

JDAT

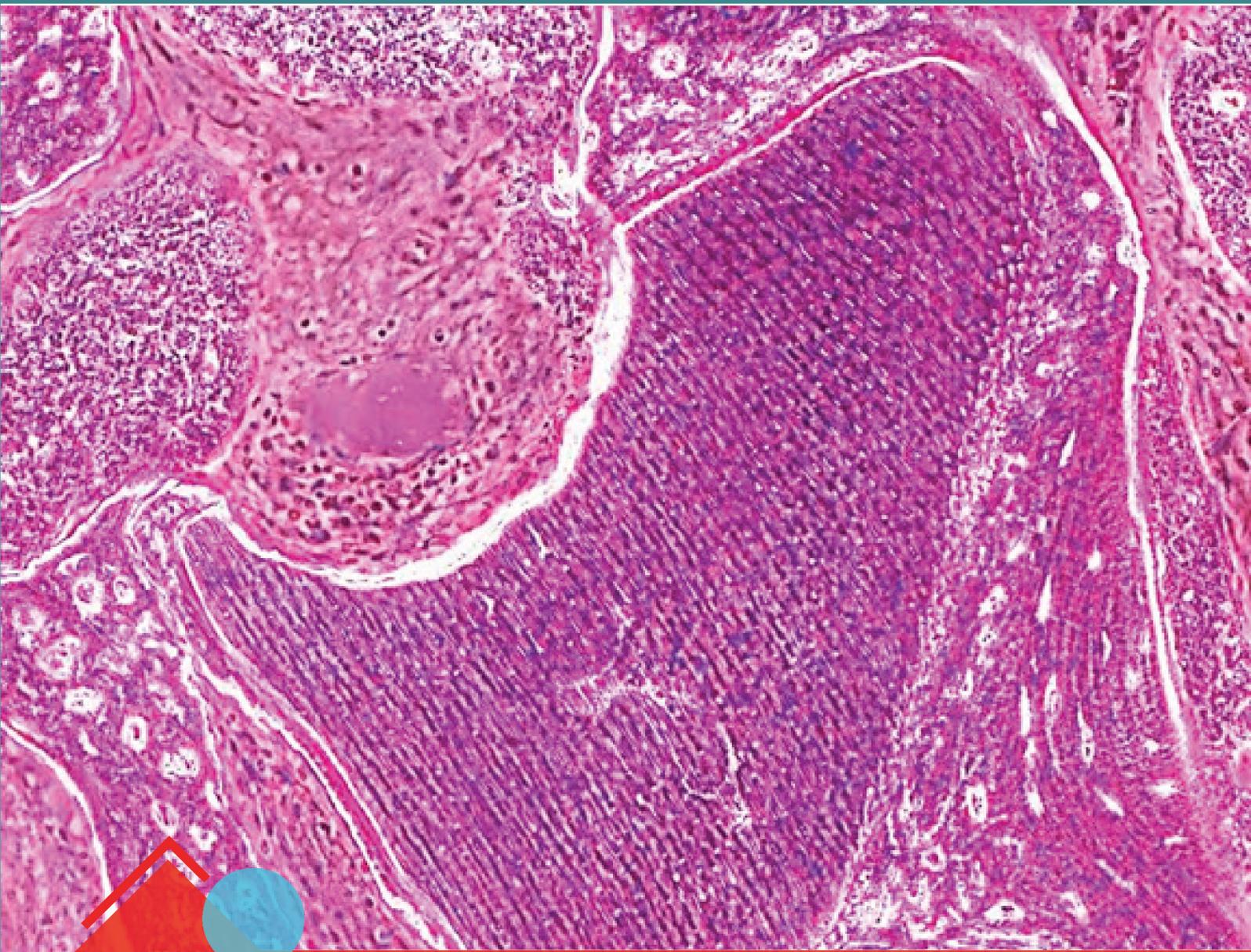
วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์



Journal of the Dental Association of Thailand

| www.jdat.org

ปีที่ 67 ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน 2560 / Volume 67 Number 2 April - June 2017



CE Credits
QUIZ

: Surface Electromyographic Studies on Masticatory Muscle Activity Related to Orthodontics: A Review of Literature

ISSN 2408-1434



วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์
JOURNAL OF THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND



ทันตแพทยสมาคมแห่งประเทศไทย

ในพระบรมราชูปถัมภ์

THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

Advisory Board

Lt. Gen. Phisal	Thepsithar
Asst. Prof. Anonknart	Bhakdinaronk
Dr. Charmary	Reanamporn
Assoc. Prof. Porjai	Ruangstri
Assoc. Prof. Surasith	Kiatpongson
Dr. Wantana	Puthipad
Dr. Werawat	Satayanurug
Prof. Dr. Waranun	Buajeeb
Dr. Prinya	Pathomkulmai

Board of Directors 2016 - 2018

President	Dr. Adirek	S.Wongsa
President Elect	Dr. Chavalit	Karnjanaopaswong
1 st Vice-President	Asst. Prof. Dr. Sirivimol	Srisawasdi
2 nd Vice-President	Assoc. Prof. Dr. Siriruk	Nakornchai
Secretary-General	Prof. Dr. Prasit	Pavasant
Treasurer	Assoc. Prof. Poranee	Berananda
Editor	Dr. Ekamon	Mahapoka
Executive Committee	Clinical Prof. Pusadee	Yotnuengnit
	Lt. Gen. Nawarut	Soonthornwit
	Assoc. Prof. Wacharaporn	Tasachan
	Dr. Somchai	Suthirathikul
	Asst. Prof. Ekachai	Chunhacheevachaloke
	Asst. Prof. Bundhit	Jirajariyavej
	Dr. Prae	Chittinand
	Dr. Kanit	Dhanesuan
	Assoc. Prof. Dr. Patita	Bhuridej
	Asst. Prof. Piriya	Cherdsatirakul
	Dr. Sutee	Suksudaj
	Assoc. Prof. Dr. Teerasak	Damrongrungruang

OFFICE 71 Ladprao 95 Wangtonglang Bangkok 10310, Thailand. Tel. 02-5394748, Fax 02-5141100



วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์

JOURNAL OF THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

Advisory Board

Lt. Gen. Phisal Thepsithar
Prof. Dr. Mongkol Dejnakintra
Prof. Chainut Chongruk
Special Prof. Sittithi S Srisopark
Assoc. Prof. Porjai Ruangsri
Assist. Prof. Phanomporn Vanichanon
Assoc. Prof. Dr. Patita Bhuridej

Editor

Dr. Ekamon Mahapoka

Associate Editors

Prof. Dr. Prasit Pavasant
Prof. Dr. Waranun Buajeeb
Assoc. Prof. Dr. Siriruk Nakornchai
Assoc. Prof. Dr. Nirada Dhanesuan

Editorial Board

Assoc. Prof. Dr. Chaiwat Maneenut, Chulalongkorn University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Waranuch Pitiphat, Khon Kaen University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Nita Viwattanatipa, Mahidol University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Ponlatham Chaiyarit, Khon Kaen University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Lertrit Sarinnaphakorn, Thammasat University, Thailand
Prof. Dr. Suttichai Krisanaprakornkit, Chiang Mai University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Paiboon Techalertpaisarn, Chulalongkorn University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Somsak Mitrirattanaku, Mahidol University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Kitti Torrungruang, Chulalongkorn University, Thailand
Assoc. Prof. Boonlert Kukiattrakoon, Prince of Songkla University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Chootima Ratisoontorn, Chulalongkorn University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Oranat Matungkasombut, Chulalongkorn University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Vanthana Sattabanasuk, Mahidol University, Thailand
Dr. Sutee Suksudaj, Thammasat University, Thailand
Dr. Aroonwan Lam-ubol, Srinakharinwirot University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Tewarit Somkotra, Chulalongkorn University, Thailand
Dr. Thantrira Porntaveetus, Chulalongkorn University, Thailand
Prof. Dr. Antheunis Versluis, The University of Tennessee Health Science Center, USA.
Assoc. Prof. Dr. Hiroshi Ogawa, Niigata University, JAPAN
Assoc. Prof. Dr. Anwar Merchant, University of South Carolina, USA.
Dr. Brian Foster, NIAMS/NIH, USA.
Dr. Ahmed Abbas Mohamed, University of Warwick, UK.

Editorial Staff

Thatchutha Saengchan
Pimpanid Laomana
Anyamanee Kongcheepa

Manager

Assoc. Prof. Poranee Berananda

Journal published trimonthly. Foreign subscription rate US\$ 200 including postage.

Publisher and artwork: Rungsilp Printing Co., Ltd

Please send manuscripts to Dr. Ekamon Mahapoka

Mailing address: 71 Ladprao 95 Wangtonglang Bangkok 10310, Thailand E-mail: jdat.editor@gmail.com



วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์

JOURNAL OF THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

จดหมายจากสารานุกรม

เรากลับมาพบกันอีกครั้งพร้อมอากาศอันร้อนระอุสุดจะทนของฤดูร้อนเมืองไทยที่มาไวและรุนแรงกว่าทุกปีและที่ร้อนแรงไม่น้อยไปกว่าอากาศร้อน ๆ ก็คือ ประเด็นในแวดวงทันตแพทย์ที่สังคมกำลังกล่าวถึงและจับตามองว่าจะลงเอยอย่างไร ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการต่ออายุใบประกอบวิชาชีพหรือเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ในทางทันตกรรมซึ่งไม่ว่าจะบทสรุปจะลงเอยแบบไหนก็ต้องอาศัยการพูดคุยกันอย่างกัลยาณมิตร อย่างเพื่อนร่วมวิชาชีพที่ยึดผลประโยชน์ของผู้ป่วยเป็นสำคัญ

ฉบับนี้ บทความมีความหลากหลายในหลายสาขา บทความปริทัศน์สรุปเกี่ยวกับการรักษาภาวะกระดูกขากรรไกรล่างยื่นด้วยการจัดฟันและเสนอการศึกษากล้ามเนื้อด้วยวิธี surface electromyography ซึ่งเป็นบทความการศึกษาต่อเนื่องที่สมาชิกสามารถเข้าไปตอบเพื่อรับ CE credit ได้ที่เว็บไซต์ของทันตแพทยสภา นอกจากนี้ยังมีบทความทางศัลยศาสตร์เกี่ยวกับรายงานผู้ป่วยการใช้ bone graft เสริมในขั้นตอนการรักษาด้วยรากเทียม การใช้ antithrombotic agent หรือการผ่าตัดเลื่อนขากรรไกรในการรักษาภาวะหยุดหายใจขณะหลับซึ่งน่าสนใจมาก งานด้านวัสดุศาสตร์มีความเกี่ยวกับนวัตกรรมเครื่อง apex locator ที่สร้างขึ้นจากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิตและการศึกษาของสารชะล้างคลองรากฟันที่มีผลต่อผนังคลองรากฟัน ในฐานะของคนทำหนังสือก็หวังว่าสมาชิกจะได้รับความรู้จากบทความเหล่านี้ะครับแล้วพบกันใหม่ฉบับหน้า

สวัสดิ์ปีใหม่ไทยครับ

ทพ. ดร. เอกมน มหาโกคา
สารานุกรม

Instruction for Authors

The Journal of the Dental Association of Thailand welcome submissions from the field of Dentistry and related science. We published 4 issues per year in March, June, September and December.

Categories of the Articles

1. **Review Articles:** an article with technical knowledge collected from journals or textbooks and is profoundly analyzed and criticized.
2. **Case Reports:** a short report of an update case or case series related to dental field which has been carefully analyzed and criticized with scientific observation.
3. **Original Articles:** a research report which has never been published elsewhere and represent new and significant contributions to the field of Dentistry.
4. **Letter to the Editor:** a brief question or comment that is useful for readers

Manuscript Submission

The Journal of the Dental Association of Thailand only accepts online submission. The manuscript must be submitted via <http://www.jdat.org>. Registration by corresponding author is required for submission. We accept articles written in both English and Thai. However for Thai article, English abstract is required whereas for English article, there is no need for Thai abstract submission. The main manuscript should be submitted as .doc or .docx. All figures and tables should be submitted as separated files (1 file for each figure or table). For figures and diagrams, the acceptable file formats are .tif, .bmp and .jpeg with resolution at least 300 dpi. with 2 MB.

Contact Address

Editorial Staff of the Journal of the Dental Association of Thailand

The Dental Association of Thailand

71 Ladprao 95

Wangtonglang Bangkok 10310

Email: jdat.editor@gmail.com

Telephone: 669-7007-0341

Manuscript Preparation

1. For English article, use font of Cordia New Style size 16 in a standard A4 paper (21.2 x 29.7 cm) with 2.5 cm margin on all four sides. The manuscript

should be typewritten with double-spacing.

2. For Thai article, use font of Cordia New Style size 16 in a standard A4 paper (21.2 x 29.7 cm) with 2.5 cm margin on all four sides. The manuscript should be typewritten with 1.5 line spacing. Thai article must also provide English abstract. All references must be in English. For the article written in Thai, please visit the Royal Institute of Thailand (<http://www.royin.go.th>) for the assigned Thai medical and technical terms. The original English words must be put in the parenthesis mentioned at the first time.
3. Numbers of page must be on the top right corner. The length of article should not exceed 10 pages of the journal (approximate 24-28 pages A4, not include figures and tables)
4. Measurement units such as length, height, weight, capacity etc. should be in metric units. Temperature should be in degree Celsius. Pressure units should be in mmHg. The hematologic measurement and clinical chemistry should follow International System Units or SI.
5. Standard abbreviation must be used for abbreviation and symbols. The abbreviation should not be used in the title and abstract. Full words of the abbreviation should be referred at the end of the first abbreviation in the content except the standard measurement units.
6. Position of the teeth may use full proper name such as maxillary right canine or symbols according to FDI two-digit notation and write full name in the parenthesis after the first mention such as tooth 31 (mandibular left central incisor).
7. Every illustration including tables must be referred in all illustrations. The contents and alphabets in the illustrations and tables must be in English. Numbers are used in Arabic form and limited as necessary. During the submission process, all photos and tables must be submitted in the separate files. Once the manuscript is accepted, an author may be requested to resubmit the high quality photos.

Preparation of the Research Articles

1. Title Page

The first page of the article should contain the following information

- Category of the manuscript
- Article title
- Authors' names and affiliated institutions
- Author's details (name, mailing address, E-mail, telephone and FAX number)

2. Abstract

The abstract must be typed in only one paragraph. Only English abstract is required for English article. Both English and Thai abstracts are required for Thai article and put in separate pages. The abstract should contain title, objectives, methods, results and conclusion continuously without heading on each section. Do not refer any documents, illustrations or tables in the abstract. The teeth must be written by its proper name not by symbol. Do not use English words in Thai abstract but translate or transliterate it into Thai words and do not put the original words in the parenthesis. English abstract must not exceed 300 words. Key words (3-5 words) are written at the end of the abstract in alphabetical order with comma (,) in-between.

3. Text

The text of the original articles should be organized in sections as follows

- **Introduction:** indicates reasons or importances of the research, objectives, scope of the study. Introduction should review new documents in order to show the correlation of the contents in the article and original knowledge. It must also clearly indicate the hypothesis.
- **Materials and Methods:** indicate details of materials and methods used in the study for readers to be able to repeat such as chemical product names, types of experimental animals, details of patients including sources, sex, age etc. It must also indicate name, type, specification, and other information of materials for each method. For a research report performed in human subjects, authors should indicate that the study was performed according to the ethical Principles for Medical Research and Experiment involving human subjects such as Declaration of Helsinki 2000 or has been approved by the ethic committees of each institute.
- **Results:** Results are presentation of the discovery of experiments or researches. It should be categorized and related to the objectives of the articles. The results can be presented in various forms such as words, tables, graphs or illustrations etc. Avoid repeating the results both in tables and in paragraph. Emphasize only important issues.
- **Discussion:** The topics to be discussed include the objectives of the study, advantages and disadvantages of materials and methods. However, the important points to be especially considered are the experimental results compared directly with the concerned experimental study.

It should indicate the new discovery and/or important issues including the conclusion from the study. New suggestion, problems and threats from the experiments should also be informed in the discussion and indicate the ways to make good use of the results.

- **Conclusion:** indicates the brief results and the conclusions of the analysis.
- **Acknowledgement:** indicates the institutes or persons helping the authors, especially on capital sources of researches and numbers of research funds (if any).
- **References** include every concerned document that the authors referred in the articles. Names of the journals must be abbreviated according to the journal name lists in "Index Medicus" published annually or from the website <http://www.nlm.nih.gov>

Writing the References

The references of both Thai and English articles must be written only in English. Reference system must be Vancouver system, using Arabic numbers, making order according to the texts chronologically. Titles of the Journals must be in Bold and Italics. The publication year, issue and pages are listed respectively without volume.

Sample of references from articles in Journals

Phantumvanit P, Feagin FF, Koulourides T. Strong and weak acids sampling for fluoride of enamel remineralized sodium fluoride solutions. *Caries Res* 1977;11:56-61.

- Institutional authors

Council on Dental materials and Devices. New American Dental Association Specification No.27 for direct filling resins. *J Am Dent Assoc* 1977;94:1191-4.

- No author

Cancer in south Africa [editorial]. *S Afr Med J* 1994;84:15.

Sample of references from books and other monographs

- Authors being writers

Neville BW, Damn DD, Allen CM, Bouquot JE. Oral and maxillofacial pathology. Philadelphia: WB Saunders; 1995. p. 17-20

- Authors being both writer and editor

Norman IJ, Redfern SJ, editors. Mental health care for the elderly people. New York: Churchill Livingstone; 1996.

- Books with authors for each separate chapter

and also have editor

Sanders BJ, Henderson HZ, Avery DR. Pit and fissure sealants; In: McDonald RE, Avery DR, editors. *Dentistry for the child and adolescent*. 7th ed. St Louis: Mosby; 2000. p. 373-83.

- Institutional authors

International Organization for Standardization. ISO/TR 11405 Dental materials-Guidance on testing of adhesion to tooth structure. Geneva: ISO; 1994.

Samples of references from academic conferences

- Conference proceedings

Kimura J, Shibasaki H, editors. Recent advances in clinical neurophysiology. Proceedings of the 10th International Congress of EMG and Clinical Neuro physiology; 1995 Oct 15-19; Kyoto, Japan. Amsterdam: Elsevier; 1996.

- Conference paper

Hotz PR. Dental plaque control and caries. In: Lang PN, Attstrom R, Loe H, editors. Proceedings of the European Work shop on Mechanical Plaque Control; 1998 May 9-12; Berne, Switzerland. Chicago: Quintessence Publishing; 1998. p. 35-49.

- Documents from scientific or technical reports

Fluoride and human health. WHO Monograph; 1970. Series no.59.

Samples of reference from thesis

Muandmingsuk A. The adhesion of a composite resin to etched enamel of young and old teeth [dissertation]. Texas: The University of Texas, Dental Branch at Houston; 1974.

Samples of reference from articles in press

Swasdison S, Apinhasmit W, Siri-upatham C, Tungpitsyoiitn M, Pateepasen R, Suppipat N, *et al*. Chemical sterilization for barrier membranes is toxic to human gingival fibroblasts. *J Dent Assoc Thai*. In press 2000. *In this case, accepted letter must be attached.

Samples of reference from these articles are only accepted in electronic format

- Online-only Article (With doi (digital identification object number))

Rasperini G, Acunzo R, Limioli E. Decision making in gingival recession treatment: Scientific evidence and clinical experience. *Clin Adv Periodontics* 2011;1: 41-52. doi:10.1902 cap.2011.100002.

- Online only article (without doi)

Abood S. Quality improvement initiative in nursing homes: the ANA acts in an advisory role. *Am J Nurs* 2002;102(6) [cited 2002 Aug 12]

Available from: <http://www.nursingworld.org/AJN/2002/june/Wawatch.htmArticle>.

- Ahead of printing

McGuire MK, Scheyer ET, Nevins M, Neiva R, Cochran DL, Mellonig JT, *et al*. Living cellular construct for increasing the width of keratinized gingival. Results from a randomized, withinpatient, controlled trial [published online ahead of print March 29, 2011]. *J Periodontol* doi:10.1902/jop.2011.100671.

Samples of references from patents/petty patents

Patent

Pagedas AC, inventor; Ancel Surgical R&D Inc., assignee. Flexible endoscopic grasping and cutting device and positioning tool assembly. United States patent US 20020103498. 2002 Aug 1.

Petty patent

Priprem A, inventor, Khon Kaen University. Sunscreen gel and its manufacturing process. Thailand petty patent TH1003001008. 2010 Sep 20.

Preparation of the Review articles and Case reports

Review articles and case reports should follow the same format with separate pages for Abstract, Introduction, Discussion, Conclusion, Acknowledgement and References.

The Editorial and Peer Review Process

The submitted manuscript will be reviewed by at least 2 qualified experts in the respective fields. In general, this process takes around 4 - 8 weeks before the author be notified whether the submitted article is accepted for publication, rejected, or subject to revision before acceptance.

The author should realize the importance of correct format manuscript, which would affect the duration of the review process and the acceptance of the articles. The Editorial office will not accept a submission if the author has not supplied all parts of the manuscript as outlined in this document.

Copyright

Upon acceptance, copyright of the manuscript must be transferred to the Dental Association of Thailand.

PDF files of the articles are available at <http://www.jdat.org>.

Color Printing (baht / 2,000 copy) 1-16 pages for 4,815 baht vat included. 16-36 Pages 9,630 baht vat included. This price is subjected to change with prior notice.



วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์

JOURNAL OF THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

สารบัญ

ปีที่ 67 ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน พ.ศ. 2560

บทความปริทัศน์

Surface Electromyographic Studies on Masticatory Muscle Activity Related to Orthodontics: A Review of Literature

Pattra Sumonsiri

Udom Thongudomporn

A Review on Current Treatment Modality of Mandibular Prognathism

Khitparat Kamoltham

Udom Thongudomporn

การผ่าตัดเลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าเพื่อรักษาภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น

ปจจิมา ไทธรรมยานนท์

ชัชฎา แจ้งศิริพันธ์

รายงานผู้ป่วย

Demineralized Tooth Matrix Used as A Bone Graft in Ridge Preservation: A Case Report

Warisara Ouyyamwongs

Butsakorn Akarawatcharangura

Srisurang Suttapreyasri

บทวิทยากร

Knowledge and Clinical Practice of Antithrombotic Therapy among Dentists in Chiang Mai, Thailand

Chaiporn Karaket

Krit Leemasawat

Arintaya Phrommintikul

Contents

Volume 67 Number 2 April - June 2017

Review Article

107 Surface Electromyographic Studies on Masticatory Muscle Activity Related to Orthodontics: A Review of Literature

Pattra Sumonsiri

Udom Thongudomporn

119 A Review on Current Treatment Modality of Mandibular Prognathism

Khitparat Kamoltham

Udom Thongudomporn

133 Maxillomandibular Advancement in Treating Obstructive Sleep Apnea

Pajjima Thaitammanon

Chidsanu Changsiripun

Case Report

143 Demineralized Tooth Matrix Used as A Bone Graft in Ridge Preservation: A Case Report

Warisara Ouyyamwongs

Butsakorn Akarawatcharangura

Srisurang Suttapreyasri

Original Article

152 Knowledge and Clinical Practice of Antithrombotic Therapy among Dentists in Chiang Mai, Thailand

Chaiporn Karaket

Krit Leemasawat

Arintaya Phrommintikul



วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์

JOURNAL OF THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

สารบัญ

ปีที่ 67 ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน พ.ศ. 2560

บทวิทยากร

In vitro Accuracy Assessment of Electronic Apex

Locator: RSUpex

La-ongthong Vajrabhaya

Kemachart Wangpitukwong

Khuanchanok Laongnualpanich

Pitchayapa Aroonraj

Kanyanun Ramayasinpong

Thanabat Yiampanomkun

Pimtida Watcharapreechawong

Sani Boonyakul

Thawat Kaewgun

Suwanna Korsuwannawong

ผลของกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติกและกรดซิตริกต่อ

ความแข็งระดับจุลภาคของผนังคลองรากฟัน

ศิริพรรณ สุทธิสุวรรณ

ชินาลัย ปิยะชน

Contents

volume 67 Number 2 April - June 2017

Original Article

163 *In vitro* Accuracy Assessment of Electronic Apex

Locator: RSUpex

La-ongthong Vajrabhaya

Kemachart Wangpitukwong

Khuanchanok Laongnualpanich

Pitchayapa Aroonraj

Kanyanun Ramayasinpong

Thanabat Yiampanomkun

Pimtida Watcharapreechawong

Sani Boonyakul

Thawat Kaewgun

Suwanna Korsuwannawong

170

Effect of Ethylenediaminetetraacetic Acid and Citric Acid on the Microhardness of Root Dentin

Siripan Sutthisuwan

Chinalai Piyachon

Front cover image:

Adapted from the image of The demineralized tooth matrix(D) is showing osteoblastic rimming and resorption (*) (H&E stainingX20). (see Ouyyamwongs *et. al.* Pages 148 for details)

Review article

Surface Electromyographic Studies on Masticatory Muscle Activity Related to Orthodontics: A Review of Literature

Pattra Sumonsiri¹ and Udom Thongudomporn¹

¹Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla

Abstract

The understanding of masticatory muscle function and its relationship with craniofacial morphology is essential to the field of orthodontics. Electromyography (EMG) has been used to assess muscle function both qualitatively and quantitatively. Many studies attempted to relate masticatory muscle activity with facial form, but the results have been inconsistent. The influence of the masticatory muscles on orthodontic treatment, specifically vertical malocclusion correction, and stability is still controversial. The purpose of this article is to review the relationship among masticatory muscle function, facial morphology and malocclusion based on the electromyographic studies.

Keywords: Surface electromyography, Masticatory muscle, Malocclusion/Facial morphology

Received Date: Nov 7,2016

Accepted Date: Dec 29,2016

doi: 10.14456/jdat.2017.9

Correspondence to:

Udom Thongudomporn. Orthodontic Section Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90110 Thailand Tel: 0-7442-9875 E-mail: tudom@yahoo.com

Introduction

The form and function of masticatory muscles are believed to correlate with the craniofacial growth and subsequent orthodontic and dentofacial orthopedic treatments.¹⁻⁴ Awareness of skeletal muscular environment is necessary because orthodontic treatment plan is not dependent exclusively on biomechanical factor. Masticatory muscles could affect the active treatment of malocclusions and jaw deformities, as well as the stability of such treatment.⁵

With relevance to orthodontics, the main muscles associated with mastication are anterior and posterior temporal, superficial and deep masseter, superior and inferior lateral pterygoid, medial pterygoid and digastric muscles. Surface electromyography (EMG) is a reliable non-invasive technique for evaluating muscle activity by detecting the electrical potentials via electrodes placed over the skin. Surface EMG has gained popularity in dentistry due to the ease of the procedure.⁶

However, the use of surface EMG in examining superficial muscle action depends on both individual's physiology and recording techniques.⁶

EMG studies seeking to link masticatory muscle activity with facial form, have given various results^{4,7,8} and it is difficult to accurately define such association because of large inter-individual variability and many etiological factors for malocclusions. Vertical malocclusion could result from the interaction of different etiological factors. Masticatory muscle activity may be one factor affecting the bite opening in deep bite correction. There is still much controversy regarding the complex relationship between masticatory muscle features and vertical facial pattern.

This article presents the use of surface electromyography in studying the association between masticatory

muscle and craniofacial morphology. Moreover, changes in muscle activity following orthodontic treatment are also discussed.

Basics of electromyography

In assessment of muscle function, one of the most common recording techniques is electromyography (EMG). The record obtained from electromyography is called Electromyogram⁹ (Fig. 1). This technique assesses the magnitude and duration of muscle activity by recording the intrinsic electrical potential arising from the active motor units.⁶ It has been used to evaluate muscle function both qualitatively and quantitatively.^{10, 11} During both static and dynamic conditions, researchers have gained knowledge of how individual muscles are controlled.

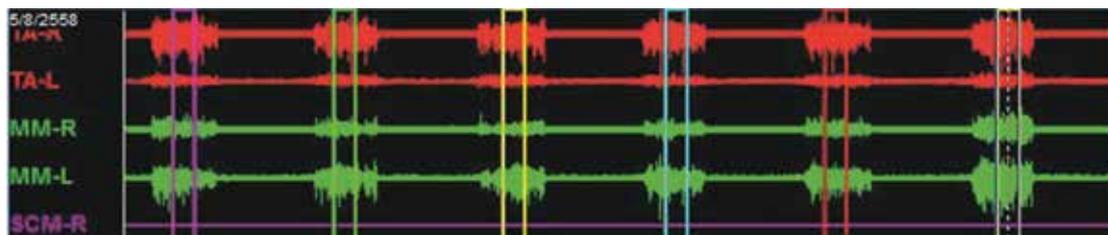


Figure 1 An electromyogram of the action of the left and right temporalis and masseter muscles during maximum occlusal clenching in the intercuspal position

There are two main types of EMG (Fig.2). The first one is intramuscular electromyography in which needles or fine-wire electrodes are inserted through the skin into the muscle. These electrodes can record single motor unit action potentials. The other type is surface electromyography (sEMG), which uses surface electrodes to detect superimposed and summated motor unit

action potentials. Surface EMG is technique-sensitive. It's the accuracy and reliability depends on the position of the electrodes, skin impedance and external noise. The surface electrodes may spontaneously record the signals from nearby muscles. However, sEMG from the superficial masseter muscle and the anterior temporal muscle, has shown acceptable results.¹²



Figure 2 (A) Needle electrodes (B) Surface electrodes

Both needle and surface EMG have their pros and cons. Needle electrodes have less technical artifacts than surface electrodes since the distance between the electrode and the muscle is constant. However, the needle electrodes may cause infection and discomfort. Moreover, the activity of the whole muscle cannot be recorded. Surface electrodes, on the other hand, are less invasive and reduce the risk of infection. The signals obtained from the surface electrodes are considered to represent the activity of the whole muscle or muscle groups. Since electrode placement can be visually monitored, surface recordings are believed to be more reproducible than those obtained intramuscularly.¹⁰ Disadvantages of sEMG are non-specificity resulting from signals recorded from adjacent muscles and increased general noise level, and the loss of signals due to skin properties.¹³ Additionally, the errors may increase when the distance between the electrodes and the muscle is not constant during muscle contraction.¹⁴ It is not possible to compare amplitudes of raw EMG signals. Thus, it is problematic to make quantitative comparisons.¹¹

Factors affecting EMG recordings

Normalization of the raw EMG signal to the maximum voluntary contraction level could be used

when the comparison is needed. Surface EMG has been used widely in physiological investigations of the masticatory muscles.¹⁴ However, quantification of surface EMG recording is dependent on many factors; for example, individual variation in muscle fiber depolarizations, electrode placement location relative to the muscle being studied, skin-electrode contact quality, and signal diminishing characteristics of the intervening tissues.¹³ Changes in the placement of surface EMG electrodes or preparation of the skin to improve contact and reduce skin impedance by scrubbing the skin and wiping it with alcohol can increase the magnitude of the signal recorded.¹⁴ EMG signal processing includes filtering of background noise, modification, smoothing or averaging and integration. However, signal processing does not certainly prove the quantitative comparison of EMG results. Because the magnitude of the recorded signal depends on the distance from the generated signal and on the characteristics of the intervening tissues, amplitudes difference in the same muscle in different individuals and between muscles of the same individual.

Tabe *et al.* compared the activity of masticatory muscles assessed during the day and at night. They found a decrease in the EMG activity at night.¹⁵ Garnick examined three normal subjects under identical conditions

at 20-minute intervals and again after two weeks.¹⁶ The differences of surface recordings from the masseter muscle during mastication were related to the time between recordings. Moreover, Ueda *et al.* recorded sEMG for 24 hours and demonstrated a longer duration of the activity of the temporalis muscles in children and the masseter muscles in adults.¹⁷ This might be because of incomplete development of the dentition and the immaturity of the muscles in children. Ferrario *et al.* showed that the EMG activity of the anterior temporalis and masseter muscles in healthy males and females were similar during rest position and centric occlusion, but different during maximum voluntary clenching (MVC) where males had higher EMG activity than females.¹⁸ Moreover, the masseter muscle had more asymmetrical EMG activity than the temporalis muscle. In this study, the masseter activity was stronger in clenching and dominant for the temporalis activity in

centric occlusion and rest position in males. In contrast, the temporalis muscle activity in females tended to be dominant at every contraction level.

Many investigators have examined muscles at rest, during mastication, and during swallowing.^{10,11,19} However, mastication and swallowing are complex functions that are difficult to control. The mandibular movements may vary in magnitude and speed from subject to subject, or even within the same subject at different times. The level of jaw opening and velocity of contraction have affected recorded EMG magnitudes and patterns.²⁰ The studies of EMG in orthodontics usually record EMG of the masticatory muscles before, during, and after the application of functional orthodontic appliance so as to monitor or assess their effectiveness. The activity of the temporalis and masseter muscles during clenching, chewing, and swallowing have been studied.

Table 1 Summary of factors affecting the EMG signal

Technical factors	Characteristic of recording (Method of recording, muscle examined, electrode placement and examining period) Surface-electrode contact quality Electrical characteristics of the cable Preamplifier and amplifier External noise
Physiological factors	Age, Sex Individual muscle fiber depolarization Temperature Impedance of tissue Crosstalk between muscles Changes in geometry between muscle and electrode

Masticatory muscle activity and malocclusion

Moyers was the first one who attempted to apply electromyography to dentistry.¹² He observed that muscular balance influenced the normal relation of teeth. In orthodontics, the temporalis and masseter are two major superficial muscles that were used to represent masticatory muscle function in sEMG studies. Christensen

et al. revealed that during maximal clenching, the masseter muscle provides most of the isometric force, while the posterior temporalis is the main postural muscle, irrespective of the type of malocclusion.²¹

Masticatory muscle activity and malocclusion in the vertical dimension

The association of vertical malocclusions on the electrical activity has been studied. Ciccone de Faria *et al.* compared the EMG activity of masticatory muscles (the temporal and masseter muscles) in skeletal or dentoalveolar open bite children, aged 6–11 years, with the control group.²² EMG was performed under maximal voluntary clenching and during chewing. They found that the control group presented the highest EMG signals in the temporalis and masseter muscles during MVC (85.2 %). Subjects with a dentoalveolar anterior open bite demonstrated significantly lower temporalis and masseter muscle percentage activity (61.52 %). Patients with a skeletal open bite malocclusion showed the lowest electrical activity (42.13 %), especially during chewing.

Similarly, the study by Yousefzadeh *et al.* recorded EMG activity of the temporalis, masseter, orbicularis oris, and digastric muscles in patients with an anterior open bite, aged 10.1–13.2 years.²³ During clenching, patients with an anterior open bite presented lower EMG activity on the working side compared with the controls. During chewing, the anterior open bite group tends to show higher EMG activity on the balancing side of the temporalis and masseter when compared with the normal subjects. It is also possible that the functional efficiency of the muscles in anterior open bite patients is lower and lacks canine and incisal guidance, or the balancing side interferences activate more of balancing side muscles during mastication. Thus, more or larger

motor units are shown from both sides to generate the necessary force during mastication. Likewise, Ciccone de Faria *et al.* showed that the control and the dentoalveolar anterior open bite groups presented a higher EMG activity when clenching, which differed from the mean values when chewing, but no difference in EMG activity between clenching and chewing in the skeletal open bite group was found.²² Based on these studies, it may be suggested that the maximal activity of masticatory muscles is decreased with anterior open bite. Reduced occlusal stability, increased vertical dimension and weak masticatory muscles were found in subjects with an anterior open bite.

Ahlgren showed the EMG activity during chewing in 80 children, but found no significant correlations between cephalometric measurements and integrated EMG activity. However, there was a tendency to a negative correlation ($r = -0.3$) between EMG activity and the gonial angle.²⁴ Ahlgren *et al.* also studied the maximum voltage amplitudes of surface EMG recordings from the masseter, anterior and posterior temporalis and showed that patients with acute gonial angles had lower levels of masseter muscle activity during swallowing, and higher anterior temporalis activity at rest than those with obtuse gonial angles.²⁵ Similarly, the significant association was found in the study of Lowe and Takada in that a higher resting level for masseter activity was observed in subjects with short mandibles and steep occlusal planes.

Masticatory muscle activity and malocclusion in the sagittal dimension

Table 2 The association of sagittal malocclusions in different Angle molar classification on the electrical activity was studied.

Author	Study Groups	Sample	Age, y	Methods	Main findings
Moreno <i>et al.</i> ²⁶		12 males, 33 females	(22-29) 24	Raw EMG activity of the masseter, anterior and posterior temporalis, digastric muscles during MVC, swallowing and chewing	- The values of temporalis EMG activity in MVC for patients with Angle molar Class I, II, and III were significantly different: 185.40 μ V, 123.46 μ V, and 226.80 μ V, respectively. - Patients with Class II showed higher EMG activity of the temporalis muscles than other classes in deglutition and chewing. - Subjects with Class III achieved the highest activity for the temporalis and masseter muscles during MVC.
	I: right Class I	n = 31			
	II: right Class II	n = 8			
	III: right Class III	n = 6			
	IV: left Class I	n = 30			
	V: left Class II	n = 8			
	VI: left Class III	n = 7			
Cha <i>et al.</i> ²⁷		38 males, 67 females	(22.0 +/-6.7)	Raw EMG activity of the masseter muscles and anterior temporalis during resting and clenching	- No significant differences of masseter activity in resting among all groups except resting for anterior temporalis activity was significantly higher in patients with Class III and SN-GoMe>36°.
	I: Class I malocclusion, normodivergent	n = 27			
	II: Class I, hyperdivergent	n = 20			
	III: Class II, normodivergent	n = 10			
	IV: Class II, hyperdivergent	n = 23			
	V: Class III, normodivergent	n = 12			
	VI: Class III, hyperdivergent	n = 13			
Ahlgren <i>et al.</i> ²⁵		Males		Raw EMG activity of the masseter, orbicularis oris, anterior and posterior temporalis muscles during resting, chewing and swallowing	- No difference between types of occlusion in the EMG activity was found in the rest position, which was greatest for the posterior temporalis muscle for both types of occlusion. - Class II occlusion group had a tendency to develop less EMG activity during chewing than normal occlusion group. - Posterior temporalis activity dominated during rest, and anterior temporalis during mastication. - Less EMG activity in the anterior temporalis and masseter was found during swallowing compared with the normal group
	I: Class II division 1	n = 15	(9-11)		
II: Normal occlusion	n = 15	10.6 (9-13)	10.11		

Moyers ¹²	I: Class II division 1 II: Normal occlusion	n = 16 n = 16	(4.6-16)	Raw EMG activity of the temporalis, masseter, internal and external pterygoid, suprahyoid, mental muscle during resting, occluding and moving	- Variation of the spike potentials of EMG was found, particularly when the temporalis muscle was in an occluded position and at rest. - Increased EMG activity of the posterior temporalis in these subjects was found in Class II.
Pancherz ⁴	I: Class II division 1 II: Normal occlusion	Males n = 23 n = 23	11.9 11.6	Integrated EMG activity of the temporalis, masseter muscles during MVC and chewing peanuts	- Class II presented less EMG activity in the masseter and temporalis muscles during maximal biting in the intercuspal position. - The Class II subjects indicated less EMG activity in the masseter muscle compared with normal subjects during chewing but there were no differences in the temporalis muscle between the two groups.
Lowe and Takada ²⁸	I: Class I II: Class II division 1 III: Class II division 2	n = 18 n = 25 n = 12	(11.9+/- 1.8)	Raw EMG activity of the temporalis, masseter, and orbicularis oris muscles during resting, ICP, clenching, jaw opening and swallowing	- The activity of orbicularis oris muscle at rest and for maximum intercuspation was significantly greater in Class II, Division 2 subjects than Class II, Division 1 and Class I subjects. - Significantly lower anterior temporalis and masseter activity was found in the Class II, Division 1 subjects when compared to Class I subjects for clenching.
Miralles <i>et al.</i> ²⁹	I: Skeletal Class I II: Skeletal Class II III: Skeletal Class III	n = 13 n = 11 n = 9	(16-30) 22.9	Integrated EMG activity of the masseter and anterior temporalis muscles during resting, swallowing and MVC	- Subjects with Class III malocclusion had higher activity for both masseter and anterior temporalis muscles than those with Class I and Class II malocclusion at rest. - However, muscle activities were not significantly different among Class I, II and III malocclusion subjects during MVC. - High correlations between EMG activity and corrected ANB angle, as well as with overjet were found.
Antonini <i>et al.</i> ³⁰	I: Class II division 2 II: Class III	n = 6 n = 7		EMG activity of the masseter and temporalis muscles during mastication and swallowing	- No significant difference of masticatory muscles activity between Class II and Class III malocclusion subjects at rest - Significant difference of masseter and temporalis muscle activities was found between Class II division 2 and Class III malocclusion subjects during mastication and swallowing.

In summary, most of the studies showed no significant difference among Angle's classifications in the maximum voluntary clenching. The EMG signal in the postural position was higher in Class III subjects than in Class I and II subjects, while activities in Class I and II subjects were similar in some studies.

Masticatory muscle activity and malocclusion in the transverse dimension

Many studies have also evaluated the association of transversal malocclusions with the function of the masticatory muscles. Moreno *et al.* observed that the presence of a posterior crossbite caused a large decrease in ipsilateral masseter activity during a maximum effort test.²⁶ Piancino *et al.* have also shown that masseter activity was reduced on the crossbite side, and unchanged or increased on the non-affected side.³¹ On the other hand, Tecco *et al.* showed similar sEMG activity of the masseter muscles in patients with crossbite and the normal group in rest position and during MVC in both sides, and suggested that posterior crossbite had no influence on the activity of masseter muscle.³² However, they detected a significant difference in sEMG activity for the anterior temporalis muscle, which was higher at rest on the crossbite side.

In a longitudinal study of Martin *et al.*, which assessed sEMG activity of the masticatory muscles and kinematics movement changes in patients with unilateral posterior crossbite after orthodontic treatment and one year after the retention phase, the masseter muscle activity was significantly higher and symmetric in post-treatment during mastication.³³ In addition, masseter muscle and anterior temporalis muscle activity in the crossbite side increased significantly post-treatment during clenching and remained unchanged after retention. Therefore, the benefits of approaching children with unilateral posterior crossbite and functional shift as early as possible were emphasized.³⁴

The findings of the aforementioned studies indicate that craniofacial morphology has a considerable

influence on the activity of masticatory muscles. Patients with malocclusion showed a lack of harmony of the muscle activities, which may associate with growth, and the development of cranio-facial skeletal features. Nevertheless, the correlation between craniofacial morphology and masticatory muscle activity remains controversial because of variations in sample selection; for example, skeletal or dental classification, sample size, as well as age and individual differences in the masticatory muscle activity. Probably even more importantly, is how well the masticatory system is adapted to the malocclusion. Moreover, the interpretation of sEMG measurements requires a comprehensive understanding of both the human muscular system and the information reported by the device.

Masticatory muscle activity and facial morphology

Previous studies have presented correlations between facial form and masticatory muscle activity, but their results were difficult to interpret because of poor reliability of the methods used in previous investigations. The studies have evaluated and compared muscle function quantitatively to define the relative contribution from each muscle to accomplish a given function. In 1966, Moller analyzed the relationships between the masseter, the anterior temporalis, and the posterior temporalis muscle activities, and cephalometric characteristics of 36 adult males.³ A significant positive correlation between the EMG activity in the masseter muscle of subjects with mandibular prognathism and a negative association with gonial and mandibular plane angle measurements were found during maximal biting. Acute gonial angles were also correlated with higher anterior temporalis muscle activity during maximum bite. During swallowing and at rest, there was a positive relationship between the amount of facial prognathism and the EMG activity of the masseter muscle.

Ingervall and Thilander studied muscle activity in children aged 9–11 years with normal

occlusion in order to determine variations due to facial morphology.⁸ Facial morphology was examined with the aid of profile cephalometric and dental cast measurements. Children with short lower facial heights showed higher overall muscle amplitudes during mastication than other children. Higher masseter activity during chewing and maximal biting was characterized by small lower anterior facial heights, rectangular shape of the face in profile, and flat mandibular planes.

The associations between muscle activity and facial morphology shown by these studies also depended on other individual factors such as neural control pattern differences or variability in the anatomical and physiological properties of the muscles which may also be important in controlling muscle function during oral function. However, it is difficult to assess such relationships because of the limitations of using EMG technique.

Masticatory muscle activity and orthodontic treatment

Many forms of treatment, both pure orthodontic or orthodontic treatment combined with orthognathic surgery, generate changes in the masticatory muscles. The understanding of muscle reaction is important to the success of treatment and can be used to determine the treatment modality. Orthodontic treatment is likely to change antero-posterior, transverse and vertical dimensions of the patients and enhances normal muscle activity in terms of the establishment of a normal A-P jaw relationship and eliminates the excessive overjet and overbite conditions.

Abnormalities in the vertical dimension have challenged orthodontists. In orthodontics, they provide the greatest complications in the treatment itself and the stability is unpredictable. If forward closing rotation of the mandible occurs, it may produce a short face and deep bite. Most orthodontic mechanics are extrusive. During orthodontic treatment, extrusion acts to maintain or even increase the vertical dimension. It is known that patients with a short vertical dimension can generate

higher occlusal forces than normal patients during swallowing, chewing or maximum clenching. The stronger musculature tends to oppose extrusive forces during orthodontic treatment. Therefore, it might be difficult to produce permanent extrusion of the molars and backward rotation of the mandible in such patients. In contrast, patients with a long face can create lower occlusal forces.³⁵ The undesirable extrusion of molars may occur in these patients. Surprisingly, Proffit found similar bite force magnitude in long-face children and the controlled group.³⁶ The differences in occlusal force arising at puberty were found. The normal group gains masticatory muscle strength, but the long-face group does not. However, it is difficult to instruct young children to bite with maximum force.

Functional appliances can modify vertical opening. It was found that a gradual increase in the vertical dimension caused adaptation of muscles compared with a one-step activation. No change of muscle activity was found through the first few hours following appliance placement. After the first weeks of appliance insertion, decreased posterior temporalis activity and increased masseter muscle activity were observed in both techniques. A considerable increase in muscle activity was observed in the lateral pterygoid muscle.³⁷

Functional appliances are widely used for the correction of sagittal and vertical occlusal discrepancies in growing patients. It can rotate the mandible either forward or downward. This effect may cause stretching of the masticatory muscles. Erdem *et al.* examined the activities of the anterior temporalis and masseter muscles during clenching, chewing and swallowing and the orbicularis oris muscle during whistling in children with class II division 1 malocclusion treated with activator appliance and compared with untreated patients at the start of the therapy and 12 months later.³⁸ The EMG activities of temporalis and masseter muscles during clenching, chewing, and swallowing increased in both groups, particularly in the treatment group. The EMG activity of the orbicularis

oris increased significantly only in the treatment group during whistling.

Saccucci *et al.* also assessed the change in upper and lower orbicular oris muscles created by a performed functional device in 13 children with Class II, division 1 malocclusion, deep bite and labial incompetence and 15 children of the same age with normal occlusion.³⁹ The sEMG recordings were investigated before the therapy, 3 and 6 months after the treatment at rest, during kissing, swallowing, opening the mouth, clenching the teeth, and during protrusion of the mandible. The treatment group showed a lower sEMG activity of the lower orbicular oris muscle compared with the control group at before the therapy, except during swallowing, with significant differences at rest and during mandibular protrusion. From before the therapy to the 3rd month after the therapy, in the treated group, a significant increase in muscle tone was founded, but only at rest. The upper orbicular oris muscle showed a significant increase during protrusion of the mandible between the 3rd and 6th months after the treatment. After the treatment, patients seemed to reach a muscular activity similar to the control group, where no changes in muscle tone were observed by sEMG.

Ceneviz *et al.* examined the immediate result of the EMG activity of muscles in different mandibular positions.⁴⁰ Surface EMG recordings were compared between subjects with a repositioning appliance and non-repositioning appliance. The repositioning appliance increased the vertical dimension and midlined the mandible by aligning the maxillary and mandibular frenum. Non-repositioning appliance increased the vertical dimension in the habitual path of closure. This study found reduced EMG activity of the masticatory and cervical muscles in the MVC and rest positions in the repositioning appliance group. Akkaya *et al.* evaluated the outcomes of spring-loaded posterior bite-blocks on the muscles in the treatment of skeletal anterior open bite children.⁴¹ After the treatment, the increase in muscle activities was observed as a result of the

appliance used. The changes might be the result of an increase in muscle strength from spring-loaded posterior bite-blocks therapy and strengthening the muscles of mastication could have a beneficial effect on the facial growth in children with excessive lower anterior face height. During spring-loaded posterior bite-blocks therapy, more teeth come into seating occlusion while the anterior open bite is closed because of anterior rotation of the mandible. Thus, the significant higher masseter muscle activity during swallowing and higher muscle activity during chewing for the anterior and posterior temporalis and masseter muscles could also be explained by more tooth contact.

Summary

The clinical uses of surface electromyography in dentistry include diagnosis and biofeedback. However, the technique has some limitations in using absolute EMG values to quantify muscle activity during uncontrolled functions. If its reliability could be improved, surface EMG can possibly be used in many areas of orthodontics, for example, monitoring of orthodontic therapies and evaluation of stomatognathic system dysfunctions in subjects with malocclusion under the controlled experimental protocol.

This review describes the association between the function of the masticatory muscles and craniofacial morphology, and confirms the benefits of surface electromyography as a non-invasive, objective, and specific tool that expands our knowledge about the anatomy, physiology and pathology of the stomatognathic system. A more accurate assessment of muscle function and its relationship to facial morphology can be achieved by applying a reliable method for quantifying muscle activity under controlled experimental conditions. The inconsistency in impedance, which affects the reliability, can be reduced by an adequate quantitative EMG analysis with normalization procedures. The results were obtained as a percentage of another high-

reproducible activity of the muscle recorded under the same conditions.

Abnormal EMG activity may indicate the need in solving of many malocclusion problems. Stability of the treatment results from normal and coordinated masticatory muscle activity. However, studies presenting the comparison on the effect of orthodontic treatments on muscle activity between pre and post treatment are few due to unacceptable or uncontrollable experiment protocols.

Acknowledgements

I would like to thank you the reviewers for their comments. I would also like to thank Mr. Mitchell Allan Bruce Atkins for reading and checking English grammar.

References

1. Moss ML, Salentijn L. The primary role of functional matrices in facial growth. *Am J Orthod* 1969;55:566-77.
2. Takada K, Lowe AA, Freund VK. Canonical correlations between masticatory muscle orientation and dentoskeletal morphology in children. *Am J Orthod* 1984;86:331-41.
3. Moller E. The chewing apparatus. An electromyographic study of the action of the muscles of mastication and its correlation to facial morphology. *Acta Physiol Scand Suppl* 1966;280:1-229.
4. Pancherz H. Activity of the temporal and masseter muscles in class II, division 1 malocclusions. An electromyographic investigation. *Am J Orthod* 1980;77:679-88.
5. Pepicelli A, Woods M, Briggs C. The mandibular muscles and their importance in orthodontics: a contemporary review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:774-80.
6. Wozniak K, Piatkowska D, Lipski M, Mehr K. Surface electromyography in orthodontics - a literature review. *Med Sci Monit* 2013;19:416-23.
7. Ahlgren J, Sonesson B, Blitz M. An electromyographic analysis of the temporalis function of normal occlusion. *Am J Orthod* 1985;87:230-9.
8. Ingervall B, Thilander B. Relation between facial morphology and activity of the masticatory muscles. *J Oral Rehabil* 1974;1:131-47.
9. Iyer M, Valiathan A. Electromyography and its application in orthodontics. *Curr Sci* 2001;80:503-6.
10. Castroflorio T, Icardi K, Torsello F, Deregibus A, Debernardi C, Bracco P. Reproducibility of surface EMG in the human masseter and anterior temporalis muscle areas. *Cranio* 2005;23:130-7.
11. Ralston HJ. Uses and limitations of electromyography in the quantitative study of skeletal muscle function. *Am J Orthod* 1961;47:521-30.
12. Moyers RE. Temporomandibular muscle contraction patterns in Angle Class II, division 1 malocclusions; an electromyographic analysis. *Am J Orthod* 1949;35:837-57.
13. Angelone L, Clayton JA, Brandhorst WS. An approach to quantitative electromyography of the masseter muscle. *J Dent Res* 1960;39:17-23.
14. Castroflorio T, Bracco P, Farina D. Surface electromyography in the assessment of jaw elevator muscles. *J Oral Rehabil* 2008;35:638-45.
15. Tabe H, Ueda HM, Kato M, Nagaoka K, Nakashima Y, Matsumoto E, et al. Influence of functional appliances on masticatory muscle activity. *Angle Orthod* 2005;75:616-24.
16. Garnick JJ. Reproducibility of the Electromyogram. *J Dent Res* 1975;54:867-71.
17. Ueda HM, Miyamoto K, Saifuddin M, Ishizuka Y, Tanne K. Masticatory muscle activity in children and adults with different facial types. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118:63-8.
18. Ferrario VF, Sforza C, Miani A Jr, D'Addona A, Barbini E. Electromyographic activity of human masticatory muscles in normal young people. Statistical evaluation of reference values for clinical applications. *J Oral Rehabil* 1993;20:271-80.
19. Lindauer SJ, Gay T, Rendell J. Electromyographic-force characteristics in the assessment of oral function. *J Dent Res* 1991;70:1417-21.
20. Manns A, Miralles R, Palazzi C. EMG, bite force, and

elongation of the masseter muscle under isometric voluntary contractions and variations of vertical dimension. *J Prosthet Dent* 1979;42:674-82.

21. Christensen LV, Kundinger KK. Activity index and isometric contraction velocity of human jaw muscles. *J Oral Rehabil* 1991;18:555-61.

22. Ciccone de Faria Tdos S, Hallak Regalo SC, Thomazinho A, Vitti M, de Felicio CM. Masticatory muscle activity in children with a skeletal or dentoalveolar open bite. *Eur J Orthod* 2010;32:453-8.

23. Yousefzadeh F, Shcherbatyy V, King GJ, Huang GJ, Liu ZJ. Cephalometric and electromyographic study of patients of East African ethnicity with and without anterior open bite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:236-46.

24. Ahlgren JG. Mechanism of mastication; a quantitative cinematographic and electromyographic study of masticatory movements in children, with special reference to occlusion of the teeth. *Am J Orthod* 1967;53:225-8.

25. Ahlgren JG, Ingervall BF, Thilander BL. Muscle activity in normal and postnormal occlusion. *Am J Orthod* 1973;64:445-56.

26. Moreno I, Sanchez T, Ardizzone I, Aneiros F, Celemin A. Electromyographic comparisons between clenching, swallowing and chewing in jaw muscles with varying occlusal parameters. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2008;13:E207-13.

27. Cha BK, Kim CH, Baek SH. Skeletal sagittal and vertical facial types and electromyographic activity of the masticatory muscle. *Angle Orthod* 2007;77:463-70.

28. Lowe AA, Takada K. Associations between anterior temporal, masseter, and orbicularis oris muscle activity and craniofacial morphology in children. *Am J Orthod* 1984;86:319-30.

29. Miralles R, Hevia R, Contreras L, Carvajal R, Bull R, Manns A. Patterns of electromyographic activity in subjects with different skeletal facial types. *Angle Orthod* 1991;61:277-84.

30. Antonini G, Colantonio L, Macretti N, Lenzi GL. Electromyographic findings in Class II division 2 and Class III malocclusions. *Electromyogr Clin Neurophysiol*

1990;30:27-30.

31. Piancino MG, Farina D, Talpone F, Merlo A, Bracco P. Muscular activation during reverse and non-reverse chewing cycles in unilateral posterior crossbite. *Eur J Oral Sci* 2009;117:122-8.

32. Tecco S, Tete S, Festa F. Electromyographic evaluation of masticatory, neck, and trunk muscle activity in patients with posterior crossbites. *Eur J Orthod* 2010;32:747-52.

33. Martin C, Palma JC, Alaman JM, Lopez-Quinones JM, Alarcon JA. Longitudinal evaluation of sEMG of masticatory muscles and kinematics of mandible changes in children treated for unilateral cross-bite. *J Electromyogr Kinesiol* 2012;22:620-8.

34. Venancio F, Alarcon JA, Lenguas L, Kassem M, Martin C. Mandibular kinematic changes after unilateral cross-bite with lateral shift correction. *J Oral Rehabil* 2014;41:723-9.

35. Hunt NP, Cunningham SJ. The influence of orthognathic surgery on occlusal force in patients with vertical facial deformities. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1997;26:87-91.

36. Proffit WR, Fields HW. Occlusal forces in normal and long-face children. *J Dent Res* 1983;62:571-4.

37. Hunt N, Shah R, Sinanan A, Lewis M. Northcroft Memorial Lecture 2005: muscling in on malocclusions: current concepts on the role of muscles in the aetiology and treatment of malocclusion. *J Orthod* 2006;33:187-97.

38. Erdem A, Kilic N, Eröz B. Changes in soft tissue profile and electromyographic activity after activator treatment. *Aust Orthod J* 2009;25:116.

39. Saccucci M, Tecco S, Ierardo G, Luzzi V, Festa F, Polimeni A. Effects of interceptive orthodontics on orbicular muscle activity: a surface electromyographic study in children. *J Electromyogr Kinesiol* 2011;21:665-71.

40. Ceneviz C, Mehta NR, Forgione A, Sands MJ, Abdallah EF, Lobo Lobo S, *et al.* The immediate effect of changing mandibular position on the EMG activity of the masseter, temporalis, sternocleidomastoid, and trapezius muscles. *Cranio* 2006;24:237-44.

41. Akkaya S, Haydar S, Bilir E. Effects of spring-loaded posterior bite-block appliance on masticatory muscles. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118:179-83.

A Review on Current Treatment Modality of Mandibular Prognathism

Khitparat Kamoltham¹ and Udom Thongudomporn¹

¹Department of preventive dentistry, Faculty of Dentistry Prince of Songkla University, Songkhla

Abstract

Mandibular prognathism has been described as one of the most severe maxillofacial deformities. The etiology involves systemic disease, genetic influence or neuromuscular imbalance. Treatment modalities include growth modification, comprehensive orthodontic treatment and combined orthodontic-orthognathic surgery. The early treatment attempts to restrain the prognathic mandible with external force. Skeletal anchorage is also currently used in conjunction with orthopedic appliance. The camouflage treatment is done in more severe cases using various techniques and other adjunctive procedures such as the use of skeletal anchorage and induction of regional acceleratory phenomenon. Mandibular set back can be done in combination with other surgeries to eliminate prognathic jaw. The surgical first approach and the minimal pre-surgical orthodontics (MPO) technique have been popular lately, but careful case selection is necessary. The stability and several factors that contribute to unfavorable treatment outcome are reported.

Keyword: Prognathic mandible, Class III treatment, Stability

Received Date: Nov 7,2016

Accepted Date: Dec 29,2016

doi: 10.14456/jdat.2017.10

Correspondence to:

Udom Thongudomporn. Department of preventive dentistry, Faculty of Dentistry Prince of Songkla University 15 Karnjanavanich Rd., Hat Yai, Songkhla 90110 Thailand Tel: 074-429875 E-mail: tudom@yahoo.com

Introduction

The prevalence of Class III malocclusion has been described between 1 %^{1,2} to over 10 %³ depending on ethnic background, sex, age and diagnostic criteria used.⁴ The prevalence increases in Asian ethics ranging from 4 -5 % for Japanese⁵, 12-14.5 % for Chinese^{6,7} and 19 % for Korean population.⁸ Among the disproportion of Class III skeletal dysplasia which can be manifested as a

mandibular prognathism, maxillary deficiency or a combination of both, the prognathic mandible has been described as one of the most severe maxillofacial deformities.⁹ The etiology of mandibular prognathism varies greatly. It has a possibility to be associated with systemic disease in case of the hyperpituitarism, as growth hormone is over produced resulting in overgrowth

of tissues that are still capable to grow at the time of onset. If the situation emerges during childhood, prominent skeletal growth and large stature occur for the whole body as Gigantism. In contrast, Acromegaly occurs at the adult onset as there is less skeletal growth; the mandible and mandibular condyles appear large together with lips, tongue, nose, paranasal sinuses and sella turcica. In case the mandibular prognathism is associated with excess condylar growth, it can be seen as large mandibular plane angle, flaring of anterior maxillary teeth, anterior open bite and large tongue.¹⁰ Without systemic disease, Class III malocclusions can exist with any variations of the candidate genes that undergo gene-environmental interactions which cause Class III malocclusion comorphologies in the maxillofacial region.¹¹ Moreover, Class III malocclusion is a polygenic disorder resulting from an interaction of susceptibility genes and environmental factors.¹² There was a research on the family pedigrees that confirmed the monogenic dominant phenotype among members of the families. In addition, the genes that encode specific growth factors or other signaling molecules including Indian hedgehog homolog (IHH), parathyroid-hormone like hormone (PTH1H), insulin-like growth factor-1 (IGF-1), and vascular endothelial growth factor (VEGF) were involved in a mechanical strain in the growth of condyles. Levels of these genes' expression are varied and play an important role in the etiology of Class III malocclusion. Therefore, mandibular prognathism typically relates with familial aggregation.¹³ Various genetic models have been described and it is assumed to be a multifactorial and polygenic trait with a threshold for expression. Apart from genetic influence on mandibular prognathism, many evidences show that the environment has an influence on bone remodeling. The alteration of muscle can cause abnormal formation of mandibular shape as it is found that neuromuscular activity is associated with the adaptation of mandibular condyle's structure.¹⁴ There are studies showing that the role of function corresponds with bony structure as the qualitative and

quantitative changes in condylar cartilage occur from the decrease in function. This finding was correlated with Moss's functional matrix hypothesis¹⁵ which reported the roles of genetic and epigenetic influence on craniofacial morphology. The complexity of prenatal growth pattern of the mandible may be affected by the morphology of masseter muscle.¹⁶ In addition, mandibular protrusion may be associated with an increase in lower lip closing force.¹⁷ Apart from the role of muscles, prognathic mandible may be the outcome of the lack of interdigitation as there is no physical restraint, which leads to incremental growth of the condyle.¹⁸ Moreover, the mandibular overclosure and anterior displacement probably play a part in Class III discrepancy. It is complicated to make a clear cut decision whether the jaw discrepancy in Class III malocclusion is actually a result of mandibular position, mandibular size or a combination of both.¹⁹

Treatment modalities

The treatment options for prognathic mandible can be varied depending on age and severity of the problem. At early age, the orthopedic treatment is a treatment of choice to eliminate or to reduce the severity of the problems. The chin cup and/or facemask are used for facial growth modification in Class III treatment. For growing and non-growing patients with mild to moderate Class III problem, the conventional orthodontic treatment is done to compensate abnormal skeletal structure. The range of camouflage treatment is recently widened, but still limited and it must be done with great caution using a variety of techniques. The orthognathic surgery in conjunction with orthodontic treatment can be done in patients with large amount of discrepancy and absence of growth. For patient with mandibular prognathism, sagittal split ramus osteotomy (SSRO) and intraoral vertical ramus osteotomy are common surgical procedures to setback the mandible. The surgery-first approach and the minimal presurgical orthodontics (MPO) technique have been popularized to decrease

the treatment time. In addition, the skeletal anchorage is extensively used to increase the effectiveness of growth modification, camouflage treatment and orthognathic surgery.

Early treatment

Early treatment attempts to restrain mandibular growth by external forces in prognathism patients. It causes downward and backward rotation of the mandible.²⁰ Chin cup therapy is an example to target on the restraint of the mandibular growth. Even though chin cup produces an upward and backward force, the growth in length cannot be diminished with the appliance, but results in the downward rotation of the mandible instead. Therefore, chin cup therapy is favorable for patient with short face, not for long face.

In orthopedic chin cup therapy, prognathic mandible is corrected by backward and downward rotation, whereas change in skeletal dimension is less substantial.²¹ The skeletal framework seems to develop before prepubertal period, therefore chin cup appliance can rarely change the inherited prognathic characteristic at the end of the growth.²² The profile is improved only at the initial stages of chin cup therapy. However, the treatment allows the maxillary growth to catch up with the controls after anterior crossbite correction. The chin cup is also used in conjunction with maxillary protraction appliance. The treatment allows the maxilla to move forward with counterclockwise rotation and the mandible is retarded in growth combined with clockwise rotation.²³

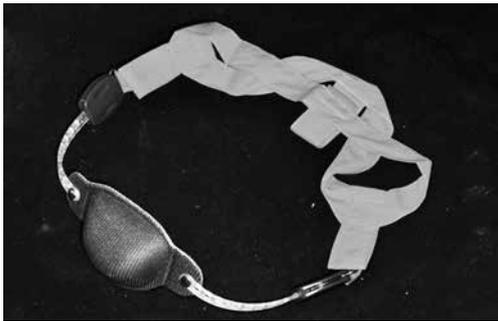


Figure 1 A. Chin cup. B. Maxillary protraction appliance

The post treatment observation shows that the maxillary growth modification from the appliance is persisted, but the mandibular growth is still excessive. As the forward growth of the maxilla is maintained, this leads to the conclusion that the combined maxillary protraction and the chin cup appliance is one of the effective therapies. The intermaxillary traction attached directly to skeletal anchorage can also be used during adolescence to move the maxilla forward and simultaneously restrict the forward mandibular growth, therefore preventing the occurrence of backward jaw rotation.²⁰ There are 2 advantages from using skeletal anchorage in Class III orthopedics i.e. 1) minimizing both

dentoalveolar changes and downward and backward mandibular rotation and 2) providing greater skeletal changes for the maxilla, mandible, and temporomandibular joint from light continuous force from Class III elastics. The remodeling or relocation of the condylar fossa and distal movement of the condyles are discovered in CBCT superimpositions. They observed that only 20 % of the patients had forward movement of chin. Most longitudinal studies reveal the relapse of prognathic mandible after growth. The characteristics that determine successful chin cup therapy in patients with skeletal Class III malocclusions is the amount of backward rotation from the orthopedic treatment.²⁴ The greater clockwise rotation of the mandible

during chin cup therapy leads to greater forward rotation and forward mandibular growth as a relapse in later years. The initial cephalometric value that may be used to predict the relapse of mandibular growth is the large gonial angle as it is mostly observed in unsuccessful cases. In addition, the forward position of the mandible that occur after pubertal growth in Class III growing patients is found in patients who have small ramal length, large mandibular length, and obtuse gonial angle.²⁵ As a consequence, it would be wise to evaluate these parameters in the diagnosis and treatment planning of the growing skeletal Class III malocclusion patients before initiating orthopedic therapy. Skeletal Class III malocclusion should be over-corrected aggressively toward Class II occlusal relationship. The positive overbite and overjet relationships should be achieved in the early treatment to be able to maintain long-term stability of the treatment outcome.²⁶

Conventional orthodontic treatment

For patients who are over aged for growth modification, it is always a challenge to make a good choice for the camouflage treatment or the combined orthodontic and orthognathic surgery. The guideline for non-surgical compromised treatment described by Proffit²⁷ was applicable to only mild skeletal Class III patients who had reasonably good alignment of teeth and good vertical proportion. The acceptable occlusion and reasonable facial esthetics could be achieved by adjustment of incisor position. The reason for not compromising moderate Class III cases is because retraction of the lower incisors often makes the chin more prominent and worsen the facial profile. Vertical problem is also likely to develop by extruding mechanic on posterior teeth and cause long face problem. However, the risk and cost of surgical procedure are higher than conventional orthodontic treatment and patients sometimes refuse to undergo surgery. There are recently wide ranges of techniques which involves camouflage treatment in more severe cases. The

treatment can be done with non-extraction or extraction procedure depending on individual plan.

Several studies have shown the successful Class III non-extraction treatment using multibrackets with Class III elastics and multiloop edgewise archwire therapy (MEAW).²⁸⁻³¹ Class III elastics can be used to correct Class III relationship, but it has adverse effects; proclination of the maxillary incisors, extrusion of the maxillary molars and downward and backward rotation of the mandible. These consequences affect the inclination of occlusal plane, the interincisal relationship and the temporomandibular joint, thus it may cause unpleasing facial profile and instability of the result. With caution of those adverse effects, Class III elastics are still the most approved tools in the correction of Class III skeletal discrepancy and the clockwise rotation of the mandible actually benefits prognathic mandible patients with prominent chin. The extrusion of posterior teeth moves the dentition toward Class I occlusion and provides backward mandibular rotation to improve Class III facial profile. In this case, the lower facial height is also increased, so it is contraindicated in patients who have long face. In addition to the conventional archwire, the multiloop edgewise archwire technique is introduced to control individual teeth with the use of Class III elastics, as the tip back activation in posterior segments uprights and distalizes all lower teeth to correct Class III malocclusion. The multiloop edgewise archwire technique can distalize and upright all mandibular teeth without significant clockwise rotation of the mandible which is favorable for patient with openbite tendency.³² Compliance is still needed for the use of Class III elastics otherwise openbite would be worsened. Instead of attaching Class III elastics directly on the maxillary teeth, microimplant can be placed on the maxilla as point of elastics application to multiloop edgewise archwire in order to decrease upper molar extrusion. As a consequence, the backward mandibular rotation can be prevented.³³ The upper incisors are not proclined, so the positive overjet is mainly obtained from the distal tipping of lower molars

and the retroclination of lower incisors, which improve the patients' profile more than the MEAW itself. When

using maxillary skeletal anchorage, the lower dentition is attached to it while the upper dentition is not.

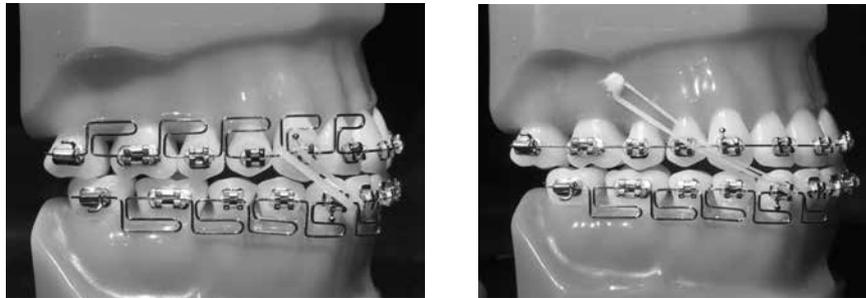


Figure 2 A. Multiloop edgewise archwire technique with Class III elastics attached to upper dentition.
B. Multiloop edgewise archwire technique with Class III elastics to maxillary skeletal anchorage.

Nowadays, temporary anchorage devices can be used to correct Class III malocclusion by a variety of mechanics. Microimplant is also feasible to be used with multiloop edgewise archwire to eliminate patient's compliance from wearing Class III elastics. Moreover, they can be placed to correct Class III malocclusion in the upper arch by mesializing total maxillary dentition or in the lower arch by distalizing total mandibular dentition. For mandibular arch, the well-known position for microimplant placement is the retromolar area or the interradicular space between the mandibular first molars and the second premolars, or between the first and second molars. The retraction of mandibular dentition can be done by distalization or uprighting the teeth with elastics or coil springs attached to microimplants. In case the maxillary dentition is to be moved forward, microimplant placement can be done at anterior maxillary arch to protract the maxillary teeth. To avoid arch expansion after outward direction of pull from buccal protraction, palatal implant can be used together with buccal implant to cancel the side effect.³² The transpalatal arch may be placed to control posterior teeth inclination or the torque compensation in the archwire can be helpful. Even though the microimplants provide much more mechanical advantages than the conventional technique, the biological limitation should be taken into account. Regional acceleratory phenomenon is sometimes introduced combining with microimplant

system to reduce the treatment time. Regional acceleratory phenomenon obtains from some types of procedure such as puncturing cortical bone and extracting tooth. There are also other types of procedures that accelerate tooth movement i.e. laser treatment, vibration, and a pharmaceutical approach during retraction of the mandibular dentition and protraction of the maxillary dentition.

Extraction of four premolars, lower premolars, mandibular molars or mandibular incisor can be done to correct Class III problem non-surgically. Lower teeth are removed to provide space for incisor retraction in order to compensate for the prognathic jaw. However, the extraction choices depend on many factors such as tooth-arch discrepancy, cephalometric discrepancy, facial profile, anteroposterior relationships, dental asymmetry, facial pattern and pathologies.³⁴ Lower premolar extraction is commonly done in Class III camouflage treatment or four premolar extractions can be performed when upper teeth also present with protrusion or significant amount of crowding. Satisfied occlusal relationship and improve facial esthetics can be achieved with the use of Class III elastics for final settling in the borderline surgical-orthodontic patients.³⁵⁻³⁶ For patients who have vertical growth pattern, it would be favorable to extract lower molars to close the bite from wedging effect of condyles and to allow counter clockwise rotation of the mandible to

occur. Careful consideration on chin prominence should be made especially in patients who already have an overclosure as it increases with mandibular forward rotation. So molar extraction is more suitable in the prognathic one with vertical growth pattern, but have a chinless appearance. Moreover, the presence of lower third molar is the prerequisite for this type of treatment. The extraction of mandibular molars is also performed when the premolars are missing or the molar itself has unrestorable pathology.³⁷ Lower second molars can be extracted for dental compensation in moderate Class III cases with vertical growth pattern and normal overjet & overbite can be achieved. The occlusal plane rotates anteriorly and the counter clockwise rotation of the mandible occurs.³⁸ Jacob *et al.* reported that the potential side effect was the upper second molars elongation. Therefore, opposing teeth should be well controlled especially when extracting the mandibular molars because the treatment time often prolongs during space closing procedure. The extraction of the mandibular incisor is done in some conditions such as mild to moderate Class III malocclusion, mild anterior mandibular tooth size excess, periodontally compromised teeth, ectopic eruption of mandibular incisor and minimal openbite tendencies.³⁹ Incisor could be extracted when posterior occlusion is acceptable, the crowding of upper and lower incisors is minimal and the overjet should be edge-to-edge relationship or not lesser than negative one millimeter because the extraction space is going to be used for anterior crossbite correction. Even though, successful treatment has been obtained in many studies, the stability needs to be re-evaluated. In summary, the choices of extracting teeth need to be evaluated individually on the case-by-case basis, as there are several factors involved. The examples of extraction option are degree of crowding, shifting of dental midlines, initial and final occlusion, number and size of teeth, quality and quantity of alveolar bone housing, condition of teeth and other environmental factors that affect malocclusion.

Orthodontic treatment combined with orthognathic surgery

The degree of severity, skeletal pattern and age of patient indicate whether Class III treatment can be done with camouflage treatment or orthognathic surgery. According to Baik's study, the camouflage treatment was only recommended for patients who presented with a mild to moderate skeletal Class III discrepancy and a hypodivergent skeletal pattern.⁴⁰ Relapse occurred in the long-term after treatment in patients who exhibited late excessive mandibular growth; hence, they were not good candidates for this type of conventional orthodontic treatment. In contrast, a study by Burns *et al.* showed that there were no significant differences in skeletal, dental, and soft-tissue changes between camouflage and surgical groups after the treatment.⁴¹ Therefore, wide range of skeletal dysplasia could undergo conventional orthodontic treatment when tooth movement provided no deleterious effects to the periodontium. However, the optimum treatment plan for skeletal Class III patients should be diagnosed and established properly avoiding unrealistic expectation from clinicians and patients. In general, the orthognathic surgery combined with orthodontic therapy in adult mandibular prognathism is an indication for moderate to severe Class III skeletal discrepancy. The clinical indicator is more clearly explained with the envelopes of discrepancy presented by Proffit and Ackerman in 1985 which showed limitation of orthodontic treatment alone, orthopedic treatment and orthognathic surgical treatment.² Moreover, Zeng *et al.* reported of appropriate ANB and L1-MP angle for orthodontic camouflage, as they should be over -3 and more than 82 degrees, respectively.⁴³ Similarly, Kerr *et al.* showed that the value below -4 and less than 83 degrees were the point at which surgery was almost always carried out.⁴⁴ On the other hand, Rabie *et al.* recommended using 12 degree Holdaway angle as a cutoff point in determining the treatment modalities.⁴⁵ Stellzig-Eisenhauer, *et al.* also conducted a proper guideline to separate Class III

patients who could be properly treated orthodontically from those who required orthognathic surgery using stepwise discriminant analysis.⁴⁶ The study was based on large samples leading to highly significant result for the discriminant function model. The Wits appraisal, length of the anterior cranial base, maxillary/mandibular (M/M) ratio, and lower gonial angle were extracted variables. The resulting equation was Individual score = $-1.805 + 0.209\text{Wits} + 0.044\text{SN} + 5.689\text{M/M ratio} - 0.056\text{Golower}$. If the individual score was lesser than 0.023, the orthodontic treatment combined with orthognathic surgery was recommended. Nevertheless, limitations of

the multivariate model were that the cephalometric analysis and the clinical record used in this study disregarded the transverse components and the facial esthetics. All in all, clinicians' perception and patients' expectation are important in selecting treatment modality as well as other biological and biomechanical limitations.

The surgical correction for mandibular prognathism contains two common methods, which are sagittal split ramus osteotomy (SSRO) and the intraoral vertical ramus osteotomy.⁴⁷ Both methods provide desirable occlusion relationship for the patients by setting back the mandible.

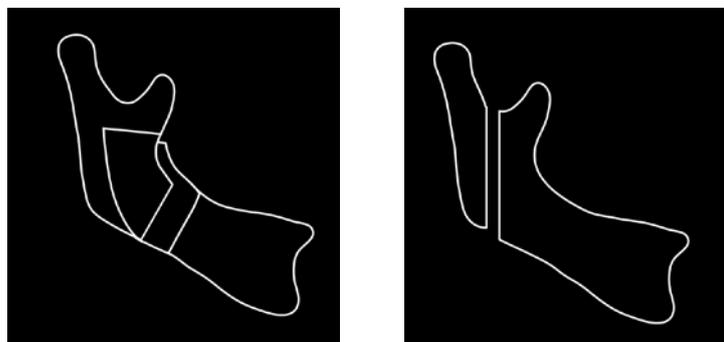


Figure 3 A. Sagittal split ramus osteotomy. B. Intraoral vertical ramus osteotomy

In case of mandibular prognathism, dentoalveolar compensation is likely to occur in both maxillary and mandibular arches. The role of orbicularis oris musculature may restrain the lower incisors and alveolar process to retrocline the crown while the roots move forward with the mandible causing lingual tipping of the mandibular incisors along with the alveolar process to compensate for the prognathic mandible. In contrast, upper incisors and upper alveolar process are more proclined as the tongue in prognathic jaw tips them labially. The role of pre-surgical orthodontics is to eliminate dentoalveolar compensation by aligning them in their proper basal bone so that the mandible can be set back more extensively. The better functional and aesthetic results are obtained by

proper orthodontic preparation during decompensation procedure. The amount of tooth movement for decompensation may be beyond orthodontic limit. It can be corrected surgically by anterior segmental osteotomy for both upper and lower arches. Apart from setting back the mandible, it is able to move in many directions. For example, moving it backward along the occlusal plane helps decrease in the mandibular plane and anterior facial height. In asymmetrical case, setting back the mandible with different amount can also be done. The transverse dimension can be corrected by either narrowing mid-symphysis or widening with distraction osteogenesis, but the distance should not exceed the amount at which torqueing of the condyles occur.

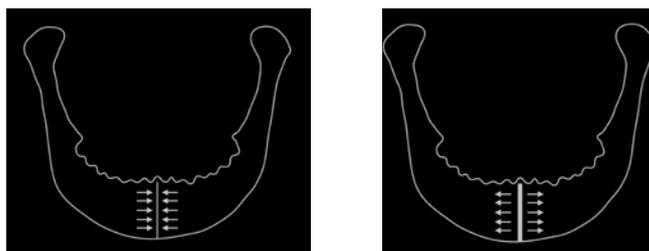


Figure 4 A. Mandibular narrowing. B. Mandibular widening

Subapical segmental osteotomy is sometimes used instead of mandibular set back in case of compromised airway or in combination with mandibular set back to increase the amount of mandibular retraction. Class III skeletal discrepancy sometimes occurs with maxillary dysplasia. The surgical correction of maxilla such as maxillary advancement for antero-posterior correction or surgical assisted rapid palatal expansion for transverse correction often needs to increase the stability for maxillary expansion. In more severe cases, distraction osteogenesis is performed to increase bone and soft tissue healing in the osteotomy area, so the jaw can be moved for a greater distance. However, the orthodontic treatment combined with orthognathic surgery is always a multidisciplinary approach involving decision from surgeon, orthodontist and patient.

The concept of surgery first followed by orthodontic treatment has recently been popularized. This concept and technique are called “surgery - first orthognathic – approach” or “surgery - first approach”.

The criteria suggested by Sharma *et al.* for this type of treatment were well-aligned to mild crowding, flat to mild curve of Spee, normal to mild proclination/ retroclination of incisors, minimal transverse discrepancy and cases in which minimal decompensation was needed.⁴⁸ Liou *et al.* emphasized that the technique treated esthetics first and then occlusion by using osteotomy to solve both skeletal problems and dental compensation.⁴⁹ The solid final occlusion was set up with postoperatively adjunctive orthodontic treatment. The benefits of surgery-first approach include improvement of the patient’s chief complaint, dental function, and facial esthetics since the start of the treatment and postoperative accelerated orthodontic tooth movement helps decrease difficulty and treatment time in the orthodontic treatment. The regional acceleratory phenomenon occurs after an osteotomy and produces a transient burst of bone remodeling and turnover activities for 3–4 months after the orthognathic surgery.⁴⁸

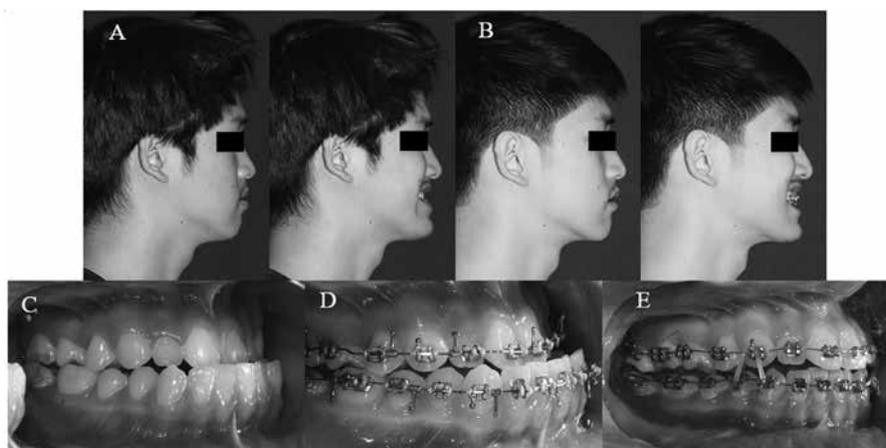


Figure 5 Example of a surgical-first patient showing immediate profile and occlusal improvement.
 A. Pre-treatment profile. B. Post-surgical profile. C. Pre-treatment occlusion.
 D. Surgical archwire passively inserted prior to surgery. E. Post-surgical treatable occlusion

Even though there is a psychosocial benefit as the patients do not need to suffer from deteriorated facial profile and poor occlusal function during decompensation phase, there is difficulty in matching dentition during surgery because the orthodontic decompensation and arch coordination have not yet been done. Therefore, precise prediction is very important. Some studies reported the instability and unpredictable results from surgical first technique.⁵⁰⁻⁵¹ If major orthodontic movement after surgical-first procedure is required, the conventional approach is better selected, otherwise post-surgical orthodontic treatment is prone to be complicated. Recently, the minimal presurgical orthodontics (MPO) technique is introduced to increase the predictable results of surgery.⁵²⁻⁵⁵ The pre-surgical orthodontic treatment is reduced to a maximum of 6 months including maxillary and mandibular arch coordination and eliminating or minimizing occlusal interferences. The advantage of surgical-first procedure is that the patients do not need to experience worsen appearance and occlusion from prolonged pre-surgical phase as much as in the conventional orthognathic surgery. Furthermore, the treatment time is shortened as the post-surgical regional acceleratory phenomenon (RAP) still occurs for post-surgical orthodontic tooth movement.⁵⁶⁻⁵⁸ In conclusion, the technique selected should be feasible for both orthodontist and surgeon and it will give greatest benefit to the patients in term of function, esthetics and stability. In addition, unrealistic expectation from patients should be initially explained and eliminated.

Stability

The early treatment begins at various ages depending on the types of malocclusion and patient's compliance. There are both stable and acceptable treatment outcomes, and unstable unsatisfactory results in the long term.^{21-23,59-61} Types of mandibular rotation & displacement and the degree of forward growth of the mandible are associated with unstable outcomes in patients who undergo early chin cup treatment during mixed dentition.⁶² During the early treatment

stage, the mandible is rotated downward and backward. The relapse occurs from the growth that causes rotation in an upward-and-forward direction. The forward growth and upward-and-forward rotation occur tremendously after the puberty. The key initial cephalometric features that discriminate stable and unstable groups are the gonial angle, N-A-Pog angle and ramus plane to SN plane angle. The gonial angle is significantly larger at the beginning in the unstable group and increases progressively with the growth. Ferro *et al.* also suggested that the initial low Wits appraisal, increased ramus length, decreased ANB angle, less overbite and high SNB angle were associated with the relapse of the facial growth.⁶³ Treatment with splints, Class III elastics, and chin cup did not cause backward mandibular rotation; therefore, the forward growth rotation found in follow-up for 9 years could not be considered a relapse from the early treatment. Moreover, it was found that 81.8 percent of the long-term follow-up patients, who underwent combination of RME and chin cup treatment followed by fixed appliances, had stable treatment results.⁶⁴ The mandibular position shows favorable outcomes meanwhile the RME and protraction from chin cup therapy can be considered an efficient appliance in treating growing girls with mild skeletal Class III malocclusion caused by maxillary retrusion and mandibular protrusion. Most of the early treatment requires second phase of fixed conventional orthodontic treatment using Class III elastics. Treatment in patients with growth potential gives successful results by gradual dentoalveolar remodeling together with proper treatment mechanics and sufficient treatment time.⁶⁵ For patients who undergo camouflage treatment which often increases the initial dental compensation without producing noticeable skeletal change. The facial changes are limited, but the satisfactory and stable occlusion on 3-year follow up are obtained with dental and smile esthetic improvement.⁶⁶ However, the stability of non-surgical Class III treatment still requires further investigation as there are only a small amount of stud-

ies on this type of treatment modality.

The stability of sagittal split ramus osteotomy for mandibular setback surgery with rigid internal fixation was reviewed systematically by Joss and Vassalli. From 14 articles including post-surgical study with time ranging from 6 weeks to 12.7 years, it was found that the horizontal short-term relapse was between 9.9 % and 62.1 % at point B and between 15.7 % and 91.3 % at pogonion.⁶⁷ Long-term relapse was between 14.9 % and 28.0 % at point B and between 11.5 % and 25.4 % at pogonion. In the long-term, the amount of relapse did not change significantly from the short-term follow-up. Major relapse usually occurred within 1 year postoperatively.⁶⁸ In the long-term, horizontal relapse was 2.3 mm (28.0 %) at B point and 3.0 mm (34.1 %) at pogonion and vertical relapse was 1.6 mm (69.6 %) at B point and 1.7 mm (85.0 %) at pogonion as reported by De Villa *et al.* In contrast, the hard tissue relapse at Pogonion was only 21 % at 1 year after the surgery from Chou *et al.*'s study.⁶⁹ The sagittal split ramus osteotomy technique for mandibular setback provides reasonably effective treatment and stable results for both the short and long term follow-ups. Relapse occurs from multifactorial causes such as proper seating of the condyles, the amount of setback, the soft tissue and muscles, remaining growth and remodeling, and gender, whereas the age of patients does not show any correlations.⁷⁰ The magnitude of setback is not correlated with the amount of relapse at point B and pogonion, while the amount of vertical relapse at B point and pogonion is significantly correlated with the magnitude of vertical and downward surgical displacement.⁶⁸ The post-operative relapse for mandibular setback using sagittal split ramus osteotomy is minimized with intentional ostectomy of the posterior part of the distal segment. Kim *et al.* compared the results between the 2 groups and found that the group with intentional osteotomy had less post-operative relapse at both 6 and 12-month follow-ups.⁷¹ They concluded that this technique might be used to increase long-term stability. The relapse of hard and soft tissue can be different.

The stability of soft tissue profile after mandibular setback in SSRO in the long-term showed the relapse at point B and pogonion of 3 % and 13 %, respectively after 12.7-year follow-up. Overall, the surgical technique, the normal process of human aging, the initial growth direction, and remodeling processes affect postoperative long-term stability. Female also exhibits more favorable direction of growth because of further posterior movement of the mandibular soft tissue.⁷⁰

The stability between one and two-jaw surgery are compared in order to evaluate the effectiveness of one-jaw mandibular setback surgery with rigid internal fixation over the two-jaw technique.⁷² The main cause of forward movement of the chin is a recovery of ramus inclination in patients undergoing 1-jaw mandibular surgery. The 2-jaw group has rather forward movement of the gonion or upward movement of the maxilla that allows upward-forward rotation of the mandible as a cause of chin position change. It can be concluded that the control of ramus position is better with the 2-jaw surgery. Ngan and Moon described 80 % stability of maxillary position after the surgery. The relapse tendency was less than 4 mm.³² Therefore, mandibular setback combined with maxillary advancement together with rigid fixation provided acceptably stable results. The unstable result is often found in isolated mandibular setback. The factor that causes relapse of mandibular surgery is condylar sagging because the condyles sag posteriorly when patient is in a supine position during the surgery. The mandible moves anteriorly to its original position resulting in surgical relapse. The 2-jaw surgery is now often performed for Class III correction to increase post-treatment stability. Another factor associates with relapse after mandibular setback is the muscular factor.⁴⁷ The reduction of muscular force should be considered because exacerbation of tension in the pterygomasseteric sling or postoperative contracture of the operated soft tissue and muscles lead to unstable results. Moreover, the application of the distal ostectomy technique (intentional ostectomy of the posterior part

of the distal segment) in addition to bilateral SSRO can reduce the relapse significantly as the technique decreases the tension in the pterygomasseteric sling in the posterior mandible.

Conclusion

The selection of treatment plan for mandibular prognathism depends on both biological and mechanical considerations. However, the ideal treatment plan does not always perform; the limitations such as risk and cost must be taken into account. At some points, both clinicians and patients agree to the preferable compromised treatment, hence, precise communication regarding patient's expectation prior to initiation of treatment is essential.

Acknowledgement

The authors would like to thank Asst.Prof. Dr.Bancha Samruajbenjakun and Dr.Navarat Voravongsagul for providing an example of surgical-first patient. We wish to express our sincere gratitude to all staffs and colleagues at the Orthodontic section for their consistent support and encouragement.

Reference

1. Emrich RE, Brodie AG, Blayney JR. Prevalence of Class 1, Class 2, and Class 3 malocclusions (Angle) in an urban population. An epidemiological study. *J Dent Res* 1965;44:947-53.
2. Hill IN, Blayney JR, Wolf W. The Evanston Dental Caries Study. XIX. Prevalence of malocclusion of children in a fluoridated and control area. *J Dent Res* 1959;38:782-94.
3. El-Mangoury NH, Mostafa YA. Epidemiologic panorama of dental occlusion. *Angle Orthod* 1990;60:207-14.
4. Staudt CB, Kiliaridis S. Different skeletal types underlying Class III malocclusion in a random population. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:715-21.
5. Ishii H, Morita S, Takeuchi Y, Nakamura S. Treatment effect of combined maxillary protraction and chin cap appliance in severe skeletal Class III cases. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987;92:304-12.
6. Lew KK, Foong WC. Horizontal skeletal typing in an ethnic Chinese population with true Class III malocclusions. *Br J Orthod* 1993;20:19-23.
7. Chan GK. Class 3 malocclusion in Chinese (Cantonese): etiology and treatment. *Am J Orthod* 1974;65:152-7.
8. Lim HH, Yoon YI, Kim KW. A study of the characteristics of craniofacial skeleton on orthognathic surgical cases with skeletal Class III malocclusion. *Korean J Orthod* 1998;28,189-201.
9. Graber LW. Chin cup therapy for mandibular prognathism. *Am J Orthod* 1977;72:23-41.
10. White SC, Pharoah MJ. Oral Radiology: Principles and Interpretation, *5th Ed. St. Louis: Mosby Inc., 2009*
11. Singh GD. Morphologic determinants in the etiology of Class III malocclusions: a review. *Clin Anat* 1999;12:382-405.
12. Xue F, Wong RW, Rabie AB. Genes, genetics, and Class III malocclusion. *Orthod Craniofac Res* 2010;13:69-74.
13. Cruz RM, Krieger H, Ferreira R. Major gene and multifactorial inheritance of mandibular prognathism. *Am J Med Genet A* 2008;146a:71-7.
14. McNamara JA, Jr. Functional adaptations in the temporomandibular joint. *Dent Clin North Am* 1975;19:457-71.
15. Moss ML. New studies of cranial growth. *Birth Defects Orig Artic Ser* 1975;11:283-95.
16. Burdi AR, Spyropoulos MN. Prenatal growth patterns of the human mandible and masseter muscle complex. *Am J Orthod* 1978;74:380-7.
17. Chen S, Cai Y, Chen F. Lip closing force of Class III patients with mandibular prognathism: a case control study. *Head & Face Medicine* 2014;10:33.
18. van Vuuren C. A review of the literature on the prevalence of Class III malocclusion and the mandibular prognathic growth hypotheses. *Aust Orthod J* 1991;12:23-8.

19. Kerr WJ, TenHave TR. Mandibular position in Class III malocclusion. *Br J Orthod* 1988;15:241-5.
20. De Clerck HJ, Proffit WR. Growth modification of the face: A current perspective with emphasis on Class III treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015;148:37-46.
21. Lu YC, Tanne K, Hirano Y, Sakuda M. Craniofacial morphology of adolescent mandibular prognathism. *Angle Orthod* 1993;63:277-82.
22. Sugawara J, Mitani H. Facial growth of skeletal Class III malocclusion and the effects, limitations, and long-term dentofacial adaptations to chincap therapy. *Semin Orthod* 1997;3:244-54.
23. Yoshida I, Ishii H, Yamaguchi N, Mizoguchi I. Maxillary protraction and chincap appliance treatment effects and long-term changes in skeletal Class III patients. *Angle Orthod* 1999;69:543-52.
24. Ko YI, Baek SH, Mah J, Yang WS. Determinants of successful chincup therapy in skeletal Class III malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:33-41.
25. Ghiz MA, Ngan P, Gunel E. Cephalometric variables to predict future success of early orthopedic Class III treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:301-6.
26. Westwood PV, McNamara JA Jr, Baccetti T, Franchi L, Sarver DM. Long-term effects of Class III treatment with rapid maxillary expansion and facemask therapy followed by fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:306-20.
27. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. Contemporary orthodontics. *4th ed. C.V. Mosby, St Louis*;2007:234-267.
28. Leon-Salazar V, Janson G, de Freitas MR, de Almeida RR, Leon-Salazar R. Nonextraction treatment of a skeletal Class III malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:736-45.
29. Kondo E, Arai S. Nonsurgical and nonextraction treatment of a skeletal Class III adult patient with severe prognathic mandible. *World J Orthod* 2005;6:233-47.
30. Lertnimulchai S, Godfrey K. Non-Surgical and Non-Extraction Treatment of a Severe Skeletal Class III Deep Bite Patient. *J Dent Assoc Thai* 2015;65:21-33.
31. Paulo Beltrão. Class III High Angle Malocclusion Treated with Orthodontic Camouflage (MEAW Therapy), Issues in Contemporary Orthodontics, Prof. Farid Bourzgui (Ed.), *InTech*, DOI: 10.5772/59511.
32. Ngan P, Moon W. Evolution of Class III treatment in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015;148:22-36.
33. He S, Gao J, Wamalwa P. Camouflage treatment of skeletal Class III malocclusion with multiloop edgewise arch wire and modified Class III elastics by maxillary mini-implant anchorage. *Angle Orthod* 2013;83:630-40.
34. Ruellas ACO, Ruellas RMO, Romano FL, Pithon MM, Santos RL. Tooth extraction in orthodontics: an evaluation of diagnostic elements. *Dental Press J Orthod* 2010;15:134-57.
35. Ning F, Duan Y. Camouflage treatment in adult skeletal Class III cases by extraction of two lower premolars. *Korean J Orthod* 2010;40:349-357.
36. Ning F, Duan Y, Huo N. Camouflage treatment in skeletal Class III cases combined with severe crowding by extraction of four premolars. *Orthod Waves* 2009;68:80-87.
37. Fukui T, Harada F, Morita S, Saito I. Nonsurgical treatment of adult skeletal Class III malocclusion with crowding and missing four premolars corrected with extraction of mandibular first molars. *Orthod Waves* 2012;71:31-38.
38. Jacobs C, Jacobs-Muller C, Hoffmann V. Dental compensation for moderate Class III with vertical growth pattern by extraction of the lower second molars. *J Orofac Orthop* 2012;73:41-8.
39. Rachala MR, Aileni KR, Dasari AK, Sinojiya J. Biomechanical considerations in mandibular incisor extraction cases. *Int J Orthod Milwaukee* 2015;26:47-51.
40. Baik HS. Limitations in Orthopedic and Camouflage Treatment for Class III Malocclusion. *Semin in Orthod* 2007;13:158-74.
41. Burns NR, Musich DR, Martin C. Class III camouflage treatment: what are the limits? *Am J Orthod Dento-*

- facial Orthop* 2010;137:9.e1-9.e13; discussion 9-11.
42. Graber TM, Vanarsdall RL, Vig KW, editors. Orthodontic current principles and techniques. 4th ed. St Louis: *Mosby* ;2005. p. 973.
 43. Zeng XL, Lin JX, Huang JF. Skeletal crossbite: surgery or orthodontics? *West China J Stomatol* 1985;3:233-7.
 44. Kerr WJ, Miller S, Dawber JE. Class III malocclusion: surgery or orthodontics? *Br J Orthod* 1992;19:21-4.
 45. Rabie ABM, Wong RWK, Min G. Treatment in Borderline Class III Malocclusion: Orthodontic Camouflage (Extraction) Versus Orthognathic Surgery. *Open Dent J* 2008;2:38-48.
 46. Stellzig-Eisenhauer A, Lux CJ, Schuster G. Treatment decision in adult patients with Class III malocclusion: orthodontic therapy or orthognathic surgery? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122:27-37; discussion 37-8.
 47. Chang HP, Tseng YC, Chang HF. Treatment of mandibular prognathism. *J Formos Med Assoc* 2006;105:781-90.
 48. Sharma VK, Yadav K, Tandon P. An overview of surgery-first approach: Recent advances in orthognathic surgery. *J Orthod Sci* 2015;4:9-12.
 49. Liou EJ, Chen PH, Wang YC. Surgery-first accelerated orthognathic surgery: orthodontic guidelines and setup for model surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2011;69:771-80.
 50. Baek SH, Ahn HW, Kwon YH, Choi JY. Surgery-first approach in skeletal Class III malocclusion treated with 2-jaw surgery: evaluation of surgical movement and postoperative orthodontic treatment. *J Craniofac Surg* 2010;21:332-8.
 51. Kim CS, Lee SC, Kyung HM, Park HS, Kwon TG. Stability of mandibular setback surgery with and without presurgical orthodontics. *J Oral Maxillofac Surg* 2014;72:779-87.
 52. Ko EW, Hsu SS, Hsieh HY. Comparison of progressive cephalometric changes and postsurgical stability of skeletal Class III correction with and without presurgical orthodontic treatment. *J Oral Maxillofac Surg* 2011;69:1469-77.
 53. Wang YC, Ko EW, Huang CS, Chen YR, Takano-Yamamoto T. Comparison of transverse dimensional changes in surgical skeletal Class III patients with and without pre-surgical orthodontics. *J Oral Maxillofac Surg* 2010;68:1807-12.
 54. Joh B, Bayome M, Park JH. Evaluation of minimal versus conventional presurgical orthodontics in skeletal Class III patients treated with two-jaw surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2013;71:1733-41.
 55. Kim JW, Lee NK, Yun PY, Moon SW, Kim YK. Postsurgical stability after mandibular setback surgery with minimal orthodontic preparation following upper premolar extraction. *J Oral Maxillofac Surg* 2013;71:1968.e1-68.e11.
 56. Frost HM. The biology of fracture healing. An overview for clinicians. Part I. *Clin Orthop Relat Res* 1989;248:283-93.
 57. McBride MD, Campbell PM, Opperman LA, Dechow PC, Buschang PH. How does the amount of surgical insult affect bone around moving teeth? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;145:S92-9.
 58. Yuan H, Zhu X, Lu J. Accelerated orthodontic tooth movement following le fort I osteotomy in a rodent model. *J Oral Maxillofac Surg* 2014;72:764-72.
 59. Deguchi T, Kuroda T, Minoshima Y, Graber TM. Craniofacial features of patients with Class III abnormalities: growth-related changes and effects of short-term and long-term chin cup therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:84-92.
 60. Hagg U, Tse A, Bendeus M, Rabie AB. Long-term follow-up of early treatment with reverse headgear. *Eur J Orthod* 2003;25:95-102.
 61. Reed E, Kiebach TJ, Martin C. Stability of early Class III orthopedic treatment. *Semin Orthod* 2014;20:114-27 .
 62. Tahmina K, Tanaka E, Tanne K. Craniofacial morphology in orthodontically treated patients of Class III malocclusion with stable and unstable treatment outcomes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:681-90.
 63. Ferro A, Nucci LP, Ferro F, Gallo C. Long-term stability of skeletal Class III patients treated with splints, Class III elastics, and chin cup. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:423-34.
 64. Palma JC, Tejedor-Sanz N, Oteo MD, Alarcon JA. Long-term stability of rapid maxillary expansion combined

with chin cup protraction followed by fixed appliances. *Angle Orthod* 2015;85:270-7.

65. Cai B, Zhao XG, Xiang LS. Orthodontic decompensation and correction of skeletal Class III malocclusion with gradual dentoalveolar remodeling in a growing patient. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;145:367-80.

66. Estelita S, Janson G, Chiqueto K. Extreme Dental Compensation in an Adult Skeletal Class III Malocclusion: 3-Year Follow-up of a Successfully Compromised Treatment. *Int J Orthod Milwaukee* 2015;26:69-76.

67. Joss CU, Vassalli IM. Stability after bilateral sagittal split osteotomy setback surgery with rigid internal fixation: a systematic review. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66:1634-43.

68. de Villa GH, Huang CS, Chen PK, Chen YR. Bilateral sagittal split osteotomy for correction of mandibular prognathism: long-term results. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63:1584-92.

69. Chou JI, Fong HJ, Kuang SH. A retrospective analysis of the stability and relapse of soft and hard tissue change after bilateral sagittal split osteotomy for mandibular setback of 64 Taiwanese patients. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63:355-61.

70. Joss CU, Vassalli IM, Thuer UW. Stability of soft tissue profile after mandibular setback in sagittal split osteotomies: a longitudinal and long-term follow-up study. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66:1610-6.

71. Kim MJ, Kim SG, Park YW. Positional stability following intentional posterior osteotomy of the distal segment in bilateral sagittal split ramus osteotomy for correction of mandibular prognathism. *J Craniomaxillofac Surg* 2002;30:35-40.

72. Proffit WR, Phillips C, Turvey TA. Stability after mandibular setback: mandible-only versus 2-jaw surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2012;70:e408-14.

การผ่าตัดเลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้า เพื่อรักษาภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น

Maxillomandibular Advancement in Treating Obstructive Sleep Apnea

ปจิวา ไทธรรมยานนท์¹ และ ชิดสนุ แจ็งศิริพันธ์¹

Pajima Thaitammayanon¹ and Chidsanu Changsiripun¹

¹ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

¹Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University Bangkok

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีผู้ป่วยประสบกับภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้นมากขึ้น ซึ่งหากไม่ได้รับการรักษาอาจเป็นอันตรายถึงชีวิต โดยการรักษาสามารถทำได้หลายวิธีทั้งแบบอนุรักษ์และการผ่าตัด การตัดสินใจเลือกวิธีการรักษาแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความรุนแรงของโรค ความต้องการของผู้ป่วย ตลอดจนข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดของการรักษาแต่ละแบบ การผ่าตัดเลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าเป็นหนึ่งในวิธีการรักษาที่มีประสิทธิภาพและให้ผลสำเร็จที่ดี แต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้ก็มิมีข้อเสีย เช่น ความเสี่ยงจากการผ่าตัดและค่าใช้จ่ายในการผ่าตัดที่สูง บทความนี้นำเสนอภาพรวมของการผ่าตัดเลื่อนขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้า รวมถึงผลของการผ่าตัดดังกล่าวต่อภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น ผลต่อลักษณะใบหน้าด้านข้างของผู้ป่วย ภาวะแทรกซ้อนจากการผ่าตัด และเสถียรภาพภายหลังการผ่าตัด

คำสำคัญ: การผ่าตัดเลื่อนขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้า, ศัลยกรรมจัดกระดูกขากรรไกร, ภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น

Abstract

Currently, the number of obstructive sleep apnea (OSA) patients has been increasing. OSA can be life threatening if it is not treated. The clinician can perform either conservative or surgical treatment. Treatment choice depends on several factors, such as OSA severity, patient needs, and the advantages and limitations of each treatment. Maxillomandibular advancement (MMA) is considered to be the most effective surgical technique for treating OSA and has a high success rate. However, this approach has disadvantages, such as the associated risks and cost.

This review article presents an overview of MMA, including its effect in treating OSA, facial profile changes, complications, and stability after MMA.

Keywords: Maxillomandibular advancement, Orthognathic surgery, Obstructive sleep apnea

Received Date: Sep 20,2016

Accepted Date: Dec 21,2016

doi: 10.14456/jdat.2017.11

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

ชัชมนุญ แจ่มศิริพันธ์ ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนอังรีดูนังต์ ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 ประเทศไทย โทรศัพท์ :02-2188932 โทรสาร: 02-2188953 อีเมล: Chidsanu.C@chula.ac.th

Correspondence to:

Chidsanu Changsiripun. Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Henri-Dunant Road, Pathumwan, Bangkok 10330 Thailand Tel: 02-2188932 Fax: 02-2188953 E-mail: Chidsanu.C@chula.ac.th

บทนำ

ในปัจจุบันภาวะการหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น (obstructive sleep apnea; OSA) เป็นความผิดปกติที่พบบ่อยมากขึ้น การนอนกรน (snoring) เป็นสัญญาณเตือนหนึ่งของการอุดกั้นของทางเดินหายใจส่วนบน โดยภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้นนี้เกิดจากการอุดกั้นของทางเดินหายใจมากจนกระทั่งเกิดการหยุดหายใจเป็นช่วง ๆ ขณะหลับทำให้ระดับออกซิเจนในเลือดที่ไปเลี้ยงสมอง หัวใจ และอวัยวะสำคัญอื่น ๆ ลดลง นำไปสู่อาการต่าง ๆ เช่น ง่วงซึมในเวลากลางวัน ความจำแย่ลง ปวดศีรษะตอนเช้า หงุดหงิด กังวลใจ และไม่มีสมาธิ หากปล่อยเอาไว้โดยไม่ได้รับการรักษาอาจเป็นสาเหตุของโรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดในสมอง ภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ และกล้ามเนื้อหัวใจตายเฉียบพลันจากการขาดเลือด¹⁻⁵

การรักษาภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น

ปัจจุบันทางเลือกในการรักษาภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้นมีอยู่หลายวิธี โดยการตัดสินใจเลือกวิธีการรักษานั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความรุนแรงของโรค ความต้องการของผู้ป่วย ตลอดจนข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดของการรักษาแต่ละแบบ เนื่องจากบทความนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำเสนอการรักษาด้วยวิธีการผ่าตัดเลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้า ดังนั้นจึงจะกล่าวถึงวิธีอื่นแต่พอสังเขปเท่านั้น ทั้งนี้สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากบทความปริทัศน์ที่เจาะลึกไปในแต่ละประเภทการรักษา^{6,7}

การรักษาแบบอนุรักษ์ (Conservative treatments)

- การปรับพฤติกรรม เช่น การลดน้ำหนัก การหลีกเลี่ยงการใช้น้ำที่ออกฤทธิ์กดประสาทส่วนกลาง การหลีกเลี่ยงเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และการเปลี่ยนลักษณะท่านอนเป็นการนอนตะแคง
- การใช้เครื่องมือช่วยทำให้ทางเดินหายใจกว้างขึ้นหรือไม่อุดกั้นขณะนอนหลับใช้ในกรณีที่มีการอุดกั้นของทางเดินหายใจไม่มาก เช่น การใส่อุปกรณ์ยื่นขากรรไกรล่าง (Mandibular positioning device) เพื่อเลื่อนขากรรไกรล่างมาทางด้านหน้าในขณะหลับ
- การใช้เครื่องเป่าดันลมเพื่อเปิดขยายทางเดินหายใจ (Continuous positive airway pressure: CPAP) เป็นวิธีที่ใช้บ่อยที่สุดในการรักษาภาวะหยุดหายใจขณะหลับแบบอนุรักษ์ โดยเป็นการนำหน้ากาก (mask) ครอบจมูกและปาก ซึ่งหน้ากากนี้จะต่อกับเครื่องมือที่สามารถขับลมออกมา ซึ่งลมที่ขับออกมาขณะนอนหลับจะช่วยค้ำยันไม่ให้ทางเดินหายใจอุดกั้นขณะหายใจเข้า นอกจากนั้นความดันของลมที่เป่าเข้าไปในทางเดินหายใจ จะกระตุ้นให้เกิดกิริยาสนองฉับพลัน (reflex) ทำให้ความตึงตัวของกล้ามเนื้อในระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งวิธีนี้จัดว่าเป็นวิธีการรักษาที่มีประสิทธิภาพ และมีความปลอดภัยสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่เป็นโรคระดับปานกลางถึงรุนแรง⁷ อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการรักษาขึ้นอยู่กับว่าผู้ป่วยสามารถใช้เครื่องได้มากหรือน้อยเพียงใด โดยมีรายงานพบว่าถึงแม้ผู้ป่วยจะทราบความจำเป็นและประโยชน์จากการรักษาด้วยเครื่องเป่าดันลมเพื่อเปิดขยาย

ทางเดินหายใจแล้วก็ตาม แต่ก็ยังมีผู้ป่วยที่ไม่ร่วมมือ (poor compliance) ทำให้ไม่ได้ใช้เครื่องอย่างต่อเนื่องถึงประมาณร้อยละ 50⁸ นอกจากนี้ยังมีอีกประมาณร้อยละ 30 ของผู้ป่วยที่ปฏิเสธไม่ใช้เครื่องเลยนับตั้งแต่ได้รับการวินิจฉัยโรค⁹

การรักษาด้วยวิธีการผ่าตัด (Surgical treatments)

ในกรณีที่ผู้ป่วยไม่ให้ความร่วมมือ หรือใช้วิธีการรักษาแบบอนุรักษ์ซึ่งที่กล่าวมาข้างต้นแล้วไม่ประสบผลสำเร็จในการรักษา อาจจำเป็นต้องเปลี่ยนวิธีการรักษาเป็นวิธีการผ่าตัดแทน¹⁰ ซึ่งการผ่าตัดเพื่อรักษาภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้นมีหลายวิธี เช่น

- การเจาะหลอดลมคอ (Tracheostomy) เป็นการผ่าตัดเพื่อเปิดหลอดลมคอให้ติดต่อกับภายนอกร่างกาย โดยเสียง (bypass) ทางเดินหายใจไม่ให้ผ่านช่วงระบบทางเดินหายใจส่วนบนที่มีการอุดกั้น¹¹
- การผ่าตัดตกแต่งกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่ออ่อนบริเวณเพดานอ่อน ลิ้นไก่ ผนังคอหอยให้ตึงและกระชับขึ้น (Uvulopalatopharyngoplasty: UPPP) เป็นการผ่าตัดที่เอาต่อมทอนซิล ลิ้นไก่ และเนื้อเยื่ออ่อนที่หย่อนยานบริเวณผนังคอหอยด้านหลัง (posterior pharyngeal wall) ออก และทำให้เพดานอ่อนสั้นลง มักใช้ในกรณีที่พบว่าตำแหน่งอุดกั้นของทางเดินหายใจอยู่ระดับเพดานอ่อน สำหรับการผ่าตัดนี้มักได้ผลดีในรายที่ยังมีทอนซิลค่อนข้างใหญ่และมีน้ำหนักตัวไม่มาก¹²
- การฝังพิลลาร์ (Pillar) เข้าไปในเพดานอ่อน เพื่อให้เพดานอ่อนเกิดการคงตัวมากขึ้นและลดการสั่นสะเทือนที่บริเวณนี้¹³
- การผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้า (Maxillomandibular advancement: MMA)

การผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้า (Maxillomandibular advancement: MMA)

ในปี 1979 Kuo และคณะ¹⁴ เริ่มใช้การศัลยกรรมจัดกระดูกขากรรไกร (orthognathic surgery) ในการรักษาผู้ป่วยที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น การรักษาเป็นการเคลื่อนโครงสร้างที่ยึดกับกล้ามเนื้อซูปราไฮอยด์ (suprahyoid) กล้ามเนื้อยึดเพดานอ่อนและผนังคอหอย (velopharyngeal) มาข้างหน้า ทำให้คอหอยส่วนจมูก (nasopharynx) คอหอยส่วนปาก (oropharynx) และคอหอยส่วนกล่องเสียง (hypopharynx) มีปริมาตรเพิ่มขึ้น การเคลื่อนมาข้างหน้านี้นี้จะทำให้เพดานอ่อน ลิ้น และเนื้อเยื่อคอหอยส่วนหน้า (anterior pharyngeal tissue) เคลื่อนมาข้างหน้าด้วย ทำให้ทางเดินหายใจส่วนหลัง (posterior airway) ขยายขนาดใหญ่ขึ้นและการหย่อนของเนื้อเยื่อคอหอย

(pharyngeal tissue) ลดลง เป็นผลให้การอุดกั้นของช่องทางเดินหายใจส่วนหลัง (posterior airway space) ลดลง นอกจากนี้ Li และคณะ¹⁵ พบว่า การผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าทำให้ผนังด้านข้างของคอหอย (pharynx) รวมถึงกล้ามเนื้อคอหอยส่วนกล่องเสียงเกิดการตึงตัว ดังนั้นจึงทำให้มีเสถียรภาพหลังการผ่าตัดและการแฟบ (collapse) ของคอหอยส่วนกล่องเสียงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

การผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าเป็นการผ่าตัดที่ถือว่ามีประสิทธิภาพมากในการรักษาผู้ป่วยผู้ใหญ่ที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น¹⁶ อัตราความสำเร็จของการรักษาโดยใช้การผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 85-95¹⁷⁻²¹ จากการศึกษาในภาพรังสีสามมิติภายหลังการผ่าตัด แสดงให้เห็นว่าทางเดินหายใจส่วนบนมีการขยายมากขึ้นในแนวหน้าหลังและแนวด้านข้าง ตั้งแต่ระดับของเพดานแข็งจนถึงระดับกระดูกไฮอยด์²²

เทคนิคที่ใช้ในการผ่าตัด

ในขากรรไกรล่าง: ศัลยกรรมตัดกระดูกขากรรไกรล่างทั้งสองข้างและเลื่อนมาข้างหน้า (Bilateral sagittal split osteotomy and advancement)

การผ่าตัดตัดกระดูกขากรรไกรล่างทำโดยการตัดกระดูกขากรรไกรล่างทั้งสองข้างในบริเวณส่วนหลังของขากรรไกรล่างส่วนท้ายพินแกรม โดยทำการแยกกระดูกออกตามระนาบแบ่งซ้ายขวา (sagittal split) โดยส่วนต้น (proximal) และหัวค้อนด้ายล์ (condyles) จะอยู่ในตำแหน่งเดิม ขณะที่ส่วนปลาย (distal) คือขากรรไกรล่างส่วนลำตัว (body of mandible) กระดูกเบ้าฟัน และฟันจะถูกเคลื่อนมาข้างหน้าให้สอดคล้องกับเฟือกสบฟัน (occlusal splint) ที่เตรียมไว้โดยทั่วไปการผ่าตัดเคลื่อนขากรรไกรล่างมาด้านหน้าจะอยู่ที่ระยะประมาณ 10-12 มิลลิเมตร หลังจากนั้นขากรรไกรส่วนต้นและส่วนปลายจะถูกยึดเข้าด้วยกันด้วยแผ่นโลหะตามกระดูกและสกรู ในส่วนเส้นประสาทอินฟีเรียร์อัลวีโอลาร์ (inferior alveolar nerve) จะไม่ถูกกระทบกระเทือน แต่อาจเกิดการตึง (tension) ได้บ้างระหว่างกระบวนการผ่าตัด

การผ่าตัดเคลื่อนขากรรไกรล่างมาด้านหน้าจะดึงกล้ามเนื้อจิวไนโอไฮอยด์ (geniohyoid) กล้ามเนื้อจิวไนโอกลอสซัส (genioglossus) กล้ามเนื้อไมโลไฮอยด์ (mylohyoid) และกล้ามเนื้อไดแกสทริก (digastric) มาข้างหน้า ซึ่งทำให้ส่วนฐานของลิ้นและกระดูกไฮอยด์ (hyoid bone) เคลื่อนมาข้างหน้าและขึ้นข้างบน นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาตรสำหรับเป็นที่อยู่ของลิ้นและฟันช่อง

ปากเพิ่มขึ้นด้วย จึงส่งผลให้ช่องว่างทางเดินหายใจส่วนหลังที่บริเวณระดับคอหอยส่วนล่างกว้างขึ้น

ในขากรรไกรบน: ศัลยกรรมตัดกระดูกแบบเลอฟอร์ตชนิดที่ 1 และเลื่อนมาข้างหน้า (Le Fort I maxillary osteotomy and advancement)

ในส่วนของกระดูกขากรรไกรบน การผ่าตัดทำโดยการตัดกระดูกขากรรไกรบนที่ระดับเลอฟอร์ตชนิดที่ 1 (Le Fort I) หลังจากนั้นจะเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนทั้งชิ้นมาทางด้านหน้า ในตำแหน่งของเยื่อกระดูกที่เตรียมไว้เพื่อให้ได้การสบฟันที่มีเสถียรภาพ หลังจากนั้นกระดูกขากรรไกรบนจะถูกยึดด้วยแผ่นโลหะตามกระดูกและกระดูก

การผ่าตัดเคลื่อนขากรรไกรบนมาข้างหน้านี้อาจเกิดช่องว่างขนาดใหญ่และมีการสัมผัสกันของกระดูก (bony contact) ส่วนบนและส่วนล่างของขากรรไกรบนที่น้อยได้ ดังนั้นจึงอาจจำเป็นต้องทำการปลูกถ่ายกระดูก (bone graft) เพื่อให้เกิดการหายของกระดูก (bone healing) ที่ดี มีเสถียรภาพที่ดีขึ้นและเกิดการคืนกลับ (relapse) ที่น้อยที่สุด²³

ในกรณีนี้ผู้ป่วยไม่ทำการจัดฟันก่อนการผ่าตัด ระยะห่างในการผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรมาข้างหน้าในขากรรไกรบนและขากรรไกรล่างจะมีระยะห่างที่เท่ากัน ส่วนในกรณีก่อนการผ่าตัดผู้ป่วยมีขนาดขากรรไกรที่ผิดปกติ การรักษาโดยการจัดฟันก่อนการผ่าตัดจะช่วยแก้ไขให้การสบฟันที่ผิดปกติดีขึ้นซึ่งในกรณีนี้ขากรรไกรบนและล่างจะถูกเคลื่อนมาข้างหน้าในระยะห่างที่ไม่เท่ากัน

ประมาณ 1 ใน 3 ของผู้ป่วยที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้นมักจะมีความผิดปกติของกระดูกโครงกระดูกและใบหน้า (craniofacial abnormalities) ร่วมกับการสบฟันผิดปกติประเภทสอง (Class II malocclusion) ซึ่งอาจจะต้องทำการจัดฟันก่อนการผ่าตัดเป็นเวลา 12-18 เดือน²⁴ โดยในกรณีนี้การจัดฟันก่อนการผ่าตัดจะแนะนำให้ฟันหน้าล่างและเฉียงหน้า (procline) ฟันหน้าบน เพื่อให้สามารถเคลื่อนขากรรไกรล่างมาข้างหน้าได้มากที่สุด²⁵

ลักษณะความผิดปกติที่พบโดยทั่วไปในผู้ป่วยที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น ได้แก่ ฐานกะโหลกศีรษะสั้น ความโค้งงอของมุมกะโหลกศีรษะและใบหน้าลดลง โครงสร้างใบหน้ามีการหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ตำแหน่งขากรรไกรล่างถอยไปด้านหลัง ความยาวของขากรรไกรล่างสั้น ความสูงใบหน้าส่วนหน้ายาว²⁶⁻²⁸ เมื่อโครงสร้างกะโหลกศีรษะและใบหน้าอยู่ในตำแหน่งถอยไปด้านหลัง จากการที่มีพัฒนาการน้อยกว่า

ปกติ (underdevelopment) ในแนวนอนหรือการเจริญเติบโตแบบหมุนตามเข็มนาฬิกา โครงสร้างที่เจริญเป็นขอบด้านหน้าและด้านข้างของทางเดินหายใจส่วนหลัง เช่น เพดาน ลิ้น และเนื้อเยื่อคอหอยจะถูกเบียดไปด้านหลังเป็นผลให้เกิดการหดตัวของทางเดินหายใจส่วนหลัง เกิดการเพิ่มความต้านทานและการอุดกั้นทางเดินหายใจ ในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของโครงสร้างกะโหลกศีรษะและใบหน้ารุนแรง ควรจะได้รับการรักษาโดยการผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้า แทนที่จะใช้การผ่าตัดเนื้อเยื่ออ่อนในการรักษาภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น โดยทั่วไปผู้ป่วยส่วนใหญ่ยังไม่จัดฟันก่อนการผ่าตัด มักจะคงความสัมพันธ์ของขากรรไกรบนและขากรรไกรล่างก่อนการผ่าตัดเอาไว้เนื่องจาก

1. ผู้ป่วยที่จะผ่าตัดรักษาส่วนใหญ่เป็นผู้ป่วยที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้นชนิดรุนแรง จึงไม่สามารถรอเวลาได้นานก่อนการผ่าตัด

2. สุขภาพเหงือกและฟันของผู้ป่วยวัยกลางคนมักไม่ดีพอ อาจมีฟันหลายซี่ มีโรคปริทันต์ หรือมีฟันปลอมติดแน่นหลายตำแหน่ง ซึ่งอาจทำให้การรักษาจัดฟันซับซ้อนมากขึ้น ดังนั้นหากผู้ป่วยเหล่านี้เลือกที่จะไม่จัดฟันก่อนการผ่าตัด ควรจะได้รับการคำแนะนำว่าอาจจำเป็นต้องได้รับการจัดฟันและหรือการบูรณะฟันภายหลังการผ่าตัด

3. ความสวยงามไม่ใช่สิ่งที่ผู้ป่วยกังวลเป็นอันดับแรก (primary concern)

4. การจัดฟันมีค่าใช้จ่ายสูง อย่างไรก็ตามหากเพื่อให้ได้ผลการรักษาที่ดีที่สุด ควรจะทำการจัดฟันก่อนการผ่าตัดเพื่อให้ได้การสบฟันหลังผ่าตัดที่ดีรวมถึงแก้ไขการเรียงตัวของฟันที่ผิดปกติที่มีอยู่เดิม นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมให้ใบหน้าของผู้ป่วยดูสวยงามขึ้นอีกด้วย

ข้อบ่งชี้ในการผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้า

1. ผู้ป่วยภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้นระดับรุนแรง หรือระดับปานกลางที่มีอาการง่วงมากผิดปกติในเวลากลางวัน (excessive daytime sleepiness) อย่างรุนแรงร่วมด้วย

2. ผู้ป่วยที่ใช้การรักษาแบบอนุรักษ์ เช่น การลดน้ำหนัก การใส่อุปกรณ์ยื่นขากรรไกรล่าง การใช้เครื่องเป่าดินลม เพื่อเปิดขยายทางเดินหายใจอย่างต่อเนื่องแล้วไม่สำเร็จ หรือผู้ป่วยที่ปฏิเสธและไม่สามารถทนต่อการรักษาแบบอนุรักษ์ได้

3. ผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของโครงสร้างขากรรไกรและใบหน้า (dentofacial skeletal deformity) และมีการสบฟันผิดปกติ

ปกติ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการสบฟันผิดปกติประเภทสอง (Class II malocclusion)

4. ผู้ป่วยที่มีจำนวนการหยุดหายใจและหายใจน้อยลงใน 1 ชั่วโมง (apnea-hyponea index) มากกว่า 15
5. ภาวะการอิ่มตัวของออกซิเจนต่ำที่สุด (lowest desaturation) น้อยกว่าร้อยละ 90

ข้อห้ามในการผ่าตัดเลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้า

1. ผู้ป่วยอายุมากกว่า 65 ปี^{29,30} ที่มีโรคหัวใจ (cardiovascular status) ที่ไม่คงที่ (unstable)
2. ภาวะระบายลมหายใจพร่อง (alveolar hypoventilation)
3. สุขภาพฟันและเหงือกไม่ดี ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดการติดเชื้อ
4. บริเวณไร้ฟัน (edentulous) มีบริเวณกว้าง ทำให้การผ่าตัดทำได้ยาก

ข้อแตกต่างระหว่างศัลยกรรมจัดกระดูกขากรรไกรกับการผ่าตัดเลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าเพื่อรักษาภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น

การผ่าตัดเลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าเพื่อรักษาภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น จะใช้เทคนิคในการผ่าตัดไม่แตกต่างจากการทำศัลยกรรมจัดกระดูกขากรรไกรเพื่อแก้ไขความผิดปกติของโครงสร้างใบหน้าและขา

กรรไกร แต่จะมีความแตกต่างกันที่วัตถุประสงค์ในการรักษา โดยในการจัดฟันเพื่อผ่าตัดแก้ไขความผิดปกติของโครงสร้างใบหน้าและขากรรไกร มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขการสบฟันให้กลับมาเป็นปกติและมีใบหน้าที่เหมาะสมขึ้น ขณะที่การผ่าตัดเลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าในผู้ป่วยที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้นนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขการอุดกั้นของทางเดินหายใจส่วนบน จึงมักจะทำการผ่าตัดเลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างเป็นระยะทางที่มาก (10 มิลลิเมตรขึ้นไป) การจัดฟันก่อนการผ่าตัดในกรณีนี้จะกระทำเพื่อช่วยในการเปลี่ยนตำแหน่งให้ขากรรไกรบนและล่างมาข้างหน้าได้มากที่สุด ขณะเดียวกันก็จะพยายามคงตำแหน่งการสบฟันที่เหมาะสมเอาไว้

ในกรณีที่ผู้ป่วยมีความผิดปกติของฟันและใบหน้า (dentofacial deformities) ซึ่งจะทำให้ศัลยกรรมจัดกระดูกขากรรไกรนั้น จำเป็นจะต้องทำการจัดฟันทุกราย ส่วนในผู้ป่วยที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น มักจะยอมรับการสบฟันที่เป็นอยู่เดิมและไม่ได้คำนึงถึงความสวยงามของใบหน้ามาเป็นอันดับแรก ดังนั้นจึงสามารถทำการผ่าตัดได้เลยถ้าหากผู้ป่วยไม่ต้องการผ่านช่วงการจัดฟันก่อนการผ่าตัด

อนึ่ง ความแตกต่างระหว่างศัลยกรรมจัดกระดูกขากรรไกร และการผ่าตัดเลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าเพื่อรักษาภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้นถูกสรุปไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความแตกต่างระหว่างศัลยกรรมจัดกระดูกขากรรไกร และการผ่าตัดเลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าเพื่อรักษาภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น

Table 1 The differences between orthognathic surgery and maxillomandibular advancement for obstructive sleep apnea

	Orthognathic surgery	MMA surgery
Sex	Male or female	Mostly male
Age	Young	Middle age or older
Health	Usually healthy	Many medical comorbidities
Surgical goal	Correct the occlusion and improve esthetics	Relieve upper airway obstruction
Amount of movement	Depend on the esthetic position of maxillary central incisors and facial esthetic	Up to 10 mm advancement
Orthodontic treatment	Must	Might accept the existing bite

การเปลี่ยนแปลงของใบหน้าภายหลังการผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้า

การที่กระดูกขากรรไกรถูกยื่นมาข้างหน้ามาก โดยเฉพาะกระดูกขากรรไกรบนและริมฝีปากบนนั้นเป็นข้อเสียหลักของการผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้า สำหรับคนคอเคเซียนที่มีรูปร่างใบหน้าด้านข้างตรง (straight profile) การเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนมาทางด้านหน้า มักไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อลักษณะของใบหน้าและขากรรไกร แต่สำหรับคนเอเชียซึ่งมักมีใบหน้ายื่นมาข้างหน้าอยู่แล้ว การพิจารณาผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าอีก อาจส่งผลต่อความสวยงามของใบหน้าได้

จากหลายการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างกระดูกและเนื้อเยื่ออ่อนก่อนและหลังการผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้า เป็นดังรายละเอียดในตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งทุกการศึกษารายงานผลที่สอดคล้องไปในทางเดียวกัน³¹⁻³⁵ โดยในส่วนของโครงสร้างกระดูกพบลักษณะยื่นมาข้างหน้า (protrusion) ของขากรรไกรบนและล่าง เป็นผลให้ความกว้างของทางเดินอากาศหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของเนื้อเยื่ออ่อนพบมีการขยับมาข้างหน้าของจุดเนื้อเยื่ออ่อนหน้าสุดของขากรรไกรบน จุดเนื้อเยื่ออ่อนหน้าสุดของขากรรไกรล่าง และริมฝีปาก

Conley และคณะ³⁶ ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของจมูกภายหลังจากการผ่าตัด พบว่าปลายจมูกเคลื่อนมาข้างหน้าประมาณ 2.53 มิลลิเมตร และมีการหมุนขึ้นเล็กน้อยประมาณ 2.77 มิลลิเมตร นอกจากนี้ จากการประเมินการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่ออ่อนของผู้ป่วยก่อนและหลังการผ่าตัดโดยใช้เครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติ (3D laser scanner) พบ

ว่ามีการเพิ่มขึ้นในแนวขวางของแก้ม แต่ไม่พบการบานของปีกจมูก (alar flaring)³⁵

ภายหลังการผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าเพื่อรักษาภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น ถึงแม้ผู้ป่วยจะมีโครงสร้างกระดูกและเนื้อเยื่ออ่อนที่ขยับมาข้างหน้าเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามจากการประเมินความรู้สึก (perception) ของผู้ป่วยจากแบบสอบถาม พบว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่รู้สึกพึงพอใจหรือรู้สึกเฉย ๆ ต่อความสวยงามของใบหน้าภายหลังการผ่าตัด³¹⁻³⁵ และจากความคิดเห็นของบุคคลทั่วไปส่วนใหญ่รู้สึกชอบใบหน้าด้านข้างภายหลังการผ่าตัดของผู้ป่วย ถึงแม้ว่าจะมีลักษณะขากรรไกรบนและล่างยื่น (bimaxillary protrusion) ก็ตาม³⁴

จากการศึกษาต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่าการผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าในผู้ป่วยที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น ไม่ส่งผลเสียต่อความสวยงามของใบหน้าผู้ป่วย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้ป่วยที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้นนั้นมักเป็นผู้ป่วยวัยกลางคนซึ่งมีเนื้อเยื่ออ่อนที่หย่อนคล้อย การผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าจึงเป็นการช่วยเพิ่มในส่วนโครงสร้างกระดูก เพื่อพยุงเนื้อเยื่ออ่อนของใบหน้า ทำให้เนื้อเยื่ออ่อนที่หย่อนคล้อยลดลงและใบหน้าผู้ป่วยดูดีขึ้น และมีรายงานพบว่าผู้ป่วยประมาณร้อยละ 50 รู้สึกว่าใบหน้าของตนดูอ่อนเยาว์ขึ้นภายหลังการผ่าตัด³⁷ นอกจากนี้การผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าส่วนใหญ่ มักทำร่วมกับการผ่าตัดตกแต่งคาง (genioplasty) จึงอาจช่วยทำให้ริมฝีปากบนดูยื่นลดลง ทำให้ความสวยงามไม่ได้แย่งลง

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างกระดูกก่อนและหลังการผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบน และล่างมาทางด้านหน้า (ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Table 2 Skeletal changes before and after maxillomandibular advancement (mean \pm S.D.)

	SNA (degree)		SNB (degree)		ANB (degree)		PAS (mm.)		MP-H (mm.)	
	Pre-MMA	Post-MMA	Pre-MMA	Post-MMA	Pre-MMA	Post-MMA	Pre-MMA	Post-MMA	Pre-MMA	Post-MMA
Prinsell et al ³¹	79.0 \pm 4.2	86.4 \pm 4.1	74.7 \pm 4.1	81.6 \pm 4.1	N/A	N/A	5.1 \pm 2.4	11.6 \pm 3.4	24.3 \pm 5.8	22.4 \pm 6.0
Li et al ³²	85.6 \pm 3.5	93.1 \pm 4.2	81.2 \pm 1.7	87.5 \pm 3.4	N/A	N/A	5.1 \pm 2.4	9.7 \pm 3.1	24.3 \pm 7.7	17.5 \pm 7.7
Liu et al ³³	80.17 \pm 3.71	85.34 \pm 6.21	72.35 \pm 4.50	75.80 \pm 5.16	8.00 \pm 2.21	9.70 \pm 2.44	6.75 \pm 2.64	9.79 \pm 3.26	25.41 \pm 8.24	21.21 \pm 7.13
Cohen-Levy et al ³⁴	82.80 \pm 3.31	89.13 \pm 3.31	78.26 \pm 4.35	84.66 \pm 3.38	4.53 \pm 1.92	4.40 \pm 1.42	6.89 \pm 2.99	12.4 \pm 3.02	25.44 \pm 4.41	18.33 \pm 2.90
Gerbino et al ³⁵	82.5 \pm 2.9	87.7 \pm 3.7	78.7 \pm 3.2	82.1 \pm 3	N/A	N/A	6.7 \pm 2	14.1 \pm 1.9	27 \pm 3.6	23.2 \pm 2.7

N/A: not available

MMA: maxillomandibular advancement, SNA: sella-nasion- A point of maxilla, SNB: sella-nasion- B point of mandible, ANB: A point of maxilla-nasion-B point of mandible, PAS: posterior airway space, MP-H: Mandibular plane to hyoid distance

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่ออ่อนก่อนและหลังการผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้า (ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Table 3 Soft tissue changes before and after maxillomandibular advancement (mean \pm S.D.)

	NLA (degree)		UL-E (mm.)		LL-E (mm.)	
	Pre-MMA	Post-MMA	Pre-MMA	Post-MMA	Pre-MMA	Post-MMA
Liu <i>et al</i> ³³	100.80 \pm 13.83	100.31 \pm 9.52	0.38 \pm 1.11	0.47 \pm 1.11	1.04 \pm 1.82	-0.06 \pm 0.90
Cohen-Levy <i>et al</i> ³⁴	96.7 \pm 18.7	91.0 \pm 22.8	-4.67 \pm 2.69	-2.87 \pm 2.47	-3.46 \pm 2.53	-2.26 \pm 2.37
Gerbino <i>et al</i> ³⁵	131.91	131.43	N/A	N/A	N/A	N/A

N/A: not available

NLA: nasolabial angle, UL-E: upper lip to E line distance, LL-E: lower lip to E line distance

ภาวะแทรกซ้อนจากการผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้า

ยังไม่มีรายงานภาวะแทรกซ้อนจากการผ่าตัดที่เป็นอันตรายถึงชีวิต¹⁶ แต่สามารถพบภาวะแทรกซ้อนได้บ้าง ดังนี้

- การรับความรู้สึกน้อยเกิน (hypesthesia) การเคลื่อนขากรรไกรล่างมาข้างหน้ามากกว่าหรือเท่ากับ 10 มิลลิเมตร อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดความรู้สึกน้อยเกินของริมฝีปากล่างอย่างถาวร ซึ่งเป็นหนึ่งในปัญหาที่พบได้บ่อยที่สุด มีการศึกษาว่าพบการเกิดความรู้สึกน้อยเกินของริมฝีปากล่างประมาณร้อยละ 13-20²⁹

- เพดานอ่อนและคอหอยบกพร่อง (velopharyngeal insufficiency) ในกรณีของผู้ป่วยเคยผ่าตัดเพดานอ่อนมาก่อน หรือได้รับการผ่าตัดเพดานอ่อนร่วมกับการผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าเพื่อให้เพดานคงตัวและสั้นขึ้น อาจทำให้เกิดการปิดของเพดานอ่อนไม่สนิท ทำให้เกิดอากาศหลุดรอดออกมาระหว่างการพูด และการกลืนลำบากได้³⁸ ซึ่งปัญหานี้มักจะเกิดชั่วคราวและสามารถแก้ไขโดยการแก้ไขการพูด (speech therapy) ช่วย

- การเกิดความผิดปกติบริเวณขมับและขากรรไกร (temporomandibular disorders: TMD) สาเหตุเกิดจากการเปลี่ยนตำแหน่งของหัวคอนดอยล์ และเพิ่มแรงดันที่ข้อต่อจากการเคลื่อนขากรรไกรล่างมาข้างหน้ามาก นอกจากนี้การมีความผิดปกติบริเวณขมับและขากรรไกรอยู่เดิม อาจเป็นการเพิ่มปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เพิ่มการเกิดความผิดปกติบริเวณขมับและขากรรไกรหลังผ่าตัดได้ มีรายงานการพบความผิดปกติบริเวณขมับและขากรรไกรหลังการผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าประมาณร้อยละ 2.5¹⁸

เสถียรภาพภายหลังการผ่าตัด

การศึกษาเกี่ยวกับเสถียรภาพของโครงสร้างกระดูกในระยะยาวหลังการผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าเพื่อรักษาผู้ป่วยที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้นมีไม่มากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีประเมินเสถียรภาพภายหลังการผ่าตัดศัลยกรรมจัดกระดูกขากรรไกรเพื่อรักษาความผิดปกติของใบหน้า

ในผู้ป่วยที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้นส่วนใหญ่การสบฟันภายหลังการผ่าตัดมักจะไม่เปลี่ยนแปลง จากการตรวจติดตามภายหลังการผ่าตัดเป็นเวลา 48.6 เดือน ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของมุมเอสเอ็นเอ (SNA angle) และมุมเอสเอ็นบี (SNB angle) เมื่อเทียบกับค่ามุมดังกล่าวหลังผ่าตัดใหม่ ๆ³⁹ ขณะที่มีการศึกษาที่พบว่ามีการคืนกลับของขากรรไกรล่างประมาณร้อยละ 7⁴⁰ Lee และคณะ⁴¹ ได้ทำการตรวจติดตามเป็นเวลามากกว่า 2 ปีหลังการผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าเป็นระยะทาง 10 มิลลิเมตร พบว่าผลการรักษายังคงมีเสถียรภาพที่ดี มีการเปลี่ยนแปลงของมุมเอสเอ็นเอ (SNA angle) และมุมเอเอ็นบี (ANB angle) เพียงเล็กน้อย ซึ่งถือว่าไม่มีนัยสำคัญทางคลินิก อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาถึงเสถียรภาพภายหลังการผ่าตัดที่มีระยะเวลานานกว่า 5 ปี

บทสรุป

การผ่าตัดเคลื่อนกระดูกขากรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้าเป็นหนึ่งในวิธีการผ่าตัดที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการรักษาผู้ป่วยที่มีภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น โดยเทคนิคที่ใช้

ในการผ่าตัดจะเหมือนกับการทำศัลยกรรมจัดกระดูกขากรรไกร แต่จะแตกต่างกันที่วัตถุประสงค์ในการรักษา โดยผู้ป่วยส่วนใหญ่ มักไม่จัดฟันก่อนการผ่าตัด ทำให้การสบฟันหลังการผ่าตัดไม่เปลี่ยนแปลง

ถึงแม้การผ่าตัดจะทำให้ขากรรไกรบนและล่างยื่นมาข้าง หน้ามากก็ตาม แต่ก็พบว่าผู้ป่วยไม่ได้รู้สึกว่าเป็นปัญหาเกี่ยวกับ ความสวยงาม อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานถึงผลของการ เปลี่ยนแปลงของใบหน้าและเนื้อเยื่ออ่อนภายหลังการผ่าตัดในผู้ ป่วยคนไทย ดังนั้นจึงไม่อาจสรุปได้ว่าการผ่าตัดเลื่อนกระดูกขา กรรไกรบนและล่างมาทางด้านหน้า ไม่ส่งผลต่อความพึงพอใจของ ใบหน้าที่เปลี่ยนแปลงหลังการผ่าตัด เพราะฉะนั้นการเข้าใจถึงการ เปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่ออ่อนที่คาดว่าจะเกิดภายหลังการผ่าตัด ยังคงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงและให้ความสำคัญ

เอกสารอ้างอิง

1. Prinsell JR. Chapter 114 - Obstructive Sleep Apnea— Surgical Treatment: Part II, Maxillomandibular Advancement for Adults A2 - Khan, Shahrokh C. BagheriR. Bryan BellHusain Ali. Current Therapy In Oral and Maxillofacial Surgery. Saint Louis: W.B. Saunders; 2012. p. 1048-63.
2. Calhoun DA, Harding SM. Sleep and hypertension. *Chest* 2010;138:434-43.
3. Chan AS, Phillips CL, Cistulli PA. Obstructive sleep apnoea—an update. *Intern Med J* 2010;40:102-6.
4. Bagai K. Obstructive sleep apnea, stroke, and cardiovascular diseases. *Neurologist* 2010;16:329-39.
5. Rakel RE. Clinical and societal consequences of obstructive sleep apnea and excessive daytime sleepiness. *Postgrad Med* 2009;121:86-95.
6. Changsiripun C. Dentofacial Orthopedic and Orthodontic Management of Obstructive Sleep Apnea in Children and Adults. *J Dent Assoc Thai* 2015;65:79-90.
7. Epstein LJ, Kristo D, Strollo PJ, Jr., Friedman N, Malhotra A, Patil SP, et al. Clinical guideline for the evaluation, management and long-term care of obstructive sleep apnea in adults. *J Clin Sleep Med* 2009;5:263-76.
8. Weaver TE, Grunstein RR. Adherence to continuous positive airway pressure therapy: the challenge to effective treatment. *Proc Am Thorac Soc* 2008;5:173-8.
9. Wolkove N, Baltzan M, Kamel H, Dabrusin R, Palayew M. Long-term compliance with continuous positive airway pressure in patients with obstructive sleep apnea. *Can Respir J* 2008;15:365-9.
10. Prinsell JR. Primary and secondary telegnathic maxillomandibular advancement, with or without adjunctive procedures, for obstructive sleep apnea in adults: a literature review and treatment recommendations. *J Oral Maxillofac Surg* 2012;70:1659-77.
11. Aurora RN, Casey KR, Kristo D, Auerbach S, Bista SR, Chowdhuri S, et al. Practice parameters for the surgical modifications of the upper airway for obstructive sleep apnea in adults. *Sleep* 2010;33:1408-13.
12. Friedman M, Ibrahim H, Bass L. Clinical staging for sleep-disordered breathing. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2002;127:13-21.
13. Friedman M, Schalch P, Lin HC, Kakodkar KA, Joseph NJ, Mazloom N. Palatal implants for the treatment of snoring and obstructive sleep apnea/hypopnea syndrome. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2008;138:209-16.
14. Kuo PC, West RA, Bloomquist DS, McNeil RW. The effect of mandibular osteotomy in three patients with hypersomnia sleep apnea. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1979;48:385-92.
15. Li KK, Guilleminault C, Riley RW, Powell NB. Obstructive sleep apnea and maxillomandibular advancement: an assessment of airway changes using radiographic and nasopharyngoscopic examinations. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;60:526-30.
16. Holty JE, Guilleminault C. Maxillomandibular advancement for the treatment of obstructive sleep apnea: a systematic review and meta-analysis. *Sleep Med Rev* 2010;14:287-97.
17. Hochban W, Brandenburg U, Peter JH. Surgical treatment of obstructive sleep apnea by maxillomandibular advancement. *Sleep* 1994;17:624-9.
18. Riley RW, Powell NB, Guilleminault C. Obstructive sleep apnea syndrome: a review of 306 consecutively treated surgical patients. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1993;108:117-25.

19. Waite PD, Wooten V, Lachner J, Guyette RF. Maxillomandibular advancement surgery in 23 patients with obstructive sleep apnea syndrome. *J Oral Maxillofac Surg* 1989;47:1256-61.
20. Prinsell JR. Maxillomandibular advancement surgery for obstructive sleep apnea syndrome. *J Am Dent Assoc* 2002;133:1489-97.
21. Louis PJ, Austin RB, Waite PD, Mathews CS. Soft tissue changes of the upper lip associated with maxillary advancement in obstructive sleep apnea patients. *J Oral Maxillofac Surg* 2001;59:151-6.
22. Abramson Z, Susarla SM, Lawler M, Bouchard C, Troulis M, Kaban LB. Three-dimensional computed tomographic airway analysis of patients with obstructive sleep apnea treated by maxillomandibular advancement. *J Oral Maxillofac Surg* 2011;69:677-86.
23. Waite PD, Tejera TJ, Anucul B. The stability of maxillary advancement using Le Fort I osteotomy with and without genial bone grafting. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1996;25:264-7.
24. Blumen MB, Vezina JP, Pigot JL, Chabolle F. Maxillomandibular advancement for obstructive sleep apnea syndrome. *Oper Tech Otolaryngol Head Neck Surg* 2012;23:60-6.
25. Lye KW, Deatherage JR. Surgical Maxillomandibular Advancement Technique. *Semin Orthod* 2009;15:99-104.
26. Hochban W, Brandenburg U. Morphology of the viscerocranium in obstructive sleep apnoea syndrome--cephalometric evaluation of 400 patients. *J Craniomaxillofac Surg* 1994;22:205-13.
27. Jamieson A, Guilleminault C, Partinen M, Quera-Salva MA. Obstructive sleep apneic patients have craniomandibular abnormalities. *Sleep* 1986;9:469-77.
28. Steinberg B, Fraser B. The cranial base in obstructive sleep apnea. *J Oral Maxillofac Surg* 1995;53:1150-4.
29. Bettega G, Pepin JL, Veale D, Deschaux C, Raphael B, Levy P. Obstructive sleep apnea syndrome. fifty-one consecutive patients treated by maxillofacial surgery. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;162:641-9.
30. Smatt Y, Ferri J. Retrospective study of 18 patients treated by maxillomandibular advancement with adjunctive procedures for obstructive sleep apnea syndrome. *J Craniofac Surg* 2005;16:770-7.
31. Prinsell JR. Maxillomandibular advancement surgery in a site-specific treatment approach for obstructive sleep apnea in 50 consecutive patients. *Chest* 1999;116:1519-29.
32. Li KK, Riley RW, Powell NB, Guilleminault C. Maxillomandibular advancement for persistent obstructive sleep apnea after phase I surgery in patients without maxillomandibular deficiency. *Laryngoscope* 2000;110:1684-8.
33. Liu SR, Yi HL, Guan J, Chen B, Wu HM, Yin SK. Changes in facial appearance after maxillomandibular advancement for severe obstructive sleep apnoea hypopnoea syndrome in Chinese patients: a subjective and objective evaluation. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2012;41:1112-9.
34. Cohen-Levy J, Petelle B, Vieille E, Dumitrache M, Fleury B. Changes in facial profile after maxillomandibular advancement surgery for obstructive sleep apnea syndrome. *Int Orthod* 2013;11:71-92.
35. Gerbino G, Bianchi FA, Verze L, Ramieri G. Soft tissue changes after maxillo-mandibular advancement in OSAS patients: a three-dimensional study. *J Craniomaxillofac Surg* 2014;42:66-72.
36. Conley RS, Boyd SB. Facial soft tissue changes following maxillomandibular advancement for treatment of obstructive sleep apnea. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65:1332-40.
37. Li KK, Riley RW, Powell NB, Guilleminault C. Patient's perception of the facial appearance after maxillomandibular advancement for obstructive sleep apnea syndrome. *J Oral Maxillofac Surg* 2001;59:377-80.
38. Li KK, Troell RJ, Riley RW, Powell NB, Koester U, Guilleminault C. Uvulopalatopharyngoplasty, maxillomandibular advancement, and the velopharynx. *Laryngoscope* 2001;111:1075-8.
39. Giarda M, Brucoli M, Arcuri F, Benech R, Braghiroli A, Benech A. Efficacy and safety of maxillomandibular advancement in treatment of obstructive sleep apnoea syndrome. *Acta Otorhinolaryngol Ital* 2013;33:43-6.

40. Li KK, Powell NB, Riley RW, Troell RJ, Guilleminault C. Long-Term Results of Maxillomandibular Advancement Surgery. *Sleep Breath* 2000;4:137-40.
41. Lee SH, Kaban LB, Lahey ET. Skeletal stability of patients undergoing maxillomandibular advancement for treatment of obstructive sleep apnea. *J Oral Maxillofac Surg* 2015;73:694-700.

Demineralized Tooth Matrix Used as A Bone Graft in Ridge Preservation: A Case Report

Warisara Ouyyamwongs¹, Butsakorn Akarawatcharangura¹ and Srisurang Suttapreyasri¹

¹Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla

Abstract

Alveolar ridge resorption after tooth extraction is frequent, clinically significant and makes the placement of an implant-supported restoration difficult. Different types of bone substitutes such as xenograft, allograft and hydroxyapatite have been used for ridge preservation. Tooth is a hard tissue with similar organic and inorganic compositions to bone, and thus it could be used as a potential bone graft substitute. In this case report, an autologous demineralized tooth matrix (DTM) was used to preserve and augment the alveolar bone after tooth extraction, before dental implant installation. After 3.5 months, the bone core was trephined for histologic analysis and the dental implant was placed. During the healing period, neither infectious occurrence nor unexpected clinical symptoms were observed. DTM demonstrated good soft and hard tissue contour maintenance. At the time of implant installation, the socket was completely filled with osseous tissue. A histological examination showed new bone formation and resorption patterns of the DTM particles. The clinical and histological findings suggest that filling an extraction socket with DTM is a good alternative for implant site preparation. The results of this case report confirm the resorption of the DTM over time and the formation of quality new bone at the graft site.

Keywords: Demineralized tooth matrix, bone substitute, ridge preservation

Received Date: Jul 14,2016

Accepted Date: Jan 4,2016

doi: 10.14456/jdat.2017.12

Correspondence to:

Srisurang Suttapreyasri. Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112 Thailand Tel: 074-429876 Fax: 074-429876 E-mail: srisurang.s@psu.ac.th

Introduction

The dimensional change of an alveolar ridge is unavoidable over time after tooth extraction and ranges of width and height reduction from 2.6-4.6 mm and 0.4-3.9 mm were confirmed, respectively. In addition,

two-thirds of the loss occurred in the first 3 months.¹⁻³

The deformities lead to difficulty in the implant placement. However, it is possible to minimize such problems by ridge preservation procedures in the

extraction sockets using grafting materials with or without barrier membranes. Ridge preservation has been a proposed method of preserving the tissue contours at extraction sites for later implant placement.⁴ Ridge preservation should be considered at the time of tooth extraction if the buccal plate was thin or the socket wall was defective to reduce the need for future ridge augmentation.

Degrees of bone formation and residual graft materials in ridge preservation depends on the materials and techniques used. Various bone graft materials have been reported to minimize the resorption of the alveolar bone at the extraction site, such as allograft, xenograft, and alloplasts. They have been used in an attempt to maintain the dimensions of alveolar ridge after extraction.⁵

The extracted tooth, which is considered as medical waste and simply discarded, is composed of inorganic and organic components in comparable ratio to that of bone. For the inorganic component, tooth has four phases of biological calcium phosphates that interact with each other⁶: hydroxyapatite (HA), tricalcium phosphate (TCP), octacalcium phosphate (OCP), and amorphous calcium phosphate (ACP). Regarding the organic component, the collagenous proteins constitute approximately 90 % of the dentin organic matrix, while the remaining include a small amount of growth factors such as bone morphogenetic proteins (BMP), phosphoproteins, osteocalcins, proteoglycans, and dentin sialophosphoproteins.⁷⁻⁹ Therefore, there has been more interest in using tooth as a bone graft material. Many studies demonstrated favorable results with osteoconductive and osteoinductive potential from auto tooth bone grafts.¹⁰⁻¹³

In Prince of Songkla University (PSU) bone graft preparation protocol, graft is defatted, decalcified and freeze-dried for the preparation of DTM with a particle size of 500-700 μm . Our previous studies indicated good physiochemical properties and cell biocompatibility. The dentin characteristics from crown and root

portion are compared with bone. The XRD patterns in DTM demonstrate high crystallinity which suggesting that the samples consisted mainly of hydroxyapatite crystals. Concerning bioresorption rate compared to bone, the DTM has Ca/P contents, crystallinity degree and crystal sizes similar to that of mineralized bone. In vitro biocompatibility, the particles stimulated cell proliferation. The cultured cells adhered to the surface and exhibited the osteoblast-like features with cell processes extended on a culture plate. (unpublished data).

In this case report, the DTM was made from patient's own extracted third molars. The processed tooth was grafted back to the same patient, so it was safe and had a low risk of the graft rejection. The application of DTM as the bone graft for alveolar ridge preservation was performed at the time of extraction followed by dental implant placement 3.5 months later. The clinical, radiological and histological evaluation were assessed, wherein the implant was successful after a healing period.

A case report

A 31-year-old female patient without any predisposing conditions or systemic disease was referred to the Surgery Department, Faculty of Dentistry, PSU with a chief complaint of a broken tooth without any symptoms. Clinical examination was performed and revealed that tooth 46 had an unrestorable complicated crown-root fracture. The orthopantomograph and periapical film of tooth 46 showed slight alveolar bone resorption without any sign of periapical infection. In addition, wisdom teeth 38 and 48 were found impacted in the jaw bone. Treatment options were discussed subsequently and tooth extraction with alveolar ridge preservation before dental implant placement was chosen for replacing tooth 46.



Figure 1 Complicated crown-root fracture at tooth 46



Figure 2 The orthopantomograph showed wisdom teeth 38 and 48

When the decision was made to extract a non-restorable tooth, procedures for a socket graft using her own tooth were explained to the patient. Tooth 48 was surgically removed and fabricated into DTM particles.

The DTM was processed following PSU protocol. Briefly, an anatomical crown-root portion of the tooth was dissected in order to totally remove the pulpal tissue.

Remaining soft tissues and contaminants were removed and rinsed with distilled water. The cleaned teeth were pulverized into small particles with the sizes of 500-700 μm . The cleaned DTM particles were then defatted, decalcified, and freeze-dried. It was subsequently sterilized using ethylene oxide gas, then packed and stored until the next operation.

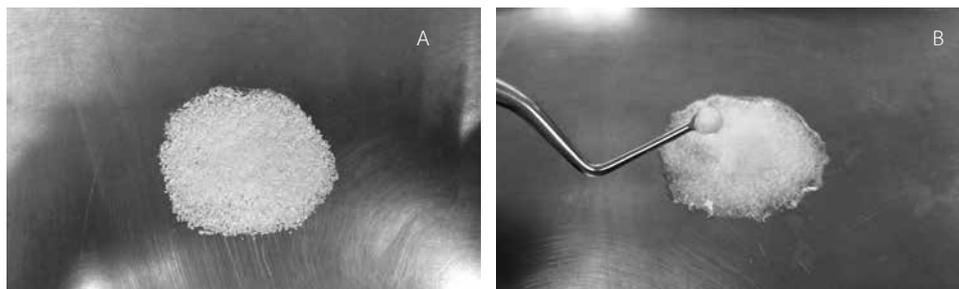


Figure 3 (A) Preparation of DDM following PSU protocol and (B) Autologous demineralized tooth matrix (DTM) mixed with normal saline

After the administration of local anesthesia, atraumatic tooth extraction of number 46 was performed with an elevator and forceps. The socket was debrided gently and irrigated with normal saline (Fig. 4A). A thin buccal plate and buccal bone with a dehiscence defect of 3x2 mm were observed. A DTM graft was supplied in the form of particles mixed with normal

saline. This made the particles cohesive and allowed for easy placement inside the socket in increments up to the level of the alveolar crest (Fig. 4B). The socket orifice was covered with a palatal mucosal graft, and then sutured by 4-0 Vicryl to stabilize it and let the wound heal by primary intention (Fig. 4C).



Figure 4 (A) Atraumatic tooth extraction without flap reflection. The thin buccal plate and buccal bone dehiscence defect size 3x2 mm were notified. (B) The extracted socket was filled with DTM particle up to the level of the alveolar crest. (C) The socket orifice was covered with the palatal mucosal graft and sutured with 4-0 vicryl.

After 3.5 months, the patient returned for implant installation. Clinical examination showed minimal buccal bone resorption with healthy gingival coverage (Fig. 5). Radiographic examination showed an adequate bone height in relation to teeth 45 and 47 and favorable osteoconductive bone healing. Periapical

film and cone-beam computed tomography (CBCT) showed that at the time before implant installation, the DTM particles appear harmonious and similar to the adjacent bone. The socket was completely filled with a minimal decrease in volume and change in buccal bone morphology (Fig. 6-7A).



Figure 5 Three months and two weeks after socket preservation



Figure 6 (A) Immediate post-operation after ridge preservation (B) Three months and two weeks after ridge preservation

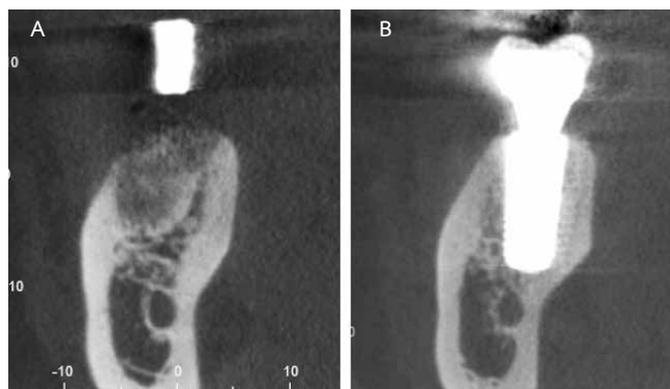


Figure 7 (A) Cone-beam computed tomography (CBCT) at three months and two weeks after ridge preservation (B) One year after implant prosthesis loading

The implant type and size were selected based on the anatomy of the implant site and the planned restoration. Full thickness mid-crestal and minimal sulcular incisions were made for tooth 46 and

the adjacent area (Fig. 8A). The initial bone drill was performed with a 2x5 mm long trephine bur (TRE020M, Hu-Friedy Mfg Co LLC, Zweigniederlassung, Germany). This allowed for a core of bone, 2x5 mm long, to be

obtained. The one stage implant site preparation was performed. An Straumann implant (Institute Straumann AG, Basel, Switzerland) with a diameter of 4.8 mm and length of 12 mm was placed per the manufacturer's protocol. The insertion torque was measured using the Straumann ratchet and torque control

device (40 N-cm²). Then an RC healing abutment with conical shape was used (Fig. 8B). Wound closure was performed using 4-0 vicryl. The position of the implant and height of the crestal bone were evaluated on the orthopantomograph and periapical radiograph immediately after the implant placement (Fig. 9).

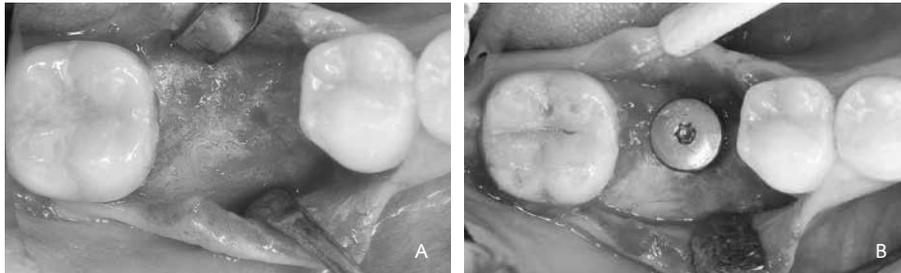


Figure 8 (A) Full thickness mid-crestal and minimal sulcular incisions were made at the area 46 and adjacent area (B) A 4.8x12 mm bone level RC implant was installed.

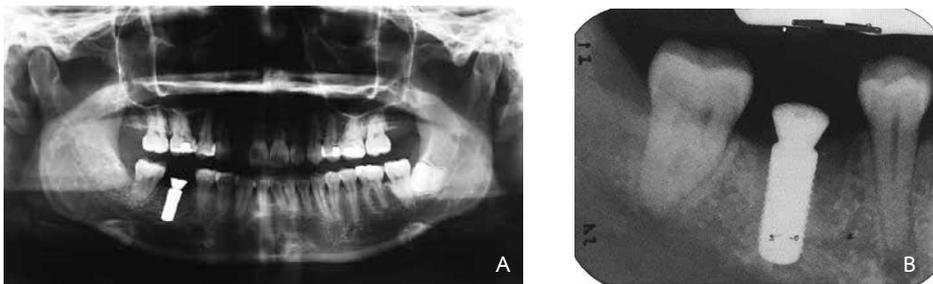


Figure 9 (A) The orthopantomograph (B) periapical film of area 46 immediately after one stage implant placement

Subsequent to the 3-month healing period after the implant placement, prosthodontic construction was performed with a cement-retained prosthesis comprising a straight metal abutment and a semi-precious porcelain-fused-to-metal crown. The location of the finishing line was 1 mm subgingival on the buccal surface and 0.5 mm supragingival on the lingual surface with a lingual metal collar to meet the esthetic and practical needs of the patient. The RC anatomic abutment was tightened

into place until 35 N-cm² torque was achieved. The crown was set onto a metal abutment and the occlusal-proximal contact was adjusted. The PFM crown was finally cemented with RelyX™ Unicem Self-Adhesive Universal Resin Cement. (Fig. 10) After removal of excess cement, the occlusal contact was checked again. The patient expressed satisfaction with the final result and scheduled for periodic follow-up every 6 months.

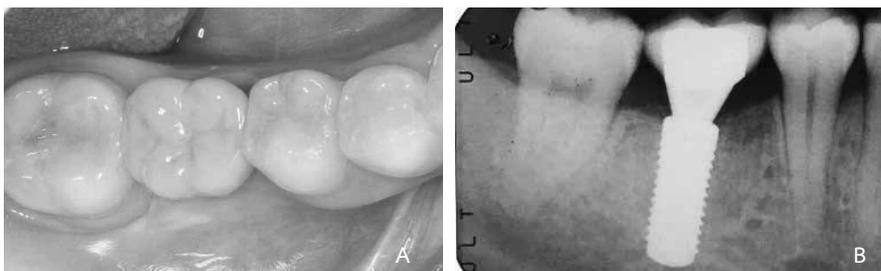


Figure 10 (A) Final prosthesis, occlusal view (B) periapical film of area 46 after prosthesis loading.

Although there were not clear expected changes in bone radiographic images before six months, a slightly increased density was observed in the radiographs taken at 3.5-months after the ridge preservation. The success of an implant can also be evaluated by the appearance of normal bone surrounding it. After successful implantation, CBCT was made at regular intervals to assess the success of the implant fixture (Fig. 7B).

The bone core histology specimens harvested from the grafted site showed newly formed bone with loose fibrous tissue. The DTM particles were completely mixed with the newly formed bone and old bone. The formation of osteoid was evident around particles. DTM was agglutinated directly with newly formed bone. Furthermore, newly formed osteoid replaced spaces where DTM particles were resorbed (Fig. 11).

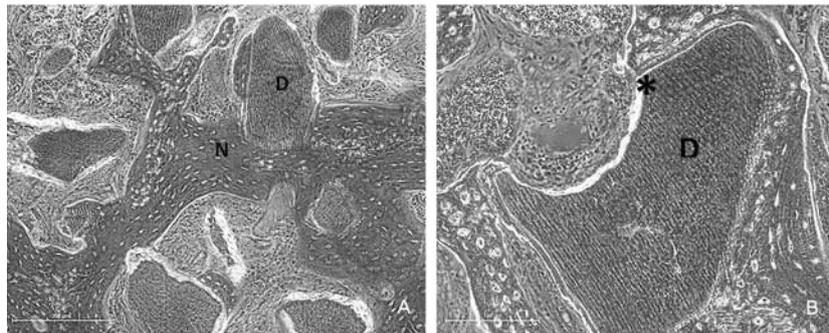


Figure 11 (A) Newly formed bone (N) and tooth materials showing remodeling were identified around the DTM (D) (H&E stainingX10). (B) New bone may be formed by osteoblasts. The DTM (D) is showing osteoblastic rimming and resorption (*) (H&E stainingX20). Osteoblastic rimming: osteoblast cell lining as show at (*)

Discussion

The literature demonstrates that ridge preservation should be considered if an implant is to be placed more than six to eight weeks after tooth extraction. If an implant is to be placed at the time of extraction or within six to eight weeks following extraction, there appears to be little benefit in carrying out ridge preservation procedures at the time of extraction. Even when an implant might not be planned in the near future, ridge preservation should be considered in strategic sites to retain the possibility of an implant option for the patient in the future.⁵ Ridge preservation should also be considered for aesthetic reasons at pontic sites in conventional fixed prosthodontics.

Since ridge dimensions are so critical, it is important to recognize that post-extraction ridge preservation is essential to ensure maintenance of ideal vertical and horizontal ridge dimensions and

contours. Ridge preservation techniques have been proposed by several investigators as possible means to preserve the original ridge dimensions and contours, thereby facilitating optimum implant position and esthetic outcome.¹⁴⁻¹⁷ This may also help avoid additional pre-implant bone grafting procedures. Xenografts, allografts, autografts and synthetic materials used alone or in conjunction with a membrane has been applied immediately following tooth extraction. Among the various materials used are bovine porous bone mineral, demineralized freeze-dried bone allograft, bioactive glass and synthetic resorbable sponge.¹⁸⁻²⁵

The socket-seal technique has been demonstrated by Landsberg *et al.*³² They published an approach containing a gingival graft, which was positioned on the orifice of the extraction socket. A critical point of that study was that DTM needed a sealing material to

hold them in place. Therefore, the extraction socket was filled with DTM and sealed with the mucosal graft. After an operation, the healing of the soft tissue graft was improved without any migration of the bone substitute nor any sign of infection.

Various in vitro and in vivo studies have been reported on autologous demineralized dentin matrix (ADDM) regarding its biocompatibility, osteoinductivity, and osteoconductivity.²⁶⁻²⁸ From evidence-based ridge preservation techniques, minimal bone resorption seems to be unpredictable. Ridge preservation could minimize the change of bone volume, but could not preclude bone resorption.^{1,29} In this case report, the autologous DTM, a newly developed bone substitute, was used at an extraction socket for the future implant site development. There were no post-operative complications related to the grafting materials. The DTM could integrate with the surrounding bone and maintain a stable state around the implant site with minimal buccal bone loss. Based on earlier studies, an autologous tooth bone graft (AutoBT) was resorbed within 4 to 6 months after grafting. The remodeling process with new bone formation continued up to 1 to 2 years.^{10,12,29} However, a previous study reported a significant graft resorption. These results might occur from the composition of AutoBT, which was mainly made from roots of the tooth. The root portion consisted of low crystalline calcium phosphate, which is known to have good bony remodeling property³⁰, but is deficit in volume stability.

In this case report, DTM was fabricated with the different procedures from the previous study.^{13,30,31} The DTM particles still include the remaining crown portion or enamel structure of the extracted tooth. The enamel mainly consists of high crystalline calcium phosphate which is not easily decomposed by osteoclasts, resulting in slow resorption and consequently poor osteoconductivity, but hold the socket volume quite well.

With support from the various studies on

autogenous tooth as bone graft material, it was confirmed that autogenous tooth is safe and effective. If we can develop the preparation processes to the point that the graft materials can be used in other patients without the risk of immune rejection or disease transmission, it would allow clinician to access an almost unlimited amount of materials. The DTM was further suggested to become more widely used and to be developed into allogenic tooth bone graft materials, ideal scaffold for bone tissue engineering in the future. It is possible to develop a tooth bank where extracted tooth, instead of becoming merely a medical waste, can be kept so that it can be used as bone graft for the patient or even other patients in the future. In order to make the tooth bank concept feasible, further study should be conducted on many areas, such as the appropriate conditions to keep extracted tooth in usable condition, the cost efficient way to run the tooth bank, or the technique to adjust growth factor level in the material.

Conclusion

In this case report, DTM was used as a satisfactory bone substitute alternative because of its good bone remodeling property and its osteoconductivity in ridge preservation of an extraction socket for the implant site development. The implant-supported prosthesis functioned well and healthy peri-implant soft tissue was observed. Further studies need to be done in different bone defect types with a larger sample size, and long-term follow-up is needed to substantiate the validity of DTM.

References

1. Ten Heggeler JM, Slot DE, Van der Weijden GA. Effect of socket preservation therapies following tooth extraction in non-molar regions in humans: a systematic review.

Clin Oral Implants Res 2011;22:779-88.

2. Van der Weijden F, Dell'Acqua F, Slot DE. Alveolar bone dimensional changes of post-extraction sockets in humans: a systematic review. *J Clin Periodontol* 2009;36:1048-58.

3. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:313-23.

4. Horowitz R, Holtzclaw D, Rosen PS. A Review on Alveolar Ridge Preservation Following Tooth Extraction. *J Evid Based Dent Pract* 2012;12:149-60.

5. Darby I, Chen ST, Buser D. Ridge Preservation Techniques for Implant Therapy. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:260-71.

6. Kim YK. Bone graft material using teeth. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 2012;38:134-8.

7. Yamakoshi Y. Dentinogenesis and Dentin Sialoprophosphoprotein (DSPP). *J Oral Biosci* 2009;51:134.

8. Linde A. Dentin matrix proteins: composition and possible functions in calcification. *Anat Rec* 1989;224:154-66.

9. Butler WT, Mikulski A, Urist MR, Bridges G, Uyeno S. Noncollagenous proteins of a rat dentin matrix possessing bone morphogenetic activity. *J Dent Res* 1977;56:228-32.

10. Jeong KI, Kim SG, Kim YK, Oh JS, Jeong MA, Park JJ. Clinical study of graft materials using autogenous teeth in maxillary sinus augmentation. *Implant Dent* 2011;20:471-5.

11. Jeong KI, Kim SG, Oh JS, Lim SC. Maxillary Sinus Augmentation Using Autogenous Teeth: Preliminary Report. *J Korean Assoc Maxillofac Plast Reconstr Surg* 2011;33:256-63.

12. Kim YK, Lee HJ, Kim KW, Kim SG, Um IW. Guide bone regeneration using autogenous teeth: case reports. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 2011;37:142-7.

13. Kim YK, Kim SG, Byeon JH, Lee HJ, Um IU, Lim SC, et al. Development of a novel bone grafting material using autogenous teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;109:496-503.

14. Iasella JM, Greenwell H, Miller RL, Hill M, Drisko C,

Bohra AA, et al. Ridge preservation with freeze-dried bone allograft and a collagen membrane compared to extraction alone for implant site development: a clinical and histologic study in humans. *J Periodontol* 2003;74:990-9.

15. Simon BI, Von Hagen S, Deasy MJ, Faldu M, Resnansky D. Changes in alveolar bone height and width following ridge augmentation using bone graft and membranes. *J Periodontol* 2000;71:1774-91.

16. Lekovic V, Camargo PM, Klokkevold PR, Weinlaender M, Kenney EB, Dimitrijevic B, et al. Preservation of alveolar bone in extraction sockets using bioabsorbable membranes. *J Periodontol* 1998;69:1044-9.

17. Lekovic V, Kenney EB, Weinlaender M, Han T, Klokkevold P, Nedic M, et al. A bone regenerative approach to alveolar ridge maintenance following tooth extraction. Report of 10 cases. *J Periodontol* 1997;68:563-70.

18. Vasilic N, Henderson R, Jorgenson T, Sutherland E, Carson R. The use of bovine porous bone mineral in combination with collagen membrane or autologous fibrinogen/fibronectin system for ridge preservation following tooth extraction. *J Okla Dent Assoc* 2003;93:33-8.

19. Serino G, Biancu S, Iezzi G, Piattelli A. Ridge preservation following tooth extraction using a polylactide and polyglycolide sponge as space filler: a clinical and histological study in humans. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:651-8.

20. Froum S, Cho SC, Rosenberg E, Rohrer M, Tarnow D. Histological comparison of healing extraction sockets implanted with bioactive glass or demineralized freeze-dried bone allograft: a pilot study. *J Periodontol* 2002; 73:94-102.

21. Camargo PM, Lekovic V, Weinlaender M, Klokkevold PR, Kenney EB, Dimitrijevic B, et al. Influence of bioactive glass on changes in alveolar process dimensions after exodontia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;90:581-6.

22. Artzi Z, Tal H, Dayan D. Porous bovine bone mineral in healing of human extraction sockets. Part 1: histomorphometric evaluations at 9 months. *J Periodontol* 2000;71:1015-23.

23. Stanley HR, Hall MB, Clark AE, King CJ 3rd, Hench LL, Berte JJ. Using 45S5 bioglass cones as endosseous ridge maintenance implants to prevent alveolar ridge resorption: a 5-year evaluation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997;12:95-105.
24. Brugnami F, Then PR, Moroi H, Leone CW. Histologic evaluation of human extraction sockets treated with demineralized freeze-dried bone allograft (DFDBA) and cell occlusive membrane. *J Periodontol* 1996;67:821-5.
25. Becker W, Becker BE, Caffesse R. A comparison of demineralized freeze-dried bone and autologous bone to induce bone formation in human extraction sockets. *J Periodontol* 1994;65:1128-33.
26. Catanzaro-Guimarães SA, Catanzaro BPN, Garcia GRB, Alle N. Osteogenic potential of autogenic demineralized dentin implanted in bony defects in dogs. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1986;15:160-9.
27. Gomes MF, dos Anjos MJ, Nogueira TO, Guimaraes SA. Histologic evaluation of the osteoinductive property of autogenous demineralized dentin matrix on surgical bone defects in rabbit skulls using human amniotic membrane for guided bone regeneration. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:563-71.
28. Gomes MF, dos Anjos MJ, Nogueira Tde O, Catanzaro Guimaraes SA. Autogenous demineralized dentin matrix for tissue engineering applications: radiographic and histomorphometric studies. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:488-97.
29. Kim YK, Yun PY, Lee HJ, Ahn JY, Kim SG. Ridge preservation of the molar extraction socket using collagen sponge and xenogeneic bone grafts. *Implant Dent* 2011;20:267-72.
30. Kim YK, Kim SG, Oh JS, Jin SC, Son JS, Kim SY, *et al.* Analysis of the inorganic component of autogenous tooth bone graft material. *J Nanosci Nanotechnol* 2011; 11:7442-5.
31. Kim YK, Lee J, Um IW, Kim KW, Murata M, Akazawa T, *et al.* Tooth-derived bone graft material. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 2013;39:103-11.
32. Landsberg CJ, Bichacho N. A modified surgical/prosthetic approach for optimal single implant supported crown. Part I—The socket seal surgery. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1994;6:11-7.

Knowledge and Clinical Practice of Antithrombotic Therapy among Dentists in Chiang Mai, Thailand

Chaiporn Karaket¹, Krit Leemasawat² and Arintaya Phrommintikul²

¹Department of Internal Medicine, Chiangkham Hospital, Phayao

²Cardiovascular Unit, Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai

Abstract

This study aimed to survey the knowledge and clinical practice of dentists regarding antithrombotic drug management before dental procedures. All dentists who worked in Chiang Mai, Thailand between February 2014 and December 2014 were invited to answer the questionnaires via mail. The survey items consisted of 20 questions focusing on knowledge and clinical practice regarding antiplatelet therapy, warfarin therapy and guideline recommendations. From 186 invitation mails, 100 dentists (53.8 %) returned the questionnaires. Seventy-two percent of the participants recognized clopidogrel, while only 20 % knew ticagrelor. Over 90 % of the participants did not know the optimal duration of dual antiplatelet therapy after stenting. Approximately half of the participants discontinued aspirin before dental procedures in their patients, and 66.7 % of them required at least 7 days of discontinuation. Three quarters of the participants suspended P2Y₁₂ inhibitors before their procedures, and 87.0 % of them required at least 5 days of discontinuation. Warfarin was discontinued in 71.6 %, 89.4 % and 93.5 % of the patients undergoing low-, moderate- and high-risk procedures, respectively. Approximately half of the participants were willing to perform low-risk dental procedures at the INR level of 2.1-4.0, while most of them preferred to perform moderate- and high-risk dental procedures at INR level of ≤ 2.0 (60.9 % and 72.5 %, respectively). All the participants were aware of the guideline recommendations, but there was a discrepancy between their practice and guideline recommendations to which they referred. The knowledge of antithrombotic therapy among dentists in Chiang Mai, Thailand was limited. A high percentage of dentists practiced differently from guideline recommendations. Some educational interventions should be done to improve the quality and safety of the medical care.

Keywords: Antiplatelet therapy, Antithrombotic therapy, Dental procedure, Survey, Warfarin

Received Date: Aug 14,2016

Accepted Date: Jan 6,2016

doi: 10.14456/jdat.2017.13

Correspondence to:

Krit Leemasawat. Cardiovascular Unit, Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine, Chiang Mai University, 110 Intavarorot Rd., Sripum, Mueang district, Chiang Mai 50200, Thailand Tel: 053-936713 Fax: 053-289177 E-mail: krit_lee@yahoo.com

Introduction

Nowadays, antithrombotic drugs are widely used. Aspirin, irreversible cyclooxygenase enzyme inhibitor, is effective for atherothrombotic prevention.^{1,2} It is commonly prescribed in patients with overt cardiovascular disease such as previous myocardial infarction, myocardial ischemia, transient ischemic attack or ischemic stroke, for secondary prevention.³ Dual antiplatelet therapy (DAPT) with aspirin and P2Y₁₂ inhibitors (i.e., clopidogrel, prasugrel and ticagrelor) demonstrates the cardiovascular benefits in patients with acute coronary syndrome or myocardial infarction.⁴⁻¹¹ Furthermore, DAPT shows a dramatic reduction in the incidence of ischemic complications after percutaneous coronary intervention.^{5,12} DAPT is now indicated in patients with acute coronary syndrome (up to 12 months) and patients treated with coronary stenting (at least 1 month after bare-metal stent implantation and 6 months after drug-eluting stent implantation).¹³ Oral anticoagulant (i.e., apixaban, dabigatran, rivaroxaban and warfarin) can reduce the incidence of embolic stroke in patients with non-valvular atrial fibrillation.¹⁴⁻¹⁷ In patients with mechanical heart valves, warfarin also reduces thromboembolic events and prosthetic valves thrombosis.¹⁸ As a result, oral anticoagulant is indicated in patients with non-valvular atrial fibrillation with high thromboembolic risk, patients with rheumatic mitral stenosis with high thromboembolic risk, patients with history of thromboembolism and patients with mechanical heart valves.^{19,20} The number of patient with antithrombotic drug use undergoing dental procedures is increasing continuously. Dentists are now confronting with the dilemma of antithrombotic drug management; how to balance between the thrombotic and bleeding risks.

Antithrombotic drug-induced bleeding after dental procedures²¹⁻²³ is a principal concern, leading to antithrombotic drug discontinuation. According to the questionnaire studies in Spain²⁴ and Turkey²⁵, aspirin

and clopidogrel were discontinued in 88 to 93 % of the patients before dental procedures. Moreover, routine interruption of warfarin occurred in nearly a quarter of the patients undergoing low-risk dental procedures.²⁶ The rate of discontinuation of antithrombotic drug in patients undergoing dental procedures is still high, despite the fact that the premature discontinuation of antiplatelet drugs increases the risk of thrombotic events such as myocardial infarction, stent thrombosis or ischemic stroke²⁷⁻³⁴, and the interruption of anticoagulant in patients with high thromboembolic risk sometimes can be fatal.

There are many clinical practice guidelines for the management of antithrombotic drugs during dental procedure.³⁵⁻⁴⁰ However, the recommendations are diverse among guidelines. The perioperative management of patients who receive antithrombotic drugs still presents a dilemma for dentists and consulting physicians. This study aimed to survey the knowledge and clinical practice of dentists in Chiang Mai, Thailand, regarding the antithrombotic drug management before dental procedures.

Materials and Methods

Study design and study population

This study was a descriptive cross-sectional survey, conducted in Chiang Mai, Thailand between February 2014 and December 2014. We invited all dentists who worked in Chiang Mai, Thailand to answer the questionnaires via mail. They were informed of the purpose of the study and the names of corresponding investigators. The dentists who wished to participate in the survey would be asked to complete the questionnaires, then return them by mail. All information was kept strictly confidential. The protocol and study materials were approved by the institutional review board of the Faculty of Medicine, Chiang Mai University.

Questionnaire

The questionnaire consisted of 2 parts, general participant's information and survey. The questions in the survey part aimed to assess the knowledge and clinical

practice about antiplatelet therapy, warfarin therapy and guideline recommendations. There were 20 questions in total, adapted from reference²⁴⁻²⁶ (Table 1).

Table 1 Survey questions (adapted from reference 24-26)

Antiplatelet therapy:

1. Do you know what clopidogrel is?
2. Do you know what ticagrelor is?
3. Do you know what a coronary stent is?
4. Do you know the optimal duration of DAPT after bare metal stent?
5. Do you know the optimal duration of DAPT after drug eluting stent?
6. Do you discontinue aspirin before a dental procedure in your patients? If YES, how many days?
7. Do you discontinue P2Y₁₂ inhibitor before a dental procedure in your patients? If YES, how many days?
8. Do you consult with a physician before discontinuing antiplatelet drugs?
9. Do you know the serious consequences of premature discontinuation of antiplatelet therapy in patients with coronary stents?
10. Do you wait until DAPT is completed before performing a dental procedure, if it is possible?

Warfarin therapy:

11. Do you discontinue warfarin before performing a low-risk dental procedure in your patients? If YES, how many days?
12. Do you discontinue warfarin before performing a moderate-risk dental procedure in your patients? If YES, how many days?
13. Do you discontinue warfarin before performing a high-risk dental procedure in your patients? If YES, how many days?
14. What is the maximum INR that you accept for performing a low-risk dental procedure?
15. What is the maximum INR that you accept for performing a moderate-risk dental procedure?
16. What is the maximum INR that you accept for performing a high-risk dental procedure?
17. Do you consult with a physician before discontinuing warfarin?
18. Do you know the serious consequences of discontinuation of warfarin in patients with prosthetic heart valves?

Guideline recommendations:

19. Are you aware of any guideline recommendations in your clinical practice?
 20. What is your reference guideline?
-

Definitions

The definition of the bleeding risk from a dental procedure in this study is adapted from post-operative bleeding in pre-transplant liver failure patients undergoing oral surgery.⁴¹ A low-risk dental procedure is defined as scaling or 1-5 simple extractions, carried out under local anesthesia. A moderate-risk dental procedure refers to 6-10 simple extractions or 1 impacted extraction, in which suture(s) may be needed. A high-risk dental procedure is defined as 11 or more simple extractions

or 2 or more impacted extractions, in which sutures are unavoidably needed. In this study, low international normalized ratio (INR) level, medium INR level and high INR level refer to the INR level of ≤ 2.0 , 2.1-3.5 and >3.5 , respectively.

Statistical analysis

Based on the data of Ministry of Public Health of Thailand, there were 186 dentists, working in Chiang

Mai, Thailand during the survey period. In order to represent the entire population with the confident level of 95 % and the margin of error of 5 %, at least 126 dentists (67.7 %) should be participated in the study. The response rates to survey ranged from 73.5 to 100 % in the previous studies²⁴⁻²⁶. However, mail survey needs both attention and willing to participate. We expected that the response rate to be lower in this study than

in previous reports. All descriptive data were given as number (percentage) and median (IQR), as appropriate. The difference in categorical and continuous data was analyzed with Chi-square test and One-way ANOVA test, respectively. Two-tailed p-value of less than 0.05 was considered statistical significance. The statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics, version 22.

Results

From 186 questionnaires, 100 mails (53.8 %) were returned. The median age of the participants was 36 (IQR 32.0-42.8) years. The ratio of male to female was about 1:2. The median duration of work experience was 12 (IQR 7-17) years. Of the 100 dentists included, 67 (67 %) worked in government hospitals, and 33 (33 %) worked in private hospitals or clinics. Sixty-seven participants (67 %) worked in urban area (Mueang district, Chiang Mai).

Antiplatelet therapy

Table 2 showed the survey results of antiplatelet therapy. Most of the participants (72 %) recognized clopidogrel, while only 20 % knew what ticagrelor was.

Three-fourths of the participants (74 %) knew a coronary stent, but over 90 % of them did not know the optimal duration of dual antiplatelet therapy (DAPT) after stenting. More than half of the dentists in this survey (59.8 %) discontinued aspirin before dental procedures in their clinical practices, and 66.7 % of them required at least 7 days of aspirin discontinuation. Three-fourths of the participants (76.3 %) suspended P2Y₁₂ inhibitors before their procedures, and 87.0 % of them required at least 5 days of P2Y₁₂ inhibitors discontinuation. There was no significant difference in term of knowledge and clinical practice regarding antiplatelet therapy between participants who worked in urban and rural areas.

Table 2 Survey results of antiplatelet therapy

Questions, n (%)*	Total (n=100)	Urban area (n=67)	Rural area (n=33)	P value
Do you know what clopidogrel is?	72 (72 %)	47 (70.1 %)	5 (75.8 %)	0.64
Do you know what ticagrelor is?	20 (20 %)	16 (23.9 %)	4 (12.1 %)	0.20
Do you know what a coronary stent is?	74 (74 %)	51 (76.1 %)	23 (69.7 %)	0.63
Do you know the optimal duration of DAPT after bare metal stent?	10 (10 %)	8 (11.9 %)	2 (6.1 %)	0.49
Do you know the optimal duration of DAPT after drug eluting stent?	8 (8 %)	5 (7.5 %)	3 (9.1 %)	1.00
Do you discontinue aspirin before a dental procedure in your patients?	58 (59.8 %)**	43 (66.2 %)**	15 (46.9 %)**	0.08
Do you discontinue P2Y12 inhibitor before a dental procedure in your patients?	74 (76.3 %)**	51 (78.5 %)**	23 (71.9 %)**	0.61
Do you consult with a physician before discontinuing antiplatelet drugs?	96 (96 %)	65 (97 %)	31 (93.9 %)	0.60
Do you know the serious consequences of premature discontinuation of antiplatelet therapy in patients with coronary stents?	73 (73 %)	50 (75.8 %)	23 (69.7 %)	0.63
Do you wait until DAPT is completed before performing a dental procedure, if it is possible?	72 (76.6 %)**	51 (81 %)**	21 (67.7 %)**	0.20

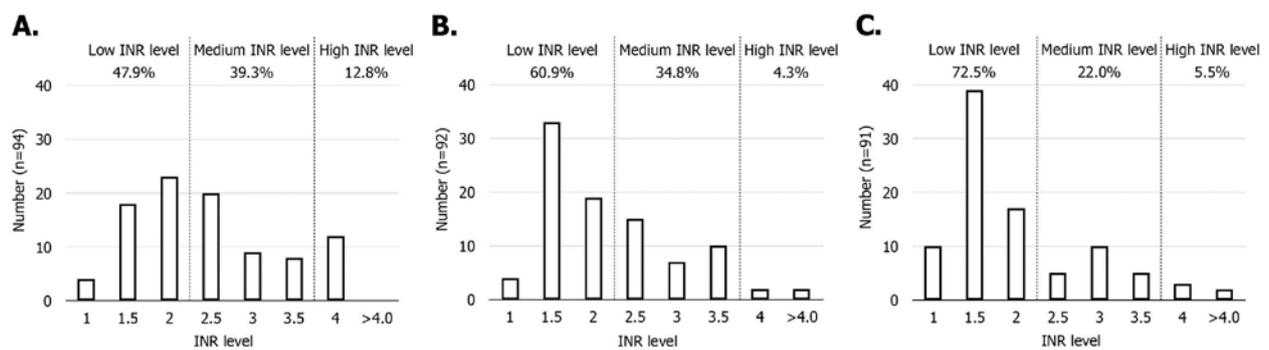
Warfarin therapy

Most of the dentists in this survey preferred to discontinue warfarin before performing their procedures (Table 3), and over 95 % of them suspended warfarin at least 3 days. Approximately half of the participants (52.1 %) were willing to perform low-risk dental procedures at the INR level of 2.1 to 4.0 (Fig. 1). Most of participants

preferred to perform moderate- and high-risk dental procedures at low INR level (60.9 % and 72.5 %, respectively). There was no significant difference regarding the knowledge and clinical practice on warfarin therapy between participants who worked in urban and rural areas.

Table 3 Survey results of warfarin therapy

Questions, n (%)*	Total (n=100)	Urban area (n=67)	Rural area (n=33)	P value
Do you know what clopidogrel is?	72 (72 %)	47 (70.1 %)	5 (75.8 %)	0.64
Do you know what ticagrelor is?	20 (20 %)	16 (23.9 %)	4 (12.1 %)	0.20
Do you know what a coronary stent is?	74 (74 %)	51 (76.1 %)	23 (69.7 %)	0.63
Do you know the optimal duration of DAPT after bare metal stent?	10 (10 %)	8 (11.9 %)	2 (6.1 %)	0.49
Do you know the optimal duration of DAPT after drug eluting stent?	8 (8 %)	5 (7.5 %)	3 (9.1 %)	1.00
Do you discontinue aspirin before a dental procedure in your patients?	58 (59.8 %)***	43 (66.2 %)***	15 (46.9 %)***	0.08
Do you discontinue P2Y12 inhibitor before a dental procedure in your patients?	74 (76.3 %)***	51 (78.5 %)***	23 (71.9 %)***	0.61
Do you consult with a physician before discontinuing antiplatelet drugs?	96 (96 %)	65 (97 %)	31 (93.9 %)	0.60
Do you know the serious consequences of premature discontinuation of antiplatelet therapy in patients with coronary stents?	73 (73 %)	50 (75.8 %)	23 (69.7 %)	0.63
Do you wait until DAPT is completed before performing a dental procedure, if it is possible?	72 (76.6 %)***	51 (81 %)***	21 (67.7 %)***	0.20



INR, international normalized ratio.

Figure 1 The maximum acceptable INR level for (A) low-, (B) moderate-, and (C) high-risk dental procedures

Guideline recommendations

All participants (100 %) were aware of guideline recommendations, and the clinical practice guideline of Dental Health Division, Department of Health, Bangkok³⁹ was the most frequently used as a reference (76.3 %). However, the discrepancy between the participants' practice and guideline recommendations to which they referred was observed. Approximately one-third of the participants (35.3 %) who used the clinical practice guideline of Dental Health Division, Department of Health, Bangkok³⁹ as a reference continued aspirin without interruption before their procedures, while the guideline recommended to stop aspirin before their procedures. Moreover, only half of the dentists (50.6 %) were willing to perform low-risk dental procedures at the recommended INR level.

Discussion

Our study was the first cross-sectional survey among dentists who worked in Chiang Mai, Thailand regarding knowledge and clinical practice of antithrombotic management in patients undergoing dental procedures. Unfortunately, the response rate (53.8 %) was much lower than our expectation. These results might not represent the entire population of dentists in Chiang Mai, Thailand. However, the results of our study could somehow reflect the current situation regarding knowledge and clinical practice of dentists in term of antithrombotic management.

Since clopidogrel has been available in Thailand and throughout the world for decades, most of the dentists recognize clopidogrel well. The rate of awareness of clopidogrel in this study (72 %) was similar to that of the previous reports (60-90.6 %).^{24,25} Ticagrelor, a novel P2Y₁₂ inhibitor, was approved by Food and Drug Administration of Thailand 1 year prior to this survey, so only 20 % of the participants knew what it was. Four years ago, none of the dentists in Turkey survey²⁵ recognized ticagrelor. Prasugrel, another novel P2Y₁₂

inhibitor, was available in Thailand shortly before the survey period. We predict that the rate of recognition would be very low, so we decide not to include prasugrel in our questionnaire. To familiarize with a new medication does take time, especially for the outsiders. However, the imbalance between the growing of new antithrombotic drug use and the restriction of drug recognition could be troublesome. When novel P2Y₁₂ inhibitors and NOACs are not recognized, dentists will perform their procedures as usual, and no prompt bleeding management will be prepared. This situation could lead to serious post-operative bleeding complications, especially in moderate- and high-risk dental procedures. Thus, dentists should regularly make an effort to update their knowledge.

Most evidence-based guidelines recommend that patients who are undergoing a minor dental procedure should continue aspirin without interruption prior to the procedure.^{35,38,40} In this survey, more than half of the participants still suspended aspirin treatment before their procedures. However, the rate of aspirin suspension is lower than that of the previous report.²⁵ The recommendations for DAPT management^{35,38-40} are controversial, since the risk of serious post-operative bleeding is very high and may outweigh the risk of thromboembolism. In the current situation, P2Y₁₂ inhibitors are usually discontinued before dental procedures. In our study, most of the participants (74 %) knew about a coronary stent. The result is similar to that of the previous studies (83-100 %).^{24,25} Most of the participants (73 %) were aware of the serious consequences when antiplatelet therapy was discontinued prematurely in patients with coronary stents. However, most of them (79.2-92 %) did not know the optimal duration of DAPT after stenting, and DAPT discontinuation was still frequently observed in their practice (76.3 % in our study and 89.9 % in the study in Turkey²⁵). In our opinion, filling this gap of knowledge could minimize DAPT interruption, since most of the dentists in our survey (76.6 %) preferred to wait until DAPT was completed before performing their dental procedures.

To our knowledge, the risk of significant surgical bleeding is very low in patients on warfarin with a stable INR in the range of 2.0 to 4.0^{36,37,42} whereas the risk of thrombosis is increased when warfarin is temporarily discontinued. As a consequence, it is generally recommended to check INR level within 72 hours of surgery and not to discontinue warfarin in most of the patients undergoing low-risk dental procedures.^{36,37,40} Surprisingly, in our study, 71.6 % of the participants routinely discontinued warfarin before performing low-risk dental procedures despite the awareness of serious consequences. The previous survey in Michigan²⁶ showed a much lower rate of discontinuation (23.6 %). However, approximately half of the dentists were willing to perform low-risk dental procedures at the recommended INR level in both studies (52.1 % in our study and 66.4 % in the study in Michigan²⁶). Some dentists might not feel comfortable to perform the operations in patients fully anticoagulated with warfarin. Bridging therapy with heparin or low-molecular weight heparin, purposely minimizing the duration of subtherapeutic anticoagulation, could potentially be an alternative strategy. Unfortunately, it was not cost-effective and might increase the risk of bleeding complications in patients undergoing low-risk dental procedures.^{43,44} Most of the dentists in our survey preferred to perform moderate- and high-risk dental procedures at subtherapeutic INR level, similar to the previous survey.²⁶ This practice may be defensible, since there is still lack of data regarding the management strategy of anticoagulation therapy for moderate- and high-risk dental procedures. Moreover, the emergence of novel oral anticoagulants (NOACs) (i.e., apixaban, dabigatran and rivaroxaban) leads to an additional controversy in the clinical practice. The safety data of NOACs in patients undergoing dental surgery are still limited. Dentists, together with consulting physicians, should carefully balance between bleeding risk and thrombotic risk, in order to provide the best medical care.

Our own clinical practice guideline should be updated in an evidence-based manner to avoid confusion among guideline recommendations and to help dentists provide the best medical care. However, the implementation of those recommendations into clinical practice is also another important issue. It is a complex pathway, involving multidisciplinary medical personnel and resource management. Dentists and all stakeholders play a vital role to develop and implement the plans. Almost all the dentists in our survey and in previous studies^{24,25} consulted the physicians or cardiologists for antithrombotic management before their procedures. Physician consultation is a valuable tool⁴⁵ and one of the key mechanisms to implement clinical guideline. However, traditional one-way communication is not the best method of consultation. Sometimes the physician's recommendation conflicts with the dentist's professional decision, especially when one relies on clinical experience rather than medical evidence. Two-way discussion, based on medical evidence and guideline recommendations, is a solution for decision making.

There are some limitations of this study. Firstly, the number of participants was relatively small. Our survey might not represent the results of the entire dentists working in Chiang Mai, Thailand. However, the results still provided necessary information for further studies and interventions. Secondly, our survey was conducted in a single region. The results cannot be generalized, since knowledge and clinical practice may be different in other regions of Thailand, as well as in other parts of the world. Lastly, most of the questions in our survey were "yes-no" questions which unavoidably forced bias into the interpretation when the answers were not absolutely yes or no. Faithfulness and reliability of perception were also the limitations of questionnaire research design. Moreover, it is undeniable that physician's suggestions potentially have an effect on dentist's response in the clinical practice.

Conclusion

The knowledge of antithrombotic therapy among dentists in Chiang Mai, Thailand is limited, especially for novel antiplatelet agents and the optimal duration of DAPT after stenting. Moreover, a high percentage of dentists practice differently from what the current evidence-based guidelines recommend. Some educational interventions should be done to improve the quality and safety of the medical care.

Acknowledgement

The authors are grateful to the dentists in Chiang Mai, Thailand who participated in this survey.

References

1. Patrono C, García Rodríguez LA, Landolfi R, Baigent C. Low-dose aspirin for the prevention of atherothrombosis. *N Engl J Med* 2005;353:2373-83.
2. Antithrombotic Trialists' Collaboration. Collaborative meta-analysis of randomised trials of antiplatelet therapy for prevention of death, myocardial infarction, and stroke in high risk patients. *BMJ* 2002;324:71-86.
3. Perk J, De Backer G, Gohlke H, Graham I, Rainer Z, Verschuren M, *et al.* European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice (version 2012). The Fifth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and other societies on cardiovascular disease prevention in clinical practice (constituted by representatives of nine societies and by invited experts). *Eur Heart J* 2012; 33:1635-701.
4. CAPRIE Steering Committee. A randomised, blinded, trial of clopidogrel versus aspirin in patients at risk of ischaemic events (CAPRIE). *Lancet* 1996;348:1329-39.
5. Yusuf S, Zhao F, Mehta SR, Chrolavicius S, Tognoni G, Fox KK, *et al.* Effects of clopidogrel in addition to aspirin in patients with acute coronary syndromes without ST-segment elevation. *N Engl J Med* 2001;345:494-502.
6. Sabatine MS, Cannon CP, Gibson CM, López-Sendón JL, Montalescot G, Theroux P, *et al.* Addition of clopidogrel to aspirin and fibrinolytic therapy for myocardial infarction with ST-segment elevation. *N Engl J Med* 2005;352:1179-89.
7. Chen ZM, Jiang LX, Chen YP, Xie JX, Pan HC, Peto R, *et al.* Addition of clopidogrel to aspirin in 45,852 patients with acute myocardial infarction: randomised placebo-controlled trial. *Lancet* 2005;366:1607-21.
8. CURRENT-OASIS 7 Investigators. Dose comparisons of clopidogrel and aspirin in acute coronary syndromes. *N Engl J Med* 2010;363:930-42.
9. Wiviott SD, Braunwald E, McCabe CH, Montalescot G, Ruzyllo W, Gottlieb S, *et al.* Prasugrel versus clopidogrel in patients with acute coronary syndromes. *N Engl J Med* 2007;357:2001-15.
10. Wallentin L, Becker RC, Budaj A, Cannon CP, Emanuelsson H, Held C, *et al.* Ticagrelor versus clopidogrel in patients with acute coronary syndrome. *N Engl J Med* 2009;361:1045-57.
11. Roe MT, Armstrong PW, Fox KA, White HD, Prabhakaran D, Goodman SG, *et al.* Prasugrel versus clopidogrel for acute coronary syndromes without revascularization. *N Engl J Med* 2012;367:1297-309.
12. Mehta SR, Yusuf S, Peters RJ, Bertrand ME, Lewis BS, Natarajan MK, *et al.* Effects of pretreatment with clopidogrel and aspirin followed by long-term therapy in patients undergoing percutaneous coronary intervention: the PCI-CURE study. *Lancet* 2001;358:527-33.
13. Windecker S, Kolh P, Alfonso F, Collet JP, Cremer J, Falk V, *et al.* 2014 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization: The Task Force on myocardial revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). Developed with the special contribution of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *Eur Heart J* 2014;35:2541-619.
14. Hart RG, Pearce LA, Aguilar MI. Meta-analysis: antithrombotic therapy to prevent stroke in patients

- who have nonvalvular atrial fibrillation. *Ann Intern Med* 2007;146:857-67.
15. Connolly SJ, Ezekowitz MD, Yusuf S, Eikelboom J, Oldgren J, Parekh A, *et al.* Dabigatran versus warfarin in patients with atrial fibrillation. *N Engl J Med* 2009;361:1139-51.
 16. Patel MR, Mahaffey KW, Garg J, Pan G, Singer DE, Hacke W, *et al.* Rivaroxaban versus warfarin in nonvalvular atrial fibrillation. *N Engl J Med* 2011;365:883-91.
 17. Granger CB, Alexander JH, McMurray JJ, Lopes RD, Hylek EM, Hanna M, *et al.* Apixaban versus warfarin in patients with atrial fibrillation. *N Engl J Med* 2011;365:981-92.
 18. Little SH, Massel DR. Antiplatelet and anticoagulation for patients with prosthetic heart valves. *Cochrane Database Syst Rev* 2003;CD003464.
 19. Camm AJ, Lip GY, De Caterina R, Savelieva I, Atar D, Hohnloser SH, *et al.* 2012 focused update of the ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation: an update of the 2010 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation. Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association. *Eur Heart J* 2012;33:2719-47.
 20. Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP 3rd, Guyton RA, *et al.* 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014;148:e1-e132.
 21. Lemkin SR, Billesdon JE, Davee JS, Leake DL, Kattlove HE. Aspirin-induced oral bleeding: correction with platelet transfusion. A reminder. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1974;37:498-501.
 22. Thomason JM, Seymour RA, Murphy P, Brigham KM, Jones P. Aspirin-induced post-gingivectomy haemorrhage: a timely reminder. *J Clin Periodontol* 1997;24:136-8.
 23. Ziffer AM, Scopp IW, Beck J, Baum J, Berger AR. Profound Bleeding after Dental Extractions during Dicumarol Therapy. *N Engl J Med* 1957;256: 351-3.
 24. Lozano I, Martín D, Torres F, Avanzas P, Rondán J, García-Ruiz JM, *et al.* Knowledge of coronary stents, thrombosis and dual antiplatelet therapy among Spanish dentists. *Rev Esp Cardiol* 2009;62:153-7.
 25. Can MM, Biteker M, Babur G, Ozveren O, Serebruany VL. Knowledge, attitude and perception of antiplatelet therapy among dentists in Central Eastern Turkey. *World J Cardiol* 2012;4:226-30.
 26. Ward BB, Smith MH. Dentoalveolar procedures for the anticoagulated patient: literature recommendations versus current practice. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65:1454-60.
 27. Collet JP, Himbet F, Steg PG. Myocardial infarction after aspirin cessation in stable coronary artery disease patients. *Int J Cardiol* 2000;76:257-8.
 28. Sibon I, Orgogozo JM. Antiplatelet drug discontinuation is a risk factor for ischemic stroke. *Neurology* 2004;62:1187-9.
 29. Ferrari E, Benhamou M, Cerboni P, Marcel B. Coronary syndromes following aspirin withdrawal: a special risk for late stent thrombosis. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:456-9.
 30. Maulaz AB, Bezerra DC, Michel P, Bogouslavsky J. Effect of discontinuing aspirin therapy on the risk of brain ischemic stroke. *Arch Neurol* 2005;62:1217-20.
 31. Collet JP, Montalescot G. Premature withdrawal and alternative therapies to dual oral antiplatelet therapy. *Eur Heart J Suppl* 2006;8:G46-52.
 32. Biondi-Zoccai GG, Lotrionte M, Agostoni P, Abbate A, Fusaro M, Burzotta F, *et al.* A systematic review and meta-analysis on the hazards of discontinuing or not adhering to aspirin among 50,279 patients at risk for coronary artery disease. *Eur Heart J* 2006;27:2667-74.
 33. Mohammad RA, Goldberg T, Dorsch MP, Cheng JW. Antiplatelet therapy after placement of a drug-eluting stent: a review of efficacy and safety studies. *Clin Ther* 2010;32:2265-81.
 34. Holmes DR Jr, Kereiakes DJ, Garg S, Serruys PW, Dehmer GJ, Ellis SG, *et al.* Stent Thrombosis. *J Am Coll Cardiol* 2010;56:1357-65.
 35. Grines CL, Bonow RO, Casey DE Jr, Gardner TJ, Lockhart PB, Moliterno DJ, *et al.* Prevention of premature discontinuation of dual antiplatelet therapy in patients

with coronary artery stents. A science advisory from the American Heart Association, American College of Cardiology, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, American College of Surgeons, and American Dental Association, with representation from the American College of Physicians. *Circulation* 2007;115:813-8.

36. Perry DJ, Noakes TJ, Helliwell PS. Guidelines for the management of patients on oral anticoagulants requiring dental surgery. *Br Dent J* 2007;203:389-93.

37. Richards D. Guidelines for the management of patients who are taking oral anticoagulants and who require dental surgery. *Evid Based Dent* 2008;9:5-6.

38. Bell AD, Roussin A, Cartier R, Chan WS, Douketis JD, Gupta A, *et al.* The use of antiplatelet therapy in the outpatient setting: Canadian Cardiovascular Society Guidelines Executive Summary. *Can J Cardiol* 2011;27:208-21.

39. กองทันตสาธารณสุข สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร. แนวทางเวชปฏิบัติทางทันตกรรม สำหรับคลินิกทันตกรรม สำนักอนามัย. ISBN:978-616-7217-88-8. 2011 Jun

40. Douketis JD, Spyropoulos AC, Spencer FA, Mayr M, Jaffer AK, Eckman MH, *et al.* Perioperative management of antithrombotic therapy: Antithrombotic Therapy and Prevention of Thrombosis, 9th ed: American College

of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest* 2012;141:e326S-50S.

41. Weideman E. Risk assessment of long term post-operative bleeding following tooth extraction(s) in the pre-transplant liver failure patient. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63:33-4.

42. Bacci C, Maglione M, Favero L, Perini A, Di Lenarda R, Berengo M, *et al.* Management of dental extraction in patients undergoing anticoagulant treatment. Results from a large, multicentre, prospective, case-control study. *Thromb Haemost* 2010;104:972-5.

43. Zusman SP, Lustig JP, Bin Nun G. Cost evaluation of two methods of post tooth extraction hemostasis in patients on anticoagulant therapy. *Community Dent Health* 1993;10:167-73.

44. Erden I, Cakcak Erden E, Aksu T, Gölcük SE, Turan B, Erkol A, *et al.* Comparison of uninterrupted warfarin and bridging therapy using low-molecular weight heparin with respect to the severity of bleeding after dental extractions in patients with prosthetic valves [published online ahead of print 2015 Sep 15]. *Anatol J Cardiol* doi:10.5152/AnatoJCardiol.2015.6130.

45. Gary CJ, Glick M, editors. Medical clearance: an issue of professional autonomy, not a crutch. *J Am Dent Assoc* 2012;143:1180-1.

In vitro Accuracy Assessment of Electronic Apex Locator: RSUpex

La-ongthong Vajrabhaya¹, Kemachart Wangpitukwong¹, Khuanchanok Laongnualpanich¹, Pitchayapa Aroonraj¹, Kanyanun Ramayasinpong¹, Thanabat Yiampanomkun¹, Pimtida Watcharapreechawong¹, Sani Boonyakul², Thawat Kaewgun² and Suwanna Korsuwannawong³

¹Faculty of Dental Medicine, Rangsit University, Pathumthani

²Faculty of Biomedical Engineering, Rangsit University, Pathumthani

³Faculty of Dentistry, Mahidol University, Bangkok

Abstract

Aim: To evaluate the accuracy of RSUpex, a newly developed electronic apex locator (EAL), by comparing it with a standard apex locator (Root ZX). **Methodology:** Forty single-root lower premolar human teeth with completed apex formation were embedded in alginate model, which simulated tooth-surrounding tissue. The working length (WL) of each tooth was determined by using both Root ZX and RSUpex. The actual working length of each tooth was determined under a microscope. **Results:** The working lengths determined by both electronic apex locators varied ± 0.5 mm from the apical foramen, which were within the acceptable criteria. The WLs measured by Root ZX and RSUpex were 0.5 mm short of the apical foramen (AF) of 28 canals (70 %) and 22 canals (55 %) respectively. Eleven canals (27.5 %) and 17 canals (42.55 %) were beyond the AF respectively for Root ZX and RSUpex, while WLs of 1 canal (2.5 %) from both EALs were at the AF. The intra-class correlation coefficient of both devices was 0.988, which indicates excellent accuracy. **Conclusion:** The accuracy of RSUpex in working length determination is comparable with Root ZX. Further studies are needed to evaluate the success of RSUpex in clinical settings.

Keywords: Alginate model, Electronic apex locators, Root ZX, RSUpex

Received Date: Dec 1,2016

Accepted Date: Feb 17,2016

doi: 10.14456/jdat.2017.14

Correspondence to:

La-ongthong Vajrabhaya. Endodontic Section, Faculty of Dental Medicine, Rangsit University, 52/347 Muang-Ake, Phaholyothin Rd, Lak-Hok, Muang, Pathum Thani 12000, Thailand. Tel: 02-997-2200-30 Ext.4392 Fax: 662-997-2200 Ext.4321 Email: la-ongthong.v@rsu.ac.th

Introduction

Endodontic treatment involves the removal of the infected dental pulp and dentin from the root canal system by mechanical and chemical cleaning and shaping in terms of instrumentation, irrigation and medication. One of the critical steps in the endodontic procedure is the accurate measurement of 'working length' (WL). It has been shown that a densely filled root canal and a good final restoration are important factors that contribute to the success of endodontic treatment.¹ It is accepted that the termination of root canal filling should be at the apical constriction (AC) or at the cemento-dentinal junction (CDJ).

There are several methods for WL determination in endodontic treatment. The tactile perception with a hand file is simplistic but inaccurate when applied to root canals with immature apex, excessive curvature, etc. The radiographic method is the most common practice used in determination of WL.² However, accuracy is difficult to achieve with this technique because of difficulties in identification of the AC, variations in angulation of the radiographic technique and image distortion.

Electronic apex locators (EAL) have been used clinically to overcome the drawbacks of the radiographic measurement method. EAL was first developed based on the principle concept that there exists an electrical resistance between the periodontal ligament and the oral mucosa *in vivo*, which has a constant voltage of 6.5 k Ω .³ Sunada⁴ introduced these principles into clinical practice and stated that EAL could be used to indicate the apical area. There are five developmental generations of EAL devices. Each generational device had been developed and modified with a different circuit inside. The first generation devices used the principles of original electrical resistance measurement. However, pain occurred due to high electrical current. The second generation devices, the impedance apex locators, were operated by a single-frequency alternating current. The

signal was not stable and inaccurate in the presence of tissue and electro-conductive irrigates in the canal. The third generation devices were operated by using two alternating currents with different frequencies. For the third generation, there are two types of EALs, which are impedance difference type and impedance ratio type. The impedance-difference EAL measures the impedance value at two different frequencies and calculates the difference between the two values, while the impedance ratio type determines the position of the file from the ratio between these two frequencies.⁵ Root ZX (J.Morita, Tokyo, Japan) is categorized in this generation. The fourth generation devices use two or more non-simultaneous continuous frequencies for the purpose of measuring the difference or ratio between the two currents.⁶ The devices considered in the fifth generation were developed in 2003. They measure the capacitance and resistance of the circuit separately. They use the statistics values to determine the position of the file within the canal.⁷

The operating principle of RSUpex, the novel electrical apex locator device, is based on the measurement of electrical voltage impedance during a root canal procedure. The 50 KHz signal frequency from the device was generated within the canal through the endodontic file. When the file moves through the canal, the canal impedance differs, which is reflected by the alteration of the electrical voltage. From the variation of voltage and the distance between the root apex and the file tip, the calibration graph is created for microcontroller processing and programmed into the microcontroller board. The depth of file tip is shown on an LCD screen as represented by the moving scales and the corresponding numeric value. When the file is at the AC, an audible alarm starts producing rhythmic beeping and sound is continuously generated as it approaches the root apex.

The aim of this study was to evaluate the accuracy of RSUpex, while comparing it with Root ZX, which has

been a widely used EAL in clinical practice within the alginate model.

Materials and methods

Forty single-root lower premolar human teeth with completed apex formation and without fractures were used in this study. Each tooth had been extracted for the purposes of periodontal or orthodontics reasons under the protocol approved by the Ethics Committee of Rangsit University (RSEC 3/2559). The teeth were collected at the Oral Surgery Clinic, Faculty of Dental Medicine, Rangsit University and were kept in a 0.1 % thymol solution until used for the study. The crown of each tooth was sectioned at 5 millimeters above the cemento-enamel junction (CEJ) level from the buccal aspect by a high-speed cylinder diamond bur to make a flat surface as a precise reference area for the rubber stop. The canal was irrigated with 2.5 % sodium

hypochlorite. A Hand K-file, snugly fitted to the canal, was selected and inserted through the canal until the tip of file appeared at the AF under the operating microscope (x5.1) (Carl Zeiss, Oberkochen, Germany). Then the rubber stop was adjusted to make contact at the reference level on the tooth surface. The file was then removed from the root canal. The actual length between the rubber stop and the file tip was measured by using a digital vernier caliper (Mitutoyo corporation, Kawasaki, Japan).

After the initial procedure, the tooth was embedded within an alginate model for tooth-surrounding tissue simulation. The type II alginate impression material (Kerr, California, USA) was placed in small plastic cups with one cup containing one tooth each. Then each tooth and the labial clip were inserted in the alginate before it set as shown in Fig.1. The tooth's CEJ was one mm above the alginate level. Each model was used for both EALs measurement within thirty minutes to ensure sufficient humidity during the procedure.

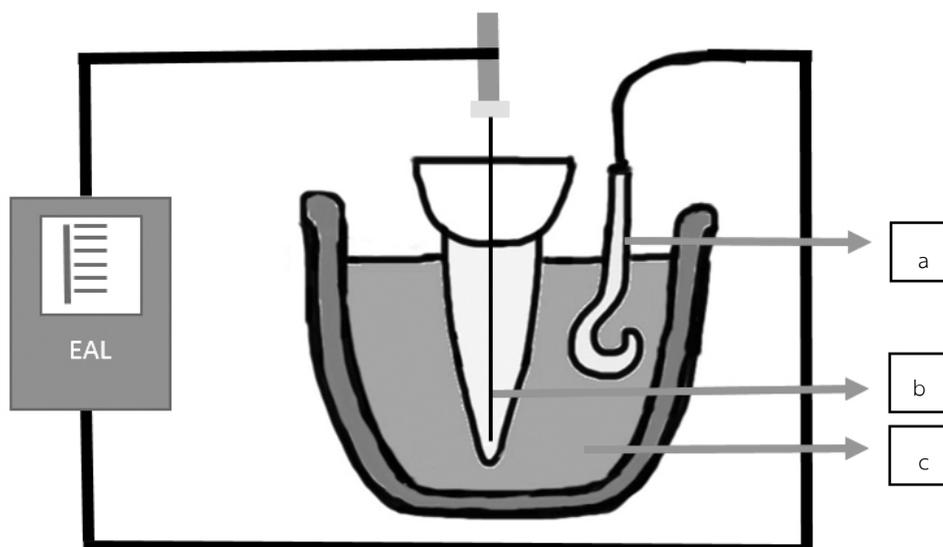


Figure 1 Tooth embedded in alginate model for which simulated tooth-surrounding tissue.
(a = labial clip, b = file, c = alginate)

The root canal was irrigated with 2.5 % NaOCl and the excess irrigant was absorbed by a paper point. The appropriate size of file, which was snugly fitted within each canal, was selected then a file was connected to the apex locator. The file was slowly inserted into the root canal and the scale on the EAL display was shown the AC point as indicated by each EAL as the following resulting output~ Root ZX: The liquid crystal moves to the green area and a digital output of '00' is shown. RSUpex: The lowest scale measurement showed concurrently followed by an audible beep notification.

The rubber stop was slid down to contact the reference area. The file was carefully removed from the canal and the length from the rubber stop to the file tip was measured by a digital vernier caliper. The WL of each tooth was determined three times with the EAL.

Data Analysis

The length of the file, which was measured by RootZX or RSUpex apex locator, was subtracted by the AL of each tooth. The positive difference value represents

the determined length by the EAL that is beyond the AF. Conversely the negative difference represents the determined length by the EAL that is short of the AF. The mean WLs of both EALs was analyzed by Intra-class Correlation Coefficient (ICC)⁸ and the percentage for acceptability regarding root canals (the acceptable criterion of WL determination by EALs is short or beyond the AF \pm 0.5 mm) was calculated at a 95 % confidence interval.

Results

The WLs of forty teeth were obtained with both RSUpex and Root ZX. The measurements were evaluated on whether they are within the acceptable range (\pm 0.5 millimeters from AF). The WLs measured by Root ZX and RSUpex was 0.5 mm short of the AF of 28 canals (70 %) and 22 canals (55 %) respectively. Eleven canals (27.5 %) and 17 canals (42.5 %) were beyond the AF respectively, while WLs of one canal (2.5 %) from both EALs were at the AF as shown in Table 1.

Table 1 The percentage of acceptable measurements (\pm 0.5 mm from apical foramen) by both EALs

Distance from the AF (mm)	Root ZX	RSUpex
- 0.5	70.0 % (n=28)	55.0 % (n=22)
0.0	2.5 % (n=1)	2.5 % (n=1)
+ 0.5	27.5 % (n=11)	42.5 % (n=17)

AF : Apical Foramen

The Intra-class Correlation Coefficient of two EALs was equal to 0.988. The strength of accuracy

agreement was excellent as shown in Table 2 and Table 3.

Table 2 Descriptive statistics of WL measured by both EALs

Working length	Mean \pm SD	Min, Max	ICC	95 % CI	p
Root ZX	18.54 \pm 1.22	17.32, 19.76			
RSUpex	18.61 \pm 1.23	17.38, 19.84			
Difference (RSUpex- RootZX)	0.05 \pm 0.21	-0.16, 0.26	0.988	0.978 – 0.994	0.000

Table 3 Criteria for grading the strength of accuracy agreement⁸.

ICC	Strength of agreement
<0.25	Poor
0.25 – 0.50	Fair
0.50 – 0.75	Moderate
0.75 – 0.90	Good
>0.90	Excellent

ICC : Intra-class Correlation Coefficient

Discussion

The accuracy of EALs has been proven both in the laboratory and in clinical settings. EALs using the impedance ratio principle, such as Root ZX, have demonstrated high accuracy values of 80-90.⁹⁻¹¹ In the present study, the newly developed EAL (RSUpex) was compared with Root ZX in the laboratory settings before the clinical use.

The experimental model that simulates the periodontal tissue is an important factor in the laboratory evaluation. Huang¹² indicated that EALs use the electrical principles more than the biological properties of the periapical tissue. The *in vitro* model for tooth embedding should have a similar electrical resistance with the periodontal tissue.

There are various types of embedding media used for accurately measuring the EAL, which include alginate, gelatin, saline, sponge, and agar. According to Chen *et al.*¹³ and Baldi *et al.*¹⁴, it is suggested that alginate is the material of choice as an embedding media because of the colloidal gel properties it possesses. Alginate is placed in the cup to surround the root surface. As a result, the electrical circuit is complete. Alginate is a perfect embedding media due to its level of electro-conductivity as the composition of alginate is comprised of salt (sodium alginate), calcium sulfate, and magnesium oxide that simulate the periodontal ligament tissue. So alginate was selected in our study as it is easy to use, convenient for study protocols, and inexpensive. It provides more accurate measurements

for evaluation of EALs when compared with other embedded media. However, the disadvantage of alginate is dehydration. The alginate model should be kept moist or refrigerated and used within thirty minutes after preparation. Longer waiting periods will result in incorrect measurements as the alginate becomes dry.

As mentioned above, the accuracy of EAL devices depends on both the electrical principle and biological properties of periapical tissues. Some studies used the standard model of glass tubule instead of the extracted tooth for an accurate measurement of the EAL. Fan *et al.*¹⁵ used glass tubules for purposes of evaluating the accuracy of RootZX, Propex (Dentsply – Maillefer, Ballaigues, Switzerland), and Neosono (Satelec Inc., NJ, USA) in different electrolyte conditions within the root canal. Canal curvature, canal taper, and lateral canal are the variable factors for WL determination that directly affect the results of the study. Our study used the natural extracted teeth for better clinical simulation.

The acceptable range for EAL accuracy determination in many studies has two levels; ± 0.5 and ± 1.0 mm from apical foramen or major foramen. The study by Wu *et al.*¹⁶ demonstrated that utilizing the location of the minor foramen or the AC was unreliable when there was physiological cementum deposition of 0.5 – 1.0 mm on the sample teeth. Therefore, an evaluation of EAL accuracy at level ± 0.1 mm from the AF was acceptable in the clinical investigation due to the wide range observed in the shape of the apical zone. But in this study, the acceptable criteria was specified at level ± 0.5 mm from AF because over

instrumentation or root canal filling affect the healing process as explained in the study by Sjogren *et al.*¹⁷

Huang¹² and Wu *et al.*¹⁸ suggested that two factors that affect the accuracy of EAL are the electrolyte levels within the root canal and the diameter of the AF. In this study, 2.5 % NaOCl was used to irrigate the root canal for simulating clinical practice environmental duplication appropriately. Excessive irrigation results in inaccurate readings while using the EAL device. Ebrahim *et al.*¹⁹ proposed that NaOCl irrigation results in a higher level of accuracy during measurement. Huang¹² found that if the diameter of the apical foramen is larger than 0.2 mm, the WL determination by EAL would be shorter than the accurate one. In the current study, forty mature teeth with complete root formation were used. Open apex or root fracture was in the exclusive criteria of the sample selection in this study.

The size of the file is another factor that influences the accuracy of EAL results. The size of a root canal should be evaluated before choosing the appropriate file size. Ideally a snug-fitting file, which is equally not too loose should be selected for WL determination by the EAL. The accuracy of the EAL is reduced if the file used for WL determination is too small within a canal with a large AF, by comparison with the appropriate file size ($p < 0.05$).²⁰ Our study utilized hand files with a size range of 08-10 for WL determination and the procedures were performed by one operator, who would identify the working length determination by both EALs.

In the present study, the factors, which would impact the accuracy of evaluations of EALs were controlled. The comparative results between RSUpex and Root ZX were excellent with a ICC score of 0.988, which indicates almost parallel readings from both devices. The WL determination, which was obtained from both EALs, was compared to the AL and were in the acceptable criteria of ± 0.5 mm. However, during the experimental period, there were some defects that came to light regarding the RSUpex

design, which need to be addressed. The RSUpex was powered by an alternating electrical current, which prevented the device from being 'portable' as it required a power socket and certain length of cable to operate. The display was not visible and the audible beeping notification was not at an appropriate audible pitch when compared to the Root ZX, which might lead to misinterpretation during the use of the device. Development of a portable solution equipped with a high capacity battery with a more visually responsive and contrasting display would greatly improve the next generation of RSUpex devices.

Conclusion

The accuracy of RSUpex was studied in comparison with Root ZX, which is accepted as the gold standard EAL, by using the alginate model. Their correlation between two devices was excellent and parallel. RSUpex can be used for WL determination. However, further clinical studies is needed before using this new device in clinical practice.

Acknowledgement

This study was supported by the Junior Project Research Fund of Rangsit University, Thailand. We would like to thank Assoc. Prof. Dr Ozgur Erdogan for English language editing

References

1. Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and coronal restoration. *Int Endod J* 1995;28:12-8.
2. Olson AK, Goerig AC, Cavataio RE, Luciano J. The ability of radiograph to determine the location of the apical foramen. *Int Endod J* 1991;24:28-35.

3. Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. *J Stomatol Soc* 1942;16:411-7.
4. Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res* 1962;41:375-87.
5. Kobayashi C, Suda H. A new engine – driven canal preparation system with electronic canal measuring capability. *J Endod* 1994;20:11-4.
6. Welk AR, Baumgartner JC, Marshall JG. An *in vivo* comparison of two frequency- based electronic apex locators. *J Endod* 2003;29:497–500.
7. Gordon M, Chandler N. Electronic apex locators. *Int Endod J* 2004;37:425–37.
8. Deyo RA, Diehr P, Patrick DL. Reproducibility and responsiveness of health status measures. Statistics and strategies for evaluation. *Control Clin Trials* 1991;12: 142S-58S.
9. Stober EK, Duran-Sindreu F, Mercade M, Vera J, Bueno R, Roig M. An evaluation of Root ZX and iPex apex locators: An *in vivo* study. *J Endod* 2011;37:608-10.
10. Stoll R, Urban-Klein B, Roggendorf MJ, Jablonski-Momeni A, Strauch K, Frankenberger R. Effectiveness of four electronic apex locators to determine distance from the apical foramen. *Int Endod J* 2010;43:808-17.
11. Vajrabhaya L, Tepmongkol P. Accuracy of apex locator. *Endod Dent Traumatol* 1997;13: 180-2.
12. Huang L. An experimental study of the principle of electronic root canal measurement devices. *J Endod* 1987;13:60-64.
13. Chen E, Kaing S, Mohan H, Ting SY, Wu J, Parashos P. An Ex Vivo Comparison of Electronic Apex Locator Teaching Models. *J Endod* 2011;37:1147–51.
14. Baldi JV, Victorino FR, Bernardes RA, de Moraes IG, Bramante CM, Garcia RB, *et al.* Influence of embedding media on the assessment of electronic apex locator. *J Endod* 2007;33:476-9.
15. Fan W, Fan B, Gutmann JL, Bian Z, Fan MW. Evaluation of the accuracy of three apex locators using glass tubules. *Int Endod J* 2006;39:127-35.
16. Wu MK, Wesselink PR, Walton RE. Apical terminus location of root canal treatment procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;89:99-103.
17. Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod* 1990;16:498-504.
18. Wu YN1, Shi JN, Huang LZ, Xu YY. Variables affecting electronic root canal measurement. *Int Endod J* 1992; 25:88-92.
19. Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. Ex vivo evaluation of the ability of four different electronic apex locators to determine the working length in teeth with various foramen diameters. *Aust Dent J* 2006;51:258-62.
20. Ebrahim AK, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. The effects of file size, sodium hypochlorite and blood on the accuracy of Root ZX apex locator in enlarged root canals: an *in vitro* study. *Aust Dent J* 2006;51:153-7.

ผลของกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติกและกรดซิตริกต่อความแข็งระดับจุลภาคของผนังคลองรากฟัน

Effect of Ethylenediaminetetraacetic Acid and Citric Acid on the Microhardness of Root Dentin

ศิริพรรณ สุทธิสุวรรณ¹ และ ชินาลัย ปิยะชน²
Siripan Sutthisuwan¹ and Chinalai Piyachon²

¹โรงพยาบาลท่าตุม ตำบลท่าตุม อำเภอท่าตุม จังหวัดสุรินทร์

¹Thatoom Hospital, Thatoom, Thatoom, Surin

²ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร

²Department of Conservative dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, Bangkok

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแข็งระดับจุลภาคแบบนูนของผนังคลองรากฟันเมื่อสัมผัสกับสารทดสอบ คือ กรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 17 ค่าพีเอช 7.21 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 10 ค่าพีเอช 1.55 เป็นเวลา 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที ทำการศึกษาโดยใช้ฟันกรามน้อยล่างรากเดียวจำนวน 30 ซี่ แยกรากฟันออกเป็นสองส่วนตามแนวยาวในแนวแกมลิ้น แบ่งชั้นทดสอบแบบสุ่มออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ วัดค่าความแข็งระดับจุลภาคแบบนูนของเนื้อฟันก่อนและหลังสัมผัสกับสารทดสอบโดยกดที่ผนังคลองรากฟันด้วยแรงขนาด 50 กรัม เป็นเวลา 15 วินาที นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการทดสอบความต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากรไม่อิสระต่อกัน การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบความต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากรอิสระต่อกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการศึกษาพบว่าทั้งกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติกและกรดซิตริกมีผลลดความแข็งระดับจุลภาคของเนื้อฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกช่วงเวลา เมื่อสัมผัสกรดซิตริกเป็นเวลา 3 และ 5 นาที ผนังคลองรากฟันจะมีค่าความแข็งระดับจุลภาคลดลงมากกว่าการสัมผัสเป็นเวลา 1 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและลดลงมากกว่าการสัมผัสกับกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติกเป็นเวลา 3 และ 5 นาที ภายใต้สภาวะของการศึกษานี้สรุปได้ว่ากรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติก ความเข้มข้นร้อยละ 17 ค่าพีเอช 7.21 สามารถใช้ล้างคลองรากฟันได้โดยไม่มีผลต่อความแข็งระดับจุลภาคของผนังคลองรากฟันเมื่อมีระยะเวลาสัมผัสกับผนังคลองรากฟันเป็นเวลา 1-5 นาที

คำสำคัญ: กรดซิตริก, เนื้อฟัน, คลองรากฟัน, กรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติก, ความแข็ง

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of 17 % ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) at pH 7.21 and 10 % citric acid at pH 1.55 on the microhardness of root dentin. Thirty human mandibular premolars were split longitudinally and randomly divided into six groups. Specimens were treated as follows: Gr1: 17 % EDTA for 1 min, Gr2: 17 % EDTA for 3 min, Gr3: 17 % EDTA for 5 min, Gr4: 10 % citric acid for 1 min, Gr5: 10 % citric acid for 3 min and Gr6: 10 % citric acid for 5 min. Dentin microhardness was measured with a Knoop indenter under a 50-g load and a 15-seconds dwell time. Data were statistically analyzed using Paired sample *t*-test, One-way ANOVA and Independent samples *t*-test at 5 % significance level. The results indicated that both solutions significantly decreased the microhardness of root dentin when contacted at 1, 3 and 5 minutes. The reductions of the microhardness values of root dentins that were exposed to 10 % citric acid at 3 and 5 minutes were significantly higher than those of EDTA groups. Under the conditions of this study, 17 % EDTA at pH 7.21 could be safely used as an irrigating solution without a change of dentin surface microhardness when contact time is 1-5 minutes.

Keywords: Citric Acid, Dentin, Root Canal, Ethylenediaminetetraacetic acid, Hardness

Received Date: Nov 29,2016

Accepted Date: Feb 21,2016

doi: 10.14456/jdat.2017.15

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

ชินาลัย ปิยะชน. ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ขอยุสุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110 ประเทศไทย โทรศัพท์: 02-6495212, 081-5506043 โทรสาร: 02-6641882 อีเมล: piyach@hotmail.com

Correspondence to:

Chinalai Piyachon. Department of Conservative dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok 10110 Thailand Tel: 02-6495212, 081-5506043 Fax: 02-6641882 E-mail: piyach@hotmail.com

บทนำ

การทำให้คลองรากฟันปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก คือ การใช้สารที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อชะล้างและใส่ในคลองรากฟัน (chemomechanical method) และการใช้เครื่องมือตัดผนังคลองรากฟัน (biomechanical method) ซึ่งจะทำให้เกิดชั้นสเมียร์ (smear layer) ติดตามผนังคลองรากฟัน McComb และ Smith¹ ได้อธิบายว่าลักษณะของชั้นสเมียร์ที่เกิดขึ้นบนผนังคลองรากฟันประกอบด้วยเศษชิ้นส่วนของส่วนยื่นของเซลล์สร้างเนื้อฟัน (odontoblastic process) เนื้อเยื่อใน (dental pulp) และเชื้อจุลินทรีย์ การคงชั้นสเมียร์ไว้ในคลองรากฟันจึงอาจเป็นแหล่งอาหารให้เชื้อจุลินทรีย์ในคลองรากฟันเจริญเติบโตและก่อโรคได้ใหม่

ทั้งยังขัดขวางการแทรกซึมเข้าไปในท่อเนื้อฟันของน้ำยาล้างคลองรากฟัน ยาที่ใส่ในคลองรากฟัน รวมถึงวัสดุอุดคลองรากฟัน²⁻³

วิธีการกำจัดชั้นสเมียร์บนผนังคลองรากฟันที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การล้างคลองรากฟันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite) เพื่อกำจัดชั้นสเมียร์ในส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ร่วมกับการล้างด้วยสารคีเลต (chelating agents) เช่น กรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติกหรืออีดีทีเอ (ethylenediaminetetraacetic acid; EDTA) กรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก (citric acid) ซึ่งสามารถกำจัดชั้นสเมียร์ในส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์ได้

อีดีทีเอเป็นสารคีเลตชนิดแรกที่น่ามาใช้ในทางทันตกรรม

อีดีทีเอสามารถละลายแคลเซียมไอออนออกจากเนื้อฟัน เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีความเสถียร ความเข้มข้นของสารละลายอีดีทีเอที่นิยมใช้ทางทันตกรรมคือร้อยละ 17 ค่าพีเอช (pH) ประมาณ 7 หลายการศึกษาที่ผ่านมา⁴⁻⁷ พบว่าสามารถกำจัดชั้นสเมียร์และทำความสะอาดคลองรากฟันได้ดีเมื่อมีระยะเวลาการสัมผัส ตั้งแต่ 1-15 นาที แต่การศึกษาของ Calt และ Serper⁴ พบว่าหากใช้สารละลายอีดีทีเอสัมผัสผนังคลองรากฟันเป็นระยะเวลา 10 นาที ทำให้เกิดการกัดกร่อนเนื้อฟันรอบท่อเนื้อฟัน (peritubular dentin) และเนื้อฟันระหว่างท่อเนื้อฟัน (intertubular dentin) มากเกินไป

กรดซิตริกเมื่ออยู่ในรูปของสารละลายจะแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนและซิเตรตไอออน ซึ่งไอออนทั้งสองมีผลละลายแร่ธาตุออกจากเนื้อฟัน โดยไฮโดรเจนไอออนจะทำปฏิกิริยาดึงฟอสเฟตไอออนออกจากผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ ส่วนซิเตรตไอออนจะทำปฏิกิริยาดึงแคลเซียมไอออนออกจากเนื้อฟันเกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมซิเตรต ซึ่งเป็นสารที่ละลายน้ำได้ไม่มีประจุ (non-ionic soluble chelate) ในการล้างคลองรากฟันใช้ความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 1- 50 โดยส่วนใหญ่นิยมใช้ความเข้มข้นร้อยละ 10 และใช้เวลาในการล้างคลองรากฟัน 2-3 นาที⁷ มีหลายการศึกษา⁸⁻¹¹ ที่ยืนยันว่ากรดซิตริกมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) กับเนื้อเยื่อปริทันต์รอบปลายรากฟันมากกว่าอีดีทีเอ จึงอาจมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นน้ำยาล้างคลองรากฟันในทางคลินิก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่รากฟันมีรูปลายรากฟันทวิข้าง

การศึกษาที่ผ่านมามักทำการทดสอบความแข็งระดับจุลภาคของเนื้อฟันบริเวณใกล้กับผนังคลองรากฟัน De-Deus และคณะ¹² ทำการทดสอบผลของสารละลายอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 สารละลายอีดีทีเอซี (EDTAC) ความเข้มข้นร้อยละ 17 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 10 ต่อความแข็งระดับจุลภาคของเนื้อฟันพบว่าที่เวลาทดสอบ 3 นาที และ 5 นาที กรดซิตริกมีผลลดความแข็งระดับจุลภาคของเนื้อฟันในชั้นลึก (deep dentin) น้อยกว่าสารละลายอีดีทีเออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยังไม่มีการศึกษาที่ทำการทดสอบกับเนื้อฟันบริเวณผิว (superficial dentin) ที่สัมผัสกับน้ำยาล้างคลองรากฟันโดยตรง

เนื่องจากอีดีทีเอและกรดซิตริกสามารถละลายแร่ธาตุออกจากเนื้อฟัน จึงมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อฟัน ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลของเนื้อฟัน ได้แก่ ความแข็งแรง (strength) และความต้านทานต่อการแตกหัก (resistance to fracture)¹³⁻¹⁴ นอกจากนี้สมบัติทางกลที่สามารถบ่งบอกถึงปริมาณแร่ธาตุของเนื้อฟันอีกอย่างหนึ่ง คือ ความแข็งระดับจุลภาค

(microhardness) เมื่อเนื้อฟันเกิดการสูญเสียแร่ธาตุ จึงทำให้เนื้อฟันมีความแข็งลดลง¹⁴ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแข็งระดับจุลภาคของเนื้อฟันที่ผนังคลองรากฟันเมื่อสัมผัสกับอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ชิ้นงานตัวอย่างทำจากฟันกรามน้อยล่างรากเดี่ยว คลองรากฟันเดี่ยว จำนวน 30 ซี่ ตัดตัวฟันออกจากรากฟันที่ระดับรอยต่อของเคลือบรากฟันกับเคลือบฟัน (cemento-enamel junction) เตรียมคลองรากฟันด้วยไฟล์โปรเทเปอร์ชนิดหมุนด้วยเครื่องกล (ProTaper NiTi rotary file, Densply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ขนาดเอฟ1 ถึงเอฟ5 (F1-F5) ใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ล้างคลองรากฟันทุกครั้งที่เปลี่ยนขนาดเครื่องมือ โดยใช้ปริมาณ 2 มิลลิลิตร ล้างคลองรากฟันในเวลา 30 วินาที และเมื่อขยายคลองรากฟันจนถึงไฟล์ขนาดสุดท้าย ล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำรากฟันไปยัดในเรซินใสชนิดบ่มตัวด้วยตัวเอง (รูปที่ 1A) ตัดแบ่งเรซินใสเพื่อแบ่งรากฟันออกเป็นสองส่วนตามแนวยาว (longitudinal section) ในแนวแกมลิ้น (รูปที่ 1B) โดยใช้เลื่อยความเร็วต่ำ (IsoMet™ low speed cutter) การแบ่งรากฟันตามแนวนี้ทำให้ผนังคลองรากฟันของชิ้นตัวอย่างมีลักษณะแคบและลึกเกินกว่าที่หัวกดของเครื่องทดสอบความแข็งระดับจุลภาคจะสามารถสัมผัสผนังคลองรากฟันได้ จึงจำเป็นต้องตัดแต่งเนื้อฟันบริเวณด้านข้างคลองรากฟันให้มีลักษณะลาดเอียง 45 องศา (รูปที่ 1C) โดยใช้กระดาษทรายขนาด 600 เพื่อไม่ให้เนื้อฟันด้านข้างขัดขวางการเคลื่อนที่ของหัวกด

ขัดบริเวณผนังคลองรากฟันด้วยกระดาษทรายขนาด 600 ขนาด 800 และขนาด 1000 ตามด้วยผงขัดเพชรขนาด 3 ไมโครเมตร ขนาด 2 ไมโครเมตร และขนาด 1 ไมโครเมตรตามลำดับ ด้วยเครื่องขัดผิววัสดุ แบ่งชิ้นงานตัวอย่างแบบสุ่มออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น ระหว่างการทดลองเก็บแช่ชิ้นงานตัวอย่างที่เตรียมเสร็จไว้ในน้ำเกลือ (physiologic saline) ที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าความแข็งระดับจุลภาคของเนื้อฟันก่อนสัมผัสกับสารทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็งระดับจุลภาค (Microhardness Tester FM-700, Future-Tech Corp., Tokyo, Japan) ใช้หัวกดแบบนูป (Knoop hardness test indenter) ด้วย

แรงขนาด 50 กรัม เป็นเวลา 15 วินาที ที่บริเวณผนังคลองรากฟัน ส่วนกลาง ครั้งละ 3 จุด แต่ละจุดห่างกัน 200 ไมโครเมตร นำค่าความแข็งทั้ง 3 จุด มาหาค่าเฉลี่ยความแข็งก่อนสัมผัสกับสารทดสอบ

เตรียมสารละลายกรดซिटริกโดยใช้กรดซिटริกชนิดผง ความเข้มข้นร้อยละ 99.5 (บริษัทอินเตอร์พรีทีฟ จำกัด, ประเทศไทย) ปริมาณ 10 กรัม ละลายน้ำกลั่นในอุณหภูมิห้องจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำสารละลายไปใช้ทันทีหลังการเตรียม

จากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างเช่นในสารทดสอบตามกลุ่มทดลอง ดังนี้ กลุ่มที่ 1 2 และ 3 แซ่สารละลายอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 (EndoClean by M Dent, คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, ประเทศไทย) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที ตามลำดับ กลุ่มที่ 4 5 และ 6 แซ่สารละลายกรดซिटริก ความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่เตรียมไว้ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที ตามลำดับ

หลังสัมผัสกับสารทดสอบ ล้างชิ้นงานตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร วัดค่าความแข็งระดับจุลภาคที่บริเวณ

คลองรากฟันส่วนกลาง ครั้งละ 3 จุด แต่ละจุดห่างกัน 200 ไมโครเมตร นำค่าความแข็งทั้ง 3 จุดมาหาค่าเฉลี่ย จะได้ค่าความแข็งหลังสัมผัสกับสารทดสอบ (รูปที่ 1 D)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทำการทดสอบการแจกแจงข้อมูลความแข็งผิวระดับจุลภาคก่อนและหลังสัมผัสกับสารทดสอบในทุกช่วงเวลา พบว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติเป็นไปตามข้อตกลงของการวิเคราะห์ข้อมูลแบบพาราเมตริกซ์ จึงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคของเนื้อฟันก่อนและหลังการสัมผัสกับสารทดสอบในแต่ละช่วงเวลาด้วยการทดสอบความต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากรไม่อิสระต่อกัน (paired sample t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์เปรียบเทียบการลดลงของค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคของเนื้อฟันหลังการสัมผัสกับสารทดสอบทั้งสองที่ช่วงเวลาต่างๆ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และการทดสอบความต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากรอิสระต่อกัน (independent samples t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

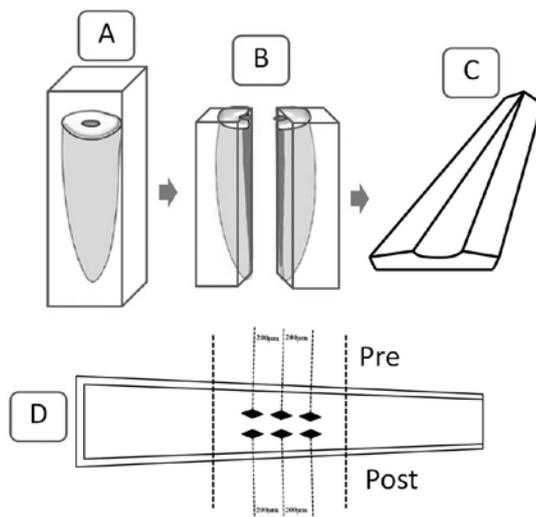


Figure 1 Specimen preparation A: Root submersion in clear acrylic resin, B: Longitudinal separation of the root through root canal, C: 45-degree bevel of root canal walls, D: Positions of Knoop impressions on the middle third of root canal wall.

ตารางที่ 1 ค่าความแข็งระดับจุลภาคแบบนูนของผนังคลองรากฟัน ก่อนและหลังสัมผัสกับสารละลายอีดีทีเอ ความเข้มข้นร้อยละ 17 และกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 10

Table 1 Knoop hardness values of root canal dentin before and after contacted with 17 % EDTA and 10 % Citric acid

Group (N=10)	Knoop hardness value (kg.mm ⁻²)		
	Pre (Mean ± SD)	Post (Mean ± SD)	p-value
EDTA 1 min	45.70 ± 7.63	36.39 ± 4.37 ^A	.000
EDTA 3 min	55.31 ± 9.76	44.88 ± 10.52 ^A	.000
EDTA 5 min	54.93 ± 9.54	43.82 ± 9.91 ^A	.000
Citric 1 min	53.66 ± 9.77	41.11 ± 6.15 ^a	.000
Citric 3 min	60.88 ± 6.58	37.26 ± 8.08 ^b	.000
Citric 5 min	60.79 ± 12.76	34.38 ± 7.10 ^b	.000

A – No statistically significant difference ($p > 0.05$) between groups

a, b - Different letters indicate a significant difference ($p < 0.05$) between groups

ค่าความแข็งระดับจุลภาคแบบนูนของผนังคลองรากฟัน หลังสัมผัสกับสารทดสอบมีค่าน้อยกว่าค่าความแข็งระดับจุลภาคแบบนูนของผนังคลองรากฟันก่อนสัมผัสสารทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.000$) ทั้งในกลุ่มที่สัมผัสกับสารทดสอบทั้งสองชนิด และในทุกช่วงเวลา (ตารางที่ 1)

เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาสัมผัสสารละลายอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 เป็นเวลา 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที ไม่พบความ

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.595$) ของค่าความแข็งระดับจุลภาคแบบนูนของผนังคลองรากฟันหลังสัมผัสกับสารละลายอีดีทีเอ ในขณะที่ผนังคลองรากฟันที่สัมผัสกับกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 1 นาที มีค่าความแข็งระดับจุลภาคแตกต่างกับกลุ่มที่สัมผัสเป็นเวลา 3 นาที ($p=0.003$) และ 5 นาที ($p=0.000$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ระหว่างกลุ่มที่สัมผัสกรดซิตริกเป็นเวลา 3 นาทีและ 5 นาที แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.630$)

ตารางที่ 2 ความแข็งระดับจุลภาคแบบนูนของผนังคลองรากฟันที่ลดลงเมื่อสัมผัสกับ อีดีทีเอความเข้มข้น

Table 2 Decreases of Knoop hardness value of root canal dentin before and after contacted with 17 % EDTA and 10 % Citric acid.

Contact time	17 % EDTA (Mean ± SD)	10 % Citric acid (Mean ± SD)
1 minute	9.32 ± 4.64 ^a	12.55 ± 5.94 ^a
3 minutes	10.43 ± 2.14 ^a	23.62 ± 6.23 ^b
5 minutes	11.11 ± 4.51 ^a	26.41 ± 7.07 ^b

Different superscript letters indicate a significant difference ($p < 0.05$) between groups.

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแข็งระดับจุลภาคที่ลดลงระหว่างกลุ่มที่สัมผัสกับกับอิตีทีเอและกลุ่มที่สัมผัสกรดซิตริก พบว่าที่ระยะเวลา 1 นาที ค่าความแข็งระดับจุลภาคที่ลดลงของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.192$) ส่วนกลุ่มที่สัมผัสเป็นเวลา 3 นาทีและ 5 นาที พบว่าผนังคลองรากฟันที่สัมผัสกับอิตีทีเอ มีค่าความแข็งระดับจุลภาคลดลงน้อยกว่ากลุ่มที่สัมผัสกับกรดซิตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.000$) นอกจากนี้การสัมผัสกับกรดซิตริกเป็นเวลา 3 และ 5 นาที ทำให้ค่าความแข็งระดับจุลภาคของผนังคลองรากฟันลดลงมากกว่าการสัมผัสกรดซิตริกเป็นเวลา 1 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การสัมผัสกับอิตีทีเอ เป็นเวลา 1 หรือ 3 หรือ 5 นาที ไม่มีการลดลงของค่าความแข็งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

บทวิจารณ์

ความแข็งของเนื้อฟันเป็นคุณสมบัติที่สามารถบ่งบอกถึงการที่เนื้อฟันมีการสูญเสียหรือสะสมแร่ธาตุ เมื่อเนื้อฟันเกิดการสูญเสียแร่ธาตุจะทำให้เนื้อฟันมีความแข็งลดลง¹⁵ จากการศึกษาของ Fuentes และคณะ¹⁶ พบว่าการทดสอบความแข็งระดับจุลภาคแบบนูนมีความไวในการวัดความแข็งของผิวเนื้อฟัน (superficial dentin) มากกว่าการทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์ส (Vickers hardness test) และเหมาะสมกับพื้นผิวที่มีลักษณะแคบและยาว เช่น คลองรากฟัน เนื่องจากรอยกดแบบนูนมีลักษณะแคบและยาวกว่าแบบวิกเกอร์ส รอยกดแบบนูนมีลักษณะเป็นรูปผลึกสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน (rhombohedral) (รูปที่ 2) มีสัดส่วนระหว่างเส้นทแยงมุมด้านยาวต่อด้านสั้น 7 ต่อ 1 และมีความลึกเพียง 1 ใน 30 ของเส้นทแยงมุมด้านยาว ทำให้สามารถเห็นรอยกดได้อย่างชัดเจนถึงแม้จะใช้แรงกดที่น้อย

การกำจัดชั้นสเมียร์ในคลองรากฟันส่วนปลายรากฟัน โดยการล้างคลองรากฟันด้วยสารคีเลตมีความยากมากกว่าในคลองรากฟันส่วนต้นและคลองรากฟันส่วนกลาง จากการศึกษาของ Lui และคณะ¹⁷ พบว่าการล้างคลองรากฟันด้วยอิตีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 นาที ไม่สามารถกำจัดชั้นสเมียร์ในคลองรากฟันส่วนปลายได้หมด แต่ถ้าใช้เครื่องอัลตราโซนิคร่วมด้วยจะทำให้กำจัดชั้นสเมียร์ได้ดีขึ้น Calt และ Serper⁴ ศึกษาโดยใช้คลองรากฟันส่วนกลางและแบ่งคลองรากฟันเป็นสองส่วน จากนั้นจึงทำการล้างคลองรากฟันทำให้ผิวฟันสัมผัสกับอิตีทีเอได้ทุกบริเวณ จึงได้ผลการทดลองว่าอิตีทีเอสามารถกำจัดชั้นสเมียร์ได้ที่เวลา 1 นาที แต่ในทางปฏิบัติ การล้าง

คลองรากฟันให้สัมผัสกับทุกบริเวณของคลองรากฟันส่วนปลายทำได้ยาก การศึกษาจึงออกแบบการทดลองโดยเพิ่มเวลาการสัมผัสกับผนังคลองรากฟันเพื่อหวังผลเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดชั้นสเมียร์ในกรณีที่ทำกรล้างในสถานการณ์จริง อย่างไรก็ตามวิธีการที่ทำให้ผนังคลองรากฟันสัมผัสกับสารทดสอบในการศึกษานี้ด้วยมีข้อจำกัดของขนาดชิ้นงานทดสอบทำให้ไม่สามารถจำลองสถานการณ์การล้างผนังคลองรากฟันเช่นเดียวกับที่ปฏิบัติในการรักษาคลองรากฟันในช่องปากได้ จึงพยายามจำลองสถานการณ์ให้มากที่สุดโดยใช้วิธีการแช่ชิ้นงานทดสอบในสารทดสอบตามเวลาที่กำหนด

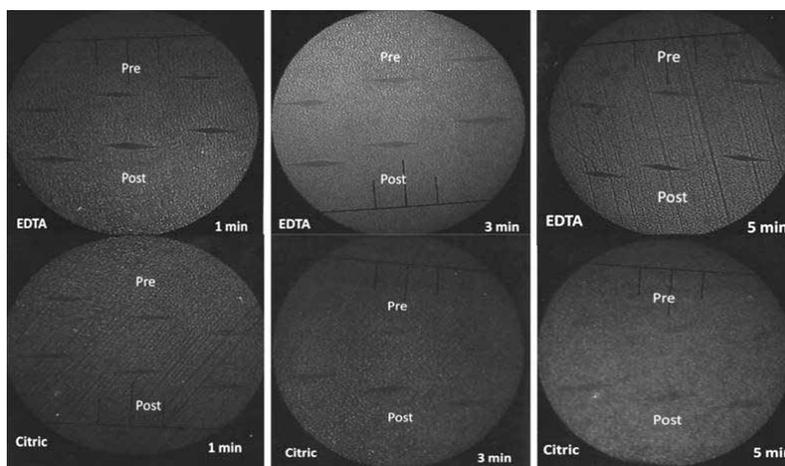
จากผลการศึกษาพบว่า การสัมผัสกับอิตีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 10 ทำให้ผนังคลองรากฟันมีค่าความแข็งระดับจุลภาคลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกช่วงเวลาของการทดสอบ เนื่องจากอิตีทีเอสามารถดึงแคลเซียมไอออนออกจากเนื้อฟันได้ ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาระหว่างอิตีทีเอและแคลเซียมไอออนสามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีคริสตัลฟิลด์ (Crystal field theory) ซึ่งกล่าวว่าจะเกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างแคลเซียมไอออนที่มีประจุบวกกับโมเลกุลของอิตีทีเอที่มีประจุลบเป็นผลให้เกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้าแบบเดียวกับพันธะไอออนิก ได้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีความเสถียร¹⁸ อิตีทีเอจึงเกิดปฏิกิริยากับเนื้อฟันได้อย่างจำกัด สำหรับกรดซิตริกเป็นกรดอินทรีย์เมื่ออยู่ในรูปของสารละลายจะแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนและซิเตรตไอออน ซึ่งไอออนทั้งสองชนิดมีผลละลายแร่ธาตุออกจากเนื้อฟัน โดยไฮโดรเจนไอออนจะทำปฏิกิริยาดึงฟอสเฟตไอออนออกจากผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ ส่วนซิเตรตไอออนซึ่งมีประจุลบจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออนซึ่งมีประจุบวกเกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมซิเตรตซึ่งเป็นสารคีเลตที่ไม่มีประจุ (non-ionic chelate) กรดซิตริกสามารถละลายแร่ธาตุออกจากเนื้อฟันด้วยคุณสมบัติความเป็นกรดและความเป็นสารคีเลต จึงขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดต่างของสารละลาย ถ้าอยู่ในสภาวะที่เป็นกรด การละลายแร่ธาตุจะเกิดจากผลของไฮโดรเจนไอออนเป็นหลัก และถ้าอยู่ในสภาวะที่เป็นด่างการละลายแร่ธาตุจะเป็นผลของซิเตรตไอออนเป็นหลัก⁷

เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่เนื้อฟันสัมผัสกับอิตีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 เป็นเวลา 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที พบว่าการลดลงของค่าความแข็งระดับจุลภาคไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ De-Deus และคณะ¹² ซึ่งพบว่าอิตีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 มีผลลดความแข็งระดับจุลภาคของเนื้อฟันเมื่อมีระยะเวลาสัมผัส 3 นาทีไม่แตกต่างกับ 5 นาที จากการศึกษาของ Scelza และคณะ⁶ พบว่าการดึงแคลเซียม (decalcification) ออก

จากเนื้อฟันของอีดีทีเอไม่มีความสัมพันธ์กับเวลา โดยพบว่าที่ระยะเวลา 3 นาที 10 นาที และ 15 นาที อีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 ทำให้มีการดึงแคลเซียมออกจากเนื้อฟันได้ไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้มีผลการศึกษาของ Machado-Silveiro และคณะ¹⁹ ที่พบว่าการดึงแคลเซียมออกจากเนื้อฟันของอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 ระยะเวลา 5 นาที 10 นาที และ 15 นาที ไม่มีความแตกต่างกัน แสดงให้ปรากฏชัดเจนว่าอีดีทีเอมีความสามารถในการดึงแคลเซียมจากเนื้อฟันแบบจำกัดตนเอง (self-limiting) เนื่องจากโมเลกุลของอีดีทีเอจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออนได้ สารประกอบเชิงซ้อนที่มีความเสถียร เพราะฉะนั้นจึงมีโมเลกุลของอีดีทีเอที่เกิดปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออนอย่างจำกัด และในสภาวะเป็นกลาง เมื่ออีดีทีเอสัมผัสกับเนื้อฟันจะเกิดการแลกเปลี่ยนระหว่างแคลเซียมไอออนในเนื้อฟันกับไฮโดรเจนไอออนในโมเลกุลของอีดีทีเอเป็นผลให้มีไฮโดรเจนไอออนอิสระในสารละลายเพิ่มมากขึ้นทำให้สารละลายมีค่าความเป็นกรดต่ำลงลง สภาวะความเป็นกรดที่เกิดขึ้นนี้ทำให้เกิดการดึงแร่ธาตุออกจากเนื้อฟัน นอกจากนี้ไฮโดรเจนไอออนยังมีผลไปแย่งแคลเซียมไอออนจับกับโมเลกุลของอีดีทีเอ¹⁸ กล่าวคืออีดีทีเอจะมีประสิทธิภาพการเป็น

สารคีเลตลดลงเมื่อมีระยะเวลาสัมผัสกับเนื้อฟันนานขึ้นและเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรด

ผลการศึกษาที่ผ่านมาของ Machado-Silveiro และคณะ¹⁹ พบว่าการครดซิริกความเข้มข้นร้อยละ 10 มีประสิทธิภาพการดึงแคลเซียมออกจากเนื้อฟันสูงสุดในช่วง 5 นาทีแรก และมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นเป็น 10 นาที และ 15 นาที และการศึกษาของ Scelza และคณะ⁶ พบว่าการครดซิริกความเข้มข้นร้อยละ 10 มีประสิทธิภาพการดึงแคลเซียมไอออนออกจากเนื้อฟันสูงสุดในช่วง 10 นาทีแรกและที่ช่วงเวลา 10-15 นาที เกิดการดึงแคลเซียมไอออนออกจากเนื้อฟันไม่แตกต่างกัน แต่การศึกษาในครั้งนี้ไม่ได้พิจารณาที่จะทดลองเพิ่มระยะเวลาสัมผัสเป็น 10 หรือ 15 นาทีตามแบบทั้งสองการศึกษาข้างต้น เนื่องจากการศึกษาของ Calt และ Serper⁴ พบว่าการล้างคลองรากฟันด้วยอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 เป็นเวลา 10 นาที ทำให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อฟันรอบท่อเนื้อฟัน สอดคล้องกับผลการศึกษารั้งนี้ซึ่งเห็นแนวโน้มของข้อมูลที่ชัดเจนแล้วว่าการแช่ครดซิริกเป็นเวลา 3 และ 5 นาที มีผลเสียต่อความแข็งแรงของผนังคลองรากฟันมากกว่าการสัมผัส 1 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 2 รอยกดแบบรูปรูปลูกสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนบนผนังคลองรากฟันของกลุ่มทดลองต่าง ๆ
Figure 2 Rhombohedral-shaped Knoop impressions on root dentin of the specimens

การลดลงของค่าความแข็งระดับจุลภาคของคลองรากฟันที่สัมผัสกับอีดีทีเอและครดซิริกเป็นเวลา 1 นาที ไม่มีความแตกต่างกัน แต่พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาเป็นเวลา 3 นาทีและ 5 นาที เนื้อฟันที่สัมผัสกับอีดีทีเอมีการลดลงของค่าความแข็งระดับจุลภาคน้อยกว่าเนื้อฟันที่สัมผัสกับครดซิริก เนื่องจากโมเลกุลของอีดีทีเอจะเกิดปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออนด้วยอัตราส่วน 1:1 แต่โมเลกุลของซิติเรตไอออนทำปฏิกิริยากับ

แคลเซียมไอออนด้วยอัตราส่วน 1:1.5²⁰ เป็นผลให้ครดซิริกลดค่าความแข็งระดับจุลภาคของเนื้อฟันได้มากกว่าอีดีทีเอ สอดคล้องกับการศึกษาของ Yamaguchi และคณะ²¹ ที่ว่าครดซิริกความเข้มข้น 0.5 โมลาริตี (molarity) สามารถละลายแคลเซียมในผงเนื้อฟันได้มากกว่าอีดีทีเอความเข้มข้น 0.5 โมลาริตี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จากการศึกษาของ De-Deus และคณะ¹² พบว่าอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 มีผลลดความแข็งระดับจุลภาค

ของเนื้อฟันมากกว่ากรดซिटริกความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่ระยะเวลาทดสอบ 3 นาที และ 5 นาที ซึ่ง De-Deus และคณะ¹³ ใช้กรดซिटริกที่มีค่าพีเอชเป็นกลาง แต่การศึกษานี้กรดซिटริกมีค่าพีเอช 1.55 ซึ่งจากการศึกษาของ Machado-Silveiro และคณะ¹⁹ พบว่ากรดซिटริกความเข้มข้นร้อยละ 10 ค่าพีเอช 1.8 สามารถละลายแคลเซียมออกจากเนื้อฟันได้มากกว่าโซเดียมซिटเรทความเข้มข้นร้อยละ 10 ค่าพีเอช 7.6 ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าประสิทธิภาพในการดึงแคลเซียมไอออนออกจากเนื้อฟันของกรดซिटริกขึ้นอยู่กับความเป็นกรดของสารละลายมากกว่าความสามารถในการเป็นสารคีเลต

จากการศึกษานี้พบว่ากรดซिटริกความเข้มข้นร้อยละ 10 มีผลลดความแข็งระดับจุลภาคของเนื้อฟันมากกว่าอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 เนื่องจากเกิดการดึงแร่ธาตุออกจากเนื้อฟัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อฟันอาจส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของเนื้อฟัน ทั้งความแข็งแรง (strength) และความต้านทานต่อการแตกหัก (resistance to fracture)^{8,9} อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ชนิดของน้ำยาล้างคลองรากฟันและระยะเวลาในการล้างคลองรากฟันนั้น จำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ประกอบด้วย ผลการศึกษานี้จึงเป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นข้อหนึ่งเท่านั้น

สรุป

จากผลการทดลองของการศึกษานี้สรุปได้ว่าการใช้สารคีเลตเพื่อกำจัดชั้นสเมียร์ในคลองรากฟันสามารถใช้สารละลายกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิดิก ความเข้มข้นร้อยละ 17 ค่าพีเอช 7.21 ล้างคลองรากฟันได้โดยไม่มีผลต่อความแข็งระดับจุลภาคของผนังคลองรากฟันเมื่อมีระยะเวลาสัมผัสกับผนังคลองรากฟันเป็นเวลา 1-5 นาที ส่วนการใช้กรดซिटริกความเข้มข้นร้อยละ 10 ค่าพีเอช 1.55 เป็นน้ำยาล้างคลองรากฟันไม่ควรให้กรดซिटริกสัมผัสกับผนังคลองรากฟันเป็นเวลามากกว่า 1 นาที

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เอกสารอ้างอิง

1. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod* 1975;1:238-42.
2. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod* 1984;10:477-83.
3. Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2007;33:96-105.
4. Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod* 2002;28:17-9.
5. Calt S, Serper A. Smear layer removal by EGTA. *J Endod* 2000;26:459-61.
6. Scelza MF, Teixeira AM, Scelza P. Decalcifying effect of EDTA-T, 10% citric acid, and 17% EDTA on root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:234-6.
7. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am* 2010;54:291-312.
8. Scelza MF, Daniel RL, Santos EM, Jaeger MM. Cytotoxic effects of 10% citric acid and EDTA-T used as root canal irrigants: an in vitro analysis. *J Endod*. 2001;27:741-3.
9. Malheiros CF, Marques MM, Gavini G. In vitro evaluation of the cytotoxic effects of acid solutions used as canal irrigants. *J Endod*. 2005;31:746-8.
10. Amaral KF, Rogero MM, Fock RA, Borelli P, Gavini G. Cytotoxicity analysis of EDTA and citric acid applied on murine resident macrophages culture. *Int Endod J*. 2007;40:338-43
11. Sousa SM, Bramante CM, Taga EM. Biocompatibility of EDTA, EGTA and citric acid. *Braz Dent J*. 2005;16:3-8.
12. De-Deus G, Paciornik S, Mauricio MH. Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. *Int Endod J* 2006;39:401-7.
13. Machnick TK, Torabinejad M, Munoz CA, Shabahang S. Effect of MTAD on flexural strength and modulus of elasticity of dentin. *J Endod* 2003;29:747-50.

14. Mareending M, Paqué F, Fischer J, Zehnder M. Impact of irrigant sequence on mechanical properties of human root dentin. *J Endod* 2007;33:1325-8.
15. Arends J, ten Bosch JJ. Demineralization and remineralization evaluation techniques. *J Dent Res* 1992;71:924-8.
16. Fuentes V, Toledano M, Osorio R, Carvalho RM. Microhardness of superficial and deep sound human dentin. *J Biomed Mater Res A* 2003;66:850-3.
17. Lui JN, Kuah HG, Chen NN. Effect of EDTA with and without surfactants or ultrasonics on removal of smear layer. *J Endod*. 2007;33:472-5.
18. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J* 2003;36:810-30.
19. Machado-Silveiro LF, González-López S, González-Rodríguez MP. Decalcification of root canal dentine by citric acid, EDTA and sodium citrate. *Int Endod J* 2004;37:365-9.
20. Voguel AL. Textbook of quantitative chemical analysis. 6th ed. New York: John Wiley& Sons Inc; 2004. cited by Cruz-Filho AM, Sousa-Neto MD, Savioli RN, Silva RG, Vanson LP, Pécora JD. Effect of chelating solutions on the microhardness of root canal lumen dentin. *J Endod* 2011;37:358-62.
21. Yamaguchi M, Yoshida K, Suzuki R, Nakamura H. Root canal irrigation with citric acid solution. *J Endod* 1996;22:27-9.

แบบทดสอบบทความวิชาการการศึกษาต่อเนื่อง
วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์ ปีที่ 67 ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน 2560

CONTINUING EDUCATION QUIZ

Surface Electromyographic Studies on Masticatory Muscle Activity Related to Orthodontics:
A Review of Literature

Pattra Sumonsiri¹ and Udom Thongudomporn¹

¹Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkla

- ข้อใดคือความหมายของ Electromyography
 - การตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เป็นเทคนิคที่ใช้ตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าที่สร้างจากเส้นประสาท และกล้ามเนื้อโดยตรง
 - การตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจ เพื่อดูกิจกรรมทางไฟฟ้าของหัวใจตลอดช่วงระยะเวลาหนึ่งด้วยการรับสัญญาณไฟฟ้าผ่านขั้วไฟฟ้าที่ติดบนผิวหนังบริเวณหน้าอก
 - การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง เป็นการบันทึกสัญญาณไฟฟ้าซึ่งเกิดจากผลรวมของกระแสไฟฟ้าของกลุ่มเซลล์ในสมอง
 - ขั้วไฟฟ้าสำหรับบันทึกสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ
- ข้อใดคือ ข้อดี ของ Surface electrode
 - มีวงจรไฟฟ้าที่รบกวนการทำงานของเครื่องมือน้อย
 - ไม่อันตราย ไม่เสี่ยงต่อการติดเชื้อ
 - แปลผลง่ายไม่ซับซ้อน
 - ได้ผลที่ค่อนข้างเฉพาะเจาะจงในกล้ามเนื้อนั้นๆ
- Surface Electromyography (sEMG) คือ อะไร
 - การตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ใช้ขั้วอิเล็กโทรดแบบวางที่ผิวหนังเพื่อบันทึกสัญญาณไฟฟ้า
 - การใช้ขั้วไฟฟ้าขนาดเล็กสำหรับส่งสัญญาณกระตุ้นกล้ามเนื้อ
 - การตรวจที่ใช้ขั้วอิเล็กโทรดแบบเข็มแทงเข้าไปในกล้ามเนื้อ
 - ไม่มีข้อใดถูก
- Surface electrode นิยมใช้วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อใด
 - Lateral pterygoid
 - Posterior part of temporalis
 - Genioglossus
 - Superficial masseter
- ปัจจัยที่มีผลต่อผลการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อคือ
 - อุณหภูมิ
 - ความต้านทานต่อไฟฟ้ากระแสสลับของผิวหนัง
 - คลื่นรบกวนภายนอก
 - ถูกทุกข้อ

