

ผลของสารสกัดว่านหางจระเข้ต่อเชื้อสเตรปโตคอคคัส มีวแทนส์
ณัฐพล โรจน์เพ็ญเพียร บรรณเจต ยะพงษ์ สุวรรณ จิตภักดิ์ดิบนทร์

The Effects of Aloe Vera Extract on *Streptococcus Mutans*
Nattapon Rotpenpian Bunjird Yamong Suwana Jitpukdeebodindra

ผลของความสว่างและอุณหภูมิสีของแสงที่มีต่อความแม่นยำของเครื่องสแกนในช่องปากเมื่อใช้พิมพ์ปากดิจิทัลทั้งส่วนโค้ง
ของขากรรไกรในแบบจำลองฟัน
กนกกานต์ ขวัญสังข์ ไพฑูรย์ ดาวสดใส

Influence of Illuminance and Color Temperature of Light on The Accuracy of Two Intraoral Scanners
Used for Complete Arch Digital Impression in the Dental Model
Kanokkarn Kwansang Paitoon Daosodsai

ความเหมาะสมของขอบวัสดุเคลือบซีเมนต์สองชนิดหลังจากการปนเปื้อนเลือดในแบบจำลองการอุดยอนปลาย
รากฟัน
ภานุมาศ วันเบีย จารุมา ศักดิ์ดี สุวิทย์ วิมลจิตต์

Marginal Adaptation of Two Calcium Silicate Cements after Blood Contamination in Retrograde Filling
Models
Bhanumas Wanpia Jaruma Sakdee Suwit Wimonchit

การเปรียบเทียบความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบของไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องที่ผลิตด้วยโลหะ
เอ็มโวลด์และโลหะไฟร์ไวร์
วศินี แก้วอำไพ ชินาลัย ปิยะชน

Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of Nickel-titanium Rotary Instruments Made of M-wire and
Fire-Wire
Wasinee Kaewumpai Chinalai Piyachon

ผลของไบโอเซรามิกชนิดก่อตัวเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณคอฟัน
สุจิตรา แข่งขัน จารุมา ศักดิ์ดี กุลนันท์ ดำรงวุฒิ

The Effect of Fast Setting Bioceramic on Cervical Tooth Discoloration
Sujirapa Kaengkan Jaruma Sakdee Kunlanun Damrougvute

Factors Associated with Treatment Outcome of Carbon Dioxide Laser for Trigeminal Neuralgia
Sunisa Rochanavibhata Wichuda Kongsong

นีวอยด์เบซัลเซลล์คาร์ซิโนมาซินโดรม: รายงานโรคทางพันธุกรรมที่หายากในผู้ป่วย 1 ราย
สุภาพร วิริยะจิระกุล

Nevoid Basal Cell Carcinoma Syndrome: A Case Report of a Rare Hereditary Disorder
Supaporn Viriyajirakul

Interproximal Enamel Reduction: What Clinicians Should Know
Preeya Suwanwitid Chidsanu Changsiripun Tanan Jaruprakorn Ruangrat Komolpis
Somsak Chengprapakorn Pimsiri Kanpittaya

การสบฟันลึก: สาเหตุ การวินิจฉัยและแนวทางการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน
ชนิดตา กั้น: พิชญ์ ไซยรักษ์

Deep Overbite: Etiology, Diagnosis and Orthodontic Treatment Options
Chanida Kanna Pitchaya Chaiyaraksa

ภาวะกระดูกขากรรไกรตายเนื่องจากรังสีและภาวะกระดูกขากรรไกรตายเนื่องจากยา: พยาธิสรีรวิทยา การวินิจฉัย และ
การจำแนกความรุนแรงของโรค
ศรัทธา ชันศิริ ปฐมาภรณ์ นิวัฒน์เจริญชัยกุล

Osteoradionecrosis and Medication-related Osteonecrosis of the Jaw: Pathophysiology, Diagnosis
and Clinical Staging
Sirirat Chansiri Patamaporn Niwatcharoenchaikul



SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY DENTAL JOURNAL

วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีที่ 15 ฉบับที่ 2
2565





SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY DENTAL JOURNAL

วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



ที่ปรึกษา

คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
รศ.ดร.ทพ.ณรงค์ศักดิ์ เหล่าศรีสิน
ผศ.ทพ.สุวิทย์ วิมลจิตต์
รศ.ดร.ทพญ.นิรดา ธเนศวร
ผศ.ดร.ทพญ.ณปภา เอี่ยมจิรกูล
Professor Dr. Izumi Yuichi

Advisory Board

Dean, Faculty of Dentistry Srinakharinwirot University
Assoc.Prof.Dr. Narongsak Laosrisin
Assist.Prof.Dr. Suwit Wimonchit
Assoc.Prof.Dr. Nirada Dhanesuan
Assist.Prof.Dr. Napapa Aimjirakul
Tokyo Medical and Dental University, Japan

บรรณาธิการ

ผศ.ดร.ทพญ.ปรมาภรณ์ จิวพัฒน์กุล แก้วมณี

Editor

Assist.Prof.Dr. Paramaporn Chiewpattanakul Kaewmanee

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

อ.ดร.สิริรัตน์ บุญดีเรก

Assistant Editor

Dr.Sirirat Boondireke

กองบรรณาธิการ

ภายนอกหน่วยงาน

Professor Dr. Keisuke Nakashima
Professor Dr. Noriyuki Wakabayashi
ศ.คลินิก ดร.ทพญ.วรุณี เกิดวงศ์บัณฑิต
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ศ.คลินิก ทพญ.ทัศนีย์ เต็งรังสรรค์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ศ.ดร.ทพญ.ศิริวรรณ สืบบุญการณ
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รศ.ทพ.สุพจน์ ตามสายลม
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.ทพญ.ริสา ชัยคุกรัตน์
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.ทพ.สุชิต พูลทอง
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.ทพ.เทวฤทธิ์ สมโคตร
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.ทพญ.ศิริรักษ์ นครชัย
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
รศ.ดร.ทพ.ปจวรี คงขุนเทียน
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.ทพ.ธีระศักดิ์ ดำรงรุ่งเรือง
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.ทพ.ไชยรัตน์ เฉลิมรัตนโรจน์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Editorial Board

External Editorial Board

Kyushu Dental University, Japan
Tokyo Medical and Dental University, Japan
Clinical Professor Dr. Varunee Kerdvongbundit
Faculty of Dentistry, Mahidol University
Clinical Professor Dr. Tasanee Tengrungsun
Faculty of Dentistry, Mahidol University
Professor Dr. Siriwan Suebnukarn
Faculty of Dentistry Thammasat University
Assoc.Prof.Dr. Suphot Tamsailom
Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University
Assoc.Prof.Dr. Risa Chaisuparat
Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University
Assist.Prof.Dr. Suchit Poolthong
Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University
Assist.Prof.Dr. Tewarit Somkotra
Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University
Assoc.Prof.Dr. Siriruk Nakomchai
Faculty of Dentistry, Mahidol University
Assoc.Prof.Dr. Pathawee Khongkhunthian
Faculty of Dentistry, Chiang Mai University
Assoc.Prof.Dr. Teerasak Damrongrungruang
Faculty of Dentistry, Khon Kaen University
Assoc.Prof.Dr. Chairat Charoemratrote
Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University

ภายในหน่วยงาน

รศ.ดร.ทพญ.อรุณวรรณ หล้าอุบล
อ.ดร.ทพญ.พิมพ์พร จิระวงษ์สกุล
อ.ดร.ทพญ.วรวัลย์ หิรัญวิษณุรัตน์
อ.ดร.ทพญ.วิชิตา ฉวีวรรณกร
อ.ทพญ.พิมพ์สุภัค บุญมงคลรักษา
อ.ดร.ทพญ.สุธีรา เตชะธนะวัฒน์
อ.ดร.ทพ.ณัฐพล กิตติคุณเดชา

Internal Editorial Board

Assoc.Prof.Dr. Aroonwan Lam-ubol
Dr. Pimporn Jirawechwongsakul
Dr. Worawalun Hirunwidchayarat
Dr. Wichida Chaweewannakorn
Dr. Pimsupak Boonmongkolraksa
Dr. Suteera Techatanawat
Dr. Nuttaphon Kittikundecha

ฝ่ายประสานงาน

นางกนกพร สุขยานันท์
นางสาววิภาวี เจนจิตติกุล

Co-ordinator

Mrs. Kanokporn Sukyanan
Miss Wipavee Jenjittikul

สำนักงาน

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110
โทรศัพท์ 02-649-5000 ต่อ 15140
จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ swudentj@yahoo.com
เว็บไซต์ <http://ejournals.swu.ac.th/index.php/swudentj>
กำหนดการออกวารสาร (ออนไลน์) ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มิถุนายน ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม

Office

Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University
Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok 10110 Thailand
Tel. 02-649-5000 ext. 15140
E-mail : swudentj@yahoo.com
Web site : <http://ejournals.swu.ac.th/index.php/swudentj>

Author Guidelines

Srinakharinwirot University Dental Journal (SWU Dent J)

SWU Dent J is a dental journal of Srinakharinwirot University established since 2005. The online version has been published since 2022. We are pleased to welcome the authors to submit the articles in oral sciences and other related areas. SWU Dent J. publishes (Online) two issues per year, January-June and July-December.

Purpose of the Journal

1. To publish the original research articles, literature reviews, case reports in oral sciences and other related areas.
2. To introduce new knowledge and observations related to the any aspects of oral and dental cares as well as other healthcare are especially encouraged.
3. To communicate academically between dentists and others in related areas.

Types of Articles

SWU Dent J publishes the following types of articles:

1. **Original Articles** report results of original research in dental and oral sciences as well as other related fields (preclinical, clinical, or translational). The presented work must not be published elsewhere.
2. **Review Articles** describe and evaluate previously published materials in a given topic, diagnosis, or treatment in order to suggest new approaches or ideas.
3. **Case Reports** of rare or unusual cases, or treatment with good long-term follow-up information, particularly in areas in which good statistics on results of treatment are needed.
4. **Miscellaneous** Other manuscript that reports useful information could be written in a form of "Letter to editor" or "Brief communications".

Manuscript Submission

All abstracts must be submitted in English. Manuscript written in Thai and/or Thai authors need to include abstract in both languages. Authors of non-native English speakers should consider their work reviewed by either a native English speaker or academic proofreading services prior to submission.

All submissions must include a cover letter signed by all authors. Cover letters should certify the research is original, not being simultaneously considered for publication elsewhere, and free of conflict of interest. The format of cover letter is available at the end of this document.

In addition, title page should be submitted. Title page includes title of the manuscript, name, degree and affiliation of all authors. Moreover, mailing address, telephone number and email address of corresponding author should be included.

Submission can be done online via SWU eJournals System (OSJ) at <http://ejournals.swu.ac.th/index.php/swudentj> or the authors can send the manuscript and related document to email: swudentj@yahoo.com

Manuscript preparation

Manuscripts must adhere to the following instructions or they will be rejected before undergoing peer review.

- Prepare the manuscript in Microsoft Word (docx) using Cordia new font 16. Leave a one-inch margin on all sides. Do not right justify.
- Manuscript must be done in plain and simple style format as possible.
- Number all manuscript pages consecutively in the upper right-hand corner (text and references, followed by illustrations on separate pages).
- Manuscript length (including all references, tables, figures) should be no more than 15 pages (standard A4 21.1 x 29.7 cm page size).
- All figures, illustrations, graphs, and tables must be provided in the text and should include title and foot note. In addition, explanation for abbreviation and symbols is required.
- Identifying teeth by their name, rather than a number or letter. Be consistent throughout the manuscript. If it is not possible to use the name, use FDI two-digit system after which their full names have been firstly mentioned in the text.
- Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI.
- Abbreviation should be explained in the parenthesis when first used. Avoid using abbreviation in title and abstract.

Manuscript format

Please order the manuscript as follows: Title, Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgements, References, Start each section on a separate page.

Title page

- The title page should contain:
 1. Title: a concise and informative title (do not include numbers, acronyms, abbreviations).
 2. Corresponding Author must provide: full name, complete address, phone, fax, and a valid e-mail address, which will be used for all communication with the journal.
 3. Author information including;
 - 3.1 Full name of all authors
 - 3.2 Complete mailing address for each author
 - 3.3 Degrees (e.g. DDS, PhD)
 - 3.4 Affiliation (e.g. Department of Stomatology, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University)

Abstract

- 250 words.
- Original article : abstract Should include as follows: Objectives, Methods, Results, and Conclusions.

All abstracts must be submitted in English. Manuscript written in Thai need to include abstract in both languages.

Keywords: Up to 3-6 keywords should be provided, and selected from Medical Subject Headings (MeSH). Information on the selection of keywords: see <http://www.nlm.nih.gov/mesh/MBrowser.html>.

Introduction

- Briefly explain the existing knowledge, and demonstrate the problems leading to the main objectives of the research.

Materials and methods

- Describe the procedures in detail.
- If human subjects or related specimens (including teeth, saliva, tissues) have been involved in the research, please state evidence of IRB or local ethical committee approval, including an obtaining of informed consent. When laboratory animals are used, inform the level of institutional review allowing for human practices, as appropriated.
- Provide names and sources of all instruments or commercial products e.g.
 - Instrument e.g. Universal Testing machine (Shimadzu, EZtest, Japan)
 - Commercial product e.g. Polyether (Impregum, 3MESPE, USA)
- Statistics used in the manuscript should be clearly demonstrated.

Results

- Report data directly with complete statistical analysis.
- Always describe statistic values with standard errors or standard deviations, including particular degree of probability level e.g. $p = 0.026$ or $p < 0.05$
- Tables and figures should be numbered in the order in which they are described and cited in the text.

Discussion

- Carefully explain and evaluate data.
- Compare with other findings particularly what causes the difference.
- Suggest directions for future research.

Conclusion (if included)

- State shortly the most important finding of the research.
- Do not repeat Results or Discussion.

Acknowledgements (if applicable)

- Inform all assistances from individuals as appropriated.
- Report all sources of grant and other support for the project.

References

- All reference must be written in English.
- Citations should be numbered consecutively in parentheses as they appear in the text and they should present after punctuation e.g. text (1,4-7,9,10).
- Examples of reference citation formats:
 - Journal article:
Aronrerk N, Pichyangkul S, Yongvanitchit K, Wisetchang M, Sa-Ard-lam N, Sirisinha S, et al. Generation of gingival T cell lines/clones specific with *Porphyromonas gingivalis* pulsed dendritic cells from periodontitis patients. J Periodontal Res. 2003;38(3):262-8.
 - Books/Chapter in a book:
Proffit WR, Fields HW. Contemporary orthodontics. 3rded. St. Louis: Mosby; 2000.
Yamada KM. Fibronectin and other cell interactive glycoproteins. In: Hay ED, editor. Cell biology of extra-cellular matrix. 2nded. New York: Plenum Press; 1991. p.111-46.

- Dissertation:

Kerdmanee K. *In Vitro* Study of Er,Cr:YSGG Laser in Adjunct to Ultrasonic Root Debridement on The Attachment of Human Periodontal Ligament Fibroblasts [Master thesis, M.S. (Periodontology)]. Bangkok: Srinakharinwirot University; 2015.

- Journal article on the Internet (Article with digital object identifier)

Lam-ubol A, Rungsiyanont S, Vacharotayangul P, Sappayatosok K, Chankanka O. Oral manifestations, salivary flow rates and *Candida* species in Thai HIV-infected patients. *J Clin Exp Dent*. 2019;11(2):e138-45. doi: 10.4317/jced.55384.

- Database on the Internet

National Statistical Office. The 2013 survey on health and welfare [Internet]. Bangkok: Ministry of Information and Communication Technology; 2017 [cited 2017 March]. Available from: URL: <http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/themes/files/healthy/healthRep56.pdf>. (in Thai).

- Scientific or technical report (Issued by performing agency)

Chaiwerawattana A, Laowahutanont P, editors. Hospital based cancer registry annual Report 2013. Bangkok: Information and Technology Division; 2015. ISBN 978-616-11-2581-3. Sponsored by the National Cancer Institute.

The reference style of the journal follows the format suggested by “International Committee of Medical Journal Editors Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals: Sample References (http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html)”

Abbreviations of journal names should follow the forms in Index Medicus, National Library of Medicine (NLM)

Tables and Figures

Tables

- Table design and layout must be plain and simple as possible
- All tables must be inserted in the text.
- Use explanatory footnotes if possible. In the table or title, indicate the order of footnotes with lower-case letters in superscript. If needed in footnotes, cite the short form of references in parentheses.

Figures

- All figures must be inserted in the text.
- Clearly numbered files containing figures to indicate their placement in the text
- Illustrations, graphs and figures must be provided as TIFF or JPEG files (8.9 x 16 cm) with a minimum resolution of 600 dpi.
- Radiographic images should be prepared by taking a photo in black and white from original films, or using digital imaging when applicable. Put magnification markers directly on the micrographs.

Review process

All submissions will be subjected to double blind peer-review by at least 3 independent reviewers from different institutions which are the experts in the field. The article will be accepted for publication when at least 2 reviewers agree. Please note that the authors agree to transfer copyright to SWU Dent J on submission, if the manuscript is accepted for publication. Attempts to reproduce parts of the article may be done with written permission from SWU Dent J.

Address for Correspondences

Mrs. Kanokporn Sukyanan
Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University,
114, Sukhumwit 23, Wattana, Bangkok 10110, Thailand.
Telephone: (662) 6495000 ext 15140, Fax. (662) 6641882,
E-mail: swudentj@yahoo.com

Conflicts of Interest

Authors must state all possible conflicts of interest in the manuscript, including financial, consultant, institutional and other relationships that might lead to bias or a conflict of interest. If there is no conflict of interest, this should also be explicitly stated as none declared. All sources of funding should be acknowledged in the manuscript. All relevant conflicts of interest and sources of funding should be included on the title page of the manuscript with the heading "Conflicts of Interest and Source of Funding".

Ethical and Legal Considerations and Copyright Transfer

A submitted manuscript must be an original contribution not previously published (except as an abstract or a preliminary report), must not be under consideration for publication elsewhere, and, if accepted, must not be published elsewhere in similar form, in any language, without the consent of SWU Dent J. Each person listed as an author is expected to have participated in the study to a significant extent. All authors must sign and submit the copyright transfer letter together with journal submission.

Notice: Author guidelines is available at the journal website <http://ejournals.swu.ac.th/index.php/swudentj>.

The cover letter format



Publication Ethics SWU Dent J.



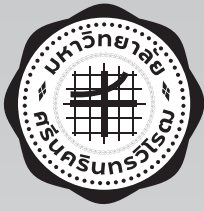
บทบรรณาธิการ

วิทยาลัยการแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ฉบับนี้เป็นฉบับที่ 15 เล่มที่ 2 ปีพุทธศักราช 2565 ในปัจจุบันนี้ วิกฤตการณ์การระบาดของโรคโควิด-19 ทั่วโลกเริ่มมีการปรับตัวต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เพื่อให้การดำเนินการต่าง ๆ สามารถดำเนินต่อไปได้แม้การระบาดยังคงมีอยู่ อย่างไรก็ตามความรุนแรงของโรครามีแนวโน้มปรับตัวลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสองปีที่ผ่านมา ท่ามกลางการระบาดที่เกิดขึ้นนี้ นักวิจัยทั้งในและต่างประเทศยังคงสร้างสรรค์งานวิจัยและงานวิชาการที่มีความเกี่ยวข้องกับโรคโควิด-19 และงานวิจัยในด้านอื่น ๆ ซึ่งล้วนมีคุณค่าและมีความสำคัญในการพัฒนาสังคมโลกในทุก ๆ ด้าน รวมไปถึงผู้พันธ์ที่ได้สร้างสรรค์ผลงานและนำเสนอผลงานทางวิชาการเพื่อตีพิมพ์ในวารสารคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วยเช่นกัน

อย่างไรก็ตามกองบรรณาธิการฯ มีความยินดีเป็นอย่างยิ่ง และขอเชิญชวนท่านผู้อ่านทุกท่านส่งผลงานที่มีความเกี่ยวข้องกับงานทางทันตกรรมลงตีพิมพ์ในวารสารทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยท่านผู้สนใจสามารถศึกษารายละเอียดได้ในวารสารฉบับนี้ และสามารถนำส่งผลงานได้ที่อีเมล "swudentj@yahoo.com" หรือทางระบบวารสารออนไลน์ <http://ejournals.swu.ac.th/index.php/swudentj>

วารสารฯ ฉบับนี้ประกอบไปด้วยบทความทั้งหมด 10 บทความ ได้แก่ บทความวิชาการ 6 บทความ รายงานผู้ป่วย 1 บทความ และบทความปริทัศน์ 3 บทความ ทางกองบรรณาธิการขอขอบพระคุณท่านที่ปรึกษา และท่านกองบรรณาธิการภายนอกทุกท่าน โดยเฉพาะท่านผู้ทรงคุณวุฒิผู้พิจารณาบทความ ที่ท่านกรุณาให้ความอนุเคราะห์กับวารสารฯ เป็นอย่างดีเยี่ยมเสมอมา รวมทั้งผู้อ่านทุกท่านที่สนับสนุนเรามาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ทางวารสารฯ ขอเป็นอีกหนึ่งกำลังใจให้กับทุกท่านและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าทุกท่านจะสามารถผ่านวิกฤตการณ์โควิด-19 ไปได้ด้วยกันอย่างปลอดภัย



SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY DENTAL JOURNAL

วิทยาลัยการทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Table of Contents

Vol.15 No.2
2022

บทบรรณาธิการ

7

บทวิทยากร

10

ผลของสารสกัดว่านหางจระเข้ต่อเชื้อสเตร็ปโตคอคคัส มีวแกนส์
ณัฐพล โรจน์เพ็ญเพียร บรรเจิด ยะพงษ์ สุวรรณนา จิตศักดิ์สินทร์

The Effects of Aloe Vera Extract on *Streptococcus Mutans*
Nattapon Rotpenpian Bunjird Yapong Suwanna Jitpukdeebodindra

24

ผลของความสว่างและอุณหภูมิสีของแสงที่มีต่อความแม่นยำของเครื่องสแกน
ในช่องปากเมื่อใช้พิมพ์ปากดิจิทัลทั้งส่วนโค้งของขากรรไกรในแบบจำลองฟัน
กนกกานต์ ขวัญสังข์ ไพฑูรย์ ดาวสดใส

Influence of Illuminance and Color Temperature of Light on the Accuracy of
Two Intraoral Scanners Used for Complete Arch Digital Impression in the
Dental Model

Kanokkarn Kwansang Paitoon Daosodsai

39

ความเหมาะสมของขอบวัสดุแคลเซียมซิลิเกตซีเมนต์สองชนิดหลังจากการปนเปื้อน
เลือดในแบบจำลองการอุดยอนปลายรากฟัน
กานุมาศ วันเป็ย จารุมา ศักดิ์ดี สุวิทย์ วิมลจิตต์

Marginal Adaptation of Two Calcium Silicate Cements after Blood
Contamination in Retrograde Filling Models

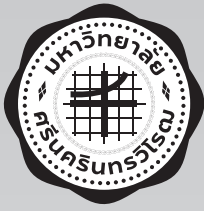
Bhanumas Wanpia Jaruma Sakdee Suwit Wimonchit

53

การเปรียบเทียบความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบของไฟลีนิกเกิลไทเทเนียม
ชนิดหมุนด้วยเครื่องที่ผลิตด้วยโลหะเอ็มไวร์และโลหะไฟร์ไวร์
วศินี แก้วอำไพ ชินาลัย ปิยะชน

Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of Nickel-titanium Rotary
Instruments Made of M-wire and Fire-Wire

Wasinee Kaewumpai Chinalai Piyachon



SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY DENTAL JOURNAL

วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Table of Contents

Vol.15 No.2
2022

รายงานผู้ป่วย

- 63 ผลของไบโอเซรามิกชนิดก่อตัวเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณคอฟัน
สุจิราภา แข่งขัน กุลนันท์ ดำรงวุฒิ จารума ศักดิ์ดี
The Effect of Fast Setting Bioceramic on Cervical Tooth Discoloration
Sujirapa Kaengkan Kunlanun Damrougvute Jaruma Sakdee
- 79 Factors Associated with Treatment Outcome of Carbon Dioxide Laser for
Trigeminal Neuralgia
Sunisa Rochanavibhata Wichuda Kongsong
- 89 นีวอยด์เบซัลเซลล์คาร์ซิโนมาซินโดรม: รายงานโรคทางพันธุกรรมที่หายากในผู้ป่วย
1 ราย
สุภาพร วิริยะจิระกุล
Nevoid Basal Cell Carcinoma Syndrome: A Case Report of a Rare Hereditary
Disorder
Supaporn Viriyajirakul

บทความปริทัศน์

- 102 Interproximal Enamel Reduction: What Clinicians Should Know
Preeya Suwanwitid Chidsanu Changsiripun Tanan Jaruprakorn
Ruangrat Komolpis Somsak Chengprapakorn Pimsiri Kanpittaya
- 111 การสบฟันลึก: สาเหตุ การวินิจฉัยและแนวทางการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน
ชนิดคา กันนะ พิชญา ไชยรักษ์
Deep Overbite: Etiology, Diagnosis and Orthodontic Treatment Options
Chanida Kanna Pitchaya Chaiyaraksa
- 125 ภาวะกระดูกขากรรไกรตายเนื่องจากรังสีและภาวะกระดูกขากรรไกรตายเนื่องจากยา:
พยาธิสรีรวิทยา การวินิจฉัย และการจำแนกความรุนแรงของโรค
ศิริรัตน์ ชันศิริ ปฐมาภรณ์ นิวัฒน์เจริญชัยกุล
Osteoradionecrosis and Medication-related Osteonecrosis of the Jaw:
Pathophysiology, Diagnosis and Clinical Staging
Sirirat Chansiri Patamaporn Niwatcharoenchaikul

ผลของสารสกัดว่านหางจระเข้ต่อเชื้อสเตรปโตคอคคัส มีวแทนส์

ณัฐพล โรจน์เพ็ญเพียร*,** บรรณเจต ยะพงษ์* สุวรรณ จิตกักตบดินทร์*,**

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลของสารสกัดว่านหางจระเข้ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียและยับยั้งการเจริญการทำงานของเอนไซม์กลูโคซิลทรานสเฟอเรส การยับยั้งการสร้างกรด และการยึดเกาะของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มีวแทนส์ ATCC 25175

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: สารสกัดว่านหางจระเข้แบบผงผสมน้ำนำมาทดสอบหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญ (MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ฆ่าเชื้อ (MBC) ของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มีวแทนส์ ATCC 25175 ด้วยวิธีการไมโครบรอดโดลูชั่น หลังจากนั้นนำสารสกัดว่านหางจระเข้ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งการเจริญ และระดับต่ำกว่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง (1/2, 1/4 และ 1/8 ของสารสกัดว่านหางจระเข้) นำมาทดสอบการทำงานของเอนไซม์กลูโคซิลทรานสเฟอเรสโดยคำนวณปริมาณกลูแคนที่เกิดขึ้น การทดสอบการยับยั้งการสร้างกรดโดยวิธีการวัดค่าพีเอชในช่วงเวลา 0-150 นาที และการทดสอบการยึดเกาะของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มีวแทนส์ ATCC 25175 โดยการย้อมคริสตัลไวโอเลต

ผลการทดลอง ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งของสารสกัดว่านหางจระเข้คือ 125 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งแสดงผลการยับยั้งการเจริญเติบโตที่ 6-10 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้หลังจากผ่านไป 24 ชั่วโมง และไม่สามารถระบุความเข้มข้นสูงสุดของการฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ ที่ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งของสารสกัดว่านหางจระเข้ไม่แสดงผลการยับยั้งต่อการทำงานของเอนไซม์กลูโคซิลทรานสเฟอเรส นอกจากนี้ ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งที่ 1/2, 1/4 และ 1/8 ของสารสกัดว่านหางจระเข้ไม่แสดงผลการยับยั้งการผลิตกรดของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มีวแทนส์ ATCC 25175 อย่างไรก็ตาม สารสกัดว่านหางจระเข้ที่ความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งและระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง สามารถยับยั้งการยึดเกาะเชื้อสเตรปโตคอคคัส มีวแทนส์ ATCC 25175

สรุป: สารสกัดว่านหางจระเข้ที่สกัดด้วยน้ำสามารถยับยั้งการยึดเกาะเชื้อสเตรปโตคอคคัส มีวแทนส์ ATCC 25175

คำสำคัญ: ว่านหางจระเข้ การยึดเกาะของแบคทีเรีย โรคฟันผุ เชื้อสเตรปโตคอคคัส มีวแทนส์

*สาขาวิชาชีววิทยาของปากและระบบการบดเคี้ยว, **หน่วยวิจัยเซลล์วิทยาและชีววัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เลขที่ 15 ถ.กาญจนวนิชย์ ต.คลองสอ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

The Effects of Aloe Vera Extract on *Streptococcus Mutans*

Nattapon Rotpenpian*,** Bunjird Yamong* Suwanna Jitpukdeebodindra*,**

Abstract

Objective: To study the effect of aloe vera extract on bactericidal activity, growth inhibition, glucosyltransferase enzyme activity, inhibition of acid production and adhesion of *Streptococcus mutans* ATCC 25175.

Materials and Methods: Aqueous aloe vera extract was determined minimal inhibitory concentration (MIC) and minimal bactericidal concentration (MBC) to *Streptococcus mutans* ATCC 25175 by a broth microdilution method. Then, at MIC and sub-MIC levels (1/2, 1/4 and 1/8) of aloe vera extract, activity of glucosyltransferase enzyme was determined by the production of glucan level. The inhibition of acid production was determined by pH measurement at 0-150 min, and the inhibition of adhesion of *Streptococcus mutans* ATCC 25175 was performed by crystal violet staining.

Results: The MIC of aloe vera extract was 125 mg/ml, which showed growth inhibition effect at 6-10 hours. However, it cannot inhibit growth of bacteria after 24 hours and MBC could not be determined. At minimum inhibitory concentration of aloe vera extract did not show an inhibitory effect on glucosyltransferase enzyme activity; moreover, the 1/2, 1/4 and 1/8 of MIC of aloe vera extract did not show an inhibitory effect on acid production of *Streptococcus mutans* ATCC 25175. However, at MIC and sub-MIC levels, aloe vera extract showed an inhibitory effect on adhesion of *Streptococcus mutans* ATCC 25175.

Conclusion: Aqueous aloe vera extract can inhibit adhesion of *Streptococcus mutans* ATCC 25175.

Keywords: Aloe vera, Bacterial adhesion, Dental caries, *Streptococcus mutans*

*Department of Oral Biology and Occlusion, **Cell Biology and Biomaterial Research Unit, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, 15 Kanjanavanit Rd., Korhong, Hatyai, Songkhla, 90110 Thailand.

บทนำ (Introduction)

โรคฟันผุ (dental caries, tooth decay) เกิดจากแบคทีเรียที่ก่อโรคในคราบจุลินทรีย์บนผิวฟันเปลี่ยนน้ำตาลจากอาหารหรือเครื่องดื่มให้กลายเป็นกรดซึ่งทำลายผิวฟันตลอดเวลา (1,2) เชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ (*Streptococcus mutans*) เป็นเชื้อแบคทีเรียกลุ่มสำคัญที่ก่อให้เกิดโรคฟันผุ (3) คุณสมบัติของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ สามารถสร้างกรดอินทรีย์โดยเกิดจากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตจากอาหารที่ตกค้างในช่องปากผ่านกระบวนการไกลโคไลติก (glycolytic pathway) กรดอินทรีย์ที่ได้จากสารอาหารแต่ละประเภทแตกต่างกันไป ยกตัวอย่างเช่น กรดกลูโคโรนิก (glucuronic acid) จากสารอาหารประเภทน้ำตาลและคาร์โบไฮเดรตแบบไม่หมัก (non-fermentable carbohydrate) หรือ กรดแลคติก (lactic acid) จากสารอาหารประเภทน้ำตาลและคาร์โบไฮเดรตแบบหมัก (fermentable carbohydrate) (2-4) กรดอินทรีย์ที่ได้จากกระบวนการดังกล่าวจะเพิ่มความเป็นกรดในแผ่นคราบจุลินทรีย์จนกระทั่งค่า pH ต่ำกว่า 5.5 ซึ่งเป็นค่า critical pH ทำให้ผิวเคลือบฟันเกิดการสูญเสียแร่ธาตุเป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดฟันผุ (4) นอกจากนี้คุณสมบัติการสร้างกรดของเชื้อแบคทีเรียแล้ว ตัวเชื้อสามารถอยู่ได้ในสภาวะที่เป็นกรดได้ถึง pH เท่ากับ 3 โดยสามารถยึดเกาะบนผิวฟันได้ผ่านการสังเคราะห์สารยึดติดเป็นเอกซ์ตราเซลลูลาร์พอลิเมอร์ (extracellular polymer) (5) สารยึดติดกับฟันที่เชื้อแบคทีเรียสร้างขึ้นก่อให้เกิดการยึดเกาะของแบคทีเรียกับผิวเคลือบฟัน รวมถึงการยึดแบคทีเรียให้เป็นกลุ่มก้อน และประกอบกันเป็นแผ่นคราบจุลินทรีย์ (biofilm) ดังนั้น ลักษณะที่เชื้อมีความสามารถในการยึดเกาะ คือความสามารถในการสร้างแผ่นคราบจุลินทรีย์ โดยจะมีผลทำให้เกิดโรคฟันผุได้

นอกจากนี้เอนไซม์กลูโคซิลทรานสเฟอเรส (glucosyltransferase: GTF) ทำหน้าที่เปลี่ยนซูโครสเป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตส และสร้างกลูแคนชนิดไม่ละลายน้ำจากกลูโคส ซึ่งกลูแคนชนิดนี้สามารถเคลือบอยู่บนผิวฟัน กระบวนการดังกล่าวข้างต้นส่งผลให้เชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ สามารถยึดเกาะอยู่บนผิวฟัน

และการเกิดคราบจุลินทรีย์ น้ำตาลจึงสามารถแพร่เข้าไปอยู่ในคราบจุลินทรีย์ได้เพิ่มขึ้นและแบคทีเรียสามารถสร้างกรดอินทรีย์ได้เพิ่มขึ้นเช่นกัน จากกระบวนการดังกล่าวส่งผลให้เกิดการทำลายผิวเคลือบฟัน เนื้อฟัน และส่งผลต่อการเกิดโรคฟันผุอย่างต่อเนื่อง (6,7)

วิธีในการกำจัดแผ่นคราบจุลินทรีย์ที่มีการสะสมอยู่บนตัวฟันที่สำคัญคือ การกำจัดโดยกายภาพ การกำจัดโดยใช้สารเคมี และการกำจัดโดยใช้ยาต้านจุลชีพในปัจจุบันการใช้สมุนไพรรักษากลับมาเป็นที่นิยมและมีบทบาทอีกครั้ง เนื่องจากเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติหาได้ง่าย เป็นที่ยอมรับทั่วไป มีฤทธิ์จำเพาะต่อเชื้อแบคทีเรียและมีผลข้างเคียงต่ำ (8,9) โดยสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียที่สำคัญคือ สารประกอบฟีนอลิก (phenolics compound) (10) สารประกอบฟีนอลิกพบในพืชสมุนไพรรุ่น จระเข้ (*aloe vera*) เป็นต้น

ว่านหางจระเข้จัดอยู่ในวงศ์ *Asphodelaceae* มีสรรพคุณใช้ในการรักษาแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก ผิวที่เกิดอาการระคายเคือง สามารถใช้รักษาอาการภายในได้ด้วย (11) เช่น รักษาอาการท้องผูก ไอ แผลในกระเพาะอาหาร โรคเบาหวาน อาการปวดหัว โรคข้ออักเสบ ระบบภูมิคุ้มกันบกพร่อง และอาการคลื่นไส้ (12) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบสารกลุ่มฟีนอลิก เช่น (tannins) และไกลโคไซด์ (glycoside) (13) สารในกลุ่มสเตอรอยด์ (steroid) และเอนไซม์ (enzyme) (14) นอกจากนี้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำว่านหางจระเข้มาใช้ในการยับยั้งเชื้อต่าง ๆ ในช่องปาก เช่น ยับยั้งเชื้อ *Streptococcus mitis* ที่เป็นส่วนหนึ่งทำให้เกิดโรคฟันผุได้ (15) ยับยั้งเชื้อ *Enterococcus faecalis* ซึ่งเป็นเชื้อที่เกี่ยวข้องกับการติดเชื้อในการรักษาคลองรากฟันได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (16)

ว่านหางจระเข้ นั้นเป็นพืชที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายเพื่อเป็นไม้ประดับ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกฤดูกาล มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด และจากคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรียได้หลายชนิดของว่านหางจระเข้ในทางการแพทย์และทันตกรรม ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัด

ว่านหางจระเข้ เพื่อหาปริมาณที่มีผลในการฆ่าและยับยั้ง เชื้อการยับยั้งการสร้างกรด การลดการทำงานของ เอนไซม์ GTF และผลการยับยั้งการยึดเกาะของเชื้อ สเตร็ปโตคอคคัส มิวแทนส์

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

1. การเตรียมเลี้ยงเชื้อสเตร็ปโตคอคคัส มิวแทนส์

เลี้ยงเชื้อสเตร็ปโตคอคคัส มิวแทนส์ ในอาหาร เลี้ยงเชื้อ TSB (tryptic soy agar with 1% glucose) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง ปรับให้ได้ความขุ่นของเชื้อที่ค่าการดูดกลืนแสงที่ 570 นาโนเมตร ให้ได้ความเข้มข้น 10^5 CFU/ml

2. การเตรียมสารสกัดว่านหางจระเข้

สารสกัดว่านหางจระเข้ *Aloe Barbadosensis* Leaf (ACTIVERA® 1-200, Chemipan Co., Ltd., กรุงเทพฯ) ซึ่งได้มาจากการสกัดด้วยน้ำเป็นตัวทำละลาย มีองค์ประกอบหลักคือ สารกลุ่มฟีนอลิก เช่น แทนนิน และไกลโคไซด์

3. วิธีการทดลอง

การหาความเข้มข้นของสารสกัดต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญ (MIC: minimum inhibitory concentration) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่สามารถฆ่าเชื้อ (MBC: minimum bactericidal concentration)

เตรียมเชื้อสเตร็ปโตคอคคัส มิวแทนส์ ในอาหาร เลี้ยงเชื้อ TSB ให้มีความเข้มข้น 10^5 CFU/ml ใน ถาดหลุม (96-well plate) เพื่อทดสอบกับสารสกัด ว่านหางจระเข้ ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 750, 500, 250, 125, 62.5 และ 31.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยมี น้ำกลั่นเป็นกลุ่มควบคุม และใช้สารละลายคลอเฮกซิดีน ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 โดยปริมาตร (0.05% v/v chlorhexidine) เป็นกลุ่มควบคุมเชิงบวก จากนั้นนำไป บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ค่า MIC คือค่าความเข้มข้นของสารสกัดต่ำสุดที่มีความขุ่นของเชื้อน้อยกว่า 0.05 จากการวัดค่าการดูด กลืนแสงที่ 570 นาโนเมตร ส่วนค่า MBC คือค่าความ

เข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดที่สามารถฆ่าเชื้อได้ร้อยละ 99.9 มีเชื้อได้แต่ต้องไม่เกินร้อยละ 0.1 ซึ่งทดสอบจาก การนำหลุมที่ไม่ขุ่นมาหาค่า MBC โดยการเพาะเชื้อบน อาหารเลี้ยงเชื้อ TSA (trypticase soy agar) บ่มที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และสังเกตด้วยตาเปล่า โดยที่ทดลองซ้ำทั้งหมดจำนวน 3 ครั้ง และทำความเข้าใจ ความเข้มข้น 3 ซ้ำ ในแต่ละการทดลอง (17)

การทดสอบผลของสารสกัดต่อการเจริญของ เชื้อสเตร็ปโตคอคคัส มิวแทนส์

เตรียมเชื้อสเตร็ปโตคอคคัส มิวแทนส์ ให้ได้ ปริมาณเชื้อความเข้มข้น 10^6 CFU/ml ในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB โดยนำเชื้อมา 600 ไมโครลิตร ผสมกับสารสกัด ว่านหางจระเข้ ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 2, 1, 1/2, 1/4 และ 1/8 เท่าของ MIC และน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ (กลุ่มควบคุม) 600 ไมโครลิตรใส่ในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากันแล้ว นำมานับเชื้อเริ่มต้น โดยเจือจางในสารละลาย PBS (phosphate buffer saline) ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ค่า pH 7.4 หลังจากนั้นนำเชื้อในหลอดทดลองโดยบ่มที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2, 4, 6, 8, 10 และ 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาดูดเชื้อมาเจือจางและ เพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมานับจำนวนเชื้อที่มีชีวิตอยู่และ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยทำความเข้าใจความเข้มข้น 3 ซ้ำ ในแต่ละการทดลอง เพื่อศึกษาผลของสารสกัดต่อการ เจริญของเชื้อ (17)

การทดสอบผลของสารสกัดต่อการทำงานของ เอนไซม์ GTF

เอนไซม์ GTF สกัดจากเชื้อสเตร็ปโตคอคคัส มิวแทนส์ ที่ถูกเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA ไว้เป็น ระยะเวลา 18 ชั่วโมง โดยนำเชื้อที่เลี้ยงไปหมუნเหวียง ที่ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาทีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อให้เกิดการตกตะกอนของเซลล์และ นำของเหลวใสที่ได้ไปตกตะกอนเอนไซม์โดยการเติม สารละลายแอมโมเนียมซัลเฟต (ammonium sulfate) ความเข้มข้นร้อยละ 45 จากนั้นวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไป หมุนเหวียงที่ 8,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที

ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ละลายตะกอนที่ได้ในสารละลาย PBS แล้วนำไปผ่านกระบวนการกรอง และทำให้แห้งด้วยวิธีไลโอไฟล์ (lyophilization) หลังจากนั้นนำผงที่ได้ไปละลายกับสารละลาย PBS ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ค่า pH 7.4 ให้ได้ความเข้มข้นของเอนไซม์ GTF เท่ากับ 250 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เพื่อนำไปทดสอบกับสารสกัดต่อไป (19)

การทดสอบการทำงานของเอนไซม์ GTF กลุ่มควบคุมใช้น้ำกลั่น 200 ไมโครลิตร ผสมกับอะซิเตตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.6 โมลาร์ pH 5.5 ปริมาตร 50 ไมโครลิตรและเอนไซม์ GTF ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ส่วนกลุ่มสารสกัดว่านหางจระเข้ใช้ความเข้มข้นเท่ากับ 1, 1/2, 1/4 และ 1/8 ของ MIC ปริมาตร 200 ไมโครลิตร ผสมกับอะซิเตตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.6 โมลาร์ pH 5.5 ปริมาตร 50 ไมโครลิตรและเอนไซม์ GTF ปริมาตร 50 ไมโครลิตร โดยที่ทำการทดสอบกลุ่มละ 3 ซ้ำ ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นยับยั้งปฏิกิริยาโดยการต้มที่ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส 5 นาที แล้วนำไปหมუნเหียงที่ 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 6 นาที ดูดสารส่วนใส (supernatant) ทั้ง ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น 750 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปหมუნเหียงเช่นเดิม ล้างแบบนี้ 2 ครั้ง แล้วดูดสารส่วนใสทิ้ง และหาปริมาณกลูแคนจากการทำงานของเอนไซม์ GTF ด้วยวิธีฟีนอลซัลฟิวริก (phenol-sulfuric method) โดยเติมสารละลายฟีนอล ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 150 ไมโครลิตรและสารละลายซัลฟิวริก ความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 750 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที วางให้เย็น หลังจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 490 นาโนเมตร โดยคำนวณปริมาณกลูแคนซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงกิจกรรมของเอนไซม์ GTF และเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ให้กลุ่มควบคุมมีค่าร้อยละการทำงานของเอนไซม์ GTF (% relative activity of GTF) เท่ากับ 100 และคำนวณเป็นค่าร้อยละความสัมพันธ์ของแต่ละความเข้มข้นของสารสกัดว่านหางจระเข้ เป็นร้อยละการทำงานของเอนไซม์ GTF โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ทดสอบความเข้มข้นละ 3 ซ้ำในแต่ละการทดลอง (19)

การทดสอบผลของสารสกัดต่อการยับยั้งการสร้างกรดของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ เลี้ยงเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์

นำเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ ความเข้มข้น 10^7 CFU/ml ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB ผสมกลูโคส ปริมาตร 100 มิลลิตร บ่มในเครื่องเขย่าที่ 1,300 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง นำมาหมუნเหียงเอาเซลล์ตะกอนของเชื้อที่ 7,000 รอบต่อนาที 30 นาที 4 องศาเซลเซียส

หลังจากนั้นล้างเซลล์แบคทีเรียด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 135 มิลลิโมลาร์ 2 ครั้ง แล้วนำตะกอนเซลล์ทั้งหมดมาแขวนลอยในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ และเตรียมสารสกัดว่านหางจระเข้ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 1/2, 1/4 และ 1/8 เท่าของ MIC กลุ่มควบคุมเชิงบวกใช้สารละลายคลอเฮกซีดีน ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยปริมาตร ปริมาตร 500 ไมโครลิตร กลุ่มควบคุมเชิงลบใช้น้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 500 ไมโครลิตร หลังจากนั้นนำมาปรับค่า pH เริ่มต้นให้ได้ pH 7.0 ด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.02 โมลาร์ แล้วเติมสารละลายกลูโคส ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร ปริมาตร 500 ไมโครลิตร จากนั้นนำเชื้อดังกล่าวไปเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส แบ่งเชื้อที่เลี้ยงมาวัดค่า pH ที่เวลา 0, 30, 60, 90, 120, 150 นาที โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ทำความเข้มข้นละ 3 ซ้ำในแต่ละการทดลอง ค่า pH ที่น้อยกว่า 7 แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียมีการสร้างกรด หากค่า pH ที่อ่านได้มากกว่า 7 แสดงว่า สารสกัดสามารถยับยั้งการสร้างกรดจากเชื้อได้ (20)

การทดสอบผลของสารสกัดต่อการยับยั้งการยึดเกาะของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์

เลี้ยงเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ ในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB ผสมซูโครสร้อยละ 1 ใน polystyrene microplate 48 หลุม โดยปรับให้แต่ละหลุมมีเชื้อ 10^7 CFU/ml ใช้สารสกัดว่านหางจระเข้ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 1, 1/2, 1/4 และ 1/8 เท่าของ MIC โดยในส่วนควบคุม (blank) ประกอบด้วย อาหารเลี้ยงเชื้อ TSB ผสมซูโครส ปริมาตร 200 ไมโครลิตร และน้ำกลั่น 200 ไมโครลิตร กลุ่มควบคุมประกอบด้วย เชื้อ 10^7 CFU/ml ปริมาตร

200 ไมโครลิตร และน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 200 ไมโครลิตร กลุ่มควบคุมประกอบด้วยเชื้อ 10^7 CFU/ml ปริมาตร 200 ไมโครลิตร และ ร้อยละ 0.1 โซเดียมฟลูออไรด์ (sodium fluoride) 200 ไมโครลิตร กลุ่มทดสอบประกอบด้วยเชื้อ 10^7 CFU/ml ปริมาตร 200 ไมโครลิตร และสารสกัดว่านหางจระเข้แต่ละความเข้มข้น 200 ไมโครลิตร (ทำความสะอาดเข้มข้นละ 3 ซ้ำ) นำไปเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง (ล้างเบา ๆ) ครั้งละ 300 ไมโครลิตรแล้วหยดร้อยละ 0.1 คริสตัลไวโอเลต (crystal violet) ลงในหลุม หลุมละ 250 ไมโครลิตร ตั้งไว้ 15 นาที ซับสารออก ล้างด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง ครั้งละ 300 ไมโครลิตร แล้วหยดร้อยละ 99 เอทานอล ปริมาตร 250 ไมโครลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตร โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ทำความเข้มข้นละ 3 ซ้ำในแต่ละการทดลอง โดยประเมินผลการยืดเกาะจากค่าการดูดกลืนแสงที่ 560 นาโนเมตรและคำนวณร้อยละการยืดเกาะเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมลบ (18,20)

4. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

สถิติที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษานี้เลือกใช้สถิติอนพาราเมตริก Kruskal-Wallis H test ร่วมกับการเปรียบเทียบพหุคูณ (multiple Comparison) โดยใช้วิธีทดสอบแบบ Dunnett T3 ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

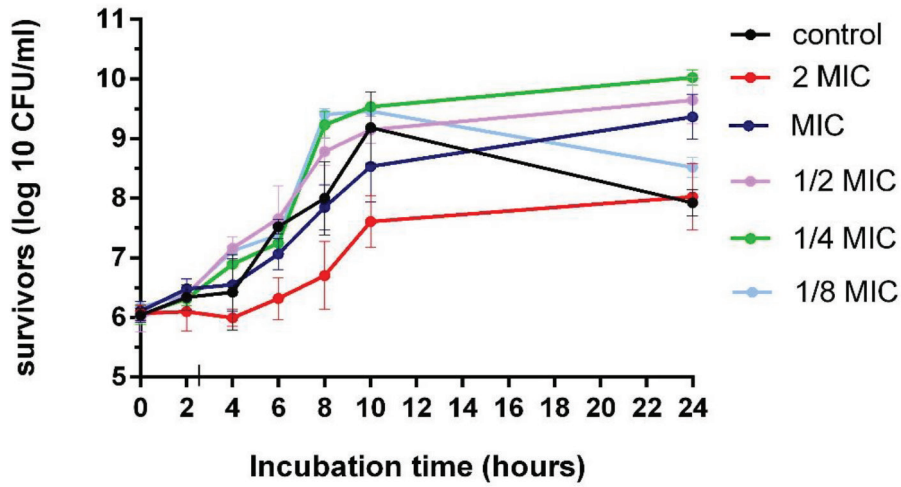
ผลการทดลอง (Results)

การทดสอบหาค่า MIC และค่า MBC ของสารสกัดว่านหางจระเข้ต่อเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์

ผลการศึกษาหาค่า MIC และ MBC ของสารสกัดว่านหางจระเข้ พบว่ามีค่า MIC เท่ากับ 125 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และมีค่า MBC มากกว่า 750 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดว่านหางจระเข้ต่อการเจริญของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์

จากการศึกษาผลของสารสกัดว่านหางจระเข้ที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกันตั้งแต่ ความเข้มข้น 2, 1, 1/2, 1/4 และ 1/8 เท่าของ MIC เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของ log CFU/ml ที่เวลา 2-24 ชั่วโมง สารสกัดว่านหางจระเข้ที่มีความเข้มข้น 2 และ 1 เท่า ของ MIC พบว่า ผลทำให้การเจริญของเชื้อมีแนวโน้มลดลงในช่วง 6-10 ชั่วโมงแรก แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และเมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมงพบว่าสารสกัดว่านหางจระเข้ที่มีความเข้มข้น 2 และ 1 เท่าของ MIC การเจริญของเชื้อไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ในทุกช่วงเวลา สารสกัดว่านหางจระเข้ที่มีความเข้มข้น 1/2, 1/4 และ 1/8 เท่าของ MIC การเจริญของเชื้อไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมด้วยเช่นกัน (รูปที่ 1)

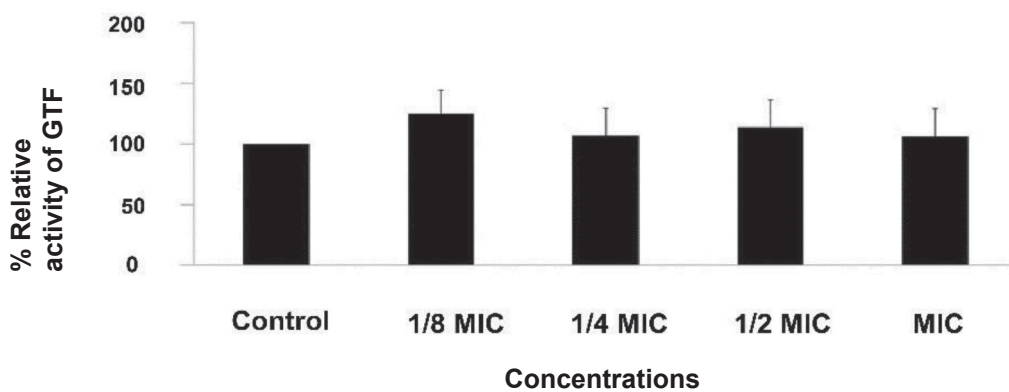


รูปที่ 1 ผลของสารสกัดว่านหางจระเข้ต่อการเจริญของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ ในหน่วย log CFU/ml (mean ± SD)

Fig 1. The effect of Aleo vera extract on the growth of *Streptococcus mutans* in unit log CFU/ml (mean ± SD)

ประสิทธิภาพของสารสกัดว่านหางจระเข้ต่อกิจกรรมเอนไซม์ GTF ของเชื้อสเตรปโตคอคคัสมิวแทนส์ จากการศึกษาผลของสารสกัดว่านหางจระเข้ที่มีความเข้มข้นที่ต่างกันตั้งแต่ ความเข้มข้น 1, 1/2 1/4 และ 1/8 เท่าของ MIC ต่อเอนไซม์ GTF ของ

เชื้อสเตรปโตคอคคัสมิวแทนส์พบว่าสารสกัดว่านหางจระเข้ทุกความเข้มข้นยับยั้งเอนไซม์ GTF ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมโดยพบว่าสารสกัดว่านหางจระเข้ทุกความเข้มข้นไม่มีผลยับยั้งเอนไซม์ GTF ได้ (รูปที่ 2)



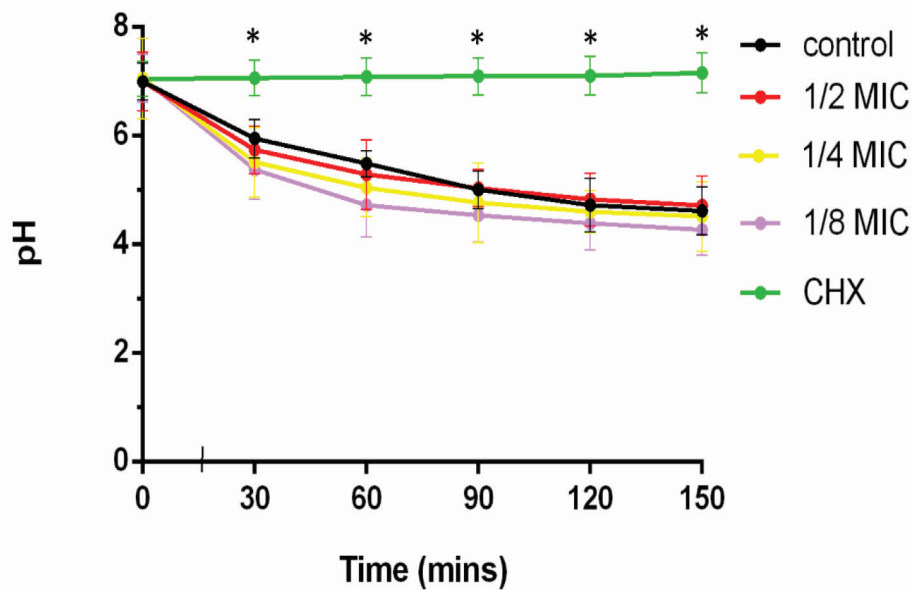
รูปที่ 2 ผลของสารสกัดว่านหางจระเข้ต่อเอนไซม์ GTF ของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ (mean ± SD)

Fig 2. The effect of Aleo vera extract on the GTF of *Streptococcus mutans* (mean ± SD)

ประสิทธิภาพของสารสกัดว่านหางจระเข้ต่อการสร้างกรดของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์

ในการทดสอบความสามารถของสารสกัดว่านหางจระเข้ที่ความเข้มข้นของสารสกัดที่แตกต่างกันต่อการสร้างกรดของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ พบว่าสารสกัดว่านหางจระเข้ที่ความเข้มข้น 1/2, 1/4 และ 1/8 เท่าของ MIC มีความสามารถในการยับยั้ง

การสร้างกรดของเชื้อแตกต่างกันได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมเชิงบวกที่เวลา 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที โดยพบว่าสารสกัดว่านหางจระเข้ที่ความเข้มข้น 1/2, 1/4 และ 1/8 เท่าของ MIC ไม่สามารถยับยั้งการสร้างกรดของเชื้อได้ในทุกช่วงเวลา (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 ผลของสารสกัดว่านหางจระเข้ต่อการสร้างกรดของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ (mean \pm SD)

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมลบ

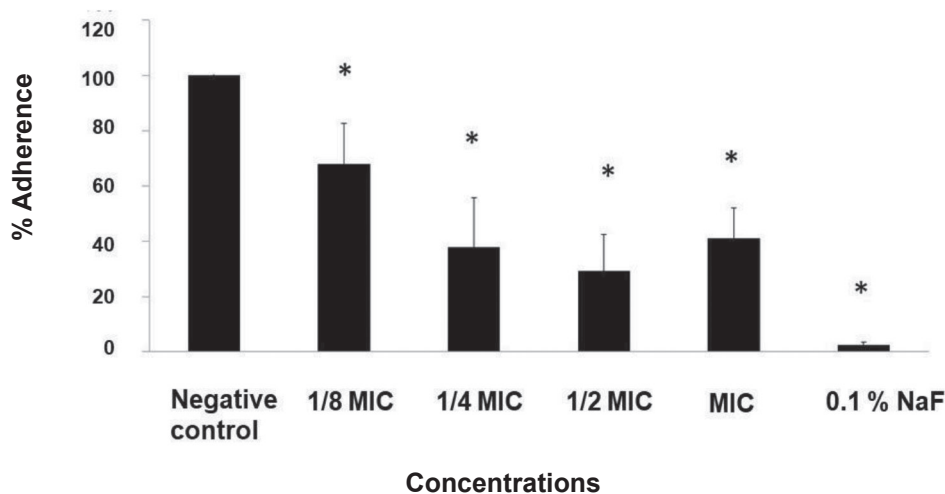
Fig 3. The effect of Aloe vera extract on the acid production of *Streptococcus mutans*

*Statistically significant difference compared with positive control ($p < 0.05$)

ประสิทธิภาพของสารสกัดว่านหางจระเข้ต่อการยึดเกาะของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์

จากการศึกษาความสามารถของสารสกัดว่านหางจระเข้ ที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกันตั้งแต่ความเข้มข้น 1, 1/2, 1/4 และ 1/8 ของ MIC พบว่า สารสกัดว่านหางจระเข้ทุกความเข้มข้นสามารถยับยั้งการ

ยึดเกาะของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมเชิงลบโดยพบว่าสารสกัดว่านหางจระเข้ทุกความเข้มข้นสามารถยับยั้งการยึดเกาะของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ได้ (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 ผลของสารสกัดว่านหางจระเข้ต่อการยึดเกาะของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ (mean ± SD)

*แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมลบ

Fig 4. The effect of Aleo vera extract on the adhesion of *Streptococcus mutans* (mean ± SD)

*Statistically significant difference compared with negative control ($p < 0.05$)

บทวิจารณ์ (Discussion)

วุ้นในใบว่านหางจระเข้ มีสารเคมีอยู่หลายชนิด เช่น แแทนนิน อะโลซิมีดิน (aloe-cmidin) อะโลซิน (aloesin) อะโลอิน (aloin) สารประเภทไกลโคโปรตีน (glycoprotein) ยางที่อยู่ในว่านหางจระเข้มีสารแอนทราควิโนน (anthraquinone) ที่มีสรรพคุณรักษาแผลต่อต้านเชื้อแบคทีเรียแล้วยังช่วยสมานแผลได้ด้วย จากงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อ *Streptococcus mitis* ที่เป็นส่วนหนึ่งทำให้เกิดโรคฟันผุได้ นอกจากนี้มีการศึกษาโดยนำว่านหางจระเข้ชนิดเจลมาใช้กับผู้ป่วยพบว่า มีผลลดเชื้อที่ทำให้เกิดโรคฟันผุได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมากกว่าเชื้อที่ทำให้เกิดโรคปริทันต์ (21) ซึ่งจากการศึกษาวิจัยนี้ ใช้สารสกัดว่านหางจระเข้ที่เป็นการสกัดด้วยน้ำ โดยมีองค์ประกอบหลัก คือสารกลุ่มฟีนอลิก เช่น แแทนนิน และไกลโคไซด์ ซึ่งมีองค์ประกอบคล้ายกับวุ้นในใบว่านหางจระเข้

สารสกัดว่านหางจระเข้มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโดยที่มีค่า MIC เท่ากับ 125 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ความเข้มข้น 125 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร คือความเข้มข้นที่มีความขุ่นของเชื้อต่ำกว่า 0.05 แต่การศึกษาครั้งนี้ ไม่สามารถหาค่า MBC ของสารสกัดได้ เนื่องจากที่ความเข้มข้นสูงกว่านี้ สารสกัดจะมีลักษณะเหนียวข้นจนไม่สามารถนำมากรองผ่าน 0.45 ไมโครเมตรได้ จึงไม่สามารถนำมาทำการทดลองได้นอกจากนี้พบว่า ถ้าทำการเพาะเชื้อในอาหารแข็งทุกความเข้มข้นของสารสกัด ยังคงพบการเจริญของเชื้อ อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยก่อนหน้ารายงานว่า สารสกัดว่านหางจระเข้ มีค่า MIC เท่ากับ 6.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรเมื่อทดสอบกับเชื้อ *Staphylococcus aureus* และมีค่า MIC เท่ากับ 1.56 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรเมื่อทดสอบกับเชื้อ *Bacillus subtilis* (22) นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดแอลกอฮอล์จากเยื่อเมือกภายในของพืช

ในกลุ่มตระกูลว่านหางจระเข้ (*Aloe ortholopha*) มีค่า MIC เท่ากับ 133 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ 267 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อทดสอบกับแบคทีเรียแกรมบวกเชื้อ *Staphylococcus aureus* และ *Corynebacterium diphtheriae* ตามลำดับ (23) นอกจากนี้งานวิจัยรายงานเกี่ยวกับเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ ที่ทดสอบจากคนไข้โดยตรง พบว่า สารสกัดว่านหางจระเข้ความเข้มข้นร้อยละ 12.5 โดยปริมาตร สามารถลดปริมาณของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จากงานวิจัยไม่ได้ระบุสายพันธุ์ของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ (24) จากงานวิจัยเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ มีหลายสายพันธุ์ ขึ้นกับพันธุกรรมและเชื้อชาติของผู้รับการทดสอบ (25) อย่างไรก็ตาม เชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ เอทีซีซี 25175 เป็นสายพันธุ์มาตรฐานที่ใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการอย่างแพร่หลายและได้รับการนำมาทดสอบสำหรับสมุนไพรวัวอื่น ๆ เพื่อศึกษาผลต่อการลดการเกิดโรคฟันผุ (26,27)

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสารสกัดจากว่านหางจระเข้ มีค่า MIC อยู่ระหว่าง 1.56–267 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อทดสอบกับเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาในครั้งนี้อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากพืชที่ใช้ทำการทดสอบมาจากแหล่งที่มาที่แตกต่างกันมีวิธีการเตรียมสารสกัด รวมไปถึงการใช้ตัวทำละลายในการสกัดสารที่ต่างกันและเชื้อแบคทีเรียที่ทดสอบก็ยังมีสายพันธุ์อีกด้วย

สารสกัดจากว่านหางจระเข้ นั้นไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ ในช่วงระยะเวลา 0-24 ชั่วโมงในทุกความเข้มข้นที่ทดสอบได้อย่างไรก็ตาม จากผลการทดสอบการเจริญว่าสารสกัดว่านหางจระเข้ที่ความเข้มข้น MIC ที่ 6-10 ชั่วโมง มีผลทำให้การเจริญของเชื้อลดลง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม หลังจาก 24 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าเชื้อเจริญได้มากขึ้น แสดงให้เห็นว่า สารสกัดว่านหางจระเข้สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ในช่วงแรก นอกจากนี้ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า หลังจาก 12 ชั่วโมงผลของสารสกัดว่านหางจระเข้ ในกลุ่มความเข้มข้นต่ำ (15.625 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) และกลุ่มควบคุม มีแนวโน้มการเจริญเติบโตของเชื้อลักษณะคล้ายกัน แต่แตกต่าง

จากผลของสารสกัดว่านหางจระเข้ที่ความเข้มข้นสูงกว่า เนื่องจากความเข้มข้นของสารสกัดว่านหางจระเข้ที่น้อยที่สุดคือความเข้มข้นที่ 1/8 เท่าของ MIC ซึ่งส่วนประกอบสำคัญของสารมีน้อยมาก จนไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Ferro และคณะ ในปี 2003 พบว่าสารสกัดเอทานอล และอะซิโตน จากใบของว่านหางจระเข้มีฤทธิ์ในการยับยั้งอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อ *Streptococcus pyogenes* (28) ซึ่งให้ผลแตกต่างจากการศึกษาในครั้งนี้อย่างเห็นได้ชัด อาจเป็นเพราะแหล่งที่มาของพืชที่ต่างกัน วิธีการเตรียมและขั้นตอนการสกัดรวมไปถึงตัวทำละลายที่ใช้สกัดสารและสายพันธุ์ของเชื้อแบคทีเรียที่นำมาทดสอบก็แตกต่างกัน

จากการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นได้ว่าสารสกัดว่านหางจระเข้มีการยับยั้งการยึดเกาะของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารสกัด ผลยับยั้งการยึดเกาะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นสารสกัดว่านหางจระเข้เพิ่มขึ้น จนกระทั่งความเข้มข้นของสารสกัดว่านหางจระเข้ในระดับ MIC ให้ผลยับยั้งไม่เกินไปตามแนวโน้มอาจเนื่องจากสารสกัดชนิดชั้นจึงเกิดจับตัวตกตะกอน โดยจากผลการทดลองพบว่าสารสกัดที่ความเข้มข้น MIC จะยับยั้งการยึดเกาะของเชื้อได้น้อยกว่าที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของ MIC (1/2 MIC, 1/4 MIC และ 1/8 MIC) ทั้งนี้อาจเกิดจากสารสกัดมีลักษณะเหนียวชั้นจึงทำให้เกิดการตกตะกอนหรือเกิดการเกาะบนอุปกรณ์ที่เลี้ยงเชื้อ (48 well polystyrene plate) จึงอาจส่งผลให้เชื้อแบคทีเรียเกิดการยึดเกาะกับสารสกัดที่เหนียวชั้นที่ยึดติดอยู่บนอุปกรณ์ที่เลี้ยงเชื้อได้

ดังนั้นสารสกัดว่านหางจระเข้ไม่เพียงแต่ช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อที่อยู่ในสภาวะล่องลอย (planktonic) แต่ยังสามารถยับยั้งการสร้างแผ่นคราบจุลินทรีย์ของเชื้อชนิดนี้ได้อีกด้วย การยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มในระยะแรกนั้นเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยป้องกันการพัฒนาของไบโอฟิล์ม ขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นนำไปสู่โรคฟันผุต่อไปได้ (29,30) จากการศึกษาของ Naidoo และคณะ ในปี 2012 พบว่าสารสกัดในส่วนเมทานอล จากพืชตำเสาหนู (*Dodonaea viscosa var. angustifolia*) ซึ่งมีสารแทนนินเหมือนสารสกัดว่าน

ทางจระเข้ มีฤทธิ์ในการยับยั้งการยึดเกาะของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ ได้ (31) โดยองค์ประกอบหลักของสารสกัดว่านหางจระเข้คือ แทนนิน มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิด ซึ่งมีส่วนประกอบของไซโลไพแรนโนไซด์ (4-O-b-D-xylopyranoside) มีความสามารถในการต้านเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก โดยเข้าจับกับกรดไลโปเทออยคิก (lipoteichoic acid) บนผิวเซลล์ของเชื้อ (31) ที่อาจมีส่วนในการช่วยลดการยึดเกาะของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ ได้และยังทำให้โปรตีนแอดฮีซินบนผิวเซลล์แบคทีเรียเสียสภาพ (30,32)

นอกจากนี้แล้วเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ ยังมีปัจจัยความรุนแรงที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความสามารถในการสร้างกลูแคนที่ไม่ละลายน้ำ จากการย่อยสลายสารอาหารที่เรารับประทานเข้าไปโดยอาศัยเอนไซม์ GTF (33) ซึ่งจากผลการศึกษาในครั้งนี้ สารสกัดว่านหางจระเข้ในทุกความเข้มข้นไม่มีผลในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ GTF อาจเนื่องมาจาก แทนนินที่เป็นองค์ประกอบหลักของว่านหางจระเข้เข้าไปจับกับกรดไลโปเทออยคิกของผนังเซลล์ของเชื้อ ทำให้เชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ เกิดการทำงานผิดปกติแต่ไม่มีผลต่อเอนไซม์ GTF โดยตรง เนื่องจากเอนไซม์ GTF ที่เพิ่มเข้าไปในปฏิกริยายังสามารถทำงานและเปลี่ยนแปลงโพลิเมอร์ที่หลงเหลืออยู่เกิดเป็นสารละลายกลูแคนได้ แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า สารสกัดน้ำและแอลกอฮอล์จากพืชในกลุ่ม *Juglandaceae regia* มีฤทธิ์ในการยับยั้งการยึดเกาะและการสร้างกลูแคนที่ไม่ละลายน้ำจากเชื้อสเตรปโตคอคคัสมิวแทนส์ได้ โดยสารแทนนินอาจไปเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติความไม่ชอบน้ำ (hydrophobicity) บนผิวเซลล์ของเชื้อ และสามารถยับยั้งเอนไซม์ที่เชื้อจุลินทรีย์ผลิตออกมา โดยการเข้าไปจับบริเวณเร่ง (active site) ของเอนไซม์ที่ไม่ละลายน้ำ แล้วเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเอนไซม์นั้นทำให้เอนไซม์เสียสภาพส่งผลให้เกิดการป้องกันการดูดซับเอนไซม์ GTF บนผิวเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียได้ (34) อีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดโรคฟันผุ คือเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ สามารถปล่อยกรดออกมาได้หลายชนิด เช่น กรดแลคติก กรดฟอร์มิก และกรด

อะซิติก ที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต เมื่อในช่องปากอยู่สภาวะที่มีน้ำตาลปริมาณน้อย แบคทีเรียจะสลายน้ำตาลได้เป็นกรดอะซิติกและกรดฟอร์มิก ซึ่งทำให้ค่า pH ในช่องปากลดลงเพียงเล็กน้อย ไม่ก่อให้เกิดการทำลายโครงสร้างของฟัน แต่เมื่อในช่องปากมีน้ำตาลปริมาณมาก แบคทีเรียจะสร้างกรดพวกแลคติกออกมา โดยกรดแลคติกถูกสร้างจากกระบวนการไกลโคไลติก ส่งผลทำให้ค่า pH ภายในคราบจุลินทรีย์ลดลง จนไปสู่การละลายแร่ธาตุบนผิวฟัน (35) ดังนั้นจากผลการทดลองที่ความเข้มข้นต่ำกว่า MIC ของสารสกัดว่านหางจระเข้ ไม่มีผลต่อยับยั้งการสร้างกรดที่เกิดขึ้นจากเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ เอทีซีซี 25175 แต่อย่างไรก็ตามสารสกัดว่านหางจระเข้ที่ใช้ในการทดสอบ เป็นความเข้มข้นที่ต่ำกว่าค่า MIC เหตุผลที่ทางทีมวิจัยไม่ใช้ความเข้มข้นที่ระดับ MIC มาทดสอบการสร้างกรด เนื่องจากระดับความเข้มข้น MIC ทำให้เชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ มีปริมาณน้อยและเกิดการสร้างกรดด้วยตัวเชื้อเองน้อยลง ส่งผลให้การทดสอบกับกรดที่สร้างขึ้นไม่สามารถทดสอบได้ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้รายงานว่านำสารทดสอบที่ระดับต่ำกว่าค่า MIC มาใช้ทดสอบสำหรับศึกษาการสร้างกรดที่เกิดขึ้นจากเชื้อแบคทีเรีย (36)

ดังนั้นจากผลการทดลองสรุปได้ว่า สารสกัดว่านหางจระเข้สามารถยับยั้งการยึดเกาะของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ ได้ ซึ่งอาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งในการลดการทำงานของเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคฟันผุ แต่อย่างไรก็ตามสารสกัดว่านหางจระเข้ไม่ได้มีผลในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ GTF และการสร้างกรดที่เกิดขึ้นซึ่งควรได้รับการศึกษาต่อไปในอนาคต

สารสกัดว่านหางจระเข้สามารถยับยั้งการยึดเกาะเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ แต่ยังไม่สามารถระบุได้ถึงกลไกที่เกี่ยวข้องอย่างชัดเจน จึงควรมีการศึกษาแยกสารประกอบบริสุทธิ์จากพืชเพื่อนำมาศึกษากลไกต่อเชื้อต่อไปในอนาคต นอกจากนี้การศึกษาในครั้งนี้เป็นการทดสอบภายนอกในร่างกายมนุษย์ซึ่งอาจแตกต่างจากสภาวะจริงในช่องปาก เช่น ความหลากหลายของเชื้อแบคทีเรียในช่องปาก การไหลของน้ำลาย ลักษณะพื้นผิวของฟัน เป็นต้น

บทสรุป (Conclusion)

ความเข้มข้นขั้นต่ำสุดในการยับยั้งของสารสกัดว่านหางจระเข้คือ 125 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สารสกัดว่านหางจระเข้ไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการสร้างกรดและการทำงานของเอนไซม์กลูโคซิลทรานสเฟอเรสของเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ แต่อย่างไรก็ตาม สารสกัดว่านหางจระเข้สามารถยับยั้งการยึดเกาะเชื้อสเตรปโตคอคคัส มิวแทนส์ได้

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Mathur VP, Dhillon JK. Dental caries: a disease which needs attention. *Indian J Pediatr.* 2018;85(3):202-6.
2. Gao X, Jiang S, Koh D, Hsu CY. Salivary biomarkers for dental caries. *Periodontol.* 2016; 70(1):128-41.
3. Marsh PD. Microbiology of dental plaque biofilms and their role in oral health and caries. *Dent Clin North Am.* 2010;54(3):441-54.
4. Conrads G, About I. Pathophysiology of dental caries. *Monogr Oral Sci.* 2018;27(1):1-10.
5. Klein MI, Hwang G, Santos PH, Campanella OH, Koo H. *Streptococcus mutans*-derived extracellular matrix in cariogenic oral biofilms. *Front Cell Infect Microbiol.* 2015;13(1): 5-10.
6. Bowen WH, Koo H. Biology of *Streptococcus mutans*-derived glucosyltransferases: role in extracellular matrix formation of cariogenic biofilms. *Caries Res.* 2011;45(1):69-86.
7. Ham Y, Kim TJ. Inhibitory effect of phenolic acids in *rubus coreanus* on glucosyltransferase of *Streptococcus mutans*. *Curr Microbiol.* 2020;11(1):3695-703.
8. Karygianni L, Al-Ahmad A, Argyropoulou A, Hellwig E, Anderson AC, Skaltsounis AL. Natural antimicrobials and oral Microorganisms: a systematic review on herbal interventions for the eradication of multispecies oral biofilms. *Front Microbiol.* 2016;14(1):1-17.
9. Rath S, Bal SCB, Dubey D. Oral biofilm: development mechanism, multidrug resistance, and their effective management with novel techniques. *Rambam Maimonides Med J.* 2021; 12(1):1-8.
10. Cheng L, Li J, He L, Zhou X. Natural products and caries prevention. *Caries Res.* 2015; 49(1):38-45.
11. Bozzi A, Perrin C, Austin S, Arce Vera F. Quality and authenticity of commercial aloe vera gel powders. *Food Chem.* 2007;103(1):22-30.
12. Rai S, Sharma DK, Arora S, Sharma M, Chopra A. Concentration of the heavy metals in *Aloe vera* L. (*Aloe barbadensis* Miller) leaves collected from different geographical locations of India. *Ann Biol Res.* 2011;2(6):575-9.
13. Lanjhiyana S, Garabadu D, Ahirwar D, Bigoniya P, Rana AC, Patra KC, et al. Antihyperglycemic potential of *Aloe vera* gel in experimental animal model. *Ann Biol Res.* 2011;2(1):17-31.
14. Guo X, Mei N. *Aloe vera*: A review of toxicity and adverse clinical effects. *J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev.* 2016;34(2):77-96.
15. George D, Bhat SS, Antony B. Comparative evaluation of the antimicrobial efficacy of aloe vera tooth gel and two popular commercial toothpastes: an *in vitro* study. *Gen Dent.* 2009;57(3):238-41.

16. Ehsani M, Marashi MA, Zabihi E, Issazadeh M, Khafri S. A Comparison between antibacterial activity of propolis and Aloe vera on *Enterococcus faecalis* (an *in vitro* study). *Int J Mol Cell Med*. 2013;2(1):110-6.
17. Xiao J, Liu Y, Zuo YL, Li JY, Ye L, Zhou XD. Effects of *Nidus Vespae* extract and chemical fractions on the growth and acidogenicity of oral microorganisms. *Arch Oral Biol*. 2006;51:804-13.
18. Tong Z, Dong L, Zhou L, Tao R, Ni L. Nisin inhibits dental caries-associated microorganism *in vitro*. *Peptides*. 2010;31(11):2003-8.
19. Yu HH, Lee JS, Lee KH, Kim KY, You YO. *Saussurea lappa* inhibits the growth, acid production, adhesion, and water-insoluble glucan synthesis of *Streptococcus mutans*. *J Ethnopharmacol*. 2007;111(2):413-17.
20. Yamanaka A, Kimizuka R, Kato T, Okuda K. Inhibitory effects of cranberry juice on attachment of oral streptococci and biofilm formation. *Oral Microbiol Immunol*. 2004;19(3):150-4.
21. Fani M, Kohanteb J. Inhibitory activity of Aloe vera gel on some clinically isolated cariogenic and periodontopathic bacteria. *J Oral Sci*. 2012;54(1):15-21.
22. Ndhlala A, Amoo S, Stafford G, Finnie J, Van Staden J. Antimicrobial, anti-inflammatory and mutagenic investigation of the South African tree aloe (*Aloe barberae*). *J Ethnopharmacol*. 2009;124(3):404-8.
23. Zimudzi C, Mandebvu RS, Kunonga N, Jere J, Kativu S. *In vitro* Antibacterial activity and Phytochemical screening of the Zimbabwean endemic *Aloe ortholopha* Christian & Milne-Readhead (*Aloaceae*). *Int J Sci Technol*. 2012;2(11):778-82.
24. Jain S, Rathod N, Nagi R, Sur J, Laheji A, Gupta N, et al. Antibacterial effect of aloe vera gel against plaque and caries bacteria: an *in-vitro* study. *J Clin Diagn Res*. 2016;10(1):41-44.
25. Zhou Y, Millhouse E, Shaw T, Lappin DF, Rajendran R, Bagg J, et al. Evaluating *Streptococcus mutans* strain dependent characteristics in a polymicrobial biofilm community. *Front Microbiol*. 2018;23:9(1):579-84.
26. Vargas-Segura AI, Silva-Belmares SY, Segura-Ceniceros EP, Ascacio-Valdés JA, Méndez-González L, Ilyina A. Screening and characterization of medicinal plants extracts with bactericidal activity against *Streptococcus mutans*. *Nat Prod Res*. 2020;34(18):2672-6.
27. Enciso S, Medina J, Mauricio F, Mauricio-Vilchez C, Alvitez-Temoche D, Vilchez L, et al. Antibacterial effectiveness of four concentrations of the hydroalcoholic extract of *Solanum tuberosum* (Tocosh) against *Streptococcus mutans* ATCC 25175TM: a comparative *in vitro* study. *Int J Dent*. 2020;26(1):1-5.
28. Ferro VA, Bradbury F, Cameron P, Shakir E, Rahman SR, Stimson WH. *In vitro* susceptibilities of *Shigella flexneri* and *Streptococcus pyogenes* to inner gel of *Aloe barbadensis* Miller. *Antimicrob Agents Chemother*. 2003;47(3):1137-9.
29. Rabin N, Zheng Y, Opoku-Temeng C, Du Y, Bonsu E, Sintim HO. Biofilm formation mechanisms and targets for developing antibiofilm agents. *Future Med Chem*. 2015;7(4):493-512.
30. Ngabaza T, Moeno S, Patel M. Anti-acidogenic and anti-biofilm activity of 5,6,8-trihydroxy-7-methoxy-2-(4-methoxyphenyl)-4H-chromen-4-one. *Microb Pathog*. 2018;123(1):149-52.

31. Naidoo R, Patel M, Gulube Z, Fenyvesi I. Inhibitory activity of *Dodonaea viscosa* var. *angustifolia* extract against *Streptococcus mutans* and its biofilm. J Ethnopharmacol. 2012; 144(1):171-4.

32. Hassan B, Chatha SAS, Hussain AI, Zia KM, Akhtar N. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. Int J Biol Macromol. 2018;109(1):1095-107.

33. Xu RR, Yang WD, Niu KX, Wang B, Wang WM. An update on the evolution of glucosyltransferase (Gtf) genes in *Streptococcus*. Front Microbiol. 2018;9:2979. doi: 10.3389/fmicb.2018.02979.

34. Jagtap AG, Karkera SG. Extract of Juglandaceae regia inhibits growth, *in-vitro* adherence, acid production and aggregation of *Streptococcus mutans*. J Pharm Pharmacol. 2000;52(2):235-42.

35. Paes Leme AF, Koo H, Bellato CM, Bedi G, Cury JA. The role of sucrose in cariogenic dental biofilm formation-new insight. J Dent Res. 2006;85(10):878-87.

36. Shafiei Z, Rahim ZHA, Philip K, Thurairajah N, Yaacob H. Potential effects of psidium sp., mangifera sp., mentha sp. and its mixture (PEM) in reducing bacterial populations in biofilms, adherence and acid production of s. sanguinis and s. mutans. Arch Oral Biol. 2020; 109(1):1-15.

ติดต่อบทความ:

อ.ดร.ทพ.ณัฐพล โรจน์เพ็ญเพียร
สาขาวิชาชีววิทยาช่องปากและระบบการบดเคี้ยว
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
เลขที่ 15 ถ.กาญจนวนิชย์ ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่
จ.สงขลา 90110
โทรศัพท์: 074 28 7611
อีเมล: nattapon.r@psu.ac.th

Corresponding author:

Dr.Nattapon Rotpenpian
Department of Oral Biology and Occlusion,
Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University,
15 Kanjanavanit Rd., Korhong, Hatyai, Songkhla,
90110 Thailand.
Tel: +66 74 28 7611
E-mail: nattapon.r@psu.ac.th

Received Date: Feb 05, 2021

Revised Date: Mar 02, 2021

Accepted Date: Feb 18, 2022

ผลของความสว่างและอุณหภูมิสีของแสงที่มีต่อความแม่นยำของเครื่องสแกนในช่องปากเมื่อใช้พิมพ์ปากดิจิทัลทั้งส่วนโค้งของขากรรไกรในแบบจำลองฟัน

กนกกานต์ ขวัญสังข์* ไพบูลย์ ดาวสดใส*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เปรียบเทียบความตรงและความเที่ยงของเครื่องสแกนในช่องปากสองเครื่อง ภายใต้ความสว่างและอุณหภูมิสีของแสงที่ต่างกัน

วัตถุประสงค์และวิธีการ: ใช้ทรีเอ็มทรูเดฟฟินิชั่นและทรีออส สแกนแบบจำลองฟันขากรรไกรบนซึ่งติดลูกเหล็กทรงกลม 4 ลูกบนฟัน ในห้องมืด และสภาวะแสงต่าง ๆ (ไม่มีแสง: 0 ลักซ์ แสงไฟสีส้ม: 500, 1000, 2400 ลักซ์ แสงไฟสีขาว: 500, 1000, 2400 ลักซ์) ใช้ซอฟต์แวร์จีโอเมจิกควอลิไฟล์วัดระยะทางระหว่างจุดศูนย์กลางของทรงกลมและเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงจากเครื่องวัดสามมิติ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์และความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่ได้จากการคำนวณแสดงถึงความตรงและความเที่ยงตามลำดับ

ผลการศึกษา: ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มไม่มีแสงและกลุ่มที่มีแสงของทรีเอ็มทรูเดฟฟินิชั่นในแสงไฟสีขาว และของทรีออสในแสงไฟสีส้ม และยังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างอุณหภูมิสีของแสง โดยทรีเอ็มทรูเดฟฟินิชั่นมีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ในแสงไฟสีขาวมากกว่าแสงไฟสีส้ม และตรงกันข้ามกับทรีออส นอกจากนี้ระหว่างชนิดของเครื่องสแกนพบความแตกต่างทั้งคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์และความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ในบางสภาวะแสง

สรุป: ความสว่างและอุณหภูมิสีมีผลต่อความตรง ส่วนชนิดของเครื่องมีผลทั้งความตรงและความเที่ยงในการสแกน

คำสำคัญ: เครื่องสแกนในช่องปาก ความแม่นยำ แสงสว่าง

*ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

Influence of Illuminance and Color Temperature of Light on the Accuracy of Two Intraoral Scanners Used for Complete Arch Digital Impression in the Dental Model

Kanokkarn Kwansang* Paitoon Daosodsai*

Abstract

Objective: Compare the trueness and precision of two intraoral scanners under different illuminance and color temperature of light.

Materials and Methods: Using 3M™ True definition and Trios scanned a maxillary dental model attached four metallic spheres on teeth in a dark room and various lighting conditions (light-free: 0 lux warm white: 500, 1000, 2400 lux Daylight: 500, 1000, 2400 lux). Using geomagic qualify software, measure distances between the center of spheres and compare to the reference data from coordinate measuring machine. Calculated from the discrepancy, relative and relevant errors represented trueness and precision, respectively.

Results: The relative errors were significantly different between the light-free and illuminated groups in the daylight of the 3M™ True definition and the warm white light of the Trios. The relative errors also were significantly different between color temperature of light, of daylight greater than warm white in 3M™ True definition, as opposed to that in the Trios scanner. In addition, both relative errors and relevant errors were significantly different between scanners in some lighting conditions.

Conclusion: Illuminance and color temperature affect only scanning trueness, and scanner type affects both trueness and precision.

Keywords: Intraoral scanner, Accuracy, Light

*Department of Prosthetic Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Kho Hong, Hat Yai, Songkhla 90112, Thailand.

บทนำ (Introduction)

การพิมพ์ปากแบบดิจิทัลด้วยเครื่องสแกนในช่องปาก (intraoral scanner) มีข้อได้เปรียบเหนือการพิมพ์ปากแบบดั้งเดิม (conventional impression) คือ ประหยัดเวลา คุ่มค่า มีวิธีการทำที่ง่าย ลดขั้นตอนการทำงาน ลดกำลังคนในการปฏิบัติงาน ช่วยในการสื่อสารกับช่างทันตกรรมโดยสามารถประเมินคุณภาพการพิมพ์ได้ทันที ใช้ในการสื่อสารกับผู้ป่วย สามารถควบคุมคุณภาพของชิ้นงานได้ดีกว่าการพิมพ์แบบดั้งเดิม (1) และสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ป่วยได้มากกว่าวิธีพิมพ์แบบดั้งเดิม (2,3) เมื่อมีความนิยมในการใช้การพิมพ์ปากแบบดิจิทัลมากขึ้นจึงมีการพัฒนาเครื่องสแกนในช่องปากหลายระบบซึ่งมีหลักการที่แตกต่างกัน เช่น เครื่องสแกนระบบคอนโฟคอลเลเซอร์ (confocal laser scanner) (4) การเก็บภาพจะใช้กระบวนการตัดด้วยแสง คือสามารถเก็บภาพเฉพาะตำแหน่งที่โฟกัสในระดับความลึกที่เลือกเท่านั้น ภาพจะเกิดจากการเก็บสัญญาณแสงจากตำแหน่งที่โฟกัสแต่ละจุด และคอมพิวเตอร์นำสัญญาณทั้งหมดมาต่อกันสร้างเป็นภาพสามมิติ เครื่องสแกนในระบบนี้ได้แก่ ไอเทโร (iTero®, Align Technology Inc., USA) และ ทรีออส (TRIOS®, 3Shape, Denmark) เครื่องสแกนระบบแอกทีฟเวฟฟรอนท์แซมปลิง (active wave front sampling scanner) ลักษณะเฉพาะของระบบนี้ คือใช้กล้องตัวเดียวในการจับภาพพื้นผิวสามมิติ และเป็นระบบที่รับแสงอยู่นอกแกนหมุนซึ่งเคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบแกนแสง ลำแสงที่ฉายไปยังวัตถุจะให้แสงที่สะท้อนกลับมาผ่านระบบเลนส์และมายังตัวรับภาพภาพที่ได้มีทั้งภาพในระยะโฟกัสและภาพที่หลุดโฟกัสโดยภาพที่หลุดโฟกัสเครื่องจะคำนวณระยะจากขนาดของภาพที่พรางมัวโดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์และปรับภาพให้มองเห็นชัดเจน การใช้เครื่องสแกนระบบนี้ส่วนใหญ่ต้องเตรียมสภาพพื้นผิวของวัตถุก่อนการสแกนด้วยผงไทเทเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide) เพื่อลดการสะท้อนของแสง เครื่องสแกนในระบบนี้ได้แก่ ลาวาซีโอเอส (Lava™ C.O.S., 3M ESPE, USA) และ ทรีเอ็มทรูเดฟฟินิชัน (3M™ True Definition, 3M ESPE, USA) (5)

การวัดความแม่นยำ (accuracy) ตามมาตรฐาน ISO 5725-1 ประกอบด้วยความตรง (trueness) หมายถึงความใกล้เคียงของค่าที่ได้จากข้อมูลกับค่าที่แท้จริงและความเที่ยง (precision) หมายถึงความใกล้เคียงของค่าที่ได้จากการวัดหลายๆครั้งในกลุ่มทดลองนั้น (6) วิธีที่ใช้ในการวัดความแม่นยำของเครื่องสแกนในช่องปากได้แก่ วิธีการวัดมิติ ทำโดยการวัดระยะห่างระหว่างจุดสังเกตในภาพที่เกิดจากการสแกนแบบจำลองด้วยเครื่องสแกนในช่องปากและเปรียบเทียบกับระยะห่างที่ได้จากการวัดอ้างอิงบนแบบจำลองเพื่อหาค่าที่เบี่ยงเบนไป วิธีการซ้อนทับภาพ ทำโดยนำภาพที่ได้จากการสแกนมาวางทับภาพสแกนอ้างอิงซึ่งได้จากเครื่องสแกนที่มีความละเอียดสูงโดยใช้หลักการจัดตำแหน่งให้แนบดีที่สุด จากนั้นใช้ซอฟต์แวร์สามมิติคำนวณปริมาณความแตกต่างระหว่างสองภาพ ค่าที่ได้ยิ่งน้อยแสดงถึงความตรงที่มากขึ้นและอีกวิธีคือการประเมินผลเชิงคุณภาพคือใช้กระบวนการซ้อนทับภาพ โดยสร้างเป็นภาพสีบนภาพแบบจำลองเพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในเชิงบวกและเชิงลบระหว่างภาพแบบจำลองสองภาพวิธีนี้บอกรูปแบบของความแตกต่างได้ (7)

Ender และคณะ ปี 2016 ได้เสนอวิธีการนำภาพที่ได้จากเครื่องสแกนในช่องปากในการพิมพ์ปากแบบดิจิทัลมาซ้อนทับกับภาพต้นแบบเพื่อเปรียบเทียบความเบี่ยงเบนในการพิมพ์ 1 จตุภาค (quadrant) กับการพิมพ์แบบดั้งเดิม พบว่ามีความแม่นยำใกล้เคียงกันและเครื่องสแกนในช่องปากต่างกันให้ความแม่นยำแตกต่างกัน (8) ส่วนการพิมพ์ปากทั้งส่วนโค้งของขากรรไกร (dental arch) พบว่าการพิมพ์ปากแบบดิจิทัลมีความแม่นยำต่ำกว่า การพิมพ์แบบดั้งเดิมเมื่อพิมพ์ปากด้วยอีลาสโตเมอร์ (elastomer) (9) ในขณะที่ Renne และคณะปี 2017 พบความแตกต่างของความแม่นยำระหว่างเครื่องสแกนในช่องปาก 5 ชนิดในการพิมพ์แบบดิจิทัลทั้งส่วนโค้งของขากรรไกรโดยเครื่องทรีออสให้ผลที่ดีที่สุดเมื่อพิจารณาทั้งความตรง ความเที่ยง และระยะเวลา (10)

ปัจจัยที่มีผลต่อความแม่นยำของการพิมพ์ปากแบบดิจิทัล ได้แก่ ประสิทธิภาพของผู้ใช้ ชนิดของเครื่องสแกน ระยะเวลา (11) ความยาวของการสแกน (12) ตำแหน่งของฟัน (13) ชนิดของฟันผิวที่ถูกลบ (10,14-16) รูปแบบลำดับในการสแกน (17) การเคลื่อนฟันผิววัตถุก่อนการสแกน (18) และแสงจากสิ่งแวดล้อม (19) ในขณะที่บริษัทผู้ผลิตเครื่องหรือสแกนแนะนำให้หลีกเลี่ยงการส่องไฟเก้าอี้ทันตกรรมมายังช่องปากของผู้ป่วยขณะใช้เครื่องสแกนในช่องปากเพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณภาพดี

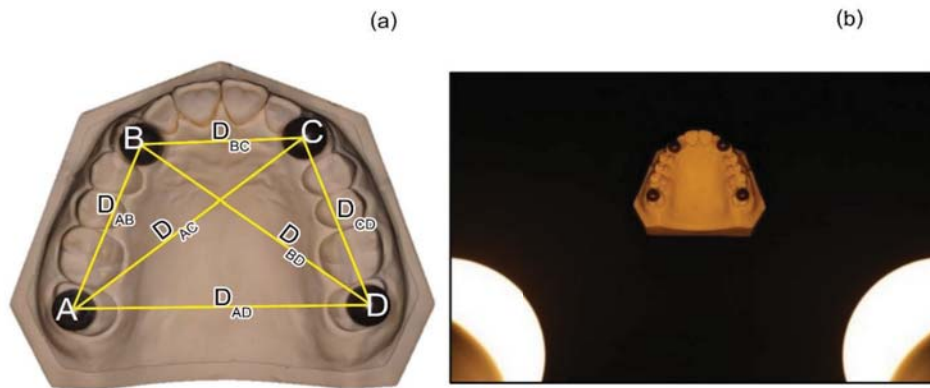
ความสว่างที่ควรจะเป็นมาตรฐานแตกต่างกันตามลักษณะงาน เช่น บริเวณโต๊ะประชาสัมพันธ์ 300 ลักซ์ บริเวณที่ใช้ทำงานเอกสารในสำนักงาน 500 ลักซ์ บริเวณที่ใช้ทำชิ้นงานขนาดเล็ก 1000 ลักซ์ และในการรักษาทางทันตกรรมซึ่งจัดเป็นงานละเอียดสูงมากเป็นพิเศษควรมีความสว่าง 2,400 ลักซ์ขึ้นไป (20) จากการศึกษาพบว่าบริเวณฟันหลังมีความสว่างมีค่า 173-271 ลักซ์ ส่วนอุณหภูมิสีของแสงในธรรมชาติมีค่ากว้างตั้งแต่ 1,000-20,000 เคลวิน Arakida และคณะปี 2018 ทำการศึกษาผลจากความสว่างเมื่อใช้เครื่องทูลูเดฟฟินซ์พิมพ์ปากดิจิทัลในแบบจำลองฟัน 1 จุดภาคพบว่าความสว่างมีผลต่อระยะเวลาในการพิมพ์ปากแบบดิจิทัล (19)

จากการศึกษาถึงความแม่นยำของเครื่องสแกนในช่องปากที่ได้รับอิทธิพลจากแสงแบบต่าง ๆ ยังมีอยู่น้อย บางการศึกษาทำการทดลองในฟัน 1 จุดภาค (19) ขณะที่บางการศึกษาใช้เครื่องสแกนอีกระบบหนึ่งทำการทดลองทั้งส่วนโค้งของขากรรไกร (21) จึงเปรียบเทียบกันยาก นอกจากนี้เครื่องหรือสแกน และทูลูเดฟฟินซ์ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในคณะทันตแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มีหลักการทำงานและเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน การศึกษานี้จึงสนใจศึกษาความแม่นยำในการสแกนทั้งส่วนโค้งของขากรรไกรของเครื่องสแกนในช่องปากสองชนิดในแบบจำลองฟันในแสงต่างกันด้วยวิธีการวัดมิติ โดยมีสมมุติฐานงานวิจัยคือไม่มีความแตกต่างของความแม่นยำระหว่างความสว่าง ระหว่างอุณหภูมิสีของแสง และระหว่างชนิดเครื่องสแกนในช่องปาก ในการพิมพ์ปากดิจิทัลทั้งส่วนโค้งของขากรรไกรในแบบจำลองฟัน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

ทำแบบจำลองฟันด้วยพลาสติกเรซินทางทันตกรรมชนิดที่สี่ (dental stone type IV; Kromotipo4, Lascod, Italy) ด้วยการลอกเลียนแบบจากแบบจำลองฟันพลาสติก (Nissin 500H-1; Nissin Dental Products, Inc., Kyoto, Japan) ในขากรรไกรบนที่มีฟันครบจำนวน 14 ซี่ ตั้งแต่ฟันซี่ 17 ถึงฟันซี่ 27 โดยใช้วัสดุพิมพ์แบบโพลีไวนิลซิลอกเซน (polyvinyl siloxane impression material; Silagum, DMG, Germany) นำลูกเหล็กทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร จำนวน 4 ลูก มาวางบนแบบจำลองฟันในขากรรไกรบนที่มีฟันครบ 14 ซี่ ที่บริเวณด้านบดเคี้ยวของฟันกรามซี่ที่สองและด้านเพดานของฟันเขี้ยวด้านซ้ายและขวา ยึดด้วยกาวไซยาโนอะคริเลต (cyanoacrylate) โดยลูกเหล็กทรงกลมทั้ง 4 ลูกผ่านการเป่าทราย (sand blasting) เพื่อลดการสะท้อนแสงและส่งเสริมการยึดติด (22) จากนั้นนำไปวัดระยะระหว่างจุดศูนย์กลางทรงกลมของลูกเหล็กทั้ง 4 ลูกจำนวน 6 ระยะด้วยเครื่องวัดสามมิติ (ROMER Absolute Arm portable coordinate measuring machine, HEXAGON, USA) เพื่อนำไปเป็นแบบข้อมูลอ้างอิง

ติดตั้งอุปกรณ์ให้แสงสว่าง การสแกนทั้งหมดทำในห้องมืดซึ่งให้ค่าความสว่าง 0 ลักซ์ ติดตั้งหลอดไฟแอลอีดี (LED; EVE Lighting Co., Ltd, China) ขนาด 4 7 และ 18 วัตต์ (watt) 220-240 โวลต์ (volt) ขั้วหลอด E27 ความถูกต้องของสีเท่ากับ 85 จำนวน 2 หลอดเข้ากับโคมไฟชนิดขั้วหลอด E27 โดยติดตั้งสองตำแหน่งที่ระยะ 40 เซนติเมตรและทำมุมกับแบบจำลองฟัน 45 องศา ดังรูปที่ 1 ทำให้ได้ความสว่าง 500 1,000 และ 2,400 ลักซ์ตามลำดับ วัดความสว่างที่ตำแหน่งที่จะวางแบบจำลองฟันด้วยเครื่องวัดความสว่างแบบดิจิทัล (Digital Light Meter; Mastech MS6612, China) วัดความสว่างในช่วง 0-200,000 ลักซ์ด้วยความละเอียด 0.01 ลักซ์ ความแม่นยำ $\pm (3\% + 2)$ หลอดไฟที่นำมาทดลองมีอุณหภูมิสี 2 แบบ คือ แสงไฟสีส้ม (warm white light) และแสงไฟสีขาว (daylight) แทนอุณหภูมิสี 3,000 และ 6,500 เคลวิน ตามลำดับ



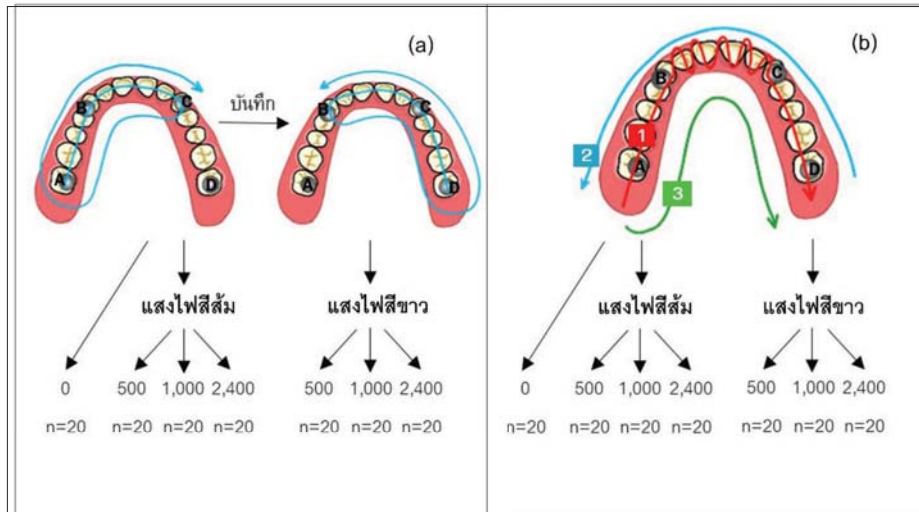
รูปที่ 1 (a) การยึดติดลูกเหล็กทรงกลมบนแบบจำลองฟัน
(b) หลอดไฟจำนวน 2 หลอดส่องแสงไปยังแบบจำลองฟัน

Fig 1. (a) Maxillary dental stone model attached metallic spheres.
(b) Two light bulbs projected to the model.

เครื่องสแกนในช่องปาก 2 ชนิด คือเครื่อง
ตรีเอ็มทรูเดฟฟินิชันและเครื่องทรืออส ในการศึกษานี้
ใช้ตัวย่อ TD และ TRI ตามลำดับ ก่อนเริ่มทำการทดลอง
ใช้กระดาษกาวปิดตรงตำแหน่งที่แสดงเวลาในการ
สแกน

รูปแบบของการสแกนของเครื่องตรีเอ็ม
ทรูเดฟฟินิชัน บริษัทแนะนำให้เริ่มสแกนจากด้านบดเคี้ยว
ของฟันกรามบนขวาซึ่งที่สองมาจนถึงฟันเขี้ยวบนซ้าย
และวนกลับทางด้านลิ้นมายังฟันกรามบนขวาซึ่งที่สอง
จากนั้นวนมาที่ด้านแก้มจนถึงฟันเขี้ยวบนซ้ายจึงก
หยุด โปรแกรมทำการบันทึกและเริ่มการสแกนอีกด้าน
ในลักษณะเดียวกัน หลังจากนั้นซอฟต์แวร์จะประมวลผล

เพื่อประสานภาพที่ได้ทั้งสองด้านเข้าด้วยกัน ส่วนรูปแบบ
ของเครื่องทรืออสคือเริ่มสแกนจากด้านบดเคี้ยวของ
ฟันกรามบนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งบริเวณฟัน
ตัดจนถึงฟันตัดอีกด้านหนึ่งทำการเคลื่อนหัวสแกนเป็น
ลักษณะฟันปลาเคลื่อนไปมาด้านลิ้นและด้านแก้มอย่าง
ช้า ๆ และสแกนต่อจนมาถึงด้านบดเคี้ยวของฟันกราม
บนซึ่งสุดท้ายจากนั้นวนกลับโดยสแกนไปทางด้านแก้ม
และด้านลิ้นตามลำดับ สำหรับการสแกนด้านแก้มผู้วิจัย
จับแบบจำลองตั้งขึ้น 90 องศาเพื่อรับแสงในทั้งสอง
เครื่อง สแกนภายใต้แสงเดียวกันจำนวน 4 ครั้งแล้ว
เปลี่ยนสภาวะแสงจนครบกลุ่มละ 20 ครั้ง ดังรูปที่ 2

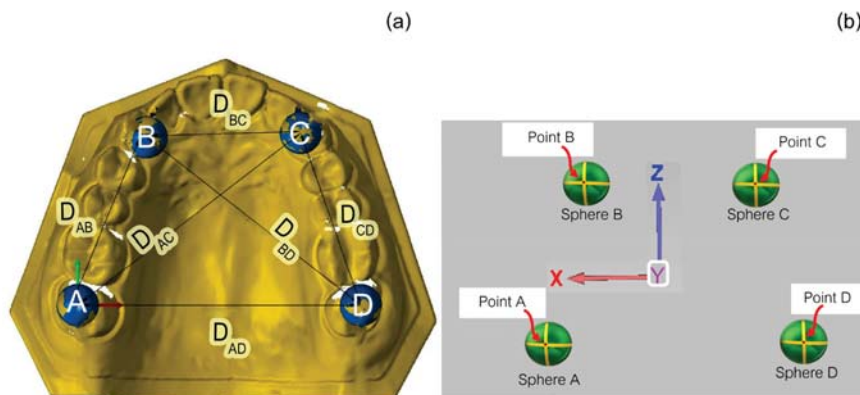


รูปที่ 2 แสดงรูปแบบการสแกนที่บริษัทแนะนำและการแบ่งกลุ่มทดลอง
(a) เครื่องตรีเอ็มทรูเดฟนิชั่น (b) เครื่องทรืออส

Fig 2. Demonstrated the scan patterns recommended by each manufacture,
(a) 3M™ True definition, (b) Trios.

หลังจากสแกนด้วยทรืออสภาพที่ได้จากการสแกนต้องแปลงข้อมูลภาพที่ได้ให้เป็นสกุลเอสทีแอล (STL) ก่อน ส่วนตรีเอ็มทรูเดฟนิชั่นสามารถใช้ข้อมูลหลังพิมพ์ปากที่เป็นสกุลเอสทีแอลได้เลย นำไฟล์ภาพไปเข้าโปรแกรมจีโอแมจิกควอลิไฟล์ (geomagic qualify

2013 program, 3DSYSTEMS, U.S.A.) เพื่อกำหนดพื้นผิวและจุดศูนย์กลางของทรงกลม แล้ววัดระยะระหว่างจุดศูนย์กลางแต่ละลูกทั้งหมด 6 เส้น จากนั้นวิเคราะห์หาค่าความคลาดเคลื่อนโดยเทียบกับข้อมูลอ้างอิงที่ได้จากเครื่องวัดสามมิติ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 (a) ผลการวัดระยะอ้างอิงระหว่างลูกเหล็กทรงกลมด้วยเครื่องวัดสามมิติ
(b) การใช้ซอฟต์แวร์วัดระยะในไฟล์ที่ได้จากการสแกน

Fig 3. (a) Demonstrated reference data measured by Coordinate Measuring Machine.
(b) Demonstrated scanned data measured by Geomagic qualify software.

คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (relative error) คือค่าสัมบูรณ์ของผลต่างที่หารด้วยค่าอ้างอิง และค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (relevant error) คือค่าสัมบูรณ์ของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่หารด้วยค่าอ้างอิง ซึ่งแสดงถึงความตรงและความเที่ยงตามลำดับในแต่ละกลุ่มทดลองจะได้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ 120 ค่า และความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ 6 ค่า ตัวอย่างการคำนวณระหว่างจุด A กับ B แสดงในสมการที่ 1 และ 2 วิเคราะห์ผลคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์และความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

SPSS เวอร์ชัน 20 (statistical package for the science for windows: SPSS Version 20, IBM, U.S.A.) สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมอรันอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test) และทดสอบการแจกแจงปกติด้วยสถิติทดสอบชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk Test) วิเคราะห์ข้อมูลความแตกต่างระหว่างกลุ่มความสว่างด้วยสถิติทดสอบครัสคาล-วัลลิส (Kruskal-Wallis Test) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของแสงและระหว่างเครื่องสแกนด้วยสถิติทดสอบแมน-วิตนีย์ ยู (Mann-Whitney U Test) ที่ความเชื่อมั่น 0.05

$$\text{Relative error} = |(D_{ABr} - D_{AB})/D_{ABr}|$$

--- สมการที่ 1

$$\text{Relevant error} = |SD_{AB}/D_{ABr}|$$

--- สมการที่ 2

Relative error คือค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของแต่ละระยะในแต่ละกลุ่มทดลอง

Relevant error คือค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของแต่ละระยะในแต่ละกลุ่มทดลอง

D_{AB} คือระยะระหว่างลูกเหล็กทรงกลม A และ B ของกลุ่มทดลอง

D_{ABr} คือระยะระหว่างลูกเหล็กทรงกลม A และ B ของค่าอ้างอิง

SD_{AB} คือ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะระหว่าง A

ผลการทดลอง (Results)

ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์และความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์แสดงในตารางที่ 1 พบว่ามีการแจกแจงไม่ปกติ ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

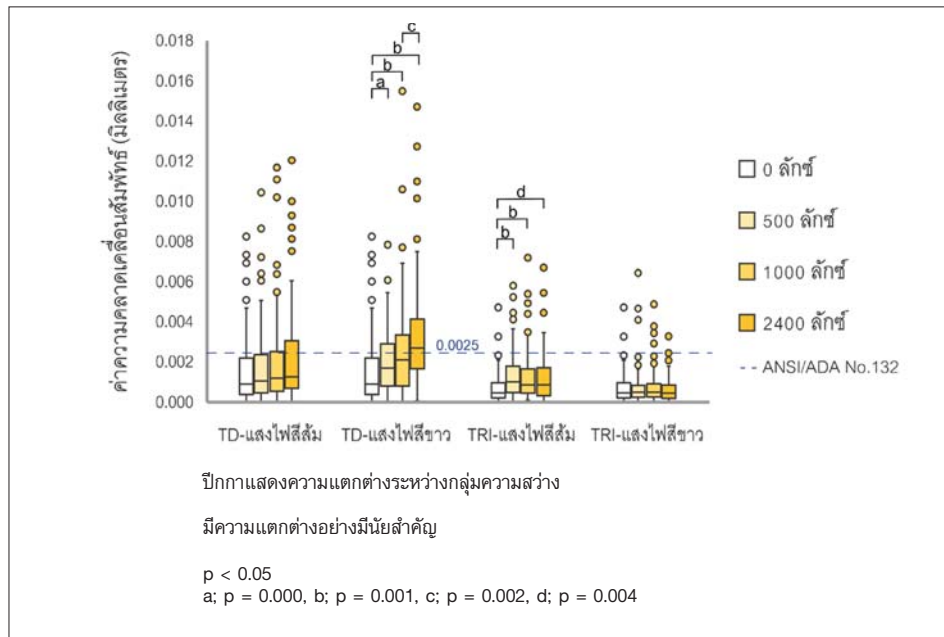
1. เปรียบเทียบระหว่างความสว่าง การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์และความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ระหว่างกลุ่มความสว่างของแต่ละอุณหภูมิสี

และแต่ละเครื่องด้วยสถิติทดสอบครัสคาล-วัลลิส พบว่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของทรีเอ็มทรูเคฟฟินิชั่นในกลุ่มแสงไฟสีขาวและของทรีออลในกลุ่มแสงไฟสีส้ม ดังแสดงในแผนภูมิรูปที่ 4 ส่วนความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 1 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (ไมโครเมตร), ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (มิลลิเมตร), ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (มิลลิเมตร) และจำนวนค่าที่ยอมรับได้

Table 1. Absolute deviation (μm), relative errors (mm), relevant errors (mm), and amount of acceptable errors.

Scanner	light condition		Absolute	Median relative	Median	Amount of acceptable	
			deviation (μm)	error (mm)	relevant error (mm)	relative errors	relevant errors
TD	-	0	65.39 (83.86)	0.000904 (0.001809)	0.001382 (0.001769)	86	5
	Warm white	500	76.03 (95.41)	0.001058 (0.001900)	0.001456 (0.001418)	91	5
	Warm white	1000	93.53 (128.01)	0.001188 (0.001971)	0.002497 (0.003023)	90	3
	Warm white	2400	100.98 (124.96)	0.001253 (0.002374)	0.002291 (0.002757)	82	5
	Daylight	500	89.47 (76.50)	0.001688 (0.002082)	0.001723 (0.001067)	84	5
	Daylight	1000	118.58 (140.57)	0.002106 (0.002521)	0.002427 (0.002140)	70	3
	Daylight	2400	138.83 (129.29)	0.002700 (0.002486)	0.002908 (0.002792)	51	2
TRI	-	0	31.27 (36.56)	0.000457 (0.000749)	0.000475 (0.000559)	118	6
	Warm white	500	58.07 (57.34)	0.001011 (0.001305)	0.001099 (0.001257)	106	5
	Warm white	1000	57.43 (64.76)	0.000859 (0.001196)	0.001087 (0.001251)	107	5
	Warm white	2400	53.93 (61.65)	0.000861 (0.001392)	0.001056 (0.001291)	109	5
	Daylight	500	33.23 (42.46)	0.000489 (0.000595)	0.000583 (0.000811)	117	6
	Daylight	1000	37.97 (49.64)	0.000494 (0.000659)	0.000532 (0.000969)	110	6
	Daylight	2400	30.32 (35.17)	0.000451 (0.000668)	0.000466 (0.000428)	117	6



รูปที่ 4 แผนภาพกล่องแสดงค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ในแต่ละกลุ่มแยกตามชนิดเครื่องสแกน อุณหภูมิสี และความสว่าง

Fig 4. Demonstrated relative errors and significant differences between each group

2. เปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีของแสงการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์และความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ระหว่างแสงสองอุณหภูมิสีของแต่ละความสว่างและแต่ละเครื่องด้วยสถิติทดสอบ

แมน-แมนวิทนีย์ ยู พบว่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของแสงไฟสีส้มและแสงไฟสีขาวมีความแตกต่างกันในทุกกลุ่ม ส่วนความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ไม่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่า p-value ในการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์และความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ระหว่างอุณหภูมิสี ที่ความสว่างและชนิดเครื่องสแกนในช่องปาก

Table 2. Demonstrated the p-value of relative error and relevant error comparison among color temperatures at each illuminance and intraoral scanners.

ความสว่าง (ลักซ์)	ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์		ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์	
	TD	TRI	TD	TRI
0	-	-	-	-
500	0.003	0.000	NS	NS
1,000	0.002	0.000	NS	NS
2,400	0.000	0.000	NS	NS

NS คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

3. เปรียบเทียบระหว่างเครื่องสแกนในช่องปาก การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์และความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ระหว่างเครื่องในแต่ละอุณหภูมิสีและแต่ละกลุ่มความสว่าง พบความแตกต่าง

ของค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ในทุกสภาวะแสง ยกเว้นแสงไฟสีส้ม 500 ลักซ์ และมีความแตกต่างของค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ในบางกลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 แสดงค่า p-value ในการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์และความคลาดเคลื่อน สัมพัทธ์ระหว่างเครื่องสแกนในช่องปาก ที่ความสว่างและอุณหภูมิสีเดียวกัน

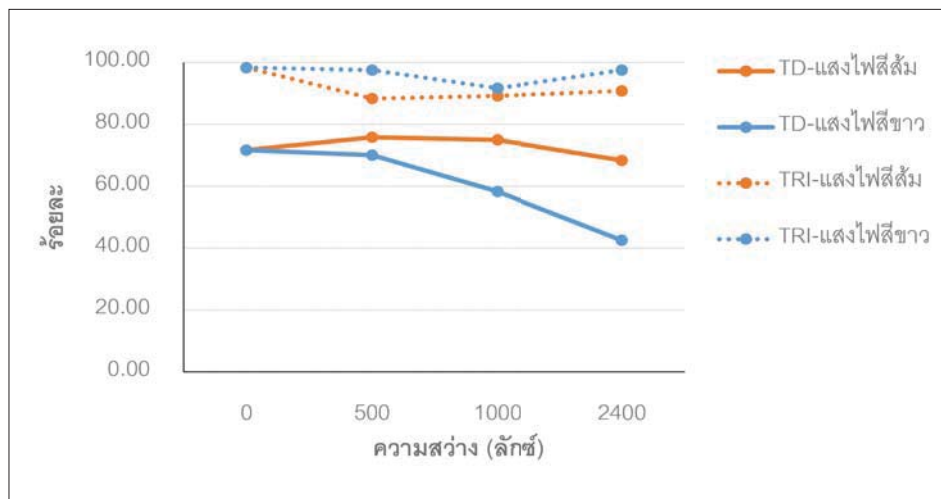
Table 2. Demonstrated the p-value of relevant error comparison among intraoral scanners at each illuminance and color temperature.

ความสว่าง (ลักซ์)	ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์		ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์	
	แสงไฟสีส้ม	แสงไฟสีขาว	แสงไฟสีส้ม	แสงไฟสีขาว
0	0.000	0.000	NS	NS
500	NS	0.000	NS	0.004
1000	0.036	0.000	0.026	0.004
2400	0.000	0.000	NS	0.004

NS คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

การวัดความแม่นยำของการสแกนบนพื้นที่มีระยะทางยาวตามมาตรฐาน ANSI/ADA No.132 กำหนดความจริงและความเที่ยงที่ยอมรับคือความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์และความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่น้อยกว่า 0.0025 มิลลิเมตร (23) จากการสแกนแต่ละครั้งวัด

ระยะห่างทั้งหมด 6 ระยะ และทำซ้ำกลุ่มละ 20 ครั้ง ทำให้ได้ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ทั้งหมด 120 ค่า จำนวนค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับแสดงเป็นร้อยละ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนภูมิแสดงจำนวนค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่ยอมรับได้

Fig 5. Demonstrated the percentage of acceptable relative errors.

บทวิจารณ์ (Discussion)

ปัจจุบันการศึกษาความแม่นยำของเครื่องสแกนในห้องปฏักยังไม่มึรูปแบบที่แน่นอน ความแตกต่างของแต่ละการศึกษาอาจเกิดจากจำนวนครั้งของการสแกน จำนวนผู้สแกน ระยะทางในการสแกน และแบบจำลองพื้นบางการศึกษาใช้พอลิเมทิลเมทาครีเลต (polymethyl methacrylate) ซึ่งมีค่าดัชนีหักเหอยู่ระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน (10,16) ขณะที่ Dutton และคณะปี 2022 ศึกษาความแม่นยำของเครื่องทีรืออส เมื่อมีวัสดุที่มีค่าดัชนีหักเหและความโปร่งแสงต่างกันแบบจำลองฟันพบว่าความจริงและความเที่ยงไม่แตกต่างกัน (15)

การศึกษาความแม่นยำส่วนใหญ่ใช้วิธีการซ้อนทับภาพ (9,10,12,17) แต่ Guth และคณะ ปี 2017 ไม่ใช้ เนื่องจากหลีกเลี่ยงความผิดพลาดในกระบวนการคำนวณเพื่อซ้อนทับภาพจากการสแกนทั้งขากรรไกร ซึ่งมีข้อมูลขนาดใหญ่ (24) ขณะที่ van der Meer และคณะ ปี 2012 ใช้การวัดมิติ โดยนำวัตถุอ้างอิงรูปทรงกระบอกยึดในแบบจำลอง แล้ววัดระยะและมุมที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าอ้างอิง (5) ส่วน Kuhr และคณะปี 2016 สแกนทั้งส่วนโค้งของขากรรไกรในผู้ป่วยด้วยเครื่องทีรืออสทีรือเดฟฟินิชั่นซ้อนทับภาพเฉพาะบริเวณลูกเหล็กทรงกลมและวัดระยะระหว่างลูกเหล็กทรงกลม 6 ระยะพบว่ามึค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (absolute deviation)เฉลี่ย 23-86 ไมโครเมตร และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 14-73 ไมโครเมตร (22) การศึกษาส่วนใหญ่แสดงผลความตรงจากค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ และความเที่ยงจากความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลความตรง (8,9,12-15,17, 19, 25) ในการศึกษานี้ได้ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของเครื่องทีรืออสทีรือเดฟฟินิชั่น 65-139 ไมโครเมตรและเครื่องทีรืออส 30-58 ไมโครเมตรซึ่งสูงกว่าการศึกษาก่อนหน้าเนื่องจากเป็นผลการทดลองจากแสงที่แตกต่างกัน ในขณะที่การศึกษาอื่นไม่ได้ศึกษาเรื่องความสว่างและอุณหภูมิของแสง ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ทางสถิติในการศึกษานี้คือค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ซึ่งแสดงถึงความตรงและความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์แสดงถึงความเที่ยงตามวิธีของมาตรฐาน ANSI/ADA No.132

(23) แม้ว่าไม่สามารถนำตัวเลขไปเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่น แต่มีแนวโน้มว่าผลการศึกษาด้วยค่าความคลาดเคลื่อนนี้เหมือนกับการศึกษาด้วยค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์

การเปรียบเทียบระหว่างความสว่างในเครื่องทีรืออส คลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เมื่อไม่มีแสงต่ำกว่ากลุ่มที่มีแสงสว่างแสงไฟสีส้มอย่างมีนัยสำคัญ ความคลาดเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีแสงจากภายนอกอาจเกิดจากการสะท้อนของลำแสงจากพื้นผิวของแบบจำลองฟันที่กระจัดกระจายส่งผลต่อปริมาณลำแสงที่โฟกัสกับระนาบพื้นผิวซึ่งจะกลับเข้าสู่รูรับแสง ทำให้สูญเสียความคมชัดของภาพไปในบางตำแหน่ง (4) ความสว่างอาจจะไปรบกวนกระบวนการในการสร้างภาพสามมิติ แตกต่างจาก Revilla-Leon และคณะ ปี 2019 ที่พบว่าความตรงดีที่สุดในกลุ่ม 1,003 ลักซ์ รองลงมาคือกลุ่มไม่มีแสง 10,000 ลักซ์ และ 500 ลักซ์ (21)

การเปรียบเทียบระหว่างความสว่างในเครื่องทีรืออสทีรือเดฟฟินิชั่น คลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เมื่อไม่มีแสงต่ำกว่ากลุ่มที่มีแสงสว่างแสงไฟสีขาวอย่างมีนัยสำคัญและกลุ่ม 500 ลักซ์ต่ำกว่ากลุ่ม 2,400 ลักซ์ เมื่อมีความสว่างมากขึ้นความตรงในการสแกนแย่ง แตกต่างจากการศึกษาของ Arakida และคณะ ปี 2018 ซึ่งสแกนฟันหลัง 4 ซี่ และใช้วิธีการซ้อนทับภาพ พบว่าความตรงที่ความสว่าง 500 ลักซ์ดีกว่ากลุ่มที่ไม่มีแสงกับ 2,500 ลักซ์ และไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มไม่มีแสงกับกลุ่ม 2,500 ลักซ์ (19)

การเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสีของแสงในเครื่องทีรืออสทีรือเดฟฟินิชั่น จากการศึกษาที่แสงไฟสีส้มมีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ต่ำกว่าแสงไฟสีขาวสอดคล้องกับการศึกษาของ Arakida และคณะ ปี 2018 เมื่อใช้ความสว่าง 500 ลักซ์ พบว่าแสงสีเหลือง (3,900 เคลวิน) มีความตรงมากกว่ากลุ่มอื่น ได้แก่ แสงสีส้ม (4,100 เคลวิน) สีขาว (7,500 เคลวิน) และสีฟ้า (19,000 เคลวิน) ไม่ได้วิเคราะห์ถึงอิทธิพลของอุณหภูมิสีว่ามีผลต่อความแม่นยำอย่างไร (19) ส่วนเครื่องทีรืออสพบว่าแสงไฟสีขาวมีความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ต่ำกว่าแสงไฟสีส้ม

การเปรียบเทียบระหว่างชนิดเครื่องสแกนเครื่องหรืออสมิค่าคลาดเคลื่อนสัมพันธ์ต่ำกว่าเครื่องตรีเอ็มทรูเดฟฟินิชันอย่างมีนัยสำคัญในเกือบทุกสภาวะแสง ยกเว้นที่แสงโพสิสสัมความสว่าง 500 ลักซ์สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าที่พบว่าเครื่องหรืออสมิค่าความจริงและความเที่ยงสูงกว่าเครื่องตรีเอ็มทรูเดฟฟินิชัน (26,27) ขณะที่ Vandeweghe และคณะ ปี 2017 เปรียบเทียบความแม่นยำในการสแกนเพื่อพิมพ์รากฟันเทียมด้วยวิธีการซ้อนทับภาพ พบว่าความจริงและความเที่ยงของสองเครื่องไม่แตกต่างกัน (28)

ความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์ไม่พบความแตกต่างระหว่างความสว่างในทั้งสองเครื่อง ทั้งนี้ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์สถิติมีเพียงกลุ่มละ 6 ค่าซึ่งได้จากจำนวนระยะห่างระหว่างลูกเหล็กทรงกลม 6 ระยะ แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความสว่างเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์

ความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์และความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์เฉลี่ยที่สูงเกิน 0.0025 มิลลิเมตร พบในเครื่องตรีเอ็มทรูเดฟฟินิชันกลุ่มแสงโพสิสขาวความสว่าง 2,400 ลักซ์ และมีจำนวนค่าที่ยอมรับได้น้อยที่สุดคือร้อยละ 42.50 ขณะที่เครื่องหรืออสมิค่าความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์เฉลี่ยที่ยอมรับได้ในทุกแสงและมีจำนวนค่าที่ยอมรับมากที่สุดในกลุ่มที่ไม่มีแสงคือร้อยละ 98.33

แสงของเครื่องหรืออสมิเป็นแสงโพลาไรซ์ซึ่งอาจปิดกั้นแสงสะท้อนที่กระเจิงทำให้ได้แสงที่มีประสิทธิภาพ (29) ความเร็วในการจับภาพของหรืออสมิสูงกว่าเครื่องตรีเอ็มทรูเดฟฟินิชัน (30) ส่วนเครื่องตรีเอ็มทรูเดฟฟินิชันใช้แสงจากไดโอดเปล่งแสงสีฟ้า (blue light emitting diodes) เป็นจังหวะเพื่อถ่ายภาพวีดีโอเหนือผิวฟันและสร้างเป็นแบบจำลองฟัน ซึ่งการซ้อนภาพจากการสแกนอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูง ในทางคลินิกจำเป็นต้องแยกพื้นที่ที่ต้องการจับภาพอย่างเหมาะสม (26) หากลำแสงที่สะท้อนจากวัตถุสว่างสูงเกินไปจะทำให้ตัวรับภาพอ้อมตัว ขัดขวางระบบในการคำนวณตำแหน่งของจุดและจับภาพซ้ำลง (31) ข้อดีของเครื่องตรีเอ็มทรูเดฟฟินิชันคือหัวสแกนขนาดเล็ก ใช้งานในผู้ป่วยได้ง่าย แต่การใช้ผงไททาเนียมออกไซด์เคลือบผิวฟันทำให้ใช้งานในปากจริงยากเมื่อต้องสแกนทั้งขากรรไกร

ต้องควบคุมความหนา ซึ่งผงไททาเนียมออกไซด์ทำให้เกิดความหนาเฉลี่ยตั้งแต่ 21-110 ไมโครเมตร (32) ส่วนวิธีการเคลื่อนหัวสแกนที่แตกต่างกันซึ่งถูกกำหนดโดยบริษัทผู้ผลิต มีการศึกษาวิธีการเคลื่อนหัวสแกนของหรืออสมิพบว่าส่งผลต่อค่าความเที่ยงของภาพ (17) ความแม่นยำของเครื่องสแกนที่แตกต่างกันอาจเกิดจากเทคโนโลยีของระบบการจับภาพและซอฟต์แวร์ของเครื่องที่ต่างกันทั้งนี้ไม่ได้มีการเปิดเผยถึงรายละเอียดและการศึกษายังมีน้อยจึงอธิบายได้ยาก

จากการศึกษานี้พบว่าแสงสว่างจากภายนอกส่งผลต่อเครื่องสแกนในช่องปาก คือ แสงโพสิสสัมทำให้ความแม่นยำของเครื่องหรืออสมิลดลง ความสว่างที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เวลาในการสแกนมากขึ้น (19) ซึ่งอาจส่งผลต่อค่าความคลาดเคลื่อน แต่ในการศึกษานี้ไม่ได้นำเสนอเวลาที่ใช้ในการสแกน นอกจากนี้ผู้วิจัยพบว่าความคลาดเคลื่อนเกิดมากที่สุดที่ระยะระหว่างเหล็กทรงกลม A ถึง D ซึ่งอยู่บริเวณพื้นกรามสอดคล้องกับการศึกษาอื่น (9,11,12,25)

การศึกษานี้ทดลองภายนอกกร่างกาย (*in vitro*) ไม่มีปัจจัยภายในช่องปากมาเกี่ยวข้อง ได้แก่ น้ำลาย เลือด ลิ้น กระพุ้งแก้ม และการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยซึ่งแบบจำลองได้รับแสงมากกว่าในทางคลินิก อาจทำให้ความแม่นยำและแสงสว่างไม่ตรงตามภายในช่องปากในผู้ป่วย อีกทั้งวิเคราะห์เฉพาะวิธีการวัดระยะเพียงวิธีเดียว ไม่ได้วัดด้วยการซ้อนทับภาพและการเปลี่ยนแปลงของมุม ในการศึกษาต่อไปควรศึกษาในทางคลินิกและวัดความคลาดเคลื่อนด้วยวิธีอื่นเพิ่มเติม

บทสรุป (Conclusion)

1. ความสว่างส่งผลให้ความตรงในการสแกนลดลง เครื่องตรีเอ็มทรูเดฟฟินิชันมีผลในกลุ่มแสงโพสิสขาว โดยความสว่าง 2,400 ลักซ์ มีความตรงและความเที่ยงน้อยกว่าค่าที่ยอมรับได้ขณะที่เครื่องหรืออสมิมีผลในแสงโพสิสสัม แต่ความสว่างไม่มีผลต่อความเที่ยง
2. อุณหภูมิสีของแสงส่งผลให้ความตรงเครื่องตรีเอ็มทรูเดฟฟินิชันแสงโพสิสสัมมีความตรงสูงกว่าแสงโพสิสขาว ขณะที่เครื่องหรืออสมิตรงกันข้าม แต่อุณหภูมิสีของแสงไม่มีผลต่อความเที่ยง

3. เครื่องมือหรือสมีมีความตรงสูงกว่เครื่อง
ตรีเอ็มทรูเดฟฟินิชันในเกือบสภาวะทุกแสง ส่วนความ
เที่ยงเครื่องหรือสสูงกว่เครื่องตรีเอ็มทรูเดฟฟินิชัน
ในบางกลุ่ม

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยวิจัย
เทคโนโลยีและวัสดุที่เกี่ยวข้องกับงานดิจิทัลทางทันตกรรม
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ในการใช้เครื่องมือหรือส ขอขอบคุณบริษัท 3 เอ็ม
ประเทศไทยจำกัด ที่เอื้อเฟื้อในการใช้เครื่องมือหรือส
เดฟฟินิชันและขอขอบคุณ ดร.วิโรจน์ สุตาธรรมสถาบัน
มาตรวิทยาแห่งชาติในการอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องวัด
สามมิติซีเอ็มเอ็ม

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature. *BMC Oral Health*. 2017;17(1):149. doi: 10.1186/s12903-017-0442-x.
2. Schepke U, Meijer HJ, Kerdijk W, Cune MS. Digital versus analog complete-arch impressions for single-unit premolar implant crowns: Operating time and patient preference. *J Prosthet Dent*. 2015;114(3):403-6.
3. Haddadi Y, Bahrami G, Isidor F. Evaluation of operating time and patient perception using conventional impression taking and intraoral scanning for crown manufacture: A split-mouth, randomized clinical study. *Int J Prosthodont*. 2018;31(31):55-9.
4. Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpelä A, Mäkyänen A. Recent advances in dental optics – Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Opt Lasers Eng*. 2014;54:203-21.

5. Van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, Ren Y. Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. *PLoS One*. 2012;7(8):e43312. doi: 10.1371/journal.pone.0043312.

6. International organization for standardization. ISO 5725 -1 accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results-Part 1: General principles and definitions. Berlin: ISO; 1994.

7. Abduo J, Elseyoufi M. Accuracy of intraoral scanners: A systematic review of influencing factors. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2018;26(3):101-21.

8. Ender A, Zimmermann M, Attin T, Mehl A. *In vivo* precision of conventional and digital methods for obtaining quadrant dental impressions. *Clin Oral Investig*. 2016;20(7):1495-504.

9. Ender A, Attin T, Mehl A. *In vivo* precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. *J Prosthet Dent*. 2016;115(3):313-20.

10. Renne W, Ludlow M, Fryml J, Schurch Z, Mennito A, Kessler R, et al. Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An *in vitro* analysis based on 3-dimensional comparisons. *J Prosthet Dent*. 2017;118(1):36-42.

11. Resende CCD, Barbosa TAQ, Moura GF, Tavares LDN, Rizzante FAP, George FM, et al. Influence of operator experience, scanner type, and scan size on 3D scans. *J Prosthet Dent*. 2021;125(2):294-99.

12. Su TS, Sun J. Comparison of repeatability between intraoral digital scanner and extraoral digital scanner: An *in-vitro* study. *J Prosthodont Res*. 2015;59(4):236-42.

13. Son K, Lee KB. Effect of Tooth types on the accuracy of dental 3D scanners: An *in vitro* study. *Materials* (Basel). 2020;13(7):1744.
14. Bocklet C, Renne W, Mennito A, Bacro T, Latham J, Evans Z, et al. Effect of scan substrates on accuracy of 7 intraoral digital impression systems using human maxilla model. *Orthod Craniofac Res*. 2019;22(Suppl 1):168-74.
15. Dutton E, Ludlow M, Mennito A, Kelly A, Evans Z, Culp A, et al. The effect different substrates have on the trueness and precision of eight different intraoral scanners. *J Esthet Restor Dent*. 2020;32(2):204-18.
16. Nedelcu RG, Persson ASK. Scanning accuracy and precision in 4 intraoral scanners: An *in vitro* comparison based on 3-dimensional analysis. *J Prosthet Dent*. 2014;112(6):1461-71.
17. Muller P, Ender A, Joda T, Katsoulis J. Impact of digital intraoral scan strategies on the impression accuracy using the TRIOS Pod scanner. *Quintessence Int*. 2016;47(4):343-9.
18. Kurz M, Attin T, Mehl A. Influence of material surface on the scanning error of a powder-free 3D measuring system. *Clin Oral Investig*. 2015;19(8):2035-43.
19. Arakida T, Kanazawa M, Iwaki M, Suzuki T, Minakuchi S. Evaluating the influence of ambient light on scanning trueness, precision, and time of intra oral scanner. *J Prosthodont Res*. 2018;62(3):324-9.
20. Announcement of the Department of Labor Protection and Welfare: light intensity standard, Royal Thai Government Gazette. 135, Pt 39 (Feb 21, 2018)
21. Revilla-León M, Jiang P, Sadeghpour M, Piedra-Cascón W, Zandinejad A, Özcan M, et al. Intraoral digital scans-Part 1: Influence of ambient scanning light conditions on the accuracy (trueness and precision) of different intraoral scanners. *J Prosthet Dent*. 2020;124(3):372-8.
22. Kuhr F, Schmidt A, Rehmann P, Wöstmann B. A new method for assessing the accuracy of full arch impressions in patients. *J Dent*. 2016;55:68-74.
23. American National Standard Institute and American Dental Association. Standard No. 132. Scanning Accuracy of Dental Chairside and Laboratory CAD/CAM Systems. Chicago, IL, USA: American Dental Association; 2015.
24. Güth JF, Runkel C, Beuer F, Stimmelmayer M, Edelhoff D, Keul C. Accuracy of five intraoral scanners compared to indirect digitalization. *Clin Oral Investig*. 2017;21(5):1445-55.
25. Renne W, Ludlow M, Fryml J, Schurch Z, Mennito A, Kessler R, et al. Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An *in vitro* analysis based on 3-dimensional comparisons. *J Prosthet Dent*. 2017;118(1):36-42.
26. Hack GD, Patzelt S. Evaluation of the accuracy of six intraoral scanning devices: An *in-vitro* investigation. *ADA Prof Prod Rev* 2015;10(4):1-5.
27. Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, Veronesi G, Mangano C, Mangano FG. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: A comparative *in vitro* study. *BMC Oral Health*. 2017;17(1):92.

28. Vandeweghe S, Vervack V, Dierens M, De Bruyn H. Accuracy of digital impressions of multiple dental implants: An *in vitro* study. Clin Oral Implants Res. 2017;28(6):648-53.

29. Lee KM. Comparison of two intraoral scanners based on three-dimensional surface analysis. Prog Orthod. 2018;19(1):6. doi: 10.1186/s40510-018-0205-5.

30. Hwang H, Chou C, Chen YJ, Yao C. An overview of digital intraoral scanners: past, present and future—from an orthodontic perspective. Taiwan J Orthod. 2018;30(3):148-62.

31. Blanco D, Fernández P, Cuesta E, Suárez CM. Influence of ambient light on the quality of laser digitized surfaces. Proceedings of the World Congress on Engineering 2008; 2008 July 2-4; London, UK. Hong Kong: Newswood Limited; 2008.

32. Dehurtevent M, Robberecht L, Béhin P. Influence of dentist experience with scan spray systems used in direct CAD/CAM impressions. J Prosthet Dent. 2015;113(1):17-21.

ติดต่อบทความ:

ผศ.ทพ.ไพฑูรย์ ดาวสดใส

ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เลขที่ 15 ต.คอหงส์

อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

โทรศัพท์: 074 427 561

อีเมล: paitoon.d09@gmail.com

Corresponding author:

Assist.Prof.Dr.Paitoon Daosodsai

Department of Prosthetic Dentistry, Faculty of
Dentistry, Prince of Songkla University, 15
Karnjanavanich Rd., Kho Hong, Hat Yai, Songkhla
90112, Thailand.

Tel: +66 74 42 7561

E-mail: paitoon.d09@gmail.com

Received Date: Jul 15, 2021

Revised Date: Aug 27, 2021

Accepted Date: Feb 18, 2022

ความแนบสนิทของขอบวัสดุเคลือบซีลิกเกตซีเมนต์สองชนิดหลังจากการปนเปื้อนเลือดในแบบจำลองการอุดย้อนปลายรากฟัน

ภาณุมาศ วันเปีย* จารุมา สักดีดี* สุวิทย์ วิมลจิตต์*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแนบสนิทของขอบวัสดุกับเนื้อฟันของวัสดุเคลือบซีลิกเกตซีเมนต์สองชนิดที่มีการปนเปื้อนเลือดในแบบจำลองการอุดย้อนปลายรากฟัน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: ฟันกรามน้อยล่างรากเดี่ยวจำนวน 60 ซี่ ตัดส่วนตัวฟันออก เตรียมคลองรากฟันและอุดด้วยกัตตาเปอร์ชา ตัดปลายรากฟันออก 3 มิลลิเมตรและกรออุดย้อนปลายรากฟันลึก 3 มิลลิเมตร สุ่มแบ่งฟันออกเป็น 6 กลุ่ม โดย 3 กลุ่มอุดย้อนปลายรากฟันด้วยไบโอเดนทิน และอีก 3 กลุ่มอุดย้อนปลายรากฟันด้วยเรโทรเอ็มทีเอ ภายใต้สภาวะการปนเปื้อนที่แตกต่างกันคือ การปนเปื้อนเลือดบนผนังคลองรากฟันและ/หรือการปนเปื้อนพื้นผิววัสดุภายนอกด้วยเลือดหรือสารจำลองของเหลวในร่างกาย หลังจากปนเปื้อนเป็นระยะเวลา 7 วัน จะทำการวัดความกว้างและความยาวช่องว่างระหว่างขอบวัสดุกับผนังคลองรากฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลด้วยสถิติทดสอบพรีดแมนและเปรียบเทียบพหุคูณด้วยสถิติทูเค้เอชเอสดี ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการศึกษา: ค่าเฉลี่ยความกว้างและความยาวช่องว่างระหว่างขอบวัสดุกับเนื้อฟันของแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มที่อุดย้อนปลายรากฟันด้วยไบโอเดนทินและมีการปนเปื้อนเลือดบนผนังคลองรากฟันมีความกว้างและความยาวช่องว่างได้มากที่สุด (8.55 ± 5.88 และ 128.28 ± 69.5 ไมโครเมตร ตามลำดับ)

สรุป: การปนเปื้อนเลือดส่งผลให้วัสดุเคลือบซีลิกเกตซีเมนต์สองชนิดมีความแนบสนิทของขอบแตกต่างกัน โดยในกลุ่มไบโอเดนทิน การปนเปื้อนเลือดบนพื้นผิวสองด้านจะเกิดช่องว่างได้มากกว่าการปนเปื้อนเลือดบนพื้นผิวด้านเดียว ในขณะที่กลุ่มเรโทรเอ็มทีเอไม่มีความแตกต่างกัน

คำสำคัญ: ความแนบสนิทของขอบ คัลยกรรมเอ็นโดดอนติก เคลือบซีลิกเกตซีเมนต์ การปนเปื้อนเลือด เรโทรเอ็มทีเอ ไบโอเดนทิน

*ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110

Marginal Adaptation of Two Calcium Silicate Cements after Blood Contamination in Retrograde Filling Models

Bhanumas Wanpia* Jaruma Sakdee* Suwit Wimonchit*

Abstracts

Objective: The aim of this study was to compare the marginal adaptation of two calcium silicate cements after blood contamination in retrograde filling models.

Materials and methods: Decoronated sixty single-rooted lower premolars were prepared and obturated with gutta percha. All of them were resected 3 mm apically. The root-end cavities were prepared to the depth of 3 mm. Specimens were randomly allocated into six groups; three groups were filled with Biodentine and other three groups were filled with Retro MTA under the different contaminated conditions; blood contamination on dentin wall and/or on external surfaces of root-end filling material. Seven days after contamination, the width and length of the gaps formed in dentin/material interface were measured using scanning electron microscope (SEM). The data were statistically analyzed using Friedman test and Tukey's HSD test with the level of significance at $p < 0.05$.

Results: There were statistically significant differences in gap width and length among six groups. The highest gap length and width were found in the group of Biodentine with blood coated and blood contamination ($8.55 \pm 5.88 \mu\text{m}$ and $128.28 \pm 69.5 \mu\text{m}$, respectively).

Conclusions: Blood contamination on two calcium silicate cements had a different marginal adaptation. Biodentine, under two surfaces contamination had a detrimental effect on marginal adaptation more than one surface contamination, meanwhile there were no significant difference between Retro MTA group.

Keywords: Marginal adaptation, Blood contamination, Endodontic surgery, Calcium silicate cements, Biodentine, Retro MTA

*Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, 114, Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok 10110, Thailand.

บทนำ (Introduction)

การรักษาคลองรากฟันมีเป้าหมายเพื่อกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ภายในคลองรากฟันและปิดทางเชื่อมต่อระหว่างคลองรากฟันกับเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟันแต่เมื่อการรักษาคลองรากฟันประสบความสำเร็จแล้วและไม่สามารถทำการรักษาคลองรากฟันซ้ำได้ การทำคัลเลอร์กรรมเอ็นโดดอนติก (endodontic surgery) เป็นทางเลือกที่เหมาะสม ในอดีตอะมัลกัม (amalgam) ซูเปอร์อีบีเอ (super EBA) หรือไออาร์เอ็ม (IRM) ถูกใช้ในการอุดย้อนปลายรากฟัน แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าวัสดุเหล่านี้มีการรั่วซึมบริเวณรอยต่อระหว่างขอบวัสดุกับเนื้อฟันค่อนข้างมาก (1,2) ซึ่งเป็นสาเหตุนำไปสู่ความล้มเหลวในการรักษา ต่อมาจึงมีการพัฒนาวัสดุกลุ่มแคลเซียมซิลิเกตซีเมนต์ (calcium silicate cement) ขึ้นสำหรับงานเอ็นโดดอนติกส์ ในรูปแบบของเอ็มทีเอ (MTA; mineral trioxide aggregate) ซึ่งเอ็มทีเอเป็นวัสดุที่มีสมบัติที่ดี (3-6) ดังนั้นเอ็มทีเอจึงเป็นวัสดุต้นแบบที่ใช้ในการพัฒนาวัสดุกลุ่มแคลเซียมซิลิเกตซีเมนต์ชนิดอื่น ๆ ในเวลาต่อมา ถึงแม้ว่าเอ็มทีเอจะเป็นวัสดุที่พึงประสงค์ แต่เนื่องจากเอ็มทีเอมีระยะเวลาก่อตัว (setting time) นาน 4-6 ชั่วโมง ทำให้ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาแคลเซียมซิลิเกตซีเมนต์ชนิดใหม่ขึ้นมาเพื่อลดข้อด้อยดังกล่าวของเอ็มทีเอ เช่น ไบโอเดนทีนและเรโทรเอ็มทีเอ เป็นต้น ไบโอเดนทีน (Biodentine®; Septodont, Saint-Maur-des-fosses Cedex, France) เป็นวัสดุที่มีการเติมแคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride; CaCl₂) ลงไปในส่วนเหลว เพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยาไฮเดรชัน (hydration reaction) ให้เกิดได้เร็วขึ้น ส่งผลให้ไบโอเดนทีนมีระยะเวลาก่อตัวเพียง 10-12 นาที (7) ส่วนเรโทรเอ็มทีเอ (Retro MTA; BioMTA, Seoul, Korea) เป็นวัสดุที่ได้รับการพัฒนาสมบัติและออกวางจำหน่ายในประเทศไทยประมาณ 5 ปี ประกอบไปด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate) เป็นหลัก ซึ่งแคลเซียมคาร์บอเนตจะช่วยให้อุดมีการก่อตัวเร็วขึ้น ทำให้เรโทรเอ็มทีเอมีระยะเวลาก่อตัวเพียง 180 วินาทีเท่านั้น ยิ่งวัสดุมีการก่อตัวเร็วก็จะยิ่งช่วยลดการถูกชะล้างเนื้อวัสดุจากเลือดหรือของเหลวในร่างกาย (body fluid) ที่เกิดขึ้นระหว่างหัตถการ ส่งผลให้วัสดุมีความแนบสนิท

กับผนังคลองรากฟันได้ดียิ่งขึ้นและลดการเกิดช่องว่างระหว่างวัสดุกับเนื้อฟัน (8) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเอ็มทีเอมีความแนบสนิทกับเนื้อฟันได้ดีในสภาวะที่มีความชื้นไม่มากเกินไป แต่การทำคัลเลอร์กรรมเอ็นโดดอนติกเป็นหัตถการที่มีเลือดออกในบริเวณที่ทำการรักษาจากการเปิดแผ่นเหงือกหรือกรอกกำจัดกระดูกบริเวณปลายรากฟัน ซึ่งแม้จะพยายามป้องกันไม่ให้เลือดสัมผัสกับปลายรากฟัน แต่ก็อาจมีการปนเปื้อนเลือดของผู้ป่วยกับวัสดุหรือบริเวณผนังคลองรากฟันเกิดขึ้นได้ (1,9,10) ซึ่งหากวัสดุมีการสัมผัสเลือดในขณะที่ยังก่อตัวไม่สมบูรณ์จะส่งผลให้วัสดุมีสมบัติต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไป เช่น สมบัติทางกล (11) และสมบัติทางชีวภาพ (12) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาใดที่เปรียบเทียบความแนบสนิทของขอบวัสดุ (marginal adaptation) ในเรโทรเอ็มทีเอกับไบโอเดนทีนที่มีการปนเปื้อนเลือด ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแนบสนิทของขอบวัสดุของเรโทรเอ็มทีเอกับไบโอเดนทีนที่มีการปนเปื้อนเลือดในแบบจำลองการอุดย้อนปลายรากฟัน (retrograde filling models)

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

การศึกษานี้ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (SWUEC-417/2563E) เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ทำการคัดเลือกฟันกรามน้อยล่างที่ถูกถอนจำนวน 60 ซี่ โดยฟันดังกล่าวเป็นฟันที่ถูกถอนทั้งกองและเก็บไว้ในคลังของโรงพยาบาลทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ก่อนที่จะเริ่มทำการวิจัย ดังนั้น ฟันเหล่านี้จะไม่สามารถระบุตัวตน เพศ อายุของบุคคลที่เป็นเจ้าของฟันและไม่สามารถระบุสาเหตุการถอนฟันขึ้น ๆ ได้ ฟันที่ผ่านการคัดเลือกต้องมีรากตรง คลองรากเดียว ก่อนทำการศึกษา ฟันทุกซี่จะถูกนำไปถ่ายภาพรังสีเพื่อยืนยันว่ามีเพียงคลองรากฟันเดียว

1. การเตรียมฟันตัวอย่าง

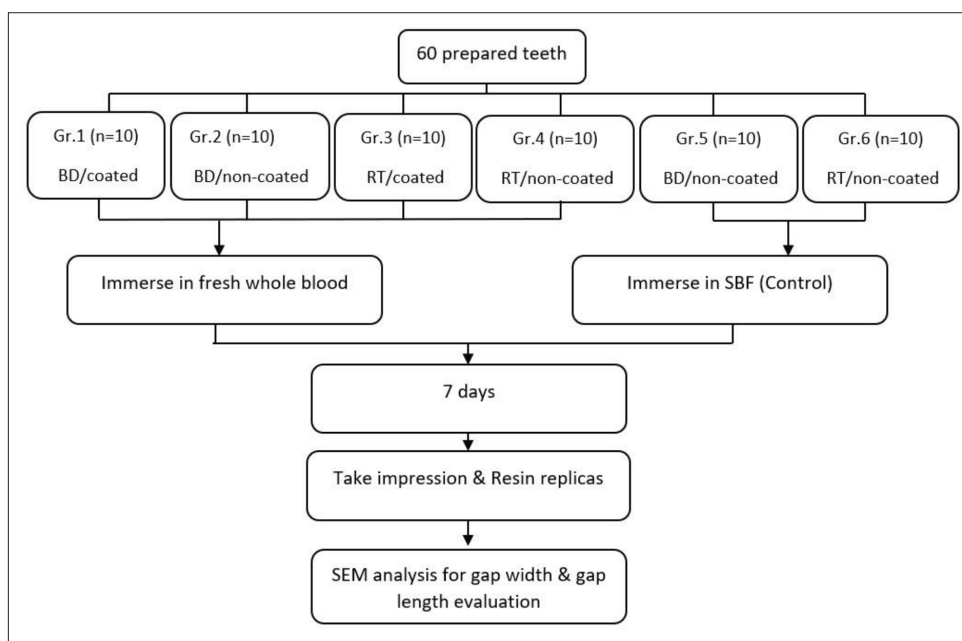
ทำการตัดตัวฟันออกโดยให้ความยาวของรากฟัน 15 มิลลิเมตร ใช้ความยาวทำงาน (working length) ที่ระยะสั้นกว่าปลายรากฟัน 1 มิลลิเมตร ขยายคลองรากฟันด้วยไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วย

เครื่องระบบโปรแทปเปอร์เน็กซ์ (ProTaper Next®; Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland) ตั้งแต่ขนาดเอ็กซ์ 1 (X1) ถึงเอ็กซ์ 3 (X3; 30/.07) ล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 (2.5% sodium hypochlorite: ผลิตภัณฑ์ทางทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) ปริมาณ 2 มิลลิลิตร ซับคลองรากฟันให้แห้งแล้วอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ซาร่วมกับเอเซพลัส ซีลเลอร์ (AH Plus® sealer: Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Germany) โดยวิธีเวอร์มเวอร์ติคอลลอมแพ็คชัน (warm vertical compaction) ปิดคลองรากฟันส่วนต้นด้วยวัสดุบูรณะชั่วคราวเควิท (Cavit, 3M ESPE, St.Paul, Minnesota, USA) หุ้มรากฟันด้วยผ้าก๊อซ (gauze) เปียกและนำไปป้อนไว้ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (incubator) ที่ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นรากฟันส่วนนอกจะถูกเคลือบด้วยน้ำยาทาเล็บ แล้วนำฟันมาตัดปลายราก 3 มิลลิเมตร ด้วยหัวกรอกากเพชรทรงสอบปลายมน (taper diamond bur) ร่วมกับเครื่องกรอชนิดหมุนเร็วภายใต้ละอองน้ำ โดยตัดใน

แนวตั้งฉากกับแนวแกนของรากฟัน หลังจากนั้นทำการกรอย้อนปลายรากฟัน (retropreparation) ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร และลึก 3 มิลลิเมตร ด้วยหัวกรอขนาด AS 3D (EndoSucces™ Apical Surgery Kit, Acteon) ร่วมกับเครื่องอัลตราโซนิค P5 (P5 Newtron XS™, satelec®, Acteon, North America) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ทางทันตกรรม (dental operating microscope)

2. การอูดย้อนปลายรากฟันและการปนเปื้อนเลือด

เลือดของมนุษย์ที่ใช้สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ได้มาจากการเจาะเลือดของผู้ทำวิจัยเองโดยพยาบาลวิชาชีพที่สถาบันทางการแพทย์ มศว คลินิกมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ซึ่งจะใช้ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ส่วนสารจำลองของเหลวในร่างกาย (simulated body fluid; SBF) จะเตรียมขึ้นตามสูตรของ Kokubo และ Takadama ในปี 2006 (13) โดยหลังจากกรอย้อนปลายรากฟันแล้ว ฟันทั้งหมดจะถูกสุ่มแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผังงานแสดงขั้นตอนการวิจัย (coated = เคลือบเลือดบนผนังคลองรากฟัน)

Fig 1. Flowchart illustrates the methods of this study (coated = blood coated on the root canal wall, BD = Biodentine, RT = Retro MTA)

กลุ่มที่ 1 และ 2 เป็นกลุ่มที่อุดย่อนปลายรากฟันด้วยด้วยไบโอเดนทิน (BD) โดยก่อนที่จะอุดย่อนปลายรากฟัน กลุ่มที่ 1 ต้องทำการเคลือบเลือดบนผนังคลองรากฟันก่อนโดยใช้ไมโครปิเปต (micropipette) หยดเลือดลงไป 1 หยด ทิ้งไว้ 5 วินาที แล้วใช้แท่งกระดาษซับซับออก ส่วนกลุ่มที่ 2 ไม่ต้องเคลือบเลือดบนผนังคลองรากฟัน เตรียมไบโอเดนทินตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตแล้วนำมาอุดย่อนปลายรากฟันหนา 3 มิลลิเมตร โดยใช้ตัวนำเอ็มทีเอ (Dovgan MTA carrier) ร่วมกับหัวกดเอ็มทีเอ (MTA plugger) เช็ดกำจัดวัสดุส่วนเกินด้วยสำลีชุบน้ำหมาด ๆ จากนั้นนำฟันใส่ลงในหลอดเอพเพนดอร์ฟ (eppendorf tube) ขนาด 1.5 มิลลิลิตร ที่มีเลือดอยู่ภายใน 0.1 มิลลิลิตรทันที โดยให้ปลายรากฟันจมอยู่ในเลือด แล้วปิดฝาหลอดเอพเพนดอร์ฟให้สนิท

กลุ่มที่ 3 และ 4 เป็นกลุ่มที่อุดย่อนปลายรากฟันด้วยเรโตรีเอ็มทีเอ (RT) โดยก่อนที่จะอุดย่อนปลายรากฟัน กลุ่มที่ 3 ต้องทำการเคลือบผนังคลองรากฟันด้วยวิธีการเดียวกันกับกลุ่มที่ 1 แล้วใช้แท่งกระดาษซับซับออก ส่วนกลุ่มที่ 4 ไม่ต้องเคลือบเลือดบนผนังคลองรากฟัน เตรียมเรโตรีเอ็มทีเอตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตแล้วนำมาอุดย่อนปลายรากฟันหนา 3 มิลลิเมตร เช็ดกำจัดวัสดุส่วนเกินด้วยสำลีชุบน้ำหมาด ๆ จากนั้นนำฟันใส่ลงในหลอดเอพเพนดอร์ฟขนาด 1.5 มิลลิลิตรที่มีเลือดอยู่ภายใน 0.1 มิลลิลิตรทันที โดยให้ปลายรากฟันจมอยู่ในเลือด แล้วปิดฝาหลอดเอพเพนดอร์ฟให้สนิท

กลุ่มที่ 5 และ 6 เป็นกลุ่มควบคุม ซึ่งทั้งสองกลุ่มนี้จะไม่มีการปนเปื้อนเลือด กลุ่มที่ 5 ทำการอุดย่อนปลายรากฟันด้วยไบโอเดนทิน ส่วนกลุ่มที่ 6 อุดย่อนปลายรากฟันด้วยเรโตรีเอ็มทีเอ อุดหนา 3 มิลลิเมตร เช็ดกำจัดวัสดุส่วนเกินด้วยสำลีชุบน้ำหมาด ๆ จากนั้นนำฟันใส่ลงในหลอดเอพเพนดอร์ฟขนาด 1.5 มิลลิลิตรที่มีสารจำลองของเหลวในร่างกายอยู่ภายใน 0.1 มิลลิลิตรทันที โดยให้ปลายรากฟันจมอยู่ในเลือด แล้วปิดฝาหลอดเอพเพนดอร์ฟให้สนิท

หลังจากทำการอุดย่อนปลายรากฟันเสร็จแล้ว ชิ้นงานทุกกลุ่มจะถูกนำไปถ่ายภาพรังสีรอบปลายรากเพื่อตรวจสอบคุณภาพของการอุดย่อนปลายรากฟัน แล้วนำไปบ่มไว้ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 7 วัน

3. การทำชิ้นงานจำลองด้วยอีพ็อกซีเรซิน (Resin replicas)

หลังจากที่ชิ้นงานถูกบ่มไว้ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิครบ 7 วันแล้ว ฟันแต่ละซี่จะถูกนำมาล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อกำจัดคราบเลือดและเป่าให้แห้ง จากนั้นทำการพิมพ์ปลายรากฟันด้วยแอดดิชันซิลิโคน (addition silicone: Panasil® contact plus X-light, Kettenbach, Germany) บนสภาพพิมพ์ปากที่ดัดแปลงมาจากหลอดเอพเพนดอร์ฟ หลังจากที่ใช้วัสดุพิมพ์ปากแข็งตัวสมบูรณ์แล้ว นำปลายรากฟันออกและสำรวจความสมบูรณ์ของรอยพิมพ์ หากรอยพิมพ์ไม่สมบูรณ์ มีรอยฉีกขาด มีฟองอากาศจะต้องทำการพิมพ์ปลายรากฟันใหม่จนกว่าจะได้รอยพิมพ์ที่สมบูรณ์ จากนั้นเทชิ้นงานด้วยอีพ็อกซีเรซิน (epoxy resin) เมื่อได้ชิ้นงานจำลองแล้วจะทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของชิ้นงาน หากบริเวณพื้นผิวปลายรากของชิ้นงานใดมีฟองอากาศหรือเกิดความเสียหายต้องทำแบบจำลองชิ้นใหม่ซ้ำอีกครั้งจนกว่าจะได้แบบจำลองที่สมบูรณ์

4. การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

การวิเคราะห์ชิ้นงานสำหรับประเมินช่องว่างระหว่างขอบวัสดุกับเนื้อฟันจะใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (JSM-6510LV, JEOL, Tokyo, Japan) โดยในการประเมินความกว้างช่องว่าง (gap width) จะใช้ภาพที่กำลังขยาย 100 เท่า (100X) แบ่งพื้นที่หน้าตัดของปลายรากฟันออกเป็น 6 ส่วนเท่า ๆ กัน ในแต่ละส่วนที่แบ่งไว้จะทำการวัดช่องว่างที่กว้างที่สุด (maximum gap width) 1 จุด ด้วยภาพกำลังขยาย 1000 เท่า (1000X) นำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ยของฟัน 1 ซี่ในหน่วยไมโครเมตร (μm) แล้วนำค่าเฉลี่ยของแต่ละซี่มาหาค่าเฉลี่ยของกลุ่มอีกครั้ง ส่วนความยาวของช่องว่าง (gap length) จะใช้ภาพที่กำลังขยาย

100 เท่า ทำการวัดช่องว่างที่เกิดขึ้นตามขอบของวัสดุ โดยใช้โปรแกรม ImageJ® software ขยายภาพในแต่ละบริเวณแล้วลากเส้นตามความยาวของช่องว่างที่พบ ซึ่งโปรแกรมจะแสดงความยาวช่องว่างในแต่ละบริเวณแล้วสรุปรวมเป็นความยาวของหนึ่งชิ้นงาน ค่าความยาวจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยความยาวช่องว่างของกลุ่มอีกครั้ง

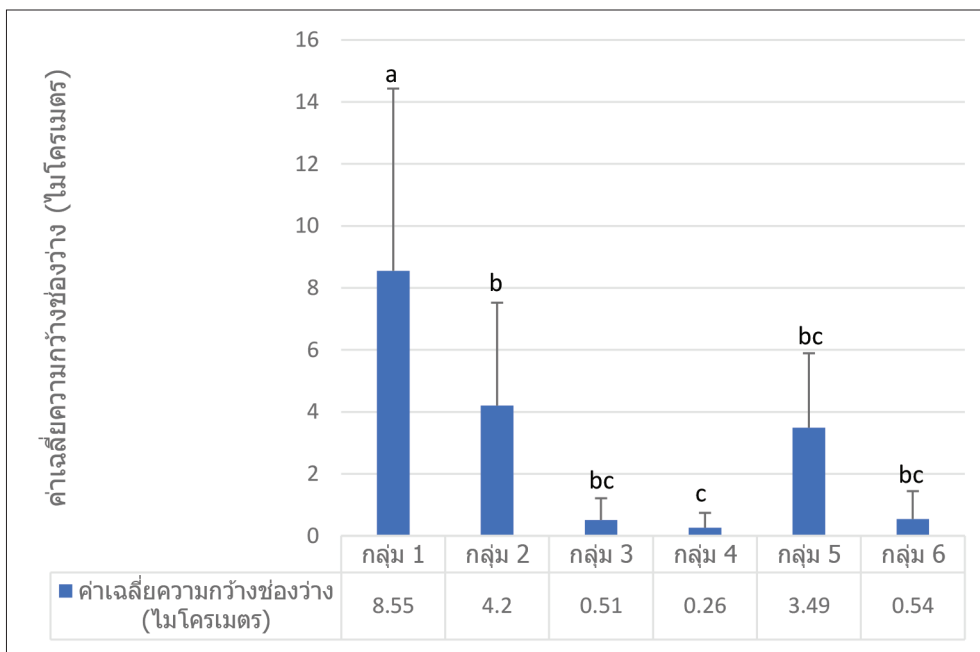
5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติโคโลมโโกรอฟ-สเมอรโนฟ (Kolmogorov-Smirnov test) พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ จึงใช้สถิติทดสอบฟริดแมน (Friedman test) ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างและความยาวช่องว่างระหว่างขอบวัสดุกับเนื้อฟันในแต่ละกลุ่มร่วมกับการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยสถิติทูคีเอชเอสดี (Tukey's HSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS version 25

ผลการทดลอง (Results)

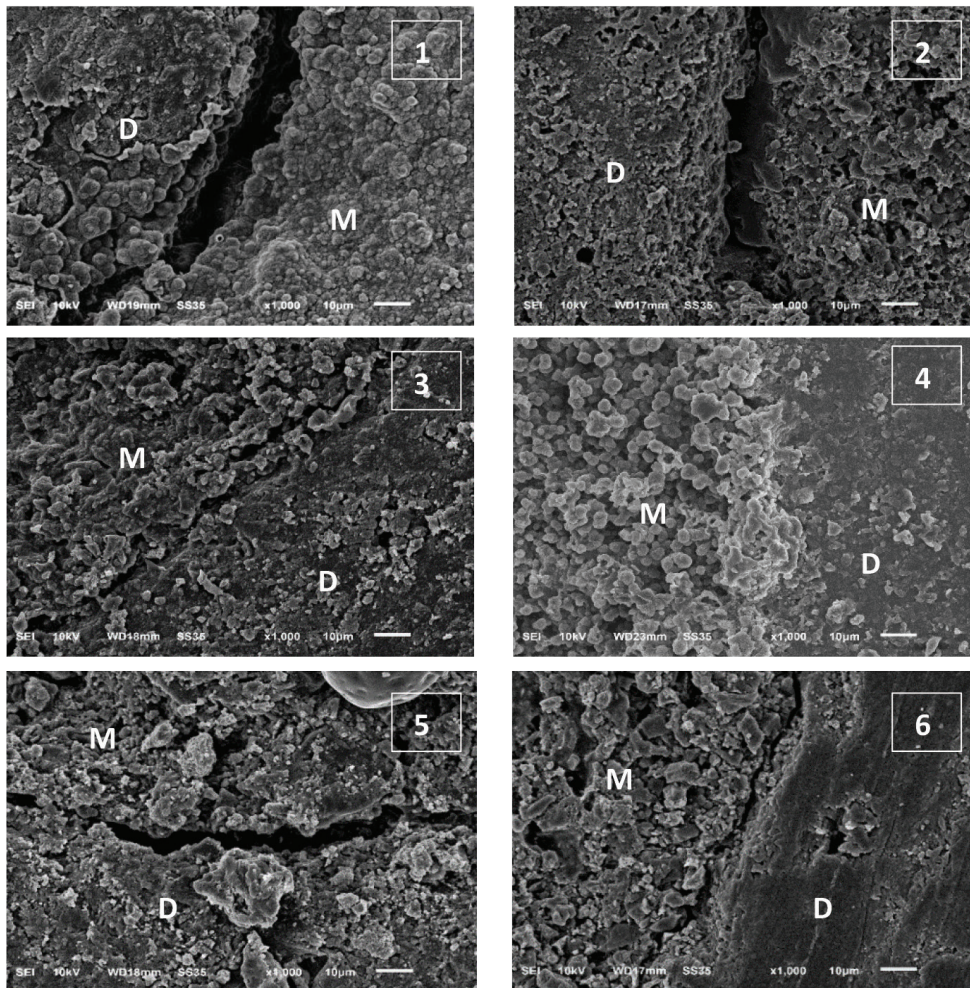
1. ความกว้างช่องว่างระหว่างขอบวัสดุกับเนื้อฟัน

หลังจากวัสดุอุดย่นปลายรากฟันบนเนื้อเนื้อเนื้อ 7 วัน พบว่ากลุ่มที่อุดย่นปลายรากฟันด้วยไบโอเดนทินคือกลุ่มที่ 1 ($8.55 \pm 5.88 \mu\text{m}$), กลุ่มที่ 2 ($4.20 \pm 3.32 \mu\text{m}$) และ กลุ่มที่ 5 ($3.49 \pm 2.4 \mu\text{m}$) มีค่าเฉลี่ยความกว้างช่องว่างมากกว่ากลุ่มที่อุดย่นปลายรากฟันด้วยเรโทรเอ็มทีเอคือกลุ่มที่ 3 ($0.51 \pm 0.7 \mu\text{m}$), กลุ่มที่ 4 (0.26 ± 0.48) และ กลุ่มที่ 6 ($0.54 \pm 0.9 \mu\text{m}$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มด้วยสถิติทดสอบฟริดแมนร่วมกับทูคีเอชเอสดี พบว่ากลุ่มที่ 1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกกลุ่ม ($p < 0.05$) ในขณะที่กลุ่มที่ 4 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะกับกลุ่มที่ 1 และ 2 เท่านั้น ($p < 0.05$) ส่วนกลุ่มการศึกษาอื่น ๆ ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความกว้างช่องว่าง (รูปที่ 2 และ 3)



รูปที่ 2 กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ยความกว้างช่องว่างและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกลุ่ม อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Fig 2. Bar chart illustrates the means and standard deviations of the gap width within each group. Different letters indicate a statistically significant difference between groups.



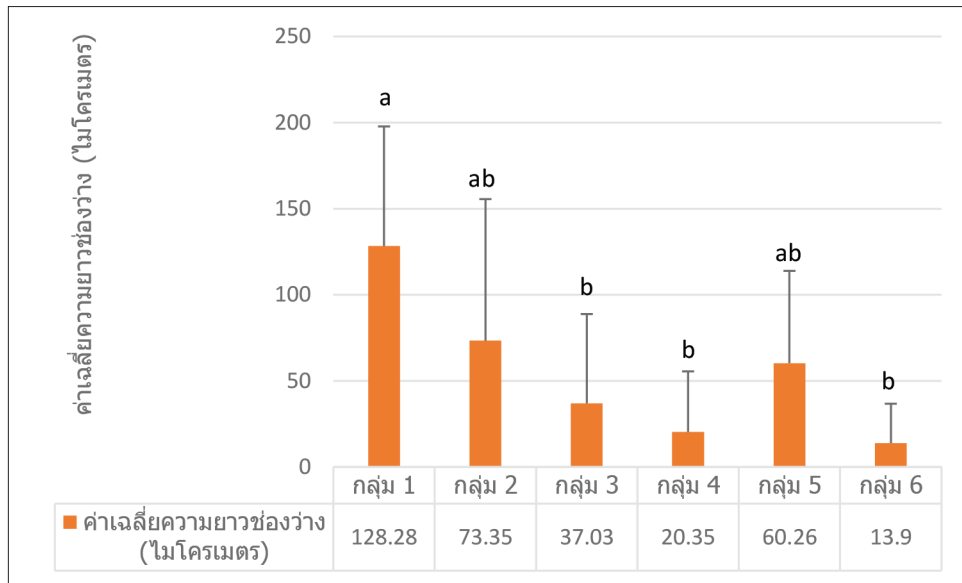
รูปที่ 3 ช่องว่างระหว่างขอบของวัสดุกับเนื้อของแต่ละกลุ่มการศึกษาที่กำลังขยาย 1000 เท่า โดยอักษร D คือเนื้อฟัน อักษร M คือวัสดุอุดย่นปลายรากฟัน, (1) = กลุ่มที่ 1, (2) = กลุ่มที่ 2, (3) = กลุ่มที่ 3, (4) = กลุ่มที่ 4, (5) = กลุ่มที่ 5, (6) = กลุ่มที่ 6

Fig 3. The marginal gaps formed in dentin/material interface within each group at 1000X., D = dentin, M = materials, (1) = group 1, (2) = group 2, (3) = group 3, (4) = group 4, (5) = group 5, (6) = group 6.

2. ความยาวช่องว่างระหว่างขอบวัสดุกับเนื้อฟัน

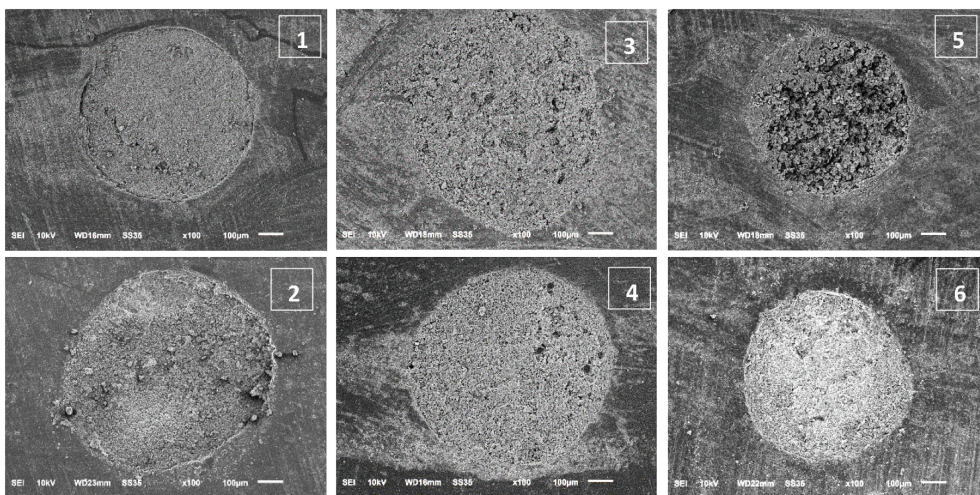
หลังจากวัสดุอุดย่นปลายรากฟันบนเบื่อนเลือด 7 วัน พบว่ากลุ่มที่อุดย่นปลายรากฟันด้วยไบโอเดนทินคือกลุ่มที่ 1 ($128.28 \pm 69.5 \mu\text{m}$) กลุ่มที่ 2 ($73.35 \pm 82.19 \mu\text{m}$) และ กลุ่มที่ 5 ($60.26 \pm 53.63 \mu\text{m}$) มีค่าเฉลี่ยความยาวช่องว่างมากกว่ากลุ่มที่อุดย่นปลายรากฟันด้วยเรโธรเอ็มทีเอ คือกลุ่มที่ 3 ($37.03 \pm 51.81 \mu\text{m}$)

กลุ่มที่ 4 ($20.35 \pm 35.18 \mu\text{m}$) และ กลุ่มที่ 6 ($13.90 \pm 22.85 \mu\text{m}$) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบพรีดแมนร่วมกับทู่คีเอชเอสตีพบว่ากลุ่มที่ 1 ที่อุดย่นปลายรากฟันด้วยไบโอเดนทินมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะกับกลุ่มที่ 3 4 และ 6 ที่อุดย่นปลายรากฟันด้วยเรโธรเอ็มทีเอเท่านั้น ($p < 0.05$) ส่วนกลุ่มการศึกษาอื่น ๆ ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความยาวช่องว่าง (รูปที่ 4 และ 5)



รูปที่ 4 กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ยความยาวช่องว่างและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกลุ่ม อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Fig 4. Bar chart illustrates the means and standard deviations of the gap width within each group. Different letters indicate a statistically significant difference between groups.



รูปที่ 5 ช่องว่างระหว่างขอบของวัสดุกับเนื้อโดยรอบของแต่ละกลุ่มการศึกษาที่กำลังขยาย 100 เท่า โดย (1) = กลุ่มที่ 1, (2) = กลุ่มที่ 2, (3) = กลุ่มที่ 3, (4) = กลุ่มที่ 4, (5) = กลุ่มที่ 5, (6) = กลุ่มที่ 6

Fig 5. The marginal gaps formed in dentin/material interface within each group at 100X (1) = group 1, (2) = group 2, (3) = group 3, (4) = group 4, (5) = group 5, (6) = group 6.

บทวิจารณ์ (Discussion)

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้จำลองสถานการณ์ระหว่างหัตถการการทำคัลยกรรมเอ็นโดดอนติก โดยการเคลือบเลือดบนผนังคลองรากฟันก่อนอุดยอนปลายรากฟันเป็นการจำลองการปนเปื้อนเลือดของผู้ป่วยบนผนังคลองรากฟัน และการนำปลายรากฟันไปสัมผัสเลือดหลังอุดยอนปลายรากฟันเสร็จก็เป็นการจำลองการปนเปื้อนเลือดกับวัสดุในระหว่างหัตถการหรือหลังจากทำการปิดเย็บแผลไปแล้ว Mathew และคณะในปี 2016 (9) ทำการศึกษาการรั่วซึมระดับจุลภาค (microleakage) ของเอมทิเอและไบโอเดนทิน โดยทำการเคลือบผนังคลองรากฟันด้วยเลือดก่อนอุดยอนปลายรากฟันซึ่งผู้ทำวิจัยให้เหตุผลว่าการปนเปื้อนเลือดหรือของเหลวในร่างกายกับวัสดุอุดยอนปลายรากฟันในระหว่างการทำคัลยกรรมเอ็นโดดอนติกเป็นสิ่งที่อาจเกิดขึ้นได้และเหตุการณ์ดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการผนึกของวัสดุ Nekoofar และคณะในปี 2011 (10) ได้นำเอมทิเอบางส่วนผสมกับเลือด (partial mixed with blood) เพื่อจำลองการปนเปื้อนเลือดระหว่างการซ่อมรอยทะลุบริเวณรากฟัน และมีการผสมเลือดเข้าไปกับเนื้อวัสดุโดยตรงเพื่อเป็นการจำลองเมื่อวัสดุเกิดการปนเปื้อนเลือดอย่างรุนแรง (severe blood contamination) เนื่องจากภาวะการอักเสบอย่างฉับพลัน (acute inflammation) ของเนื้อเยื่อ ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวมาจากประสบการณ์ตรงที่ผู้วิจัยพบในคลินิก ดังนั้นจากการศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าการปนเปื้อนเลือดหรือของเหลวในร่างกายกับวัสดุอุดยอนปลายรากฟันหรือผนังคลองรากฟันอาจเกิดขึ้นในระหว่างหัตถการได้

จากหลายการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเลือดมีผลกระทบต่อสมบัติด้านต่าง ๆ ของแคลเซียมซิลิเกตซีเมนต์ ซึ่งการเผยแผ่ของวัสดุอุดยอนปลายรากฟันในของเหลวหรือสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน จะทำให้ได้ผลการศึกษาที่แตกต่างกันออกไป บางการศึกษาวัสดุอุดยอนปลายรากฟันจะถูกเผยแผ่ต่อฟอสเฟตบัฟเฟอร์เซลิน (phosphate buffer saline; PBS) (14) บางการศึกษาเก็บฟันที่อุดยอนปลายรากแล้วไว้ในความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 (100% humidity) แต่ไม่ได้เผยแผ่

ต่อสารเหลวชนิดใดเลย (15) บางการศึกษาหุ้มรากฟันด้วยผ้าก๊อชเปียกและเก็บไว้ในความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 (16) หรือแช่ไว้ในน้ำ (17) ในการศึกษาครั้งนี้เลือกที่จะใช้เลือดของมนุษย์และสารจำลองของเหลวในร่างกายในการเผยแผ่ซึ่งต่อวัสดุอุดยอนปลายรากฟันเนื่องจากการใช้เลือดมนุษย์จะใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงในทางคลินิกมากที่สุด และการใช้สารจำลองของเหลวในร่างกายตามสูตรของ Kokubo และ Takadama ปี 2006 (13) มีข้อดีคือจะใกล้เคียงกับสภาวะในร่างกายเพราะมีความเข้มข้นของฟอสเฟตเท่ากับในน้ำเลือด (blood plasma) (1 mM) ในขณะที่ PBS และสารเหลวในเนื้อเยื่อแบบสังเคราะห์ (synthetic tissue fluid; STF) มีความเข้มข้นของฟอสเฟตเท่ากับ 9-10 mM (18,19) และ 9.56 mM (20) ตามลำดับ ซึ่งจะสูงกว่าความเข้มข้นของฟอสเฟตในน้ำเลือด ดังนั้นหากการศึกษาที่ใช้สารเหลวสำหรับสัมผัสกับวัสดุอุดยอนปลายรากฟันที่ไม่เหมือนกับสภาวะในร่างกาย อาจทำให้การแปลผลการศึกษาแตกต่างไปจากความเป็นจริง

การประเมินช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างขอบวัสดุและเนื้อฟันสามารถทำได้หลายวิธี การใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาอย่างแพร่หลาย ซึ่งวิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถใช้กำลังขยายสูงในการประเมินช่องว่างที่เกิดขึ้น สามารถแยกขอบของวัสดุกับเนื้อฟันได้ชัดเจนและสามารถเก็บข้อมูลในรูปแบบดิจิทัล (digital form) ได้ (2,15,21) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดในการประเมินความแนบสนิทของขอบระหว่างไบโอเดนทินและเรโตรีเอมทิเอจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าปัญหาการแตกร้าวของชิ้นงานมักเกิดจากขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานก่อนนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนการดึงน้ำออกจากชิ้นงาน (dehydration) ด้วยแอลกอฮอล์หรือสารเคมีต่าง ๆ การใช้ระบบสุญญากาศสูง (high vacuum pressure) ในการถ่ายภาพ การหดขยายตัวของวัสดุอุดยอนปลายรากฟันในระหว่างขั้นตอนการพันเคลือบโลหะ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้เกิดช่องว่างเทียม (artificial gap) ขึ้นระหว่างขอบวัสดุกับเนื้อฟัน (15,22) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกใช้แบบจำลองชิ้นงาน

ด้วยเรซิน (resin replicas) ในการทดสอบเพื่อป้องกันการเกิดช่องว่างเทียม ซึ่งการใช้แบบจำลองชิ้นงานด้วยเรซินมีข้อดีคือ สามารถทำการทดสอบซ้ำได้หลายครั้งโดยไม่เกิดความเสียหายต่อชิ้นงาน และการสร้างรอยพิมพ์ด้วยแอตดิชันซิลิโคนร่วมกับการสร้างแบบจำลองชิ้นงานด้วยเรซินสามารถลอกเลียนรายละเอียดของชิ้นงานได้ในระดับ 1-2 ไมโครเมตร (23) สอดคล้องกับการศึกษาของ Kerdvongbundit และคณะในปี 2004 (24) ที่พบว่าแบบจำลองชิ้นงานด้วยเรซินสามารถลอกเลียนรายละเอียดของผิวเนื้อฟันได้อย่างเที่ยงตรง โดยสามารถให้รายละเอียดของท่อเนื้อฟันได้อย่างชัดเจนและลอกเลียนหยดของเหลวในท่อเนื้อฟัน (dentinal fluid droplets) ที่อยู่บนรูเปิดท่อเนื้อฟันได้อย่างครบถ้วน ซึ่งหยดของเหลวในท่อเนื้อฟันมีขนาดเพียง 5-10 ไมโครเมตรเท่านั้น ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าหลังจากการปนเปื้อนเลือด 7 วัน กลุ่มที่อุดยอนปลายรากฟันด้วยเรซินเอเอ็มทีเอ มีความแนบสนิทของขอบที่ติกว่ากลุ่มไบโอเดนทินที่มีการปนเปื้อนเลือด ซึ่งผลการศึกษานี้จะขัดแย้งกับการศึกษาของ Bansal และคณะในปี 2019 (25) ที่พบว่าไบโอเดนทินมีความแนบสนิทของขอบที่ดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาของ Bansal และคณะเป็นเพียงการอุดยอนปลายรากฟันและปล่อยให้วัสดุแข็งตัวภายใต้ความชื้นจากลำลิซุบน้ำหมาด ๆ เท่านั้น ไม่มีการปนเปื้อนเลือดหรือสัมผัสเลือดแต่อย่างใด ทำให้วัสดุไม่ได้รับผลกระทบจากเลือดและเป็นสถานการณ์ที่ไม่เกิดขึ้นจริงในทางคลินิก เช่นเดียวกับการศึกษาของ Bolbolian และคณะในปี 2020 (26) ที่พบว่าไบโอเดนทินมีช่องว่างระหว่างวัสดุอุดยอนปลายรากฟันกับเนื้อฟันน้อยที่สุด รองลงมาคือเรซินเอเอ็มทีเอและโพรูสเอเอ็มทีเอ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแล้วพบว่าวัสดุทั้งสามชนิดมีความแนบสนิทของขอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ในการศึกษาของ Bolbolian และคณะหลังจากอุดยอนปลายรากฟันแล้ว วัสดุทั้งสามชนิดไม่มีการสัมผัสเลือดหรือความชื้นใด ๆ เลยเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าในสภาวะที่ไม่มีการปนเปื้อนเลือดไบโอเดนทิน

มีความแนบสนิทของขอบที่ดี แต่อย่างไรก็ตามในสถานการณ์ทางคลินิกขณะที่ทำคัลยกรรมเอ็นโดดอนติก การปนเปื้อนเลือดกับวัสดุอุดยอนปลายรากฟันเป็นสิ่งที่อาจเกิดขึ้นได้ (1,9-11,27,28)

ในการศึกษาครั้งนี้ การที่เรซินเอเอ็มทีเอมีความแนบสนิทของขอบที่ดีกว่าไบโอเดนทินอาจมีสาเหตุมาจากเรซินเอเอ็มทีเอมีระยะเวลาก่อตัวเริ่มต้น (initial setting time) ที่สั้นกว่า เนื้อของวัสดุสามารถผสมและใช้งานได้ง่าย ในส่วนผงของเรซินเอเอ็มทีเอประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็ก จึงสามารถทำปฏิกิริยากับส่วนเหลวได้ง่ายขึ้น ซึ่ง Shah และคณะในปี 2018 (29) รายงานว่าการที่วัสดุมีอนุภาคขนาดเล็กทำให้วัสดุมีความแนบกับผนังคลองรากฟันได้ดียิ่งขึ้น ส่วนไบโอเดนทินที่มีความแนบสนิทที่ด้อยกว่า อาจเกิดจากหลังผสมเสร็จไบโอเดนทินมีลักษณะที่ใช้งานยาก และหลังจากอุดเสร็จไบโอเดนทินมีการสัมผัสกับเลือดทันที ทำให้วัสดุได้รับความชื้นมากเกินไป ซึ่งบริษัทผู้ผลิตแนะนำว่าหลังจากที่อุดด้วยไบโอเดนทินแล้วไม่ควรให้วัสดุสัมผัสน้ำหรือสารเหลวชนิดต่าง ๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมงเพื่อให้วัสดุก่อตัวสมบูรณ์ (30) และจากการศึกษาของ Kim และคณะในปี 2015 (31) รายงานว่า ความชื้นที่มากเกินไปมีผลต่อการก่อตัวของไบโอเดนทินและส่งผลให้ไบโอเดนทินแยกตัวออกจากเนื้อฟัน

ในการศึกษาครั้งนี้ หากเปรียบเทียบการเกิดช่องว่างในวัสดุชนิดเดียวกันพบว่า กลุ่มไบโอเดนทินที่มีการปนเปื้อนเลือดบนพื้นผิว 2 ด้าน คือที่ผนังคลองรากฟันกับผิวภายนอกของวัสดุ จะมีช่องว่างระหว่างขอบวัสดุกับเนื้อฟันเกิดขึ้นได้มากกว่ากลุ่มที่มีการปนเปื้อนเลือดเพียงพื้นผิวด้านเดียว ในขณะที่เรซินเอเอ็มทีเอไม่ได้รับผลกระทบดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่มีการปนเปื้อนเลือดกับกลุ่มควบคุม พบว่ากลุ่มไบโอเดนทินที่มีการปนเปื้อนเลือดมีแนวโน้มที่จะเกิดช่องว่างได้มากกว่ากลุ่มควบคุม สอดคล้องกับการศึกษาของ Salem Milani และคณะในปี 2013 (32) ที่พบว่า เอ็มทีเอที่เผชิญต่อเลือดจะมีช่องว่างระหว่างขอบวัสดุกับเนื้อฟันได้มากกว่าการเผชิญต่อของเหลวในเนื้อเยื่อแบบสังเคราะห์ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่เลือดหรือ

โปรตีนในเลือดไปทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันของวัสดุเกิดไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้วัสดุก่อตัวไม่สมบูรณ์ (33,34) นอกจากนี้แล้วเซลล์เม็ดเลือดหรือโปรตีนในเลือด เช่น อัลบูมิน (albumin) อาจไปอุดตันท่อเนื้อฟันและทำให้เกิดช่องว่างระหว่างวัสดุกับเนื้อฟันได้ (35,36) ดังนั้นในระหว่างการทำคัลยกรรมเอ็นโดดอนติกจึงควรระวังไม่ให้มีเลือดปนเปื้อนเข้ามาบนผนังคลองรากฟันหรือบนเปื้อนเลือดกับเนื้อวัสดุโดยการห้ามเลือดด้วยวิธีต่าง ๆ แต่ถ้าหากการห้ามเลือดไม่สามารถทำได้อย่างสมบูรณ์ การเลือกใช้วัสดุที่มีสมบัติที่ดี สามารถลดผลกระทบที่เกิดจากเลือดได้ก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้การรักษามีโอกาสประสบความสำเร็จได้มากยิ่งขึ้น

บทสรุป (Conclusion)

การปนเปื้อนเลือดส่งผลให้วัสดุเคลือบเซรามิกเกิดซีเมนต์สองชนิดมีความแนบสนิทของขอบแตกต่างกัน โดยในกลุ่มไบโอเดนทิน การปนเปื้อนเลือดบนพื้นผิวสองด้านจะเกิดช่องว่างได้มากกว่าการปนเปื้อนเลือดบนพื้นผิวด้านเดียว ในขณะที่กลุ่มเรโพรเอ็มทีโอไม่ได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อนเลือด

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบพระคุณคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ผู้สนับสนุนทุนอุดหนุนงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิทยาเอ็นโดดอนต์ ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะจนงานวิจัยในครั้งนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมไปถึงบุคลากรประจำภาควิชาทุกท่านที่ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบพระคุณ นางกนกพร สุขยานันท์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือการใช้เครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและให้คำปรึกษาเรื่องการขอจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. J Endod. 1994;20(4):159-63.
2. Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Pitt Ford TR. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. J Endod. 1995;21(6):295-9.
3. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. J Endod. 1993;19(12):591-5.
4. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. J Endod. 1995; 21(7):349-53.
5. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Antibacterial effects of some root end filling materials. J Endod. 1995;21(8):403-6.
6. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Cytotoxicity of four root end filling materials. J Endod. 1995;21(10):489-92.
7. Jang YE, Lee BN, Koh JT, Park YJ, Joo NE, Chang HS, et al. Cytotoxicity and physical properties of tricalcium silicate-based endodontic materials. Restor Dent Endod. 2014;39(2):89-94.
8. Choi Y, Park SJ, Lee SH, Hwang YC, Yu MK, Min KS. Biological effects and washout resistance of a newly developed fast-setting pozzolan cement. J Endod. 2013;39(4):467-72.
9. Mathew L, Kini S, Acharya S, Kamath S, Menezes N, Rao S. A comparative evaluation of the microleakage of blood-contaminated mineral trioxide aggregate and Biodentine as root-end filling materials: An *in vitro* study. J Interdiscip Dentistry. 2016;6(1):19-24.

10. Nekoofar MH, Davies TE, Stone D, Basturk FB, Dummer PM. Microstructure and chemical analysis of blood-contaminated mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2011;44(11):1011-8.
11. Nekoofar MH, Stone DF, Dummer PM. The effect of blood contamination on the compressive strength and surface microstructure of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2010; 43(9):782-91.
12. Farrugia C, Baca P, Camilleri J, Arias Moliz MT. Antimicrobial activity of ProRoot MTA in contact with blood. *Sci Rep.* 2017;7:41359.
13. Kokubo T, Takadama H. How useful is SBF in predicting *in vivo* bone bioactivity? *Biomaterials.* 2006;27:2907-15.
14. Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Ashoftehyazdi K, Zahraee S, Khoshkhounejad M. Marginal adaptation of new bioceramic materials and mineral trioxide aggregate: a scanning electron microscopy study. *Iran Endod J.* 2014;9(2):144-8.
15. Badr AE. Marginal adaptation and cytotoxicity of bone cement compared with amalgam and mineral trioxide aggregate as root-end filling materials. *J Endod.* 2010;36(6):1056-60.
16. Shipper G, Grossman ES, Botha AJ, Cleaton-Jones PE. Marginal adaptation of mineral trioxide aggregate (MTA) compared with amalgam as a root-end filling material: a low-vacuum (LV) versus high-vacuum (HV) SEM study. *Int Endod J.* 2004;37(5):325-36.
17. Gondim E, Zaia AA, Gomes BP, Ferraz CC, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Investigation of the marginal adaptation of root-end filling materials in root-end cavities prepared with ultrasonic tips. *Int Endod J.* 2003;36(7):491-9.
18. Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. Biom mineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid. *J Endod.* 2009;35(5):731-6.
19. Gandolfi MG, Ciapetti G, Taddei P, Perut F, Tinti A, Cardoso MV, et al. Apatite formation on bioactive calcium-silicate cements for dentistry affects surface topography and human marrow stromal cells proliferation. *Dent Mater.* 2010;26(10):974-92.
20. Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2005;31(2):97-100.
21. Al-Fouzan K, Al-Garawi Z, Al-Hezaimi K, Javed F, Al-Shalan T, Rotstein I. Effect of acid etching on marginal adaptation of mineral trioxide aggregate to apical dentin: microcomputed tomography and scanning electron microscopy analysis. *Int J Oral Sci.* 2012;4(4):202-7.
22. Bolhari B, Ashofteh Yazdi K, Sharifi F, Pirmoazen S. Comparative scanning electron microscopic study of the marginal adaptation of four root-end filling materials in presence and absence of blood. *J Dent (Tehran).* 2015;12(3):226-34.
23. Gandolfi MG, Sauro S, Mannocci F, Watson TF, Zanna S, Capoferri M, et al. New tetrasilicate cements as retrograde filling material: an *in vitro* study on fluid penetration. *J Endod.* 2007;33(6):742-5.
24. Kerdvongbundit V, Thiradilok S, Vongsavan N, Matthews B. The use of the replica technique to record fluid emerging from exposed dentine. *Arch Oral Biol.* 2004;49(8):613-9.

25. Bansal R, Bansal M, Matta MS, Walia S, Kaur B, Sharma N. Evaluation of marginal adaptation of MTA, Biodentine, and MTA Plus as root-end filling materials-an SEM study. *Dent J Adv Stud.* 2019;7(1):6-11.
26. Bolbolian M, Mostafaei F, Faegh S. Evaluation of the marginal adaptation of ProRoot MTA, Biodentine, and Retro MTA as root-end filling materials. *Dent Hypotheses.* 2020;11(4):97-102.
27. Sasaki S, Kimura Y, Imai H, Sato Y, Kamada A, Kurumada F, et al. Effects of blood contamination on sealing ability and microhardness of mineral trioxide aggregate used as a root-end filling material. *Jpn J Conserv Dent.* 2013;56(3):200-7.
28. Nekoofar MH, Oloomi K, Sheykhrezae MS, Tabor R, Stone DF, Dummer PM. An evaluation of the effect of blood and human serum on the surface microhardness and surface microstructure of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2010;43(10):849-58.
29. Shah DK, Sanap- Tandale A, Aggarwal S, Borse S, Borse N, A N. Sealing ability of root end filling materials – a systematic review. *Int J Recent Sci Res.* 2018;9(3):25386-90.
30. Ustun Y, Topcuoglu HS, Akpek F, Aslan T. The effect of blood contamination on dislocation resistance of different endodontic reparative materials. *J Oral Sci.* 2015;57(3):185-90.
31. Kim JR, Nosrat A, Fouad AF. Interfacial characteristics of Biodentine and MTA with dentine in simulated body fluid. *J Dent.* 2015;43(2):241-7.
32. Salem Milani A, Rahimi S, Froughreyhani M, Vahid Pakdel M. Effect of blood contamination on marginal adaptation and surface microstructure of mineral trioxide aggregate: a SEM study. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2013;7(3):157-63.
33. Chang SW. Chemical characteristics of mineral trioxide aggregate and its hydration reaction. *Restor Dent Endod.* 2012;37(4):188-93.
34. Akcay H, Arslan H, Akcay M, Mese M, Sahin NN. Evaluation of the bond strength of root-end placed mineral trioxide aggregate and Biodentine in the absence/presence of blood contamination. *Eur J Dent.* 2016;10(3):370-5.
35. Adl A, Sobhnamayan F, Sadatshojaee N, Azadeh N. Effect of blood contamination on the push-out bond strength of two endodontic biomaterials. *J Res Dent.* 2016;4(2):59-63.
36. Rahimi S, Ghasemi N, Shahi S, Lotfi M, Froughreyhani M, Milani AS, et al. Effect of blood contamination on the retention characteristics of two endodontic biomaterials in simulated furcation perforations. *J Endod.* 2013;39(5):697-700.

ติดต่อบทความ :

ผศ.ทพ.สุวิทย์ วิมลจิตต์

ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110

โทรศัพท์ 02 649 5112

อีเมล: suwim46@hotmail.com

Corresponding author:

Assist.Prof.Dr. Suwit Wimonchit

Department of Conservative Dentistry and

Prosthodontics, Faculty of Dentistry,

Srinakharinwirot University,

114, Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok 10110,

Thailand.

Tel: +66 2 649 5112

E-mail: suwim46@hotmail.com

Received Date: Jul 20, 2021

Revised Date: Aug 27, 2021

Accepted Date: Dec 16, 2021

การเปรียบเทียบความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบของไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องที่ผลิตด้วยโลหะเอ็มไวร์และโลหะไฟร์ไวร์

วศินี แก้วอำไพ* ชินาลัย ปิยะชน*

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบระหว่างไฟล์ที่ผลิตด้วยโลหะเอ็มไวร์และโลหะไฟร์ไวร์

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: ทำการศึกษาด้วยอุปกรณ์ทดสอบความล้าจากการหมุนรอบแบบคลองรากฟันจำลองที่ประดิษฐ์ขึ้นเอง ใช้ไฟล์ที่ผลิตด้วยโลหะเอ็มไวร์และโลหะไฟร์ไวร์ ขนาดเอ็กซ์ทูอย่างละ 15 ตัว ทำการบันทึกภาพเคลื่อนไหวการหมุนของไฟล์ภายในคลองรากฟันจำลองจนกระทั่งหัก บันทึกเวลาที่ไฟล์หมุนก่อนหัก เพื่อนำไปคูณกับความเร็วจนได้เป็นจำนวนรอบการหมุนก่อนหัก เปรียบเทียบข้อมูลด้วยการทดสอบที (Independent t-test) ที่ระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05 นำส่วนปลายของไฟล์ที่หักมาวัดความยาว และสำรวจพื้นผิวรอยหักด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดเพื่อวิเคราะห์กลไกการหักที่เกิดขึ้น

ผลการศึกษา: ไฟล์ที่ผลิตด้วยโลหะไฟร์ไวร์มีจำนวนรอบการหมุนก่อนหักสูงกว่าไฟล์ที่ผลิตด้วยโลหะเอ็มไวร์อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนของไฟล์ที่หักมีความยาวไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และภาพพื้นผิวรอยหักของไฟล์ทุกตัวแสดงการแตกหักในรูปแบบกลไกการหักด้วยความล้าจากการหมุนรอบ

สรุป: ภายใต้สถานการณ์ของการทดสอบนี้ไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องที่ผลิตด้วยโลหะไฟร์ไวร์มีความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบสูงกว่าไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องที่ผลิตด้วยโลหะเอ็มไวร์ และคลองรากฟันจำลองที่ประดิษฐ์ขึ้นสามารถใช้ทดสอบความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบของไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องได้จริง

คำสำคัญ: ความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบ กระบวนการทางความร้อน ไฟล์นิกเกิลไทเทเนียม

Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of Nickel-Titanium Rotary Instruments Made of M-Wire and Fire-Wire

Wasinee Kaewumpai* Chinalai Piyachon*

Abstract

Objective: to compare the cyclic fatigue resistance of Nickel-titanium rotary instruments made of M-wire and Fire-wire.

Materials and methods: The cyclic fatigue testing of the instruments was performed in a newly invented artificial root canal. M-wire file and Fire-wire file, size X2, 15 samples of each group were tested. The motion of file rotation in an artificial canal was recorded until file separation was observed. The time of file rotation before the fracture was recorded and calculated by multiplication by the speed of rotation to get the number of cycles to failure (NCF). The data were analyzed statistically using an independent t-test at $p < 0.05$. The length of the fractured fragment was also recorded. A scanning electron microscope was used to characterize the topographic features of the fracture surfaces.

Results: Fire-wire file had a significantly higher number of cycles to failure than M-wire file. There were no significant differences ($p > 0.05$) found between groups for the length of the fracture parts. All fractured surfaces revealed typical features of cyclic fatigue fractures.

Conclusion: Under the condition of this study, Nickel-Titanium rotary Instruments made of Fire-Wire had more resistance to cyclic fatigue failure in comparison to Nickel-Titanium rotary Instruments made of M-wire. This invented artificial root canal can be actually used for cyclic fatigue testing of Nickel-Titanium rotary files.

Keywords: Cyclic fatigue resistance, Heat treatment, Nickel-Titanium rotary file

*Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, 114, Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok 10110, Thailand.

บทนำ (Introduction)

การเตรียมคลองรากฟันในปัจจุบันนิยมใช้ไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่อง ซึ่งพบว่า มีประสิทธิภาพดีและสามารถช่วยลดข้อผิดพลาดในการเตรียมคลองรากฟันโค้งได้ (1) อย่างไรก็ตามการใช้ไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องยังคงพบปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ คือการหักของไฟล์ในคลองรากฟันที่เกิดจากความล้าจากการหมุนรอบ (cyclic fatigue failure) (2) ซึ่งส่งผลให้การเตรียมคลองรากฟันมีความซับซ้อนมากขึ้น บริษัทผู้ผลิตจึงพยายามพัฒนาสมบัติของไฟล์อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้มีความสามารถในการต้านทานการแตกหักมากขึ้น โดยอาศัยการออกแบบรูปร่างหน้าตัดรูปแบบการหมุน และการปรับปรุงสมบัติของโลหะด้วยกระบวนการทางความร้อน (heat treatment) (3) จึงมีไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องระบบต่าง ๆ วางจำหน่ายมากขึ้น จากการศึกษาของ Elnaghy ในปี 2014 (4) เปรียบเทียบความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบของไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องที่ผ่านกระบวนการทางความร้อนที่แตกต่างกันพบว่า ทวิสต์ไฟล์ (Twisted Files, SybronEndo, USA) มีความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบมากที่สุด รองลงมาคือโปรเทเปอร์เน็กซ์ (ProTaper Next, Dentsply Maillefer, Switzerland) ไฮฟลิกซ์ซีเอ็ม (HyFlex CM, Coltene-Whaledent, USA) และโปรเทเปอร์ยูนิเวอร์ซอล (ProTaper Universal, Dentsply Maillefer, Switzerland) ตามลำดับ เนื่องจากไฟล์ระบบทวิสต์ไฟล์ โปรเทเปอร์เน็กซ์ และไฮฟลิกซ์ซีเอ็ม เป็นไฟล์ที่ทำจากโลหะที่ผ่านกระบวนการทางความร้อน จึงมีความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบที่สูงกว่าไฟล์ระบบโปรเทเปอร์ยูนิเวอร์ซอลซึ่งผลิตจากโลหะนิกเกิลไทเทเนียมแบบดั้งเดิมที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทางความร้อน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการเปรียบเทียบความต้านทานการบิด (torsional resistance) และการสึกในการศึกษาของ Elnaghy และ Elsaka ในปี 2014 (5) ซึ่งพบว่าไฟล์ระบบโปรเทเปอร์เน็กซ์จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าไฟล์ระบบทวิสต์ไฟล์และเรซ (Race, FKG Dentaire SA, Switzerland) ดังนั้นไฟล์ระบบโปรเทเปอร์เน็กซ์จึงมี

คุณสมบัติที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน ซึ่งเป็นไฟล์ที่ผลิตด้วยกระบวนการทางความร้อนประเภทเอ็มไวร์

เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการวางจำหน่ายไฟล์ที่ผลิตด้วยกระบวนการทางความร้อนรูปแบบใหม่ที่เรียกว่า ไฟร์ไวร์ ซึ่งทางผู้ผลิตระบุว่าโลหะนิกเกิลไทเทเนียมประเภทนี้จะมีความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบที่สูง (6) และได้ผลิตไฟล์ออกมาหลายระบบ จึงเป็นที่สนใจของทันตแพทย์แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงสมบัติทางกลของโลหะประเภทนี้มากนัก ดังนั้นก่อนที่จะนำมาใช้งานทางคลินิกจึงควรที่จะทดสอบสมบัติทางกลโดยเฉพาะการทดสอบความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบซึ่งเกี่ยวข้องกับการหักของไฟล์ในคลองรากฟันโค้ง การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบของไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องที่ผลิตด้วยกระบวนการทางความร้อนประเภทเอ็มไวร์และประเภทไฟร์ไวร์

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

1. การทดสอบความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบ

เตรียมไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องที่ผลิตจากโลหะเอ็มไวร์ระบบโปรเทเปอร์เน็กซ์ และโลหะไฟร์ไวร์ระบบเอ็ดจ์เทเปอร์เอนคอร์ (EdgeTaper Encore, EdgeEndo, USA) ขนาดเอ็กซ์ทู (X2; 25/0.06) ยาว 25 มิลลิเมตรที่ไม่ผ่านการใช้งานและไม่พบการชำรุดของพื้นผิวโลหะจากการสำรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์ทางทันตกรรม จำนวนอย่างละ 15 ตัว นำมาทดสอบความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบด้วยเครื่องทดสอบแบบคลองรากฟันจำลองที่ผลิตด้วยเหล็กกล้า (stainless steel) (รูปที่ 1) โดยมีลักษณะตามการศึกษาของ Grande และคณะ ในปี 2014 (7) มีมุมความโค้ง 60 องศาที่มีความโค้ง 5 มิลลิเมตร จุดกึ่งกลางส่วนโค้งห่างจากปลายคลองรากฟันจำลอง 6 มิลลิเมตร โดยคลองรากฟันจำลองมีความผายตามรูปร่างไฟล์ที่นำมาทดสอบและมีความยาว 25 มิลลิเมตร ในการ

ทดสอบไฟล์แต่ละตัวจะหมุนด้วยความเร็ว 300 รอบ ต่อนาทีด้วยเครื่องขยายคลองรากฟันไฟฟ้า (VDW. SILVER® RECIPROC®, VDW, Germany) ร่วมกับ น้ำมันหล่อลื่น (Super oil, Singer, USA) โดยทำการ

บันทึกภาพการหมุนของไฟล์จนกระทั่งหักด้วยกล้อง ถ่ายภาพเคลื่อนไหว บันทึกระยะเวลาที่ไฟล์หมุนก่อนหัก และนำระยะเวลาที่ไฟล์หมุนก่อนหักมาคูณด้วยความเร็ว รอบเพื่อคำนวณเป็นจำนวนรอบการหมุนก่อนหัก



รูปที่ 1 การทดสอบความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบในคลองรากฟันจำลองที่ประดิษฐ์ขึ้น

Fig 1. Cyclic fatigue resistance test in the invented artificial root canal.

ภายหลังการทดสอบทำการเก็บชิ้นส่วนของไฟล์ ที่หักทุกตัวเพื่อนำมาวัดระยะการหักของไฟล์ จากนั้น ทำความสะอาดชิ้นส่วนด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิค ร่วมกับแอลกอฮอล์เป็นเวลา 120 วินาที (8,9) เพื่อ กำจัดสิ่งปนเปื้อนที่ปกคลุมผิวโลหะ ก่อนนำไปสำรวจ พื้นผิวรอยหักด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่อง กราด (scanning electron microscope; SEM JEOL JSM-6510LV, Tokyo, Japan) เพื่อยืนยันกลไกการหัก ที่เกิดขึ้น โดยใช้กำลังขยาย 2,000 เท่าและ 2,500 เท่า (10,11)

2. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (SPSS/PC Version 25, IBM, USA) ทดสอบ การกระจายของข้อมูลด้วยการทดสอบชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) และเปรียบเทียบจำนวนรอบการ หมุนก่อนหักด้วยการทดสอบที (Independent t-test) ที่ระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05

ผลการทดลอง (Results)

การทดสอบความต้านทานความล้าจากการหมุน รอบของไฟล์ที่ผลิตจากโลหะเอ็มไวร์และโลหะไฟร์ไวร์ พบว่า ค่าเฉลี่ยจำนวนรอบการหมุนก่อนหักของไฟล์ทั้ง 2 กลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยจำนวนรอบการหมุนก่อนหักของไฟล์ที่ ผลิตจากโลหะไฟร์ไวร์ มีค่าสูงกว่าไฟล์ที่ผลิตจากโลหะ เอ็มไวร์ประมาณ 3 เท่า (ตารางที่ 1) ส่วนระยะการหัก ของไฟล์ทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p > 0.05$)

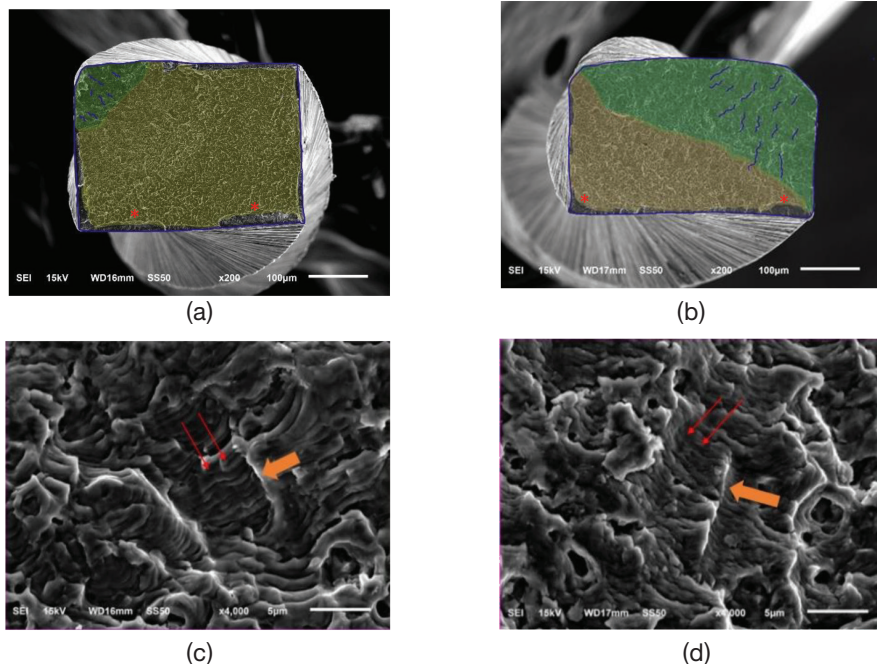
ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความยาวส่วนปลายของไฟล์ที่หัก ระยะเวลาที่ไฟล์หมุนก่อนหัก และจำนวนรอบการหมุนก่อนหัก

Table 1. mean values (\pm standard deviation) for the length of fractured fragment, time to fracture and number of cycles to failure.

	The length of fractured fragment (mm.)	Time to fracture (s)	Number of cycles to failure (rounds)
M-wire group (n = 15)	4.66 \pm 0.42	102.49 \pm 7.69	512.45 \pm 38.47
Fire-wire group (n = 15)	4.60 \pm 0.56	360.52 \pm 104.97	1802.60 \pm 524.84
P-value	0.74	< 0.001	< 0.001

จากการสำรวจพื้นผิวไฟล์ที่หักด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบว่าไฟล์ที่ผลิตจากโลหะเอ็มไวร์และโลหะไฟร์ไวร์ทุกตัว ปรากฏลักษณะพื้นผิวแบบริ้วขนาน (striation pattern) (รูปที่ 2c, 2d; ลูกศรสีแดง) ซึ่งแสดงถึงการเกิดความล้าจากการหมุนรอบจากภาพกำลังขยายสูงพบว่าแนวริ้วขนานนี้เรียงตัว

ตั้งฉากกับทิศทางการขยายตัวของรอยร้าว (รูปที่ 2c, 2d; ลูกศรสีส้ม) โดยอยู่ใกล้กับจุดเริ่มต้นรอยร้าวที่มุมของคมตัด และรอยร้าวได้ขยายเข้าหาส่วนกลางของเนื้อโลหะบริเวณถัดจากริ้วขนานนี้จะปรากฏเป็นรอยนูนขนาดเล็ก (dimple) จนถึงปลายขอบของหน้าตัดอีกฝั่ง ซึ่งแสดงถึงการขาดออกจากกันของโลหะอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 2 พื้นผิวหน้าตัดรอยหักของไฟล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (a) โลหะเอ็มไวร์ (b) โลหะไฟร์ไวร์ แสดงพื้นที่ที่เสียหายจากการล้า (พื้นที่สีเขียว) และพื้นที่รับแรงเกินพิกัด (พื้นที่สีเหลือง) และ (c) โลหะเอ็มไวร์ (d) โลหะไฟร์ไวร์แสดงลักษณะริ้วขนาน (ลูกศรสีแดง) อยู่ในแนวตั้งฉากกับรอยร้าว (ลูกศรสีส้ม)

Fig 2. Scanning electron micrographs of the fracture surface, (a) M-wire and (b) Fire-wire showed the fatigue zone (green area) and overload zone (yellow area). Both (c) M-wire and (d) Fire-wire showed the fatigue striations (red arrows) that were perpendicular to the crack lines (orange arrows)

บทวิจารณ์ (Discussion)

การทดสอบความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบในคลองรากฟันจำลอง ทำให้ไฟล์ที่ทำการทดสอบมีแนวการโค้งตัวและตำแหน่งที่เกิดความล้าจากการหมุนรอบใกล้เคียงกัน (12) อุปกรณ์ทดสอบความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้ ออกแบบคลองรากฟันจำลองตามการศึกษาของ Grande และคณะ ปี 2006 (7) ผลการทดสอบพบว่ากลุ่มของไฟล์ที่ผลิตจากโลหะเอ็มไวร์และโลหะไฟร์ไวร์มีระยะการหักที่ไม่แตกต่างกันแสดงว่าขณะทดสอบไฟล์ทั้ง 2 กลุ่มได้เกิดความเค้นสูงสุดในตำแหน่งเดียวกัน ขนาดหน้าตัดของไฟล์ที่รับความเค้นสูงสุดจึงใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาพื้นผิวรอยหักภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดพบว่าไฟล์ทุกตัวที่ทำการทดสอบปรากฏลักษณะของริ้วขนานที่เป็นผลจากโลหะได้รับความล้าจากการหมุนรอบแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ทดสอบที่ประดิษฐ์ขึ้นมานี้สามารถทำให้ไฟล์หักจากกลไกความล้าจากการหมุนรอบได้จริงการทดสอบทำในอุณหภูมิห้องปกติและใช้น้ำมันหล่อลื่นเพื่อลดแรงเสียดทานที่จะเกิดขึ้นขณะไฟล์หมุนในคลองรากฟันจำลอง จึงไม่มีผลของอุณหภูมิที่อาจสูงขึ้นจนเกิดการเปลี่ยนวัฏภาคของโลหะ

การหักของไฟล์เริ่มต้นจากรอยร้าวที่เกิดขึ้นบริเวณผิวโลหะ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีความเค้นสะสมสูงสุด (13) หรืออาจมีจุดบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการผลิต (14,15) ขณะที่ไฟล์กำลังหมุนในคลองรากฟันโค้งอย่างต่อเนื่อง ผิวโลหะที่อยู่ในช่วงความโค้งจะได้รับแรงบีบอัดและแรงดึงในทุกรอบของการหมุน ทำให้รอยร้าวที่เกิดขึ้นสามารถขยายตัวเข้ามาในเนื้อโลหะได้ลึกมากขึ้น ช่วงที่เกิดแรงดึงนั้นส่วนปลายของรอยร้าวจะถูกเปิดออกเนื้อโลหะที่อยู่รอบปลายรอยร้าวจะเกิดการเลื่อนไถลและช่วงที่มีแรงบีบอัด รอยร้าวจะชิดเข้าหากันและเนื้อโลหะบริเวณนั้นจะมีการเลื่อนไถลในทิศทางตรงกันข้ามจึงปรากฏเป็นลักษณะริ้วขนานเกิดขึ้น (16) ซึ่งเกิดจากการขยายตัวของรอยร้าวโดยมีการเรียงตัวอยู่ในแนวตั้งฉากกับทิศทางของการขยายตัวของรอยร้าว ดังภาพจาก

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดกำลังขยายสูง (รูปที่ 2c, 2d) รอยร้าวดังกล่าวจะขยายตัวอย่างช้า ๆ ทำให้เนื้อโลหะค่อย ๆ แยกออกจากกัน เมื่อสังเกตจากภาพกำลังขยายต่ำ พบว่าผิวรอยหักบริเวณนี้จะมีพื้นผิวเรียบ เรียกบริเวณนี้ว่า พื้นที่ที่เสียหายจากการล้า (fatigue zone) ส่วนบริเวณถัดมาผิวหน้าตัดจะมีลักษณะขรุขระ ที่ประกอบด้วยรอยรุ่มขนาดเล็กไปจนถึงขอบอีกฝั่งของหน้าตัด โดยเกิดภายหลังจากที่เนื้อโลหะเริ่มแยกออกจากกัน ทำให้พื้นที่หน้าตัดที่เหลืออยู่ไม่สามารถรับแรงดึงได้ จึงเกิดการฉีกขาดออกจากกันอย่างรวดเร็ว ลักษณะพื้นผิวในบริเวณนี้เรียกว่า พื้นที่รับแรงเกินพิกัด (overload zone) (17,18) (รูปที่ 2a, 2b) นอกจากรอยร้าวจะเกิดที่ตำแหน่งมุมคมตัดแล้ว จะสังเกตเห็นได้ว่าขอบของหน้าตัดบางด้านมีรอยร้าวเกิดขึ้นหลายตำแหน่ง (รูปที่ 2a, 2b; เครื่องหมายดอกจันสีแดง) ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าอาจเกิดจากกระบวนการผลิตไฟล์ด้วยการกลึงจนเกิดร่องลึกบนผิวไฟล์ (7,15)

เนื่องจากกระบวนการผลิตที่มีการให้ความร้อนแก่โลหะทั้งก่อนหรือหลังการกลึงต่างมีผลต่อการจัดเรียงโครงสร้างและวัฏภาคของโลหะ กระบวนการทางความร้อนนี้สามารถปรับปรุงให้โลหะมีความยืดหยุ่นที่ดีขึ้น (18,19) ลดพลังงานความเครียดภายในโลหะ (internal strain energy) (20) รวมถึงลดอัตราการเกิดและอัตราการขยายตัวของรอยร้าวได้จากการจัดเรียงโครงสร้างใหม่ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบให้มากขึ้น (21,22) โลหะเอ็มไวร์เป็นโลหะที่ผ่านกระบวนการทางความร้อนก่อนการกลึงผิว (23) มีอุณหภูมิสิ้นสุดออสเทนไนต์ (austenite finish) ประมาณ 43-50 องศาเซลเซียส (22) เป็นกลุ่มโลหะวัฏภาคผสม มีวัฏภาคส่วนใหญ่เป็นออสเทนไนต์ (austenite phase) ซึ่งมีวัฏภาคมาร์เทนไซต์ (martensite phase) และอาร์เฟส (R-phase) เป็นส่วนประกอบ โลหะเอ็มไวร์มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นต่ำ จึงทำให้ไฟล์ที่ผลิตจากโลหะชนิดนี้มีความยืดหยุ่นและสามารถต้านทานความล้าได้มากกว่านิกเกิลไทเทเนียมแบบดั้งเดิม ในขณะที่ความแข็งของโลหะไม่แตกต่างกัน (24)

สำหรับโลหะประเภทไฟร์ไวร์เป็นโลหะที่ผ่านกระบวนการทางความร้อนรูปแบบใหม่ ซึ่งปัจจุบันยังไม่มี การเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการทางความร้อนประเภทนี้ จึงยังไม่ทราบโครงสร้างและวิฤภาคของโลหะที่แน่ชัด โลหะประเภทไฟร์ไวร์เป็นโลหะนิกเกิลไทเทเนียมที่มีสัดส่วนนิกเกิลอยู่ระดับต่ำ คือมีนิกเกิลร้อยละ 48 ไทเทเนียมร้อยละ 38 และสารประกอบออกไซด์ร้อยละ 14 (18) โลหะไฟร์ไวร์มีการเปลี่ยนแปลงวิฤภาค 2 ช่วง เมื่ออยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิลดลงโลหะจะเกิดการเปลี่ยนจากวิฤภาคออสเทนไนต์เป็นอาร์เฟสที่อุณหภูมิช่วง 35-15 องศาเซลเซียส และเปลี่ยนจากวิฤภาคอาร์เฟสเป็นมาร์เทนไซต์ที่อุณหภูมิ -33 ถึง -47 องศาเซลเซียส หากอยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นโลหะจะมีการเปลี่ยนวิฤภาคจากมาร์เทนไซต์เป็นออสเทนไนต์ที่อุณหภูมิช่วงประมาณ 26-35 องศาเซลเซียส จึงทำให้เมื่ออุณหภูมิลดลงถึงระดับอุณหภูมิจากโลหะไฟร์ไวร์จะมีวิฤภาคผสมระหว่างอาร์เฟสและออสเทนไนต์ หรือหากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นมาจนถึงอุณหภูมิห้อง โลหะจะมีวิฤภาคมาร์เทนไซต์เป็นส่วนประกอบ (25) นอกจากนี้ การศึกษาทางโลหะวิทยาของ Nasr และ Saber ปี 2014 (18) พบว่าโลหะไฟร์ไวร์มีส่วนประกอบของผลึกวิฤภาคมาร์เทนไซต์เช่นเดียวกับโลหะซีเอ็มไวร์ ทั้งนี้การมีวิฤภาคมาร์เทนไซต์เป็นส่วนประกอบจะช่วยให้โลหะมีความต้านทานการเกิดและการขยายตัวของรอยร้าวที่ดีกว่า เนื่องจากการจัดเรียงอะตอมของวิฤภาคมาร์เทนไซต์เป็นโครงสร้างแบบโมโนคลินิก (monoclinic crystal structure) ที่มีความสมมาตรน้อยกว่าวิฤภาคออสเทนไนต์ที่เป็นคิวบิก (cubic crystal structure) จึงสามารถต้านทานการขยายตัวของรอยร้าวได้ (17,21)

มีการศึกษาที่ทำการเปรียบเทียบความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบของไฟล์ที่ผลิตจากโลหะไฟร์ไวร์กับไฟล์ประเภทต่าง ๆ ที่ไม่ได้ผลิตจากโลหะไฟร์ไวร์การศึกษาของ Gambarini และคณะ ปี 2019 (26) พบว่าไฟล์ระบบเอ็ดจ์ไฟร์ (EdgeOne Fire, EdgeEndo, USA) ที่ผลิตจากโลหะไฟร์ไวร์มีความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบสูงกว่าไฟล์ระบบเวฟวันโกลด์ (WaveOne Gold, Dentsply Maillefer,

Switzerland) ที่ผลิตจากโลหะประเภทโกลด์ไวร์ Khalil และคณะ ปี 2019 (27) พบว่าไฟล์ระบบเอ็ดจ์ไฟล์เอ็กซ์ทรี (EdgeFile X3, EdgeEndo, USA) มีความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบสูงกว่าไฟล์ระบบวันเคิร์ฟ (One Curve, Micro-Mega, France) ที่เป็นโลหะประเภทซีไวร์ Tanomaru-Filho และคณะ ปี 2018 (9) พบว่าไฟล์ระบบเอ็ดจ์ไฟล์มีความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบสูงกว่าไฟล์ระบบเอ็มทู (MTwo, VDW, Germany) ที่ผลิตด้วยโลหะนิกเกิลไทเทเนียมแบบดั้งเดิมแต่น้อยกว่าไฟล์ระบบไฮเฟล็กซ์ซีเอ็มและระบบโปรดีไซน์เอส (ProDesign S, Easy Dental Equipment, Brazil) ที่ผลิตจากโลหะประเภทซีเอ็มไวร์ ทั้งนี้หากเปรียบเทียบในสภาวะที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน Topcuoglu และคณะปี 2020 (28) พบว่าในคลองรากคိုင်รูปตัวเอสไฟล์ระบบเอ็ดจ์ไฟล์มีความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบมากกว่า ไฟล์ระบบไฮเฟล็กซ์ซีเอ็มวันเคิร์ฟและโปรเทเปอร์เน็กซ์ ทั้งในอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิภายในคลองรากฟัน เช่นเดียวกับการศึกษาของ Dosanjh และคณะ (29) พบว่าไฟล์ระบบเอ็ดจ์ไฟล์จะมีความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบสูงกว่าไฟล์ระบบวอร์เท็กซ์บลู (Vortex Blue, Dentsply Tulsa, Dental Specialties, USA) และระบบเอ็นโดซีควินซ์ไฟล์ (EndoSequence, Brasseler, USA) ทุกระดับอุณหภูมิที่ทดสอบ โดยมีความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลงจาก 60, 37 และ 22 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื่องจากอุณหภูมิลดลงทำให้โลหะไฟร์ไวร์มีส่วนประกอบของวิฤภาคมาร์เทนไซต์มากขึ้น จากผลการศึกษาที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าไฟล์ที่ผลิตจากโลหะไฟร์ไวร์มีสมบัติความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบที่โดดเด่นเมื่อเทียบกับโลหะประเภทอื่น สอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งเป็นไปตามที่บริษัทได้ระบุไว้ (6)

อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Scott และคณะปี 2019(23)พบว่าผลการทดสอบความต้านทานความล้าจากการหมุนรอบของไฟล์ระบบเอ็ดจ์ไฟล์เอ็กซ์ทรีที่ผลิตจากโลหะไฟร์ไวร์นั้นให้ค่าความเชื่อมั่น (reliability) ของผลการทดสอบน้อยกว่าไฟล์ระบบเวฟวัน (Wave

One, Densply Maillefer, Switzerland) และเวฟวัน โกลด์ที่ผลิตจากโลหะเอ็มไวร์และโกลด์ไวร์ตามลำดับ โดยอาจเป็นผลมาจากการผลิตที่ทำให้เกิดจุดบกพร่อง บนผิวโลหะหรือจากเนื้อโลหะโพรวอร์นจากนั้น การศึกษาของ Arias และคณะ ปี 2019 (25) ได้ สันนิษฐานไว้ว่า อาจเนื่องจากช่วงอุณหภูมิขณะทดสอบ โลหะโพรวอร์จะอยู่ในช่วงที่เกิดการเปลี่ยนวัฏภาคและ เกิดการดุดกคลื่นพลังงานอย่างมาก

การทดสอบความต้านทานความล้าจากการหมุน รอบของการศึกษานี้ เป็นข้อมูลที่แสดงถึงสมบัติทางกล ของโลหะเอ็มไวร์และโลหะโพรวอร์ สามารถช่วยในการ ตัดสินใจเพื่อเลือกใช้ไฟล์สำหรับการเตรียมคลอง รากฟันได้ โดยเฉพาะคลองรากฟันโค้งที่อาจเกิดการหัก ของไฟล์เนื่องจากความล้าจากการหมุนรอบ การศึกษา ต่อไปอาจศึกษาเพื่อทดสอบสมบัติทางกลด้านอื่น ๆ เช่น การทดสอบความต้านทานแรงบิด ความสามารถในการตัด และความยืดหยุ่น ซึ่งสามารถทำการเปรียบเทียบกับ ไฟล์ระบบอื่นที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน

บทสรุป (Conclusion)

จากการทดสอบความต้านทานความล้าจากการ หมุนรอบในคลองรากฟันจำลองของอุปกรณ์ทดสอบพบว่า ไฟล์ที่ผลิตจากโลหะโพรวอร์มีจำนวนรอบการหมุนก่อน หักมากกว่าไฟล์ที่ผลิตจากโลหะเอ็มไวร์ประมาณ 3 เท่า

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

งานวิจัยชิ้นนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีงบประมาณ 2564

ขอขอบพระคุณนายโมฆิต วงศ์ปิ่นแก้ว และ นางสาวศิริวรรณ อ่วมปาน วิศวกรประจำศูนย์เทคโนโลยี โลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) สำนักงานพัฒนา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่มอบ ความรู้และให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ภาพ ซึ่่งงานในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. Mechanical root canal preparation with NiTi rotary instruments: rationale, performance and safety. Status report for the American Journal of Dentistry. Am J Dent. 2001; 14(5):324-33.
2. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. J Endod. 2000;26(3):161-5.
3. Gavini G, Santos Md, Caldeira CL, Machado MEdL, Freire LG, Iglecias EF, et al. Nickel titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. Braz Oral Res. 2018;32.
4. Elnaghy AM. Cyclic fatigue resistance of ProTaper Next nickel-titanium rotary files. Int Endod J. 2014;47(11):1034-9.
5. Elnaghy AM, Elsaka SE. Assessment of the mechanical properties of ProTaper Next Nickel-titanium rotary files. J Endod. 2014;40(11): 1830-4.
6. Fire-Wire EEHT. Encore Performance. Enormous Profit [internet] 2019 Available from: URL: <https://web.edgeendo.com/edgetaperencore/>.
7. Grande NM, Plotino G, Pecci R, Bedini R, Malagnino VA, Somma F. Cyclic fatigue resistance and three-dimensional analysis of instruments from two nickel-titanium rotary systems. Int Endod J. 2006;39(10):755-63.
8. Cho O-I, Versluis A, Cheung GS, Ha J-H, Hur B, Kim H-C. Cyclic fatigue resistance tests of nickel-titanium rotary files using simulated canal and weight loading conditions. Restor Dent Endod. 2013;38(1):31-5.

9. Tanomaru-Filho M, Galletti Espir C, Carolina Venção A, Macedo-Serrano N, Camilo-Pinto J, Guerreiro-Tanomaru J. Cyclic fatigue resistance of heat-treated nickel-titanium instruments. *Iran Endod J.* 2018;13(3):312-7.
10. Cheung GSP. Instrument fracture: mechanisms, removal of fragments, and clinical outcomes. *Endod Topics.* 2007;16(1):1-26.
11. Alapati SB, Brantley WA, Svec TA, Powers JM, Nusstein JM, Daehn GS. SEM observations of nickel-titanium rotary endodontic instruments that fractured during clinical use. *J Endod.* 2005;31(1):40-3.
12. Plotino G, Grande NM, Mazza C, Petrovic R, Testarelli L, Gambarini G. Influence of size and taper of artificial canals on the trajectory of NiTi rotary instruments in cyclic fatigue studies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;109(1):e60-e6.
13. Lee M-H, Versluis A, Kim B-M, Lee C-J, Hur B, Kim H-C. Correlation between experimental cyclic fatigue resistance and numerical stress analysis for nickel-titanium rotary files. *J Endod.* 2011;37(8):1152-7.
14. Kuhn G, Tavernier B, Jordan L. Influence of structure on nickel-titanium endodontic instruments failure. *J Endod.* 2001;27(8):516-20.
15. Pirani C, Cirulli PP, Chersoni S, Micele L, Ruggeri O, Prati C. Cyclic fatigue testing and metallographic analysis of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2011;37(7):1013-6.
16. Gross TS, Lampman S. *Fatigue and Fracture: ASM International [Internet]* 1996 Available from: URL: <https://doi.org/10.31399/asm.hb.v19.9781627081931>.
17. Gao Y, Shotton V, Wilkinson K, Phillips G, Johnson WB. Effects of raw material and rotational speed on the cyclic fatigue of ProFile Vortex rotary instruments. *J Endod.* 2010;36(7):1205-9.
18. Abou El Nasr HM, Saber SM. Metallurgical and mechanical properties of nickel titanium instruments made of Fire-Wire, controlled memory wire, M-Wire, and conventional super-elastic wires. *Egypt Dent J.* 2014;60.
19. Plotino G, Testarelli L, Al-Sudani D, Pongione G, Grande NM, Gambarini G. Fatigue resistance of rotary instruments manufactured using different nickel-titanium alloys: a comparative study. *Odontology.* 2014;102(1):31-5.
20. Srivastava S. Current strategies in metallurgical advances of rotary NiTi instruments: A Review. *J Dent Health Oral Disord Ther.* 2018; 9(1):72-7.
21. McKelvey AL, Ritchie RO. Fatigue-crack growth behavior in the superelastic and shape-memory alloy nitinol. *Metall Mater Trans A Phys Metall Mater Sci.* 2001;32(3):731-43.
22. Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys – a review. *Int Endod J.* 2018;51(10):1088-103.
23. Scott R, Arias A, Macorra JC, Govindjee S, Peters OA. Resistance to cyclic fatigue of reciprocating instruments determined at body temperature and phase transformation analysis. *Aust Endod J.* 2019;45(3):400-6.
24. Pereira ES, Peixoto IF, Viana AC, Oliveira II, Gonzalez BM, Buono VT, et al. Physical and mechanical properties of a thermomechanically treated NiTi wire used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *Int Endod J.* 2012;45(5):469-74.

25. Arias A, Hejlawy S, Murphy S, de la Macorra JC, Govindjee S, Peters OA. Variable impact by ambient temperature on fatigue resistance of heat-treated nickel titanium instruments. Clin Oral Investig. 2019;23(3):1101-8.

26. Gambarini G, Galli M, Di Nardo D, Seracchiani M, Donfrancesco O, Testarelli L. Differences in cyclic fatigue lifespan between two different heat treated NiTi endodontic rotary instruments: WaveOne Gold vs EdgeOne Fire. J Clin Exp Dent. 2019;11:e609-e13.

27. Khalil WA. Effect of heat treatment on cyclic fatigue, flexibility and shape transformation of two controlled memory NiTi rotary instrument. Egypt Dent J. 2019;65(Issue 2 - April (Fixed Prosthodontics, Dental Materials, Conservative Dentistry & Endodontics)):1463-8.

28. Topcuoglu HS, Topcuoglu G, Kafdag O, Balkaya H. Effect of two different temperatures on resistance to cyclic fatigue of One Curve, EdgeFile, HyFlex CM and ProTaper next files. Aust Endod J. 2020;46(1):68-72.

29. Dosanjh A, Paurazas S, Askar M. The effect of temperature on cyclic fatigue of nickel-titanium rotary endodontic instruments. J Endod. 2017;43(5):823-6.

ติดต่อขอความ:

ผศ.ทพญ.ชินาลัย ปิยะชน

ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เลขที่ 114 ถนนสุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ

เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

โทรศัพท์: 02 649 5000 ต่อ 15112

อีเมล: chinalai@g.swu.ac.th

Corresponding author:

Asst.Prof.Chinalai Piyachon

Department of Conservative Dentistry and
Prosthodontics, Faculty of Dentistry,

Srinakharinwirot University, Sukhumwit 23,
Wattana, Bangkok 10110, Thailand.

Tel: +66 2 649 5212 ext. 15112

E-mail: chinalai@g.swu.ac.th

Received Date: Aug 23, 2021

Revised Date: Sep 13, 2021

Accepted Date: Dec 16, 2021

ผลของไบโอเซรามิกชนิดก่อตัวเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณคอฟัน

สุจิตราภา แข่งขัน* จารุมา ศักดิ์ดี* กุลนันท์ คำรงวุฒิ*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบสีบริเวณคอฟันหลังบูรณะด้วยเอ็มทีเอเองเจลลัส, ไบโอเดนทิน และเรโทรเอ็มทีเอ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: ตัดปลายรากฟันกรามน้อย 18 ซี่ เปิดเข้าสู่คลองรากฟันและขยายด้วยหัวกรอเกทล็กลิเดน อุดปลายรากด้วยเควิท ใส่วัสดุและสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ชาโลไนในคลองราก แบ่งฟันเป็น 3 กลุ่มแบบสุ่ม อุดเอ็มทีเอเองเจลลัส ไบโอเดนทิน และเรโทรเอ็มทีเอ บริเวณคอฟันหนา 3 มิลลิเมตร บูรณะทางเปิดคลองรากฟันด้วยคอมโพสิต วัดสีฟันบริเวณคอฟันด้านแก้มก่อนและหลังอุด 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์ด้วยเครื่อง VITA Easysshade ในระบบซีแล็บและนำมาคำนวณเดลต้าอี วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Two-way ANOVA ($p < 0.05$) ตัดฟันในทิศใกล้กลาง-ไกลกลางเพื่อสังเกตสีเนื้อฟันและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการพรรณนา

ผลการศึกษา: เอ็มทีเอเองเจลลัส, ไบโอเดนทิน และเรโทรเอ็มทีเอส่งผลให้สีบริเวณคอฟันเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกช่วงเวลา และไม่ทำให้เนื้อฟันที่สัมผัสวัสดุเปลี่ยนสี

สรุป: การอุดบริเวณคอฟันด้วยเอ็มทีเอเองเจลลัส, ไบโอเดนทิน และเรโทรเอ็มทีเอส่งผลต่อการเปลี่ยนสีบริเวณคอฟันไม่แตกต่างกัน และเนื้อฟันที่สัมผัสวัสดุไม่มีการเปลี่ยนสี

คำสำคัญ: เอ็มทีเอเองเจลลัส ไบโอเดนทิน เรโทรเอ็มทีเอ การเปลี่ยนสีบริเวณคอฟัน

*ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110

The Effect of Fast Setting Bioceramic on Cervical Tooth Discoloration

Sujirapa Kaengkan* Jaruma Sakdee* Kunlanun Damrougvute*

Abstract

Objective: compare the change in color of the cervical tooth area after restored with MTA-Angelus, Biodentine[®], and RetroMTA.

Materials and Methods: Eighteen premolars teeth were prepared by cutting at the apical root. The teeth were drilled to open access, instrumented with Gates Glidden, sealed with Cavit[™] at apical root. Cotton soaked with phosphate buffer saline was used to obturate canal. The teeth were randomly divided into 3 groups, MTA-Angelus, Biodentine[®], and RetroMTA were filled with 3 mm thickness at cervical area. The access was restored with composite. The tooth color change was measured at cervical area with VITA Easyshade before and at 2, 4, 8, and 20 weeks after restoration in CIELAB system and calculated Delta E. Two-way ANOVA ($p < 0.05$) was used to analyze the result. Teeth were then sectioned mesio-distally for examined the changes of the tooth color and the result were discussed descriptively.

Results: No significant change of tooth color at cervical level between MTA-Angelus, Biodentine[®], and RetroMTA at 2, 4, 8, and 20 weeks. Furthermore, MTA-Angelus, Biodentine[®], and RetroMTA did not change the color of tooth in contact with the material.

Conclusions: MTA-Angelus, Biodentine[®], and RetroMTA did not change the color of tooth at cervical level significantly and did not change the color of tooth in contact with the material.

Keywords: MTA Angelus, Biodentine, RetroMTA, Cervical tooth discoloration

*Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, 114, Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok 10110, Thailand.

บทนำ (Introduction)

ในการรักษาฟันเนื้อเยื่อในตาย (pulp necrosis) ปลายรากฟันพัฒนาไม่สมบูรณ์มีหลายปัจจัยต้องพิจารณาเนื่องจากฟันที่มีรากฟันสั้นและบางจึงทำให้ฟันเสี่ยงต่อการแตกหัก ในปัจจุบันการทำรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ (regenerative endodontics) เป็นอีกทางเลือกในการรักษาที่มีการเหนี่ยวนำให้เกิดการสร้าง pulp-dentin complex เพื่อคงหน้าที่ทางสรีระวิทยาที่ปกติของฟันขึ้นนั้นไว้ (1) วิธีการรักษาซึ่งอ้างอิงตาม American Association of Endodontists (AAE) เมื่อมีการกระตุ้นเลือดเข้ามาในคลองรากฟันแล้ววัสดุที่ใช้ปิดทับด้านบนลิ้มเลือดควรมีคุณสมบัติเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อ (biocompatibility), ไม่ส่งผลให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutagen), มีความเหมาะสมที่ดี, มีความสามารถในการต้านเชื้อจุลชีพ และกระตุ้นให้มีการสร้างสะพานเนื้อฟัน (dentin bridge) เมื่อสัมผัสกับของเหลวจากร่างกาย จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงมีการนำมินเนอรัลไตรออกไซด์แอกกรีเกตหรือเอ็มทีเอ (Mineral trioxide aggregation, MTA) ซึ่งมีชื่อทางการค้าโพรูทเอ็มทีเอ (ProRoot® MTA) มาใช้เป็นวัสดุในการทำรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ ถึงแม้ว่าโพรูทเอ็มทีเอจะมีคุณสมบัติต่างๆ เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน แต่โพรูทเอ็มทีเอยังมีข้อด้อยคือมีระยะเวลาก่อตัว (setting time) นานทำให้ต้องนัดหมายผู้ป่วยมาทำการรักษาหลายครั้ง, ส่งผลให้ฟันเปลี่ยนสีหลังจากรักษา และมีราคาแพง นำมาสู่การคิดค้นวัสดุที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับโพรูทเอ็มทีเอและใช้ระยะเวลาในการก่อตัวที่น้อยกว่า เช่น เอ็มทีเอแองเจิลัส (MTA Angelus™) ใช้ระยะเวลาก่อตัว 15 นาที, ไบโอเดนทีน (Biodentine™) ใช้ระยะเวลาก่อตัว 12 ± 1 นาที (2) และเรโทรเอ็มทีเอ (RetroMTA®) ใช้ระยะเวลาก่อตัว 18.1 ± 2.4 นาที (3) ในขณะที่โพรูทเอ็มทีเอใช้ระยะเวลาการก่อตัว 165 นาที (4)

ปัจจุบันยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัดของกลไกที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีบริเวณตัวฟันขึ้น หนึ่งในสาเหตุหลักคือบิสมัทออกไซด์ (bismuth oxide) ที่เป็นสารทึบรังสี (radiopacifier) ในโพรูทเอ็มทีเอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสัมผัสกับแสงและอยู่ในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจนจากการศึกษาของ Vallés และคณะในปี 2013 (5) ศึกษาผลกระทบของแสงและออกซิเจนต่อการเปลี่ยนสี

ของวัสดุพบว่าเมื่อโพรูทเอ็มทีเอสัมผัสกับแสงและอยู่ในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจนจะส่งผลให้วัสดุเริ่มมีการเปลี่ยนสีตั้งแต่ที่ระยะเวลา 120 วินาที วัสดุไบโอเซรามิกกลุ่มใหม่จึงเปลี่ยนสารทึบรังสีที่ใช้ เช่น เอ็มทีเอแองเจิลัส ใช้แคลเซียมทังสเตต (calcium tungstate), ไบโอเดนทีน ใช้สารประกอบเซอร์โคเนียมออกไซด์ (zirconium oxide) และเรโทรเอ็มทีเอใช้สารประกอบแคลเซียมเซอร์โคเนีย (calcium zirconia complex) โดยพบว่าสารทึบรังสีทั้งสามชนิดนี้ไม่ส่งผลให้ฟันมีการเปลี่ยนสีหลังจากรักษาและจากหลายการศึกษาพบว่าเอ็มทีเอแองเจิลัส, ไบโอเดนทีนและเรโทรเอ็มทีเอมีคุณสมบัติต่าง ๆ ใกล้เคียงกับโพรูทเอ็มทีเอทำให้เอ็มทีเอแองเจิลัส, ไบโอเดนทีนและเรโทรเอ็มทีเอเป็นวัสดุทางเลือกที่จะนำมาใช้ในงานรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์แทนโพรูทเอ็มทีเอได้ ฟันที่ได้รับการรักษาด้วยกระบวนการรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์มักมีรากฟันที่สั้นและบางซึ่งเสี่ยงต่อการแตกหักบริเวณคอฟฟัน (cervical root fracture) การปิดทับด้านบนของลิ้มเลือดด้วยโพรูทเอ็มทีเอในบริเวณส่วนต้นของคลองรากฟันเชื่อว่าสามารถช่วยเสริมความแข็งแรงบริเวณคอฟฟันได้ (6) แต่เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องการทำให้ฟันเกิดการเปลี่ยนสีในทางคลินิกจึงนิยมอุดโพรูทเอ็มทีเอใต้ต่อรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction) 1-2 มิลลิเมตร ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุไบโอเซรามิกที่ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของฟันรวมถึงมีระยะเวลาก่อตัวที่สั้นจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการรักษาด้วยกระบวนการรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกส์ เพื่อช่วยเสริมความแข็งแรง ลดปัญหาเรื่องความสวยงาม และสามารถรักษาเสร็จภายในครั้งเดียวซึ่งจะช่วยลดโอกาสการติดเชื้อซ้ำ

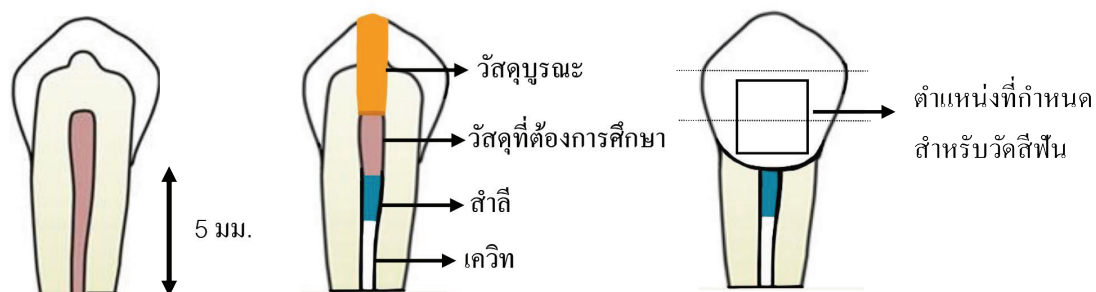
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) การเตรียมฟัน

หลังจากได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (SWUEC/E-398/2563) การเตรียมฟันในการศึกษานี้ประยุกต์จากการศึกษาของ Shokouhinejad และคณะปี 2016 (7) ร่วมกับการศึกษาของ Kohli และคณะและ

คณะ ปี 2015 (8) นำฟันแซ่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำความสะอาดเนื้อเยื่ออ่อนและคราบสี (stain) ด้วยเครื่องขูดหินน้ำลายไฟฟ้า (ultrasonic scaler) และขัดฟันด้วยผงพิวมิส (pumice) ร่วมกับน้ำ จากนั้นตัดส่วนปลายรากฟันในทิศทางตั้งฉากกับแกนฟันโดยใช้หัวกรอเคลือบกากเพชรทรงกระบอก (cylindrical shape diamond bur) ร่วมกับน้ำ (water spray) จนเหลือความยาวของรากฟัน 5 มิลลิเมตรจากรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction) ทางด้านแก้ม (buccal surface) เปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันทำความสะอาดและขยายคลองรากฟันด้วยการใช้หัวกรอเกตส์กลิดเดน (gates Glidden drill) ตั้งแต่เบอร์ 1 ถึงเบอร์ 6 ตามลำดับ ล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ตามด้วยอีทีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 ปริมาณ 10 มิลลิลิตร จากนั้นจึงล้างคลองรากฟันด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 10 มิลลิลิตร ซับคลองรากฟันให้แห้งด้วยแท่งกระดาษซับ (sterile paper point) อุดปิดบริเวณปลายรากฟันด้วยควิว (Cavit[®], 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) หนา 3 มิลลิเมตร เก็บฟันไว้ในกล่องพลาสติกใสเพื่อให้ฟันสัมผัสกับแสงธรรมชาติ และมีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ที่อุณหภูมิห้อง ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

การเตรียมการทดสอบ

แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซี่ โดยการสุ่ม อุดล้าลีในคลองรากฟันจนถึงระดับรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันด้านแก้ม ใส่สารละลายฟอสเฟตบัพเพอร์ชาโลนในคลองรากฟันปริมาณ 0.1 มิลลิลิตรเพื่อจำลองสารละลายของเหลวร่างกาย ซึบสารละลายส่วนเกินด้วยแท่งกระดาษซับ จากนั้นจึงผสมเอ็มทีเอแองเจลดัส (MTA Angelus[™], Angelus Soluções Odontológicas, Londrina PR, Brazil), ไบโอเดนทีน (Biodentine[™], Septodont, Saint-Maur-des-fossés Cedex, France) และเรโทรเอ็มทีเอ (RetroMTA[®], BioMTA, Seoul, Korea) ตามคำแนะนำจากบริษัทผู้ผลิต โดยนำวัสดุใส่ส่วนต้นของคลองรากฟันและบริเวณโพรงเนื้อเยื่อใน อุดวัสดุให้มีความหนา 3 มิลลิเมตร กัดวัสดุให้แนบกับโพรงฟันด้วยเอ็นโดคอนดิก พลักเกอร์ (endodontic plugger) ร่วมกับแท่งกระดาษซับ วัดความหนาของวัสดุอุดด้วยเครื่องมือตรวจปริทันต์ (periodontal probe) ตรวจสอบความสมบูรณ์ของวัสดุอุดด้วยภาพถ่ายรังสี และปิดทับวัสดุด้วยล้าลีซุบน้ำหมาด เมื่อระยะเวลาผ่านไป 20 นาที ตรวจสอบว่าวัสดุอุดก่อตัวสมบูรณ์แล้วจึงบูรณะทางเปิดสู่คลองรากฟันด้วยวิทรีบอนด์ (Vitrebond[™]; 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) และเรซินคอมโพสิต Filtek Z350 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) สี A 3 โดยในกลุ่มควบคุมหลังจากอุดล้าลีในคลองรากฟันและใส่สารละลายฟอสเฟตบัพเพอร์ชาโลนแล้วทำการบูรณะทางเปิดสู่คลองรากฟันด้วยวิทรีบอนด์และเรซินคอมโพสิต



รูปที่ 1 แบบจำลองฟันในการศึกษา

Fig 1. Tooth model in this study

การประเมินสีบริเวณคอฟัน

กำหนดจุดที่ใช้ในการวัดสีฟันโดยใช้หัวกรอเร็วเคลือบกากเพชรรูปเข็ม (needle-shaped diamond bur) ร่วมกับน้ำในการกรอบริเวณด้านใกล้แก้มขนาด 4 x 4 ตารางมิลลิเมตร โดยให้ความสูง 2 มิลลิเมตรอยู่บริเวณกลางฟัน (middle thirds) และอีก 2 มิลลิเมตรอยู่บริเวณคอฟัน (cervical thirds) ประเมินสีบริเวณคอฟันด้วยเครื่อง spectrophotometer (VITA Easys shade, VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) โดยให้

บริเวณพื้นหลังเป็นสีดำเพื่อจำลองสภาวะในช่องปาก ขณะประเมินสีฟันจะจับฟันบริเวณรากฟันด้วยผ้าก๊อชชุบน้ำหมาด โดยฟัน 1 จะทำการประเมินสี 5 ครั้ง และนำมาคิดค่าเฉลี่ย และกำหนดให้ใช้ระยะเวลาในการประเมินสีฟันในแต่ละช่วงเวลาไม่เกิน 10 นาที โดยเลือกใช้วิธีการวัดสีฟันธรรมชาติ 1 จุดในการศึกษานี้ และทำการสอบเทียบ (calibrate) เพื่อปรับสมดุลแสงขาว (white balance) เครื่องมือทุกครั้งที่ทำกรอวัดสีฟัน

วิเคราะห์สีที่เปลี่ยนแปลงไปโดยใช้ CIE L*a*b* color order system คำนวณสีที่เปลี่ยนแปลงจากสมการ

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

ทำการวัดที่ 5 ระยะเวลา ดังนี้

- วัดสีบริเวณคอฟันก่อนอุดวัสดุ
- ΔE_1 คือ ค่าสีบริเวณคอฟันหลังจากอุดวัสดุ 2 สัปดาห์
- ΔE_2 คือ ค่าสีบริเวณคอฟันหลังจากอุดวัสดุ 4 สัปดาห์
- ΔE_3 คือ ค่าสีบริเวณคอฟันหลังจากอุดวัสดุ 8 สัปดาห์
- ΔE_4 คือ ค่าสีบริเวณคอฟันหลังจากอุดวัสดุ 20 สัปดาห์

โดยค่าเฉลี่ยค่าที่มากกว่าหรือเท่ากับ 3.7 จึงจะสามารถมองเห็นความแตกต่างของสีได้ด้วยตาเปล่า

การศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรม

เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการศึกษาที่ 20 สัปดาห์ นำฟันทุกซี่ที่ใช้ในการศึกษามาตัดตามทางยาว (longitudinally) ในทิศใกล้กลาง-ไกลกลาง (medio-distal direction) ด้วยหัวกรอคาร์โบรันดัมดิสก์ (carborundum disc) จากนั้นจึงนำชิ้นฟันไปศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรม (OPMI pico, Carl Zeiss, Göttingen, Germany) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนสีของเนื้อฟันบริเวณที่สัมผัสกับวัสดุ

การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS โดยทำการทดสอบการกระจายของข้อมูลความแปรปรวนของข้อมูลด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov test วิเคราะห์ความแตกต่างของสีที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา และความแตกต่างของสีที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละวัสดุด้วยสถิติทดสอบทูเวย์ อโนวา (two-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นอกจากนี้วิเคราะห์การเปลี่ยนสีของเนื้อฟันบริเวณที่สัมผัสกับวัสดุโดยการพรรณนา

ผลการทดลอง (Results)

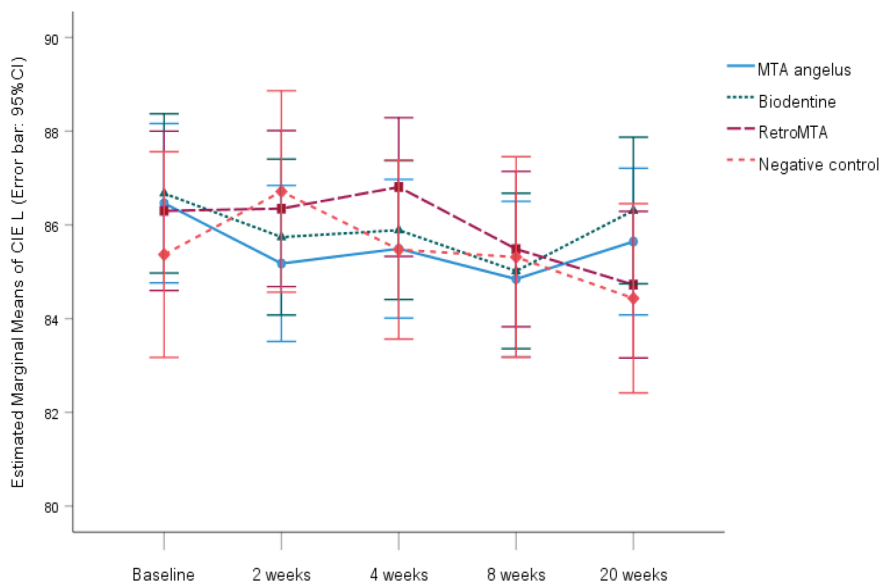
ตาราง 1 ค่าความสว่างของฟัน (CIE L*)

Table 1 Lightness of teeth (CIE L*).

กลุ่มการศึกษา	mean CIE L* parameter (±SD)				
	Baseline (L ₀)	2 weeks (L ₁)	4 weeks (L ₂)	8 weeks (L ₃)	20 weeks (L ₄)
MTA angelus (5)	86.46 (± 1.59)	85.18 (± 1.56)	85.49 (± 1.52)	84.84 (± 1.55)	85.64 (± 1.57)
Biodentine (5)	86.67 (± 1.68)	85.74 (± 1.39)	85.89 (± 1.96)	85.02 (± 2.12)	86.31 (± 2.05)
RetroMTA (5)	86.30 (± 2.21)	86.35 (± 2.37)	86.81 (± 1.39)	85.48 (± 1.84)	84.72 (± 1.62)
Negative control (3)	85.37 (± 1.24)	86.71 (± 1.02)	85.47 (± 0.76)	85.31 (± 0.63)	84.43 (± 0.15)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสว่างของฟัน ก่อนอุดวัสดุและภายหลังการอุดวัสดุเอ็มทีเอแองเจิลส์ โบโอเดนทีน เรโทรเอ็มทีเอ

และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ (ตารางที่ 1) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 4 กลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา (P > 0.05)



รูปที่ 2 แผนภูมิเส้นแสดงค่าความสว่างของฟันก่อนอุดวัสดุและหลังอุดวัสดุ 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์
Fig 2. Lightness before teeth were restored and at 2, 4, 8 and 20 weeks after restored.

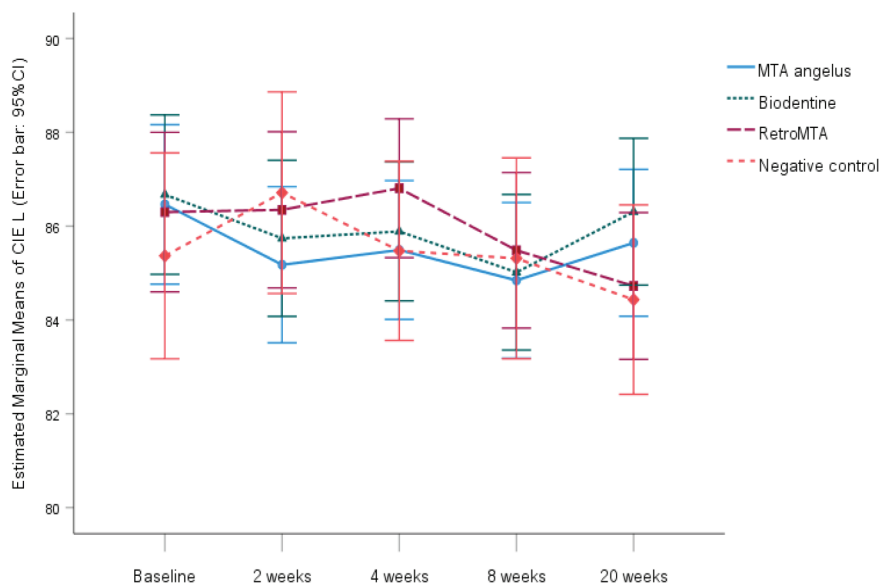
ตาราง 2 ระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียว (CIE a*)

Table 2. green-red opponent colors (CIE a*).

กลุ่มการศึกษา	mean CIE a* parameter (±SD)				
	Baseline (a0)	2 weeks (a1)	4 weeks (a2)	8 weeks (a3)	20 weeks (a4)
MTA angelus (5)	-0.09 (± 0.27)	0.38 (± 0.51)	0.26 (± 0.39)	0.11 (± 0.40)	0.19 (± 0.46)
Biodentine (5)	0.24 (± 0.33)	0.60 (± 0.43)	0.54 (± 0.52)	0.47 (± 0.62)	0.39 (± 0.41)
RetroMTA (5)	0.18 (± 0.15)	0.39 (± 0.23)	0.36 (± 0.27)	0.49 (± 0.46)	0.41 (± 0.48)
Negative control (3)	0.53 (± 0.35)	0.61 (± 0.39)	0.64 (± 0.39)	0.39 (± 0.34)	0.39 (± 0.47)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวของฟัน ก่อนอุดวัสดุ และภายหลังการอุดวัสดุเอ็มทีเอเองเจลลัส, โบโอเดนทีน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8,

20 สัปดาห์ (ตารางที่ 2) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 4 กลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา (P > 0.05)



รูปที่ 3 แผนภูมิเส้นแสดงระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวของฟันก่อนอุดวัสดุและหลังอุดวัสดุ 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์

Fig 3. green-red opponent colors before teeth were restored and at 2, 4, 8 and 20 weeks after restored.

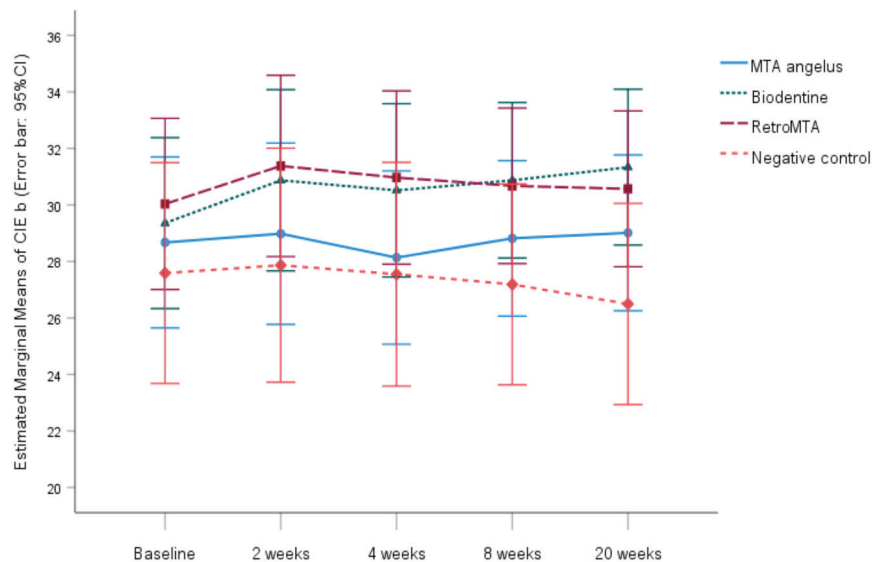
ตาราง 3 ระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงิน (CIE b*)

Table 3. yellow–blue opponent colors.

กลุ่มการศึกษา	mean CIE b* parameter (±SD)				
	Baseline (b ₀)	2 weeks (b ₁)	4 weeks (b ₂)	8 weeks (b ₃)	20 weeks (b ₄)
MTA angelus (5)	28.67 (± 4.35)	28.98 (± 4.25)	28.14 (± 4.12)	28.82 (± 4.14)	29.01 (± 3.88)
Biodentine (5)	29.36 (± 2.54)	30.87 (± 3.76)	30.52 (± 3.95)	30.87 (± 2.91)	31.34 (± 1.98)
RetroMTA (5)	30.04 (± 3.03)	31.38 (± 2.60)	30.97 (± 1.78)	30.68 (± 1.78)	30.57 (± 3.15)
Negative control (3)	27.59 (± 0.74)	27.87 (± 0.55)	27.55 (± 0.36)	27.19 (± 0.29)	26.49 (± 0.29)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงินของฟัน ก่อนอุดวัสดุ และภายหลังการอุดวัสดุเอ็มทีเอแองเจลลัส, ไบโอดেন্টิน, เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8,

20 สัปดาห์ (ตารางที่ 3) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 4 กลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา (P>0.05)



รูปที่ 4 แผนภูมิเส้นแสดงระดับสีในแนวแกนสีเหลือง-น้ำเงินของฟันก่อนอุดวัสดุและหลังอุดวัสดุ 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์

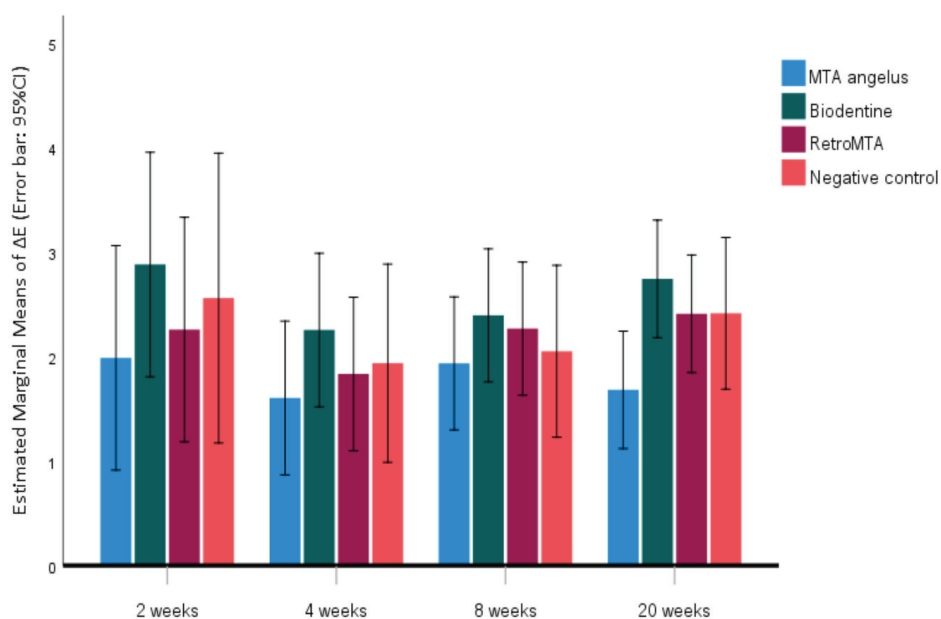
Fig 4. yellow–blue opponent colors before teeth were restored and at 2, 4, 8 and 20 weeks after restored.

ตาราง 4 ค่า ΔE Table 4. ΔE values.

กลุ่มการศึกษา	mean ΔE parameter (\pm SD)			
	2 weeks (ΔE_1)	4 weeks (ΔE_2)	8 weeks (ΔE_3)	20 weeks (ΔE_4)
MTA angelus (5)	1.99 (\pm 0.79)	1.60 (\pm 0.81)	1.93 (\pm 0.58)	1.68 (\pm 0.45)
Biodentine (5)	2.88 (\pm 1.64)	2.25 (\pm 0.78)	2.39 (\pm 0.67)	2.74 (\pm 0.83)
RetroMTA (5)	2.26 (\pm 0.67)	1.83 (\pm 0.82)	2.27 (\pm 0.30)	2.41 (\pm 0.21)
Negative control (3)	2.56 (\pm 1.13)	1.94 (\pm 0.50)	2.05 (\pm 1.16)	2.41 (\pm 0.72)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสีฟันที่เปลี่ยนแปลงไปที่ระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนอุดวัสดุที่ได้จากการคำนวณภายหลังการอุดวัสดุเอ็มทีเอแองเจลัส, ไบโอดেন্টิน, เรโทรเอ็มทีเอ

และกลุ่มควบคุมเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ (ตารางที่ 4) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 4 กลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลา ($P > 0.05$)



รูปที่ 5 แผนภูมิแท่งแสดงค่า ΔE ระหว่างก่อนอุดวัสดุและหลังอุดวัสดุที่ระยะเวลา 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์
Fig 5. ΔE between value of teeth before restored and at 2, 4, 8 and 20 weeks after restored.



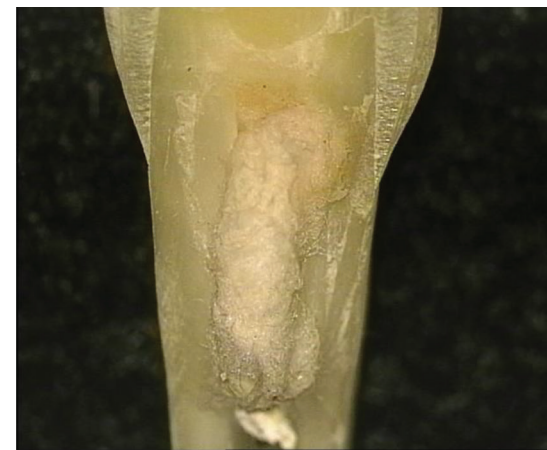
ก.



ข.



ค.



ง.

รูปที่ 6 การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรมภายหลังบูรณะด้วย
ก. เอ็มทีเอแองเจลลัส, ข. ไบโอบีเดนทีน, ค. เรโทรเอ็มทีเอ และกลุ่มควบคุม เป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์
Fig 6. Dental operating microscope examination after restored with ก. MTA angelus,
ข. Biodentine, ค. RetroMTA and ง. Negative control 20 weeks.

บทวิจารณ์ (Discussion)

จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของสีฟันที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการอุดด้วยไบโอเดนตินบริเวณคอฟันเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Shokouhinejad และคณะปี 2016 (7) ศึกษาที่ระยะเวลา 4 และ 24 สัปดาห์ และการศึกษาของ Vallés และคณะ (9) ศึกษาที่ระยะเวลา 1, 2, 4, 12 และ 24 สัปดาห์ ซึ่งพบว่าฟันมีค่าเฉลี่ยสีที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยของสีฟันค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไปเช่นเดียวกันกับผลจากการศึกษาที่ขัดแย้งกับการศึกษาของ Kohli และคณะปี 2015 (8) ซึ่งศึกษาที่ระยะเวลา 8 สัปดาห์และการศึกษาของ Bhavya และคณะ ปี 2017 (10) ศึกษาที่ระยะเวลา 2, 4 และ 6 สัปดาห์ พบว่ามีค่าเฉลี่ยของสีฟันเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถึงแม้ว่าผลจากการศึกษาทั้งสองจะพบว่าไบโอเดนตินส่งผลให้ฟันมีค่าเฉลี่ยของสีที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.42-3.26 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 3.7 จึงไม่สามารถสังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงของสีได้ด้วยตาเปล่า (8,11) จึงยังกล่าวได้ว่าจากการศึกษาที่ผ่านมาทั้งหมดรวมถึงในการศึกษานี้ไบโอเดนตินไม่ส่งผลให้ฟันเกิดการเปลี่ยนสี

ค่าเฉลี่ยของสีฟันที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการอุดด้วยเรโพรเอ็มทีเอบริเวณคอฟันเป็นระยะเวลา 2, 4, 8, 20 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kang และคณะปี 2015 (12) ศึกษาที่ระยะเวลา 4, 8, 12 และ 16 สัปดาห์ และการศึกษาของ Lim และคณะปี 2017 (13) ศึกษาที่ระยะเวลา 1, 2, 4, 8, 12 และ 16 สัปดาห์ ซึ่งพบว่าฟันมีค่าเฉลี่ยสีที่เปลี่ยนแปลงไปไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกันโดยค่าเฉลี่ยของทั้งสองการศึกษาและการศึกษานี้มีค่าน้อยกว่า 3.7 จึงทำให้ไม่สามารถมองเห็นความเปลี่ยนแปลงของสีฟันเมื่ออุดด้วยเรโพรเอ็มทีเอบริเวณคอฟัน

จากการศึกษานี้พบว่าเอ็มทีเอเองเจลลัสไม่ส่งผลให้ฟันมีค่าเฉลี่ยของสีฟันที่เปลี่ยนไปแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ทุกช่วงเวลาเช่นเดียวกัน แตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมาที่พบว่าเอ็มทีเอเองเจลลัสจะส่งผลให้ฟันมีการเปลี่ยนสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (12,14,15) เนื่องจากในปัจจุบันเอ็มทีเอเองเจลลัสได้มีการเปลี่ยนแปลงสารที่บรรจุจากบิสหมัทออกไซค์มาใช้แคลเซียมทั้งสเตรตจึงสามารถลดผลกระทบจากบิสหมัทออกไซค์ที่ส่งผลให้ฟันมีการเปลี่ยนสีได้

เมื่อนำผลการศึกษาของเอ็มทีเอเองเจลลัส, ไบโอเดนติน และเรโพรเอ็มทีเอ ที่ระยะเวลาศึกษา 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์ มาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้ในการศึกษานี้ในช่วง 1.60-2.88 ซึ่งอยู่ในช่วงที่ไม่สามารถมองเห็นความเปลี่ยนแปลงของสีได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งค่าเฉลี่ยในแต่ละการศึกษามีความแตกต่างกันอาจเป็นผลมาจากการออกแบบการศึกษาที่แตกต่างกัน รวมถึงการใช้เอ็มทีเอเองเจลลัสรุ่นเก่าจึงทำให้ผลการศึกษาแตกต่างกับการศึกษานี้ Marconyak และคณะปี 2016 (14) พบว่าเมื่ออุดด้วยเอ็มทีเอเองเจลลัสฟันมีสีที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 3.7 สูงกว่าฟันที่ได้รับการอุดด้วยไบโอเดนตินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Madani และคณะ ปี 2019 (15) พบว่าที่ระยะเวลา 4 และ 24 สัปดาห์ ฟันที่ได้รับการอุดด้วยเอ็มทีเอเองเจลลัสมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มไบโอเดนตินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในกลุ่มควบคุมที่ใช้สำลีส่วมกับสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ชาโลนใส่แทนวัสดุที่ต้องการศึกษาพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปฟันในกลุ่มนี้ก็มีการเปลี่ยนแปลงไปโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.94-2.56 ซึ่งไม่แตกต่างจากทุกกลุ่มการศึกษาในทุกช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่สามารถสังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงของสีได้ด้วยตาเปล่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Shokouhinejad และคณะปี 2016 (7) พบว่าฟัน

ธรรมชาติที่ได้รับการดูดด้วยพลาสติกโฟมร่วมกับน้ำเกลือในบริเวณคอพินและบูรณะทางเปิดสู่คลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิตมีสีฟันที่เปลี่ยนแปลงไปที่ระยะเวลา 4 และ 24 สัปดาห์ และการศึกษาของ Kang และคณะ ปี 2015 (12) พบว่าฟันธรรมชาติในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ดูดด้วยวัสดุกลุ่มไบโอเซรามิกมีการเปลี่ยนสีเช่นเดียวกันโดยแนวโน้มการเปลี่ยนสีของฟันเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือมีสีที่เปลี่ยนแปลงไปเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ทั้งนี้เชื่อว่าการมีวัสดุในบริเวณโพรงฟันส่งผลให้ฟันสูญเสียความโปร่งแสง (translucency) จึงทำให้เห็นความเปลี่ยนแปลงเมื่อวัสดุฟันด้วยเครื่องวัดความเข้มของแสงที่มีความแม่นยำสูง การศึกษาในเรื่องผลกระทบต่อสีฟันจึงจำเป็นต้องระลึกไว้เสมอถึงการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวแม้ไม่มีผลที่มาจากวัสดุที่ต้องการศึกษา

สาเหตุที่ทำให้ฟันเกิดการเปลี่ยนสีจากการใช้โพรรูเทียมทีเอคือบิสฟีนอกโซลด์ วัสดุไบโอเซรามิกกลุ่มใหม่จึงมีการเปลี่ยนสารที่บรังสี Marciano และคณะ ปี 2016 (16) พบว่าการใช้เซอร์โคเนียมออกไซด์และแคลเซียมทั้งสเตรตเป็นสารที่บรังสีในพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ไม่ทำให้ฟันเกิดการเปลี่ยนสีและเมื่อนำไปทดสอบกับสารละลายคอลลาเจนเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมงเพื่อจำลองการสัมผัสกับคอลลาเจนในท่อนื้อฟันพบว่าบิสฟีนอกโซลด์มีการเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสีเทาในขณะที่เซอร์โคเนียมออกไซด์และแคลเซียมทั้งสเตรตไม่มีการเปลี่ยนสี แม้ว่าการใช้เซอร์โคเนียมออกไซด์เป็นสารที่บรังสีจะให้ผลการศึกษาที่ดีแต่อย่างไรก็ตามการปรับเปลี่ยนสารที่บรังสีในวัสดุอาจทำให้คุณสมบัติของไบโอเซรามิกมีการเปลี่ยนแปลงได้ จึงมีแนวคิดในการพัฒนาวัสดุไบโอเซรามิกที่องค์ประกอบหลักมีคุณสมบัติที่บรังสี เช่น การใช้สารประกอบเซอร์โคเนียมออกไซด์ร่วมกับแคลเซียมอลูมิเนียมเกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมอลูมิเนียมเซอร์โคเนต ($\text{Ca}_7\text{ZrAl}_6\text{O}_{18}$) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเรโพรเอ็มทีเอ (17) สอดคล้องกับผลการศึกษานี้ที่พบว่าไบโอเดนทิน, เอ็มทีเอแองเจลลัส และเรโพรเอ็มทีเอไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของฟัน

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณตัวฟันจากวัสดุไบโอเซรามิกในอดีตที่ผ่านมาได้มีการออกแบบการศึกษาโดยเปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันและอุดวัสดุที่ต้องการศึกษาในบริเวณโพรงเนื้อเยื่อในผ่านทางปลายรากฟัน (8,11,18) ซึ่งในการรักษาด้วยวิธีการทำรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติกนั้นวัสดุไบโอเซรามิกจะวางปิดทับบนลิ้มเลือดที่บริเวณคอพิน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงออกแบบวิธีการทดลองให้มีความใกล้เคียงกับการใช้งานจริงทางคลินิกโดยอ้างการเตรียมฟันจากการศึกษาของ Shokouhinejad และคณะ ปี 2016 (7) โดยทำการเปิดทางเข้าสู่คลองรากฟัน และเตรียมคลองรากฟันจากบริเวณตัวฟันด้วยหัวกรอเกทส์กลิตเดนตั้งแต่เบอร์ 1 ถึงเบอร์ 6 ตามลำดับ เพื่อควบคุมให้ฟันทุกซี่มีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับวัสดุที่ต้องการศึกษาใกล้เคียงกัน และทำการล้างคลองรากฟันครั้งสุดท้ายด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 10 มิลลิลิตรเพื่อลดผลข้างเคียงของน้ำยาล้างคลองรากฟันที่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของวัสดุกลุ่มไบโอเซรามิก (19-21) ถึงแม้จะมีการศึกษาพบว่าเตรียมฟันโดยการเปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันจากบริเวณตัวฟันจะส่งผลให้ฟันมีสีที่เปลี่ยนไปเล็กน้อย แต่พบว่าไม่ส่งผลให้สีฟันเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (15) ฟันทุกซี่ในการศึกษานี้จะถูกเก็บไว้ในกล่องใสความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ที่อุณหภูมิห้องตลอดการศึกษา และจากการศึกษานำร่อง (pilot study) ด้วยวิธีวิจัยนี้เมื่ออุดไวท์เอ็มทีเอแองเจลลัสรุ่นเก่าที่มีบิสฟีนอกโซลด์เป็นสารที่บรังสีบริเวณคอพินพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะเวลา 5 สัปดาห์ (ก่อนอุดวัสดุ 85.96 และที่ 5 สัปดาห์ 84.42) และมีค่าระดับสีในแนวแกนสีแดง-เขียวที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะเวลา 5 สัปดาห์ (ก่อนอุดวัสดุ 0.23 และที่ 9 สัปดาห์ -0.35) จากค่าความสว่างที่ลดลงและมีการเปลี่ยนสีเป็นสีเขียวที่มากขึ้นแสดงให้เห็นว่าวิธีวิจัยนี้สามารถแสดงให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณคอพินได้ แม้ว่าวัสดุที่ใช้ในการศึกษาเหล่านี้จะใช้อุดในส่วนคลองรากฟันแต่การนำมาอุดบริเวณโพรง

เนื้อเยื่อในโดยตรงจะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้นบริเวณตัวฟันได้ชัดเจน การศึกษาเรื่องผลของวัสดุต่อการเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณตัวฟันในอดีตรวมถึงการศึกษาที่จึงอุทิศวัสดุที่ต้องการศึกษาบริเวณโพรงเนื้อเยื่อใน

ปัจจุบันมีการนำเครื่องวัดความเข้มของแสงและเครื่องวัดสีมาใช้เทียบสีฟันในคลินิก พบว่าการใช้เครื่องวัดความเข้มของแสงมีผลเที่ยงตรงสูง การศึกษาวิจัยนิยมวัดสีฟันในระบบ CIE L*a*b* และนำค่าสีที่วัดได้ทั้งสามมาคำนวณจะได้ค่าระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean distance) หรือเดลต้าอีซึ่งแสดงถึงสีของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไป ในการศึกษาเลือกใช้เครื่องวัดความเข้มของแสง VITA Easyshade มาใช้ในการวัดผลเนื่องจาก VITA Easyshade เป็นระบบที่มีความเที่ยงตรงสูง นอกจากนี้ยังพบว่าแสงธรรมชาติจากภายนอกที่ระยะเวลาแตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการเทียบสีฟันในระบบ CIE L*a*b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (22,23)

ในการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรมเพื่อสังเกตความเปลี่ยนแปลงด้วยตาเปล่าของสีเนื้อฟันบริเวณที่สัมผัสกับวัสดุโดยตรงเมื่อเปรียบเทียบกับสีของเนื้อฟันบริเวณใกล้เคียงที่ไม่สัมผัสกับวัสดุที่ต้องการศึกษา พบว่าสีของเนื้อฟันที่สัมผัสกับเอมทิเอเองเจลลัส, ไบโอเดนทีน, เรโทรเอ็มทิเอ รวมถึงกลุ่มควบคุมไม่เปลี่ยนแปลง สอดคล้องกับผลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดความเข้มของแสง พบว่าทุกกลุ่มการศึกษาและทุกระยะเวลามีค่าเดลต้าอีน้อยกว่า 3.7 ซึ่งไม่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีฟันได้ด้วยตาเปล่า

ความหนาของเนื้อฟันเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถส่งผลต่อสีบริเวณคอฟฟันได้ (14,24) ในการศึกษาที่ใช้ฟันกรามน้อยล่างรากเดี่ยวของมนุษย์ซึ่งมีความหนาของเนื้อฟันบริเวณคอฟฟันมากกว่าฟันหน้า แม้ว่าจะไม่พบความเปลี่ยนแปลงของสีบริเวณคอฟฟันแต่จากการคำนวณค่าเดลต้าอีพบว่า มีแนวโน้มที่จะมีสีฟันเปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น เป็นไปได้ว่าฟันอาจ

มีการเปลี่ยนสีได้ในอนาคต นอกจากนี้ความทึบแสง (opacity) และความโปร่งแสงของเนื้อฟันและเคลือบฟันยังมีผลต่อสีฟัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณคอฟฟันซึ่งมีเคลือบฟันบางกว่าบริเวณอื่น สีของฟันในบริเวณนี้จึงได้รับอิทธิพลมาจากสีเนื้อฟันเป็นหลัก ดังนั้นหากวัสดุทำให้เนื้อฟันเปลี่ยนสีย่อมส่งผลต่อสีที่แสดงออกมาที่บริเวณคอฟฟันด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ความหนาแน่นและขนาดของท่อเนื้อฟันอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนสีของฟันจึงมีหลายการศึกษา (25-27) แนะนำให้เคลือบเนื้อฟันด้วยสารยึดติด (dentin bonding agents) เพื่อปิดท่อเนื้อฟันลดการเปลี่ยนสีที่เกิดขึ้นจากการใช้วัสดุกลุ่มไบโอเซรามิกและยาที่ใช้ในกระบวนการรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโด ดอนติคส์ อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นเพื่อศึกษาผลกระทบของวัสดุต่อสีฟันโดยตรงแต่ในทางปฏิบัติในคลินิกอาจมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ผลกระทบจากยาที่ใช้ในคลองรากฟัน การสัมผัสกับลิ้มเลือดในคลองรากฟัน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษานี้พบว่า การนำเอมทิเอเองเจลลัส, ไบโอเดนทีน และเรโทรเอ็มทิเอมาใช้ในกระบวนการรีเจนเนอเรทีฟ เอ็นโดดอนติคส์ ไม่ส่งผลให้ฟันบริเวณคอฟฟันเกิดการเปลี่ยนสี

บทสรุป (Conclusion)

เอมทิเอเองเจลลัส, ไบโอเดนทีน และเรโทรเอ็มทิเอส่งผลให้มีการเปลี่ยนสีบริเวณคอฟฟันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะเวลา 2, 4, 8 และ 20 สัปดาห์ และนอกจากนี้พบว่าเอมทิเอเองเจลลัส, ไบโอเดนทีน และเรโทรเอ็มทิเอไม่ทำให้เนื้อฟันบริเวณที่สัมผัสกับวัสดุเปลี่ยนสี

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบพระคุณ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ผู้สนับสนุนทุนอุดหนุนงานวิจัย ขอขอบพระคุณคณาจารย์ สาขาวิทยาเอ็นโดดอนต์ทุกท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะเพื่อให้งานวิจัยมีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และบุคลากรประจำภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่าน รวมไปถึงเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาทันตวัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Murray PE, Garcia-Godoy F, Hargreaves KM. Regenerative endodontics: a review of current status and a call for action. *J Endod.* 2007;33(4):377-90.
2. Gandolfi M, Siboni F, Polimeni A, Bossù M, Riccitiello F, Rengo S, et al. *In vitro* screening of the apatite-forming ability, biointeractivity and physical properties of a tricalcium silicate material for endodontics and restorative dentistry. *Dent J.* 2013;1(4):41-60.
3. Che J-L, Kim J-H, Kim S-M, Choi N-k, Moon H-J, Hwang M-J, et al. Comparison of setting time, compressive strength, solubility, and pH of four kinds of MTA. *Korean J Dent Mater.* 2016;43(1):61-71.
4. Torabinejad M, Hong C, McDonald F, Ford TP. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod.* 1995;21(7):349-53.
5. Vallés M, Mercadé M, Duran-Sindreu F, Bourdelande JL, Roig M. Influence of light and oxygen on the color stability of five calcium silicate-based materials. *J Endod.* 2013;39(4):525-8.
6. Diogenes A, Henry MA, Teixeira FB, Hargreaves KM. An update on clinical regenerative endodontics. *Endod Topics.* 2013;28(1):2-23.
7. Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Pirmoazen S, Shamshiri AR, Dummer PM. Evaluation and comparison of occurrence of tooth discoloration after the application of various calcium silicate-based cements: an *ex vivo* study. *J Endod.* 2016;42(1):140-4.
8. Kohli MR, Yamaguchi M, Setzer FC, Karabucak B. Spectrophotometric analysis of coronal tooth discoloration induced by various bioceramic cements and other endodontic materials. *J Endod.* 2015;41(11):1862-6.
9. Vallés M, Roig M, Duran-Sindreu F, Martínez S, Mercadé M. Color Stability of Teeth Restored with Biodentine: A 6-month *in vitro* Study. *J Endod.* 2015;41(7):1157-60.
10. Bhavya B, Sadique M, Simon EP, Ravi SV, Lal S. Spectrophotometric analysis of coronal discoloration induced by white mineral trioxide aggregate and Biodentine: An *in vitro* study. *J Conserv Dent.* 2017;20(4):237-40.
11. Ioannidis K, Mistakidis I, Beltes P, Karagiannis V. Spectrophotometric analysis of crown discoloration induced by MTA-and ZnOE-based sealers. *J Appl Oral Sci.* 2013;21(2):138-44.
12. Kang S-H, Shin Y-S, Lee H-S, Kim S-O, Shin Y, Jung I-Y, et al. Color changes of teeth after treatment with various mineral trioxide aggregate-based materials: an *ex vivo* study. *J Endod.* 2015;41(5):737-41.
13. Lim Y, Choi N, Kim J, Kim S. Spectrophotometric Analysis of Crown Discoloration Induced by Various MTA Based Materials. *J Korean acad pediatr dent.* 2017;44(1):28-37.

14. Marconyak LJ, Kirkpatrick TC, Roberts HW, Roberts MD, Aparicio A, Himel VT, et al. A Comparison of Coronal Tooth Discoloration Elicited by Various Endodontic Reparative Materials. *J Endod.* 2016;42(3):470-3.
15. Madani Z, Alvandifar S, Bizhani A. Evaluation of tooth discoloration after treatment with mineral trioxide aggregate, calcium-enriched mixture, and Biodentine® in the presence and absence of blood. *Dent Res J.* 2019;16(6):377.
16. Marciano MA, Costa RM, Camilleri J, Mondelli RFL, Guimaraes BM, Duarte MAH. Assessment of color stability of white mineral trioxide aggregate angelus and bismuth oxide in contact with tooth structure. *J Endod.* 2014;40(8):1235-40.
17. Kim Y, Kim S, Choi N. Regenerative endodontic treatment without discoloration of infected immature permanent teeth using Retro MTA : Two case reports. *J Korean acad pediatr dent.* 2014;41(4):335-43.
18. Alsubait S, Al-Haidar S, Al-Sharyan N. A comparison of the discoloration potential for endosequence bioceramic root repair material fast set putty and proroot mta in human teeth: an in vitro study. *J Esthet Restor Dent.* 2017;29(1):59-67.
19. Camilleri J. Color stability of white mineral trioxide aggregate in contact with hypochlorite solution. *J Endod.* 2014;40(3):436-40.
20. Keskin C, Demiryurek EO, Ozyurek T. Color Stabilities of Calcium Silicate-based Materials in Contact with Different Irrigation Solutions. *J Endod.* 2015;41(3):409-11.
21. Marciano MA, Duarte MAH, Camilleri J. Dental discoloration caused by bismuth oxide in MTA in the presence of sodium hypochlorite. *Clin Oral Investig.* 2015;19(9):2201-9.
22. Posavec I, Prpić V, Knezovic D. Influence of Light Conditions and Light Sources on Clinical Measurement of Natural Teeth Color using VITA Easyshade Advance 4.0® Spectrophotometer. Pilot Study. *Acta Stomatol Croat.* 2016;50:337-47.
23. Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee AG. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J Prosthet Dent.* 2009;101(3):193-9.
24. Marques RB, Baroudi K, Santos AFCd, Pontes D, Amaral M. Tooth discoloration using calcium silicate-based cements for simulated revascularization *in Vitro.* *Brazilian Dental Journal.* 2021;32:53-8.
25. Shokouhinejad N, Khoshkhounejad M, Alikhasi M, Bagheri P, Camilleri J. Prevention of coronal discoloration induced by regenerative endodontic treatment in an ex vivo model. *Clinical oral investigations.* 2018;22(4):1725-31.
26. Akbari M, Rouhani A, Samiee S, Jafarzadeh H. Effect of dentin bonding agent on the prevention of tooth discoloration produced by mineral trioxide aggregate. *Int J Dent.* 2012;2012.
27. Khim TP, Sanggar V, Shan TW, Peng KC, Western JS, Dicksit DD. Prevention of coronal discoloration induced by root canal sealer remnants using Dentin Bonding agent: An *in vitro* study. *J Conserv Dent.* 2018;21(5):562-8.

ติดต่อบทความ:

อ.ทพญ.กุลนันท์ ดำรงวุฒิ
ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110
โทรศัพท์: 02 649 5212
อีเมล: kunlanun_d@hotmail.com

Corresponding author:

Dr.Kunlanun Dumrongvute
Department of Conservative Dentistry and
Prosthodontics, Faculty of Dentistry,
Srinakharinwirot University, 114, Sukhumvit 23,
Wattana, Bangkok 10110, Thailand.
Tel: 02 649 5212
E-mail: kunlanun_d@hotmail.com

Received Date: Aug 25, 2021

Revised Date: Oct 01, 2021

Accepted Date: Dec 16, 2021

Factors Associated with Treatment Outcome of Carbon Dioxide Laser for Trigeminal Neuralgia

Sunisa Rochanavibhata* Wichuda Kongsong*

Abstract:

Objective: To report the treatment outcome and identify factors associated with treatment outcome of using carbon dioxide (CO₂) laser neural ablation for trigeminal neuralgia (TN).

Materials and methods: This was a retrospective study of 36 patients who underwent CO₂ laser neural ablation to treat TN. The medical records were reviewed and analyzed. Pain relief for at least 1 year after the procedure would be classified as treatment success.

Results: For the total of 36 patients, 15 of them (41.7%) achieved the treatment success. Regarding the factors associated with the treatment outcome, the total daily dose of carbamazepine of 600 mg or less per day and shorter duration of symptoms prior to receiving the operation (persistent symptom of 3 years or less) were related to success of treatment. The odds ratios of both factors were 12 (95% CI = 1.6-87.9) for the carbamazepine dose, and 16 (95% CI = 2.2-112.9) for the duration of persistent symptom of 3 years or less.

Conclusions: The CO₂ laser neural ablation decreased the pain symptoms of the patients with TN. The preoperative dose of carbamazepine and the duration of symptoms prior to treatment were associated with good treatment outcomes of CO₂ laser for TN.

Keywords: Trigeminal neuralgia, Tic Douloureux, Carbone dioxide laser, Lasers

* Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, 34 Henri-Dunant Rd, Patumwan, Bangkok, 10330 Thailand.

Introduction

According to the 1st edition of the International Classification of Orofacial Pain (ICOP), trigeminal neuralgia (TN) or Tic Douloureux is defined as a disorder characterized by recurrent unilateral brief electric shock-like pain that is abrupt in its onset and termination. The pain is triggered by innocuous stimuli within the affected distribution of one or more divisions of the trigeminal nerve (1). An estimated prevalence of 0.3% was reported in the population-based study (2). In Thailand, approximately 40 patients with naive trigeminal neuralgia were reported each year at a tertiary care center (3). The peak incidence of TN was in the age range of 50-65 years and sexual predilection for female (4,5). Time-lapse before the establishment of TN diagnosis in the majority of patients was at 1 year or less. However, approximately 14.2% of patients suffered from TN since there was a further delay of up to 3 years or more before the diagnosis was made, resulting in further delay of the appropriate treatment (5).

The medication commonly used as the first-line treatment is sodium channel blocker anticonvulsant drugs; i.e. carbamazepine or oxcarbazepine (4,5). The adverse effects caused by these drugs are somnolence, postural unbalance, dizziness, liver dysfunction, anemia, leukopenia, thrombocytopenia, and allergic reactions (4,6,7). The patients that do not respond to the medical treatment, or cannot tolerate the side effects of the medications will be referred to neurosurgeons for surgical interventions including microvascular decompression, procedures targeting the Gasserian ganglion, and peripheral surgeries at neural trigger

points (4). Because the peripheral procedures rarely provide pain relief beyond 1 year, these procedures are suggested for emergency use or patients whose medical problems would restrict other surgical options (8,9). Cryotherapy, peripheral neurectomy, and peripheral laser therapy are examples of the peripheral procedures.

Lasers have been introduced as an alternative or adjunctive management of TN due to their analgesic effect, safety, and considerably minimally invasive procedure (10,11). Various types of laser have been reported for the treatment of TN, including helium-neon (He-Ne) laser (12) and GaAlAs diode laser (13-15). Although the use of these lasers has many advantages, multiple sessions are required to obtain sufficient pain relief. Currently, a carbon dioxide (CO₂) laser with a 10,600 nm wavelength is also used for treating TN. Refractory or intolerance to the adverse effects of the medications and significant medical conditions of the patients, this laser has become the treatment of choice for patients who decline major surgeries, such as microvascular decompression (16, 17). After performing CO₂ laser ablation on an affected nerve, the pain is absent or promptly decreased for a certain period (17). Sessirisombat (16) reported a significant difference in pain scores between pre- and post-operation after 1 year follow-up period. However, factors associated with the treatment outcome of CO₂ laser ablation have not been reported. Thus, the purpose of this study was to report the result of the treatment and identify the factors associated with the treatment outcome of CO₂ laser neural ablation for TN.

Materials and methods

This was a retrospective study of patients who underwent CO₂ laser neural ablation to treat TN from January 2004 to December 2017 at the Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University. The inclusion criteria were the patients diagnosed as TN at only one branch, underwent the CO₂ laser neural ablation, and had a follow-up period of at least 1 year. The exclusion criteria were the patients with secondary TN, TN affecting more than one branch, atypical face pain, other cranial nerve neuralgia, uncontrolled systemic diseases, previous surgery for the treatment of TN, psychological problems, or pain recurrence on the other nerves. The study was approved by the Human Research Ethics Committee of the Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University (HREC-DCU 2019-012).

All patients underwent CO₂ laser neural ablation by the same oral and maxillofacial surgeon under local anesthesia. The surgical procedure was reported in our previous study (17). The affected nerve was identified and exposed at least 1 cm in length from the foramen via vestibular incision. Then, the nerve was ablated with a 10,600-nm CO₂ laser (Captain 30, SM Medical, Korea) in defocus and continuous mode at 5 W using a 50-mm tip for 30 sec (Fig 1). The wound was closed with resorbable sutures. Ibuprofen 400 mg tablets were prescribed for postoperative pain control. Patients were followed-up at 1 week, 1 month, and every 3-6 months after the surgery to assess the wound healing, postoperative symptoms, and the amount of carbamazepine used for postoperative neuropathic pain control.

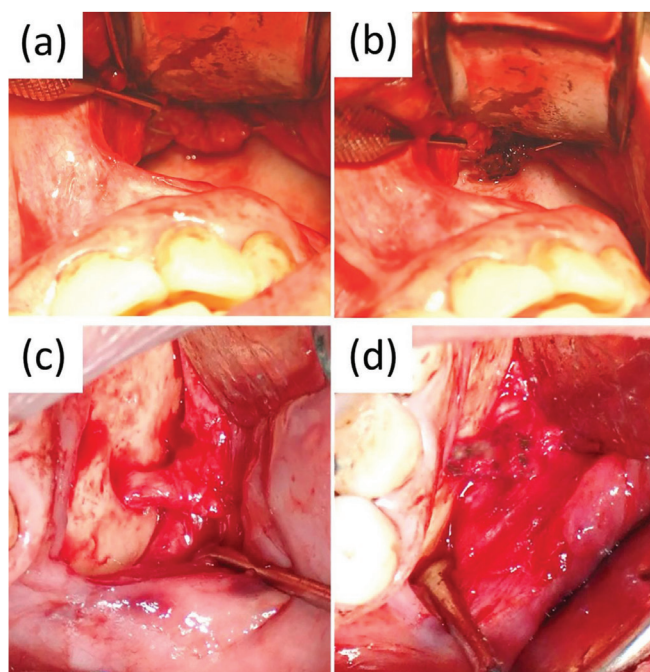


Fig 1. The surgical procedure (a) Left infraorbital and (c) left mental nerve, were identified and exposed at least 1 cm in length from the foramen via vestibular incision (b, d). The affected nerves were ablated with CO₂ laser for 30 sec.

Data were collected from medical records. The predictive variables were gender, age (≤ 60 or > 60 years), affected face side (right or left), affected trigeminal nerve division (maxillary or mandibular division), preoperative total daily dose of carbamazepine (≤ 600 or > 600 mg), and duration of symptoms before operation (≤ 3 or > 3 years). The criteria employed for treatment outcome were modified from the literature (8,15,17). The outcome variable to be recorded was the presence of pain relief, which was defined as a pain-free period without the need for carbamazepine use, or reduction of pain with at least a 50 percent decrease in carbamazepine doses compared with those preoperatively. The treatment was considered a success when the duration of pain relief of at least 1 year could be achieved.

Statistical analysis

The data were analyzed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS) version 22.0 (IBM, Chicago, IL, USA). Descriptive statistics were computed to summarize the characteristics of the variables. For categorical variables, the results were reported using frequency and

percentage. For continuous variables, the results were reported using mean and standard deviation (SD). The relation between the predictive variable and treatment outcome was analyzed using Chi-square test. The binary logistic regression was conducted to calculate the odds ratios (ORs) and corresponding 95% confidence intervals (CIs) of the meaningful associations of the predictive variable and expected treatment outcome. A P-value less than 0.05 was considered statistically significant.

Results

A total of 36 patients with a mean age of 61.5 ± 12.9 years were recruited in the present study (Table 1). Most patients were female (21, 58.3%) and had the pain on the right of the face (21, 58.3%). The majority of affected trigeminal division was the mandibular division (22, 61.1%), especially the mental nerve. The mean total daily dose of carbamazepine and the duration of symptoms before the operation were 675 ± 407.3 mg and 48.9 ± 48.3 months, respectively. Postoperatively, pain had been decreased for 0-62 months.

Table 1. Characteristics of the variables.

Variables (n = 36)	Overall (n = 36)	Pain relief at least 1 year after CO ₂ laser	
		Yes (n = 15, 41.7%)	No (n = 21, 58.3%)
1. Age (years)	61.5 ± 12.9	62.9 ± 12.8	60.5 ± 13.2
2. Gender (%)			
- Male	41.7	16.7	25
- Female	58.3	25	33.3
3. Affected facial side (%)			
- Right	58.3	25	33.3
- Left	41.7	16.7	25
4. Affected trigeminal nerve division (%)			
- Maxillary division	38.9	13.9	25
- Mandibular division	61.1	27.8	33.3
5. Preoperative dose of carbamazepine (mg)	675 ± 407.3	526.7 ± 249.2	781 ± 467.6
6. Duration of symptoms before operation (months)	48.9 ± 48.3	26.8 ± 15.4	64.6 ± 57.4

Of the 36 patients, 15 patients (41.7%) had pain relief for at least 1 year after CO₂ laser ablation. The pain relief period of this group was 26.1 ± 17.6 months. Another group (58.3%) had pain relief less than 1 year after treatment. The pain of the second group was recurred at 5.4 ± 3.2 months postoperatively.

Gender, age, affected facial side and affected trigeminal division showed no significant relation with pain relief for at least 1 year after CO₂ laser for treatment of TN (Table 2). Factors associated with this treatment outcome were the

total daily dose of carbamazepine ($p = 0.03$) and duration of symptoms before operation ($p = 0.01$). After the operation, the patients with the use of carbamazepine ≤ 600 mg/day were 12 times more likely to have a pain relief period of at least 1 year compared with those with use of carbamazepine more than 600 mg/day (OR = 12, 95% CI = 1.6-87.9, $p = 0.02$). Moreover, the patients presented with symptoms ≤ 3 years potentially had pain relief at least 1 year 16 times to those with pain occurred more than 3 years (OR = 16, 95% CI = 2.2-112.9, $p = 0.01$).

Table 2. Factor associated with pain relief at least 1 year after using CO₂ laser for treatment of TN.

Variables (n = 36)	Pain relief at least 1 year after CO ₂ laser (%)		p-value
	Yes (41.7)	No (58.3)	
1. Gender			0.86
- Male (41.7%)	16.7	25	
- Female (58.3%)	25	33.3	
2. Age			0.65
- ≤ 60 years (44.4%)	16.7	27.8	
- > 60 years (55.6%)	25	30.6	
3. Affected facial side			0.86
- Right (58.3%)	25	33.3	
- Left (41.7%)	16.7	25	
4. Affected trigeminal nerve division			0.56
- Maxillary division (38.9%)	13.9	25	
- Mandibular division (61.1%)	27.8	33.3	
5. Preoperative dose of carbamazepine			0.03*
- ≤ 600 mg/day (66.7%)	36.1	30.6	
- > 600 mg/day (33.3%)	5.6	27.8	
6. Duration of symptoms before operation			0.01*
- ≤ 3 years (61.1%)	36.1	25	
- > 3 years (38.9%)	5.6	33.3	

**Statistically significant level at $p < 0.05$.

An important postoperative complication was an alteration of sensation. Thirty-four patients (94.4%) had hypoesthesia or paresthesia after CO₂ laser. Of the 34 patients, 8 patients (23.5%) had a complete recovery from the alteration of sensation within 3–15 months postoperatively. Although most patients had some degree of prolonged neurosensory deficit, they did not realize this complication.

Discussion

Recently, there are a variety of treatment modalities for TN, both medical and surgical, to relieve and prevent episodes of pain. Treatment options are based on many factors, including patient's age, life expectancy, medical and psychiatric status, patient's compliance, and tolerability to adverse drug effects (6, 18). Blocking transmission of sensory pathways by damaging

parts of affected nerve fibers or decompressing the trigeminal nerve to alleviate the pain is the main purpose of these surgical procedures (6). Due to different surgical options, the decision to select the proper one would depend on pharmacological treatment results, the patient's age, medical conditions, and surgical facilities and expertise (18). Although microvascular decompression is the first choice of surgical treatment and has a high success rate, microvascular decompression is considered the most invasive procedure for TN management (19-22). Furthermore, major complications associated with this treatment are not negligible such as cerebrospinal fluid leakage, meningitis, facial numbness and palsy (19,22).

Laser therapy is one of the surgical treatment options for TN that is classified as a peripheral procedure. This is because this technique aims to block or traumatize the peripheral branches of the trigeminal nerve distal to the Gasserian ganglion (7,18). HeNe and diode laser are used as low-level laser therapy (LLLT), or biostimulation or biomodulation, which is particularly interesting to treat neuropathic orofacial pain such as TN (12-15). Updated systematic reviews have shown that LLLT is an effective alternative method or in combination with other treatment means for TN management (10,11). This technology causes pain relief which is considered non-invasive and causes minimal side effects procedure. Possible mechanisms of analgesic effects of LLLT are reduction of the receptor sensitivity, increased pain tolerance because of changes in cell membrane potential, and shortening of the inflammatory phases (23). However, this laser treatment does not directly attack the affected nerve. The need to undergo

multiple sessions to achieve the therapeutic effect is the main limitation of LLLT. Ebrahimi, et al. (14) reported that pain severity reduction decreased with time until 9 sessions of LLLT have been completed, then the gradually increasing severity of pain started at one month after the end of treatment. Finally, the pain completely recurred at 4 months after completion of treatment.

CO₂ laser ablation is later introduced as an alternative treatment for TN (16,17). In contrast to the LLLT, laser energy produced by CO₂ laser directly contact the exposed affected nerve. Consequently, immediate therapeutic effect in pain relief occurs after CO₂ laser neural ablation. The CO₂ laser is widely used in soft tissue surgery due to its affinity for water-based tissues. Heat is generated after absorption of the laser by intracellular water and results in cellular vaporization. There are three principal techniques for utilization of CO₂ laser as a surgical tool for oral surgery: incision/excision, vaporization/ablation, and hemostasis (24,25). Our study used low power laser energy to ablate a limited area of the affected branch of the trigeminal nerve to alter the sensory conduction of pain once it is stimulated to reduce, or even block the pain. This analgesic ability relates to an alteration of neural transmission and a coagulation effect on blood vessels that provides hemostasis and additionally seals the sensory nerve endings (25,26). In addition, direct damage to the nerve sheath by laser ablation disrupts the nerve function, so pain conduction is decreased (27). The nerve is partially destroyed, thus the sensation can recover. Robinson, et al. 2015 (27) showed the nerve sheath was ablated and additional damage of the nerve bundle at 5 W CO₂ laser setting

that was the same power used in our study. Furthermore, some degree of nerve function impairment was also observed even with the lower power used. This mechanism could explain the analgesic effect of the CO₂ laser.

Previous studies confirmed that CO₂ neural ablation reduced pain in patients with TN (16, 17). Our result showed the range of pain relief periods was 0-62 months. Regarding the criteria of successful treatment outcome, 41.7% of the patients achieved pain relief for at least 1 year after the treatment. This was higher than the study of Eckerdal and Bastian (15) whose outcome of the treatment approximately 37.5% of the study group was considered successful after LLLT with an 832 nm diode laser at 1-year follow-up. Although most peripheral procedures usually allowed pain relief less than 1 year (8), the mean period of pain relief was 26.1 months for the group with successful treatment. However, in the group with pain relief less than 1 year after treatment, the mean pain relief period was decreased to 5.4 months.

The present study revealed there were two factors associated with the treatment outcome of the CO₂ laser for TN. Firstly, the preoperative dose of carbamazepine of 600 mg/day or less was a significant predictor for the successful treatment. Our patients who have taken low doses of carbamazepine might adjust the drug to a higher dose for pain control, however, they could not tolerate the adverse effects of the drug. They decided to undergo the CO₂ laser instead of other surgical interventions. Secondly, the duration of symptoms of 3 years or more prior to the operation was associated with poor treatment outcomes. The causes that resulted in the delay

of treatment with the surgical procedures were vary. Those patients might respond to the initial therapy with carbamazepine, but eventually, unsatisfactory outcome was perceived, resulting in the prescription of even higher dose (4). Moreover, the delay of recognition and diagnosis of TN was one of the possible causes of the delay of treatment (5,28). Maarbjerg, et al. (28) reported 37% of the patients underwent dental invasive procedures because of misdiagnosis. The pain characteristic of most patients with TN was originally presented in the oral cavity, so they initially sought treatment by visiting dentists. Therefore, the dentists should be knowledgeable about the characteristics of TN to avoid maltreatment (4).

According to the results, we could use these two predictors, the preoperative dose of carbamazepine of 600 mg/day or less, and persistent pain symptoms up to 3 years or less, as two criteria to select the patient to perform the CO₂ laser ablation for the management of TN. Nevertheless, there was a limitation of this study that should be mentioned. A retrospective study design with a relatively small sample size limited the ability to generalize the results to other populations of patients with TN. Further studies using a prospective study design and increase of sample size are needed.

Conclusion

Our results showed that CO₂ laser neural ablation decreased the pain symptoms of patients with TN. The preoperative dose of carbamazepine and the duration of symptoms before treatment were associated with good treatment outcomes. The patient with the use of

carbamazepine of 600 mg or less and duration of symptoms presentation of 3 years or less was a possible candidate for CO₂ laser to the treatment of TN and achieve the successful outcome at least 1 year.

Acknowledgement

The authors thank Associate Professor Somchai Sessirisombat for the permission to include his patients in our study.

References

1. International classification of orofacial pain, 1st edition (ICOP). *Cephalalgia*. 2020;40(2): 129-221.
2. Mueller D, Obermann M, Yoon M-S, Poitz F, Hansen N, Slomke MA, et al. Prevalence of trigeminal neuralgia and persistent idiopathic facial pain: a population-based study. *Cephalalgia*. 2011;31(15):1542-8.
3. Kitkhuandee A, Kittiaran P, Jorns TP, Thirapatarapan P, Thanapaisal C. Intra-operative findings in microvascular decompression for trigeminal neuralgia. *J Med Assoc Thai*. 2018; 101(5):163.
4. Jankittivong A, Aneksuk V, Langlais RP. Trigeminal neuralgia: a retrospective study of 188 Thai cases. *Gerodontology*. 2012;29(2):e611-7.
5. Sarideechaigul W, Kitkhuandee A, Siritapetawee M, Butda P, Jorns TP. Profiling of patients presenting with trigeminal neuralgia and outcomes of medical management in a tertiary care center. *J Med Assoc Thai*. 2019;102(4):57-62.
6. Siddiqui M, Siddiqui S, Ranasinghe J, Furgang F. Pain management: trigeminal neuralgia. *Hosp Physician*. 2003;39:64-70.
7. Cruccu G. Trigeminal neuralgia. *Continuum (Minneapolis, Minn)*. 2017;23(2):396-420.
8. Lazar ML. Current treatment of tic douloureux. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1980;50(6):504-8.
9. Peters G, Nurmikko TJ. Peripheral and gasserian ganglion-level procedures for the treatment of trigeminal neuralgia. *Clin J Pain*. 2002;18(1):28-34.
10. de Pedro M, Lopez-Pintor RM, de la Hoz-Aizpurua JL, Casanas E, Hernandez G. Efficacy of low-level laser therapy for the therapeutic management of neuropathic orofacial pain: a systematic review. *J Oral Facial Pain Headache*. 2020;34(1):13-30.
11. Kalhori KAM, Vahdatinia F, Jamalpour MR, Vescovi P, Fornaini C, Merigo E, et al. Photobiomodulation in oral medicine. *Photomed Laser Surg*. 2019;37(12):837-61.
12. Walker JB, Akhanjee LK, Cooney MM, Goldstein J, Tamzyoshi S, Segal-Gidan F. Laser therapy for pain of trigeminal neuralgia. *Clin J Pain*. 1987;3(4):183-8.
13. Seada YI, Nofel R, Sayed HM. Comparison between trans-cranial electromagnetic stimulation and low-level laser on modulation of trigeminal neuralgia. *J Phys Ther Sci*. 2013;25(8): 911-4.
14. Ebrahimi H, Najafi S, Khayamzadeh M, Zahedi A, Mahdavi A. Therapeutic and analgesic efficacy of laser in conjunction with pharmaceutical therapy for trigeminal neuralgia. *J Lasers Med Sci*. 2018;9(1):63-8.
15. Eckerdal A, Bastian L. Can low reactive-level laser therapy be used in the treatment of neurogenic facial pain? A double-blind, placebo controlled investigation of patients with trigeminal neuralgia. *Laser Therapy*. 1996;8(4):247-51.

16. Sessirisombat S. Carbon-dioxide laser in the treatment of trigeminal neuralgia: a preliminary study. *J Interdiscipl Med Dent Sci.* 2017;5(1):208.

17. Kongsong W, Sessirisombat S. Treatment outcomes of carbon dioxide laser for trigeminal neuralgia. *Laser Dent Sci.* 2020;4:61-6.

18. Benoliel R, Eliav E. Neuropathic orofacial pain. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2008; 20(2):237-54.

19. Bick SKB, Eskandar EN. Surgical treatment of trigeminal neuralgia. *Neurosurg Clin N Am.* 2017;28(3):429-38.

20. Xia L, Zhong J, Zhu J, Wang YN, Dou NN, Liu MX, et al. Effectiveness and safety of microvascular decompression surgery for treatment of trigeminal neuralgia: a systematic review. *J Craniofac Surg.* 2014;25(4):1413-7.

21. Sarnvivad P, Bumpenboon A, Chumnanvej S. Retrospective long term outcome following microvascular decompression surgery in Thai patients with trigeminal neuralgia. *J Med Assoc Thai.* 2013;96(7):801-6.

22. Barker FG 2nd, Jannetta PJ, Bissonette DJ, Larkins MV, Jho HD. The long-term outcome of microvascular decompression for trigeminal neuralgia. *N Engl J Med.* 1996;334(17):1077-84.

23. Kahraman SA. Low-level laser therapy in oral and maxillofacial surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2004;16(2):277-88.

24. Wlodawsky RN, Strauss RA. Intraoral laser surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2004;16(2):149-63.

25. Strauss RA, Fallon SD. Lasers in contemporary oral and maxillofacial surgery. *Dent Clin North Am.* 2004;48(4):861-88, vi.

26. Frame JW. Removal of oral soft tissue pathology with the CO2 laser. *J Oral Maxillofac Surg.* 1985;43(11):850-5.

27. Robinson AM, Fishman AJ, Bendok BR, Richter CP. Functional and physical outcomes following use of a flexible CO2 laser fiber and bipolar electrocautery in close proximity to the rat sciatic nerve with correlation to an in vitro thermal profile model. *Biomed Res Int.* 2015; 2015:280254. doi: 10.1155/2015/280254.

28. Maarbjerg S, Gozalov A, Olesen J, Bendtsen L. Trigeminal neuralgia – a prospective systematic study of clinical characteristics in 158 patients. *Headache.* 2014;54(10):1574-82.

Corresponding author:

Dr.Wichuda Kongsong

Department of Oral and Maxillofacial Surgery,
Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University
34 Henri Dunant Road, Wang Mai, Patumwan,
Bangkok, Thailand 10330

Tel: +66 2 218 8590

Fax: +66 2 218 8590

E-mail: wichuda.k@chula.ac.th

Received Date: Sep 22, 2021

Revised Date: Oct 23, 2021

Accepted Date: Dec 09, 2021

นีวอยด์เบซัลเซลล์คาร์ซิโนมาซินโดรม: รายงานโรคทางพันธุกรรมที่หายากในผู้ป่วย 1 ราย

สุภาพร วัชรวิจิตรกุล

บทคัดย่อ

นีวอยด์เบซัลเซลล์คาร์ซิโนมาซินโดรม (Nevoid basal cell carcinoma syndrome, NBBCS) หรือ กอร์ลิน-กอลซ์ ซินโดรม (Gorlin-Goltz syndrome) เป็นกลุ่มอาการของโรคทางพันธุกรรมที่พบได้ยาก กลุ่มอาการนี้มีการถ่ายทอดผ่านทางยีนเด่น (autosomal dominant) และเกี่ยวข้องกับหลายระบบในร่างกาย ทำให้มีการแสดงออกของอาการหลายอย่าง เช่น ถุงน้ำในกระดูกขากรรไกรหลายตำแหน่ง (multiple jaw bone cysts) มะเร็งผิวหนังชนิดเบซัลเซลล์ (basal cell carcinoma) และความผิดปกติของกระดูกบางตำแหน่ง ดังนั้นการวินิจฉัยและการรักษากลุ่มอาการนี้อย่างรวดเร็ว จึงมีความสำคัญต่อการป้องกันการดำเนินของโรคที่รุนแรง รายงานผู้ป่วยรายนี้เป็นการทบทวนความรู้เกี่ยวกับกลุ่มอาการนี้ โดยอธิบายตั้งแต่การซักประวัติในครอบครัว การตรวจร่างกาย การวินิจฉัย และการรักษาเพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาที่ครบถ้วน

คำสำคัญ: นีวอยด์เบซัลเซลล์คาร์ซิโนมาซินโดรม ถุงน้ำไอคอนโตเจนนิคเคอราโตซิส มะเร็งผิวหนังชนิดเบซัลเซลล์

Nevoid Basal Cell Carcinoma Syndrome: A Case Report of a Rare Hereditary Disorder

Supaporn Viriyajirakul*

Abstract

Nevoid basal cell carcinoma syndrome, or Gorlin-Goltz syndrome is a rare autosomal dominant inherited disorder. This syndrome is characterized by multisystem disease such as multiple jaw cysts, basal cell carcinoma and abnormal bones in some area. Early diagnosis and treatment are important in decreasing severe progression of this syndrome. This case report reviews knowledge of this syndrome, which consists of complete diagnosis, physical examination, comprehensive treatment and family medical history taking. All the information is required for proper management of the patients.

Keywords: Nevoid basal cell carcinoma syndrome, Odontogenic keratocyst, Basal cell carcinoma

*Dental Department, taksin hospital 373 Somdet Chao Phraya Road, Khlong San, Khlong San, Bangkok 10600, Thailand.

บทนำ (Introduction)

เนวอยด์เบซัลเซลล์คาร์ซิโนมาซินโดรม (Nevoid basal cell carcinoma syndrome, NBBCS) หรือ กอร์ลิน-กอลซ์ ซินโดรม (Gorlin-Goltz syndrome) เป็นกลุ่มอาการของโรคทางพันธุกรรมที่พบได้ยาก โรคหนึ่ง มีการถ่ายทอดผ่านทางยีนเด่น (autosomal dominant) (1-4) พบว่ากลุ่มอาการนี้เกี่ยวข้องกับหลายระบบในร่างกาย เช่น ระบบกระดูก ระบบตา ระบบผิวหนัง ระบบสืบพันธุ์ และระบบประสาท ในปัจจุบันมีการศึกษาพบว่า ความผิดปกติของกลุ่มอาการนี้มาจากการเปลี่ยนแปลงของยีนที่ชื่อว่า PTCH1 ยีน (gene PTCH1) ที่อยู่บนโครโมโซม 9q22.3-31 โดยตัวโปรตีน PTCH1 นี้เกี่ยวข้องกับระบบการส่งสัญญาณของ Hedgehog (The Hedgehog signaling pathway) ซึ่งเป็นระบบการส่งสัญญาณที่สำคัญในการสร้างและพัฒนาในระยะตัวอ่อน (embryogenesis) ให้เป็นอวัยวะของร่างกาย (5) ทำให้กลุ่มอาการนี้เกิดความผิดปกติหลายอย่างในหลายระบบของร่างกาย เช่น มะเร็งผิวหนังชนิดเบซัลเซลล์ (50-97%) การเกิดจุดบนฝ่ามือ ฝ่าเท้า (60-90%) (palmar and plantar pits) ความผิดปกติของกระดูกบางตำแหน่ง เช่นการเชื่อมติดกันของกระดูกซี่โครง (40%) (bifid rib) ความผิดปกติของกระดูกไขสันหลัง (vertebral disorder) และถุงน้ำไอคอนโตเจนิกเคอราโตซิสในกระดูกขากรรไกรหลายตำแหน่ง (odontogenic keratocyst) (75%) (6,7)

เมื่อกล่าวถึงความชุกของเนวอยด์เบซัลเซลล์คาร์ซิโนมาซินโดรมพบว่า ผู้ป่วยในกลุ่มอาการนี้มักพบในช่วงอายุ 10-30 ปี อัตราการเกิดของโรคคือ 1: 57,000 ถึง 164,000 (8) ไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศหญิงและเพศชาย (9) พบได้หลากหลายเชื้อชาติ (10,11) ในปัจจุบันมีการกล่าวถึงเกณฑ์ในการวินิจฉัยกลุ่มอาการนี้มากขึ้น แต่พบว่าไม่มีการศึกษาใดที่ให้ข้อสรุปเกี่ยวกับความไว (sensitivity) และความจำเพาะ (specificity) ที่แน่นอนได้ในการให้เกณฑ์การวินิจฉัยโรคที่มีลักษณะการแสดงออกแบบรวมกัน (phenotypic combination) ของเนวอยด์เบซัลเซลล์คาร์ซิโนมาซินโดรม (12) ดังนั้นเกณฑ์ในการวินิจฉัยกลุ่มอาการนี้จึงใช้จากการศึกษา

ลักษณะทางคลินิกและลักษณะทางภาพถ่ายรังสีของหลายการศึกษาคือ 1.อาการหลัก 1 อย่างและมีการยืนยันในระดับโมเลกุล (one major criteria and molecular confirmation) 2. อาการหลัก 2 อย่าง (two major criteria) 3. อาการหลัก 1 อย่างและอาการรอง 2 อย่าง (one major and two minor criteria) (8,13-15)

รายงานผู้ป่วยรายนี้เป็นการรายงานกลุ่มอาการของโรคที่พบน้อยและมีความสำคัญเพราะมีอาการที่เกี่ยวข้องกับหลายระบบในร่างกาย อาการบางอย่างมีความจำเป็นที่ต้องให้การรักษาที่รวดเร็วและถูกต้อง เช่น การเกิดมะเร็งผิวหนังชนิดเบซัลเซลล์ในหลายตำแหน่งของร่างกาย การให้การวินิจฉัยที่ถูกต้องและรวดเร็วจึงมีความสำคัญมากและเนื่องจากกลุ่มอาการของโรคนี้พบน้อย จึงอาจทำให้การวินิจฉัยโรคและการรักษาผิดพลาดได้ ดังนั้นรายงานผู้ป่วยรายนี้จึงเป็นการทบทวนความรู้ในการซักประวัติ ตรวจร่างกาย ให้การวินิจฉัยและการรักษาที่ครบถ้วน

การรายงานผู้ป่วย

ผู้ป่วยเด็กหญิงไทยอายุ 13 ปี มาพบทันตแพทย์ที่กลุ่มงานทันตกรรม ด้วยปัญหาหน้าด้านซ้ายโตกว่าหน้าด้านขวามาประมาณ 1 ปี การโตของใบหน้าเป็นแบบช้า ๆ ไม่มีอาการเจ็บปวด ไม่มีอาการชาที่บริเวณหน้าด้านซ้าย การเคี้ยวอาหารปกติ แต่มีความกังวลจึงมาพบทันตแพทย์

การตรวจร่างกายโดยทั่วไปผู้ป่วยมีสุขภาพแข็งแรงดีปฏิกิริยาโรคประจำตัวและการแพ้ยา ไม่มีประวัติการเจ็บปวดที่รุนแรงในอดีต เคยมีประวัติผ่าตัดไฟบริเวณตา ด้านซ้ายตอนอายุประมาณ 6 ปี จากการซักประวัติพบว่าผลชิ้นเนื้อไม่ใช่เนื้องอกร้ายแรง แต่ไม่ทราบว่าเป็นผลชิ้นเนื้อเป็นโรคอะไร การตรวจภายนอกช่องปากพบว่าผู้ป่วยมีรูปหน้าสองข้างไม่เท่ากัน โดยหน้าด้านซ้ายมีอาการบวมโตมากกว่าด้านขวาตั้งแต่บริเวณโหนกแก้มถึงบริเวณขากรรไกรล่าง ดังรูปที่ 1 ระยะห่างของตาทั้งสองข้างเท่ากับ 37 มิลลิเมตร (ระยะปกติ 30-31 มิลลิเมตร) (16) หน้าปากโหนก (frontal bossing) ตรวจไม่พบก้อนใด ๆ ที่ผิวหนัง ไม่มีการโตของต่อม

น้ำเหลืองใต้คาง การตรวจภายในช่องปากพบว่าการสบฟัน อยู่ในเกณฑ์ปกติ มีมวลเล็กน้อยที่บริเวณด้านท้ายของ

ขากรรไกรซ้ายทั้งบนและล่าง ไม่มีอาการปวด เหงือกปกติ ไม่มีอาการชา ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 ภาพถ่ายใบหน้าตรงและใบหน้าเมื่อมองจากด้านล่างของผู้ป่วย แสดงถึงหน้าผากโหนก และใบหน้าด้านซ้ายที่ใหญ่กว่าใบหน้าด้านขวา

Fig 1. Preoperative extraoral photographs, frontal and bird's eye view showed frontal bossing and facial asymmetry the left side is bigger than the right side

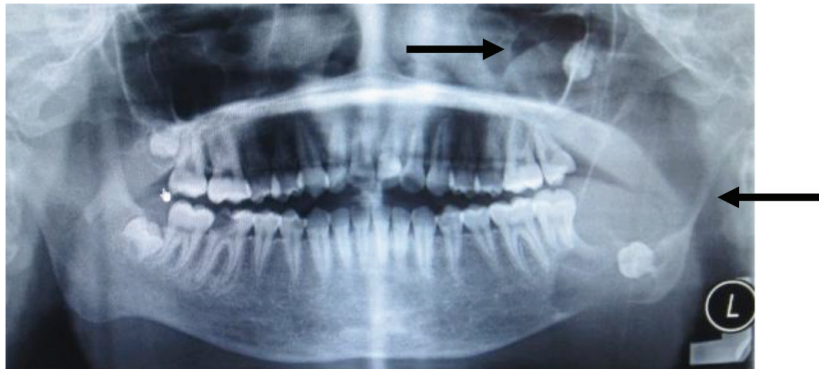


รูปที่ 2 ภาพถ่ายในช่องปากของฟันบนและฟันล่าง

Fig 2. Preoperative intraoral photographs, upper and lower arch

ภาพรังสีพาโนรามิกพบมีเงาโปร่งรังสี (radiolucent) ขนาดใหญ่ ขอบเขตชัดเจน (well-defined margin) ทั้งขากรรไกรบนและขากรรไกรล่างด้านซ้าย (left maxillar and left mandible) ในส่วนขากรรไกรล่างด้านซ้ายพบเงาโปร่งรังสีตั้งแต่ปลายรากของฟันกรามล่างซี่ที่หนึ่ง ครอบคลุมถึงบริเวณรามาัส (ramus) กระดูกคอนไดล์ (condyle of mandible) และกระดูกโคโรนอยด์ (coronoid of mandible) เมื่อยกดกระดูกทึบถึงขอบล่างของขากรรไกรล่าง (lower border of mandible) ฟันกรามล่างซี่ที่สาม

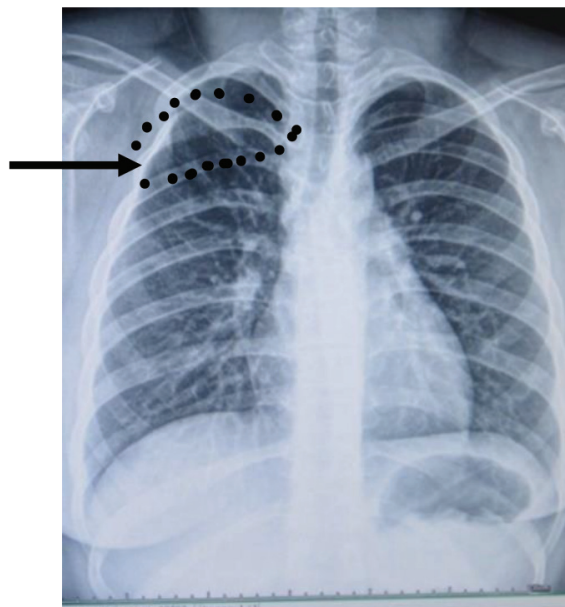
ถูกรอยโรคต้นลงด้านล่างและไปทางด้านหลัง (inferiorly and posteriorly) ทำให้กระดูกทึบของขอบขากรรไกรล่างซ้ายบางส่วนขากรรไกรบนด้านซ้ายพบเงาโปร่งรังสีตั้งแต่ปลายรากฟันกรามบนซี่ที่สองขึ้นไปด้านบนของโพรงอากาศขากรรไกรบน (maxillary sinus) ขอบเขตชัดเจน ฟันกรามบนซี่ที่สามถูกรอยโรคต้นขึ้นด้านบนและไปทางด้านหลัง (superiorly and posteriorly) ดังลูกศรชี้แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพรังสีพาโนรามิกแสดงเงาโปร่งรังสีที่มีขอบเขตชัดเจนที่บริเวณขากรรไกรบนและล่างด้านซ้าย ส่วนหลัง ฟันกรามบนซ้ายซี่ที่สามถูกดันขึ้นด้านบนและไปทางด้านหลัง ในขณะที่ฟันกรามล่างด้านซ้ายซี่ที่สามถูกดันลงล่างและไปทางด้านหลัง ดังลูกศรชี้แสดง

Fig 3. Orthopantomogram film showed radiolucency with well defined margin at the left posterior mandible and the left posterior maxilla. The left lower third molar was displaced inferiorly and the left upper third molar was displaced superiorly.

ภาพรังสีปอด (chest x-ray) พบลักษณะการเชื่อมติดของกระดูกซี่โครงด้านหน้าของกระดูกซี่โครงที่ 3 และ 4 ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ภาพรังสีปอดแสดงการเชื่อมติดของกระดูกซี่โครงด้านหน้าของกระดูกซี่โครงที่ 3 และ 4 ดังลูกศรชี้
Fig 4. Chest x-ray film showed bifid rib at 3rd and 4th anterior rib.

ภาพรังสีกะโหลกศีรษะ (PA skull) พบเงาที่บรังกี (radiopaque) ที่เยื่อหุ้มสมองบริเวณตรงกลางของกะโหลกศีรษะ (falx cerebri) ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ภาพรังสีกะโหลกศีรษะแสดงเงาที่บรังกีที่กึ่งกลางกะโหลกศีรษะ ซึ่งเป็นหินปูนเกาะที่ falx cerebri ดังลูกศรชี้แสดง

Fig 5. PA film showed calcification at falx cerebri.

ผู้ป่วยได้รับการรักษาโดยการผ่าตัดโพรงให้เป็นทางเปิดสู่ภายนอก (marsupialization) ที่ซากรรไกรบนและล่างด้านซ้ายภายใต้การดมยาสลบ เพื่อลดขนาดของรอยโรคก่อนที่จะมีการควักถุงน้ำออกทั้งหมด (enucleation) โดยการรักษาด้วยการผ่าตัดโพรงเป็นทางเปิดสู่ภายนอกเป็นระยะเวลา 12 เดือนก่อนที่จะทำการรักษาด้วยการควักออกทั้งหมด โพรงระบายที่ซากรรไกรล่างไม่มีการปิด ส่วนโพรงระบายที่ซากรรไกรบนปิดในสัปดาห์ที่ 2 ของการผ่าตัด ก่อนทำการควักถุงน้ำออกทั้งหมดมีการถ่ายภาพรังสีพาโนรามิกเพื่อประเมินรอยโรค พบว่าเงาไปรังรังสีของซากรรไกรล่างด้านซ้ายมีขนาดเล็กลง ฟันกรามล่างซ้ายซี่ที่สามเคลื่อนที่ขึ้นบนเล็กน้อยเมื่อเทียบกับก่อนเปิดระบายโพรงส่วนเงาไปรังรังสีของซากรรไกรบนไม่พบมีการลดลงของรอยโรคอย่างชัดเจน ดังรูปที่ 6 ลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาพบว่าถุงน้ำด้วยเยื่อหุ้มชนิดสแควมัสเซลล์ 6-8 ชั้น โดยไม่มีส่วนยื่นเยื่อหุ้ม เซลล์ชั้นฐานเรียงตัวเป็นระเบียบและมีนิวเคลียสย้อมติดสีเข้ม เซลล์บุผิวถุงน้ำชั้นบนเป็นเซลล์บุผิวชนิดพาราเคอราทีโนสเรียงตัว

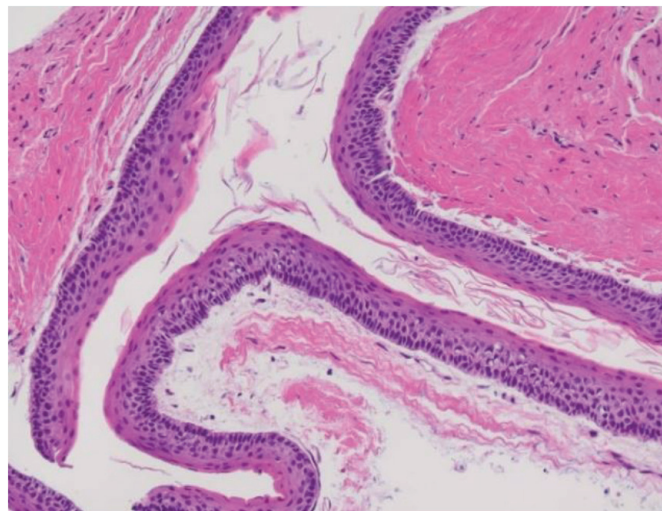
หยักเป็นลอนเล็กน้อย รอยต่อระหว่างเยื่อหุ้มถุงน้ำกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันด้านล่างของผนังถุงน้ำเรียบและยึดเกาะกันอย่างหลวม ๆ นอกจากนี้พบเคอราทีนในช่องว่างในถุงน้ำ ดังรูปที่ 7 สรุปการวินิจฉัยว่าเป็นถุงน้ำโอโดนต์โตเจนิกเคอราโตซิส

จากลักษณะการตรวจทางคลินิก การตรวจทางภาพรังสี และการตรวจทางจุลพยาธิวิทยา ให้การวินิจฉัยเบื้องต้นว่าเป็นนิวรอยด์เบซิลเซลล์คาร์ซิโนมาซินโดรมโดยอาศัยหลักเกณฑ์ดังนี้คือ ในผู้ป่วยรายนี้พบอาการหลัก 3 อย่างได้แก่ 1. การพบถุงน้ำโอโดนต์โตเจนิกเคอราโตซิสที่ซากรรไกรบนและล่างด้านซ้าย 2.พบการสะสมของแคลเซียมที่เยื่อหุ้มสมองบริเวณตรงกลางของกะโหลกศีรษะ 3.การเชื่อมติดกันของกระดูกซี่โครงที่ 3 และกระดูกซี่โครงที่ 4 ด้านขวา อาการรอง 1 อย่างได้แก่หน้าผากโหนก ตรวจไม่พบก้อนเนื้อที่จะเป็นมะเร็งผิวหนังชนิดเบซิลเซลล์ และไม่พบความผิดปกติกับบุคคลอื่นในครอบครัว ภายหลังติดตามผลการรักษาเป็นระยะเวลา 2 ปี ไม่พบการกลับมาเป็นซ้ำ ผู้ป่วยหายเป็นปกติดี ไม่มีภาวะแทรกซ้อน ดังรูปที่ 8



รูปที่ 6 ภาพรังสีพาโนรามิกภายหลังการเปิดโพรงระบาย ขนาดรอยโรคเล็กลงในกระดูกขากรรไกรล่าง
ตั้งลูกศรชี้แสดง

Fig 6. Panoramic radiograph after marsupialization showed decreased lesion at left mandible.
(as the arrow indicates)



รูปที่ 7 ลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาพบว่าถุงน้ำบุด้วยเยื่อผิวหนังชนิดสแควมัสเซลล์มีความหนา 6-8 ชั้น โดยไม่มีส่วนยื่นเยื่อผิวหนัง เซลล์ชั้นฐานเรียงตัวเป็นระเบียบและมีนิวเคลียสย้อมติดสีเข้ม ส่วนบนของเยื่อผิวหนังเป็นพาราเคอราตินเรียงตัวหยักเป็นลอน รอยต่อระหว่างเยื่อผิวหนังถุงน้ำกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันด้านล่างของผนังถุงน้ำเรียบและยึดเกาะกันอย่างหลวมๆ นอกจากนี้พบเคอราตินในช่องว่างในถุงน้ำ (H&E, 40x)

Fig 7. Histopathologic features demonstrate that the cyst is lined by six to eight-cell thick, parakeratinized stratified squamous epithelium without prominent rete ridges.

The basal epithelial cells exhibit a palisading arrangement and hyperchromatic nuclei. The surface cystic epithelial cells are parakeratinized and corrugated. The cystic epithelium demonstrates a flat interface and a loose attachment with the underlying connective tissue.

In addition, desquamated keratin is found in the cystic lumen. (H&E, 40x)



รูปที่ 8 ภาพถ่ายใบหน้าตรงและใบหน้าเมื่อมองจากด้านบนของผู้ป่วย ภายหลังจากการควักถุงน้ำ 2 ปี พบว่าใบหน้าด้านซ้ายมีขนาดเล็กลง

Fig 8. 2 year postoperative extraoral photographs, frontal and bird's eye view, showed decreased swelling at the left side of the face.

บทวิจารณ์ (Discussion)

นิวอยด์เบซัลเซลล์คาร์ซิโนมาซินโดรมหรือกลุ่มอาการกอร์ลิน-กอลซ์ เป็นกลุ่มอาการที่พบได้ยากและเกี่ยวข้องกับพันธุกรรมโดยมีการถ่ายทอดผ่านทางยีนเด่น (1-4) ปัจจุบันมีการศึกษาพบว่า สาเหตุความผิดปกติของกลุ่มอาการนี้มาจากการเปลี่ยนแปลงของยีนที่ชื่อว่า ยีน PTCH1 ซึ่งอยู่บนโครโมโซม 9q22.3-31 ยีน PTCH1 เป็นยีนที่ยับยั้งการเกิดเนื้องอก (tumor suppressive gene) จะทำงานขัดขวางการถ่ายโอนยีนบนระบบการส่งสัญญาณของ Hedgehog โดยโปรตีนบนยีน PTCH1 จะช่วยป้องกันไม่ให้เซลล์มีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว ถ้ายีน PTCH1 เกิดการกลายพันธุ์ (mutation) จะส่งผลต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโต (growth-stimulating effect) และลดการกระตุ้นการยับยั้งการเกิดเนื้องอก (inactivation of tumor suppressive effect) ทำให้เซลล์เติบโตเร็ว และเกิดเป็นเนื้องอก (17)

ผู้ป่วยนิวอยด์เบซัลเซลล์คาร์ซิโนมาซินโดรมมากกว่า 70% มีประวัติครอบครัวเนื่องจากมีการถ่ายทอดผ่านทางยีนเด่น จึงมักพบสมาชิกในครอบครัวป่วยด้วยกลุ่มอาการนี้ได้ แต่มีผู้ป่วยกลุ่มนี้ถึง 30% ที่ไม่พบว่ามีสมาชิกคนอื่นในครอบครัวป่วยด้วยกลุ่มอาการนี้ ซึ่งเกิดจากการกลายพันธุ์ได้เองของยีน PTCH1 (spontaneous

mutation of the PTCH1 gene) โดยสาเหตุการเกิดมาจากปัจจัยหลายอย่างในธรรมชาติ ทำให้บางครั้งผู้ป่วยที่เป็นโรคนี้จึงไม่พบว่ามีความผิดปกติในครอบครัวป่วยด้วยกลุ่มอาการนี้เช่นกัน (18) ซึ่งตรงกับรายงานผู้ป่วยรายนี้ที่ไม่พบว่ามีสมาชิกคนอื่นในครอบครัวป่วยด้วยกลุ่มอาการนี้

ถึงแม้ว่าการตรวจทางพันธุกรรม (genetic testing) จะเป็นการวินิจฉัยที่ถูกต้องและแม่นยำ (gold standard for diagnosis) แต่วิธีการตรวจนี้มีราคาแพงมาก (19) ดังนั้นเกณฑ์ในการวินิจฉัยกลุ่มอาการนี้ จึงใช้จากการศึกษาลักษณะทางคลินิกและลักษณะทางภาพถ่ายรังสีของหลายการศึกษาคือ (8,13-15)

1. อาการหลัก 1 อย่างและมีการยืนยันในระดับโมเลกุล

2. อาการหลัก 2 อย่าง

3. อาการหลัก 1 อย่างและอาการรอง 2 อย่าง

อาการหลักที่ใช้ในการวินิจฉัยโรคได้แก่

1. พบมะเร็งผิวหนังชนิดเบซัลเซลล์หลายตำแหน่งในผู้ป่วยที่อายุน้อยกว่า 20 ปี

2. พบถุงน้ำไอคอนโตเจนิกเคอราโตซิสหลายตำแหน่งในขากรรไกร

3. พบรอยจุดที่ฝ่ามือหรือฝ่าเท้า
4. พบการสะสมของแคลเซียมที่บริเวณเยื่อหุ้มสมองตรงกลางของกะโหลกศีรษะ
5. พบการเชื่อมติดกันของกระดูกซี่โครง
6. มีประวัติครอบครัวว่ามีพี่ น้อง พ่อ แม่ หรือ ลูกเป็นนิวอยด์เบซัลเซลล์คาร์ซิโนมาซินโดรม (first-degree relative with Nevoid Basal Cell Carcinoma Syndrome)

อาการรองที่ใช้ในการวินิจฉัยโรคได้แก่

1. พบมีความผิดปกติของกระดูกตั้งแต่เกิด (congenital skeletal anomaly)
2. พบหน้าผากโหนก
3. พบเนื้องอกไม่ร้ายแรงที่หัวใจหรือรังไข่ (cardiac fibroma or ovarian fibroma)
4. พบเนื้องอกที่สมอง (medulloblastoma)
5. พบถุงน้ำ lymphomesenteric
6. พบความผิดปกติตั้งแต่แรกเกิด เช่นปากแหว่ง เพดานโหว่ (cleft lip cleft palate) ความผิดปกติที่ตา เช่น cataract, coloboma หรือ microphthalmos

ผู้ป่วยรายนี้พบอาการหลัก 3 อย่างคือ 1. เกิดถุงน้ำโอดอนโตเจนิกเคอราโตซิสหลายตำแหน่ง 2. การเชื่อมติดกันของกระดูกซี่โครง 3. การสะสมของแคลเซียมที่บริเวณเยื่อหุ้มสมองตรงกลางของกะโหลกศีรษะ และอาการรอง 1 อย่างคือ หน้าผากโหนก จึงให้การวินิจฉัยว่าผู้ป่วยรายนี้เป็นนิวอยด์เบซัลเซลล์คาร์ซิโนมาซินโดรม

การเกิดถุงน้ำโอดอนโตเจนิกเคอราโตซิสหลายตำแหน่งเป็นอาการหลักที่พบบ่อยในผู้ป่วยนิวอยด์เบซัลเซลล์คาร์ซิโนมาซินโดรมพบได้ถึง 75% ของถุงน้ำที่มาจากฟันทั้งหมด (7) แต่ยังมีรายงานพบถุงน้ำโอดอนโตเจนิกเคอราโตซิสหลายตำแหน่งในผู้ป่วยที่ไม่ได้เป็นซินโดรมด้วยเช่นกัน โดยถุงน้ำทั้งสองกลุ่มมีลักษณะทางคลินิก ลักษณะทางพยาธิวิทยาและอัตราการเกิดซ้ำที่แตกต่างกันดังตารางที่ 1 (20)

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบการเกิดโอดอนโตเจนิกเคอราโตซิสหลายตำแหน่งในกลุ่มที่เป็นซินโดรมและไม่ใช่ซินโดรม

Table 1. The comparison between syndromic multiple odontogenic keratocyst and non-syndromic multiple odontogenic keratocyst.

ลักษณะที่พบ	กลุ่มที่ไม่ใช่ซินโดรม	กลุ่มที่เป็นซินโดรม
1 กลุ่มอายุ	40 ปี	10-30 ปี
2 เพศ	ชายมากกว่าหญิง	หญิงมากกว่าชาย
3 ตำแหน่งที่พบ	ขากรรไกรล่างบริเวณเรมีส	ขากรรไกรบนด้านหลัง
4 อัตราการเกิดซ้ำ	37%	63%
5 ลักษณะทางจุลพยาธิวิทยา		
a) Epithelial lining	บาง	หนา
b) Number of mitotic figures	น้อย	มาก
c) Number of satellite cysts	น้อย	มาก

สรุปได้ว่าถุงน้ำไอออนโตเจนนิคเคอราโตซิสในกลุ่มที่เป็นซินโดรม จะพบในเพศหญิงมากกว่า พบในกลุ่มอายุน้อยกว่า และอัตราการเกิดซ้ำจะเกิดมากกว่ากลุ่มที่ไม่ใช่ซินโดรม เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลในตารางพบว่าสอดคล้องกับผู้ป่วยรายนี้ที่ให้การวินิจฉัยว่าเป็นซินโดรม พบในเพศหญิงที่อายุน้อย ดังนั้นอัตราการเกิดซ้ำในผู้ป่วยรายนี้จึงจัดว่ามีโอกาสสูง

การรักษาถุงน้ำไอออนโตเจนนิคเคอราโตซิสมีได้หลายวิธี มีการศึกษาการรักษาและอัตราการเกิดซ้ำของถุงน้ำไอออนโตเจนนิคเคอราโตซิสตั้งแต่ปี ค.ศ. 1999 ถึงปี ค.ศ. 2010 โดยการรวบรวมข้อมูลของ Blanas และคณะ (21) และ Johnson และคณะ (22) พบว่าการผ่าตัดออกทั้งหมด (resection) มีอัตราการเกิดซ้ำต่ำที่สุดคือ 1.85% แต่ในขณะที่เดียวกันก็เกิดการสูญเสียมากที่สุด ดังนั้นการผ่าตัดออกทั้งหมดจึงไม่เหมาะสมกับรอยโรคขนาดใหญ่ หรือมีหลายตำแหน่ง ส่วนการรักษาด้วยวิธีการควักถุงน้ำ มีอัตราการเกิดซ้ำ 27.8% วิธีการควักถุงน้ำร่วมกับการใช้ Canoy's solution มีอัตราการเกิดซ้ำ 4.8% และสุดท้ายวิธีการผ่าระบายโพรงโดยให้เป็นทางเปิดสู่ภายนอก มีอัตราการเกิดซ้ำ 18.2%

บางการศึกษาแนะนำว่าให้ควักถุงน้ำออก หรือมีการใช้ Carnoy's solution แซบริเวณที่ควักถุงน้ำออกประมาณ 3 นาที ซึ่งจะทำให้อัตราการเกิดซ้ำต่ำและไม่เป็นอันตรายต่อเส้นประสาทอินฟีเรียอัลวีโอลาร์ (inferior alveolar nerve) (23,24)

ส่วนการรักษาถุงน้ำในเด็ก มักจะเลือกให้การรักษาแบบอนุรักษ์ (conservative treatment) เนื่องจากการรักษาที่มีการผ่าตัดมากๆ จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของขากรรไกรได้ (25) วิธีการผ่าระบายโพรงโดยให้เป็นทางเปิดสู่ภายนอกเป็นการรักษาแบบอนุรักษ์วิธีหนึ่ง Partsch (26,27) เป็นผู้แนะนำวิธีนี้ครั้งแรก โดยใช้หลักของแรงดันของสารละลายที่ไหลผ่านเยื่อ (osmotic pressure) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบวิธีการผ่าระบายโพรงกับการผ่าตัดออกทั้งหมดและการควักออกทั้งหมดพบว่าวิธีการผ่าระบายโพรงมีข้อดีมากกว่าในกรณีที่ยังมีรอยโรคมีขนาดใหญ่ที่อาจอยู่ใกล้กับอวัยวะที่สำคัญ เช่น เส้นประสาท นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอีกมากที่พบว่า

เปลี่ยนแปลงทางด้านจุลชีววิทยาของผนังถุงน้ำ ที่ทำให้พฤติกรรมของถุงน้ำดีขึ้น ลดอัตราการเกิดซ้ำ (6) Forssell และ Sainio ปี 1979 (28) พบว่าเนื้อเยื่อที่ห่อหุ้มถุงน้ำมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลชีววิทยาเป็นชนิดที่อัตราการเกิดซ้ำของรอยโรคลดลง โดยการเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดขึ้นเมื่อเปิดผ่าระบายโพรงอย่างน้อย 9 เดือน แต่อย่างไรก็ตามศัลยแพทย์หลายท่านชอบที่จะรักษาโดยวิธีการผ่าระบายโพรงร่วมกับวิธีอื่นเช่นการควักถุงน้ำออกทั้งหมด (6) Yuri และคณะ ปี 2018 (29) แนะนำว่าควรทำการผ่าระบายโพรงประมาณ 12-18 เดือนก่อนที่จะมีการควักถุงน้ำออกทั้งหมดในภายหลังเป็นการรักษาที่ลดความเสี่ยงที่อาจเกิดจากการผ่าตัด ซึ่งสอดคล้องกับการรักษาผู้ป่วยรายนี้ ที่ได้รับการผ่าระบายโพรงก่อนเป็นเวลา 12 เดือนก่อนทำการควักออกทั้งหมดภายใต้การดมยาสลบ เมื่อติดตามผลการรักษาขณะนี้เป็นเวลา 2 ปี ไม่พบการกลับมาเป็นซ้ำ และไม่พบภาวะแทรกซ้อนใด ๆ ใบหน้าผู้ป่วยเริ่มกลับมามีใบหน้าที่เกือบเท่ากันทั้ง 2 ข้าง และยังคงติดตามผลการรักษาอย่างต่อเนื่อง

Malgorzata และ Katarzyna ปี 2012 (30) ได้กล่าวว่าแนวทางในการรักษาผู้ป่วยกลุ่มอาการนี้ต้องอาศัยหลายอย่างร่วมกัน เนื่องจากเป็นกลุ่มอาการที่เกิดขึ้นในหลายระบบการให้การวินิจฉัยอาจต้องใช้ทีมแพทย์ร่วมกันหลายสาขา (multidisciplinary team) มีการตรวจเพิ่มเติมหลายอย่างในการหาข้อมูลเพื่อยืนยันผลการวินิจฉัยเช่น การถ่ายภาพรังสีบริเวณศีรษะ ปอด มือหรือกระดูกสะโพกในผู้หญิง การตรวจอัลตราซาวด์ช่องท้องทำให้ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้ป่วยและญาติส่วนการติดตามการรักษาควรทำเป็นทีมเฉพาะทาง มีการถ่ายรังสีฟันอรามิกทุกปี จนผู้ป่วยอายุ 40 ปีเพื่อติดตามการกลับมาเป็นซ้ำของถุงน้ำไอออนโตเจนนิคเคอราโตซิส (31,32)

บทสรุป (Conclusion)

ผู้ป่วยรายนี้ให้การวินิจฉัยว่าเป็นเนิวรอยด์เบซัลเซลล์คาร์ซิโนมาซินโดรมตามเกณฑ์ ความสำคัญของกลุ่มอาการนี้คือ กลุ่มอาการนี้มักจะมียาของ

มะเร็งผิวหนังร่วมด้วย ดังนั้นการให้การวินิจฉัยที่รวดเร็ว และถูกต้องจึงมีความสำคัญมาก และเนื่องจากเป็นโรคทางพันธุกรรมดังนั้นการตรวจวินิจฉัยของคนในครอบครัวก็มีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง แพทย์ผู้ให้การรักษา ได้แก่ กุมารแพทย์ ศัลยแพทย์ด้านศัลยศาสตร์ช่องปาก และแม็กซิลโลเฟเชียล แพทย์ผิวหนัง จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับการให้การวินิจฉัย และการรักษาที่ครบถ้วนและรวดเร็ว

เอกสารอ้างอิง

1. Yordanova I, Gospodinov D, Kirov V, Pavlova V, Radoslavova G. A familial case of gorlin-goltz syndrome. J IMAB. 2007;13:59-61.
2. Gu XM, Zhao HS, Sun LS, Li TJ. PTCH mutations in sporadic and Gorlin-syndrome-related odontogenic keratocysts. J Dent Res. 2006;85:859-63.
3. Veenstra-Knol HE, Scheewe JH, Van der Vlist GJ, Van Doorn ME, Ausems MG. Early recognition of basal cell naevus syndrome. Eur J Pediatr. 2005;164:126-30.
4. Bresler SC, Padwa BL, Granter SR. Nevoid basal cell carcinoma syndrome (Gorlin syndrome). Head and neck Pathol. 2016;10:119-24.
5. Yan-Yan Guo, Jian-Yun Zhang, Xue-Fen Li, Hai-Yan Luo, Feng Chen and Tie-Jun Li. PTCH1 gene mutations in keratocystic odontogenic tumors: a study of 43 Chinese patients and a systematic review. Plos one.[internet]. 2013 Oct [cited 2021 Sep 14];8(10). Available from: <http://www.plosone.org/ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3804548/>
6. Hasheminia D, Naemi V, and Naghdi N. Conservative treatment protocol of keratocystic odontogenic tumor : report of a case with Nevoid basal cell carcinoma syndrome and literature review. J Maxillofac Oral Surg. [internet] 2015 Mar [cited 2021 Sep 14];14(1):475-81. Available from:<http://www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25848161/>
7. Ortega Garcia de Amezaga A, Garcia Arregui O, Zepeda Nuno S, Acha Sagredo A, Aguirre Urizar JM. Gorlin-Goltz syndrome : clinicopathologic aspects. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2008;13:338-43.
8. Kimonis VE, Goldstein AM, Pastakia B, Yang ML, Kase R, Digiovanna JJ, et al. Clinical manifestations in 105 persons with nevoid basal cell carcinoma syndrome. Am J Med Genet. 1997; 69:299-308.
9. Anderson DE, Taylor WB, Falls HF, Davidson RT. The nevoid basal cell carcinoma syndrome. Am J Hum Genet. 1967;19:12-22.
10. Patil K, Mahima VG, Gupta B. Gorlin syndrome : a case report. J Indian Soc Pedod Prev Dent.2005;23:198-203.
11. Şereflican B, Tuman B, Şereflican M, Hallcloğlu S, Özyalvaçlı G, Bayrak S. Gorlin-Goltz syndrome. Turk Pediatri Ars. 2017;52(3):173-7.
12. Evans DG, Farndon PA. Nevoid basal cell carcinoma syndrome In : Pagon RA, Bird TD, Dolan CR, Stephen K, editors. Gene reviews; 1993, Seattle, WA: University of Washington, Seattle; 2002.
13. Evans DG, Ladusans EJ, Rimmer S, Burnell LD, Thakker N, Farndon PA. Complications of the nevoid basal cell carcinoma syndrome: results of a population based study. J Med Genet. 1993;30:460-4.

14. Shanley S, Ratcliffe J, Hockey A, Haan E, Oley C, Ravine D, et al. Nevoid basal cell carcinoma syndrome: review of 118 affected individuals. *Am J Med Genet.* 1994;50:282-90.
15. Kimonis VE, Mehta SG, Digiovanna JJ, Bale SJ, Pastakia B. Radiological features in 82 patients with nevoid basal cell carcinoma (NBCC or Gorlin) syndrome. *Genet Med.* 2004;6:495-502.
16. The American Academy of otolaryngology head and neck surgery foundation. Resident manual of trauma to the face, head and neck. [internet] First edition 2012.[cite 2021 Sep 25]. Available from: <https://www.entnet.org>.
17. Kavitha EG, Jayanthi P, Senthilmorthy, Rathy R, harish RK, Ameena M. Bilateral odontogenic keratocyst in a nonsyndromic patient : a case report and review of literature. *Oral Maxillofac Pahol J.* 2019;10:30-4.
18. Gorlin syndrome alliance. About Gorlin syndrome.[internet] 2021. [cited 2021 sep 16]. Available from: <https://gorlinsyndrome.org>.
19. Bree AF and Shan MR. Consensus statement from the first international colloquium on basal cell nevus syndrome (BCNS). *Am J Med Genet Part A.* 2010;155:2091-7.
20. Golgire SM, Varekar AA, Patil A, Shetti SS, and Magdum D. Non-syndromic multiple odontogenic keratocysts : a case report and comparison with syndromic multiple odontogenic keratocysts. *J clin Case Rep.* 2016;6:6.
21. Blanas N, Freund B, Schwartz M, Furst. Systematic review of the treatment and prognosis of the odontogenic keratocyst. *Oral surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000;90:553-8.
22. Johnson N, Batstone M, Savage N. Management and recurrence of keratocystic odontogenic tumor : a systematic review. *Oral surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* Epub ahead of print. 2013;116:271-6.
23. Voorsmit RA, Stoelinga PJ, Van Haelst UJ. The management of keratocyst. *J Maxillofac Surg.* 1981;9:228-36.
24. Stoelinga PJ. The treatment of odontogenic keratocysts by excision of the overlying, attached mucosa, enucleation, and treatment of the bony defect with Carnoy solution. *J oral Maxillofac Surg.* 2005;63:1662-6.
25. Hyun HK, Hong SD, Kim JW. Recurrent keratocystic odontogenic tumor in the mandible: a case report and literature review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108:7-10.
26. Partsch C. Uber Kiefercysten. *Dtsch Mschr Zahnheilkd.* 1892;10: 271-304.
27. Partsch C. Zur Behandlung der Kiefercysten. *Dtsch Mschr Zahnheilkd.* 1910;28: 252-60.
28. Forssell K, Sainio P. Clinicopathological study of keratinized cysts of the jaws. *Proc Finn Dent Soc.* 1979;75:36-45.
29. Silva YS, Naclerio-Homem MG. Conservative treatment of primary and nonsyndromic odontogenic keratocyst : an overview of the practice. *Int j Oral Dent Health.* 2018;4:070.
30. Kiwilsza M and Sporniak-Tutak K. Gorlin-Goltz syndrome – a medical condition requiring a multidisciplinary approach. *Int Med J Exp Clin Res.* 2012;18:145-53.
31. Farndon PA, Del Mastro RG, Evans DG, Kilpatrick MW. Location of gene for Gorlin syndrome. *Lancet.* 1992;339:581-2.

32. Kopera D, Cerroni L, Fink-Puches R, Kerl H. Different treatment modalities for the management of a patient with the nevoid basal cell carcinoma syndrome. J Am Acad Dermatol. 1996;34:937-9.

ติดต่อบทความ:

ทพญ.สุภาพร วิริยะจักรกุล
กลุ่มงานทันตกรรม โรงพยาบาลตากสิน แขวงคลองสาน
เขตคลองสาน กรุงเทพฯ 10600
โทรศัพท์: 081 819 1262
อีเมล: v_supaporn5@yahoo.com

Corresponding author:

Dr.Supaporn Viriyajirakul
Address: Dental Department, Taksin hospital 373
Somdet Chao Phraya Road, Khlong San,
Khlong San, Bangkok 10600, Thailand.
Tel: +66 81 819 1262
E-mail: v_supaporn5@yahoo.com

Received Date: Aug 22, 2021

Revised Date: Aug 23, 2021

Accepted Date: Dec 09, 2021

Interproximal Enamel Reduction: What Clinicians Should Know

Preeya Suwanwitid* Chidsanu Changsiripun* Tanan Jaruprakorn* Ruangrat Komolpis* Somsak Chengprapakorn* Pimsiri Kanpittaya*

Abstract

Interproximal enamel reduction (IPR) is an orthodontic treatment option for gaining space to correct mild to moderate crowding malocclusions. Presently, there are many IPR instruments and techniques that are available for clinicians. No matter which instruments or techniques of IPR are used, the important thing is that clinicians should be aware of the considerations, advantages, and disadvantages before performing IPR.

Keywords: Interproximal enamel reduction (IPR), Orthodontic treatment, IPR instruments and techniques

**Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, 34 Henri-Dunant Rd, Patumwan, Bangkok, 10330 Thailand.*

Introduction

Interproximal enamel reduction (IPR) is a clinical procedure of tooth mass reduction and anatomic tooth re-contouring (1). This procedure is also known as air-rotor stripping (ARS), slenderization, or reproximation (2). IPR is an alternative option of the non-extraction orthodontic treatment plan in borderline cases. Recently, this technique has been increasingly used for creating spaces in many orthodontic situations (e.g. gaining space for older patients who have difficulty with extraction space closure or for patients with clear aligner systems).

The background of IPR concepts

The first concept of tooth mass reduction was mentioned by Ballard in 1944. His study illustrated the importance of tooth size harmony and he recommended correcting tooth size disharmony by proximal surface stripping of anterior segments (3). A decade later, Begg presented that old human dentitions with severe interproximal wears had enough spaces for third molars eruption with the dentitions still exhibiting no crowding (4). From this knowledge, many clinicians considered that the interproximal enamel reduction was advised for good orthodontic finishing.

In 1956, the technique of IPR by using metallic strips, first described by Hudson, demonstrated the necessity of polishing after enamel stripping (5). Meanwhile, the importance of tooth size disharmony correction to achieve excellent occlusions was confirmed by Bolton, Peck and Peck (6,7).

In 1985, the air-rotor stripping (ARS) technique was presented by Sheridan that was a crucial development in the orthodontic practices.

This space gaining technique was an alternative to extraction or expansion in borderline cases (8). Moreover, Zachrisson recommended proximal stripping to correct triangular interdental spaces of anterior teeth during a finishing phase of the orthodontic treatment (9).

While increased IPR use is supported by the identified benefits, there are several articles presenting the successful options for performing IPR. However, patients occasionally experience unintended negative procedural outcomes. This article highlights the advantages and disadvantages of IPR of which the clinicians should be aware, as well as the factors to be carefully considered prior to performing the IPR and thereby increasing the likelihood of a successful outcome.

The advantages and disadvantages of IPR

IPR procedures can be performed to manage several dental problems (10). The advantages of performing IPR categorized by the fields of orthodontics and esthetics are as follows:

The advantages of IPR in the field of orthodontics

1. Relieve crowding and enable self-alignment correction of dentition by primary posterior teeth stripping (11,12).
2. Gain 3-4 mm of space in cases of mild to moderate crowding, so that the removal of teeth can be avoided (12,13).
3. Adjust the improper tooth size to obtain normal overjet, overbite, and a proper occlusion (Bolton's discrepancy correction) (6).
4. Enhance the stability of the orthodontic treatment results; especially in lower anterior region (14-16).

The advantages of IPR in the field of esthetics

1. Recontour or reshape the individual teeth for esthetic reasons (9,12).

2. Reduce triangular interdental space of anterior teeth and improve their interproximal contact relationship (9).

Besides advantages, IPR procedure, if not properly performed by knowledgeable and skillful clinicians, can cause iatrogenic complications. However, the risk of IPR can be alleviated with the proper treatment plan and attentive treatment.

The disadvantages or risks of IPR

1. Induce tooth sensitivity, especially patients who have hypersensitive teeth.

2. Damage interdental tissue if the procedure is inattentively performed.

3. Can lead to excessive spaces or negatively impact overjet, overbite, posterior teeth intercuspation, and esthetics if the procedure is performed with improper treatment planning (12).

4. Increase plaque retention on the enamel surface (13,17).

5. Create abnormal tooth shape.

Additionally, patients with developmental enamel defects or poor oral hygiene who may present with problems of the tooth sensitivity and susceptibility to caries are contraindications for performing IPR (18,19).

Tooth structure, periodontal tissue and oral hygiene evaluation is necessary for IPR planning. Periapical radiographic image provides useful information, for example, enamel thickness, size of pulp chamber, proximal tooth contour, location of contact points, presence of dental caries, size of old fillings, and the amount of bone between roots (20).

The factors to be considered before performing IPR

Clinicians should carefully consider the following factors while selecting the appropriate armamentarium and technique.

1. Enamel thickness and the amount of enamel to be removed

The study showed that the enamel thickness of posterior teeth became progressively thicker from the first premolar to the second molar. Due to the differential wear pattern of dentition, the thickness of enamel on the distal surface is greater than the mesial surface (21).

Studies recommended different amount of enamel to be safely removed. (Sheridan suggested not to exceed 0.25 mm on each contact of the anterior teeth and 0.4-0.8 mm on each contact of the posterior teeth (22) while Hudson recommended 0.2-0.3 mm per side of lower anterior teeth (5)). It was generally recommended that only half of the proximal enamel thickness can be removed (23,24). However, enamel thickness varies from one tooth to another, and no correlation is found between tooth size and the enamel thickness. Thus, radiographic examination and periapical film should be employed to determine the proper amount.

2. Shape and size of the teeth

Incisor shape can be categorized as rectangular-, triangular-, or barrel-shaped, which presents different contact point shape, contact point location and the different form of interdental space. The contact point of triangular-shaped incisors locates at incisal third of the crowns which creates the triangular interdental space (black triangle) (25). IPR performed in triangular-shaped incisors will not only just obtain space but will also improve the esthetics.

Barrel-shaped incisors tend to have the contact point at the middle and have spaces at the incisal edge, so performing IPR may approximate the incisal edges and relocate the contact point. On the other hand, rectangular-shaped incisors always have a broad contact that are unfavorable for gaining space with IPR. Tooth size should be taken into consideration. Larger teeth are more suitable for IPR whereas smaller teeth, for example, peg lateral incisors are to be avoided (25).

3. Proximal contact area and location

The proximal contact area is the area of proximal height of a tooth that contacts an adjacent tooth in the same arch. Generally, the location of proximal contact is located at the incisal third of anterior teeth, near the junction of the incisal and middle third and at the middle third of posterior teeth (26).

The physiologic proximal contact areas and locations play important roles in maintaining healthy periodontal and interdental tissue and protecting them from possible damage. Improper proximal contact may result in food impaction, potentially increasing the risk of periodontal disease, caries, and tooth movement (26). Thus, it is necessary to properly recontour the tooth into the original shape with the appropriate embrasure and physiologic contact location that enables self-cleansing mechanism (20). The use of an abrasive metal strip is an optimal technique to preserve a tooth shape, although it requires more time (27).

4. Periodontal and intra-oral soft tissues

Stripping the proximal surface of posterior teeth can damage interproximal gingival tissue. A separator or wooden wedge placed between the teeth will allow better access, prevents gingival bleeding, and avoids biologic width damage (23, 28). The rotated teeth should be aligned prior to IPR so that the gingival tissue will not be damaged by stripping (23). IPR with rotary or motor-driven instruments could cause more damage, thus clinicians must use extra care. A tongue and lip protector and a four-handed approach are recommended (28).

Extensive mesio-distal enamel reduction may result in the root proximity that clinicians should concern as a risk of periodontal disease for poor control oral hygiene patients (29). However, there was no signs of periodontal tissue breakdown that were observed between root proximity sites after active orthodontic treatment (30).

Furthermore, clinicians need to pay attention to the relationship between the alveolar bone crest level and the interproximal dental papilla. Generally, the alveolar crest is 1.5 - 2 mm apical to the cemento-enamel junction (CEJ). If the distance from the contact point to the crest of bone is less than 5 mm, interdental papilla will fill up the interdental space approximately 100% (31). However, the triangular interdental space (black triangle) might be present with regard to age of patients, periodontal bone loss, increased distance between the alveolar bone crest to the contact point, improper root angulation, triangular crown and embrasure morphology, or initial position of tooth (32).

5. Enamel roughness and caries risk

Several studies revealed different level of enamel roughness related to the systems and techniques of IPR (17,33-35). Although the enamel surface was properly polished with fine

finishing strip, deep furrows caused by coarse abrasive still remained (36). Gupta et al. (2012) recommended tooth polishing with fine Sof-lex discs (3M ESPE, St Paul, MN, USA) to reduce enamel surface roughness (Fig.1) (37).



Fig.1 Sof-lex discs (3M ESPE, St Paul, MN, USA) in contra angle handpiece.

The rough enamel surface of posterior teeth potentially promotes the plaque accumulation and the adherence of bacteria that increase the risk of enamel demineralization (38,39). Thus, it is presumable that IPR may increase the risk of caries (38). However, there is a process of a complex interaction of cariogenic bacteria, food debris and host factors (tooth structure and salivary flow) with time (40). Even though several studies reported that IPR did not result in increased caries risk in anterior teeth (41-43), it was recommended to treat the enamel surface with remineralizing products to reduce the caries susceptibility (44).

6. Effect of fluoride treatment

It is accepted that stripping with manual or rotary instruments leaves scratches and furrows on enamel surfaces (17,27,33,35). Some studies presented that the microhardness of stripped enamel surfaces was decreased and that the irregularities of stripped enamel surfaces resulted in increased demineralization (42,45). Thus,

several studies recommended immediate fluoride or remineralizing products application to stripped enamel surfaces to restore the minerals lost during stripping and to preserve the integrity of the enamel surface (8,13,23,44,45). However, Jarjoura et al. (2006) found that immediate fluoride application did not provide any additional benefit for patients who were regularly exposed to fluoridated water and toothpaste containing fluoride (41).

7. Effect of heat on pulp tissue

IPR generates frictional heat which then transferred to the pulp chamber. Pulpal tissue can tolerate intrapulpal temperature increase of 5.5°C. If the transferred heat is higher, the pulp tissue will be damaged (46). Thus, water and air cooling are necessary during IPR (8,9,47).

In vivo and in vitro studies investigated the temperature change in the pulp chamber of different IPR techniques and found that the manual and rotary IPR techniques increased pulpal temperature, however, the increased pulpal

temperature was not in excess of the critical level of 5.5°C (48,49). Therefore, in terms of generated heat, these methods are safe for the pulp tissue.

Armamentarium for IPR

Armamentarium for IPR currently used in the orthodontic practices can be divided into manual and motor-driven or rotary instruments. Because of interproximal access limitation, performing IPR with manual instruments is recommended during initial phase of treatment when crowding has not been alleviated enough. After the teeth are reasonably aligned, it is usually recommended for clinicians to performing IPR with rotary instruments, since clinicians can parallel the instrument to the long axis of the tooth.

Manual instruments

One sided-, double sided- thin metal strips, thickness 0.05 mm, width 6 mm (fig.2a)

Motor-driven or rotary instruments

Diamond disc (fig.2b), Diamond discs with soft tissue protectors (fig.2c and fig.2d), Oscillating discs (fig.2e), High speed airtor diamond burs (fig.2f), Diamond strip motor-driven type (fig.2g), Sof-lex discs (fig.1), IPR gauge set (fig.2h).

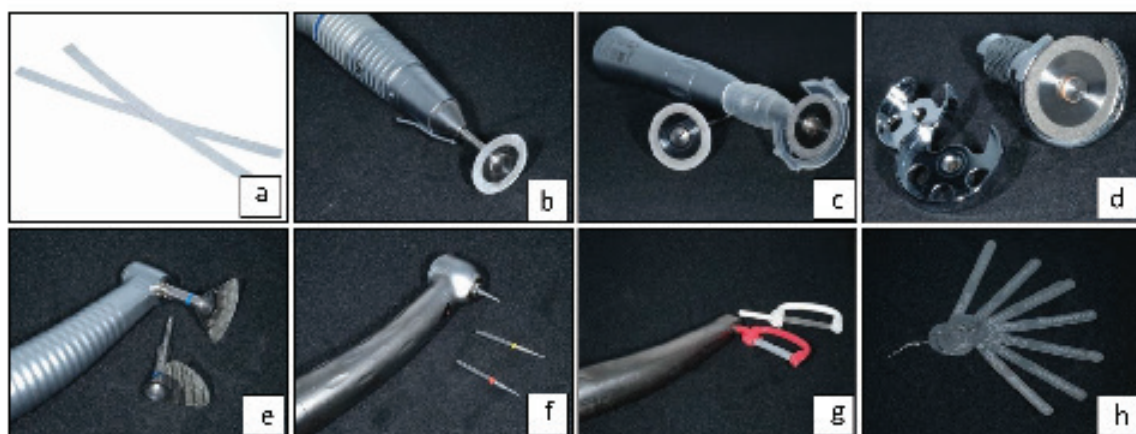


Fig.2 Manual instruments: a) Thin metallic strips: b) Diamond disc in straight handpiece, c) Diamond discs with plastic soft tissue protector, d) Diamond disc with metal soft tissue protectors, e) Oscillating discs in contra angle handpiece, f) High speed airtor diamond burs, g) Diamond strips in contra angle handpiece, h) IPR gauge set.

Conclusion

Interproximal enamel reduction is proven to be the safe method to gain space in the orthodontic treatment, especially non-extraction approach. Since enamel stripping is an irreversible procedure, clinicians must keep in mind the indications, the amount of enamel to be removed, locations, techniques, and most importantly, patient's safety.

References

1. Lapenaite E, Lopatiene K. Interproximal enamel reduction as a part of orthodontic treatment. *Stomatologija*. 2014;16(1):19-24.
2. Livas C, Jongsma AC, Ren Y. Enamel reduction techniques in orthodontics: a literature review. *Open Dent J*. 2013;7:146-51.
3. Ballard ML. Asymmetry in Tooth Size: A factor in the etiology, diagnosis and treatment of malocclusion. *The Angle Orthodontist*. 1944; 14(3):67-70.
4. Begg PR. Stone age man's dentition: With reference to anatomically correct occlusion, the etiology of malocclusion, and a technique for its treatment. *Am J of Orthod*. 1954;40(4):298-312.
5. Hudson AL. A study of the effects of mesiodistal reduction of mandibular anterior teeth. *Am J Orthod* 1956;42(8):615-24.
6. Bolton WA. Disharmony in tooth size and its relation to the analysis and treatment of malocclusion*. *Angle Orthodon*. 1958;28(3):113-30.
7. Peck H, Peck S. An index for assessing tooth shape deviations as applied to the mandibular incisors. *Am J Orthod*. 1972;61(4):384-401.
8. Sheridan JJ. Air-rotor stripping. *J Clin Orthod*. 1985;19(1):43-59.
9. Zachrisson BU. JCO/interviews Dr. Bjorn U. Zachrisson on excellence in finishing. Part 2. *J Clin Orthod*. 1986;20(8):536-56.
10. Frindel C. Clear thinking about interproximal stripping. *J Dentofacial Anom Orthod*. 2010;13(2):187-99.
11. Paskow H. Self-alignment following interproximal stripping. *Am J Orthod*. 1970;58(3): 240-9.
12. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. *Contemporary orthodontics*. 6th ed: St. Louis, Mo, USA: Mosby Elsevier; 2013.
13. Rossouw PE, Tortorella A. Enamel reduction procedures in orthodontic treatment. *J Can Dent Assoc*. 2003;69(6):378-83.
14. Aasen TO, Espeland L. An approach to maintain orthodontic alignment of lower incisors without the use of retainers. *Eur J Orthod*. 2005;27(3):209-14.
15. Boese LR. Fiberotomy and reproximation without lower retention, nine years in retrospect: part I. *Angle Orthod*. 1980;50(2):88-97.
16. Boese LR. Fiberotomy and reproximation without lower retention 9 years in retrospect: part II. *Angle Orthod*. 1980;50(3):169-78.
17. Danesh G, Hellak A, Lippold C, Zieburga T, Schafer E. Enamel surfaces following interproximal reduction with different methods. *Angle Orthod*. 2007;77(6):1004-10.
18. Chee D, Ren C, Yang Y. An overview on interproximal enamel reduction. *Dent Open J*. 2014;1(1):14-8.
19. Seow WK. Developmental defects of enamel and dentine: challenges for basic science research and clinical management. *Aust Dent J*. 2014;59 Suppl 1:143-54.

20. Philippe J. A method of enamel reduction for correction of adult arch-length discrepancy. *J Clin Orthod.* 1991;25(8):484-9.
21. Stroud JL, English J, Buschang PH. Enamel thickness of the posterior dentition: its implications for nonextraction treatment. *Angle Orthod.* 1998;68(2):141-6.
22. Sheridan JJ. Air-rotor stripping update. *J Clin Orthod.* 1987;21(11):781-8.
23. Chudasama D, Sheridan JJ. Guidelines for contemporary air-rotor stripping. *J Clin Orthod.* 2007;41(6):315-20.
24. Pinheiro MLR. Interproximal Enamel Reduction. *World J Orthod.* 2002;3(3):223-32.
25. Pindoria J, Fleming PS, Sharma PK. Inter-proximal enamel reduction in contemporary orthodontics. *Br Dent J.* 2016;221(12):757-63.
26. Boushell LW, Sturdevant JR. 1 - Clinical Significance of Dental Anatomy, Histology, Physiology, and Occlusion. In: Ritter AV, Boushell LW, Walter R, editors. *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry.* St. Louis: Elsevier; 2019. p. 1-39.
27. Nassif N, Gholmieh MN, Sfeir E, Mourad A. In vitro Macro-qualitative Comparison of Three Enamel Stripping Procedures: What is the Best Shape We can get? *Int J Clin Pediatr Dent.* 2017;10(4):358-62.
28. Zachrisson BU. Actual damage to teeth and periodontal tissues with mesiodistal enamel reduction ("stripping"). *World J Orthod.* 2004;5(2):178-83.
29. Vermylen K, De Quincey GN, Wolffe GN, van 't Hof MA, Renggli HH. Root proximity as a risk marker for periodontal disease: a case-control study. *J Clin Periodontol.* 2005;32(3):260-5.
30. Artun J, Kokich VG, Osterberg SK. Long-term effect of root proximity on periodontal health after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987;91(2):125-30.
31. Tarnow DP, Magner AW, Fletcher P. The effect of the distance from the contact point to the crest of bone on the presence or absence of the interproximal dental papilla. *J Periodontol.* 1992;63(12):995-6.
32. Zachrisson BU. Interdental papilla reconstruction in adult orthodontics. *World J Orthod.* 2004;5(1):67-73.
33. Arman A, Cehreli SB, Ozel E, Arhun N, Cetinsahin A, Soyman M. Qualitative and quantitative evaluation of enamel after various stripping methods. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130(2):131 e7-14.
34. Zhao BJ, Wu HM. Enamel surface roughness after interproximal enamel reduction with different methods in vitro. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue.* 2011;20(1):51-4.
35. Grippaudo C, Cancellieri D, Grecolini ME, Deli R. Comparison between different interdental stripping methods and evaluation of abrasive strips: SEM analysis. *Prog Orthod.* 2010;11(2):127-37.
36. Radlanski RJ, Jager A, Zimmer B, Schwestka R, Bertzbach F. The results of scanning electron microscopy research on interdental stripping in vitro. *Fortschr Kieferorthop.* 1989;50(4):276-84.
37. Gupta P, Gupta N, Patel N, Gupta R, Sandhu GS, Naik C. Qualitative and quantitative evaluation of enamel after various post-stripping polishing methods: an in vitro study. *Aust Orthod J.* 2012;28(2):240-4.

38. Radlanski RJ, Jager A, Schwestka R, Bertzbach F. Plaque accumulations caused by interdental stripping. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988;94(5):416-20.

39. Radlanski RJ, Jager A, Zimmer B. Morphology of interdentally stripped enamel one year after treatment. *J Clin Orthod.* 1989;23(11):748-50.

40. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. *Lancet.* 2007;369(9555):51-9.

41. Jarjoura K, Gagnon G, Nieberg L. Caries risk after interproximal enamel reduction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130(1):26-30.

42. Koretsi V, Chatzigianni A, Sidiropoulou S. Enamel roughness and incidence of caries after interproximal enamel reduction: a systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2014;17(1):1-13.

43. Zachrisson BU, Minster L, Ogaard B, Birkhed D. Dental health assessed after interproximal enamel reduction: caries risk in posterior teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139(1):90-8.

44. Danesh G, Podstawa PKK, Schwartz CE, Kirschneck C, Bizhang M, Arnold WH. Depth of acid penetration and enamel surface roughness associated with different methods of interproximal enamel reduction. *PLoS One.* 2020;15(3):e0229595.

45. Ben Mohim H, Kaaouara Y, Azaroual F, Zaoui F, Bahije L, Benyahia H. Enamel protection after stripping procedures: An *in vivo* study. *Int Orthod.* 2019;17(2):243-8.

46. Zach L, Cohen G. Pulp Response to Externally Applied Heat. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1965;19:515-30.

47. Baysal A, Uysal T, Usumez S. Temperature rise in the pulp chamber during different stripping procedures. *Angle Orthod.* 2007;77(3):478-82.

48. Sehgal M, Sharma P, Juneja A, Kumar P, Verma A, Chauhan V. Effect of different stripping techniques on pulpal temperature: *in vitro* study. *Dental Press J Orthod.* 2019;24(1):39-43.

49. Banga K, Arora N, Kannan S, Singh AK, Malhotra A. Evaluation of temperature rise in the pulp during various IPR techniques-an *in vivo* study. *Prog Orthod.* 2020;21(1):40.

ติดต่อขอความ

อ.ทญ.พิมพ์สิริ กันต์พิทยา

ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนอังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ 081 644 4500, 02 218 8930

อีเมล: Pimsiri.K@chula.ac.th

Corresponding

Dr. Pimsiri Kanpittaya

Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Henri-Dunant Road, Wangmai, Pathumwan, Bangkok 10330

Tel: +66 81 644 4500, +66 2 218 8930

E-mail: pimsiri.K@chula.ac.th

Received Date: Apr 23, 2021

Revised Date: Aug 17, 2021

Accepted Date: Jan 27, 2022

การสบฟันลึก: สาเหตุ การวินิจฉัยและแนวทางการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน

ชนิดา กันนะ* พิชญา ไชยรักษ์**

บทคัดย่อ

การสบฟันลึกเป็นการสบฟันผิดปกติชนิดหนึ่งที่พบได้บ่อย มีสาเหตุจากปัจจัยทางพันธุกรรม ปัจจัยสิ่งแวดล้อมหรือเกิดร่วมกัน ทำให้เกิดปัญหาต่อผู้ป่วยทั้งในแง่ของการใช้งานและความสวยงาม การรักษาฟันสบลึกได้แก่ การเคลื่อนฟันตัดเข้าสู่เบ้าฟัน การเคลื่อนฟันหลังสูงกว่าเบ้าฟัน การเอียงตัวมาด้านหน้าของฟันตัด หรือร่วมกับการผ่าตัดขากรรไกร การวางแผนการรักษาจึงขึ้นอยู่กับความรุนแรงของฟันสบลึกและอายุของผู้ป่วย ดังนั้นทันตแพทย์จัดฟันจึงต้องเข้าใจสาเหตุของการสบฟันลึกเพื่อใช้ในการวินิจฉัยโรคและการวางแผนรักษาทางทันตกรรมจัดฟันที่แม่นยำเพื่อให้การรักษาเหมาะสมในผู้ป่วยแต่ละราย

คำสำคัญ: การสบฟันลึก สาเหตุ การวินิจฉัย การวางแผนการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน

*กลุ่มงานทันตกรรม โรงพยาบาลราชบุรี 85 ถนนสมบูรณกุล ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง ราชบุรี 70000

**ภาควิชาโสตศูรวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110

Deep overbite: Etiology, Diagnosis and Orthodontic treatment options

Chanida Kanna* Pitchaya Chaiyaraksa**

Abstract

Deep overbite is a common malocclusion. The etiology of this problem may include hereditary, environmental factor or the combination of both. The impacts of this malocclusion on a patient are functional and esthetic problems. Deep overbite can be treated by different means, including, but not limited to intrusion of anterior teeth, extrusion of posterior teeth, proclination of anterior teeth, and surgical treatment. Treatment plan depends upon severity of malocclusion and age of the patient. Thus, it is essential that orthodontists have a full understanding of the etiology of deep overbite to make a precise diagnosis and treatment planning in order to properly manage patients.

Keywords: Deep overbite, Etiology, Diagnosis, Orthodontic treatment planning

* Dental Department, Ratchaburi Hospital 85 Somboonkun Road, Na Mueang District, Mueang, Ratchaburi 70000, Thailand.

** Department of Stomatology, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, 114, Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok 10110, Thailand.

บทนำ

การสบฟันลึก (deep overbite, deep bite) หมายถึง การสบเหลี่ยมแนวตั้งของฟันหน้า (overbite) มีค่ามากกว่าปกติขณะขากรรไกรล่างอยู่ในตำแหน่งการสบฟันในศูนย์ (centric occlusion) (1) เนื่องจากความยาวของตัวฟัน (clinical crown) ในแต่ละคนมีขนาดแตกต่างกัน ดังนั้นควรประเมินการสบเหลี่ยมแนวตั้งเทียบกับความยาวของตัวฟันตัดล่างในผู้ป่วยแต่ละรายการสบฟันลึกมีค่าการสบเหลี่ยมแนวตั้งมากกว่าร้อยละ 30-40 หรือ 1/3 ของความยาวตัวฟันตัดล่าง (2) ถือเป็นลักษณะการสบฟันผิดปกติที่พบได้บ่อย จากรายงานที่ผ่านมามีร้อยละ 11.8-36.7 ของประชากรทั้งหมด (3) และร้อยละ 4.3 มีปัญหาการสบฟันก่อบาดเจ็บ (traumatic occlusion) จากภาวะฟันสบลึก (4) อย่างไรก็ตามผู้ป่วยที่มีฟันสบลึกบางรายไม่มีอาการใด ๆ (asymptomatic deep bite) อาจไม่จำเป็นต้องทำการรักษา แต่ในรายที่ฟันสบลึกรุนแรงอาจทำให้เกิดอันตรายต่อฟันและอวัยวะปริทันต์ได้

1. สาเหตุของการสบฟันลึก

เกิดได้จากสาเหตุหลัก 2 อย่าง ได้แก่ (2,5,6)

1.1 ปัจจัยทางพันธุกรรม (hereditary factor)

- รูปร่างฟัน (tooth morphology) เช่น ฟันหลังตัวฟันสั้น หรือฟันหน้ายาวเนื่องจากมีการงอกเหนือระนาบการสบฟัน (overeruption)

- ลักษณะโครงสร้างกระดูกขากรรไกร (skeletal pattern) การเจริญเติบโตของกระดูกขากรรไกรบนหรือขากรรไกรล่างผิดปกติหรือทั้งสองอย่างร่วมกันและลักษณะระนาบของขากรรไกรบนและล่างหมุนเข้าหากัน (convergent) อาจเกิดจากระนาบกระดูกขากรรไกรบนหมุนตามเข็มนาฬิกา (clockwise rotation) และ/หรือกระดูกขากรรไกรล่างหมุนทวนเข็มนาฬิกา (anticlockwise rotation)

1.2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อม (environmental factor)

- กล้ามเนื้อ (muscle) กล้ามเนื้อบดเคี้ยวที่มีความแข็งแรงส่งผลต่อแรงกัด ทำให้ฟันมีแรงกดในแนวตั้ง เกิดฟันสึกและทำให้ฟันเคลื่อนเข้าสู่เบ้าฟัน (intrusion)

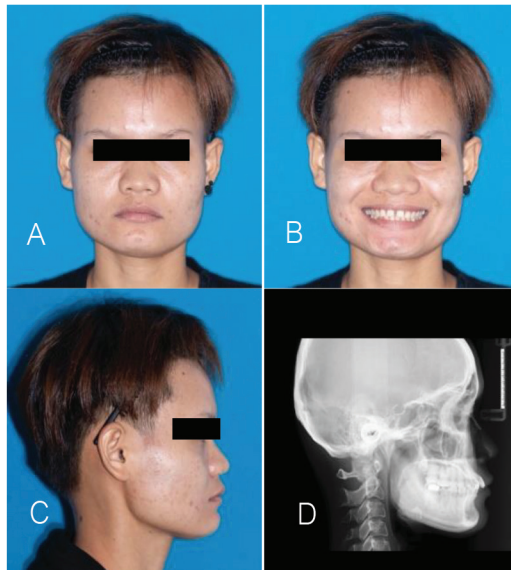
- ฟัน (teeth) การเปลี่ยนแปลงของฟัน ได้แก่ การสูญเสียฟันหลัง เช่น การถอนฟันกรามซี่ที่ 1 ทำให้ฟันกรามซี่ที่เหลือนั้นมีการล้มเอียงมาทางด้านหน้าเข้าสู่ช่องว่าง หรือฟันสึกที่ทำให้ตัวฟันสั้นลง ส่งผลให้ขากรรไกรล่างหมุนมาข้างหน้าและหมุนขึ้นเข้าหาขากรรไกรบน (forward and upward rotation) ทำให้ฟันสบลึกมากขึ้น

- นิสัยผิดปกติ (abnormal habits) ได้แก่ การกัดริมฝีปาก (lip biting) ทำให้ฟันหน้าบนเอียงมาด้านริมฝีปากและฟันหน้าล่างเอียงไปด้านลิ้นมากขึ้น ทำให้ฟันหน้าล่างสบกระแทกบริเวณขอบเหงือกหรือเนื้อเยื่อด้านเพดานปากของฟันหน้าบน เกิดการบาดเจ็บของเหงือกและฟัน นอกจากนี้การนอนกัดฟัน (bruxism) หรือภาวะลิ้นดันฟันด้านข้าง (lateral tongue thrusting) ที่มีแรงกดจากลิ้นไปยังด้านบดเคี้ยวของฟันหลัง นิสัยที่ผิดปกติทั้งสองอย่างทำให้ตัวฟันสั้นลง ส่งผลให้ขากรรไกรล่างหมุนขึ้นมาข้างหน้าเช่นกัน

2. ลักษณะทางคลินิกในผู้ป่วยฟันสบลึก

2.1 ลักษณะภายนอกช่องปาก (2,6) ดังรูปที่ 1

- ลักษณะใบหน้าสั้น (brachycephalic)
- รูปร่างด้านข้างมีลักษณะตรงหรือโค้งนูนเล็กน้อย (straight to mild convex profile)
- ความสูงใบหน้าสั้นกว่าปกติ (short face height) เนื่องจากขากรรไกรล่างมีทิศทางหมุนขึ้นไปด้านหน้า
- กล้ามเนื้อแมสซีเตอร์แข็งแรงและหดเกร็ง (strong contractions of masseter muscle)
- ขากรรไกรล่างมีเร้ายาว (long ramus) บอดสั้น (short body) มุมโกเนียเหลี่ยม (square gonial angle) และความชันของมุมระนาบขากรรไกรล่างน้อยกว่าปกติ (flat mandibular plane)
- เมนโทเลเบียลซัลคัสลึก (deep mentolabial sulcus) คางนูนเด่น (prominent chin)



รูปที่ 1 ลักษณะภายนอกช่องปากในผู้ป่วยฟันสบลึก
(A-C) ภาพถ่ายนอกช่องปาก (D) ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง พบว่า ความชันของมุมระนาบขากรรไกรล่าง
น้อยกว่าปกติ

Fig 1. Extraoral feature in deep overbite patient.

(A-C) Extraoral photographs, (D) Cephalometric tracing indicates flat mandibular plane.

2.2 ลักษณะภายในช่องปาก (2) ดังรูปที่ 2 และ 3

- การสบเหลี่ยมแนวดิ่งมากกว่า 1/3 ของความยาวตัวฟันตัดล่าง
- อาจพบลักษณะฟันหน้าล่างสบกระแทกเชิงอกด้านเพดานปากของฟันหน้าบน (impingement on the palatal mucosa) หรือมีรอยสึก (attrition) บริเวณฟันหน้าบนด้านเพดานปาก และ/หรือที่ฟันหน้าล่างด้านริมฝีปากหรือปลายฟัน

- ฟันหลังตัวฟันสั้นหรือมีฟันสึกด้านบดเคี้ยว และฟันหน้ามีการงอกเหนือระนาบการสบฟัน
- ส่วนโค้งสปีซัน (deep curve of Spee)
- พบนิลัยผิดปกติ ได้แก่ กัดริมฝีปากหรือลิ้นดันฟันด้านข้างและอาจพบประวัตินอนกัดฟัน



รูปที่ 2 ลักษณะภายในช่องปากและแบบจำลองฟันล่างของผู้ป่วยฟันสบลึก

(A-B) ภาพถ่ายในช่องปาก พบว่าฟันหน้าล่างสบกระแทกขอบเหงือกด้านเพดานปากของฟันหน้าบน
(C) แบบจำลองฟันล่าง พบว่า ส่วนโค้งสปีซัน เนื่องจากฟันหน้าล่างงอกเหนือระนาบสบฟัน

Fig 2. Intraoral feature and lower model in deep overbite patient.

(A-B) Intraoral photographs show lower incisors occlude on the palatal gingival margin of upper incisors. (C) Lower model shows deep curve of Spee due to lower incisors overeruption.



รูปที่ 3 (A-C) ลักษณะฟันสึกจากผู้ป่วยฟันสบลึก พบรอยสึกที่ฟันหน้าบนด้านเพดานปาก และฟันหน้าล่างด้านตัด

Fig 3. (A-C) Wear faceting on the palatal surface of upper anterior teeth and incisal edges of lower anterior teeth in deep overbite patient.

3. การรักษาทางทันตกรรมจัดฟันในผู้ป่วยฟันสบลึก

การวินิจฉัยฟันสบลึกควรพิจารณาถึงสาเหตุที่เกิดจากความผิดปกติของกระดูกขากรรไกรหรือฟันหรือทั้งสองอย่างร่วมกัน เพื่อจะได้วางแผนการรักษาให้ตรงตามสาเหตุ หลักเกณฑ์ที่ควรพิจารณาในการเลือกวิธีการรักษาทันตกรรมจัดฟัน มีดังนี้ (2)

3.1 ลักษณะโครงสร้างขากรรไกรและใบหน้า และความรุนแรงการสบฟันผิดปกติ

ปัญหาการสบฟันลึกที่มีสาเหตุจากกระดูกขากรรไกรผิดปกติและความรุนแรงของการสบฟันลึกยิ่งมากย่อมทำให้การรักษาทางทันตกรรมจัดฟันมีความซับซ้อน แผนการรักษาอาจสามารถรักษาด้วยการจัดฟันเพียงอย่างเดียวเพื่ออำพรางความผิดปกติของโครงสร้างขากรรไกร (camouflage) หรือจำเป็นต้องจัดฟันร่วมกับการผ่าตัด (orthognathic surgery)

3.2 อายุ และรูปแบบการเจริญเติบโตของขากรรไกรพิจารณาว่าผู้ป่วยที่ยังมีการเจริญเติบโตของกระดูกขากรรไกรอยู่หรือไม่ หากอยู่ในช่วงอายุที่ยังมีการเจริญเติบโตอยู่ สามารถใช้เครื่องมือเพื่อการรักษาแบบกระตุ้นการเจริญเติบโตของกระดูกขากรรไกร (growth modification) รวมถึงคำนึงถึงทิศทางการ

เจริญเติบโตของขากรรไกร เช่น ผู้ป่วยมีการเจริญเติบโตแนวตั้ง (vertical pattern) หรือมีลักษณะไฮเปอร์ไดเวอร์เจนท์ (hyperdivergent) การแก้ฟันสบลึกโดยการเคลื่อนฟันหลังสูงกว่าเบ้าฟันกลับทำให้การเจริญเติบโตในแนวตั้งเพิ่มขึ้น จึงไม่เหมาะใช้ในผู้ป่วยลักษณะนี้ ควรแก้ไขด้วยวิธีการเคลื่อนฟันหน้าเข้าสู่เบ้าฟัน ดังนั้นการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันจึงแบ่งเป็นผู้ป่วยที่กระดูกขากรรไกรยังมีการเจริญเติบโต (growing patients) และหมดการเจริญเติบโตของกระดูกขากรรไกร (non growing patients) มีแนวทางในการรักษาแตกต่างกัน ดังนี้

3.2.1 ผู้ป่วยที่ยังมีการเจริญเติบโตของกระดูกขากรรไกร แบ่งการรักษาเป็น 3 ช่วงอายุ ได้แก่

- การรักษาในช่วงฟันน้ำนม (primary dentition) ฟันหน้าสบลึกถือเป็นลักษณะปกติในวัยนี้ จึงยังไม่ควรเริ่มทำการรักษา ยกเว้นจะพิจารณารักษาในบางกรณี ได้แก่ พบลักษณะฟันหน้าล่างสบกระแทกเหงือกด้านเพดานปากของฟันหน้าบน หรือมีนิสัยกัดแน่นฟัน (clenching) และอาการปวดศีรษะที่วินิจฉัยว่ามีสาเหตุมาจากการสบฟันลึก

- การรักษาในช่วงฟันชุดผสม (mixed dentition) เมื่อฟันหน้าแท้เริ่มขึ้นจะพบว่าการสบเหลี่ยมในแนวตั้งจะเพิ่มขึ้น หากวินิจฉัยว่าผู้ป่วยมีลักษณะของโครงสร้างขากรรไกรปกติและฟันตัดหน้ามีการเอียงตัวของฟันปกติ จะไม่เริ่มทำการรักษาจนกว่าฟันหลังจะขึ้นครบแต่หากผู้ป่วยมีความผิดปกติของโครงสร้างขากรรไกรถือว่าเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโตของขากรรไกร แม้จะมีการศึกษาพบว่าในผู้ป่วยเด็กที่มีการเจริญเติบโตในแนวตั้งแบบไฮโปไดเวอร์เจนท์ (hypodivergent) จะสามารถเปลี่ยนแปลงได้เป็นลักษณะแบบปกติ (normodivergent) เมื่อเด็กเจริญเติบโตขึ้นแม้ไม่ได้ทำการรักษา (7) อย่างไรก็ตามการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันเบื้องต้นในวัยที่ยังมีการเจริญเติบโตของกระดูกขากรรไกร จะช่วยแก้ไขปัญหาก็ที่อาจจะแย่งระหว่างการพัฒนาเจริญเติบโต ช่วยให้ความรุนแรงของการสบฟันลดลง

- การรักษาในช่วงฟันแท้ระยะต้น (early permanent dentition) ผู้ป่วยฟันสบลึกช่วงวัยนี้สามารถเริ่มการรักษาทันตกรรมจัดฟันได้ ใช้วิธีการเคลื่อนฟันหน้าเข้าสู่เบ้าฟันหรือเคลื่อนฟันหลังสูงกว่าเบ้าฟันขึ้นกับปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการสบฟันลึกในผู้ป่วยแต่ละราย และพบว่าการรักษาจะซับซ้อนมากยิ่งขึ้นหากผู้ป่วยมีปัญหาอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ฟันซ้อนเก การสบเหลี่ยมแนวระนาบ (overjet) ผิดปกติ หรือมีการละลายของกระดูกเบ้าฟัน (alveolar bone loss) อย่างไรก็ตามพบว่าหลักการรักษาผู้ป่วยในวัยนี้สามารถใช้วิธีการเคลื่อนฟันหลังสูงกว่าเบ้าฟันได้ดีเนื่องจากอาศัยผลจากการเจริญเติบโตในแนวตั้งของขากรรไกรล่างส่วนแรสต์ด้วย ต่างจากในวัยที่หมดการเจริญเติบโตไปแล้วเคลื่อนฟันหลังสูงขึ้นจะส่งผลให้เกิดการคืนกลับได้ง่าย

การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเสถียรภาพของผลการรักษาในการแก้ไขฟันสบลึกของผู้ป่วยวัยที่ยังมีการเจริญเติบโตโดย Al Buraiki และคณะ ปี 2015 (8) ศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาแก้ไขฟันสบลึกในช่วงฟันชุดผสมหรือชุดฟันแท้ระยะต้นโดยการใช้อุปกรณ์เอ็ดจ์ไวส์ (edgewise appliance) ร่วมกับเฮดเกียร์ชนิดติดคอ (cervical headgear) ติดตามผลในระยะยาวหลังจัดฟันเสร็จเฉลี่ย 7 ปีและหลังถอด

เครื่องมือคงสภาพฟัน (retainer) 4 ปี พบว่า การสบเหลี่ยมแนวตั้งหลังการรักษาเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3.2.2 การรักษาคนไข้ฟันสบลึกที่หมดการเจริญเติบโตของกระดูกขากรรไกรแล้ว

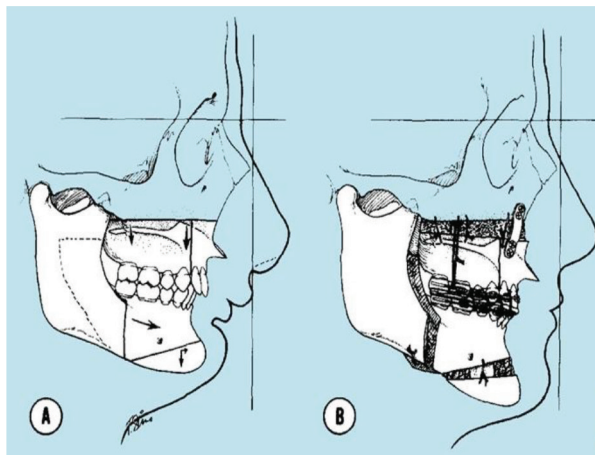
การรักษาทางทันตกรรมจัดฟันในผู้ป่วยที่กระดูกขากรรไกรหมดการเจริญเติบโตแล้วแบ่งการรักษาใหญ่ ๆ ได้เป็น 2 วิธี โดยในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของโครงสร้างขากรรไกรเล็กน้อยถึงปานกลาง (mild to moderate skeletal deep bite) การรักษาอาจจะใช้การจัดฟันเพียงอย่างเดียวได้ แต่ผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของขากรรไกรรุนแรง (severe skeletal deep bite) ต้องจัดฟันร่วมกับการผ่าตัด (orthognathic surgery) ดังต่อไปนี้

- การรักษาด้วยการจัดฟันเพียงอย่างเดียว การในการรักษาผู้ป่วยฟันสบลึกมีหลักเกณฑ์ที่ควรพิจารณาดังที่กล่าวในข้างต้นนอกจากนี้ การรักษาด้วยการจัดฟันด้วยวิธีการถอนฟันในผู้ป่วยฟันสบลึกเป็นสิ่งที่ต้องระมัดระวังเพราะการเคลื่อนฟันปิดช่องว่างทำให้ต้องดึงฟันหน้าเข้าไปมากทำให้มุมของฟันหน้าเอียงตัวไปทางด้านลิ้นหรือด้านเพดานมากขึ้นหรือการเคลื่อนฟันหลังมาด้านหน้าทำให้ขากรรไกรล่างเกิดการหมุนขึ้นหาขากรรไกรบน ส่งผลให้ฟันสบลึกเพิ่มขึ้น การรักษาด้วยการจัดฟันเพียงอย่างเดียวในช่วงอายุที่หมดการเจริญเติบโตแล้ว จะอาศัยหลักการเคลื่อนฟันตัดเข้าสู่เบ้าฟันร่วมกับการเอียงฟันตัดมาด้านหน้าและ/หรือเกิดการเคลื่อนฟันหลังสูงกว่าเบ้าฟัน ทั้งนี้ขึ้นกับการวินิจฉัยในผู้ป่วยแต่ละราย ในการรักษาด้วยเครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่นในผู้ป่วยฟันสบลึกมีความแตกต่างกับผู้ป่วยที่มีปัญหาอื่น เช่น การวางตำแหน่งแบร็กเกตในฟันหลังให้ติดค่อนมาทางคอฟันมากกว่าปกติเพื่อเคลื่อนฟันหลังสูงขึ้น หรือในฟันหน้าให้ติดค่อนมาทางปลายฟันมากกว่าปกติเพื่อเคลื่อนฟันหน้าเข้าสู่เบ้าฟัน นอกจากนี้ควรติดแบร็กเกตไปจนถึงฟันกรามล่างซี่ที่ 2 หรือการใช้เครื่องมือยกฟันร่วมด้วยเพื่อให้ฟันหลังไม่สบกันเพราะช่วยให้ฟันหลังเกิดการเคลื่อนเข้าหากันสู่ช่องว่างนี้ ซึ่งจะกล่าวต่อไปในส่วน of เครื่องมือที่ใช้ในการรักษา

- การจัดฟันร่วมกับการผ่าตัด

ผู้ป่วยที่มีการสบฟันลึกรุนแรง เช่น การสบเหลี่ยมแนวตั้งร้อยละ 100 ของความยาวฟันตัดล่างหรือมากกว่า มีแนวยิ้มผิดปกติโดยพิจารณาที่ฟันหน้าบนและเหงือก หากพบว่ายิ้มเห็นฟันหน้าบนน้อย ความสูงใบหน้าแนวตั้งสั้นกว่าปกติ และมีปัญหาในส่วนของกระดูกขากรรไกร การจัดฟันร่วมกับการผ่าตัดเป็นอีกแนวทางการรักษาที่ควรแจ้งให้ผู้ป่วยทราบหรือในบางรายจำเป็นต้องทำ โดยในการวางแผนการรักษาต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของทันตแพทย์จัดฟันและศัลยแพทย์ช่องปากขากรรไกรและใบหน้า ลักษณะฟันที่มีการสบเหลี่ยมแนวตั้งมากกว่า 8 มิลลิเมตร ร่วมกับการสบเหลี่ยมแนวระนาบมากกว่า 6 มิลลิเมตร อาจจำเป็น

ต้องพิจารณาแก้ไขด้วยการจัดฟันร่วมกับการผ่าตัด(5) ยกตัวอย่างในกรณีผู้ป่วยโครงสร้างใบหน้าผิดปกติประเภทที่ 2 มิติแนวตั้งของใบหน้าสั้น (decrease lower anterior face height) การสบเหลี่ยมแนวระนาบและแนวตั้งมาก ยิ้มเห็นฟันหน้าบนน้อย การผ่าตัดโดยการทำการผ่าตัดแบบเลอฟอร์ต วัน (LeFort I osteotomy) เพื่อเพิ่มมิติแนวตั้งของใบหน้าและเปลี่ยนแปลงปริมาณของฟันหน้าบนขณะยิ้ม (tooth exposure) ร่วมกับเลื่อนตำแหน่งขากรรไกรล่างไปทางด้านหน้า (mandibular advancement) เพื่อแก้ไขการสบเหลี่ยมแนวระนาบและผ่าตัดคาง (genioplasty) เพื่อเพิ่มความสูงของคาง (9) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนการผ่าตัดเพื่อแก้ไขในผู้ป่วยที่มีลักษณะโครงสร้างใบหน้าผิดปกติประเภทที่ 2 ที่มีการสบฟันลึก ตามการศึกษาของ Bell และคณะ (9)

(A) แผนการผ่าตัดโดยผ่าตัดแบบเลอฟอร์ต วัน การผ่าตัดแบ่งกระดูกขากรรไกรล่างส่วนท้ายฟันกราม และการผ่าตัดคาง

(B) ผลหลังการผ่าตัด พบว่า มิติแนวตั้งของใบหน้าเพิ่มขึ้นและมีการสบฟันแบบที่ 1

Fig 4. Surgical techniques for correction of class II deep bite malocclusion according to the study of Bell et al.(9)

(A) Surgical plan: LeFort I osteotomy, sagittal splitting ramus osteotomy (SSRO) and genioplasty. (B) Postoperative result: Increased facial height and class I occlusion.

3.3 ความสูงใบหน้าในแนวตั้ง (vertical face height)

ผู้ป่วยที่มีความสูงใบหน้าในแนวตั้งมากไม่ควรวางแผนรักษาด้วยการเคลื่อนฟันหลังสูงกว่าเข้าฟัน เพราะจะทำให้ขากรรไกรล่างเปลี่ยนตำแหน่งถอยลงไปด้านหลัง (downward and backward rotation) ทำให้ใบหนายาวมากขึ้น

3.4 ช่องระหว่างริมฝีปากบนและล่างขณะพัก (interlabial gap) ปกติมีค่า 2-4 มิลลิเมตร กรณีผู้ป่วยที่มีช่องมากกว่าค่าปกติ การรักษาด้วยการเคลื่อนฟันหลังสูงกว่าเข้าฟัน จะทำให้ช่องระหว่างริมฝีปากห่างมากขึ้น ควรแก้ไขด้วยการเคลื่อนฟันหน้าเข้าสู่เข้าฟัน

3.5 แนวยิ้ม (smile line)

ผู้ป่วยที่ยิ้มเห็นเหงือก (gummy smile) และมีฟันสบลึก ควรเลือกการรักษาด้วยการเคลื่อนฟันหน้าเข้าสู่เข้าฟันช่วยให้การสบเหลี่ยมแนวตั้งดีขึ้นและช่วยให้เห็นเหงือกลดลง แต่อย่างไรก็ตามการเคลื่อนฟันหน้าเข้าสู่เข้าฟันจะทำให้ตัวฟันสั้นลงหรือมีปริมาณเหงือกคลุมฟันมากขึ้น ควรพิจารณาว่าแผนการรักษาสุดท้ายควรมีการตัดเหงือก (gingivectomy) หรือบูรณะเพิ่มความยาวตัวฟันร่วมด้วยหรือไม่

3.6 ระยะปลอดสบขณะพัก (free-way space)

ปกติมีค่า 2-4 มิลลิเมตร ถ้าผู้ป่วยมีลักษณะปกติหรือน้อยกว่า ควรรักษาด้วยการเคลื่อนฟันหน้าเข้าสู่เข้าฟัน เพราะหากรักษาโดยการเคลื่อนฟันหลังสูงกว่าเข้าฟันจะทำให้เกิดการคืนกลับ (relapse) ได้ง่าย

3.7 ความลึกของเมนโทเลเบียวซัลคัส

กรณีเมนโทเลเบียวซัลคัสลึก ควรหลีกเลี่ยงการเอียงฟันตัดล่างมาด้านหน้าเพราะจะทำให้ร่องนี้ลึกมากขึ้น

4. เครื่องมือที่ใช้รักษาฟันสบลึก

4.1 เครื่องมือจัดฟันแบบถอดได้ชนิดแผ่นระนาบกัดด้านหน้า (anterior bite plane) ลักษณะเครื่องมือออกแบบคล้ายเครื่องมือฮอว์ลีย์ (Hawley appliance) แต่จะมีแผ่นอะคริลิกหนาเพิ่มขึ้นทางด้านเพดานปากของฟันหน้า ดังรูปที่ 5 เมื่อสบฟันทำให้

ปลายฟันหน้าล่างแตะกับแผ่นอะคริลิก ช่วยเคลื่อนฟันหน้าล่างเข้าสู่เข้าฟัน ในขณะที่ฟันหลังไม่สบกันช่วยเคลื่อนฟันหลังสูงกว่าเข้าฟัน โดยให้ใส่เครื่องมือทั้งวันและใส่รับประทานอาหารด้วย เครื่องมือชนิดนี้สามารถใช้ในช่องวัยที่มีการเจริญเติบโตอยู่หรือใช้ในผู้ป่วยที่หมดการเจริญเติบโตโดยอาจใช้ร่วมกับการจัดฟันชนิดติดแน่น ข้อเสียคือต้องอาศัยความร่วมมือของผู้ป่วยและเนื่องจากมีแผ่นอะคริลิกทำให้ไม่สะดวกสบายและมีปัญหาในการพูด

4.2 เครื่องมือจัดฟันชนิดฟังก์ชันนอล (functional appliance) ใช้ในผู้ป่วยที่มีลักษณะโครงสร้างใบหน้าผิดปกติประเภทที่ 2 ที่มีขากรรไกรล่างเจริญน้อยกว่าปกติ ช่วยแก้ไขฟันสบลึกโดยการครอบส่วนอะคริลิกด้านบดเคี้ยวทำให้ส่งเสริมการงอกของฟันกราม และมีผลให้ฟันหน้าล่างเอียงมาด้านหน้า ข้อเสียคือต้องอาศัยความร่วมมือของผู้ป่วย ผู้ป่วยต้องมีการเจริญเติบโตอยู่มีลักษณะไฮโปโตเวอ์เจนท์ และฟันหน้าบนมีการเอียงตัวมาทางด้านริมฝีปาก และฟันหน้าล่างมีการเอียงตัวปกติหรือเอียงมาทางด้านล่าง เนื่องจากผลของเครื่องมือจะทำให้ฟันหน้าบนตั้งตรงและฟันหน้าล่างเอียงตัวมาทางด้านริมฝีปากมากขึ้น

4.3 เครื่องมือจัดฟันชนิดเฮดเกียร์ (headgear) ใช้ในผู้ป่วยที่มีลักษณะโครงสร้างใบหน้าผิดปกติประเภทที่ 2 ที่มีขากรรไกรบนเจริญมากกว่าปกติที่ยังมีการเจริญเติบโตอยู่ ชนิดคิงค็อก (cervical headgear) เหมาะในผู้ป่วยที่ใบหน้าส่วนล่างสั้น เนื่องจากทิศทางของแรงทำให้เกิดการเคลื่อนฟันกรามบนสูงกว่าเข้าฟันทำให้เพิ่มความสูงของใบหน้าได้ และชนิดคิงค็อก (occipital headgear) เหมาะในผู้ป่วยยิ้มเห็นเหงือกเยอะ เครื่องมือมีทิศทางแรงที่ทำให้เคลื่อนฟันหน้าบนเข้าสู่เข้าฟันทำให้เห็นเหงือกลดลง

4.4 ไบท์เทอร์โบ (bite turbo) ติดไว้ด้านเพดานปากของฟันหน้าบน ใช้ร่วมกับการจัดฟันชนิดติดแน่นดังรูปที่ 6 ผลของเครื่องมือคล้ายแผ่นระนาบกัดด้านหน้า ข้อดีคือไม่ต้องอาศัยความร่วมมือของผู้ป่วย ข้อเสียคือเครื่องมือหลุดได้ ไม่สามารถใช้กับผู้ป่วยที่การสบเหลี่ยมในแนวราบมาก ๆ และต้องระมัดระวังไม่ให้ผู้ป่วยกัดถอยขากรรไกรล่างไปทางด้านหลังไบท์เทอร์โบ

4.5 ลวดส่วนโค้งสปีแบบผันกลับ (reverse curve of Spee archwire) ดังรูปที่ 7 ทำให้เกิดการเคลื่อนฟันหลังสูงกว่าเข้าฟัน ฟันหน้าเคลื่อนเข้าสู่เข้าฟันและเอียงตัวมาด้านหน้า

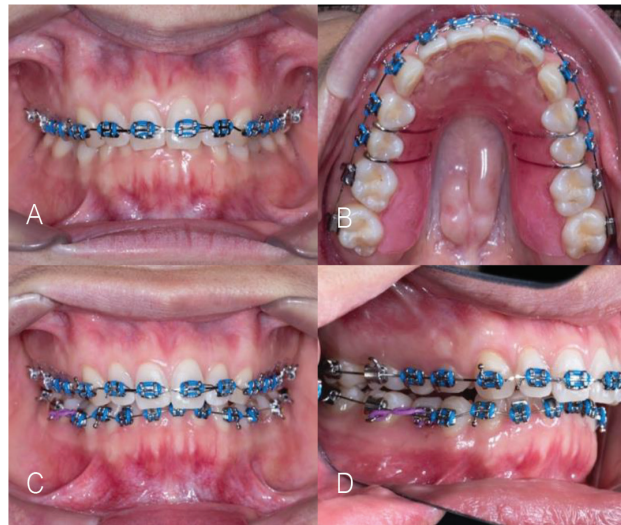
4.6 ลวดโค้งอินทรูซีฟ อาร์ช (intrusive archwire) ใช้ลวดเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) หรือเบตาไทเทเนียมอัลลอย (Beta-titanium alloy: TMA) ขนาด 0.016 x 0.022 นิ้ว หรือ 0.017 x 0.025 นิ้ว ผูกยึดกับฟันหน้าแล้วตัดข้ามส่วนฟันกรามน้อยไปยึดกับฟันหลังที่เป็นหลักยึด (anchorage) (10) ดังรูปที่ 8 ทำให้มีแรงกดฟันหน้าเคลื่อนเข้าสู่เข้าฟัน อาจเพิ่มแรงกดฟันหน้าโดยการตัดลวดวีเบน (V bend) ในส่วนของฟันหลังได้

4.7 ลวดสเตปเบนด์ (step bend) โดยการตัดลวดโค้งให้ส่วนของฟันหน้าไปทางด้านเหงือกมากกว่าฟันหลัง ปริมาณการตัดลวดพิจารณาโดยต้องไม่ก่อให้เกิดแรงที่มากเกินไป แรงที่เหมาะสม (optimal force) ในการกดฟันหน้าเข้าสู่เข้าฟันในฟันตัดบน 4 ซี่ ประมาณ 60 กรัม ฟันตัดล่าง 4 ซี่ ประมาณ 40 กรัม (10)

4.8 การใช้ยางดึงฟัน (intermaxillary elastic) เช่น การดึงยางประเภทที่ 2 (class II elastic) ตำแหน่งที่ดึงจากฟันกรามล่างมายังฟันเขี้ยวบน ทำให้ฟันซี่ดังกล่าวถูกเคลื่อนสูงกว่าเข้าฟันและทำให้ฟันหน้าล่างเอียงตัวมาทางด้านหน้ามากขึ้น เป็นการช่วยลดการสบเหลี่ยมแนวตั้ง ข้อเสียของการดึงยางคือ ฟันหน้าที่เกี่ยวข้องจะเคลื่อนสูงกว่าเข้าฟันเช่นกัน ในขณะที่การแก้ไข

ฟันสบลึกต้องการเพียงเคลื่อนฟันหลังสูงกว่าเข้าฟัน (11) ในบางกรณีจึงมีการใส่เครื่องมือเพื่อยกฟันแล้วดึงยางร่วมด้วย เช่น การใช้เครื่องมือจัดฟันแบบถอดได้ชนิดแผ่นระนาบกัดด้านหน้าหรือโบท์เทอร์โบร่วมด้วย (12)

4.9 การใช้หลักยึดชั่วคราว (temporary anchorage device; TAD) ร่วมกับการใช้สปริงหรือโซ่ยางอีลาสโตเมอร์ (elastomeric chain) เครื่องมือหลักยึดชั่วคราวที่นิยมในปัจจุบันคือ หมุดยึดฟัน (miniscrew) ตำแหน่งในการปักหมุดยึดฟันอยู่ระหว่างรากฟัน (interradicular area) (13) ดังรูปที่ 9 อาจจะใช้ 1 ตัวตำแหน่งระหว่างรากของฟันตัดซี่กลาง หรือ 2 ตัวระหว่างรากฟันตัดซี่กลางและฟันตัดซี่ข้าง หรือระหว่างรากฟันตัดซี่ข้างและฟันเขี้ยว จากการศึกษาของ Vela-Hernandez และคณะ ปี 2020 (14) พบว่า การใช้หมุดยึดฟันในการเคลื่อนฟันหน้าเข้าสู่เข้าฟันจะไม่ทำให้เกิดการเคลื่อนฟันกรามสูงกว่าเข้าฟัน ทำให้แนวขากรรไกรล่างไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบการใช้หมุดยึดฟันเพียง 1 ตัวเทียบกับ 2 ตัว พบว่า การใช้หมุดยึดฟัน 2 ตัวจะทำให้แก้ไขฟันสบลึกดีกว่า ในขณะที่การใช้หมุดยึดฟัน 1 ตัวทำให้เกิดการเอียงตัวของฟันหน้าไปทางด้านริมฝีปากมากกว่า และการศึกษาของ Namrawy และคณะ ปี 2015 (15) พบว่าการใช้หมุดยึดฟันแก้ไขฟันสบลึกทำให้เกิดการยื่น (procline) ของฟันตัดน้อยกว่าการแก้ไขด้วยลวดโค้งอินทรูซีฟ อาร์ช



รูปที่ 5 การรักษาโดยการจัดฟันชนิดติดแน่นรวมกับการใช้เครื่องมือจัดฟันแบบถอดได้ชนิดแผ่นระนาบกัดด้านหน้า

(A) ก่อนการใส่เครื่องมือจัดฟันแบบถอดได้ชนิดแผ่นระนาบกัดด้านหน้า

(B-C) หลังการใส่เครื่องมือจัดฟันแบบถอดได้ชนิดแผ่นระนาบกัดด้านหน้า

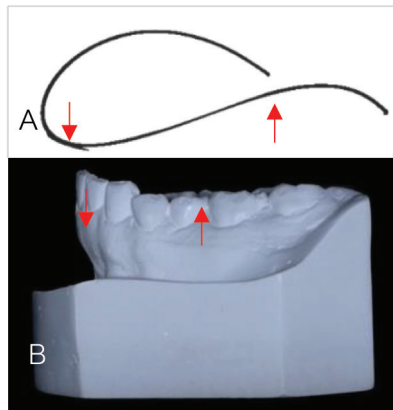
Fig 5. Full fixed appliance with anterior bite plane to correct deep bite.

(A) Before wearing anterior bite plane. (B-C) After wearing anterior bite plane.

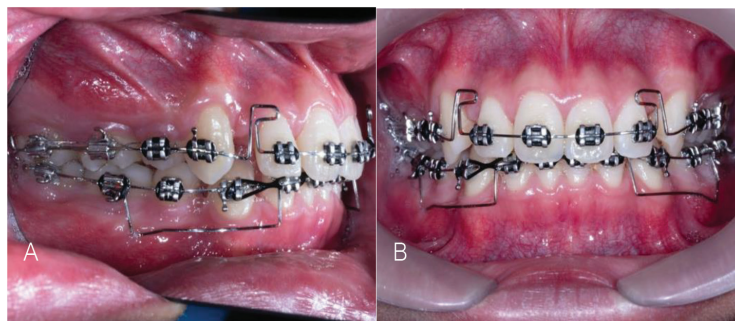


รูปที่ 6 ไบท์เทอร์โบที่ฟันซี่ 11, 21

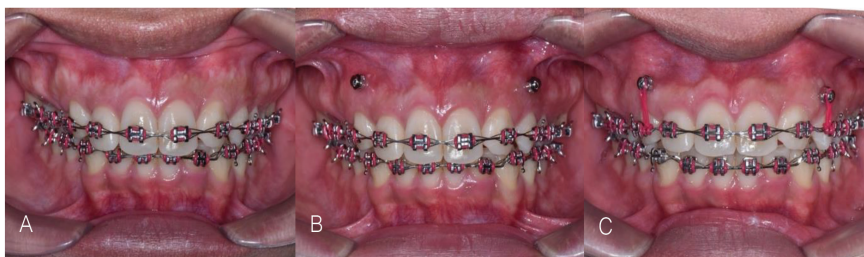
Fig 6. Bite turbo at 11, 21.



รูปที่ 7 (A-B) การใช้ลวดส่วนโค้งสปีแบบผันกลับ ทำให้เกิดแรงกดลงที่ฟันหน้าและแรงดึงฟันหลังสูงกว่าเบ้าฟัน
 Fig 7. (A-B) A reverse curve of Spee archwire exerts intrusive forces on incisors and extrusive forces on posterior teeth.



รูปที่ 8 (A-B) ลวดโค้งอินทรูซีฟ อาร์ช ในฟันล่าง โดยตัดข้ามส่วนฟันกรามน้อยเริ่มจากฟันกรามไปยึดกับฟันตัด
 Fig 8. (A-B) Intrusive archwire on lower arch. The wire bypasses the premolar and is inserted into the slots from molar brackets to incisor brackets.



รูปที่ 9 การใช้หมุดยึดฟันเพื่อแก้ไขฟันสบลึก โดยการเคลื่อนฟันเข้าสู่เบ้าฟัน (A) ก่อนใช้หมุดยึดฟันแก้ไขฟันสบลึก (B) ตำแหน่งหมุดยึดฟันระหว่างฟันตัดซี่ข้างและฟันเขี้ยวทั้งซ้ายและขวา (C) หลังใช้หมุดยึดฟัน
 Fig 9. Using miniscrews for correcting deep bite by intrusion of anterior teeth.
 (A) Before using miniscrews. (B) Position of miniscrew between lateral incisor and canine both left and right. (C) After using miniscrews.

5. เสถียรภาพการสบฟันหลังการรักษาแก้ไขฟันสบลึก

การคงสภาพฟัน (retention) เป็นสิ่งสำคัญทั้งผู้ป่วยที่มีการเจริญเติบโตของกระดูกขากรรไกรอยู่หรือหมดการเจริญเติบโตแล้ว การศึกษาอัตราการคืนกลับ (relapse) ของ Huang และคณะ (3) พบว่าอัตราการคืนกลับหลังแก้ไขฟันสบลึกเท่ากับร้อยละ 29 และปริมาณการคืนกลับร้อยละ 80 เกิดขึ้นในช่วง 2 ปีแรกหลังการรักษา ปัจจัยที่ส่งผลต่อการคืนกลับในผู้ป่วยหลังการรักษา (16) มีดังนี้

5.1 ลักษณะของผู้ป่วย

- อายุ

มีหลายการศึกษาที่พบว่า การรักษาในกลุ่มผู้ป่วยวัยรุ่นจะมีเสถียรภาพของการสบฟันที่ดีกว่าการรักษาในผู้ใหญ่

- รูปแบบการเจริญเติบโต

พบว่าผู้ป่วยที่มีการเจริญเติบโตในแนวตั้ง (vertical growth pattern) จะมีเสถียรภาพของการสบฟันที่ดีกว่าการเจริญเติบโตในแนวระนาบ (Horizontal growth pattern) เนื่องจากผู้ป่วยที่มีลักษณะไฮเปอร์โดเวอร์เจนท์ การเจริญของขากรรไกรล่างมีทิศทางหมุนไปด้านหลัง (backward rotation) ทำให้การสบเหลี่ยมแนวตั้งลดลงไปตามการเคลื่อนที่ของขากรรไกร

- การสบฟันก่อนการรักษา (pre-treatment occlusion)

จากการศึกษาพบว่าผู้ป่วยที่มีฟันสบลึกมากจะพบการคืนกลับมากกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีก่อนการรักษามีมุมของฟันหน้าตั้งตรง (upright) เพราะเมื่อแก้ไขการสบฟันลึกจะปรับให้ฟันหน้าเอียงตัวไปด้านหลังมากขึ้น ฟันจึงมีแนวโน้มที่จะกลับคืนตำแหน่งเดิม และการมีส่วนโค้งของสปีที่ชันกว่าก่อนการรักษา จะพบการคืนกลับที่มากกว่าเช่นกัน โดยการศึกษาของ Shannon และ Nanda (17) พบว่าการคืนกลับของส่วนโค้งของสปีสัมพันธ์กับมุมฟันกรามที่ปรับให้ตั้งตรงมากขึ้นหลังการรักษา เนื่องจากการปรับมุมของฟันกรามจะช่วยลดส่วนโค้งของสปี

5.2 ลักษณะของการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน

- การถอนฟัน

พบว่าการปิดช่องว่างจากการถอนฟันทำให้ฟันสบลึกเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลให้วิธีการรักษามีความซับซ้อนยิ่งขึ้นที่จะพยายามแก้ไขการสบเหลี่ยมแนวตั้งให้ปกติและยากต่อการคงสภาพฟันจากการศึกษาของ Stellzig และคณะ (18) พบว่ามุมระหว่างฟันตัดบนและล่าง (interincisal angle) เพิ่มขึ้นหลังการจัดฟันที่มีการถอนฟันทำให้เพิ่มความเสี่ยงต่อการคืนกลับ อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Shannon และ Nanda (17) พบว่าการถอนฟันไม่สัมพันธ์ต่อการคืนกลับในผู้ป่วยฟันสบลึก

- ผลการรักษา

การสบฟันหลังการรักษามีผลต่อการคืนกลับ โดยพบว่าหากไม่มีจุดสบฟันตัด (incisal stop) ทำให้แนวโน้มที่ฟันจะคืนกลับเพิ่มขึ้นโดยมักเกิดจากการยื่นยาวของฟันตัดล่าง Lapatki และคณะ (19) พบว่า หากตำแหน่งของริมฝีปากล่างสัมผัสกับฟันบนมากเกินไป ฟันจะกลับมาสบลึกได้อีก

- รูปแบบของการคงสภาพฟัน

การศึกษาของ Huang และคณะ (3) พบว่าเสถียรภาพของส่วนโค้งของสปีในเครื่องมือคงสภาพชนิดติดแน่น (fixed retainer) ดีกว่าชนิดถอดได้ (removable retainer) หลังการรักษาไป 2-5 ปี สอดคล้องกับการศึกษาของ Shannon และ Nanda (17)

แนวทางการรักษาในผู้ป่วยฟันสบลึกเพื่อเสถียรภาพการสบฟันหลังการรักษา

- หากตรวจพบผู้ป่วยที่ฟันสบลึกควรให้การรักษาตั้งแต่เนิ่น ๆ โดยเฉพาะในวัยที่ยังมีการเจริญเติบโตเพื่อแก้ไขและป้องกันไม่ให้เกิดการเจริญเติบโตเป็นไปในทิศทางที่แย่ง โดยเป้าหมายหลักคือ กำจัดสาเหตุและพยายามควบคุมการสบเหลี่ยมแนวตั้งไม่ให้เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการรักษาในวัยเด็กจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือในการใส่เครื่องมือ ทั้งเครื่องมือจัดฟันชนิดถอดได้และการดึงยางทันตแพทย์จัดฟันจึงจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยนี้ร่วมด้วยก่อนเริ่มตัดสินใจวางแผนการรักษา

- วิธีการรักษาควรพิจารณาถึงความสวยงามของใบหน้าและเสถียรภาพหลังการรักษาเป็นหลัก สำหรับผู้ป่วยที่ฟันสบลึก ควรหลีกเลี่ยงแผนการรักษาโดยการถอนฟัน แต่หากพิจารณาว่าต้องการช่องว่างในการแก้ไขการเรียงฟันประกอบกับความสวยงามของใบหน้าแล้วจำเป็นต้องถอนฟัน ควรเลือกถอนฟันที่อยู่ด้านหลัง เช่น ถอนฟันกรามน้อยซี่ที่ 2 แทนฟันกรามน้อยซี่ที่ 1 และควรปิดช่องว่างจากการถอนฟันโดยดึงฟันหน้าเข้าหาช่องว่างน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสบฟันลึกแย่ง

- การคงสภาพฟันในผู้ป่วยฟันสบลึกควรเป็นประเภทการคงสภาพฟันระยะยาว (long term retention) และเครื่องมือคงสภาพฟันควรเป็นชนิดติดแน่นหรือเครื่องมือชนิดถอดได้ที่มีแผ่นระนาบกัดด้านหน้า (removable retainer with anterior bite plane) (6) อย่างไรก็ตามข้อสรุปการคืนกลับภายหลังการจัดฟันในผู้ป่วยฟันสบลึกยังไม่ชัดเจน เนื่องจากมีปัจจัยอื่นที่อาจจะส่งผลต่อการคืนกลับ ได้แก่ การเจริญเติบโตที่ยังหลงเหลืออยู่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การปรับตัวของกล้ามเนื้อรอบปากและใบหน้า และการสบฟันที่ผิดปกติเดิมของผู้ป่วยที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าสาเหตุสำคัญของการคืนกลับเกี่ยวข้องกับขาดความร่วมมือในการใส่เครื่องมือคงสภาพฟัน

สรุป

การวางแผนรักษาในผู้ป่วยฟันสบลึกมีหลายปัจจัยที่ต้องพิจารณา ได้แก่ ลักษณะโครงสร้างขากรรไกร การสบฟัน เนื้อเยื่ออ่อนและอายุของคนไข้ โดยการรักษาในผู้ป่วยฟันสบลึกสามารถจะใช้วิธีการเคลื่อนฟันตัดเข้าสู่เบ้าฟัน การเคลื่อนฟันหลังสูงกว่าเบ้าฟัน การเอียงตัวมาด้านหน้าของฟันตัดซึ่งมีเครื่องมือที่ใช้อยู่หลากหลายชนิด หรืออาจต้องร่วมกับการผ่าตัดขากรรไกร ทั้งนี้การเลือกใช้ขึ้นกับการวินิจฉัยและการวางแผนการรักษาในผู้ป่วยแต่ละราย หลังการรักษาเสถียรภาพการสบฟันเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง สำหรับผู้ป่วยฟันสบลึกควรเป็นการคงสภาพฟันระยะยาว

เครื่องมือมีแผ่นระนาบกัดด้านหน้าเพื่อควบคุมการยื่นยาวของฟันหน้าล่าง โดยเฉพาะในช่วง 2 ปีแรก เนื่องจากมีโอกาสคืนกลับได้สูง

เอกสารอ้างอิง

1. Moharamzadeh K. Diseases and Conditions in Dentistry: An Evidence-Based Reference. UK: Wiley-Blackwell; 2018.
2. Sreedhar C, Baratam S. Deep overbite- A review (Deep bite, Deep overbite, Excessive overbite). Ann Essences Dent. 2009;1(1):8-25.
3. Huang GJ, Bates SB, Ehlert AA, Whiting DP, Chen SS-H, Bollen A-M. Stability of deep-bite correction: A systematic review. Journal of the World Federation of Orthodontists. 2012;1(3): 89-96.
4. Holmes A. The prevalence of orthodontic treatment need. British Journal of Orthodontics. 1992;19(3):177-82.
5. Daokar S, Agrawal G. Deep bite its etiology, diagnosis and management: a review. J Orthod Endod. 2016;2(4):1-4.
6. Ghafari JG, Macari AT, Haddad RV. Deep bite: Treatment options and challenges. Seminars in Orthodontics. 2013;19(4):253-266.
7. Buschang PH, Sankey W, English JP. Early treatment of hyperdivergent open-bitemalocclusions. Seminars in Orthodontics. 2002;8(3):130-40.
8. Al-Buraiki H, Sadowsky C, Schneider B. The effectiveness and long-term stability of overbite correction with incisor intrusion mechanics. American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. 2005;127(1):47-55.
9. Bell WH, Jacobs JD, Legan HL. Treatment of Class II deep bite by orthodontic and surgical means. American journal of orthodontics. 1984;85(1):1-20.

10. Shroff B, Yang I-H, Jenkins TS, editors. Deep overbite correction: Biomechanics and clinical implications. *Seminars in Orthodontics*. 2020;26(3):126-33.

11. Singh V, Pokharel P, Pariekh K, Roy D, Singla A, Biswas K. Elastics in orthodontics: a review. *Health Renaissance*. 2012;10(1):49-56.

12. Julyan JC, Coetsee M. Class II Division 2 deep bite treatment using a combination of fixed orthodontic appliances and an acrylic splint. *Cell*.74(136):3505.

13. Park JH, Shin K. An Overview of Clinical Applications for Temporary Anchorage Devices (TADs). *Temporary Anchorage Devices in Clinical Orthodontics*. 2020:1-15.

14. Vela-Hernández A, Gutiérrez-Zubeldia L, López-García R, García-Sanz V, Paredes-Gallardo V, Gandía-Franco JL, et al. One versus two anterior miniscrews for correcting upper incisor overbite and angulation: a retrospective comparative study. *Progress in orthodontics*. 2020;21(1):1-10.

15. El Namrawy M, Sharaby F, Bushnak M. Mini-screw for deep bite correction: A Prospective clinical trial. *IOSR J Dent Med Sci*. 2015;14:8-13.

16. Kitiwiriyaikul C, Thongudomporn U. Factors Related to Stability after Deep Bite Correction. *OJ Thai Assco Orthod*. 2020;10(2):19-26.

17. Shannon KR, Nanda RS. Changes in the curve of Spee with treatment and at 2 years posttreatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2004;125(5):589-96.

18. Stellzig A, Basdra EK, Kube C, Komposch G. Extraction therapy in patients with Class II malocclusion. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*. 1999;60(1):39-52.

19. Lapatki BG, Klatt A, Schulte-Mönting J, Stein S, Jonas IE. A retrospective cephalometric study for the quantitative assessment of relapse factors in cover-bite treatment. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*. 2004;65(6):475-88.

ติดต่อขอความ:

อ.ทพญ. พิชญา ไชยรักษ์
ภาควิชาโอบุสสุวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สุขุมวิท 23 วัฒนา
กรุงเทพมหานคร 10110 ประเทศไทย
โทรศัพท์: 02 649 5000 ต่อ 15130
อีเมล: jibnoi@yahoo.com

Corresponding author:

Dr.Pitchaya Chaiyaraksa
Department of Stomatology, Faculty of Dentistry,
Srinakharinwirot University Sukhumvit 23,
Wattana, Bangkok 10110, Thailand
Tel: +66 2 649 5000 ext. 15130
E-mail: jibnoi@yahoo.com

ภาวะกระดูกขากรรไกรตายเนื่องจากรังสีและภาวะกระดูกขากรรไกรตายเนื่องจากยา: พยาธิสรีรวิทยา การวินิจฉัย และการจำแนกความรุนแรงของโรค

ศิริรัตน์ ชันศิริ* ปฐมาภรณ์ นีวัตมเจริญชัยกุล*

บทคัดย่อ

ภาวะกระดูกขากรรไกรตายเป็นภาวะแทรกซ้อนที่มักพบจากสองสาเหตุหลักคือ การได้รับรังสีบำบัดมะเร็งบริเวณศีรษะและลำคอ และการใช้ยาบางกลุ่ม เช่น ยารักษาโรคกระดูกพรุน ยารักษาโรคกระดูกบางชนิด แม้ว่าลักษณะทางคลินิกของรอยโรคทั้งสองนั้นคล้ายคลึงกันคือ พบกระดูกขากรรไกรโผล่โดยปราศจากเนื้อเยื่อปกคลุม แต่กระบวนการเกิดโรค การวินิจฉัย และการจัดการรอยโรคทั้งสองชนิดนี้มีความแตกต่างกันหลายประการ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบภาวะกระดูกขากรรไกรตายที่เกิดจากการได้รับรังสีบำบัดกับการใช้ยาในแง่ของกระบวนการเกิดโรค การวินิจฉัยและการจำแนกความรุนแรงของโรค

คำสำคัญ: ภาวะกระดูกขากรรไกรตาย ภาวะกระดูกขากรรไกรตายเนื่องจากรังสี ภาวะกระดูกขากรรไกรตายเนื่องจากยา

Osteoradionecrosis and Medication-related Osteonecrosis of the Jaw: Pathophysiology, Diagnosis and Clinical staging

Sirirat Chansiri* Patamaporn Niwatcharoenchaikul*

Abstract

Osteonecrosis of the jaws is a serious complication following radiation therapy for head and neck cancer (osteoradionecrosis, ORN) or medication therapy for osteoporosis or cancer (medication-related osteonecrosis of the jaws, MRONJ). Despite similarities in clinical characteristics, the nonhealing area of exposed necrotic bone in ORN and MRONJ differ in pathophysiology, clinical classification and management. The purpose of this study was to compare ORN with MRONJ in terms of similarities and differences in their pathophysiology, diagnosis and clinical staging.

Keywords: Osteonecrosis, Osteoradionecrosis, Medication-related osteonecrosis of the jaws

**School of Dentistry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkrung Street, Ladkrabang, Bangkok, 10520, Thailand.*

บทนำ (Introduction)

ภาวะกระดูกขากรรไกรตาย (Osteonecrosis of the jaw, ONJ) คือภาวะแทรกซ้อนชนิดหนึ่งที่สามารถพบได้ในผู้ป่วยที่ได้รับรังสีบำบัดมะเร็งบริเวณศีรษะและลำคอ หรือผู้ป่วยที่ได้รับยาบางกลุ่ม เช่น ยาต้านการสลายกระดูก (anti-resorptive drug) ซึ่งใช้ในผู้ป่วยโรคกระดูกพรุน (osteoporosis) หรือโรคมะเร็งที่เกี่ยวข้องกับกระดูก ยาต้านการสร้างหลอดเลือด (anti-angiogenic drug) ซึ่งใช้ในผู้ป่วยโรคมะเร็งหลายชนิดในปัจจุบัน

รังสีบำบัดเป็นทางเลือกหนึ่งของการรักษาผู้ป่วยมะเร็งบริเวณใบหน้าและลำคอ ภายหลังจากการรักษาสามารถพบภาวะแทรกซ้อนในช่องปากได้หลายอย่าง เช่น เยื่อในช่องปากเกิดการอักเสบและเป็นแผลกลืนและปวดลำบาก เกิดภาวะปากแห้ง การรับรสเปลี่ยนแปลงไปหรือสูญเสียการรับรสชั่วคราว เกิดฟันผุชนิดลุกลาม อ้าปากได้จำกัด และอาจเกิดภาวะกระดูกขากรรไกรตายเนื่องจากรังสี (Osteoradionecrosis, ORN) ซึ่งจัดเป็นภาวะแทรกซ้อนชนิดรุนแรง (1,2,3)

ภาวะกระดูกขากรรไกรตายเนื่องจากยา (Medication-related osteonecrosis of the jaw, MRONJ) เป็นภาวะแทรกซ้อนที่พบได้ในผู้ป่วยโรคกระดูกพรุน (osteoporosis) และโรคอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำลายกระดูก ผู้ป่วยกลุ่มนี้มักจะได้รับยาต้านการสลายกระดูก เช่น ยาบิสฟอสโฟเนต (Bisphosphonates) ยาดีโนซูแมบ (Denosumab) ซึ่งเมื่อใช้ต่อเนื่องเป็นเวลานานสามารถนำไปสู่การเกิด MRONJ ได้ นอกจากนี้ยังมีกลุ่มผู้ป่วยโรคมะเร็งชนิดต่าง ๆ ที่ได้รับการรักษาด้วยการให้ยาต้านการสร้างหลอดเลือดก็มีความเสี่ยงต่อการเกิด MRONJ เช่นกัน

ภาวะกระดูกขากรรไกรตายจากทั้งสองสาเหตุนี้มีทั้งส่วนที่คล้ายคลึงกันและส่วนที่แตกต่างกัน ซึ่งในบทความนี้จะกล่าวถึงตั้งแต่กระบวนการเกิดโรค การตรวจวินิจฉัย และการจำแนกรอยโรคตามความรุนแรง โดยรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาค้นคว้าที่มีออกมาเป็นจำนวนมากตลอดระยะเวลาสามสิบกว่าปีที่ผ่านมามาจนถึงปัจจุบัน

พยาธิสรีรวิทยา (Pathophysiology)

องค์ความรู้และการศึกษาเกี่ยวกับ ORN เริ่มต้นขึ้นในยุค 1920 และมีผู้นำเสนอคำอธิบายถึงสาเหตุการเกิด ORN ไว้หลายทฤษฎี ปี 1938 Watson และ Scarborough (4) อธิบายว่าอาจเกี่ยวข้องกับการได้รับรังสี การบาดเจ็บเฉพาะที่ และการติดเชื้อ และแนวคิดนี้ได้รับการสนับสนุนจาก Meyer (5) ในปี 1970 ต่อมาปี 1983 Marx (6) ได้อธิบายถึงสาเหตุและกระบวนการเกิด ORN โดยใช้ทฤษฎี “3Hs” (hypoxia-hypovascular-hypocellular tissue) และเสนอการรักษาด้วยไฮเปอร์แบริค ออกซิเจน (hyperbaric oxygen, HBO) เพราะเชื่อว่าสาเหตุหนึ่งของ ORN คือเนื้อเยื่อขาดออกซิเจน

ปี 2004 Delanian และ Lafaix (7) ได้นำเสนอทฤษฎี radiation-induced fibroatrophic (RIF) โดยอธิบายถึงกระบวนการเกิด ORN ด้วยองค์ความรู้ทางชีววิทยาระดับเซลล์และโมเลกุล (cellular and molecular biology) ทฤษฎีนี้ระบุถึงสาเหตุสำคัญของ ORN เอาไว้ว่าเกิดจากกระบวนการทำงานของไฟโบรบลาสต์ถูกกระตุ้นและเกิดความผิดปกติ (activation and dysregulation of fibroblastic activity) ซึ่งมีกระบวนการเกิดโรคอยู่ 3 ระยะคือ

ระยะที่ 1 The initial prefibrotic phase: รังสีก่อให้เกิดความเสียหายและการทำลายเซลล์เอนโดทีเลียล (endothelial cells) เกิดการตอบสนองด้วยการอักเสบแบบเฉียบพลัน นำไปสู่การเกิดหลอดเลือดอุดตัน (vascular thrombosis) การตายของหลอดเลือดขนาดเล็ก (microvessel necrosis) ในเนื้อเยื่อบริเวณนั้นและทำให้เกิดการกระตุ้นให้ไฟโบรบลาสต์ทำงานผิดปกติ

ระยะที่ 2 The constitutive organized phase: การทำงานของไฟโบรบลาสต์เกิดความผิดปกติ ทำให้ไฟโบรบลาสต์เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของไมโอไฟโบรบลาสต์ (myofibroblast, activated fibroblast) และผลิตแมทริกซ์นอกเซลล์ (extracellular matrix, ECM) ที่ไม่เป็นระเบียบ (disorganized ECM) ออกมารวมทั้งปล่อยไซโตไคน์ (cytokine) หลายชนิด ได้แก่ tumor necrosis factor- α (TNF- α), fibroblast growth factor (FGF), platelet-derived growth factor (PDGF), in-

terleukin (IL) 1,4,6, transforming growth factor- β 1 (TGF- β 1) ซึ่งยิ่งกระตุ้นให้เกิด โมโอไฟโบรบลาสต์มากขึ้น ส่งผลให้มีการสร้างเนื้อเยื่อที่มีความผิดปกติ เต็มไปด้วยเส้นใยขึ้นมาทดแทน

ระยะที่ 3 The late fibroatrophic phase: เนื้อเยื่อที่ได้รับความเสียหายจากรังสีพยายามซ่อมแซมตัวเองด้วยการสร้างเนื้อเยื่อขึ้นมาใหม่ แต่เนื้อเยื่อใหม่นั้นกลับมีความเปราะบางและอ่อนแอ ซึ่งเป็นผลจากความล้มเหลวของกระบวนการเมตาบอลิซึมคอลลาเจน (dysregulation of collagen metabolism) เนื้อเยื่อเหล่านี้เพียงได้รับบาดเจ็บหรือการระคายเคืองเล็กน้อยก็สามารถกระตุ้นให้เกิดการอักเสบซ้ำขึ้นอย่างง่ายดายนำไปสู่การตายของเนื้อเยื่อบริเวณนั้นและอาจเกิดการติดเชื้อมาร่วมด้วย

นอกจากรังสีจะทำให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อเซลล์ต่างๆแล้ว ยังเกิดผลกระทบโดยอ้อมขึ้นด้วยการที่รังสีทำปฏิกิริยากับเนื้อเยื่อที่มีชีวิต ทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระชนิด reactive oxygen species (ROS) ขึ้นในเนื้อเยื่อ ซึ่งการมี ROS ปริมาณเข้มข้นสามารถทำให้เกิดความเสียหายหลายอย่าง เช่น

- กระตุ้นกระบวนการอักเสบและการปล่อยไซโตไคน์
- ส่งเสริมการทำลายเซลล์เอนโดทีเลียล
- ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของยีนส์ (genes) และสารพันธุกรรม (DNA) ในเซลล์ต่างๆ ทำให้กระบวนการซ่อมแซมสารพันธุกรรม วัฏจักรของเซลล์ และการปล่อย growth factors ของเซลล์นั้น ๆ ผิดปกติ
- กระตุ้นให้เกิดกระบวนการตายของเซลล์

- ส่งเสริมความผิดปกติในกระบวนการเมตาบอลิซึมของไฟโบรบลาสต์ โดยทำให้มีการสร้างเส้นใยปริมาณมากขึ้นและหนาแน่นขึ้นจนกลายเป็นพังผืด

ผลลัพธ์โดยรวมที่รังสีบำบัดกระทำต่อกระดูกและเนื้อเยื่อโดยรอบจนพัฒนาเป็น ORN อาจเกิดขึ้นเองภายหลังได้รับรังสีบำบัด หรืออาจเกิดขึ้นภายหลังจากการบาดเจ็บซ้ำของเนื้อเยื่อบริเวณนั้นก็ได้ (โดยเฉพาะการถอนฟัน)

การศึกษาทางด้านของ MRONJ ได้เริ่มขึ้นในปี 2003 โดย Marx (8) ได้รายงานการพบผู้ป่วยที่เกิดภาวะกระดูกขากรรไกรตายหลังจากการใช้ยากดภูมิคุ้มกันบิสฟอสโฟเนต (bisphosphonates) จึงมีการเรียกชื่อภาวะแทรกซ้อนนี้ว่า ภาวะกระดูกขากรรไกรตายเนื่องจากยาบิสฟอสโฟเนต (Bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaw, BRONJ) ยาบิสฟอสโฟเนตจัดอยู่ในกลุ่มของยาต้านการสลายกระดูก มีข้อบ่งใช้ในการรักษาโรคกระดูกพรุน (Osteoporosis) โรคพาเจท (Paget's disease) โรคกระดูกบางชนิด และโรคกระดูกที่มีการแพร่กระจายไปยังกระดูก ยาบิสฟอสโฟเนตมีทั้งชนิดรับประทาน (oral form) และชนิดฉีดเข้าทางเส้นเลือดดำ (intravenous form) ปริมาณยาที่ใช้ในการรักษาโรคกระดูกพรุนเป็นอย่างมาก และยาเพื่อรักษาโรคกระดูกพรุนส่วนใหญ่จะใช้เป็นชนิดฉีดเข้าทางเส้นเลือดดำ ซึ่งมีความแรงของยาสูงกว่าชนิดรับประทาน (9)

กลไกการออกฤทธิ์ที่สำคัญของยา บิสฟอสโฟเนต

ตารางที่ 1 แสดงการจำแนกประเภทยา ชื่อสามัญทางยา ชื่อทางการค้า วิธีนำยาเข้าสู่ร่างกาย ความแรงของยา และการนำไปใช้ทางการแพทย์ของยาบิสฟอสโฟเนต (10-13)

Table 1. Bisphosphonates classification, generic name, trade name, route of administration, potency and medical use (10-13).

Subclass of bisphosphonate	Generic name	Trade name	Route of administration	Potency factor (X)	Medical use
Non-amino bisphosphonate (non-NPBs)	Etidronate	Didronel	Oral	1	osteoporosis
	Clodronate	Bonefos, Loron, Ostac	Oral	10	osteoporosis
		Tiludronate	Skelid	Oral	10
Amino bisphosphonate (NPBs)	Pamidronate	APD, Aredia	Oral, IV	1000	multiple myeloma, metastases of breast cancer, Paget's disease
	Alendronate	Fosamax, Binosto	Oral	500	osteoporosis, Paget's disease of bone
	Ibandronate	Brondronat, Boniva	Oral, IV	1000	osteoporosis
	Risedronate	Actonel, Atelvia	Oral	2000	osteoporosis, multiple myeloma, Paget's disease, hypercalcemia of malignancy
	Zoledronate	Zometa, Reclast, Aclasta	IV	10000	osteoporosis, multiple myeloma, metastases tumors, hypercalcemia of malignancy

IV = Intravenous

คือ สารประกอบบิสฟอสโฟเนตจะเข้าไปสะสมใน ออสติโอคลาสต์ (osteoclast) ทำให้การสร้างโปรตีน ภายในเซลล์ผิดปกติ ส่งผลยับยั้งการทำงานของเซลล์ และทำให้เซลล์เข้าสู่กระบวนการตาย (apoptosis) ในที่สุด นอกจากนี้ยาบิสฟอสโฟเนตยังส่งผลต่อออสติโอเบลาสต์ (osteoblast) โดยไปลดการเจริญและพัฒนาของ ออสติโอเบลาสต์ และลดกระบวนการสร้างกระดูกทดแทน (bone remodeling) ให้น้อยลง เนื้อเยื่ออ่อนในช่องปาก ได้รับผลกระทบจากยาบิสฟอสโฟเนตเช่นกัน โดยยา จะทำให้ไฟโบรบลาสต์ผลิตแมทริกซ์นอกเซลล์น้อยลง รวมถึงคอลลาเจนด้วย ส่งผลให้กระบวนการซ่อมแซม เนื้อเยื่ออ่อนในช่องปากลดลง เมื่อเกิดแผลที่เนื้อเยื่อ อ่อนก็จะเกิดปัญหาเกี่ยวกับการหายของแผลตามมา

ในปี 2014 The American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons (AAOMS)(14) ได้เปลี่ยนชื่อเรียก BRONJ มาเป็นชื่อใหม่คือ ภาวะ กระดูกขากรรไกรตายเนื่องจากยา (Medication-related osteonecrosis of the jaw, MRONJ) สาเหตุมาจาก มีการรายงานเคสผู้ป่วยที่เกิดภาวะกระดูกขากรรไกรตาย ภายหลังจากการใช้ยาตัวอื่น ๆ นอกเหนือจากยาบิส ฟอสโฟเนตเข้ามามากขึ้นเรื่อย ๆ โดยที่ผู้ป่วยเหล่านี้ไม่เคยได้รับยาบิสฟอสโฟเนตมาก่อน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า

ยาชนิดอื่นก็สามารถส่งผลให้เกิดภาวะแทรกซ้อนนี้ได้ เช่นกัน จึงควรเปลี่ยนชื่อเรียกให้มีความครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

MRONJ พบสาเหตุมาจากกลุ่มยาหลัก ๆ สอง กลุ่ม คือ

1. ยาด้านการสลายกระดูก ซึ่งครอบคลุมทั้ง ยาบิสฟอสโฟเนต และยายับยั้ง RANKL (receptor activator of nuclear factor kappa-B ligand (RANKL) inhibitor)

2. ยาด้านการสร้างหลอดเลือด เช่น ยาที่มี คุณสมบัติยับยั้ง vascular endothelial growth factor (VEGF) ซึ่งใช้ในโรคมะเร็ง

ยาบิสฟอสโฟเนตบางตัวมีคุณสมบัติทั้งสองอย่าง คือด้านการสลายกระดูกและด้านการสร้างหลอดเลือด ด้วย เช่น ยาโซเลโดรเนต (Zoledronate) ซึ่งเป็นยา ชนิดฉีดเข้าเส้นเลือดและมักจะใช้ในการรักษามะเร็ง นับว่าเป็นยาที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงในการเกิด MRONJ สูงมาก ส่วนยาตัวอื่น ๆ ที่ไม่ใช่บิสฟอสโฟเนตแต่มีความเสี่ยงต่อการทำให้เกิดภาวะกระดูกขากรรไกรตาย แสดงอยู่ในตารางที่ 2

ยาคีโนซูแมบ (Denosumab) เป็นโมโนโคลนอล

ตารางที่ 2 แสดงการจำแนกประเภทยา ชื่อสามัญทางยา ชื่อทางการค้า กลไกการออกฤทธิ์ การนำไปใช้ทางการแพทย์ของยาที่มีความเสี่ยงต่อการเกิด MRONJ (12,15)

Table 2. Drug classification, generic name, trade name, mechanism of action and medical use for drug-induced MRONJ (12,15).

Drug class	Generic name	Trade name	Mechanism of action	Medical use
Anti-resorptive,	Denosumab	Prolia, Xgeva	inhibit RANKL	osteoporosis, hypercalcemia of malignancy
Anti-angiogenic,	Bevacizumab	Avastin	inhibit receptor of tyrosine kinase such as VEGFR	colorectal cancer, non-small cell lung cancer, glioblastoma, breast cancer
	Sunitinib	Sutent	inhibit receptor of tyrosine kinase such as VEGFR, PDGFR	renal cell carcinoma, gastrointestinal stomal tumor
	Sorafenib	Nexavar	inhibit receptor of tyrosine kinase such as VEGFR, PDGFR	hepatocellular carcinoma, renal cell carcinoma, thyroid cancer
	Pazopanib	Votrient	inhibit receptor of tyrosine kinase such as VEGFR, PDGFR	renal cell carcinoma, soft tissue carcinoma
	Axitinib	Inlyta	inhibit receptor of tyrosine kinase such as VEGFR	renal cell carcinoma
	Cabozantinib	Cabometyx, cometriq	inhibit receptor of tyrosine kinase such as VEGFR, MET, RET	thyroid cancer, renal cell carcinoma

RANKL = receptor activator of nuclear factor kappa-B ligand, VEGFR = vascular endothelial growth factor receptor, PDGFR = platelet-derived growth factor, MET = mesenchymal-epithelial transition factor, the hepatocyte growth factor receptor, RET = rearranged during transfection, the receptor for members of glial cell line-derived neurotrophic factor family ligands

แอนติบอดี (monoclonal antibody) ใช้เพื่อรักษาโรคกระดูกพรุนและโรคอื่น ๆ ที่มีการทำลายกระดูกกลไกการออกฤทธิ์คือยับยั้ง RANKL โดยยาจะไปจับกับ RANKL และขัดขวางไม่ให้ RANKL จับกับตัวรับ RANK บนผิวของออสติโอคลาสต์ ส่งผลยับยั้งกระบวนการเจริญและพัฒนาออสติโอคลาสต์ ทำให้เซลล์นั้นไม่สามารถทำหน้าที่สลายกระดูก (16) ด้วยเหตุนี้ยา Denosumab จึงถูกจัดอยู่ในประเภทยาต้านการสลายกระดูกเช่นเดียวกับยาบิสฟอสโฟเนต แต่มีกลไกการออกฤทธิ์ที่ต่างกัน ซึ่งหลังจากมีการใช้ยาดีโนซูแมบอย่างแพร่หลายก็ได้เริ่มมีรายงานถึงการเกิด MRONJ จากการใช้ยาดีโนซูแมบในขนาดสูง อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับยาบิสฟอสโฟเนตแล้ว ยังถือว่ายา ดีโนซูแมบมีความเสี่ยงต่อ MRONJ ต่ำกว่า

Otto และคณะ ปี 2018 (17) ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด MRONJ และพบว่าระยะเวลาที่ผู้ป่วยได้รับยานั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด ผู้ป่วยที่ได้รับยาบิสฟอสโฟเนต 4-12 เดือน มีอัตราการเกิด MRONJ เพียง ร้อยละ 1.5 แต่ถ้าได้รับยานานถึง 37-48 เดือน จะมีอัตราการเกิด MRONJ ได้มากถึงร้อยละ 7.7 ส่วนการใช้ยาดีโนซูแมบต่อเนื่องเป็นเวลานานนั้น มีอัตราการเกิด MRONJ อยู่ที่ร้อยละ 1.1 ในปีแรก ร้อยละ 3.7 ในปีที่ 2 และร้อยละ 4.6 ในปีหลังจากนั้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าอัตราการเกิด MRONJ จากการใช้ยาดีโนซูแมบนั้นต่ำกว่าบิสฟอสโฟเนต

ยาต้านการสร้างหลอดเลือดมีหลายชนิดให้เลือกใช้ในปัจจุบัน ซึ่งยาแต่ละตัวจะจับกับตัวรับที่มีความจำเพาะต่อยาเท่านั้น ถือเป็นข้อดีเนื่องจากยาจะออกฤทธิ์กับโมเลกุลที่เป็นเป้าหมายโดยเฉพาะ เช่น ยาเบวาซิซูแมบ (18) (Bevacizumab) จะไปจับกับ VEGF และขัดขวางไม่ให้ VEGF จับกับตัวรับ VEGF ที่อยู่บนผิวเซลล์เอนโดทีเลียลเพื่อกระตุ้นการสร้างหลอดเลือดใหม่ ยาตัวนี้ถูกนำมาใช้ในการรักษาโรคมะเร็ง โดยต้านการสร้างหลอดเลือดเข้าไปเลี้ยงก้อนมะเร็ง และป้องกันไม่ให้มะเร็งแพร่กระจายตามระบบเลือดและน้ำเหลือง แต่ในขณะเดียวกัน การป้องกันไม่ให้มีการสร้างหลอดเลือดก็กลายมาเป็นผลข้างเคียงที่ทำให้

เสี่ยงต่อการเกิด MRONJ เนื่องจากขาดเลือดไปเลี้ยงกระดูกขากรรไกร โดยเฉพาะอย่างยิ่งขากรรไกรล่างซึ่งมีเลือดไปเลี้ยงน้อยเมื่อเทียบกับกระดูกอื่น และหากได้รับบาดเจ็บที่กระดูกร่วมด้วย เช่น การถอนฟัน จะยิ่งทำให้ความเสี่ยงต่อการเกิด MRONJ สูงขึ้น

ยาตัวอื่น ๆ ในกลุ่มยาต้านการสร้างหลอดเลือดมีกลไกการออกฤทธิ์คล้ายคลึงกัน เพียงแต่จับกับตัวรับที่ต่างกัน และมีรายงานการเกิด MRONJ ในผู้ป่วยที่ใช้ยาเหล่านี้เช่นกัน

จากข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการเกิดโรคของ ORN และ MRONJ จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันคือสาเหตุของ ORN (จากทฤษฎี RIF) มาจากการที่รังสีบำบัดได้ทำลายหรือก่อความเสียหายให้เซลล์ต่าง ๆ ทั้งเซลล์เอนโดทีเลียล โฟโบรบลาสต์ ออสติโอบลาสต์และออสติโอคลาสต์ ร่วมกับการเกิดสารอนุมูลอิสระ ROS ทำให้เกิดผลกระทบหลายอย่าง ไม่ว่าจะเป็นการขาดเลือดมาเลี้ยงกระดูกและเนื้อเยื่อ การเกิดเส้นใยพังพืด การสร้างเนื้อเยื่อใหม่ที่ไม่มีความแข็งแรงเพื่อซ่อมแซมความเสียหาย จนพัฒนาไปสู่การเกิด ORN แต่การเกิด MRONJ นั้นมาจากฤทธิ์ของยาต้านการสลายกระดูกไปยับยั้งการทำงานหรือยับยั้งการเจริญและพัฒนาของออสติโอคลาสต์ ออสติโอบลาสต์ ขัดขวางกระบวนการสร้างกระดูก และฤทธิ์จากยาต้านการสร้างหลอดเลือดที่จับกับ VEGF ขัดขวางการสร้างหลอดเลือดไปเลี้ยงกระดูกขากรรไกร จนพัฒนาไปสู่การเกิด MRONJ

การวินิจฉัยและจำแนกความรุนแรงของโรค (Diagnosis and clinical staging)

การวินิจฉัย ORN และ MRONJ ประกอบไปด้วยการซักประวัติ ร่วมกับการตรวจพบรอยโรคทางคลินิกและภาพรังสี ลักษณะทางคลินิกของ ORN และ MRONJ นั้นพบได้หลายรูปแบบ มีตั้งแต่การพบกระดูกตายและโผล่ออกมาโดยไม่มีการ พบแผลที่มีกระดูกโผล่ภายในช่องปากหรือแผลจากภายนอกช่องปากทะลุเข้ามาถึงกระดูก อาการมีได้ทั้งอาการปวด อาการชา และการรู้สึกสัมผัสที่ผิดปกติ (dysesthesia) ฟันโยก เนื้อเยื่อบวมแดงกระดูกที่โผล่จะมีผิวหยาบขรุขระ บางส่วนร่อนออกมาได้

มีกลิ่นเหม็น และอาจมีการติดเชื้อ มีหนองไหล แผลหายช้ามาก หรืออาจไม่หายเลย และสามารถลุกลามต่อไปได้จนถึงขั้นทำให้กระดูกขากรรไกรหักโดยพยาธิสภาพได้ (9,19)

MRONJ พบว่าร้อยละ 63.4 เกิดภายหลังได้รับสิ่งกระตุ้น เช่น หัตถการที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บ การติดเชื้อ และมีเพียงร้อยละ 36.6 ที่เกิดขึ้นเอง (spontaneous) ส่วน ORN พบว่าเกิดขึ้นเองร้อยละ 68.1 และเกิดโดยมีสิ่งกระตุ้นร้อยละ 31.9 ทั้ง ORN และ MRONJ เกิดในขากรรไกรล่างเป็นส่วนใหญ่ โดย ORN พบในขากรรไกรล่างถึงร้อยละ 91.3 และแทบไม่พบในขากรรไกรบนเลย ส่วน MRONJ พบในขากรรไกรล่างร้อยละ 68.9 และพบขากรรไกรบนได้บ่อยกว่า ORN (19)

การวินิจฉัย ORN ปัจจุบันยังคงไม่มีคำจำกัดความที่เป็นหลักสากลเพียงหนึ่งเดียวสำหรับใช้เพื่อการวินิจฉัย ORN ซึ่งที่ผ่านมามีผู้นิพนธ์ให้คำจำกัดความไว้หลายแบบ จากอดีตถึงปัจจุบัน ดังนี้

Beumer (20) “มีกระดูกโพลในบริเวณที่เคยได้รับรังสี เกิดขึ้นเป็นเวลามากน้อย 2 เดือน โดยไม่พบโรคมะเร็งบริเวณนั้น”

Marx (6) “มีกระดูกโพลขนาดกว้างกว่า 1 เซนติเมตร (ซม.) ในบริเวณที่เคยได้รับรังสี และไม่พบหลักฐานแสดงให้เห็นว่าเกิดการหายเป็นเวลามากน้อย 6 เดือน”

Hutchinson (21) “พบบริเวณที่มีกระดูกโพล (ขากรรไกรล่าง) อยู่นานเกิน 2 เดือน ในบริเวณที่เคยได้รับรังสี และไม่พบการเกิดมะเร็งซ้ำ”

Epstein (22) “พบแผลของเยื่อเมือก (mucous membrane) ร่วมกับการมีกระดูกตายโพลออกมา”

Harris (23) “กระดูกที่เคยได้รับรังสีเกิดการตายและโพลโดยปราศจากผิวหนังหรือเยื่อปกคลุม ไม่เกิดการหายเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 3 เดือน และไม่พบการเกิดซ้ำของมะเร็งบริเวณนั้น”

จะเห็นได้ว่าแต่ละนิยามได้ระบุระยะเวลาที่พบกระดูกโพลเอาไว้ต่างกัน มีตั้งแต่ 2 เดือนไปจนถึง 6 เดือน

การจำแนกลักษณะทางคลินิก ORN ได้มีผู้นิพนธ์หลายท่านเสนอวิธีจำแนกไว้ เริ่มตั้งแต่ Marx (6) ปี 1983 จำแนกลักษณะทางคลินิก ORN ไว้ 3 ระดับตามการตอบสนองต่อการรักษาด้วยไฮเปอร์แบริคออกซิเจน (hyperbaric oxygen , HBO) Epstein (22) ปี 1987 จำแนกตามการลุกลามของโรคและการเกิดกระดูกหักโดยพยาธิสภาพ Kagan & Schwartz (24) ปี 2002 และ Notani (25) ปี 2003 จำแนกโดยนำผลจากภาพรังสีและขอบเขตของโรคมาพิจารณาประกอบกัน และล่าสุด Lyons (26) ปี 2014 จัดระดับความรุนแรงเป็น 4 ระดับโดยพิจารณาจากขอบเขตรอยโรคและอาการของผู้ป่วย รวมทั้งเสนอการรักษาไว้ด้วย ดังนี้

ระดับ 1 กระดูกส่วนที่ถูกทำลายหรือโพลออกมา มีความยาวน้อยกว่า 2.5 ซม. ผู้ป่วยไม่มีอาการให้การรักษาด้วยยาเท่านั้น

ระดับ 2 กระดูกส่วนที่ถูกทำลายหรือโพลออกมา มีความยาวมากกว่า 2.5 ซม. ผู้ป่วยไม่มีอาการ อาจมีกระดูกหักโดยพยาธิสภาพ หรือขอบเขตรอยโรคไปถึงเส้นประสาท inferior dental หรือทั้ง 2 อย่าง การรักษาใช้วิธีให้ยาเท่านั้น ยกเว้นว่าจะเกิดการติดเชื้อของฟัน (dental sepsis) หรือมีขึ้นกระดูกตายที่เห็นได้ชัดเจน

ระดับ 3 กระดูกส่วนที่ถูกทำลายหรือโพลออกมา มีความยาวมากกว่า 2.5 ซม. ผู้ป่วยมีอาการ แต่ไม่พบลักษณะอื่นของโรคอีกแม้จะให้การรักษาด้วยยาเพียงอย่างเดียวอาจพิจารณาล้างทำความสะอาด (debridement) กระดูกที่ตายหรือขยับ ร่วมกับการทำ pedicled flap เฉพาะที่

ระดับ 4 กระดูกส่วนที่ถูกทำลายหรือโพลออกมา มีความยาวมากกว่า 2.5 ซม. มีกระดูกหักโดยพยาธิสภาพ ขอบเขตรอยโรคไปถึงเส้นประสาท inferior dental หรือมีรูเปิดเชื่อมต่อจากในปากไปยังผิวหนัง (oro-cutaneous fistula) หรือมีทั้ง 2 อย่างร่วมกัน การรักษาใช้วิธีบูรณะโครงสร้าง (reconstruction) ด้วยการปลูกถ่ายเนื้อเยื่อ (free flap) หากสภาพร่างกายโดยรวมของผู้ป่วยดีพอ

ลักษณะทางภาพรังสี ของ ORN แสดงให้เห็นถึงความหนาแน่นของกระดูกที่ลดลง (decreased bone density) พบการละลายของกระดูกในหลายระดับ (various degree of osteolysis) พบชิ้นส่วนกระดูกตาย (sequestra) และอาจพบการหักโดยพยาธิสภาพ (pathologic fracture) การถ่ายภาพรังสีชนิด Computed tomography (CT) จะช่วยให้เห็นรายละเอียดมากขึ้น เช่น บริเวณจุดที่เกิดการละลาย (focal lytic areas) การขาดตอนของเปลือกกระดูก (cortical interruptions) และการหายไปของเส้นสายประสานในเนื้อกระดูก (loss of medullary trabeculation)

ทางด้านของ MRONJ นั้นมีหลักสากลในการวินิจฉัย การจำแนกความรุนแรงและการรักษาไว้อย่างชัดเจนโดย AAOMS ปี 2014 หลักเกณฑ์ในการวินิจฉัย MRONJ มี 3 ข้อดังต่อไปนี้

1. เคยได้รับหรือกำลังได้รับยาต้านการสลายกระดูกหรือยาต้านการสร้างหลอดเลือด
2. พบกระดูกโผล่หรือมีรูเปิดจากในหรือนอกช่องปากสามารถหยั่งไปถึงกระดูก (bone that can be probed through an intraoral or extraoral fistula) ในบริเวณใบหน้าและขากรรไกร ซึ่งไม่สามารถหายเองได้และคงอยู่ไม่น้อยกว่า 8 สัปดาห์
3. ผู้ป่วยไม่เคยมีประวัติได้รับรังสีบำบัดที่บริเวณขากรรไกรหรือสงสัยว่ามีการแพร่กระจายของมะเร็งมาที่ขากรรไกร (ลักษณะทางคลินิกรวมไปถึงการเกิดอาการเจ็บปวด เนื้อเยื่อวม แดง มีแผล และมีหนอง)

การจำแนกความรุนแรงของ MRONJ โดย AAOMS นั้น ปัจจุบันในการพิจารณาประกอบด้วยลักษณะทางคลินิก ประวัติการได้รับยา อาการ และผลจากภาพรังสี โดยแบ่งเป็นระยะเสี่ยงและระยะ 0-3

ระยะเสี่ยง: ไม่ปรากฏกระดูกตายในผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยยาบิสฟอสโฟเนตทั้งชนิดกินและฉีดเข้าเส้นเลือด ภาพรังสีไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่เฉพาะเจาะจง

ระยะ 0: ไม่พบหลักฐานทางคลินิกที่แสดงถึงกระดูกตาย แต่ผู้ป่วยอาจมีอาการ หรือลักษณะทางคลินิกหรือภาพรังสีที่ไม่เฉพาะเจาะจง เช่น อาการปวดฟันที่ตรวจไม่พบสาเหตุ อาการปวดตื้อ ๆ (dull pain) ที่กระดูกขากรรไกรล่างซึ่งอาจแผ่ไปถึงข้อต่อขากรรไกร อาการปวดไซนัสที่อาจพบร่วมกับการอักเสบและหนาตัวของผนังโพรงอากาศแมกซิลลา ทางคลินิกอาจพบฟันโยกทั้งที่ไม่ได้เป็นโรคปริทันต์ พบรูเปิดจากเหงือกหรือปลายรากฟันซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการตายของเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันที่เกิดจากฟันผุ ภาพรังสีอาจพบการสูญเสียหรือการละลายของกระดูกเข้าฟันที่ไม่เกี่ยวข้องกับโรคปริทันต์ พบการเปลี่ยนแปลงของเส้นสายประสานในเนื้อกระดูก พบลามินาดูรา (lamina dura) หนาตัวมากขึ้น ช่องว่างเอ็นยึดปริทันต์แคบลง การรักษาทำโดยการให้ยา เช่น ยาแก้ปวด ยาปฏิชีวนะ

ระยะ 1: มีกระดูกตายโผล่ให้เห็น หรือมีรูเปิดที่สามารถหยั่งไปถึงกระดูกในผู้ป่วยที่ไม่มีอาการ และไม่พบหลักฐานแสดงการติดเชื้อ ภาพรังสีอาจเหมือนระยะ 0 ซึ่งจำกัดบริเวณอยู่เฉพาะที่กระดูกเข้าฟัน การรักษาทำโดยการให้น้ำยาบ้วนปากที่มีฤทธิ์ต้านจุลชีพ ร่วมกับการติดตามอาการอย่างใกล้ชิด

ระยะ 2: มีกระดูกตายโผล่ให้เห็น หรือมีรูเปิดที่สามารถหยั่งไปถึงกระดูกร่วมกับมีหลักฐานแสดงการติดเชื้อ ผู้ป่วยมักจะมีอาการปวด ภาพรังสีอาจเหมือนระยะ 0 ซึ่งจำกัดบริเวณอยู่เฉพาะที่กระดูกเข้าฟัน การรักษาทำโดยการให้น้ำยาบ้วนปากที่มีฤทธิ์ต้านจุลชีพ ร่วมกับการให้ยาปฏิชีวนะ ยาแก้ปวด และอาจพิจารณาล้างทำความสะอาดบริเวณที่พบกระดูกตาย

ระยะ 3: มีกระดูกตายโผล่ให้เห็น หรือมีรูเปิดที่สามารถหยั่งไปถึงกระดูก ผู้ป่วยมีอาการปวด มีหลักฐานแสดงการติดเชื้อ และพบลักษณะต่อไปนี้อย่างน้อย 1 อย่าง ได้แก่

- กระดูกตายและโผล่ให้เห็นเป็นบริเวณกว้างเกินขอบเขตของกระดูกเข้าฟัน เช่น ไปถึงขอบล่างและเร่มัส (ramus) ของขากรรไกรล่าง โพรงอากาศแมกซิลลา และกระดูกไซโกมา (zygoma) ในขากรรไกรบน

- กระดูกหักโดยพยาธิสภาพ
- รูเปิดจากนอกช่องปาก
- เกิดทางเชื่อมต่อระหว่างช่องปากกับโพรงอากาศแม็กซิลลา หรือช่องปากกับจมูก
- กระดูกละลาย (osteolysis) เป็นบริเวณกว้างไปถึงขอบล่างของขากรรไกรล่างหรือพื้นของโพรงอากาศ (sinus floor) ภาพรังสีพบกระดูกโดยรอบมีทั้งลักษณะที่บวมและโปร่งรังสีมากขึ้นปะปนกัน พบกระดูกขากรรไกรล่างหักโดยพยาธิสภาพและกระดูกละลายกินบริเวณไปจนถึงพื้นของโพรงอากาศแม็กซิลลา การรักษาทำโดยการให้น้ำยาบ้วนปากที่มีฤทธิ์ต้านจุลชีพร่วมกับการให้ยาปฏิชีวนะ ยาแก้ปวด และอาจพิจารณาทำการผ่าตัดเพื่อกำจัดกระดูกตาย (resection) ร่วมกับการบูรณะโครงสร้างตามความเหมาะสม

การวินิจฉัยและการจำแนกความรุนแรงของโรคมีความสำคัญต่อการพิจารณาเลือกวิธีการรักษาที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วย การจัดการทางคลินิกของ ORN และ MRONJ ในปัจจุบันนี้มีหลากหลายแนวทาง ทั้งวิธีดั้งเดิมที่มีการใช้กันมายาวนาน และวิธีใหม่ ๆ ที่มีการศึกษาพัฒนาขึ้นมาในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาซึ่งทั้งสองโรคนี้ก็มีความเสี่ยงป้องกันและวิธีจัดการทางคลินิกบางส่วนที่คล้ายคลึงกัน และบางส่วนที่แตกต่างกัน

บทสรุป (Conclusion)

ORN และ MRONJ มีทั้งส่วนที่คล้ายคลึงกันและส่วนที่แตกต่างกัน ในแง่ของกระบวนการเกิดโรค ORN เกิดจากออสติโอคลาสต์และออสติโอคลาสต์ถูกทำลายและไม่มีการผลิตทดแทน ประกอบกับการอักเสบ การปล่อยไซโตไคน์ การทำงานที่ผิดปกติของไฟโบรบลาสต์ที่ถูกกระตุ้น และการเกิด ROS ส่งผลโดยรวมให้กระดูกและเนื้อเยื่อขาดเลือด เกิดพังผืด กระบวนการซ่อมแซมเนื้อเยื่อผลิตเนื้อเยื่อที่เปราะบางขึ้นมา จนนำไปสู่การตายของกระดูกในที่สุด ส่วน MRONJ เกิดจากยาต้านการสลายกระดูกออกฤทธิ์ทำให้ออสติโอคลาสต์ถูกขัดขวางการเจริญและพัฒนา จนไม่สามารถทำหน้าที่สลายกระดูก เป็นเหตุให้กระบวนการ

สร้างกระดูกทดแทนหยุดการทำงานลง ไม่สามารถซ่อมแซมตัวเองได้ หรือยาต้านการสร้างหลอดเลือดออกฤทธิ์ยับยั้งการสร้างหลอดเลือดไปเลี้ยงกระดูก ซึ่งทั้ง 2 ทางล้วนส่งผลทำให้กระดูกตายได้ในที่สุด

การวินิจฉัยและการจำแนกความรุนแรงของ ORN ไม่มีข้อกำหนดที่เป็นหลักสากล แล้วแต่จะเลือกใช้แนวทางของผู้นิพนธ์ท่านใด ซึ่งตลอดระยะเวลา 30 ปีที่ผ่านมา ได้มีผู้นิพนธ์หลายท่านศึกษาและพัฒนาวิธีวินิจฉัยและจำแนกความรุนแรงของ ORN ให้มีความครอบคลุมทุกด้านให้มากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นอาการ อาการแสดง ขอบเขตรอยโรค การลุกลามของโรค และลักษณะที่พบในภาพรังสี ส่วน MRONJ มีหลักสากลที่ AAOMS ได้เสนอไว้และใช้กันแพร่หลายทั่วโลก ทำให้มีความสะดวกต่อการใช้อ้างอิงมากกว่าเมื่อเทียบกับ ORN

ลักษณะทางคลินิกที่สำคัญของ ORN และ MRONJ คือพบแผลที่มีกระดูกตายโผล่โดยไม่มีเนื้อเยื่อปกคลุม ส่วนระยะเวลาที่ไม่เกิดการหายของแผลนั้น AAOMS ระบุไว้นาน 8 สัปดาห์สำหรับ MRONJ แต่ ORN มีระยะเวลาตั้งแต่ 2-6 เดือน แล้วแต่คำจำกัดความของผู้นิพนธ์แต่ละท่าน แม้ว่าลักษณะทางคลินิกของทั้ง 2 โรคจะคล้ายคลึงกันมาก แต่ก็มีความแตกต่างที่สำคัญและจำเป็นต้องคำนึงถึงคือ ORN จะเกิดขึ้นกับกระดูกขากรรไกรบริเวณที่ได้รับรังสีบำบัด ซึ่งเป็นการเกิดภาวะแทรกซ้อนแบบเฉพาะที่ แต่ MRONJ สามารถเกิดกับกระดูกขากรรไกรส่วนไหนก็ได้ เนื่องจากยาเข้าสู่ร่างกายด้วยการรับประทานหรือการฉีด จึงสามารถเข้าไปสะสมได้ทั่วร่างกายและทั่วขากรรไกร ทำให้การเฝ้าระวังการเกิดภาวะแทรกซ้อนนั้นทำได้ยากกว่า ORN นอกจากนี้กลุ่มผู้ป่วยที่เกิด ORN เป็นกลุ่มผู้ป่วยโรคมะเร็งที่ได้รับการรักษาด้วยรังสีบำบัด แต่กลุ่มผู้ป่วยที่เกิด MRONJ นั้นมีทั้งผู้ป่วยโรคมะเร็ง โรคกระดูกพรุน และโรคอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำลายกระดูก ทำให้ต้องใช้ความรอบคอบและระมัดระวังอย่างมากในการซักประวัติผู้ป่วยทางทันตกรรมเกี่ยวกับโรคประจำตัวและยาที่ใช้ เพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดในการเลือกทำหัตถการที่มีความเสี่ยงต่อการเกิด MRONJ ให้แก่ผู้ป่วย

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Unwerawattana W. Osteoradionecrosis of jaws in irradiated patient related to Hyperbaric oxygen therapy. *Chula Med J.* 2005;49(7):425-34.
2. Boonroung T. Dental treatment protocol for irradiated head and neck cancer patients. *Chula Med J.* 2005;49(11):657-70.
3. Siriburanon T. Oral care for post-radiotherapy patient: a case report and review article. *Reg 6-7 Med J.* 2008;27(4):1209-22.
4. Watson WL, Scarborough JE. Osteoradionecrosis in intraoral cancer. *Am J Roentgenol.* 1938;40:524-34.
5. Meyer I. Infectious diseases of the jaws. *J Oral Surg.* 1970;28(1):17-26.
6. Marx RE. Osteoradionecrosis: a new concept of its pathophysiology. *J Oral Maxillofac Surg.* 1983;41(5):283-8
7. Delanian S, Lefaix JL. The radiation-induced fibroatrophic process: therapeutic perspective via the antioxidant pathway. *Radiation Oncol.* 2004;73(2):119-31.
8. Marx RE. Pamidronate (Aredia) and zoledronate (Zometa) induced avascular necrosis of the jaws: a growing epidemic. *J Oral Maxillofac Surg.* 2003;61(9):1115-7.
9. Hongsa P, Tanpleerat S. Medication-related osteonecrosis of the jaw in elderly patients. *J Gerontol Geriatr Med.* 2019;18(2):44-55.
10. Braun E, Iacono V. Bisphosphonates: case report of nonsurgical periodontal therapy and osteochemonecrosis. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2006;26(4):315-9.
11. Zhang X, Hamadeh IS, Song S, Katz J, Moreb JS, Langae TY, et al. Osteonecrosis of the jaw in the United States Food and Drug Administration's adverse event reporting system (FAERS). *J Bone Miner Res.* 2016;31(2):336-40.
12. Hamadeh IS, Ngwa BA, Gong Y. Drug induced osteonecrosis of the jaw. *Cancer Treat Rev.* 2015;41(5):455-64.
13. Naik VK, Balasundaram A, Harinath P, Jacob CA. Bisphosphonates in dentistry an asian perspective – Evidence based review. *Int J Cur Res Rev.* 2014;6(16):7-19.
14. Ruggiero SL, Dodson TB, Fantasia J, Goodday R, Aghaloo T, Mehrotra B, O’Ryan F. American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons Position Paper on medication-related osteonecrosis of the jaw-2014 Update. *J Oral Maxillofac Surg.* 2014;72(10):1938-56.
15. Berenson JR, Stopeck AT. Medication-related osteonecrosis of the jaw in patients with cancer. UpToDate, Inc. 2016 [cited 2021 July]. Available from: URL: <https://www.uptodate.com/contents/medication-related-osteonecrosis-of-the-jaw-in-patients-with-cancer>.
16. Kyrgidis A, Toulis KA. Denosumab-related osteonecrosis of the jaws. *Osteoporos Int.* 2011;22(1):369-70.
17. Otto S, Pautke C, Van den Wyngaert T, Nipel D, Schiødt M. Medication-related osteonecrosis of the jaw: Prevention, diagnosis and management in patients with cancer and bone metastases. *Cancer Treat Re.* 2018;69:177-87.
18. Sivoilella S, Lumachi F, Stellini E, Favero L. Denosumab and anti-angiogenetic drug-related osteonecrosis of the jaw: an uncommon but potentially severe disease. *Anticancer Res.* 2013;33(5):1793-78.

19. Grisar K, Schol M, Schoenaers J, Dormaar T, Coropciuc R, Vander Poorten V. et al. Osteoradionecrosis and medication-related osteonecrosis of the jaw: similarities and differences. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2016;45(12):1592-9.

20. Beumer J, Harrison R, Sanders B, Kurrasch M. Osteoradionecrosis: predisposing factors and outcomes of therapy. *Head Neck Surg.* 1984;6(4):819-27.

21. Hutchinson IL. Complications of radiotherapy in head and neck: an orofacial surgeon's view. In: Tobias JS, Thomas PRM. *Current radiation oncology.* Arnold, London. 1996;144-77.

22. Epstein JB, Rea G, Wong FL, Spinelli J, Stevenson-Moore P. Osteoradionecrosis: study of the relationship of dental extractions in patients receiving radiotherapy. *Head Neck Surg.* 1987;10(1):48-54.

23. Harris M. The conservative management of osteoradionecrosis of the mandible with ultrasound therapy. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1992;30(5):313-8.

24. Schwartz HC, Kagan AR. Osteoradionecrosis of the mandible: scientific basis for clinical staging. *Am J Clin Oncol.* 2002;25(2):168-71.

25. Notani K, Yamazaki Y, Kitada H, Sakakibara N, Fukuda H, Omori K, et al. Management of mandibular osteoradionecrosis corresponding to severity of osteoradionecrosis and the method of radiotherapy. *Head Neck.* 2003;25(3):181-6.

26. Lyons A, Osher J, Warner E, Kumar R, Brennan PA. Osteoradionecrosis—a review of current concepts in defining the extent of the disease and a new classification proposal. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2014;52(5):392-5.

ติดต่อขอความ:

ทพญ.ศิริรัตน์ ชันศิริ

คณะทันตแพทยศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

10520

โทรศัพท์: 02 329 8000 ต่อ 2189

อีเมล: sirirat.ch@kmitl.ac.th

Corresponding author:

Dr.Sirirat Chansiri

School of Dentistry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 1 Chalongkrung Road, Ladkrabang, 10520, Thailand.

Tel: +66 2 329 8000 ext. 2189

e-mail: sirirat.ch@kmitl.ac.th

Received Date: Aug 23, 2021

Revised Date: Oct 01, 2021

Accepted Date: Nov 17, 2021

