกษาในปัจจุบันสามารถสรุปวิธีการต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. การตัดเส้นใยเหนือสันกระดูกโดยรอบ (circumferential supracrestal fiberotomy)

เนื่องจากสาเหตุสำคัญของการเกิดการคืนกลับของฟันอีกสาเหตุหนึ่ง เกิดจากการที่มีแรงดึงกลับของเส้นใยเหงือกและเอ็นยึดปริทันต์ที่ถูกยึด และบิดจากการแก้ไขฟันหมุน (rotation)^{46,47} Swanson และคณะ⁴⁸ ในปี ค.ศ. 1975 รายงานว่าผู้ป่วยที่ไม่ได้รับการคงสภาพฟันในช่วงเวลา 10 ปีมีอุบัติการณ์ในการเกิดการคืนกลับของฟันหมุนถึงร้อยละ 48 โดยปริมาณของการคืนกลับขึ้นกับปริมาณการหมุนของฟันเริ่มต้น การลดการคืนกลับจากการแก้ไขฟันหมุน สามารถป้องกันได้จากการแก้ไขเป็นลำดับแรกในการรักษา หรือการแก้ไขเกินไปจากตำแหน่งปกติ (over correction) และอาจต้องใช้เวลาคงสภาพเป็นเวลานานเพื่อให้เกิดการปรับรูปของเส้นใยเหงือกและเอ็นยึดปริทันต์ แต่วิธีการป้องกันการคืนกลับของฟันหมุนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือการตัดเส้นใยเหนือสันกระดูกโดยรอบ ซึ่งถูกแนะนำโดย Edward⁴⁹ ในปี ค.ศ. 1970 ซึ่งเป็นการตัดส่วนของเส้นใยเหงือกและเอ็นยึดปริทันต์กลุ่มทรานสเซพทัล (transseptal fibers) เพื่อให้มีการปรับสภาพกับตำแหน่งใหม่ของฟัน ลดแรงดึงจากเนื้อเยื่อ และส่งเสริมให้เส้นใยเกิดการยึดติดใหม่หลังจากแก้ฟันหมุนแล้ว ซึ่งประสิทธิภาพของวิธีนี้ ได้มีรายงานว่าใน 4-6 ปีหลังการรักษา ค่าเฉลี่ยของการคืนกลับของฟันในผู้ป่วยที่ทำการตัดเส้นใยเหนือสันกระดูกน้อยกว่ากลุ่มควบคุมประมาณร้อยละ 29⁵⁰ ซึ่งการตัดเส้นใยเหนือสันกระดูก ทำโดยการใช้มีดผ่าตัดสอดไปยังร่องเหงือก (gingival sulcus) แล้วกรีดบริเวณช่องว่างของเอ็นยึดปริทันต์เพื่อตัดเส้นใยกลุ่มทรานสเซพทัล โดยวิธีนี้ไม่แนะนำให้ทำบริเวณกึ่งกลางด้านริมฝีปาก (mid-labial) ของฟัน เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดเหงือกกรัน เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีเหงือกยึด (attached gingiva) น้อยหรือมีปริมาณกระดูกเนื้อแน่น (cortical bone) ที่บาง⁵¹

อย่างไรก็ตามการตัดเส้นใยเนื้อสันกระดูกด้วยใบมีดผ่าตัด อาจก่อให้เกิดปัญหาทั้งในระหว่างการรักษาและหลังการรักษา ได้แก่ มีเลือดออก มีอาการปวดและการบวมเกิดขึ้นได้ จึงได้มีการคิดค้นเครื่องมืออื่น ๆ แทนการใช้ใบมีดผ่าตัดเช่น การใช้เครื่องตัดไฟฟ้า (electro surgery)⁵² หรือ ใช้เลเซอร์ (laser)⁵³ ช่วยแทนในภายหลัง โดยที่เลเซอร์มีข้อดีหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ใบมีด คือ⁵⁴

- 1) เลเซอร์มีผลในการกระตุ้นทางชีวภาพ (biostimulatory effect) ของเซลล์ต่าง ๆ
- 2) ช่วยในกระบวนการแข็งตัวของหลอดเลือด
- 3) อุดปิดหลอดน้ำเหลือง (lymphatic) ซึ่งทำให้เลือดไหลน้อย ลดอาการปวดและบวม
- 4) ลดโอกาสเกิดการติดเชื้อหลังหัตถการ (postoperative infection) เนื่องจากเกิดการฆ่าเชื้อในบริเวณที่โดนลำแสง (beam) เลเซอร์

จากการศึกษาของ Jahanbin และคณะ⁵⁵ ในปี ค.ศ. 2014 ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการตัดเส้นใยเนื้อสันกระดูกด้วยใบมีด และการตัดเส้นใยเนื้อสันกระดูกด้วยเลเซอร์ต่อการลดการคืนกลับในฟันหมุนและเปรียบเทียบดูผลข้างเคียงที่เกิดขึ้น ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่มมีการคืนกลับของฟันน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณการคืนกลับของฟันที่ใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาดูปริมาณความลึกของร่องเหงือกและเหงือกกร่นของกลุ่มที่ใช้ใบมีดเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้เลเซอร์ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในเรื่องของความเจ็บปวด กลุ่มที่ใช้ใบมีด ผู้ป่วยมีความรู้สึกเจ็บกว่ากลุ่มที่ใช้เลเซอร์อย่างมีนัยสำคัญสถิติ แต่ระดับความปวดของทั้งสองกลุ่มอยู่ในช่วงระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง

2. เลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำ (Low level laser therapy; LLLT)

เลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำ ถูกนำมาใช้ในทางการแพทย์และทางทันตกรรมมากกว่า 40 ปี วิธีการรักษานี้ทำให้เกิดผลกระทบด้านชีวภาพต่อเซลล์และเนื้อเยื่อ ทำให้เพิ่มกระบวนการหายของแผล ลดความเจ็บปวด และกระตุ้นให้มีกระบวนการอักเสบเพิ่มขึ้น⁵⁶ เลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำเคยถูกนำมาศึกษาเพื่อช่วยเร่งการเคลื่อนฟัน โดยจากการศึกษาของ Fujita และคณะ⁵⁷ ในปี ค.ศ. 2008 พบว่า เลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำสามารถเร่งการเคลื่อนฟันจากการที่มีการเพิ่มขึ้นของ RANKL และ RANK receptor จึงทำให้เร่งการเกิดการปรับรูปของกระดูก และ

จากการศึกษาของ Yamagushi และคณะ⁵⁸ ในปี ค.ศ. 2010 พบว่า เลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์เมทริกเมทัลโลโปรตีนเนส-9 (matrix metalloproteinase-9; MMP-9) คาเทปซิน เค (cathepsin K) และ แอลฟา-วี บีตา-3 อินทีกริน (alpha-v beta-3 integrin) ซึ่งสารเหล่านี้มีผลต่อการเพิ่มการแปรสภาพของเซลล์สลายกระดูก จึงทำให้เกิดการละลายของกระดูกเพิ่มขึ้น ฟันจึงเคลื่อนได้เร็วขึ้น แต่จากการศึกษาของ Kim และคณะ⁵⁹ ในปี ค.ศ. 2009 พบว่าการใช้เลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำหลังจากการทำคอร์ติโคโตมี (corticotomy) มีผลทำให้ฟันเคลื่อนน้อยกว่ากลุ่มควบคุม จากนั้นในปี ค.ศ. 2010 Kim และคณะ⁵³ พบว่าการใช้เลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำมีผลทำให้เกิดการคืนกลับของฟันมากขึ้นกว่ากลุ่มควบคุม แต่ต่อมาในปี ค.ศ. 2013 Kim และคณะ⁶⁰ ได้ทำการศึกษาผลของเลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำต่อการคืนกลับในช่วงการคงสภาพฟัน พบว่า เลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำมีผลในการเพิ่มเอนไซม์ MMP ทั้งในกลุ่มที่ได้รับเลเซอร์โดยไม่ใส่เครื่องมือคงสภาพฟัน และในกลุ่มที่ได้รับเลเซอร์ร่วมกับการใส่รีเทนเนอร์ และพบว่าทิวซู อินฮิบิเตอร์ออฟ เมทริกเมทัลโลโปรตีนเนส-1 (tissue inhibitor of matrix metalloproteinase-1; TIMP-1) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมเอนไซม์ที่ย่อยสลายคอลลาเจน (collagenase) จะลดลงเมื่อใช้เลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำ แต่ในกลุ่มที่ใส่เครื่องมือคงสภาพฟันร่วมด้วย จะพบการสังเคราะห์คอลลาเจนชนิดที่ 1 (collagen type-I; Col-I) เพิ่มขึ้น จึงอาจทำให้เกิดการปรับรูปของเอ็นยึดปริทันต์เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในกลุ่มที่ได้รับเลเซอร์ร่วมกับการใส่เครื่องมือคงสภาพฟัน จากผลการทดลองบ่งชี้ว่าถึงแม้เลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำจะมีผลทำให้เกิดการทำลายของเอ็นยึดปริทันต์ แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้เกิดการสังเคราะห์คอลลาเจนได้อย่างสมดุล ทำให้เกิดการเร่งการปรับรูปของอวัยวะปริทันต์ไปยังตำแหน่งใหม่ของฟันที่ถูกยึดไว้ด้วยเครื่องมือคงสภาพฟัน ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่ากรณีที่ใช้เครื่องมือคงสภาพฟันร่วมกับการได้รับเลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำ จะทำให้ระยะเวลาในการคงสภาพฟันลดลง จากการที่ฟันมีเสถียรภาพในตำแหน่งใหม่ได้เร็วขึ้น ต่อมาเมื่อมีการศึกษาของ Jahanbin และคณะ⁵⁵ ในปี ค.ศ. 2014 ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้เลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำ การตัดเส้นใยเนื้อสันกระดูกด้วยใบมีด และการตัดเส้นใยเนื้อสันกระดูกด้วยเลเซอร์ต่อการลดการคืนกลับในฟันหมุนและเปรียบเทียบผลข้างเคียงที่เกิดขึ้น ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีการคืนกลับของฟันน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทั้ง 3 กลุ่มมีปริมาณและร้อยละของการคืนกลับของฟันที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งผลของการใช้เลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำแตกต่างจากการศึกษาของ Kim และคณะ⁵³ ในปี ค.ศ. 2010 ที่กล่าวมา

ข้างต้น โดยการศึกษานี้ได้รายงานว่าการศึกษาของ Kim และคณะ มีการใช้เลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำในความเข้ม 4,636.47 จูล/ตารางเซนติเมตร ซึ่งเหมาะสมที่จะสนับสนุนทำให้เกิดการเคลื่อนฟันจึงมีโอกาสเกิดการคืนกลับได้มากกว่ากลุ่มควบคุม ในทางกลับกันการศึกษานี้ใช้ความเข้ม 35.7 จูล/ตารางเซนติเมตร ซึ่งมีความเข้มสูง จึงมีผลต่อการยับยั้งกระบวนการทางชีวภาพ ทำให้ลดการเกิดการคืนกลับของฟันได้ จากการศึกษานี้อาจสรุปได้ว่า การใช้เลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำกับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันนั้น จะให้ผลตามระดับความเข้มที่ใช้ (dose dependent) โดยการให้แบบความเข้มต่ำจะทำให้เกิดผลกระตุ้นทางชีวภาพ กระตุ้นการปรับรูปของเส้นใยปริทันต์และกระดูก แต่หากได้รับแบบความเข้มสูงจะเกิดผลยับยั้งการทำงานของเซลล์ต่าง ๆ ทำให้ยับยั้งการคืนกลับของฟันได้

ในปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับเลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำส่วนมากมักจะเกี่ยวข้องกับการเร่งการเคลื่อนฟัน การศึกษาเกี่ยวกับการป้องกันการคืนกลับยังมีน้อยและยังไม่มีการศึกษาในมนุษย์ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้ได้มาตรฐานวิธีการใช้ และระดับความเข้มที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการคงสภาพฟัน

3. การสั่นสะเทือน (vibration)

จากการศึกษาในทางการแพทย์ พบว่าการทำการสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (whole body vibration) กระตุ้นการสร้างกระดูกได้⁶¹⁻⁶³ โดย Rubin และคณะ⁶⁴ ในปี ค.ศ. 2004 ได้ทำการศึกษาผลของการสั่นสะเทือนทั่วร่างกายในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน (menopause) พบว่า เมื่อทำการสั่นสะเทือนที่ความถี่ 30 เฮิร์ตซ์ สามารถทำให้อัตราการละลายของกระดูกลดลงได้ (decreased bone turnover rate) ในทางทันตกรรม Yadav และคณะ⁶⁵ ในปี ค.ศ. 2016 ศึกษาผลของการสั่นสะเทือนต่อการคืนกลับของฟันในช่วงคงสภาพฟันในหนู ได้ผลพบว่าในกลุ่มที่ได้รับการสั่นสะเทือนมีการคืนกลับของฟันน้อยกว่ากลุ่มควบคุมแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในกลุ่มที่ได้รับการสั่นสะเทือนจะพบจำนวนของเซลล์สลายกระดูกน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงอาจสรุปได้ว่าการสั่นสะเทือนมีแนวโน้มที่จะช่วยลดการคืนกลับของฟันได้

การใช้การสั่นสะเทือนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคงสภาพฟันนั้นยังเป็นวิธีการที่ใหม่ การศึกษายังมีน้อยและยังไม่ได้นำมาศึกษาในมนุษย์ ถึงแม้ว่าผลของการใช้การสั่นสะเทือนจะมีผลต่อกระบวนการเสริมสร้าง (anabolic effect) ในการปรับเปลี่ยนของกระดูก ซึ่งอาจทำให้เกิดการคงสภาพที่ดีหลังการจัดฟัน แต่ทั้งนี้อาจจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงแนวทางการใช้ที่เหมาะสม

ราคาของเครื่องมือกับประสิทธิภาพในการคงสภาพฟัน และความร่วมมือของผู้ป่วยในการใช้งาน

บทวิจารณ์และบทสรุป

ในปัจจุบันวิธีการป้องกันการคืนกลับของฟันหลังจากรักษาทางทันตกรรมจัดฟันที่มีประสิทธิภาพที่ดี คือ การใช้เครื่องมือคงสภาพฟันในการควบคุมตำแหน่งฟันให้อยู่ในตำแหน่งเดิมหลังการรักษาจนกระทั่งเกิดการปรับรูปของเนื้อเยื่อเอ็นยึดปริทันต์และกระดูกที่รองรับฟัน แต่เนื่องจากกระบวนการปรับรูปนั้นใช้ระยะเวลาอันยาวนาน ซึ่งอาจทำให้ความร่วมมือในการใส่เครื่องมือคงสภาพฟันของผู้ป่วยลดลง ส่งผลให้เกิดการคืนกลับของฟันได้ จึงมีการคิดค้นวิธีคงสภาพฟันทางชีวภาพขึ้น เพื่อเป็นการช่วยเร่งให้เกิดกระบวนการปรับรูปของเอ็นยึดปริทันต์และกระดูกรองรับฟัน ทำให้ฟันอยู่ในตำแหน่งใหม่ได้มีเสถียรภาพเร็วขึ้น และอาจช่วยร่นระยะเวลาของการใส่เครื่องมือคงสภาพฟันได้

การเพิ่มประสิทธิภาพการคืนกลับโดยวิธีทางชีวภาพที่นำมาใช้ในมนุษย์มากที่สุดในปัจจุบัน คือ การตัดเส้นใยเหนือสันกระดูกโดยรอบร่วมกับการใช้เครื่องมือคงสภาพฟัน เพื่อป้องกันการคืนกลับของฟันที่บิดหมุน โดยมีผลในการป้องกันการคืนกลับในระยะยาวและไม่ส่งผลเสียต่อเนื้อเยื่อปริทันต์ การคงสภาพฟันโดยการใช้สารทางชีวภาพหรือการใช้ยา ยังไม่ได้มีการนำมาใช้จริงในมนุษย์เนื่องจากการศึกษาถึงผลในการคงสภาพฟันยังมีน้อย จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณการใช้สารทางชีวภาพหรือยาที่เหมาะสม และศึกษาถึงผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นในระยะยาวก่อนนำมาใช้จริง เลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำเป็นอีกวิธีที่อาจนำมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการคงสภาพฟัน เนื่องจากช่วยเร่งให้เกิดกระบวนการปรับรูปของเอ็นยึดปริทันต์และอาจจะมีความเป็นไปได้ที่จะช่วยลดระยะเวลาในการคงสภาพฟัน แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการใช้เลเซอร์บำบัดพลังงานต่ำต้องใช้ร่วมกับเครื่องมือคงสภาพฟันจึงจะมีประสิทธิภาพที่ดี แต่ทั้งนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการคงสภาพฟันน้อยและยังไม่ได้ใช้จริงในมนุษย์ จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงปริมาณความเข้มของการใช้เลเซอร์ และวิธีในการใช้เลเซอร์ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด ในส่วนของการสั่นสะเทือน การศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการเร่งการเคลื่อนฟัน การศึกษาที่เกี่ยวกับการป้องกันการคืนกลับยังมีน้อย และยังไม่มีความชัดเจนว่าสามารถลดการคืนกลับได้จริงหรือไม่ จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความเป็นไปได้ในการป้องกันการคืนกลับของฟัน

ทั้งนี้ จะเห็นได้ว่าในส่วนของ การคงสภาพฟันโดยวิธีทางชีวภาพ ยังอยู่ในช่วงการพัฒนาเพื่อปรับปรุงให้การคงสภาพฟันเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันการศึกษาส่วนใหญ่ ยังเป็นการศึกษาในสัตว์ทดลอง และยังเป็นเพียงการศึกษาในระยะสั้น นอกจากนี้บางการศึกษายังอยู่ในช่วงนำร่องที่มีกลุ่มตัวอย่างน้อย ดังนั้นการคงสภาพโดยวิธีทางชีวภาพ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อรับรองผลของการป้องกันการคืนกลับที่นำไปใช้ได้จริงและควรมีการศึกษาในระยะยาว เพื่อศึกษาทั้งในส่วนของเสถียรภาพของฟันและผลที่อาจเกิดขึ้นทางร่างกาย ด้วยวิทยาการที่ก้าวหน้าการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตอาจทำให้เข้าใจถึงกลไกในการป้องกันการคืนกลับได้มากขึ้น และสามารถหาวิธีที่สะดวกเหมาะสมทั้งในแง่ของผู้ป่วย ทันตแพทย์ และประสิทธิภาพในการป้องกันการคืนกลับได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุดและปลอดภัยก่อนที่จะสามารถนำมาใช้จริงได้ในมนุษย์

เอกสารอ้างอิง

- Melrose C, Millett DT. Toward a perspective on orthodontic retention?. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;113:507-14.
- Littlewood SJ, Millett DT, Doubleday B, Bearn DR, Worthington HV. Orthodontic retention: a systematic review. *J Orthod* 2006;33:205-12.
- Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. *Contemporary Orthodontics*. Missouri: Elsevier Health Sciences; 2014.p.606-20
- Blake M, Garvey MT. Rationale for retention following orthodontic treatment. *J Can Dent Assoc* 1998;64:640-4.
- Zachrisson BU. Long-term experience with direct-bonded retainers: update and clinical advice. *J Clin Orthod* 2007;41:728-37.
- Parker GR. Transseptal fibers and relapse following bodily retraction of teeth: a histologic study. *Am J Orthod* 1972;61:331-44.
- Cesareo R, Napolitano C, Iozzino M. Strontium ranelate in postmenopausal osteoporosis treatment: a critical appraisal. *Int J Womens Health* 2010;2:1-6.
- Pors Nielsen S. The biological role of strontium. *Bone* 2004;35:583-8.
- Canalis E, Giustina A, Bilezikian JP. Mechanisms of anabolic therapies for osteoporosis. *N Engl J Med* 2007;357:905-16.
- Al-Duliamy MJ, Ghaib NH, Kader OA, Abdullah BH. Enhancement of orthodontic anchorage and retention by the local injection of strontium: An experimental study in rats. *Saudi Dent J* 2015;27:22-9.
- Marie PJ, Ammann P, Boivin G, Rey C. Mechanisms of action and therapeutic potential of strontium in bone. *Calcif Tissue Int* 2001;69:121-9.
- Barbara A, Delannoy P, Denis BG, Marie PJ. Normal matrix mineralization induced by strontium ranelate in MC3T3-E1 osteogenic cells. *Metabolism* 2004;53:532-7.
- Marie PJ. Strontium as therapy for osteoporosis. *Curr Opin Pharmacol* 2005;5:633-6.
- Shoji K, Horiuchi H, Shinoda H. Inhibitory effects of a bisphosphonate (risedronate) on experimental periodontitis in rats. *J Periodontal Res* 1995;30:277-84.
- Kim TW, Yoshida Y, Yokoya K, Sasaki T. An ultrastructural study of the effects of bisphosphonate administration on osteoclastic bone resorption during relapse of experimentally moved rat molars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;115:645-53.
- von Knoch F, Jaquier C, Kowalsky M, Schaeren S, Alabre C, Martin I et al. Effects of bisphosphonates on proliferation and osteoblast differentiation of human bone marrow stromal cells. *Biomaterials* 2005;26:6941-9.
- Im GI, Qureshi SA, Kenney J, Rubash HE, Shanbhag AS. Osteoblast proliferation and maturation by bisphosphonates. *Biomaterials* 2004;25:4105-15.
- Ozturk F, Babacan H, Inan S, Gumus C. Effects of bisphosphonates on sutural bone formation and relapse: A histologic and immunohistochemical study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140:31-41.
- Altundal H, Gursoy B. The influence of alendronate on bone formation after autogenous free bone grafting in rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;99:285-91.
- Pampu AA, Dolanmaz D, Tuz HH, Avunduk MC, Kisinisci RS. Histomorphometric evaluation of the effects of zoledronic acid on mandibular distraction osteogenesis in rabbits. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66:905-10.
- Kostenuik PJ, Shalhoub V. Osteoprotegerin: a physiological and pharmacological inhibitor of bone resorption. *Curr Pharm Des* 2001;7:613-35.
- Kostenuik PJ. Osteoprotegerin and RANKL regulate bone resorption, density, geometry and strength. *Curr Opin Pharmacol* 2005;5:618-25.
- Dunn MD, Park CH, Kostenuik PJ, Kapila S, Giannobile WV. Local delivery of osteoprotegerin inhibits mechanically mediated bone modeling in orthodontic tooth movement. *Bone* 2007;41:446-55.

24. Kanzaki H, Chiba M, Takahashi I, Haruyama N, Nishimura M, Mitani H. Local OPG gene transfer to periodontal tissue inhibits orthodontic tooth movement. *J Dent Res* 2004;83:920-5.
25. Zhao N, Lin J, Kanzaki H, Ni J, Chen Z, Liang W et al. Local osteoprotegerin gene transfer inhibits relapse of orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;141:30-40.
26. Mundy G, Garrett R, Harris S, Chan J, Chen D, Rossini G et al. Stimulation of bone formation in vitro and in rodents by statins. *Science* 1999;286:1946-9.
27. Maeda T, Matsunuma A, Kawane T, Horiuchi N. Simvastatin promotes osteoblast differentiation and mineralization in MC3T3-E1 cells. *Biochem Biophys Res Commun* 2001;280:874-7.
28. Yazawa H, Zimmermann B, Asami Y, Bernimoulin JP. Simvastatin promotes cell metabolism, proliferation, and osteoblastic differentiation in human periodontal ligament cells. *J Periodontol* 2005;76:295-302.
29. Seto H, Ohba H, Tokunaga K, Hama H, Horibe M, Nagata T. Topical administration of simvastatin recovers alveolar bone loss in rats. *J Periodontol Res* 2008;43:261-7.
30. Ayukawa Y, Okamura A, Koyano K. Simvastatin promotes osteogenesis around titanium implants. *Clin Oral Implants Res* 2004;15:346-50.
31. Han G, Chen Y, Hou J, Liu C, Chen C, Zhuang J et al. Effects of simvastatin on relapse and remodeling of periodontal tissues after tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:550 e1-7.
32. Ayukawa Y, Yasukawa E, Moriyama Y, Ogino Y, Wada H, Atsuta I et al. Local application of statin promotes bone repair through the suppression of osteoclasts and the enhancement of osteoblasts at bone-healing sites in rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107:336-42.
33. Urist MR, Mikulski AJ, Nakagawa M, Yen K. A bone matrix calcification-initiator noncollagenous protein. *Am J Physiol* 1977;232:C115-27.
34. Mori M, Isobe M, Yamazaki Y, Ishihara K, Nakabayashi N. Restoration of segmental bone defects in rabbit radius by biodegradable capsules containing recombinant human bone morphogenetic protein-2. *J Biomed Mater Res* 2000;50:191-8.
35. Herford AS, Boyne PJ. Reconstruction of mandibular continuity defects with bone morphogenetic protein-2 (rhBMP-2). *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66:616-24.
36. Mellonig JT. Bone allografts in periodontal therapy. *Clin Orthop Relat Res* 1996;324:116-25.
37. Bowers GM, Chadroff B, Carnevale R, Mellonig J, Corio R, Emerson J et al. Histologic evaluation of new attachment apparatus formation in humans. Part I. *J Periodontol* 1989;60:664-74.
38. Bowers GM, Chadroff B, Carnevale R, Mellonig J, Corio R, Emerson J et al. Histologic evaluation of new attachment apparatus formation in humans. Part II. *J Periodontol* 1989;60:675-82.
39. Bowers GM, Chadroff B, Carnevale R, Mellonig J, Corio R, Emerson J et al. Histologic evaluation of new attachment apparatus formation in humans. Part III. *J Periodontol* 1989;60:683-93.
40. Hassan AH, Al-Hubail A, Al-Fraid AA. Bone inductive proteins to enhance postorthodontic stability. *Angle Orthod* 2010;80:1051-60.
41. Leung DW, Cachianes G, Kuang W-J, Goeddel DV, Ferrara N. Vascular endothelial growth factor is a secreted angiogenic mitogen. *Science* 1989;246:1306.
42. Niida S, Kaku M, Amano H, Yoshida H, Kataoka H, Nishikawa S et al. Vascular endothelial growth factor can substitute for macrophage colony-stimulating factor in the support of osteoclastic bone resorption. *J Exp Med* 1999;190:293-8.
43. Kohno S, Kaku M, Tsutsui K, Motokawa M, Ohtani J, Tenjo K et al. Expression of vascular endothelial growth factor and the effects on bone remodeling during experimental tooth movement. *J Dent Res* 2003;82:177-82.
44. Kohno S, Kaku M, Kawata T, Fujita T, Tsutsui K, Ohtani J et al. Neutralizing effects of an anti-vascular endothelial growth factor antibody on tooth movement. *Angle Orthod* 2005;75:797-804.
45. Stewart DR, Sherick P, Kramer S, Breining P. Use of relaxin in orthodontics. *Ann N Y Acad Sci* 2005;1041:379-87.
46. Thompson H. Orthodontic relapses analyzed in a study of connective tissue fibers. *Am J Orthod* 1959;45:93-109.
47. Wiser GM. Surgical resection of the supra-alveolar fibers and the retention of orthodontically rotated teeth in the dog [thesis]. Philadelphia: Temple university ; 1965.
48. Swanson WD, Riedel RA, D'Anna JA. Postretention study: incidence and stability of rotated teeth in humans. *Angle Orthod* 1975;45:198-203.
49. Edwards JG. A surgical procedure to eliminate rotational relapse. *Am J Orthod* 1970;57:35-46.
50. Edwards JG. A long-term prospective evaluation of the circumferential supracrestal fiberotomy in alleviating

- orthodontic relapse. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;93:380-7.
51. Rinaldi SA. Changes in free gingival level and sulcus depth of the human periodontium following circumferential supracrestal fiberotomy. *Am J Orthod* 1979;75:46-53.
 52. Fricke LL, Rankine CA. Comparison of electrosurgery with conventional fiberotomies on rotational relapse and gingival tissue in the dog. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;97:405-12.
 53. Kim SJ, Paek JH, Park KH, Kang SG, Park YG. Laser-aided circumferential supracrestal fiberotomy and low-level laser therapy effects on relapse of rotated teeth in beagles. *Angle Orthod* 2010;80:385-90.
 54. Sarver DM, Yanosky M. Principles of cosmetic dentistry in orthodontics: part 2. Soft tissue laser technology and cosmetic gingival contouring. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:85-90.
 55. Jahanbin A, Ramazanzadeh B, Ahrari F, Forouzanfar A, Beidokhti M. Effectiveness of Er:YAG laser-aided fiberotomy and low-level laser therapy in alleviating relapse of rotated incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;146:565-72.
 56. Mester E, Mester AF, Mester A. The biomedical effects of laser application. *Lasers Surg Med* 1985;5:31-9.
 57. Fujita S, Yamaguchi M, Utsunomiya T, Yamamoto H, Kasai K. Low-energy laser stimulates tooth movement velocity via expression of RANK and RANKL. *Orthod Craniofac Res* 2008;11:143-55.
 58. Yamaguchi M, Hayashi M, Fujita S, Yoshida T, Utsunomiya T, Yamamoto H et al. Low-energy laser irradiation facilitates the velocity of tooth movement and the expressions of matrix metalloproteinase-9, cathepsin K, and alpha(v) beta(3) integrin in rats. *Eur J Orthod* 2010;32:131-9.
 59. Kim SJ, Moon SU, Kang SG, Park YG. Effects of low-level laser therapy after Corticision on tooth movement and paradental remodeling. *Lasers Surg Med* 2009;41:524-33.
 60. Kim SJ, Kang YG, Park JH, Kim EC, Park YG. Effects of low-intensity laser therapy on periodontal tissue remodeling during relapse and retention of orthodontically moved teeth. *Lasers Med Sci* 2013;28:325-33.
 61. Rubin C, Turner AS, Muller R, Mittra E, McLeod K, Lin W et al. Quantity and quality of trabecular bone in the femur are enhanced by a strongly anabolic, noninvasive mechanical intervention. *J Bone Miner Res* 2002;17:349-57.
 62. Judex S, Lei X, Han D, Rubin C. Low-magnitude mechanical signals that stimulate bone formation in the ovariectomized rat are dependent on the applied frequency but not on the strain magnitude. *J Biomech* 2007;40:1333-9.
 63. Oxlund BS, Ortoft G, Andreassen TT, Oxlund H. Low-intensity, high-frequency vibration appears to prevent the decrease in strength of the femur and tibia associated with ovariectomy of adult rats. *Bone* 2003;32:69-77.
 64. Rubin C, Recker R, Cullen D, Ryaby J, McCabe J, McLeod K. Prevention of postmenopausal bone loss by a low-magnitude, high-frequency mechanical stimuli: a clinical trial assessing compliance, efficacy, and safety. *J Bone Miner Res* 2004;19:343-51.
 65. Yadav S, Assefnia A, Gupta H, Vishwanath M, Kalajic Z, Allareddy V et al. The effect of low-frequency mechanical vibration on retention in an orthodontic relapse model. *Eur J Orthod* 2016;38:44-50.