

JDAT

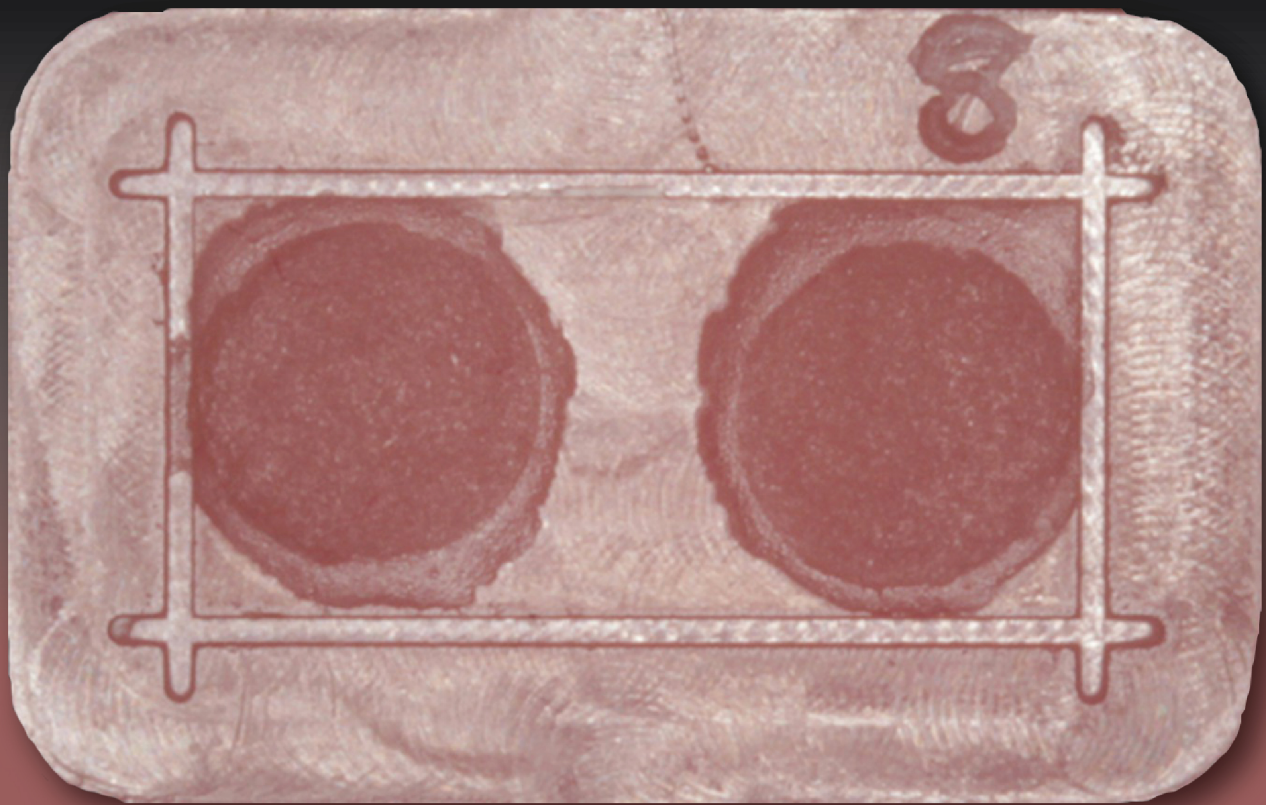


Journal of The Dental Association of Thailand

www.jdat.org

Journal of The Dental Association of Thailand | Volume 71 Number 2 April - June 2021

e-ISSN 2730 - 4280



CE Quiz

Contemporary Trends in Dental Local Anaesthesia: A Review of Literature



วิทยาศาสตร์ทันตแพทยศาสตร์

ปีที่ 71 ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน 2564 | e-ISSN 2730-4280



ทันตแพทยสมาคมแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

Advisor President

Advisory Board

Lt. Gen. Phisal	Thepsithar
Asst. Prof. Anonknart	Bhakdinaronk
Dr. Charmary	Reanamporn
Assoc. Prof. Surasith	Kiatpongsan
Clinical Prof. Pusadee	Yotnuengnit
Assoc. Prof. Wacharaporn	Tasachan
Dr. Somchai	Suthirathikul
Dr. Prinya	Pathomkulma

Board of Directors 2019 - 2021

President	Dr. Chavalit	Karnjanaopaswong
President Elect	Dr. Adirek	Sriwatanawongsa
1 st Vice-President	Prof. Dr. Prasit	Pavasant
2 nd Vice-President	Assoc. Prof. Dr. Sirivimol	Srisawasdi
Secretary - General	Prof. Dr. Prasit	Pavasant
Treasurer	Assoc. Prof. Poranee	Berananda
Editor	Dr. Ekamon	Mahapoka
Scientific Committee Chairperson	Assoc. Prof. Dr. Sirivimol	Srisawasdi
Executive Committee	Assoc. Prof. Porjai	Ruangsi
	Lt. Gen. Nawarut	Soonthornwit
	Dr. Werawat	Satayanurug
	Assoc. Prof. Dr. Siriruk	Nakornchai
	Asst. Prof. Ekachai	Chunhacheevachaloke
	Asst. Prof. Bundhit	Jirajariyavej
	Dr. Kanit	Dhanesuan
	Assoc. Prof. Dr. Patita	Bhuridej
	Asst. Prof. Piriya	Cherdsatiraku
	Dr. Thornkanok	Pruksamas
	Capt. Thanasak	Thumbuntu

THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

71 Ladprao 95 Wangthonglang Bangkok 10310, Thailand. Tel: 662-539-4748 Fax: 662-514-1100 E-mail: thaidentalnet@gmail.com



ทันตแพทยสมาคมแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

Advisory Board

Lt. Gen. Phisal Thepsithar
Prof. Dr. Mongkol Dejnakintra
Prof. Chainut Chongruk
Special Prof. Sitthi S Srisopark

Assoc. Prof. Porjai Ruangsri
Assist. Prof. Phanomporn Vanichanon
Assoc. Prof. Dr. Patita Bhuridej

Editor

Dr. Ekamon Mahapoka

Associate Editors

Prof. Dr. Prasit Pavasant
Prof. Dr. Waranun Buajeeb

Assoc. Prof. Dr. Siriruk Nakornchai
Assoc. Prof. Dr. Nirada Dhanesuan

Editorial Board

Assoc. Prof. Dr. Chaiwat Maneenut, Chulalongkorn University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Lertrit Sarinnaphakorn, Chulalongkorn University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Chootima Ratisoontom, Chulalongkorn University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Oranat Matungkasombut, Chulalongkorn University, Thailand
Assist. Prof. Kajorn Kungsadalpipob, Chulalongkorn University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Thantrira Porntaveetus, Chulalongkorn University, Thailand
Assist. Prof. Pintu-On Chantarawatit, Chulalongkorn University, Thailand
Assist. Prof. Wannakorn Sriarj, Chulalongkorn University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Pisha Pittayapat, Chulalongkorn University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Yaowaluk Ngoenwiwatkul, Mahidol University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Somsak Mitirattanakul, Mahidol University, Thailand
Dr. Supatchai Boonpratham, Mahidol University, Thailand
Prof. Dr. Anak Iamaroon, Chiang Mai University, Thailand
Prof. Dr. Suttichai Krisanaprakornkit, Chiang Mai University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Napapa Aimjirakul, Srinakharinwirot University, Thailand
Dr. Jaruma Sakdee, Srinakharinwirot University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Aroonwan Lam-ubol, Srinakharinwirot University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Sutee Suksudaj, Thammasat University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Ichaya Yiemwattana, Naresuan University, Thailand.
Prof. Boonlert Kukiattrakoon, Prince of Songkla University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Vanthana Sattabanasuk, Royal College of Dental Surgeons, Thailand
Prof. Dr. Antheunis Versluis, The University of Tennessee Health Science Center, USA.
Assoc. Prof. Dr. Hiroshi Ogawa, Niigata University, JAPAN
Assoc. Prof. Dr. Anwar Merchant, University of South Carolina, USA.
Dr. Brian Foster, NIAMS/NIH, USA.
Dr. Ahmed Abbas Mohamed, University of Warwick, UK.

Editorial Staff

Tassapol Intarasomboon
Pimpanid Laomana
Anyamanee Kongcheepa

Manager

Assoc. Prof. Poranee Berananda

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

Publisher and artwork: Rungsilp Printing Co., Ltd

Please send manuscripts to Dr. Ekamon Mahapoka

Address: 71 Ladprao 95 Wangtonglang Bangkok 10310, Thailand E-mail: dateditor@thaidental.or.th

Instruction for Authors

The Journal of the Dental Association of Thailand, supported by the Dental Association of Thailand, is an online open access and peer-reviewed journal. The journal welcomes for submission on the field of Dentistry and related dental science. We publish 4 issues per year in January, April, July and October.

» Categories of the Articles «

1. Review Articles: a comprehensive article with technical knowledge collected from journals and/or textbooks which is profoundly criticized or analyzed, or tutorial with the scientific writing.

2. Case Reports: a clinically report of an update or rare case or case series related to dental field which has been carefully analyzed and criticized with scientific observation.

3. Original Articles: a research report which has never been published elsewhere and represent new significant contributions, investigations or observations, with appropriate experimental design and statistical analysis in the field of dentistry.

» Manuscript Submission «

The Journal of the Dental Association of Thailand welcome submissions from the field of dentistry and related dental science through only online submission. The manuscript must be submitted via <http://www.jdat.org>. Registration by corresponding author is once required for the article's submission. We accept articles written in both English and Thai. However, for Thai article, English abstract is required whereas for English article, there is no need for Thai abstract submission. The main manuscript should be submitted as .doc (word97-2003). All figures, and tables should be submitted as separated files (1 file for each figure or table). For the acceptable file formats and resolution of image will be mentioned in 8. of manuscript preparation section.

» Scope of Article «

Journal of Dental association of Thailand (JDAT) is a quarterly peer-reviewed scientific dental journal aims to the dissemination and publication of new knowledges and researches including all field of dentistry and related dental sciences

» Manuscript Preparation «

1. For English article, use font to Cordia New Style size 14 in a standard A4 paper (21.2 x 29.7 cm) with 2.5 cm margin on a four sides. The manuscript should be typewritten.

2. For Thai article, use font of Cordia New Style size 14 in a standard A4 paper (21.2 x 29.7 cm) with 2.5 cm margin on a four sides. The manuscript should be typewritten

with 1.5 line spacing. Thai article must also provide English abstract. All reference must be in English. For the article written in Thai, please visit the Royal Institute of Thailand (<http://www.royin.go.th>) for the assigned Thai medical and technical terms. The original English words must be put in the parenthesis mentioned at the first time.

3. Numbers of page must be placed on the top right corner. The length of article should be 10-12 pages including the maximum of 5 figures, 5 tables and 40 references for original articles. (The numbers of references are not limited for review article).

4. Measurement units such as length, height, weight, capacity etc. should be in metric units. Temperature should be in degree Celsius. Pressure units should be in mmHg. The hematologic measurement and clinical chemistry should follow International System Units or SI.

5. Standard abbreviation must be used for abbreviation and symbols. The abbreviation should not be used in the title and abstract. Full words of the abbreviation should be referred at the end of the first abbreviation in the content except the standard measurement units.

6. Position of the teeth may use full proper name such as maxillary right canine or symbols according to FDI two-digit notation and write full name in the parenthesis after the first mention such as tooth 31 (mandibular left central incisor)

7. Table: should be typed on separate sheets and number consecutively with the Arabic numbers. Table should self-explanatory and include a brief descriptive title. Footnotes to tables indicated by lower-case superscript letters are acceptable.

8. Figure : the photographs and figures must be clearly illustrated with legend and must have a high resolution and acceptable file types to meet technical evaluation of JDAT that is adapted from file submissions specifications of Pubmed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/pub/filespec-images/#int-disp>). We classify type of figure as 3 types following: line art, halftones and combo (line art and halftone combinations) The details of description, required format, color mode and resolution requirement are given in table below.

Numbers, letters and symbols must be clear and even throughout which used in Arabic form and limited as necessary. During the submission process, all photos and tables must be submitted in the separate files. Once the manuscript is accepted, an author may be requested to resubmit the high quality photos.

Image type	Description	Example	Recommended format	Color mode	Resolution
Line art	An image which is composed of line and text and is not contained of tonal or shading areas.		tif. of eps.	Monochrome 1-bit of RGB	900-1200 dpi
Half tone	A continuous tone photograph which does not compose of text.		tif.	RGB of Grayscale	300 dpi
Combo	Combination of line art and half tone.		tif. of eps.	RGB of Grayscale	500-900 dpi

» Contact Address «

Editorial Staff of JDAT

The Dental Association of Thailand

71 Ladprao 95, Wangtonglang, Bangkok 10310, Thailand.

Email: jdateditor@thaidental.or.th Tel: +669-7007-0341

» Preparation of the Research Articles «

1. Title Page

The first page of the article should contain the following information

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

2. Abstract

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

3. Text

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

- **Introduction:** indicates reasons or importances of the research, objectives, scope of the study. Introduction should review new documents in order to show the correlation of the contents in the article and original knowledge. It must also clearly indicate the hypothesis.

- **Materials and Methods:** indicate details of materials and methods used in the study for readers to be able to repeat such as chemical product names, types of experimental animals, details of patients including sources, sex, age etc. It must also indicate name, type, specification, and other information of materials for each method. For a research report performed in human subjects, human material samples, human participants and animal samples, authors should indicate that the study was performed according to the Experiment involving human or animal subjects such as Declaration of Helsinki 2000, available at: <https://www.wma.net/what-we-do/medical-ethics/declaration-of-helsinki/doh-oct2000/>, or has been approved by

the ethic committees of each institute (*ethic number is required).

- **Results:** Results are presentation of the discovery of experiment or researches. It should be categorized and related to the objectives of the articles. The results can be presented in various forms such as words, tables, graphs of illustrations etc. Avoid repeating the results both in tables and in paragraph. Emphasize only important issues.

- **Discussion:** The topics to be discussed include the objectives of the study, advantages and disadvantages of materials and methods. However, the important points to be especially considered are the experimental results compared directly with the concerned experimental study. It should indicate the new discovery and/or important issues including the conclusion from the study. New suggestion problems and informed in the discussion and indicate the ways to make good use of the results.

- **Conclusion:** indicates the brief results and the conclusion of the analysis.

- **Acknowledge:** indicates the institute or persons helping the authors, especially on capital sources of researches and numbers of research funds (if any).

- **Conflicts of interest :** for the transparency and helping the reviewers assess any potential bias. JDAT requires all authors to declare any competing commercial interests in conjunction with the submitted work.

- **Reference:** include every concerned document that the authors referred in the articles. Names of the journals must be abbreviated according to the journal name lists in "Index Medicus" published annually of from the website <http://www.nlm.nih.gov>

» Writing the References «

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

Sample of references from articles in Journals

- Authors

Zhao Y, Zhu J: *In vivo* color measurement of 410 maxillary anterior teeth. *Chin J Dent Res* 1998;1(3):49-51.

- Institutional authors

Council in Dental Materials and Devices. New American Dental Association Specification No.27 for direct filling resins. *J Am Dent Assoc* 1977;94(6):1191-4

- No author

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

» Sample of references from books and other monographs «

- Authors being writers

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

- Authors being both writer and editor

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

- Books with authors for each separate chapter

- Books with authors for each separate chapter

and also have editor

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

- Institutional authors

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

Samples of references from academic conferences

- Conference proceedings

Kimura J, Shibasaki H, editors. R The Journal of the Dental Association of Thailand (JDAT): (ISSN 2408-1434) online open access and double-blind peer review journal and also supported by the Dental Association of Thailand advances in clinical neurophysiology. Proceeding of the 10th International Congress of EMG and Clinical Neuro physiology; 1995 Oct 15-19; Kyoto, Japan. Amsterdam; Elsevier; 1996.

- Conference paper

Hotz PR. Dental plaque control and caries. In: Lang PN, Attstrom R, Loe H, editors. Proceedings of the European Work shop on Mechanical Plaque Control; 1998 May 9-12; Berne, Switzerland. Chicago: Quintessence Publishing; 1998. p. 25-49.

- Documents from scientific or technical reports

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

» Samples of reference from thesis «

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

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

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

Rasperini G, Acunzo R, Limioli E. Decision making in gingival rec experience. *Clin Adv Periodontics* 2011;1: 41-52. doi:10.1902 cap.2011.1000002.

- Online only article (without doi)

Aboud S. Quality improvement initiative in nursing homes: the ANA acts in an advisory role. *Am J Nurs* 2002; 102(6)[cited 2002 Aug 12] Available from: <http://nursingworld.org/AJN/2002/june/WaWatch.htmArticle>

» Samples of references from patents/petty patents «

- Patent

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

- Petty patent

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

» Preparation of the Review articles and Case reports «

Review articles and case reports should follow the same format with separate pages for abstract, introduction, discussion, conclusion, acknowledgement and references.

» The Editorial and Peer Review Process «

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

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

» Copyright «

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

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

The price of addition color printing is extra charged 10000 bath/article (vat included).

Note: Color printing of selected article is considered by editorial board. (no extra charge)

» Updated January, 2021 «



วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์

JOURNAL OF THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

สารบัญ

ปีที่ 71 ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน พ.ศ. 2564

บทความปริทัศน์

Contemporary Trends in Dental Local Anaesthesia: A Review of Literature

Thippayarat Thongim

Lee Kian Khoo

Bishwa Prakash Bhattarai

Nattisa Niyomtham

Verasak Pairuchvej

Natthamet Wongsirichat

บทวิทยากร

Linear Dimensional Changes of Acrylic Resin Denture Bases After Using Denture Cleansers: Conventional and Injection-molding Techniques

Somchai Pongkornkumpon

Chaivut Prunkngarmpun

Subin Puasiri

Color Analysis and Tooth Shades among Maxillary Anterior Teeth and Premolars in Thai Population

Chakree Ongthiemsak

Panita Chantanawilas

Kanwara Vilamas

Jiroj Maharat

Chutatip Losithong

Tanchanok Raknganchang

Thanyaphurt Utamavatin

Bussara Pongsermsuk

Effect of Temperature on Cyclic Fatigue Resistance of R-phase Technology and Conventionally Produced Nickel-titanium Alloys

Kwanchanok Khajornchaiyakul

Sirawut Hiran-us

Somsinee Pimkhaokham

Contents

Volume 71 Number 2 April - June 2021

Review Article

84 Contemporary Trends in Dental Local Anaesthesia: A Review of Literature

Thippayarat Thongim

Lee Kian Khoo

Bishwa Prakash Bhattarai

Nattisa Niyomtham

Verasak Pairuchvej

Natthamet Wongsirichat

Original Article

93 Linear Dimensional Changes of Acrylic Resin Denture Bases After Using Denture Cleansers: Conventional and Injection-molding Techniques

Somchai Pongkornkumpon

Chaivut Prunkngarmpun

Subin Puasiri

102 Color Analysis and Tooth Shades among Maxillary Anterior Teeth and Premolars in Thai Population

Chakree Ongthiemsak

Panita Chantanawilas

Kanwara Vilamas

Jiroj Maharat

Chutatip Losithong

Tanchanok Raknganchang

Thanyaphurt Utamavatin

Bussara Pongsermsuk

111 Effect of Temperature on Cyclic Fatigue Resistance of R-phase Technology and Conventionally Produced Nickel-titanium Alloys

Kwanchanok Khajornchaiyakul

Sirawut Hiran-us

Somsinee Pimkhaokham



วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์

JOURNAL OF THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

สารบัญ

ปีที่ 71 ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน พ.ศ. 2564

บทวิทยาการ

- การยึดติดทางคลินิกของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดใสระหว่าง
วัสดุทันตกรรมไทยกับวัสดุนำเข้าบนฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่ง: 118
การศึกษาแบบมีกลุ่มควบคุมที่มีการจัดกลุ่มด้วยวิธีสุ่ม
ดลหทัย สิทธิพงษ์พร
วัชรารณณ์ ทวีจันทร์
พสุธา ชาญญะกิจไพศาล
ศิริพร ส่งศิริประดับบุญ

- การแสดงออกของซีฟอสในไตรเจมินัลนิวเคลียสและน้ำหนักร่างกาย
ของหนูทดลองภายหลังเนื้อเยื่อในฟันกรามอักเสบ 127
อานนท์ชัย จันทรสุนทรภาส
อุไรวรรณ โชคชนะชัยสกุล

- Oral Health-related Quality of Life in Thai Older People with Metabolic Syndrome 135
Nattapat Khongsirisombat
Sirichai Kiattavorncharoen
Potchaman Sinavarat
Raweewan Arayasantiparb
Nis Okuma
Supanee Thanakun

- ปริมาตรการสึกของเซรามิกและเคลือบฟันที่สับกับเซรามิก 149
ภายใต้สภาวะกรดและสภาพจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
คณวัฒน์ แซ่บ่าง
ชโนทัย เฮงตระกุล

Contents

Volume 71 Number 2 April - June 2021

Original Article

- A Clinical Retention between Thailand Innovative and Imported Clear Dental Sealants on First Permanent Molars: A Randomized Controlled
Donhathai Sittipongporn
Wacharaporn Tasachan
Pasutha Thunyakitpisal
Siriporn Songsiripradubboon

- C-Fos Expression in Trigeminal nucleus and Body-weight of Rats after Pulpitis in Molar Tooth
Annonchai Junsuntonpass
Uraiwan Chokechanachaisakul

- Oral Health-related Quality of Life in Thai Older People with Metabolic Syndrome
Nattapat Khongsirisombat
Sirichai Kiattavorncharoen
Potchaman Sinavarat
Raweewan Arayasantiparb
Nis Okuma
Supanee Thanakun

- Volume Loss of Ceramic and Enamel by Ceramic Antagonist under Various Acidic Condition and Its SEM
Khanawat Saebang
Chanothai Hengtrakool

Front cover image:

Adapted from Four reference points on the specimen. (see Pongkornkumpon *et al.*, pages 96 for details)

Review Article

Contemporary Trends in Dental Local Anaesthesia: A Review of Literature

Thippayarat Thongim¹, Lee Kian Khoo¹, Bishwa Prakash Bhattarai², Nattisa Niyomtham²

Verasak Pairuchvej¹, Natthamet Wongsirichat²

¹Department of Oral & Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Bangkok, Thailand

²International College of Dentistry, Walailak University, Bangkok, Thailand

Abstract

Local anaesthesia is widely used to mitigate pain and discomfort in a variety of dental procedures. Dental local anaesthetics must be carefully used like any other drugs. Dentists should have basic knowledge and understanding of local anaesthetics before using these drugs. Despite their safety and effectiveness, local anaesthetics can produce unwanted adverse effects if used carelessly. Thus, there should be judicious use of local anaesthetic in dental procedures, especially in medically-compromised patients. This article aims to review the general characteristics of local anaesthetics, mechanism of action, physiologic properties, metabolism, and elimination mechanisms, the maximum recommended doses, and the roles of vasoconstrictors that are added to the dental local anaesthetics.

Keywords: Anaesthesia, Epinephrine, Local Anaesthetic, Mechanism, Pharmacology, Vasoconstrictor

Received Date: Aug 20, 2020

Revised Date: Sep 24, 2020

Accepted Date: Nov 9, 2020

doi: 10.14456/jdat.2021.9

Correspondence to:

Natthamet Wongsirichat, International College of Dentistry, Walailak University 979/42-46 Phahonyothin Road 19th floor SM Tower, Phaya Thai, Bangkok, 10400 Thailand. Tel: +6622990935, +66819095625 Email: natthamet.wo@mail.wu.ac.th

Introduction

Dental local anesthesia is commonly used in a variety of dental procedures to alleviate pain and discomfort. Good management of pain is a critical component of care for patients who undergo dental treatment. Local anesthesia causes the reversible loss of pain sensation in a specific area of the body.¹ It has been used and has been improving for more than a century.

Various local anaesthetic agent like lidocaine, articaine, and mepivacaine used in dentoalveolar surgery has shown effective pain management.²⁻⁴ Haas & Gaffen

reported that nowadays, the local anesthetic agents are generally considered safe to use in dentistry, and there is a minimal incidence of the adverse reactions associated with the drug administration.^{5,6} Local anesthetics differ in their potency and pharmacological components and the selection of dental local anesthesia is usually guided by the type of dental remedy and the desired duration of anesthesia.^{7,8}

There are a number of dental local anesthetics that provide a prompt onset and sufficient duration of

anesthesia.^{5,9} Sisk reported that all the present-day local anesthetics have the vasodilation property.¹⁰ Therefore, vasoconstrictors or vasopressors have been added into the dental local anesthetic solutions for several beneficial effects such as improving the quality and lengthening the duration of anesthesia.¹⁰⁻¹²

Even though the dental local anesthetic is regarded as safe and effective, this drug can provide some undesirable adverse reactions. A previous study revealed that the adverse reactions of anesthetic agents are not related to their actions but arise due to inappropriate drug administration.⁴ Some local or systemic adverse reactions can occur from a large dose of local anesthetic.^{5,6} This review article summarizes contemporary knowledge in dental local anesthesia.

General characteristics of local anesthetic

Local anesthetic has been long used in the dental patient remedy for more than 100 years. It can cause a reversible absence of pain sensation, with the ability to block the impulse conduction distal to the nerve axon.^{1,11} Dental local anesthetics are generally classified according to their molecular structures, the anesthesia onset, the potency, and the anesthesia duration.¹¹ The local anesthetics commonly have specific elementary features.

The dental local anesthetics consist of the following three principal components: 1) lipophilic aromatic ring, 2) intermediate amide or ester linkage, and 3) terminal amine.^{7,11,13-15} These three components provide different clinical properties to the dental local anesthetic.^{7,13} Dental local anesthetic can be categorized into two major chemical classes based on the intermediate ester- or amide-based linkages.^{15,16} Currently, all local anesthetics available in the dental cartridges are usually affiliated with the amide group, namely, articaine, lidocaine, bupivacaine, prilocaine, and mepivacaine. The ester group such as procaine is not currently available in the dental cartridge. However, benzocaine which is ester-based is still available as the topical anesthetic.¹⁵

Local anesthetic mechanism of action

Local anesthetics provide reversible blockage to the nerve impulse conduction.^{11,14,16} Covino reported

that the nerve impulse depends on the concentration of the electrolyte in the nerve cytoplasm and extracellular fluid, with the cell membrane permeability of sodium and potassium ions.¹⁶

Typical depolarization can produce the changes of nerve membrane to allow sodium ions crossing through the specified sodium channels that lead to the transmission of the action potential along the neuron.¹¹ The interruption of the nerve impulse conduction by local anesthetic occurs by inhibiting the sodium ions entry through the specified sodium channels or ionophores within the nerve membranes. This impedes the momentary surge of sodium ions that generate the action potential.^{11,13,15}

The sodium channels usually exist in a resting state. During this condition, sodium ions cannot enter the cell. When the nerve is excited, the channels open allowing the diffusion or entry of the sodium ions into the cell thereby instigating depolarization. Then the sodium channels become inactivated following a rapid change in the membrane potential, which inhibits the additional influx of the ions. The active transport mechanisms move sodium ions outside of the cell. The sodium channels change into the normal resting state following this repolarization.^{13,17}

It should be noted that local anesthesia bind and inhibit the sodium channel from a site that is not directly accessible from outside the cell, preventing the transient of sodium ions influx that is associated with membrane depolarization (Modified from Becker *et al.*¹³).

The article by Becker and Reed publicized that local anesthetic molecules bind more to their receptors located in the sodium channels during their activation and inactivation than when they are in their resting stage.¹³ The relation between inhibition of local anesthetic and a nerve fiber sensitivity is determined by axonal diameter, myelination, and anatomical and physiological factors. Among the same type of nerve fibers, the small fibers are generally more sensitive to local anesthetic than the large fibers due to the greater amount of sodium channels inhibited by the local anesthetic agent.^{13,17} Consequently, the sensitivity of the small autonomic fibers is the highest followed by sensory fibers and motor fibers respectively.

The branches of trigeminal nerves that are commonly anesthetized for dental procedures consist exclusively of the small sensory fibers that differ in terms of their diameters and impulse conduction rates. The fibers that transmit pain impulses are more sensitive than those carrying pressure and proprioception. Therefore, the patient may interpret the sensation of pressure as pain during dental procedures.¹³

Physiological activity of local anesthetic

1. Lipid solubility and anesthetic potency

A direct relation exists between the potency of a local anesthetic and its lipid solubility as the nerve membrane is primarily made of lipids.^{7,11,13,18A} previous study by Tetzlaff revealed that the hydrophobic nerve membrane can relate between lipid solubility and anesthetic potency.¹⁹ Higher lipid solubility of the drug enables it to penetrate a nerve faster resulting in a blockade of more sodium channels. With a greater lipid solubility, the potency of local anesthetic is improved.^{7,11,18,19} Becker and Reed in their review mentioned that the anesthetic potency depends on the concentrations of local anesthetics, which typically range from 0.5% to 4%.¹³ Moreover, the lipid solubility is also determined from an aromatic ring and its aliphatic replacements, as well as an addition of the tertiary amine, such as bupivacaine with a higher lipid solubility has more potency than articaine. Consequently, this reason forms the basis for formulating bupivacaine at 0.5% concentration (5mg/mL).^{7,11,13}

2. Ionization and onset time

All local anesthetics exist in the solution partly as the nonionized lipid-soluble form (B) and the ionized water-soluble form (BH+).^{10,11,17,20} The nonionized form can diffuse through the neural membranes and occlude the sodium channels.^{11,18,20} An article by Patel and Sadoughi²⁰ reported that the nonionized form also has a faster onset owing to its greater diffusion rate.

The pKa of the local anesthetic and the pH of the injection site influence the proportions of ionized and nonionized forms. pKa is defined as the pH at which the proportions of the ionized and the nonionized forms

are the same.¹⁷ The local anesthetic with a pKa closest to the physiological pH (7.4) will have a greater portion of the nonionized lipid-soluble form that diffuses more readily through the neural sheath (epineurium) and passes through the neuronal membrane promoting the rapid onset of action.^{17,20}

The previous study by Patel and Sadoughi²⁰ also showed that the decrease in pH can shift an equilibrium toward the ionized form causing a delay in the onset of local anesthetic action. This can describe slower onset and decreased effectiveness of local anesthetics in the inflamed tissue, which has an acidic milieu due to a lower pH.^{11,15,20} Only benzocaine among the local anesthetics has a pKa lower than the physiological pH (7.4). Previous reviews by Eappen & Datta and Tetzlaff reported that at any pH higher than pKa, the proportion of non-ionized form of the anesthetic will be lesser.^{18,19}

Lipid solubility is another factor that affects the onset of local anesthetic action. Though pKa appears to be the most important factor related to the onset time, local anesthetics such as lidocaine, mepivacaine, and prilocaine have rapid onset time despite having a low pKa.^{17,18} A study by Eappen *et al.* reported that the higher concentrations or the greater total dose of the drug also speed the time of local anesthetic onset. Hence, at similar concentrations, chloroprocaine would have a slower onset than lidocaine, but increasing the concentration of chloroprocaine can offset this insufficiency.¹⁸

3. Protein binding property and anaesthesia duration

Many previous reviews showed that the protein binding property is related to the anaesthesia duration.^{11,17-20} The local anesthetic agent can also reversibly bind to plasma proteins in blood circulation.^{7,13} Previous works by Eappen *et al.* and Patel *et al.* reported that the greater number of local anesthetic molecules that bind to plasma proteins at the sodium channel, the longer the duration of anaesthesia of that anesthetic.^{18,20} Previous research by Giovannitti mentioned that protein forms the major constituent of the sodium channels and their receptor sites and the protein-bound molecules attach

to the active site. Moreover, protein binding can produce a drug reservoir and become available as the unbound drug. This drug can also get removed from the active site by the vascular uptake.¹¹ So, greater protein binding can produce an extended anaesthesia duration. Poor protein-bound anesthetics such as procaine are weakly associated with the nerve membrane and have an extremely short anaesthesia duration. However, the tightly protein-bound ones (e.g. bupivacaine) are strongly attached with the nerve membrane and have a long anaesthesia duration.¹⁹ The duration of anaesthesia is also determined by the lipid solubility of anaesthesia. Local anesthetics with greater lipid solubility have a long anaesthesia duration, due to a slower diffusion to the bloodstream.¹⁷

4. Vasodilatation property

Local anesthetics (except cocaine) exert a two-phased effect on the vascular smooth muscles. At lower concentrations, local anesthetics produce vasoconstriction, while at higher concentrations they create vasodilation. Vasodilation occurs through relaxation of the smooth muscle fibers at the peripheral arterioles.²⁰ Vasodilation property is also a factor affecting the anaesthesia duration. Because the drug is quickly diffused away from the anesthetic site, it will have a very short anaesthesia duration when used without a vasoconstrictor.^{15,18} Patel and Sadoughi also reported that the greater vasodilation property of local anesthetic agents enables a faster absorption but imparts a shorter anaesthesia duration.²⁰ The local anesthetics are varying in their vasodilation ability. Some local anesthetics such as lidocaine, when used without any vasoconstrictors can provide greater vasodilation property and result in a short anaesthesia duration than others, such as mepivacaine and bupivacaine.^{13,18} Many previous studies showed that vasopressors, such as epinephrine and levonordefrin, are added to the anesthetic solutions so that vasodilation can be compensated and the quality of anaesthesia can be improved.^{13,15,20}

Local anesthetic metabolism and elimination

Becker and Reed reported that the intermediate linkage of local anaesthesia is useful for the classification

of these drugs and also useful to determine their pattern of elimination.¹³ An amide group of local anesthetics is biotransformed by enzymes in the liver, while an ester group is predominantly hydrolyzed by plasma pseudo-cholinesterase (plasma cholinesterase) in the bloodstream.^{13,15-17}

Para-aminobenzoic acid (PABA), a byproduct with an allergic potential, is formed during the metabolism of the ester group of local anesthesia.^{11,16,17} Genetic disorders such as pseudocholinesterase deficiency can slow the metabolism rate of ester-based anesthetics and increase the risk for a toxic overdose.^{15,17} Nowadays no ester local anesthetics are available in the dental cartridges, except benzocaine that is used as a dental topical anesthesia.¹³

Amide-type local anesthetics are not metabolized by pseudocholinesterase. Thus, incidences of allergic reactions with these agents are seldom reported.¹⁶ The metabolic rate of amides is consistently slower than the ester types. The rate of amides metabolism is determined by the hepatic circulation and function. Decreased liver function or hepatic circulation can prolong the metabolism of these amides leading to higher blood levels and predisposing to systemic toxicity.^{11,17}

Giovannitti *et al.* mentioned that the intermediate chain of articaine qualifies it as an amide-type of local anaesthesia, but its aromatic ring possesses an ester side chain that can undergo partial metabolism by nonspecific plasma esterases.^{11,13} The half-life of articaine is shorter than other amides local anesthetics, which reduces the risk of toxicity of this drug. Furthermore, as the lack of adequate pseudocholinesterase does not affect the metabolism of articaine, the risk of systemic toxicity in the patient is also reduced.¹¹

Maximum recommended doses of local anesthetic

The doses of local anesthetics are expressed in terms of milligrams per body weight, as mg/kg or as mg/lb.¹ The existing information about the dose of local anesthetics is usually not evidence-based; it is usually shown as the total maximum dose for preventing an excessive administration

and toxicity.^{21,22} A study of Rosenberg *et al.* revealed that the recommended dose is individualized based on the characteristics of a patient, such as age, weight, the dental procedure to be performed, and the type of local anesthetics to be used.²¹

A review by Haas explained that the toxicity of a local anesthetic drug depends on various factors including the injection site, the injection speed, and the presence of vasopressor in the anesthetic solution.¹⁵ Malamed and Haas mentioned that the calculation of maximum recommended doses should always be decreased for children, medically compromised patients, debilitated patients, or elderly patients.^{1,15} The liver function alteration, the plasma protein binding, the blood volume, and other important physiologic functions can influence the local anesthetics' distribution and biotransformation in the body.¹ The calculated dose of local anesthetics should be decreased for all at-risk persons. However, no formula can determine the total dose reduction for the patients at risk. Cox *et al.* stated that the maximum recommended dose of local anaesthesia should specifically define the type of local anesthetics, the type of injection, and the factor of body weight, age, and systemic diseases in the patient.²³

Vasoconstrictors

Many previous studies reported that the local anesthetic provides several benefits by the addition of vasoconstrictor.^{7,10,24} Vasopressor or vasoconstrictor produces blood vessel constriction by activating alpha-1(α 1) adrenergic receptors thereby limiting the blood flow at the area of injection, retaining anesthesia for the dental operation, and delaying anesthetic absorption.^{7,11,13} As a result, the vasoconstrictors can increase the safety of dental local anesthetics by decreasing the systemic toxicity of local anesthetic and reducing absorption into the systemic circulation.²⁴ Many studies have reported that the slower absorption of local anesthetic drug minimizes the chances of systemic toxicity but extends the anesthesia duration.^{7,11,13,15} Furthermore, the vasoconstrictor addition can improve the quality of neural blockade and decrease bleeding at

the operation.^{4,7,10,24} Two vasoconstrictors (epinephrine and levonordefrin) are generally added in dental local anesthetics.^{10,11}

There are approximately equal numbers of α and β receptors in the tissues, but due to greater sensitivity of the β receptors to epinephrine, the β -effects will normally predominate.¹ In submucosal vessels containing only β receptors, epinephrine can produce local vasoconstriction. While in systemic arteries containing much higher numbers of β 2 receptors than α receptors, even a low concentration of epinephrine can produce vasodilation and influence the diastolic blood pressure.^{7,13}

Low doses of epinephrine, such as in dental anesthetic, can increase heart rate, cardiac output, and peripheral vasodilation.¹ Various drugs like nonselective beta blockers, tricyclic antidepressants have potential interactions through common receptors as epinephrine.¹⁵ Epinephrine with a half-life of 1 to 3 minutes is available in dental local anesthesia at the concentrations of 1: 50,000 (0.02 mg/mL), or 1: 100,000 (0.01 mg/mL), or 1: 200,000 (0.005 mg/mL). When administered intravenously, its action is terminated mainly through reuptake by adrenergic nerves. Escaped epinephrine is quickly inactivated by the enzymes in blood circulation. Therefore, only a minor proportion of approximately 1% epinephrine is unchanged and excreted in the urine.¹ From a previous article by Becker and Reed,⁷ 0.3 mg or 300 μ g of epinephrine can initiate allergic reactions.

Adverse effects of epinephrine include tachycardia, tremor, palpitations, arrhythmia, anxiety, headache, and hypertension.¹ Consequently, patients with cardiovascular disease should consider a minimal dosage of epinephrine. In cardiovascular disease patients or patients under medications that interact with epinephrine, the doses of epinephrine should be kept below 0.04 mg.¹⁵ Epinephrine has a short duration of action (approximately ten minutes), thus the supplemental anesthesia containing epinephrine can be provided by the dentist when required. If multiple operations are required, the injection time should be extended. For lessening the systemic effects of vasoconstrictors in the

dental field, the dentist should aspirate before every dental-injection.¹⁵

2. Levonordefrin or Neo-Cobefrin is commonly available in a concentration of 1:20,000. This concentration should be considered analogous with 1:100,000 epinephrine.¹⁵ The structure of levonordefrin resembles norepinephrine than epinephrine and also lacks the affinity for β_2 receptors. Epinephrine causes tachycardia, increases systolic blood pressure but decreases diastolic blood pressure. However, norepinephrine increases systolic, diastolic, and mean arterial pressures producing reflex bradycardia.⁷

Levonordefrin is advised as a substitute for cardiovascular patients since it does not increase heart rate. Nevertheless, the previous article by Becker and Reed advocated failing in the consideration of undesirable influence on blood pressure.⁷ After local anesthetic with 1:20000 levonordefrin infiltration injection, they have equivalent efficacy for constriction of submucosal vessels.^{7,13}

The amount of vasoconstrictor in local anesthetics is important especially in excessively anxious or cardiovascular disease patients. Minimum amount of vasoconstrictor should be used in patients who are on medications that interact with these vasoconstrictors.¹¹ Epinephrine is most effective among the vasoconstrictors and the most commonly used sympathomimetic amine for dental local anesthesia.²⁴

Allergic Reactions

Although local anesthetics show rare allergic reactions, it has been known to be associated with the contents of the dental cartridge. Local anaesthetic cartridges consist of chemical agents like sodium metabisulphite as antioxidants for preventing vasopressor deterioration and methyl paraben preservative.

Contact dermatitis, generalized urticaria and/or anaphylaxis, angioedema are common allergic drug reactions. Allergies to bisulfites may develop a severe response like bronchospasm particularly in patients with asthma. Therefore, the history of a patient with a known previous allergic reaction during dental or medical

treatment related to local anesthesia is very important. Consultation and allergy testing should be considered if any uncertainty remains about the history.

If there is uncertainty regarding the history of allergic reactions, these drugs should not be used. Elective dental treatment should be delayed if possible to rule out the cause. In case of severe pain and infection, oral analgesics and antibiotics respectively can be given as temporary measures. A histamine blocker like diphenhydramine hydrochloride can be used with anaesthetic solution considering its burning sensation during injection as an undesirable side effect. If the documented history of a sulfite allergy is present then, local anesthetic solution without a vasopressor should be used. If the allergy is limited to ester anesthetics, an amide group of drugs should be used. It should not contain a paraben preservative, which is closely related to the esters. Various manufacturers have started developing local anesthetic cartridges without methylparaben. In case of immediate anaphylaxis reaction, emergency administration of epinephrine with 0.01 mg/kg (maximum dose of 0.5 mg) IM or IV followed by positioning of patient, supplemental oxygen, and volume resuscitation with IV fluids should be done.²⁵ Adverse reaction to local anaesthesia are often related to epinephrine, psychogenic factors, and other drugs. The toxic effect of LA may occasionally be misdiagnosed as an LA allergy.

Discussion

The dental local anesthetics currently offered in cartridges mostly belong to the amide group (articaine, lidocaine, and mepivacaine), and are selected based on their potency, onset, and duration.²⁶ The maximum recommended dosage and the medical history of the patient should be considered when using a local anesthetic. The physiologic activity of local anesthetic represents differences in the rate of onset and the duration of anesthesia. Thus, the selection of local anesthetics should depend on the anticipated duration of the dental procedure and the duration of the anesthesia required.

All local anesthetics are different in terms of anesthetic efficacy. Among the different anesthetics, the most widely used is lidocaine, which is the standard agent for comparison with other local anesthetics.^{13,26,27} Many previous studies^{28,29} showed mepivacaine has the same anesthetic efficacy as lidocaine. The study of Cohen *et al.*²⁶ mentioned that 3 % mepivacaine is as effective as 2 % lidocaine in achieving pulpal anesthesia in the inflamed mandibular molars after inferior alveolar nerve block. Porto *et al.*²⁹ compared 2 % lidocaine and 2 % mepivacaine with equal concentration of epinephrine for mandibular third molar surgery. The results were that both anesthetics had similar anesthesia time and produced profound anesthesia for procedures that lasted up to one hour. There were also no significant differences between these two local anesthetics in the postsurgical pain.

Several clinical studies^{27,30-32} have compared articaine with other local anesthetics and shown similar or better anesthetic efficiency of articaine. The previous study of Arrow³⁰ showed no significant difference in the success of the local analgesia when 4 % articaine with 1: 100,000 epinephrine and 2 % lignocaine with 1: 80,000 epinephrine, administered either as an inferior alveolar nerve block or buccal infiltration for restorative treatments in mandibular posterior teeth in pediatric population were compared.

In the study of the inferior alveolar nerve anesthesia for the surgical removal of impacted mandibular third molars, the previous studies by Rebolledo *et al.* and Kambalimath *et al.* compared 4 % articaine and 2 % lidocaine with 1: 100,000 epinephrine for their anesthetic efficacies. These articles reported that 4 % articaine had better anesthetic potential and anesthesia duration than 2 % lidocaine. However, the anesthetic efficacy of the solutions was similar.^{26,31} Also, a previous study by Boonsiriset *et al.*³² showed that the 4 % articaine attains anesthesia onset earlier than 4 % lidocaine (higher concentration than conventional lidocaine). However, there were also no clinically significant differences between these two local anesthetics. Anaesthetic delivery technique has also been found to be an important

factor in terms of effectiveness and pain perception. Computer controlled Intraosseous anaesthetic technique when compared to convention inferior alveolar nerve block has resulted in less pain during anesthesia induction with enough depth of anaesthesia in impacted tooth surgery.³³

Even though local anesthetics are very safe and effective for pain management during dental procedures, every local anesthetic can create undesirable adverse effects. The adverse effects of local anesthetic can manifest as systemic or local reactions. The symptoms of systemic reactions from local anesthetics include dizziness, tremors, convulsions, tachycardia, seizures, hypotension, drowsiness, respiratory depression, and loss of consciousness.^{11,13,26} These symptoms are the consequences of toxicity due to intravascular injection or overdoses of the local anesthetics.⁴ Additionally, paresthesia from the toxic effect of high concentration local anesthetic may also occur.

In distinction, a previous study of Baroni *et al.*³⁴ assessed the toxic effects of articaine and lidocaine in the mental nerve of rats. Damages to the nerve that could elicit paresthesia were not noticed. Although we have many types of anesthetics for dental usage, more research focusing on the efficacy and safety of the local anesthetics is required.

A vasoconstrictor (epinephrine) has been added into the local anesthetic for increasing the quality of local anesthesia. On the other hand, the dental local anesthetics without a vasoconstrictor (3 % mepivacaine) may be selected for short dental procedures. Epinephrine is most commonly used in dental local anesthesia.^{1,10,13} Many previous studies support the safety and efficacy of the addition of vasoconstrictors within the local anesthesia.^{7,10,24,35}

Bader *et al.*³⁵ in their review reported that the use of epinephrine in local anesthetic caused minimal but not significant increase in systolic and diastolic blood pressure without any adverse outcomes in patients with uncontrolled hypertension. This concept was supported by the study of Niwa *et al.*³⁶ which reported that a low dose of epinephrine present in local dental anesthetic is safe for use in patients with mild cardiovascular disease. Vasoconstrictors, especially epinephrine can be used with the local anesthetic agent

for dental remedy, but the dose should be minimized for the medically compromised patients, especially patients with cardiovascular disease.

In conclusion, local anesthetics commonly used in dental science are very safe and are effective drugs for intraoperative and postoperative pain control. Dentists should have knowledge and a comprehensive understanding of local anesthetic to enhance the care of patients. While the local anesthetics are safe and have established usage, all local anesthetics have undesirable adverse reactions or side effects. Hence, the selection of these drugs should be based on the required duration of anesthesia, the assessment of the patient's general health, and the properties of the local anesthetics. The most reasonable practice could be administering the optimal doses rather than the maximum doses of local anesthetics after assessing the health of the patient. If the systemic health status of the patient is a concern, a reassessment of vital signs after the administration of local anesthetics should be done.

Acknowledgement

Firstly, I would like to express my deep respect to my major advisor at Mahidol University for his valuable advice and kindness in guiding me during my research. I will be forever thankful for his mentorship, constant support, and helpful counsel.

With respect and gratitude to all the lecturers at Mahidol University, who taught me in the past years, so I was able to improve my knowledge and skills in dentistry, and to all the staff and friends who provided constant support and encouragement.

Finally, the authors would like to thank Christian Estacio at Walailak University for editing and revising the language of this manuscript.

References

1. Malamed SF. Handbook of Local Anaesthesia, 6th Edition. St. Louis, Missouri: Elsevier Mosby; 2013.
2. Su N, Liu Y, Yang X, Shi Z, Huang Y. Efficacy and safety of mepivacaine compared with lidocaine in local anaesthesia in dentistry: a meta-analysis of randomised controlled trials. *Int Dent J* 2014;64(2):96-107.
3. Colombini BL, Modena KC, Calvo AM, Sakai VT, Giglio FPM, Dionisio TJ, *et al*. Articaine and mepivacaine efficacy in postoperative analgesia for lower third molar removal: a double-blind, randomized, crossover study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;102(2):169-74.
4. Senes AM, Calvo AM, Colombini-Ishikiriama BL, Gonçalves PZ, T J Dionisio TJ, Sant'ana E, *et al*. Efficacy and Safety of 2% and 4% Articaine for Lower Third Molar Surgery. *J Dent Res* 2015; 94(9 Suppl):166S-73S.
5. Haas DA. Localized complications from local anaesthesia. *J Calif Dent Assoc* 1998;26(9):677-82.
6. Gaffen AS, Haas DA. Survey of local anesthetic used by Ontario dentists. *J Can Dent Assoc* 2009;75(9):649.
7. Becker DE, Reed KL. Essentials of local anesthetic pharmacology. *Anesth Prog* 2006;53(3):98-108.
8. M Bortoluzzi RM, G Kafer, L Busetti. Comparative Study Of The Efficacy Of Articaine And Mepivacaine: A Double-Blind, Randomized, Clinical Trial. *Internet J Dent Sci* 2008;7(1):1-7.
9. Hawkins JM, Moore PA. Local anaesthesia: advances in agents and techniques. *Dent Clin North Am* 2002; 46(4):719-32.
10. Sisk AL. Vasoconstrictors in local anaesthesia for dentistry. *Anesth Prog* 1992;39(6):187-93.
11. Giovannitti JA, Jr., Rosenberg MB, Phero JC. Pharmacology of local anesthetics used in oral surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2013;25(3):453-65.
12. Santos CF, Modena KC, Giglio FP, Sakai VT, Calvo AM, Colombini BL, *et al*. Epinephrine concentration (1:100,000 or 1:200,000) does not affect the clinical efficacy of 4% articaine for lower third molar removal: a double-blind, randomized, crossover study. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65(12):2445-52.
13. Becker DE, Reed KL. Local anesthetics: review of pharmacological considerations. *Anesth Prog* 2012;59(2):90-101.
14. Bianconi ML. Mechanism of action of local anaesthetics: A practical approach to introducing the principles of pKa to medical students. *Biochem. Educ.* 1998;26(1):11-3.
15. Haas DA. An update on local anesthetics in dentistry. *J Can Dent Assoc* 2002;68(9):546-51.
16. Covino BG. Physiology and pharmacology of local anesthetic agents. *Anesth Prog* 1981;28(4):98-104.
17. Butterworth JF, Mackey DC, Wasnick JD. Chapter 16. Local Anesthetics. In: Morgan & Mikhail's Clinical Anesthesiology, 5e. New York, NY: The McGraw-Hill Companies; 2013.

18. Eappen S, Datta S. Pharmacology of local anesthetics. *Semin Anesthesia, Periop Med Pain* 1998;17(1):10-7.
19. Tetzlaff JE. The pharmacology of local anesthetics. *Anesthesiol Clin North Am* 2000; 18(2):217-33.
20. Patel N, Sadoughi A. Pharmacology of Local Anesthetics. In: Kaye AD, Kaye AM, Urman RD, eds. *Essentials of Pharmacology for Anaesthesia, Pain Medicine, and Critical Care*. New York, NY: Springer New York; 2015:179-94.
21. Rosenberg PH, Veering BT, Urmev WF. Maximum recommended doses of local anesthetics: a multifactorial concept. *Reg Anesth Pain Med* 2004;29(6):564-75.
22. Valencia Gomez R, Araque H. Toxicity Due to Local Anesthetic Agents: Literature Review. *Rev colomb anestesiología* 2011;39(1):40-54.
23. Cox B, Durieux ME, Marcus MA. Toxicity of local anaesthetics. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2003;17(1):111-36.
24. Cummings DR, Yamashita DD, McAndrews JP. Complications of local anaesthesia used in oral and maxillofacial surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2011;23(3):369-77.
25. Campbell RL, Kelso J. Anaphylaxis: emergency treatment. In Walls, R. M., Randolph, A. G., Feldweg, A. M. (Eds.), *UptoDate* 2016. Retrieved from <http://www.uptodate.com/contents/anaphylaxis-emergency-treatment>
26. Sierra Rebolledo A, Delgado Molina E, Berini Aytis L, Gay Escoda C. Comparative study of the anesthetic efficacy of 4% articaine versus 2% lidocaine in inferior alveolar nerve block during surgical extraction of impacted lower third molars. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2007;12(2):E139-44.
27. Seng GF, Kraus K, Cartwright G, Nerone R, Pacione R. Confirmed allergic reactions to amide local anesthetics. *Gen Dent* 1996;44(1):52-4.
28. Cohen HP, Cha BY, Spangberg LS. Endodontic anaesthesia in mandibular molars: a clinical study. *J Endod* 1993;19(7):370-3.
29. Porto GG, Vasconcelos BC, Gomes AC, Albert D. Evaluation of lidocaine and mepivacaine for inferior third molar surgery. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2007;12(1):E60-4.
30. Arrow P. A comparison of articaine 4% and lignocaine 2% in block and infiltration analgesia in children. *Aust Dent J* 2012;57(3):325-33.
31. Kambalimath DH, Dolas RS, Kambalimath HV, Agrawal SM. Efficacy of 4 % Articaine and 2 % Lidocaine: A clinical study. *J Maxillofac Oral Surg* 2013;12(1):3-10.
32. Boonsiriseeth K, Chaimanakarn S, Chewpreecha P, Nonpassopon N, Khanijou M, Ping B. *et al*. 4% lidocaine versus 4% articaine for inferior alveolar nerve block in impacted lower third molar surgery. *J Dent Anesth Pain Med* 2017;17(1):29-35.
33. Demir E, Ataoglu H. Clinical evaluation of efficacy of transcortical anesthesia for the extraction of impacted mandibular third molars: a randomized controlled trial. *J Dent Anesth Pain Med*. 2020; 20(1):9-17.
34. Baroni DB, Franz-Montan M, Cogo K, Berto LA, Volpato MC, Novaes PD. *et al*. Effect of articaine on mental nerve anterior portion: histological analysis in rats. *Acta Odontol Scand* 2013;71(1):82-7.
35. Bader JD, Bonito AJ, Shugars DA. A systematic review of cardiovascular effects of epinephrine on hypertensive dental patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;93(6):647-53.
36. Niwa H, Sugimura M, Satoh Y, Tanimoto A. Cardiovascular response to epinephrine-containing local anaesthesia in patients with cardiovascular disease. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;92(6):610-6.

Linear Dimensional Changes of Acrylic Resin Denture Bases After Using Denture Cleansers: Conventional and Injection-molding Techniques

Somchai Pongkornkumpon¹, Chaivut Prunkngarmpun¹, Subin Puasiri¹

¹Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand

Abstract

The purposes of this study were to compare the linear dimensional change of specimens processed by the conventional compression and injection techniques before and after immersion in denture cleansers to simulate 180 days of use. There were two groups of material; heat and IvoBase hybrid. Each material was divided into four groups; before immersion, immersion in tap water, Polident, and 5% vinegar diluted with tap water 1:6 (n=8). The linear dimensional change was measured using a stereo microscope machine. The independent sample *t*-test demonstrated that the linear dimensional change of the IvoBase hybrid with injection technique was significantly lower than that of the heat-polymerized acrylic resin with compression technique. Nevertheless, the result of one way ANOVA illustrated insignificant differences in the linear dimensional change after denture cleansers immersion. It can be concluded that the IvoBase hybrid with injection molding technique had a lower linear dimensional change than that of the heat-polymerized with conventional compression technique regardless of denture cleanser immersion. Diluted vinegar is an alternative product that can be used as a long-term routine denture cleanser agent like Polident.

Keywords: Acrylic resin, Denture cleansers, Linear dimensional change

Received Date: May 19, 2020

Revised Date: Jun 4, 2020

Accepted Date: Sep 2, 2020

doi: 10.14456/jdat.2021.10

Correspondence to:

Chaivut Prunkngarmpun, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002 Thailand.

Tel: 0878310770 Email: pchaivut007@gmail.com

Introduction

Polymethyl methacrylate (PMMA) is the most common denture base material owing to its many advantages, including superior esthetic, adequate strength, low water sorption, low solubility, lack of toxicity, and ease to repair and construction.¹ For denture fabrication, compression molding with heat curing in a water bath is

the widely used conventional method. However, there are inaccuracies of a denture base material including dimensional change and shrinkage during processing. These adverse effects associated with the compression molding technique affect the movement of the artificial teeth position and enlarge the space between the denture base and underlying

mucosa. It can lead to occlusal problems and compromising dentures fit.^{2,3}

Therefore, composition and processing methods of acrylic resin have been developed to enhance the physical and chemical properties of denture bases. In 1942, Pryor introduced the injection molding technique to overcome the adverse effects of compression molding method.^{4,5} Continuous injection molding technique can get rid of the resin flash between the upper and lower flasks and permits control of the direction of the polymerization process by changing the flask design.^{6,7} Moreover, the polymerization shrinkage is compensated by the continual flow of material from the feeding sprue.⁸

Recently, a new injection machine (IvoBase Injector, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) has been launched. This machine is “all-in-one” which allows full automation including controlled injection and polymerization process. newly improved polymethyl methacrylate (IvoBase hybrid) coordinated with the system.^{9,10}

Regardless of the material and construction method of the removable prosthesis, all denture wearers are advised to maintain good oral and denture hygiene. Nevertheless, they are chiefly older people who have limited ability to clean dentures. The previous study revealed that most denture patients have poor oral hygiene, poor denture cleanliness, and wear dentures at night. It can produce denture-related stomatitis.¹¹

In order to prevent denture stomatitis, maintaining oral health with an appropriate denture cleaning routine is essential. The most effective procedure to eliminate biofilm are mechanical methods. However, chemical denture cleansers are also efficient in reducing biofilm formation, including *Candida albicans*.¹² Unfortunately, the use of a denture cleansing tablet is troublesome because of its high cost, its limited market access, and its insufficient instruction and information provided to the patients.¹³

Vinegar is an alternative denture cleansing agent. It consists of 5-20% of acetic acid, water, and other substances. Its good points are it is cheap, easily available, and has anti-

microbial potential. *In vitro* experiments have already shown that acetic acid induces programmed cell death in *Candida albicans*.^{14,15}

Daily use of denture cleansers can degrade denture base materials if not used following the manufacturers’ instructions. Many studies have been done to evaluate the effect of commercial denture cleansers on the physical properties of acrylic resin.^{16,17} However, previous studies have not evaluated the effect of vinegar on linear dimensional change of denture base acrylic resin.

Therefore, the objectives of this study were to compare the linear dimensional change between heat-polymerized acrylic resin and the IvoBase hybrid and to investigate the effect of soaking in denture cleansers for 180 days.

Materials and methods

1. Specimen fabrication

Rectangular metal molds were fabricated with an inside space 24 mm in length, 16 mm in width, and 3 mm in thickness; with a rectangular groove of a depth of 0.4 mm at the floor of the mold (Fig. 1A). There were two channels on both sides for the injection molding technique (Fig. 1B). The center of the mold had two screw holes that penetrate through the floor of the mold. Thereby, a screwdriver can turn the screws from under the mold to push the specimen out (Fig. 1A). The mold was covered by a metal lid during the processing procedure (Fig. 1B).

Rectangular metal molds were invested into the lower half flasks in both the conventional compression and the injection molding techniques (Fig. 1C, 1E). Then, the metal lids were closed off on metal molds before the upper half flasks were proceeded (Fig. 1D, 1F).

For the heat-polymerized acrylic resins (Meliodent®, Hareaus Kulzer Ltd., Berkshire, UK), it was mixed according to the manufacturer’s instructions. At the dough stage, it was placed into the lower half flask. Then, the upper half flask was pressed slowly in a manual dental laboratory press. The flask was opened and the excess resin flash was cut off twice. The flask was closed and pressed in the

dental laboratory press for one hour. Then, the acrylic resin was cured in the dental acrylic curing unit at 74°C for eight hours and left to cool at room temperature before deflasking for four hours.

For the IvoBase hybrid (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) system, the monomer and polymer were mixed in the capsule according to the manufacturer's instructions. Then, the flask with the capsule was inserted into the injector. The IvoBase hybrid program and the

“RMR” (Residual Monomer Reduction) function were selected. This program had a polymerization time of 45 minutes. Then, the flask was cooled under running water for 15 minutes before deflasking.

Inclusion criteria were specimens without any porosity on their entire surface and without any fracture of projection that duplicated the groove of the metal mold. The specimens were kept in distilled water at 37°C for two days before testing.

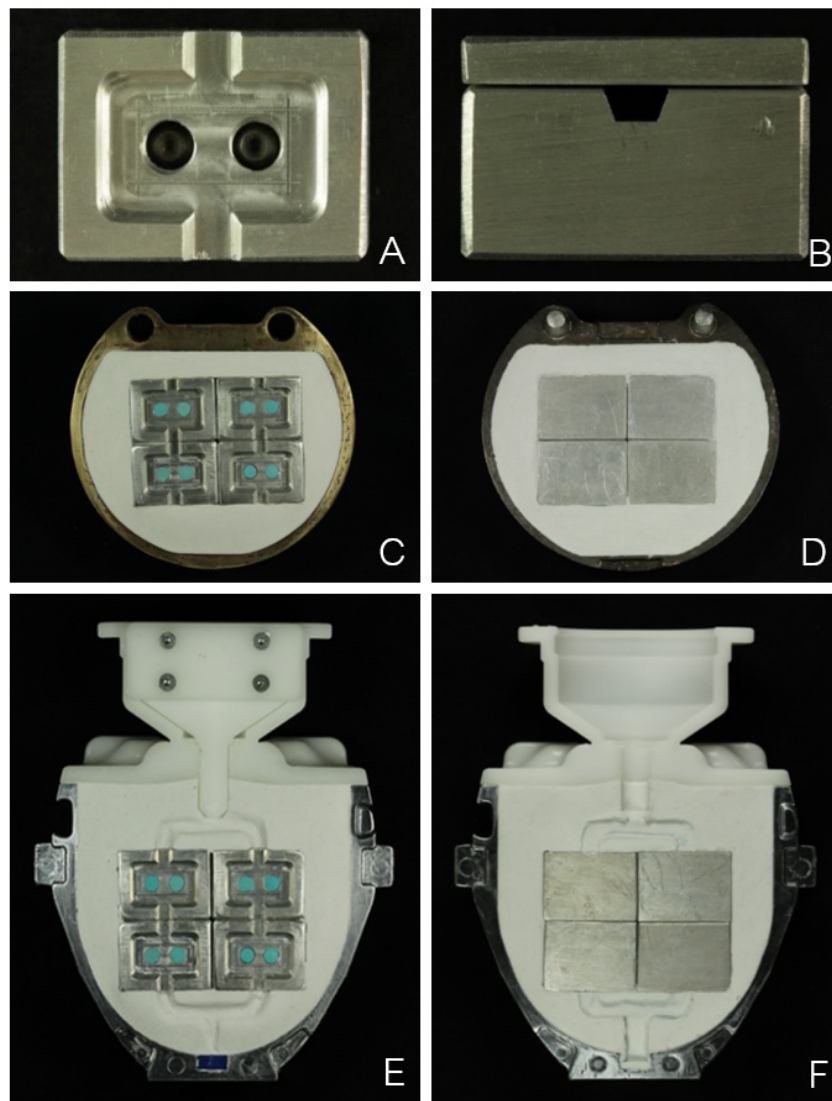


Figure 1 (A) Rectangular steel mold had space inside with a rectangular groove at the bottom of the mold. (B) A metal lid covers the mold and shows the channel for injection molding technique. (C) Lower half flask of conventional compression technique. (D) Upper half flask of conventional compression technique. (E) Lower half flask of injection molding technique. (F) Upper half flask of injection molding technique

2. Denture cleansers immersion

Sixty-four specimens of the heat polymerized acrylic resin and the IvoBase hybrid were divided into eight groups (n = 8). One group of each type was tested for the linear dimensional change before immersion in denture cleansers (the control group). The other three groups of each type were tested after immersion in tap water, Polident, or diluted vinegar (Fig. 2). Diluted vinegar was prepared by diluting 5 % vinegar with tap water at a ratio of 1:6.

In each group, eight specimens were immersed simultaneously in the same container which were filled with their respective denture cleansing material. All groups were immersed for five minutes and rinsed under running water for one minute. The denture cleansing materials were changed for every immersion cycle. One cycle of this method was assumed as one day of cleansing by the patient. The procedure of immersion was repeated for 180 cycles continuously. Therefore, it was supposed that the specimens were immersed for 180 days.

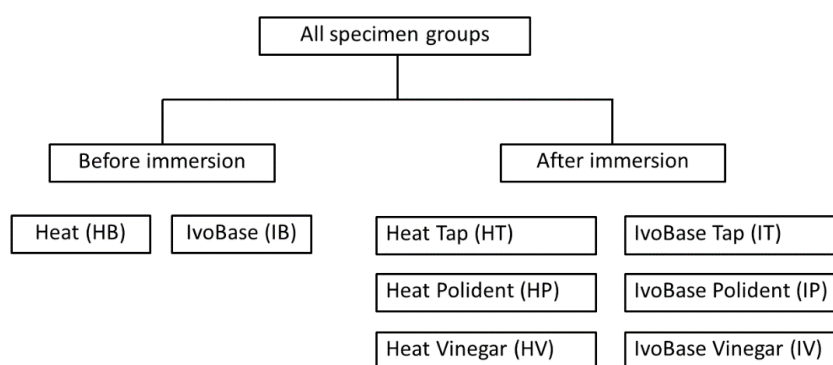


Figure 2 All specimens groups and those abbreviations are shown in this diagram

3. Test procedure

Four intersections at the four corners of the specimens were determined as the reference points (A, B, C, and D) (Fig. 3). A stereo-microscope (Nikon Measurescope 20, Nikon microscopes, Tokyo, Japan) was used to measure

the distance between the inner corner of the intersection of each reference point; AB, BC, CD, and DA (where AB is the distance from A to B and so on). Then, the measurements of AC and BD were calculated.²²

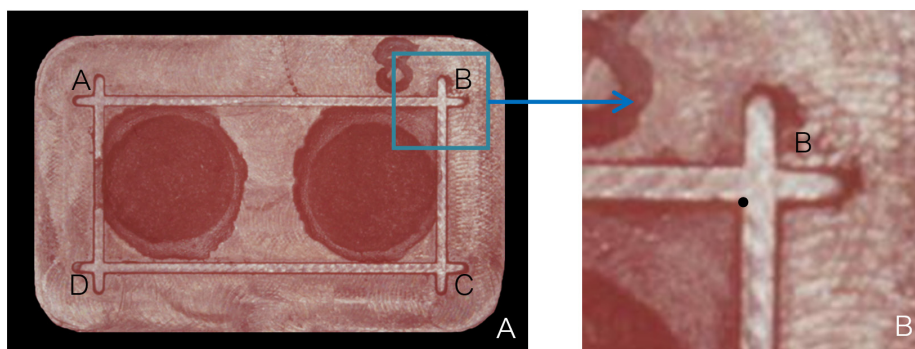


Figure 3 (A) Four reference points on the specimen. (B) Inner corner of intersection

The dimensional stability of acrylic resin specimens was calculated by using an algebraic norm ($\|\vec{V}\|$). It is an absolute indication of the overall dimensions of the

four reference points. The algebraic norm is the square root of the sum of squares of the individual dimension.

$$\|\vec{V}\| = \sqrt{AB^2 + BC^2 + CD^2 + DA^2 + AC^2 + BD^2}$$

Then, the dimensional stability of the original metal molds for specimen fabrication (V1) was compared with that of the specimens (V2). Therefore, the differences were determined as the linear dimensional change ($|V_1 - V_2|$).⁵

The independent samples *t*-test, the one way ANOVA test, and multiple comparison test were used (SPSS 19.0, SPSS Inc., Chicago, USA) to verify the significant difference at *P*-value 0.05.

Data on the linear dimensional change were statistically analyzed. For the test of normality, the Shapiro-Wilk test was used and showed that there were normal distributions. The homogeneity of variance was tested by the Levene statistic and showed that there were no significant differences. Then, the parametric ANOVA test was used, and multiple comparisons were performed by the Bonferroni test (*P*>0.05).

Results

the heat polymerized acrylic resin with the compression technique and the Ivobase hybrid with the injection technique before denture cleanser immersion

The linear dimensional change of the Ivobase hybrid (0.0402±0.0143 mm) was significantly lower than that of the heat polymerized acrylic resin (0.0761±0.0099 mm) regardless of denture cleanser immersion (*p*<0.001) (Fig. 4).

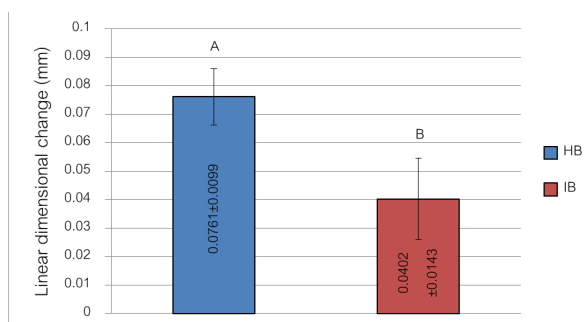


Figure 4 Means and standard deviations of linear dimensional change of heat polymerized acrylic resin and Ivobase hybrid before denture cleansers immersion. Values with different letters are significantly different

2. Comparison of the linear dimensional change of the heat polymerized acrylic resin with compression technique before and after 180 days of denture cleansers immersion in 180 days

For the heat polymerized acrylic resin, HB had the highest linear dimensional change (0.0761±0.0099 mm) followed by HP (0.0745±0.0109 mm), HT (0.0730±0.0098 mm), and HV (0.0661±0.0085 mm) respectively. However, the result of one way ANOVA demonstrated that the linear dimensional change was not statistically different between groups (*p*=0.213) (Fig. 5).

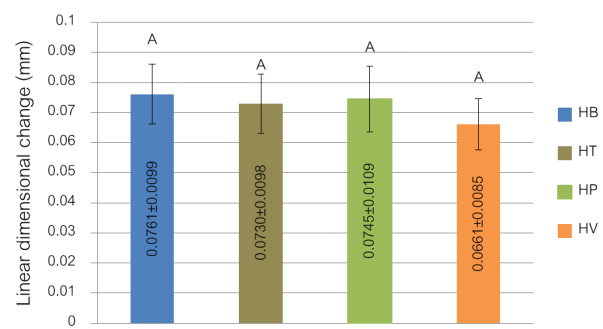


Figure 5 Means and standard deviations of linear dimensional change of heat polymerized acrylic resin before and after denture cleansers immersion. Values with same letters are insignificantly different

3. Comparison of the linear dimensional change of the Ivobase hybrid with injection technique before and after 180 days of denture cleansers immersion

For the Ivobase hybrid, IP had the highest linear dimensional change (0.0416±0.0081 mm) followed by IB (0.0402±0.0143 mm), IV (0.0316±0.0102 mm), and IT (0.0294±0.0091 mm) respectively. Nevertheless, the result of one way ANOVA illustrated that the linear dimensional change was not statistically different between groups (*p*=0.072) (Fig. 6).

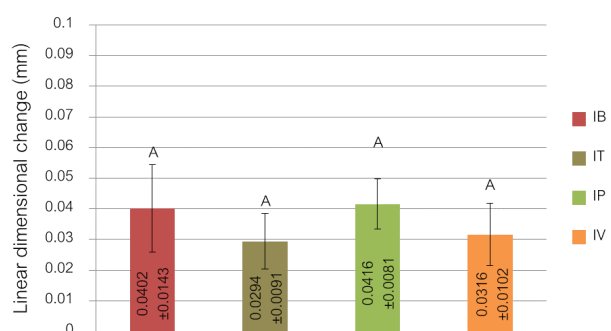


Figure 6 Means and standard deviations of linear dimensional change of the Ivobase hybrid before and after denture cleansers immersion. Values with same letters are insignificantly different

Discussion

In this experimental study, the linear dimensional change of the heat polymerized acrylic resin with the compression molding technique and the IvoBase hybrid with the injection molding technique was compared, as well as the effect of denture cleansers immersion on this property of the heat polymerized acrylic resin and the IvoBase hybrid was evaluated.

Based on the results of this study, the null hypotheses were partially rejected due to statistical analysis that showed a significant difference in the linear dimensional change between the heat polymerized acrylic resin with the compression molding technique and the IvoBase hybrid with the injection molding technique before denture cleansers immersion. However, there were insignificant differences in the linear dimensional change of both the heat polymerized acrylic resin and the IvoBase hybrid after being immersed in those denture cleansers.

The conventional compression technique has been used normally for the fabrication of a denture base because of its simplicity and it is considered to be the gold standard. Nevertheless, shrinkage of the denture base has been reported in this technique due to polymerization during the process. Therefore, to prevent the issue of denture adaptation, the injection molding has developed technology to solve this problem, so polymerization shrinkage was compensated by continuous pressure of the injector.¹⁸

The dimensional change of the denture base has been examined by using a variety of methods such as vernier calipers, gauges, comparators, micrometers, and radiography.⁵ Furthermore, many factors affect the dimensional change of the acrylic resin denture base which was difficult to control¹⁹ such as the size and the shape,²⁰ the denture thickness,²¹ and the presence of teeth.²² In this experimental study, the rectangular specimens were used for controlling the shape, size, and thickness of the specimens. Thus, the results of the dimensional change could be directly

attributed to the acrylic resins and processing methods which were not influenced by other factors.^{2,23,24}

The results of this study found that the linear dimensional change of the IvoBase hybrid with the injection molding technique was significantly less than that of the heat polymerized acrylic resin with the compression method regardless of denture cleansers immersion. This result supports the contention that the injection processing technique has less inherent processing shrinkage. The chemical composition of this material or the technique conditions, in which the dry heat and continuous application of pressure applied to the flask may be digitally controlled during the processing procedure.²³ Furthermore, the injection molding technique has less measuring errors according to a well-prepared capsule package of monomer and polymer.⁹ Sykora⁷ reported that the higher dimensional accuracy of the injection-molding technique, in comparison to the conventional method, may be related to the smaller resin particles compared to the conventional acrylic resin, lower polymerization temperature, the absence of resin film formation between the two halves of the flask, and the absence of displacement of the two halves of the flask during resin packing.

These results were consistent with the results of Anderson *et al.*,²³ who reported that the injection molding has less polymerization shrinkage than the compression processed resin. Furthermore, Nogueira *et al.*,⁶ demonstrated that the injection molding technique produced a significantly smaller incisal pin opening, had more accuracy, reduced vertical changes, and decreased occlusal adjustment in the laboratory over the compression molding technique. Similarly, the studies of Murphy *et al.*,²⁵ and Gharechahi *et al.*,⁵ also concluded that the SR-Ivocap injection system exhibited less polymerization shrinkage than the conventional press-pack system. Therefore, from present and previous reports it would seem that the injection molding procedure has the advantage, when

comparing dimensional change and stability, over the conventional method.

Chemical denture cleansers are essential for maintaining the prosthesis and oral health. It was found to be a better and recommended method especially in patients with poor dexterity and older people with dementia.²⁶ However, it should not adversely affect the properties of the denture base material itself with prolonged use.²⁷

Concerning the effect of denture cleansers, this study found that denture cleansers did not significantly affect the linear dimension changes of both the heat polymerized acrylic resin and the Ivobase hybrid after 180 days of being immersed in denture cleansers. This may be due to the correct use of concentration and the duration of immersion according to the manufacturers' recommendations. Furthermore, the linear dimensional change of both resins were likely to improve after being immersed in tap water and vinegar while immersion in the Polident cleanser was similar to the control group (before immersion).

Dimensional change in acrylic resin is common. The first unavoidable dimensional change in all acrylic resin prosthesis is shrinkage that occurs during processing and finishing. The second change is an expansion which occurs when the dentures are either stored in water or is inserted in the mouth then oral fluids are absorbed.²⁸ A previous study had reported that water storage of acrylic denture bases resulted in expansion due to water sorption. Water sorption forces the macromolecules apart so the plasticizing effect of water allows stress to be released which results in acrylic expansion.²⁹ This expansion compensates for the polymerization shrinkage of acrylic resin.³⁰ In this study, the experimental groups were immersed in denture cleansing material that consisted of water for 180 cycles, so the dimensional change of experimental groups were improved due to the longer duration of water sorption.

Although this study revealed that Polident did not alter the dimensional change of acrylic resins, there is still controversy about other properties in relation to

its long-term use. Shah *et al.*,³¹ found that the flexural strength significantly decreased by using Polident for six months. Furthermore, Peracini *et al.*,¹³ also reported a significant difference in the flexural strength of acrylic resin after using chemical denture cleansers for six months. However, Sharma *et al.*,²⁷ presented that Fittydent denture cleansing tablets did not affect the flexural strength and the surface roughness of the heat cured acrylic resin after three months of immersion. Furthermore, Sato *et al.*,¹⁶ found that insignificant differences in flexural strength and color alteration of the heat-polymerized denture base resins after one month of soaking cycles in denture cleansing materials.

Household vinegar, used as an inexpensive chemical cleansing material, had low toxicity and antimicrobial effects. Basson *et al.*, in 1992 reported the effectiveness of undiluted vinegar solution killing adherent microorganisms.¹⁴ Moreover, Yodsuwan *et al.*, in 2009 found a significant difference in the reduction of the colonies of *Candida albicans* in acrylic resins after one minute of soaking in 5 % vinegar diluted with tap water 1:6.³² Furthermore, Hashizume *et al.*,¹⁵ displayed the low cytotoxicity and biocompatibility of low concentration vinegar that was safe for denture cleansing material. Sharma *et al.*,²⁷ reported that undiluted vinegar did not affect the flexural strength and surface roughness of the heat cured denture base resins after 90 days of immersion. Also, Patankar *et al.*,¹⁷ found that 50 % of vinegar was statistically insignificant, the tensile strength and color change of heat cured acrylic resin after 30 days of stimulation. This corresponds to the present study that 5 % vinegar diluted with tap water 1:6 did not alter the dimensional change of acrylic resins after 180 days of immersion.

According to the results of this study, Polident and diluted vinegar did not affect the linear dimensional change of the resins so they can be used as routine chemical denture cleansers agent for long-term use.

In this experimental study, we focused on the simple rectangular specimens. In the clinical situation, however, other factors need to be taken into account

such as shape, size, thickness, the presence of artificial teeth, and distortion when the denture is deflasked that influences the dimensional change of the complete denture. Furthermore, the effect of these denture cleansing solutions on other properties of acrylic resins should also be investigated.

Conclusions

Within the limitations of the study, the following conclusions were drawn:

- With regards to the materials and techniques on the linear dimensional change of denture base resin fabrication, the IvoBase hybrid with the injection molding technique showed a lower linear dimensional change than that of the heat polymerized acrylic resin with the conventional compression technique.

- Polident and 5 % vinegar diluted with tap water 1:6 can be used as a routine chemical denture cleanser for long-term use which does not affect the linear dimensional change of acrylic resins.

Acknowledgement

The research was supported by the Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand.

References

1. Vojdani M, Giti R. Polyamide as a denture base material: A literature review. *J Dent (Shiraz)* 2015;16(1Suppl):1-9.
2. El Bahra S, Ludwig K, Samran A, Freitag-Wolf S, Kern M. Linear and volumetric dimensional changes of injection-molded PMMA denture base resins. *Dent Mater* 2013;29(11):1091-7.
3. Henrike V, Klaus B, Ingrid P. The effect of processing methods and acrylic resins on the accuracy of maxillary dentures and toothless denture bases: An *in vitro* study. *Quintessence Int* 2011;42(8):669-77.
4. Pryor WJ. Injection molding of plastics for dentures. *J Am Dent Assoc* 1942;29:1400-8.
5. Gharechahi J, Asadzadeh N, Shahabian F, Gharechahi M. Dimensional changes of acrylic resin denture bases: Conventional versus injection-molding technique. *J Dent (Tehran)* 2014;11(4):398-405.
6. Nogueira SS, Ogle RE, Davis EL. Comparison of accuracy between compression and injection molded complete dentures. *J Prosthet Dent* 1999;82(3):291-300.
7. Sykora O, Sutow EJ. Comparison of the dimensional stability of two waxes and two acrylic resin processing techniques in the

production of complete dentures. *J Oral Rehabil* 1990;17(3):219-27.

8. Parvizi A, Lindquist T, Schneider R, Williamson D, Boyer D, Dawson DV. Comparison of the dimensional accuracy of injection-molded denture base materials to that of conventional pressure-pack acrylic resin. *J Prosthodont* 2004;13(2):83-9.
9. Cagino C. Evaluation of IvoBase (RTM) automatic injector denture processing system residual monomer reduction function [Master of Science, Department of Oral Sciences]. New York: Graduate School, State University of New York; 2015.
10. Rukkhaphan T, Kanchanasavita W, Wonglamsam A. Modification of curing technique of a 'self cure' injection molding acrylic resin: Effect on residual monomer. *M Dent J* 2018;38(3):305-12
11. Takamiya AS, Monteiro DR, Barao VA, Pero AC, Compagnoni MA, Barbosa DB. Complete denture hygiene and nocturnal wearing habits among patients attending the Prosthodontic Department in a Dental University in Brazil. *Gerodontology* 2011;28(2):91-6.
12. Pinto TMS, Neves ACC, Leao MVP, Jorge AOC. Vinegar as an antimicrobial agent for control of *Candida* spp. In complete denture wearers. *J Appl Oral Sci* 2008;16(6):385-90.
13. Peracini A, Davi LR, de Queiroz Ribeiro N. Effect of denture cleansers on physical properties of heat-polymerized acrylic resin. *J Prosthodont Res* 2010;54(2):78-83.
14. Basson NJ, Quick AN, Thomas CJ. Household products as sanitizing agents in denture cleansing. *J Dent Assoc S Afr* 1992;47(10):437-9.
15. Hashizume LN, Hoscharuk MF, Moreira MJS. Effect of affordable disinfectant solutions on *Candida albicans* adhered to acrylic resin for dental prosthesis. *Rev Gaúch Odontol* 2015;63(3):309-14.
16. Sato S, Cavalcante MR, Orsi IA, Paranhos Hde F, Zaniquelli O. Assessment of flexural strength and color alteration of heat-polymerized acrylic resins after simulated use of denture cleansers. *Braz Dent J* 2005;16(2):124-8.
17. Patankar AS, Meshramkar R, Nadiger R, Bagchi P. Effect of household denture cleansers on color stability and tensile bond strength of two different heat polymerized acrylic resins. *Int J Prosthodont Endod* 2015;5(4):95-100.
18. Yunus N, Rashid AA, Azmi LL, Abu-Hassan MI. Some flexural properties of a nylon denture base polymer. *J Oral Rehabil* 2005; 32(1):65-71.
19. Wolfaardt J, Cleaton-Jones P, Fatti P. The influence of processing variables on dimensional changes of heat-cured poly (methyl methacrylate). *J Prosthet Dent* 1986;55(4):518-25.
20. Barco MT Jr, Moore BK, Swartz ML, Boone ME, Dykema RW, Phillips RW. The effect of relining on the accuracy and stability of maxillary complete dentures - An *in vitro* and *in vivo* study. *J Prosthet Dent* 1979;42(1):17-22.
21. Woelfel JB, Paffenbarger GC, Sweeney WT. Dimensional changes occurring in dentures during processing. *J Am Dent Assoc* 1960; 61:413-30.

22. DaBreo EL, Herman P. A new method of measuring dimensional change. *J Prosthet Dent* 1991;65(5):718-22.
23. Anderson GC, Schulte JK, Arnold TG. Dimensional stability of injection and conventional processing of denture base acrylic resin. *J Prosthet Dent* 1988;60(3):394-8.
24. Salim S, Sadamori S, Hamada T. The dimensional accuracy of rectangular acrylic resin specimens cured by three denture base processing methods. *J Prosthet Dent* 1992;67(6):879-81.
25. Murphy WM BJ, Huggett R. A comparative study of three denture base materials. *British dental journal* 1982;152:273-6.
26. Nikawa H, Hamada T, Yamashiro H, Kumagai H. A review of *in vitro* and *in vivo* methods to evaluate the efficacy of denture cleansers. *Int J Prosthodont* 1999;12(2):153-9.
27. Sharma P, Garg S, Kalra NM. Effect of denture cleansers on surface roughness and flexural strength of heat cure denture base resin - An *in vitro* study. *J Clin Diagn Res* 2017;11(8):ZC94-ZC97.
28. Myung-Joo Kim C-WK. A comparative study on the dimensional change of the different denture bases. *J Korean Acad Prosthodont* 2006;44(6):712-21.
29. Duymus ZY, Yanikoglu ND. The investigation of solubility values, water sorption and bond strength of auto-polymerising and heat-polymerising acrylic resin materials. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2006;14(3):116-20.
30. Miessi AC, Goiato MC, dos Santos DM, Dekon SF, Okida RC. Influence of storage period and effect of different brands of acrylic resin on the dimensional accuracy of the maxillary denture base. *Braz Dent J* 2008;19(3):204-8.
31. Shah VR, Shah DN, Chauhan CJ, Doshi PJ, Kumar A. Evaluation of flexural strength and color stability of different denture base materials including flexible material after using different denture cleansers. *J Indian Prosthodont Soc* 2015;15(4):367-73.
32. Yodsuwan D. Effect of dilution of 5% vinegar on *Candida albicans*. *Khon Kaen Dent J* 2009;12(1):23-32.

Color Analysis and Tooth Shades among Maxillary Anterior Teeth and Premolars in Thai Population

Chakree Ongthiemsak¹, Panita Chantanawilas¹, Kanwara Vilamas², Jiroj Maharat², Chutatip Losithong², Tanchanok Raknganchang², Thanyaphurt Utamavatin², Bussara Pongsermsuk²

¹Department of Prosthetic Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand

²Dental student, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand

Abstract

The color of anterior teeth is usually different in nature. Therefore, knowing the color differences of these teeth is useful in cosmetic dentistry. The aim of this study was to analyze the CIE L*a*b* color coordinates, the color differences, and tooth shade among the maxillary central incisor, the lateral incisor, the canine, and the premolar in a group of 181 Thai participants (75 males and 106 females) aged 18 to 30 years old who were recruited for this study. The color coordinate of L*, a*, b*, and tooth shade according to the VITA 3D-Master shade guide of the maxillary anterior teeth and the premolar were measured by a spectrophotometer. The color coordinates were analyzed by one-way ANOVA and Scheffe multiple comparisons. The lightness difference ($|\Delta L^*|$), redness-greenness difference ($|\Delta a^*|$), blueness-yellowness difference ($|\Delta b^*|$), and the total color difference (ΔE^*_{ab}) among the central incisor, the lateral incisor, the canine, and the premolar were calculated and analyzed by the Kruskal-Wallis test. Both male and female participants presented similar results. ΔE^*_{ab} between the maxillary canine and the central incisor was the highest. The central incisor was the lightest, followed by the lateral incisor and the premolar. The canine showed more red and yellow colors followed by the premolar and the lateral incisor. The $|\Delta b^*|$ was greater than the $|\Delta L^*|$ and $|\Delta a^*|$ in all groups except for a group of the canine/premolar. It can be concluded that the color differences between all maxillary anterior teeth and the premolar were mainly due to the influence of the color yellow. The higher the lightness, the lower the red and yellow colors will be found. The most common shades are 2M2 for the central and the lateral incisor, 2M3 for the canine and the premolar in young Thai adults.

Keywords: Anterior tooth, Spectrophotometer, Tooth color, Tooth shade

Received Date: Jun 25, 2020

Revised Date: Aug 7, 2020

Accepted Date: Oct 12, 2020

doi: 10.14456/jdat.2021.11

Correspondence to:

Chakree Ongthiemsak, Department of Prosthetic Dentistry, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112, Thailand.
Tel: 074-429874 E-mail: chakree.o@psu.ac.th

Funding: This study was supported by a grant from the Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University

Introduction

Tooth color is a factor affecting esthetic dentistry. Assessing tooth color can be done by comparing with a shade guide or using a color measuring device.¹ A spectrophotometer is a color measuring device. It can specify color values with higher accuracy and more precision than shade matching.^{2,3} Currently, it has been developed to be smaller, and can be used clinically. A chairside spectrophotometer is reliable and accurate enough for daily clinical work in order to assess tooth color.^{2,4} This device can measure the tooth color that is reported as the color coordinate of L*, a*, b*, chroma, hue, and values. It can also report the measured color in the popular shade guide such as the VITA classical or the VITA 3D-Master.⁵ The Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) developed a system called the CIE L*a*b* that describes colors in three dimensions. L* is the lightness from the darkest (0) to brightest (100), a* is a color from green (-) to red (+) and b* is a color from blue (-) to yellow (+). The numeric value of L*a*b* can be converted to a color arranged in a sphere.⁶ The two color differences can be calculated from ΔL^* , Δa^* , Δb^* values and presented as ΔE^*_{ab} .⁷ The higher the value of ΔE^*_{ab} , the greater the color difference is demonstrated.

The natural color creation of the visible teeth in a full mouth restoration is an integral part of the esthetic. The color of each tooth is not usually uniform in nature. Therefore, a natural appearance of these teeth can be created with different colors. A study in Romania found that the central incisor was the most light, followed by the canine and the molar. The molar was the most chromatic with the highest a* and b* values.⁸ A study in Kosovo also reported that the L* value of the maxillary central incisor was the highest, followed by the lateral incisor, and the canine. On the other hand, the a*, b* values of the canine were found to be the greatest, followed by the lateral incisor, and the central incisor.⁹

Age is an important factor affecting tooth color. Falcone *et al.*¹⁰ reported in the United States that the ΔE^*_{ab} of the maxillary central incisor and the canine decreased with age due to changes of the central incisor. Hassel *et al.*¹¹

found that the maxillary central incisor changed more during middle age than in old age. Rodrigues *et al.*¹² studied the color of the maxillary central incisor and the mandibular central incisor in India, and found that teeth became significantly darker with age. The study showed no shade difference in both genders. Eiffler *et al.*¹³ evaluated the color of the maxillary anterior teeth and the premolars in Germany, and also found that gender did not affect the tooth color.

Tjan *et al.*¹⁴ revealed that displaying the six maxillary anterior teeth and premolars was one of the characteristics of the typical smile. They showed that 48.6% of the teeth displaying in a smile were six anterior teeth and first premolar. Many studies had found a clear different color between the maxillary central incisors and the canines.^{7,9-12} Unfortunately, there is limited information about the color differences among all the maxillary anterior teeth and the premolar. In addition, most of the data from those studies were done with Caucasian people, and there is very little information about Asians. The objective of this study was to investigate and compare the differences of L*, a*, b*, ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^*_{ab} , and tooth shade among the maxillary central incisor, the lateral incisor, the canine, and the premolar in young Thai people.

Materials and methods

This study has been approved by the ethics committee of Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University (No. EC6101-08-J-LR). Informed consent was obtained before starting, and 181 participants (75 males and 106 females) were recruited for this study. They included students, faculties and employees of Prince of Songkla University between the ages of 18-30 years old. A questionnaire consisting of gender, age and dental history was used for the first step screening according to inclusion and exclusion criteria. Oral examination was then taken, and the teeth were cleaned with a No. 3 pumice by only one examiner for further screening. All the participants, without a history of orthodontic treatment, must have their maxillary central incisor, their lateral incisor, their canine, and their first or

second premolar in their mouth without any pathology at the buccal surface of the teeth. The exclusion criteria were used for participants who presented the appearance of the teeth as follows: caries; unpolished stains; discoloration that could be clearly detected by the eyes; history of root canal treatment; bleaching; restoration including filling, veneer, crown; primary abutment for removable partial denture; tooth wear; tooth abnormalities such as fluorosis, amelogenesis imperfecta, dentinogenesis imperfecta or tetracycline teeth.

The tooth surface was dried with gauze before measuring. Five consecutive measurements of each tooth were made using a spectrophotometer (Vita Easyshade Advance 4.0, VITA Zahnfabrik H Rauter GmbH and Co. KG, Bad Sackingen, Germany). The measuring device was calibrated with the calibration block provided by the manufacturer before carrying out any measurement. While taking measurements, the tip of the measuring device was in contact with the middle third of the buccal surface of each tooth at right angles. The tip was covered with disposable plastic for cross infection control, and all measurements were taken by the same examiner.

L*, a*, b*, and tooth shade (according to VITA 3D-Master) of the maxillary central incisor, the lateral incisor, the canine, and the first premolar (or the second premolar in case of losing the first premolar) were obtained from the spectrophotometer. The values of L*, a*, b*

were taken from the mean of three middle data from five. Tooth shade was taken from the most frequency of the five measurements. For comparison, the teeth in each participant were matched and the shade differences were recorded as $\Delta L^* = L^*_1 - L^*_2$, $\Delta a^* = a^*_1 - a^*_2$, and $\Delta b^* = b^*_1 - b^*_2$. All ΔL^* , Δa^* , Δb^* were adjusted to absolute data ($|\Delta L^*|$, $|\Delta a^*|$, and $|\Delta b^*|$). Color differences (ΔE^*_{ab}) between teeth were calculated using the equation: $\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$. Normal distribution was evaluated by the Kolmogorov–Smirnov test, and the homogeneity of variance was assessed by Levene’s test. L*, a*, b* in each tooth type and gender were compared and analyzed with One-way ANOVA and Scheffe multiple comparison. ΔE^*_{ab} between teeth in the same participant and between gender were analyzed with the Kruskal-Wallis test and the Mann-Whitney U test. The $|\Delta L^*|$, $|\Delta a^*|$, and $|\Delta b^*|$ were compared and analyzed like ΔE^*_{ab} . The level of significance was set at $P < 0.05$. The frequency of tooth shade according to the VITA 3D-Master was counted and compared as a percentage.

Results

The average ages and standard deviations were 20.85 ± 1.82 years old and 20.72 ± 1.66 years old for male and female, respectively. The mean and standard deviation values of L*, a*, and b* color coordinates of each tooth are presented in Table 1.

Table 1 Mean (standard deviation) of L*, a*, b*

		MEAN (SD)	
		MALE	FEMALE
L*	Central Incisor	83.03 (2.65) ^A	83.33 (2.48) ^A
	Lateral Incisor	81.58 (2.75) ^B	82.06 (2.68) ^B
	Canine	78.72 (2.42) ^D	78.98 (2.47) ^D
	Premolar	80.03 (2.92) ^C	80.23 (2.77) ^C
a*	Central Incisor	-1.23 (0.70) ^C	-1.29 (0.62) ^D
	Lateral Incisor	-0.48 (0.80) ^B	-0.66 (0.75) ^C
	Canine	0.66 (0.76) ^A	0.68 (0.74) ^A
	Premolar	0.42 (0.87) ^A	0.37 (0.97) ^B
b*	Central Incisor	17.49 (3.90) ^C	16.72 (3.61) ^C
	Lateral Incisor	21.80 (3.69) ^B	20.81 (3.38) ^B
	Canine	26.75 (3.15) ^A	25.93 (3.13) ^A
	Premolar	25.18 (3.51) ^A	24.89 (3.86) ^A

SD = Standard deviation

Data in the same group columns with distinct superscript letters indicate statistically significant differences ($P < 0.05$)

Data in the same row show no statistically significant differences ($P > 0.05$)

Both males and females showed similar results without statistically significant differences. The most lightness value was found for the central incisor followed by the lateral incisor and the premolar while the least lightness value was the canine. The highest a^* and b^* values were found in the canine followed by the premolar and the lateral incisor while the lowest a^* and b^* values were the central incisor. However, the b^* coordinate of the canine

and the premolar in both genders and the a^* coordinate of the canine and the premolar in males were not significantly different ($P > 0.05$). Figure 1 presents all data of L^* , a^* , b^* color coordinates. In general, most of the central incisors were the farthest from the canines and the premolars.

The median and interquartile range values of $|\Delta L^*|$, $|\Delta a^*|$, $|\Delta b^*|$ are presented in Table 2.

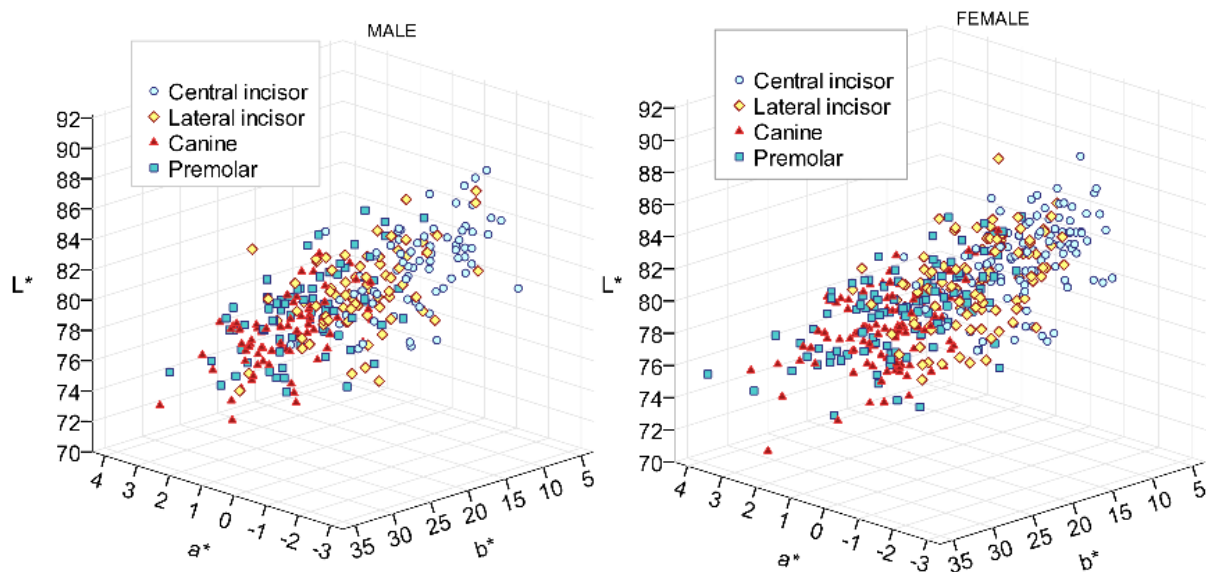


Figure 1 3D scatter of L^* , a^* , b^* color coordinates of maxillary central incisor, lateral incisor, canine, and premolar separated by male and female

Table 2 Median (interquartile range) of absolute ΔL^* , Δa^* , Δb^* between each individual tooth comparison

	MALE			FEMALE		
	$ \Delta L^* $	$ \Delta a^* $	$ \Delta b^* $	$ \Delta L^* $	$ \Delta a^* $	$ \Delta b^* $
Central incisor : Lateral incisor	1.83 (1.96) ^{D,b}	0.80 (0.63) ^{CD,c}	4.13 (3.26) ^{B,a}	1.43 (2.08) ^{E,b}	0.67 (0.60) ^{D,c}	4.33 (2.89) ^{B,a}
Central incisor: Canine	4.60 (3.27) ^{A,b}	1.93 (0.94) ^{A,c}	9.10 (5.03) ^{A,a}	4.35 (3.00) ^{A,b}	1.93 (1.03) ^{A,c}	9.35 (4.78) ^{A,a}
Central incisor: Premolar	3.47 (3.03) ^{AB,b}	1.60 (1.16) ^{A,c}	7.93 (3.93) ^{A,a}	3.30 (2.91) ^{AB,b}	1.52 (1.22) ^{AB,c}	8.12 (5.70) ^{A,a}
Lateral incisor: Canine	2.63 (3.07) ^{BC,b}	1.00 (0.90) ^{B,c}	4.60 (3.63) ^{B,a}	2.83 (2.34) ^{BC,b}	1.23 (1.07) ^{BC,c}	4.98 (4.31) ^{B,a}
Lateral incisor: Premolar	1.77 (3.04) ^{CD,b}	0.80 (0.95) ^{BC,c}	3.53 (4.37) ^{B,a}	2.13 (2.60) ^{CD,b}	1.02 (1.21) ^{C,c}	4.44 (5.45) ^{B,a}
Canine: Premolar	1.80 (2.13) ^{D,a}	0.40 (0.66) ^{D,b}	1.83 (2.27) ^{C,a}	1.57 (2.09) ^{DE,a}	0.55 (0.65) ^{D,b}	1.92 (2.44) ^{C,a}

Data followed by distinct superscript letters (uppercase in the columns and lowercase in the rows) indicate statistically significant differences ($P < 0.05$)

All matched teeth showed similar results in both genders. The most different color coordinates were $|\Delta b^*|$ followed by $|\Delta L^*|$ and $|\Delta a^*|$ in all groups. However, $|\Delta b^*|$ and $|\Delta L^*|$ in a group of canines and premolars showed no

statistically significant differences. Boxplots of $|\Delta L^*|$, $|\Delta a^*|$, $|\Delta b^*|$ are presented in figure 2. $|\Delta L^*|$, $|\Delta a^*|$, $|\Delta b^*|$ in the group of central incisors and canines were the highest.

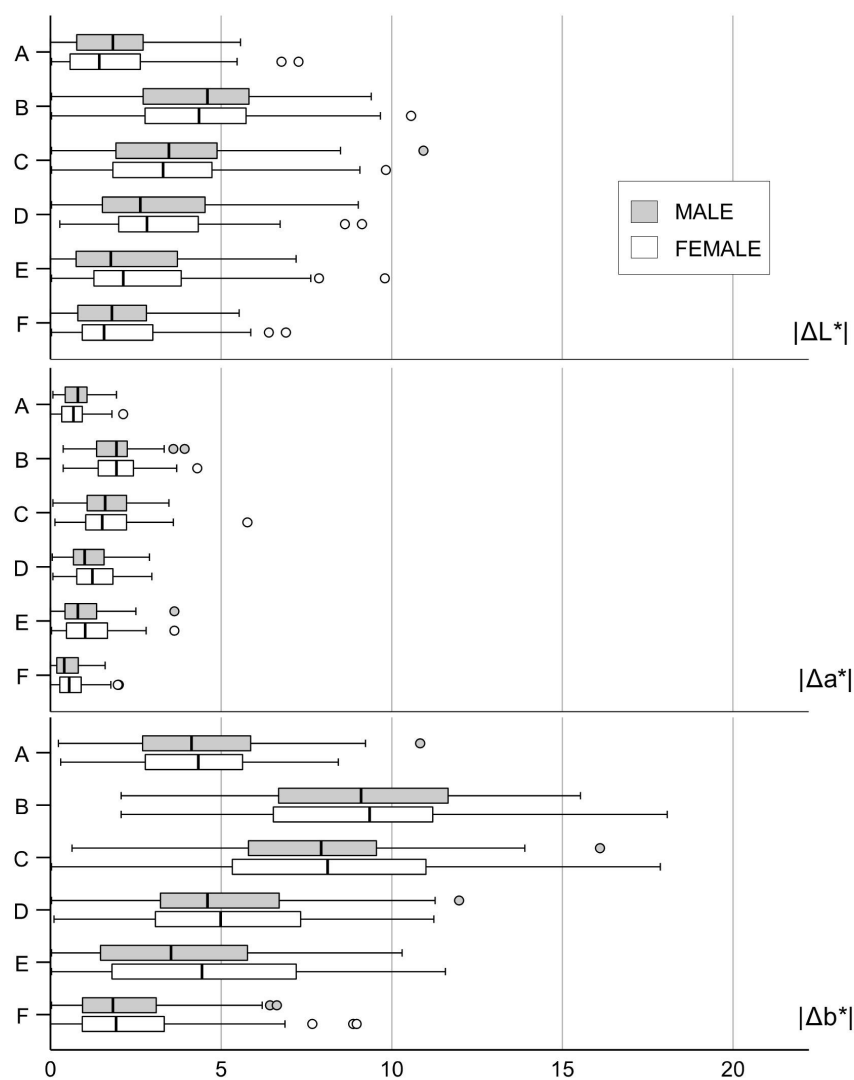


Figure 2 Boxplots of $|\Delta L^*|$, $|\Delta a^*|$, $|\Delta b^*|$ between central incisor and lateral incisor (A), central incisor and canine (B), central incisor and premolar (C), lateral incisor and canine (D), lateral incisor and premolar (E), canine and premolar (F) separated by male and female

Table 3 Mean (SD) and median (IQR) of ΔE^*_{ab} between each individual tooth comparison

	MALE		FEMALE	
	MEAN (SD)	MEDIAN (IQR)	MEAN (SD)	MEDIAN (IQR)
Central Incisor: Lateral Incisor	5.05 (2.17)	4.74 (3.32) ^B	4.89 (1.97)	4.77 (2.53) ^B
Central Incisor: Canine	10.61 (3.32)	10.95 (5.11) ^A	10.67 (3.32)	10.49 (5.30) ^A
Central Incisor: Premolar	8.96 (3.23)	8.89 (4.32) ^A	9.44 (3.80)	9.28 (5.21) ^A
Lateral Incisor: Canine	6.29 (2.56)	5.73 (3.45) ^B	6.54 (2.69)	6.31 (3.75) ^B
Lateral Incisor: Premolar	5.03 (2.43)	4.86 (3.48) ^B	5.78 (2.84)	5.50 (4.68) ^B
Canine: Premolar	3.28 (1.62)	2.90 (2.38) ^C	3.51 (2.05)	3.23 (2.71) ^C

SD = Standard deviation, IQR = Interquartile range

Data in the columns with distinct superscript letters indicate statistically significant differences ($P < 0.05$)

Data in the same row show no statistically significant differences ($P > 0.05$)

Table 3 presents the mean, standard deviation, median, and interquartile range of ΔE^*_{ab} . Both the male and female participants showed similar results. A group of central incisors and canines showed the most color difference followed by central incisors and premolars, lateral incisors and canines, lateral incisors and premolars, central incisors and lateral incisors. A group of canines and premolars showed the smallest color differences. Boxplots of ΔE^*_{ab} are presented in figure 3.

The top three frequency shades according to the VITA 3D-Master shade guide are shown in figure 4. The most frequency shades were 2M2, 1M1, 2L1.5 for the central incisor; 2M2, 2M3, 2L1.5 for the lateral incisor; 2M3, 3M3, 2M2 for the canine in males and 2M3, 2R2.5, 2M2 for the canine in females; 2M3, 2M2, 2R2.5 for the premolar in males and 2M3, 2M2, 3M3 for the premolar in females.

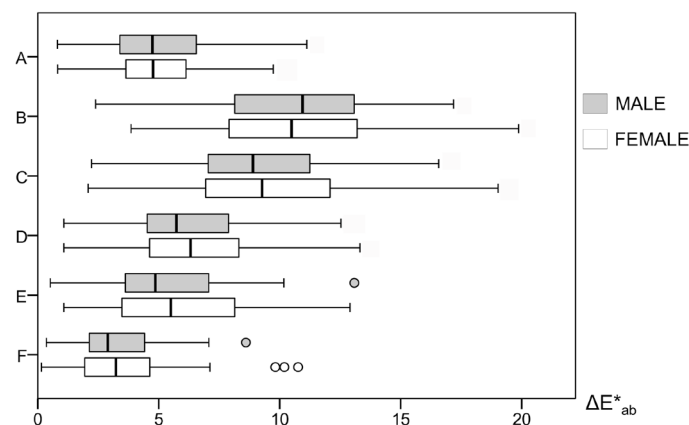


Figure 3 Boxplots of ΔE^*_{ab} between central incisor and lateral incisor (A), central incisor and canine (B), central incisor and premolar (C), lateral incisor and canine (D), lateral incisor and premolar (E), canine and premolar (F) separated by male and female

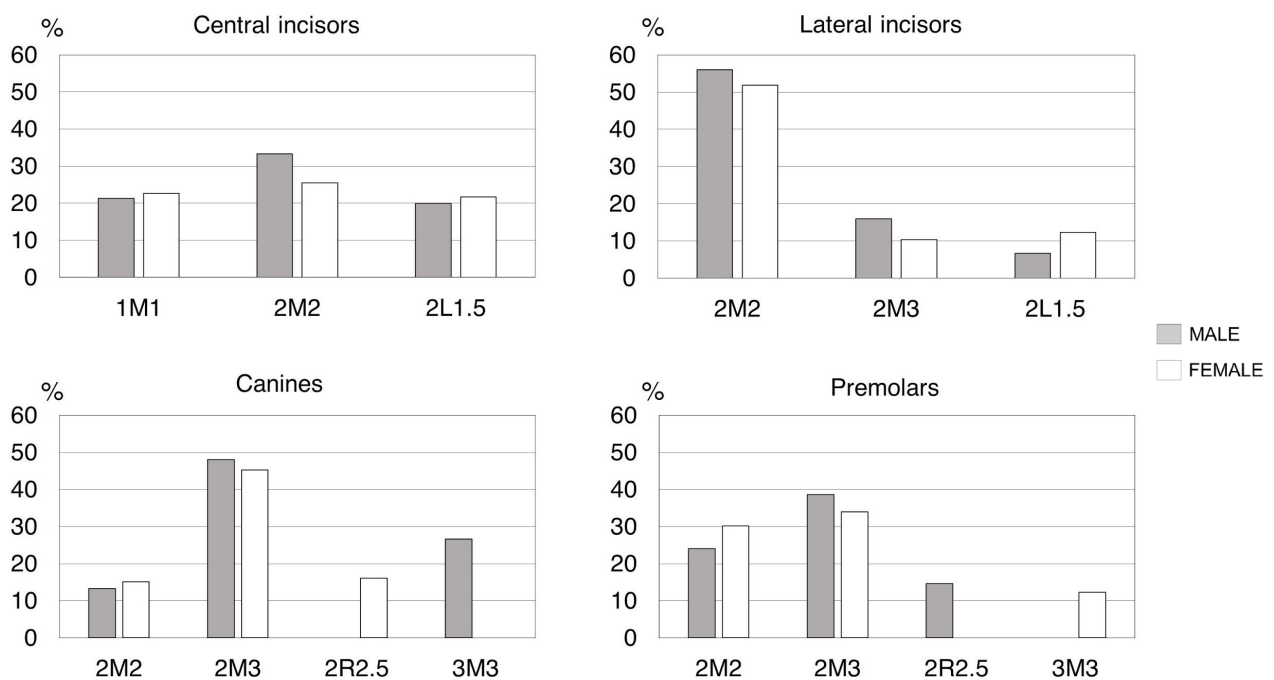


Figure 4 Bar charts present the top three frequencies of Vita 3D-Master shade found in maxillary central incisors, lateral incisors, canines and premolars

Discussion

Although the center of the tooth surface is the suitable site for color measurement because the translucency of enamel at the incisal site is affected by the background, and the cervical site is affected by the pink gingival tissue,¹⁵ placing the tip of measuring device on the same position of the tooth surface is practically impossible. In our pilot study, some outliers were found from repeated measurements. Therefore, multiple measurements were designed and the maximum and minimum values of L^* , a^* , b^* were discarded. Instead of using an average of five measurements, only the three middle data were averaged to reduce the outlier effect.

In this current study, it was found that both males and females provided consistent tooth color information. Although the number of males was less than females, the data were sufficient for the normal distribution and the homogeneity of variance for the all color coordinates. Nevertheless, this sample size may not be sufficient for the values of $|\Delta L^*|$, $|\Delta a^*|$, $|\Delta b^*|$, and ΔE^*_{ab} to be analyzed with parametric statistics. These values were obtained by calculating the difference of L^* , a^* , b^* values of the two teeth in the same person. Therefore, the variance of the data was higher from those calculations, and some groups failed to achieve normal distribution.

The values of ΔL^* , Δa^* , Δb^* affect the color differences from the equation of ΔE^*_{ab} . All values are squared in the equation which shows that only the range of differences are considered regardless of the direction of differences. This study analyzed the absolute values of ΔL^* , Δa^* , Δb^* in order to compare the range of differences. Figures 2 and 3 show that the ΔE^*_{ab} value corresponded to the value of $|\Delta b^*|$ more than others. Therefore, it can be said that the color difference between these teeth was mainly due to the influence of yellow, following by ΔL^* . The mean color difference between the maxillary central incisor and the canine of both males and females in the current study was higher than that of the previous study in Romania ($\Delta E^*_{ab} = 9.13$),⁸ and in the Turkish study ($\Delta E^*_{ab} = 8.1$).¹⁶

The central incisor was the lightest, followed by the lateral incisor, and the premolar. The canine showed

the most darkness. However, the teeth with a high a^* value also had a high b^* value, but there was less lightness. The sequence of teeth according to a^* and b^* values appeared to be opposite to the lightness. In general, the canine and the premolar had more red and yellow tones (more a^* and b^* values) followed by the lateral incisor, but the central incisor showed the least colors (table 1). However, no significant differences were found between canines and premolars in all color coordinates except for the a^* value in females, indicating that the canine was redder than premolars in females.

The maximum values of ΔL^* , Δa^* , Δb^* were found between central incisors and canines, and resulted in the greatest difference in color. A study in Kosovo showed that the lightness, a^* , and b^* values of maxillary central incisors, lateral incisors and canines were similar to the results of this current study.⁹ Lee¹⁷ studied the six maxillary and mandibular anterior teeth of Koreans, and reported that tooth color coordinates were related to each other. The L^* value was negatively related to the a^* and b^* values. The color coordinate of a^* had a positive correlation with b^* . Lighter teeth were less chromatic both in the a^* and b^* coordinates. However, a study in Turkey used a colorimeter to evaluate the color, and it was found that all the maxillary anterior teeth had a lower L^* and a higher a^* values compared to this study.¹⁶ A study of central incisors and canines in Romania found that the a^* and b^* values were close to this study, but the L^* values were higher.⁸ Eiffler *et al.*¹³ found that the maxillary canine were brighter than the premolar in the older group (73-75 years of age). Gómez-Polo *et al.*¹⁸ reported that maxillary central incisors become darker, yellower and more reddish with increasing age. The L^* coordinate is more strongly related to tooth color in aging than a^* and b^* .

The VITA Classical and VITA 3D-Master are the most popular shade guides. However, it has been shown that the VITA 3D-Master is better suited to natural teeth than the VITA Classical.¹⁹⁻²¹ It contains shade tabs that are uniformly arranged in the color space of natural tooth

and significantly improves repeatability of measuring tooth shade compared to a traditional shade guide for general practitioners.^{22,23} Therefore, the color of the VITA 3D-Master was chosen and presented in this study. In this study, the most common shades found in males and females were similar and could be divided into two groups; 2M2 for central incisors and lateral incisors, 2M3 for canines and premolars. However, the three most common shades of the central incisor and the premolar were more dispersed than the canine and the lateral incisor. A former study from Romanian (aged 21-29 years) reported the most common shades of incisors and canines were 1M1 and 2M3, respectively.⁸ Their incisor was brighter than the incisor in this study. According to the VITA Classical shade guide, a study in Turkey (aged 15-70 years) showed the most common shades as A2 for the central and lateral incisor and B3 for the canine.²⁴

The buccal surface of the premolar was more curved than the anterior teeth. It was impossible to place the tip of the measuring tool completely close to the tooth surface. Edge loss effect might occur on the premolar causing the L * value to be lower than it should be.²⁵ The other limitation of this study was that most of the volunteers (87.8%) were in southern Thailand. Although all of them were Thai, people in other parts of Thailand may show different results. Therefore, further studies in other regions of Thailand should be investigated in the future.

Studying tooth color in different ages may produce different results. Many studies showed that teeth become darker and yellower as people get older.^{25,26} Therefore, comparing the tooth color obtained from various studies should consider this point. The study in young adults gives information before tooth color changes with age. Tooth color at this age is useful as the reference because the tooth color is the brightest and whitest. The results of this study are helpful for dentists and dental technicians to select different colors of the anterior teeth and create natural-looking restorations. Restoring the entire anterior teeth and premolar to the same color is completely unnatural and should not be done, especially in full-mouth rehabilitation. When a full mouth restoration is required and the shades

of the entire teeth have to be completely redefined, it is appropriate to employ the shade according to the tooth position.

Conclusions

Within the limitation of this study, it can be concluded that the maxillary central incisor and the canine were the most different in color while the canine and the premolar were the least different. The color difference between the maxillary anterior teeth and the premolar were mainly due to the influence of yellow, followed by lightness. The higher the lightness, the lower the red and yellow color will be found among the maxillary anterior teeth and the premolar. The most common shades are 2M2 for the central and lateral incisor and 2M3 for the canine and premolar in young Thais.

References

1. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent* 2004; 32Suppl1:3-12.
2. Posavec I, Prpić V, Zlatarić DK. Influence of light conditions and light sources on clinical measurement of natural teeth color using VITA easys shade advance 4.0 spectrophotometer. pilot study. *Acta stomatol Croat* 2016;50(4):337-47.
3. Horn DJ, Bulan-Brady J, Hicks ML. Sphere spectrophotometer versus human evaluation of tooth shade. *J Endod* 1998;24(12):786-90.
4. Knezović D, Zlatarić D, Illeš IŽ, Alajbeg M, Žagar. Repeatability and accuracy of VITA easys shade® advance 4.0 dental shade-matching device. *Acta Stomatol Croat* 2015;49(2):112-8.
5. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent* 2010;38Suppl2:2-16.
6. Chang JY, Chen WC, Huang TK, Wang JC, Fu PS, Chen JH, *et al.* Evaluating the accuracy of tooth color measurement by combining the Munsell color system and dental colorimeter. *Kaohsiung J Med Sci* 2012;28(9):490-4.
7. Johnston WM. Color measurement in dentistry. *J Dent* 2009; 37Suppl1:e2-6.
8. Pop-Ciutrla IS, Colosi HA, Dudea D, Badea ME. Spectrophotometric color evaluation of permanent incisors, canines and molars. A cross-sectional clinical study. *Clujul medical* 2015;88(4):537-44.
9. Pustina-Krasniqi T, Shala K, Staka G, Bicaj T, Ahmedi E, Dula L. Lightness, chroma, and hue distributions in natural teeth measured by a spectrophotometer. *Eur J Dent* 2017;11(1):36-40.

10. Falcone ME, Kelly JR, Rungruanganut P. *In vivo* color relationships between the maxillary central incisors and canines as a function of age. *Int J Prosthodont* 2016;29(5):496-502.
11. Hassel AJ, Johanning M, Grill S, Schroder J, Wahl HW, Corcodel N, et al. Changes of tooth color in middle and old age: A longitudinal study over a decade. *J Esthet Restor Dent* 2017;29(6):459-63.
12. Rodrigues S, Shetty SR, Prithviraj DR. An evaluation of shade differences between natural anterior teeth in different age groups and gender using commercially available shade guides. *J Indian Prosthodont Soc* 2012;12(4):222-30.
13. Eiffler C, Cevirgen E, Helling S, Zornek J, Pritsch M, Hassel AJ. Differences in lightness, chroma, and hue in the anterior teeth of quinquagenarians and septuagenarians. *Clin Oral Investig* 2010;14:587-91.
14. Tjan AH, Miller GD, The JG. Some esthetic factors in a smile. *J Prosthet Dent* 1984;51:24-8.
15. Goodkind RJ, Keenan K, Schwabacher WB. Use of a fiber-optic colorimeter for *in vivo* color measurements of 2830 anterior teeth. *J Prosthet Dent* 1987;58(5):535-42.
16. Turgut S, Kilinc H, Eyupoglu GB, Bagis B. Color relationships of natural anterior teeth: an *in vivo* study. *Niger J Clin Pract* 2018;21(7):925-31.
17. Lee YK. Correlation between three color coordinates of human teeth. *J Biomed Opt* 2014;19(11):115006.
18. Gómez-Polo C, Montero J, Gómez-Polo M, de Parga JA, Celemin-Viñuela A. Natural tooth color estimation based on age and gender. *J Prosthodont* 2017;26(2):107-14.
19. Öngül D, Şermet B, Balkaya MC. Visual and instrumental evaluation of color match ability of 2 shade guides on a ceramic system. *J Prosthet Dent* 2012;108(1):9-14.
20. Paravina RD. Performance assessment of dental shade guides. *J Dent* 2009;37Suppl1:e15-20.
21. Li Q, Yu H, Wang YN. *In vivo* spectroradiometric evaluation of color matching errors among five shade guides. *J Oral Rehabil* 2008;36(1):65-70.
22. Hammad IA. Intrarater repeatability of shade selections with two shade guides. *J Prosthet Dent* 2003;89(1):50-3.
23. Paravina RD, Powers JM, Fay RM. Color comparison of two shade guides. *Int J Prosthodont* 2002;15(1):73-8.
24. Karaman T, Altintas E, Eser B, Talo Yildirim T, Oztekin F, Bozoglan A. Spectrophotometric evaluation of anterior maxillary tooth color distribution according to age and gender. *J Prosthodont* 2019;28(1):e96-102.
25. Bolt RA, Tenbosch JJ, Coops JC. Influence of window size in small-window colour measurement, particularly in teeth. *Phys Med Biol* 1994;39(7):1133-42.
26. Hasegawa A, Motonomi A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color of natural tooth crown in Japanese people. *Color Res Appl* 2000;25(1):43-8.
27. Zhao Y, Zhu J: *In vivo* color measurement of 410 maxillary anterior teeth. *Chin J Dent Res* 1998;1(3):49-51.

Effect of Temperature on Cyclic Fatigue Resistance of R-phase Technology and Conventionally Produced Nickel-titanium Alloys

Kwanchanok Khajornchaiyakul¹, Sirawut Hiran-us¹, Somsinee Pimkhaokham¹

¹Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

Abstract

This study evaluated the effect of temperature on the cyclic fatigue resistance of nickel-titanium rotary files produced by conventional and R-phase technology and to determine the austenite finishing temperature of these nickel-titanium alloys. The cyclic fatigue resistance of K3 and K3XF files was determined at room and body temperatures using a model in which the canal shape was similar to that of the file. The austenite finishing temperatures of the K3 and K3XF files were also investigated. The cyclic fatigue resistance of the conventional or R-phase technology alloys was significantly reduced at body temperature. The cyclic fatigue resistance of the R-phase technology alloy was approximately 2-fold higher compared with the conventional alloy in both temperatures. The austenite finishing temperature of each alloy was lower than body temperature. A cooling strategy may increase the files' cyclic fatigue resistance which benefits shaping challenging curve canals.

Keywords : Cyclic fatigue Resistance, Differential scanning calorimetry, Nickel-titanium rotary, R-phase, temperature

Received Date: Aug 3, 2020

Revised Date: Aug 20, 2020

Accepted Date: Sep 16, 2020

doi: 10.14456/jdat.2021.12

Correspondence to:

Sirawut Hiran-us, Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University. 34 Henri- Dunant road, Wangmai, Patumwan, Bangkok, 10330 Thailand. Tel : 022188795, 0812055775 E-mail : Sirawut.h@chula.ac.th

Introduction

The goal of endodontic treatment is to prevent and intercept periapical pathosis. Root canal treatment aims to reduce the intraradicular microbes as much as possible and seal the root canal system to establish an appropriate environment for periapical healing. Mechanical instrumentation significantly eradicates intraradicular microbes^{1,2} and enhances antimicrobial irrigation flow.² Endodontic instruments have been developed to facilitate root canal preparation.

Nickel-titanium (Ni-Ti) alloys were first used as root canal files in 1980.³ These files are widely used due to their superior properties compared with stainless steel files, e.g. flexibility to maintain the original curve of the root canal^{4,6}, less errors and preparation time.⁵ Ni-Ti alloy has three microstructure phases: austenite, martensite, and R-phase.

Austenite, which has a B2 cubic crystal structure, is quite strong and hard. In contrast, martensite, which has a monoclinic B'19 structure, is soft, ductile, and flexible.

R-phase is the intermediate phase between the austenite and the martensite phases, and has a rhombohedral structure. A Ni-Ti rotary file is more flexible when it is in its martensitic microstructure compared with the austenitic microstructure.⁷ Furthermore, the martensitic microstructure in Ni-Ti alloys results in high cyclic fatigue resistance.⁸

Manufacturers have developed Ni-Ti rotary files to be in martensitic microstructure in clinical situations using heat-treatment procedures. Heat treatment is the process of heating the alloy to a specific recovery temperature to improve the alloy's physical properties and increase the transformation temperature, thus, increasing flexibility.^{9,10} Heat treatment can be done pre- or post-machining.

The austenitic and martensitic microstructure ratio is temperature-dependent. When the temperature rises, more austenitic and less martensitic microstructure is present and vice versa.¹¹ Complete austenitic microstructure is present when the alloy is heated beyond a specific temperature known as its austenite finishing temperature (Af temperature).¹¹ Previous studies demonstrated that increased temperature tended to decrease cyclic fatigue resistance, including conventional Ni-Ti or heat treated Ni-Ti alloys, such as R-phase, CM wire, and blue and gold wire.¹²⁻¹⁷ To shape a challenging curved canal, high cyclic fatigue resistance of the Ni-Ti rotary file is mandatory for successful root canal preparation without file separation.

K3XF (SybronEndo) is made using R-phase-technology. The Ni-Ti file receives a proprietary thermal treatment after grinding. This treatment modifies the crystalline defects that occur during grinding and increases file flexibility.^{11,18} Previous studies demonstrated that thermal-treated R-phase Ni-Ti files (K4 or K3XF) had a higher cyclic fatigue resistance compared with its prototype (K3), which is produced using conventional Ni-Ti alloy.^{18,19} However, these studies were performed at room temperature. Later studies investigated the cyclic fatigue resistance of K3XF and K3 files at different temperatures. However, the cyclic fatigue testing model did not resemble the file dimension.^{16,17} Currently, there are no reports on the cyclic fatigue resistance of R-phase using different temperatures and an appropriate

model. The aim of this study was to evaluate the effect of temperature on the cyclic fatigue resistance of Ni-Ti rotary files produced from conventional or R-phase technology alloys at simulated room and body temperature using an accurate simulated curved canal and determine the Af temperature of these Ni-Ti alloys. The null hypothesis was that the cyclic fatigue resistance at room and body temperature is not different in either the conventional or R-phase technology produced alloys.

Materials and Methods

Cyclic fatigue resistance testing

The sample size for each group was calculated using the equation for testing three independent means as previously described.¹⁷ The type 1 error and type 2 error was 0.05 and 0.2, respectively. This calculation indicated that the minimum sample size for each group was six. We added 66 % more samples to compensate for sampling error and increase the level of precision. Thus, the number of samples for quantitative data in each group was ten. Twenty #50 (0.06 taper) K3XF [SybronEndo, Orange, CA] and K3 [SybronEndo, Orange, CA] files were evaluated using a dental operating microscope [OPMI PROERGO, Zeiss, Germany] to confirm that the files had no visible defects. Files with a defect were discarded and replaced with a new file.

The cyclic fatigue resistance of each file was tested using a steel artificial curved canal model with a 60° curvature angle and 5 mm radius of curvature. The shape and taper of the artificial canal that resembled the file dimension was produced by a 3D printing machine [CNC Milling sister SD543, MNP, Malaysia]. The rotary file was scanned and a three-dimensional blueprint was created. The steel block was then precisely milled based on the blueprint. The artificial canal depth was one third deeper than the file diameter for its entire length to prevent the file from dislodging and faced with tempered glass for file stability while rotating in the canal and for directly visualizing file fracture.

Ten files of each type were randomized into two groups that were tested at room temperature (20°±1°C)

or simulated body temperature ($37^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$). The model was set in a water-controlled temperature glass container. Two thermometers were used to confirm the accuracy of the experimental temperatures; one was set at the top of the container, while the other was set at the bottom. The files were activated in the cyclic fatigue testing model using a torque-control motor [VDW Silver Reciproc motor, VDW] at 300 rpm and were recorded using a dental operating microscope video camera until each file fractured. The number of cycles to failure (NCF) was calculated by multiplying the time to failure in seconds by five (cycles per second). The mean and standard deviation of the NCF in each group was also calculated. The data was tested for a normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov test. The differences between within and between alloy groups were assessed with the Mann-Whitney U test. Significance was set at a 95% confidence level.

Differential scanning calorimetry (DSC) analysis

Two new K3 and K3XF files were cut into 2 mm samples using a slow-speed diamond saw with water coolant [Isomet 1000; Buehler, Lake Bluff, IL, USA]. The

samples were placed in a differential scanning calorimeter [model DSC822[®], METTLE TOLEDO, Langacher, Switzerland]. Nitrogen purge gas at a flow rate of 50 mL/min was used. The samples were heated from ambient temperature to 100°C then cooled to -150°C at a rate of $-10^{\circ}\text{C}/\text{minute}$ followed immediately by a heating cycle at $10^{\circ}\text{C}/\text{minute}$ up to 100°C . The heating and cooling cycles were repeated three times. The data were automatically plotted as a DSC graph. The Af temperature was measured by drawing the intersection of a tangent line to the right side of the endothermic peak for total heat flow with the adjacent base line¹⁰.

Results

The mean K3XF and K3 files' NCF and standard deviations (SD) were determined (Fig. 1). The mean K3XF file NCF was significantly higher compared with the K3 file NCF at both temperatures. Within the same alloy type, the mean NCF at body temperature was significantly lower than at room temperature.

Transformation temperature

The DSC plots for both files are presented in (Fig. 2).

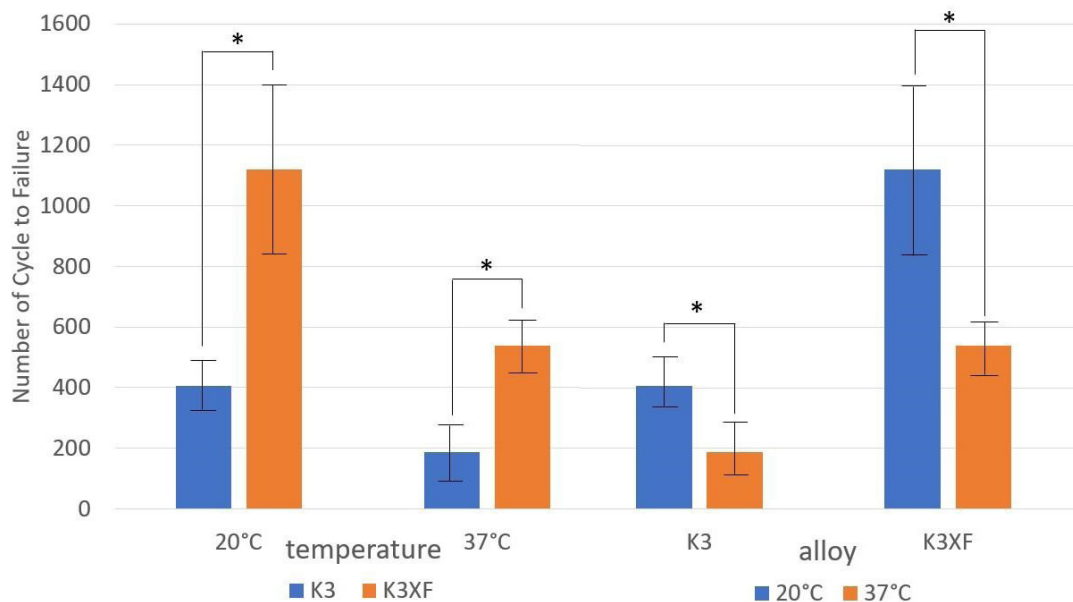


Figure 1 The number of cycles to failure (NCF) of different NiTi rotary files at different temperatures. The sign * indicate statistically differences between different groups

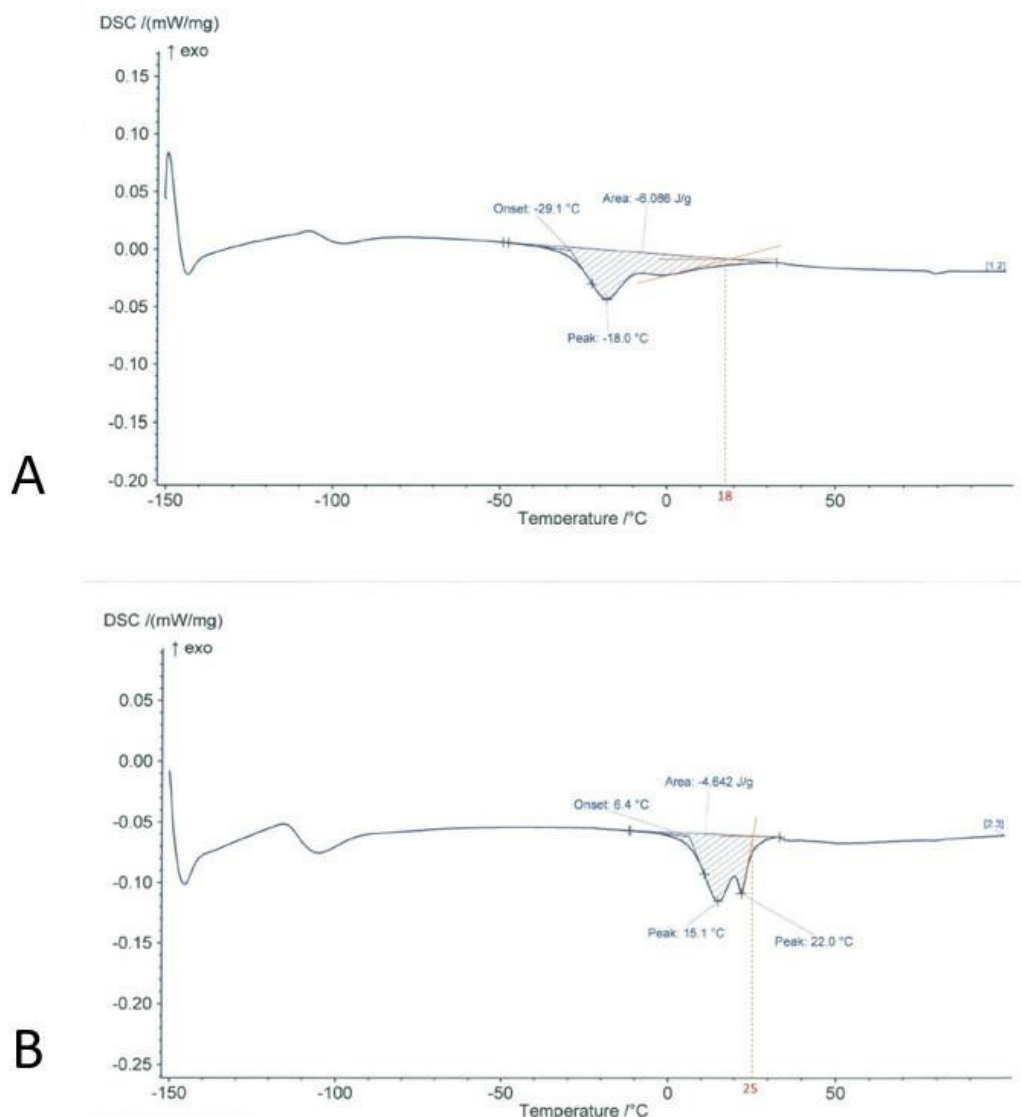


Figure 2 (A.) Differential scanning calorimetry plot of K3 (B.) Differential scanning calorimetry plot of K3XF

The K3 files exhibited a classic phase transformation plot with a single endothermic peak (Fig. 2A). Conversely, the K3XF files exhibited two endothermic peaks; the first peak represented the transformation from the martensitic phase to the R-phase and the second peak represented the transformation from R-phase to the austenitic phase (Fig. 2B). The Af temperature of the K3 and K3XF files was 18°C and 25°C, respectively.

Discussion

This study investigated the effect of temperature on the cyclic failure resistance and Af temperature of two

different Ni-Ti alloys. The results indicated that the fatigue resistance at body temperature was approximately 50 % lower than that at room temperature for both alloys. Based on these findings, the null hypothesis was rejected. It was also found that the Af temperature of the K3XF files was higher compared with the K3 files.

The reduced K3XF file's cyclic fatigue resistance at body temperature resulted from its Af temperature, which was between room and body temperatures. Thus, these files were mainly in the austenite phase at body temperature. This phase made the files less flexible and easier to fracture. Our results agreed with a previous study¹⁷

that exhibited a significant difference in NCF between temperatures. In contrast, Shen *et al.*¹⁶ found similar cyclic fatigue reduction results, however the difference was not significant. Both of these previous studies tested different types of files using only one artificial canal model. Therefore, the disparate results may be due to the differences between the simulated models.

The K3 files had an Af temperature that was lower than room and body temperatures. However, the cyclic fatigue resistance of these files was lower at body temperature. These results agreed with other conventionally produced Ni-Ti alloys from different manufacturers¹³. Interestingly, a previous study using micro-x-ray diffraction and scanning electron microscopy demonstrated that some martensitic microstructure was found when Ni-Ti files were above its Af temperature.²⁰ These results may explain our findings. This stable martensitic microstructure did not undergo transformation and might gradually turn to austenitic microstructure when heated from room temperature to body temperature.

Previous studies found that K3XF files had a higher cyclic fatigue resistance compared with K3 files at room temperature.^{18,19} These findings can be explained by the reduced lattice defects and microstructure internal stress resulting from thermal treatment. Therefore, generating plastic deformation is more difficult.^{9,21} Thus, thermal treatment of an alloy produces a high cyclic fatigue resistance file.

Many studies demonstrated that file design, such as cross-section, shape, and taper, influenced cyclic fatigue resistance.²²⁻²⁴ Thus, when comparing two file systems with different geometric designs, the results are difficult to interpret and does not allow for identifying the true factors that influenced the results or whether they were caused by taper, size, or alloy differences. In this study, K3 files were compared with K3XF files because they share the same geometry, cross-section, taper, and diameter. Every factor was controlled. The only different factor was the alloy used in the manufacturing process. Thus, we can conclude that the different cyclic fatigue resistances resulted from either the different alloys or temperatures.

In previous studies, the cyclic fatigue testing models varied, such as a curved metal tube²⁵, rotating between concave and convex-tempered steel rods²⁶, rotating against a sloped plane²⁷, and rotating between two cylinder pins.²⁸ The disadvantage of these models was the uncontrolled trajectory of the file because the model was not tapered similarly to the tested file.²⁹ Thus, the best available model was a metal artificial canal that corresponded with the file's shape, taper, and size that constrained the file in a precise trajectory. Using only one model to test different files resulted in imprecise file trajectories. Some files likely loosely fit the canal, while others fit more accurately. The radius of curvature of different files will be under or overstated based on the file trajectories. Moreover, a file that fits loosely inside the model may exhibit a greater or lesser degree of curvature depending on its flexibility. These differences explain why we cannot compare the results of the same file with the same degree and radius of curvature tested using different model designs between studies. The present study used a steel artificial canal that was precisely constructed with 3D printing technology. Therefore, it was the most reliable cyclic fatigue testing model available for comparative assessment. Specific model designs are required when testing files with different designs. Thus, comparing the different file systems requires a precise model for each file.

Previous studies did not evaluate the effect of environmental temperature on the cyclic fatigue resistance of K3 and K3XF files.^{18,19} Although two studies evaluated the files at body temperature, these studies used only one model that did not closely resemble the files' dimensions and tested files with different geometries.^{16,17} Thus, cyclic fatigue resistance studies using an artificial canal fit to the file's shape conducted at body temperature might be a better reference for clinical application.

To date, there is no conclusion on real clinical root canal temperature. Hemptinne *et al.*³⁰ investigated irrigating solution temperature in a root canal at every second while irrigating with room temperature sodium hypochlorite (NaOCl) solution (19.4°C) and preheated NaOCl solution (66°C). The result showed that irrigating

solution temperature in the root canal always turned to approximately 35°C after increasing or decreasing the temperature within a period of time. It could be assumed that root canal temperature is approximately the same and close to body temperature. In a clinical situation, while the rotary file works in a root canal, it cuts dentin and has friction against the canal wall. The temperature of the instrument definitely increased more or less.

Single-use of file was recommended by most of the manufacturers. However, reusing files is common in developing countries because of economic factors. Understanding the true potential of alloy will help clinicians to choose the instrument with high performance which can reduce error in their practice. Furthermore, Arens *et al.*³¹ found 0.9 % fracture incidence in new files that were used for the first time. Thus, choosing instruments that are produced by novel alloy may benefit in safety not only for reusing files but also reduce risk in new files that are intended to shape the extremely challenged canal which generates intense cyclic fatigue to the instrument.

Previous studies¹²⁻¹⁷, including the present study, found that body temperature decreased the cyclic fatigue resistance of the files. We recommend that the clinician choose the higher Af temperature NiTi rotary file especially the one in which its Af is higher than body temperature. This will minimize the chance of fracture while using it in a root canal from its martensitic properties. Cooling the environment temperature increased the cyclic fatigue resistance of most of the Ni-Ti alloys. Future studies should evaluate using a cooling strategy, which might increase the files' cyclic fatigue resistance in challenging shaped canals.

Conclusion

The cyclic fatigue resistance of the conventional or R-phase technology alloys was significantly reduced at body temperature. The cyclic fatigue resistance of the R-phase technology alloy was approximately two-fold higher compared with the conventional alloy in both temperatures. The austenite finishing temperature of each alloy was lower than body temperature.

Acknowledgement

This study was supported by a grant for Development of New Faculty Staff, Ratchadaphiseksomphot Endowment Fund, Chulalongkorn University and Thai Endodontics Association.

References

1. Dalton BC, Orstavik D, Phillips C, Pettiette M, Trope M. Bacterial reduction with nickel-titanium rotary instrumentation. *J Endod* 1998;24(11):763-7.
2. Shuping GB, Orstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. *J Endod* 2000;26(12):751-5.
3. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod* 1988;14(7):346-51.
4. Esposito PT, Cunningham CJ. A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. *J Endod* 1995; 21(4):173-6.
5. Schafer E, Florek H. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J* 2003; 36(3):199-207.
6. Schafer E, Schlingemann R. Efficiency of rotary nickel-titanium K3 instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J* 2003;36(3):208-17.
7. Ronald Sakaguchi JP. Craig's restorative dental materials. 13th ed. Philadelphia: Elsevier Mosby; 2012. p 60-64
8. Figueiredo AM, Modenesi P, Buono V. Low-cycle fatigue life of superelastic NiTi wires. *Int J Fatigue* 2009;31(4):751-8.
9. Kuhn G, Jordan L. Fatigue and mechanical properties of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* 2002;28(10):716-20.
10. Alapati SB, Brantley WA, Iijima M, Schricker SR, Nusstein JM, Li UM, *et al.* Micro-XRD and temperature-modulated DSC investigation of nickel-titanium rotary endodontic instruments. *Dent Mater* 2009; 25(10):1221-9.
11. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod* 2013;39(2):163-72.
12. de Vasconcelos RA, Murphy S, Carvalho CA, Govindjee RG, Govindjee S, Peters OA. Evidence for reduced fatigue resistance of contemporary rotary instruments exposed to body temperature. *J Endod* 2016;42(5):782-7.
13. Plotino G, Grande NM, Mercade Bellido M, Testarelli L, Gambarini

- G. Influence of temperature on cyclic fatigue resistance of ProTaper Gold and ProTaper Universal rotary files. *J Endod* 2017;43(2):200-2.
14. 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.
 15. Grande NM, Plotino G, Silla E, Pedulla E, DeDeus G, Gambarini G, *et al.* Environmental temperature drastically affects flexural fatigue resistance of nickel-titanium rotary files. *J Endod* 2017;43(7):1157-60.
 16. Shen Y, Huang X, Wang Z, Wei X, Haapasalo M. Low environmental temperature influences the fatigue resistance of nickel-titanium files. *J Endod* 2018;44(4):626-9.
 17. Huang X, Shen Y, Wei X, Haapasalo M. Fatigue resistance of nickel-titanium instruments exposed to high-concentration hypochlorite. *J Endod* 2017;43(11):1847-51.
 18. Gambarini G, Plotino G, Grande NM, Al-Sudani D, De Luca M, Testarelli L. Mechanical properties of nickel-titanium rotary instruments produced with a new manufacturing technique. *Int Endod J* 2011;44(4):337-41.
 19. Ha JH, Kim SK, Cohenca N, Kim HC. Effect of R-phase heat treatment on torsional resistance and cyclic fatigue fracture. *J Endod* 2013;39(3):389-93.
 20. Alapati SB, Brantley WA, Iijima M, Clark WA, Kovarik L, Buie C, *et al.* Metallurgical characterization of a new nickel-titanium wire for rotary endodontic instruments. *J Endod* 2009;35(11):1589-93.
 21. Kuhn G, Tavernier B, Jordan L. Influence of structure on nickel-titanium endodontic instruments failure. *J Endod* 2001;27(8):516-20.
 22. Kim HC, Kim HJ, Lee CJ, Kim BM, Park JK, Versluis A. Mechanical response of nickel-titanium instruments with different cross-sectional designs during shaping of simulated curved canals. *Int Endod J* 2009;42(7):593-602.
 23. Tripi TR, Bonaccorso A, Condorelli GG. Cyclic fatigue of different nickel-titanium endodontic rotary instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;102(4):e106-14.
 24. Gambarini G. Cyclic fatigue of ProFile rotary instruments after prolonged clinical use. *Int Endod J* 2001;34(5):386-9.
 25. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL, Jr. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* 1997;23(2):77-85.
 26. Haikel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Allemann C. Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* 1999;25(6):434-40.
 27. Li UM, Lee BS, Shih CT, Lan WH, Lin CP. Cyclic fatigue of endodontic nickel titanium rotary instruments: static and dynamic tests. *J Endod* 2002;28(6):448-51.
 28. Cheung GS, Darvell BW. Fatigue testing of a NiTi rotary instrument. Part 1: Strain-life relationship. *Int Endod J* 2007;40(8):612-8.
 29. 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):e60-6.
 30. de Hemptinne F, Slaus G, Vandendael M, Jacquet W, De Moor RJ, Bottenberg PJJ. In vivo intracanal temperature evolution during endodontic treatment after the injection of room temperature or preheated sodium hypochlorite. *J Endod* 2015;41(7):1112-5.
 31. Arens FC, Hoen MM, Steiman HR, Dietz Jr GCJJ. Evaluation of single-use rotary nickel-titanium instruments. *J Endod* 2003;29(10):664-6.

การยึดติดทางคลินิกของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดใสระหว่างวัสดุนวัตกรรมไทยกับวัสดุนำเข้าบนฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่ง: การศึกษาแบบมีกลุ่มควบคุมที่มีการจัดกลุ่มด้วยวิธีสุ่ม

A Clinical Retention between Thailand Innovative and Imported Clear Dental Sealants on First Permanent Molars: A Randomized Controlled Trial

ดลหทัย สิทธิพงษ์พร¹, วัชรภรณ์ ทักษจันทร์¹, พสุธา ธัญญกิจไพศาล², ศิริพร ส่งศิริประดับบุญ¹

Donhathai Sittipongporn¹, Wacharaporn Tasachan¹, Pasutha Thunyakitpisal²,

Siriporn Songsiripradubboon¹

¹ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

¹Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

²หน่วยปฏิบัติการวิจัย สมุนไพร ชีววัสดุและวัสดุเพื่อการรักษาทางทันตกรรม และ ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

²Research Unit of Herbal Medicine, Biomaterial, and Material for Dental Treatment, Department of Anatomy, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

บทคัดย่อ

การศึกษาทางคลินิกนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยึดติดทางคลินิกของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันเรซินชนิดใสระหว่างวัสดุนวัตกรรมไทยแอลเอสเคลียร์ (LAS-clear) กับวัสดุมาตรฐานที่นำเข้าจากต่างประเทศเดลตันเคลียร์ (Delton clear: Dentsply International, Inc., USA) การศึกษานี้ออกแบบการทดลองแบบสุ่มทำในบุคคลเดียวกันและอยู่ข้างกรไกเดียวกัน ในฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่ง 120 คู่ฟัน ในเด็กอายุ 6-9 ปี จำนวน 64 คน โดยสุ่มเคลือบหลุมร่องฟันบนฟันข้างหนึ่งด้วยวัสดุแอลเอสเคลียร์ และเคลือบฟันอีกข้างหนึ่งด้วยวัสดุเดลตันเคลียร์ ประเมินผลการยึดติดของวัสดุตามลักษณะการยึดติดคือ 1) การยึดติดอยู่ทั้งหมด 2) การยึดติดบางส่วน และ 3) การหายไปทั้งหมด ที่ระยะเวลา 6 และ 12 เดือน วิเคราะห์อัตราการยึดติดของวัสดุทั้งสองด้วยการทดสอบแม็กนัมาร์ (McNemar's test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการศึกษาพบว่าวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันแอลเอสเคลียร์มีอัตราการยึดติดอยู่ทั้งหมดร้อยละ 81.0 และ 71.1 ที่ระยะเวลา 6 และ 12 เดือน ตามลำดับ ส่วนวัสดุเดลตันเคลียร์มีอัตราการยึดติดอยู่ทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 80.0 และ 66.3 ที่ระยะเวลา 6 และ 12 เดือนตามลำดับ โดยอัตราการยึดติดของวัสดุทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะเวลา 6 และ 12 เดือน ($p = 1.0$ และ 0.54 ตามลำดับ) สรุปผลการศึกษาวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันนวัตกรรมไทยแอลเอสเคลียร์มีอัตราการยึดติดเทียบเท่ากับวัสดุนำเข้าเดลตันเคลียร์ ที่ระยะเวลา 12 เดือน

คำสำคัญ: การทดลองแบบสุ่ม, การประเมินผลที่ 12 เดือน, อัตราการยึดติด, วัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน

Abstract

The objective of this split-mouth randomized controlled trial was to compare clinical retention rate of Thailand innovative clear sealant (LAS-clear) and imported sealant (Delton clear: Dentsply International, Inc., USA). This study was comprised 120 pairs of contralateral first permanent molars of 64 children aged 6-9 years old. The retention of the sealant was investigated at 6- and 12- month post-treatment with evaluation criteria: 1) total retention, 2) partial loss, and 3) total loss. The data were collected and analyzed using McNemar's test at $p = 0.05$. Our results demonstrated that the retention on occlusal surface of LAS-clear group has the total retention at 81.0% and 71.1%

at 6- and 12-month post-treatment, respectively, while that of Delton clear group was 80.0% and 66.3% at 6- and 12-month follow-up, respectively. No significant difference between the two groups at 6- and 12-month follow up was observed ($p = 1.0$ and 0.54 , respectively). In conclusion, the retention rate of Thailand innovation LAS-clear is equal to Delton clear sealant at 12 months follow-up.

Keywords: randomized clinical trial, 12 months observation, retention rate, pit and fissure sealant

Received Date: Aug 3, 2020

Revised Date: Aug 18, 2020

Accepted Date: Oct 1, 2020

doi: 10.14456/jdat.2021.13

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ :

ศิริพร ส่งศิริประดับบุญ, ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 34 ถนนอังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 ประเทศไทย โทรศัพท์: 02-2188906 อีเมล : siriporn.son@chula.ac.th

Correspondence to :

Siriporn Songsiripradubboon, Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, 34 Henri- Dunant road, Wangmai, Patumwan, Bangkok, 10330 Thailand. Tel: 02-2188906 E-mail: siriporn.son@chula.ac.th

บทนำ

โรคฟันผุเป็นปัญหาทันตสาธารณสุขที่สำคัญของประเทศไทย จากผลสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากแห่งชาติ ครั้งที่ 8 พ.ศ. 2560 โดยสำนักทันตสาธารณสุข กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พบกลุ่มเด็กอายุ 12 ปี มีอัตราการเกิดฟันผุในฟันแท้สูงถึงร้อยละ 52 และมีค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุด (DMFT) 1.4 ซึ่งต่อคน ด้านบดเคี้ยวของฟันกรามแท้ซึ่งหนึ่งบนและล่างมีอัตราการผุมากที่สุดเมื่อเทียบกับฟันแท้ซี่อื่น ๆ ในช่องปาก¹ การปิดทับหลุมร่องฟันด้วยวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันจะช่วยป้องกันการสะสมคราบจุลินทรีย์ในส่วนลึกของหลุมร่องฟันจัดเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุด้านบดเคี้ยว^{2,4} วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันมาตรฐานที่ใช้ในปัจจุบันคือวัสดุชนิดเรซินจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบการเคลือบหลุมร่องฟันด้วยวัสดุชนิดเรซินสามารถลดอุบัติการณ์ของรอยโรคฟันผุด้านบดเคี้ยวของฟันกรามแท้ได้ร้อยละ 86 เมื่อติดตามผลที่ระยะเวลา 1 ปี และร้อยละ 78.6 ที่ระยะเวลา 2 ปี³ โดยประสิทธิภาพการป้องกันฟันผุของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันนี้จะสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อวัสดุยังยึดติดอยู่กับผิวฟันและขอบของวัสดุต้องสามารถปิดทับหลุมร่องฟันได้อย่างแนบสนิท⁵ ดังนั้นการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันจึงเป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของวัสดุในการป้องกันฟันผุ กระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทยนำวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินมาใช้ในโครงการทันตกรรมป้องกัน เพื่อลดอัตราการเกิดฟันผุด้านบดเคี้ยวของฟันกรามแท้ซึ่งหนึ่ง โดยบรรจุในแผนงานทันตสาธารณสุขตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540⁷ จนถึงปัจจุบัน ดำเนินการจัดโครงการเคลือบหลุมร่องฟัน

บนฟันกรามแท้ซึ่งหนึ่งให้แก่เด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 1 ทุกโรงเรียนทั่วประเทศ โดยวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ใช้เป็นวัสดุนำเข้ามีราคาค่อนข้างสูง ทำให้ต้นทุนการเคลือบหลุมร่องฟันสูงตามไปด้วย ส่งผลต่อการจัดงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัดและสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศจากการนำเข้าวัสดุทางทันตกรรม

จากความก้าวหน้าในองค์ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเกิดฟันผุและการพัฒนาของสารยึดติดทางทันตกรรม ทำให้การจัดการรอยโรคฟันผุมีแนวคิดเปลี่ยนแปลงจากการขยายเพื่อการป้องกัน (extension for prevention) ไปสู่การรักษาเชิงอนุรักษ์ (minimal intervention)^{8,9} ผลการศึกษาวิจัยทางคลินิกบ่งชี้ว่าหากวัสดุแนบสนิทกับชั้นเคลือบฟันหรือเนื้อฟันจะสามารถยับยั้งการลุกลามของรอยโรคฟันผุได้¹⁰⁻¹² ดังนั้นในปัจจุบันการเคลือบหลุมร่องฟันจึงมีการขยายขอบเขตการใช้งานมากขึ้น จากการป้องกันการเกิดฟันผุบริเวณด้านบดเคี้ยวของฟันกรามแท้ที่เพิ่งขึ้นมาใหม่สู่การใช้เพื่อยับยั้งการลุกลามของรอยโรคฟันผุระยะเริ่มแรกที่ยังไม่แตกเป็นรูทั้งในเด็ก วัยรุ่น และผู้ใหญ่อีกด้วย¹³⁻¹⁵

หลักสูตรสหสาขาทันตชีววัสดุศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย และหน่วยวิจัยสมุนไพรชีววัสดุและวัสดุเพื่อการรักษาทางทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พัฒนาวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันขึ้น ภายใต้ชื่อวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันเรซินชนิดใส แอลเอเอสเคลียร์ (LAS-clear) เพื่อทดแทนวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันนำเข้า โดยมีคุณสมบัติความลึกในการบ่ม (depth of cure) ตามเกณฑ์มาตรฐาน

ISO 6874:2005 ค่าความแข็งระดับไมโครฮาร์ดเนส (microhardness) ความทนแรงดัด (flexural strength) และความเข้ากันต่อเซลล์สร้างเนื้อเยื่อเหงือก (biocompatibility) ไม่แตกต่างจากวัสดุชนิดเดียวกันที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ¹⁶ และจากการศึกษาในสัตว์ทดลองเพื่อทดสอบความปลอดภัยในการนำไปใช้งานกับผู้ป่วยพบวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันแอลเอเอสเคลียร์มีความเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อชั้นใต้ผิวหนัง ไม่แตกต่างจากวัสดุที่นำเข้า¹⁷

อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาทางคลินิกของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันแอลเอเอสเคลียร์มาก่อน การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยึดติดทางคลินิกบนฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันแอลเอเอสเคลียร์ที่ผลิตขึ้นในประเทศไทยกับวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่นำเข้ามาจากต่างประเทศที่ระยะเวลา 6 และ 12 เดือน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยทางคลินิกนี้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (HREC-DCU 2018-060) คณะกรรมการจริยธรรมคณะแพทยศาสตร์วชิรพยาบาล มหาวิทยาลัยนวมินทราชูติราช (COA 67/2561) และลงทะเบียนการวิจัยแบบทดลองทางคลินิกของประเทศไทย (Thai Clinical Trials Registry, TCTR20181105001) ศึกษาบนฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งในขากรรไกรบนและขากรรไกรล่างของกลุ่มเด็กอายุ 6-9 ปีบริบูรณ์ ที่มีเกณฑ์คัดเข้า (inclusion criteria) ดังนี้

1. มีหลุมร่องฟันที่ลึก
2. ฟันที่มีเกณฑ์การวินิจฉัยโรคฟันผุบริเวณด้านบดเคี้ยวตามระบบ

การตรวจและการประเมินสากัล ICDAS, 2009 อยู่ในระดับ 0-2
3. ฟันซี่นั้นไม่เคยได้รับการเคลือบหลุมร่องฟันหรือบูรณะฟันมาก่อน
4. เด็กนักเรียนให้ความร่วมมือในการตรวจและเคลือบหลุมร่องฟัน
5. ได้รับความยินยอมจากเด็กและผู้ปกครองเป็นลายลักษณ์อักษร และมีเกณฑ์การคัดออก (exclusion criteria) ดังนี้

1. ฟันที่มีรอยผุด้านประชิดที่ต้องได้รับการบูรณะ
2. ฟันที่มีภาวะผิวเคลือบฟันเจริญพร่อง (enamel hypoplasia) หรือฟันตกกระ (fluorosis)
3. ฟันขึ้นฟันขอบเหงือกไม่เพียงพอสำหรับการควบคุมความขึ้น
4. ฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งทั้งสองซี่ในขากรรไกรเดียวกันมีลักษณะทางกายวิภาคแตกต่างกันมาก

การวิจัยนี้ออกแบบการศึกษาให้เปรียบเทียบภายในบุคคลเดียวกันและอยู่ในขากรรไกรเดียวกัน (split-mouth study) การจัดกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายแบบไม่นำกลับเข้าไปใหม่ วัสดุกลุ่มทดลองคือวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันแอลเอเอสเคลียร์ (LAS-clear, Chulalongkorn University, Thailand) และวัสดุกลุ่มควบคุมคือวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันเดลตันเคลียร์ (LOT 180123, Dentsply International, Inc., USA) วัสดุทั้งสองชนิดมีส่วนประกอบดังแสดงในตารางที่ 1 ขั้นตอนการเคลือบหลุมร่องฟันทำตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตในคลินิกที่เก้าอี้ทันตกรรม มีระบบเครื่องดูดน้ำลายแรงดันสูง (High power suction) กันน้ำลายด้วยม้วนสำลีและใช้อุปกรณ์ช่วยอำปาก (mouth gag) ร่วมตลอดการรักษา โดยทันตแพทย์และผู้ช่วยทันตแพทย์เป็นบุคคลเดียวกันตลอดการศึกษา

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในการศึกษา

Table 1 Composition of dental sealants in this study

Dental sealants	Compositions	Manufacturer
LAS-clear	Bis-GMA and TEGDMA (99%) photoinitiator	Research Unit of Herbal Medicine, Biomaterial, and Material for Dental Treatment, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University
Delton clear	Aromatic and aliphatic dimethacrylate monomers; light activators	Dentsply International, Inc., USA

การกำหนดขนาดตัวอย่างของการศึกษาครั้งนี้คำนวณจากสูตรคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับการศึกษาทางคลินิกตามหลักการของความเสมอภาค (equivalence)¹⁸ (แสดงในภาคผนวก ก) และกำหนดค่าความแตกต่างที่ยอมรับได้ในการเปรียบเทียบคุณสมบัติการยึดติดผลิตภัณฑ์ใหม่มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์

ใช้อยู่เดิมร้อยละ 20 โดยอ้างอิงจากหลักการเปรียบเทียบการรักษาวิธีใหม่กับการรักษามาตรฐาน โดยความแตกต่างสูงสุดที่จะยอมรับของวิธีใหม่อยู่ในช่วงร้อยละ 20-40¹⁹ กำหนดระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95 ($\alpha=0.05$) และอำนาจการทดสอบเท่ากับร้อยละ 80 ($\beta=0.20$) โดยอ้างอิงความสำเร็จของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน

เดลตันเคลียร์ ที่ระยะเวลา 12 เดือน เท่ากับร้อยละ 66.7 ตามการศึกษาของศิริรักษ์และคณะ²⁰ ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้ โดยคำนวณกลุ่มตัวอย่างได้เท่ากับ 99 คู่ตัวอย่าง อย่างไรก็ตามคาดว่า มีโอกาสเกิดการสูญหายของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาจึงพิจารณา คาดการณ์การสูญหายของกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 20 ต่อปี ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างที่ต้องการในการศึกษาครั้งนี้เท่ากับ 120 คู่ตัวอย่าง

ขั้นตอนการเคลือบหลุมร่องฟันประกอบด้วยการทำความสะอาดผิวฟันด้วยถ้วยยางขัดฟันและผงขัดฟันชนิดไม่มีฟลูออไรด์ จากนั้นทำการกันน้ำลายด้วยม้วนสำลี โดยระหว่างทำการเคลือบหลุมร่องฟันใช้อุปกรณ์ช่วยในการอำปากร่วมกับการใช้ที่ดูดน้ำลายร่วมตลอดการรักษา เตรียมผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 37 โดยน้ำหนัก (37% phosphoric acid) ทำให้ครอบคลุมถึงผิวฟันบริเวณลาดเอียง (Inclined plane) เป็นเวลา 30 วินาที และล้างกรดออกเป็นเวลาอย่างน้อย 30 วินาที เปลี่ยนสำลีกันน้ำลายแล้วเป่าฟันให้แห้งจะพบลักษณะด้านและสีขาวขุ่น เคลือบหลุมร่องฟันโดยใช้พู่กันขนาดเล็กทาสีอุดลงบนหลุมร่องฟันให้ครอบคลุมหลุมร่องฟันทั้งทางด้านบดเคี้ยวและด้านเพดานในฟันบนหรือด้านบดเคี้ยวและด้านแก้มในฟันล่าง หากตรวจพบฟองอากาศให้ใช้เครื่องมือตรวจหารอยฟู่ (Explorer No. 5) ลากผ่านออกก่อนการฉายแสง ทำการฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงสีน้ำเงินแอลอีดี (Elipar Freelight 2, 3M ESPE, Germany ความยาวคลื่น 410-500 นาโนเมตร) ครั้งละ 20 วินาที โดยฉายบริเวณด้านบดเคี้ยว 2 ครั้ง และบริเวณด้านเพดานของฟันบนหรือด้านแก้มของฟันล่าง 1 ครั้ง ทำการตรวจสอบความสมบูรณ์และการยึดติดของวัสดุโดยใช้เครื่องมือตรวจรอยฟู่เขียนผิวและขอบของวัสดุ หากพบว่าวัสดุยึดติดไม่สมบูรณ์ ให้เคลือบหลุมร่องฟันตามขั้นตอนที่กล่าวมาซ้ำ หากพบจุดสบสูงให้กรอแก้ไข

การประเมินการยึดติดของวัสดุพิจารณาการยึดติด 2 ลักษณะ ได้แก่ การยึดติดด้านบดเคี้ยว และการยึดติดด้านแก้มในฟันล่างหรือด้านเพดานในฟันบน โดยตรวจติดตามผลการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ระยะเวลา 6 เดือน และ 12 เดือน ประเมินโดยทันตแพทย์ 2 ท่าน ซึ่งไม่ใช่ทันตแพทย์ผู้ให้การรักษา โดยทันตแพทย์ทั้งสองท่านได้ผ่านการปรับมาตรฐานการตรวจประเมินการยึดติดของวัสดุระหว่างกัน (standardization) จนกระทั่งได้ค่าความสอดคล้องมากกว่าร้อยละ 90 ก่อนเริ่มการตรวจประเมินจริง และในการตรวจประเมินจริงทันตแพทย์ผู้ตรวจไม่ทราบวัสดุที่ตรวจเป็นวัสดุชนิดใด ทำการตรวจด้วยสายยาร่วมกับการเขียนสัมผัสด้วยเครื่องมือตรวจหารอยฟู่และลงบันทึกผล หากพบว่าผลการตรวจไม่ตรงกัน ทันตแพทย์ทั้งสองท่านจะปรึกษาและบันทึกผลสุดท้ายร่วมกัน

การบันทึกการยึดติดพิจารณา ดังนี้ 1) การยึดติดอยู่ทั้งหมด (total retention) หมายถึงวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันปิดทับตำแหน่ง

ของหลุมร่องฟันทั้งหมด 2) การยึดติดบางส่วน (partial retention) หมายถึงวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันปิดทับหลุมร่องฟันบางตำแหน่ง 3) หายไปทั้งหมด (total loss) หมายถึงไม่มีวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันปิดทับส่วนของหลุมร่องฟันเลย

การประเมินความแม่นยำของการตรวจประเมินการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน โดยประเมินความแม่นยำภายในบุคคล (intra-examiner) จากการสุ่มตรวจตัวอย่างซ้ำจำนวนร้อยละ 10 ของตัวอย่างทั้งหมด และประเมินความแม่นยำระหว่างบุคคล (inter-examiner) จากผลการตรวจตัวอย่างทั้งหมด คำนวณผลด้วยสถิติแคปปา (Cohen's Kappa) ซึ่งโดยทั่วไปจะยอมรับความแม่นยำของการตรวจเมื่อค่าที่ได้อยู่ในระดับดีมาก ($K > 0.8$)²¹

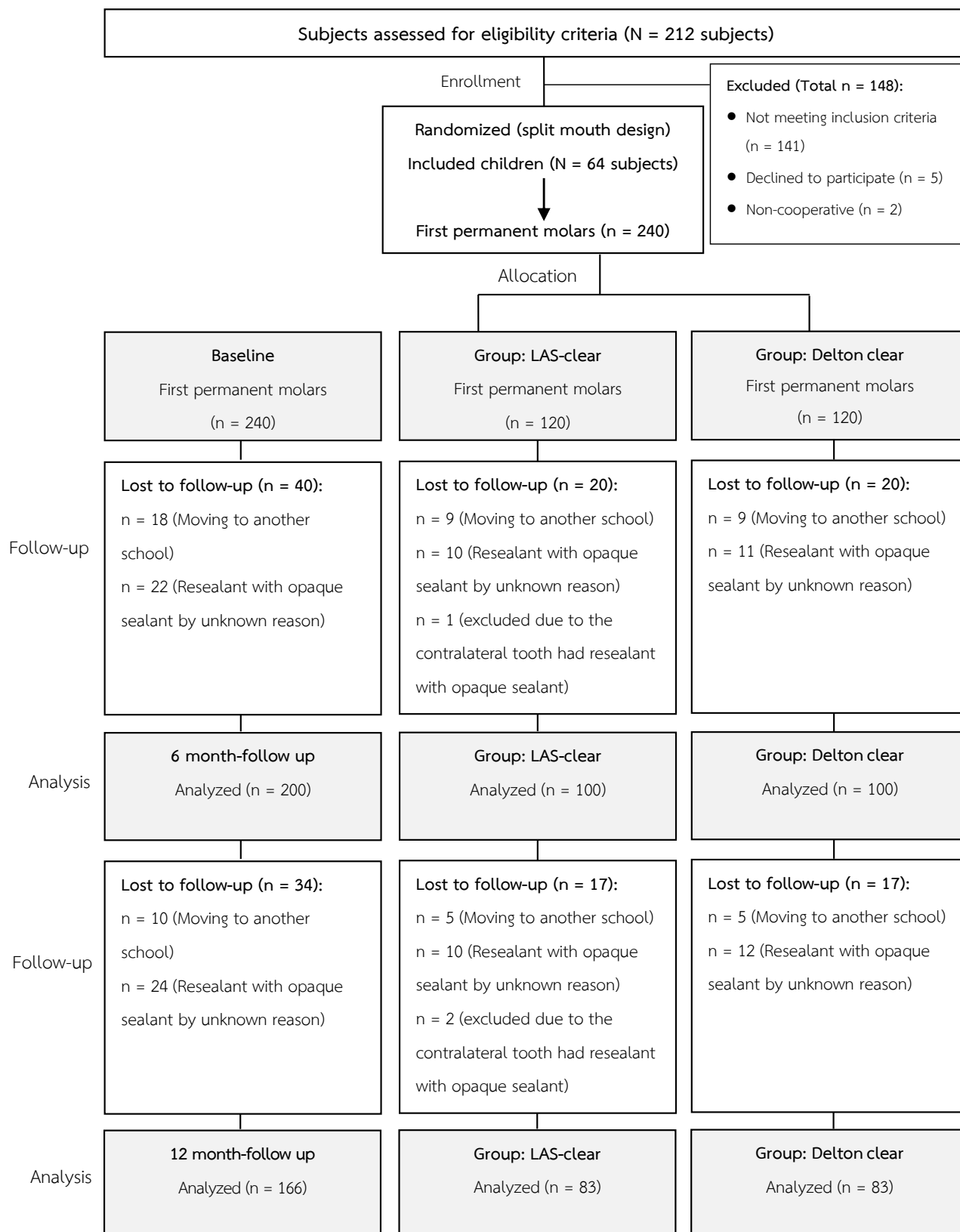
การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistic) ได้แก่ ข้อมูลอายุและเพศ และวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราการยึดติดระหว่างวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันทั้งสองชนิดที่ระยะเวลา 6 และ 12 เดือน ด้วยการทดสอบแม็กนิมาร์ (McNemar's test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ($p < 0.05$)

ผลการศึกษา

การศึกษ้อัตราการยึดติดทางคลินิกของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันครั้งนี้มีเด็กที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าและยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยจำนวน 64 คน แบ่งเป็นเด็กหญิง 30 คน (ร้อยละ 46.88) และเด็กชาย 34 คน (ร้อยละ 53.12) อายุเฉลี่ย 7.3 ± 0.6 ปี กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งจำนวน 240 ซี่ (120 คู่ฟัน) เป็นฟันบน 130 ซี่ (65 คู่ฟัน) และฟันล่าง 110 ซี่ (55 คู่ฟัน) ดังแสดงในรูปที่ 2 การศึกษาในครั้งนี้ไม่พบผลข้างเคียงหลังการรักษาใด ๆ ในกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมโครงการวิจัยตลอดระยะเวลาที่ทำการการศึกษา

การประเมินการยึดติดบริเวณด้านบดเคี้ยวของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันทั้งสองชนิด ที่ระยะเวลาติดตาม 6 และ 12 เดือน แสดงผลดังตารางที่ 2 ผลการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอัตราการยึดติดระหว่างฟันที่ได้รับการเคลือบหลุมร่องฟันด้วยวัสดุแอลเอสเคลียร์และวัสดุเดลตันเคลียร์ ที่ระยะเวลา 6 เดือน ($p = 1.0$) และ 12 เดือน ($p = 0.54$)

การประเมินการยึดติดบริเวณด้านแก้มในฟันล่างหรือด้านเพดานในฟันบนของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันทั้ง 2 ชนิด ที่ระยะเวลาติดตาม 6 และ 12 เดือน แสดงผลดังตารางที่ 3 ผลการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอัตราการยึดติดระหว่างฟันที่ได้รับการเคลือบหลุมร่องฟันด้วยวัสดุแอลเอสเคลียร์และวัสดุเดลตันเคลียร์ ที่ระยะเวลา 6 เดือน ($p = 0.86$) และ 12 เดือน ($p = 0.71$)



รูปที่ 2 แผนผังแสดงกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา

Figure 2 Flow chart of participants in this study

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละการยึดติดบริเวณด้านบดเคี้ยวของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันแอลเอเอสเคลียร์และเดลตันเคลียร์ ที่เวลา 6 และ 12 เดือน

Table 2 Retention of LAS-clear and Delton clear on occlusal surface at 6 and 12 months

6 month-follow up								
	Total	Retention						p-value
		Total retention		Partial retention		Total loss		
		(n; %)	95% CI	(n; %)	95% CI	(n; %)	95% CI	
LAS-clear	100	81; 81.0%	73.5 – 88.4	18; 18.0%	10.8 – 24.8	1; 1.0%	0 – 3.4	1.0
Delton clear	100	80; 80.0%	72.1 – 87.6	20; 20.0%	12.4 – 27.9	0; 0%	0	
12 month-follow up								
	Total	Retention						p-value
		Total retention		Partial retention		Total loss		
		(n; %)	95% CI	(n; %)	95% CI	(n; %)	95% CI	
LAS-clear	83	59; 71.1%	61.4 – 80.5	20; 24.1%	15.2 – 33.3	4; 4.8%	1.1 – 10.0	0.54
Delton clear	83	55; 66.3%	56.1 – 77.2	28; 33.7%	22.8 – 43.9	0; 0%	0	
p-value were calculated using McNemar’s test, *statistically significant at p<0.05 level								

p-value were calculated using McNemar's test, *statistically significant at $p < 0.05$ level

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละการยึดติดบริเวณด้านแก้มในฟันล่างหรือด้านเพดานในฟันบนของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันแอลเอเอสเคลียร์และเดลตันเคลียร์ ที่เวลา 6 และ 12 เดือน

Table 3 Retention on buccal or palatal surface of LAS-clear and Delton clear at 6 and 12 months

6 month-follow up								
	Total	Total retention		Partial retention		Total loss		p-value
		(n; %)	95% CI	(n; %)	95% CI	(n; %)	95% CI	
LAS-clear	100	64; 64.0%	54.6 – 73.5	22; 22.0%	13.9 – 30.5	14; 14.0%	8.0 – 21.2	0.86
Delton clear	100	62; 62.0%	52.0 – 71.4	22; 22.0%	13.9 – 30.1	16; 16.0%	9.0 – 23.6	
12 month-follow up								
	Total	Total retention		Partial retention		Total loss		p-value
		(n; %)	95% CI	(n; %)	95% CI	(n; %)	95% CI	
LAS-clear	83	43; 51.8%	40.7 – 62.8	23; 27.7%	18.0 – 37.4	17; 20.5%	12.3 – 29.1	0.71
Delton clear	83	40; 48.2%	37.0 – 58.5	23; 27.7%	17.9 – 38.0	20; 24.1%	14.9 – 33.8	

p-value were calculated using McNemar's test, *statistically significant at $p < 0.05$ level

ผลการประเมินความแม่นยำภายในบุคคลของการตรวจประเมินการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันด้วยค่าแคปปาที่ระยะเวลา 6 และ 12 เดือนของทันตแพทย์คนที่ 1 ได้ค่าแคปปาเท่ากับ 0.9 และ 0.88 ตามลำดับ และทันตแพทย์คนที่ 2 ได้ค่าแคปปาเท่ากับ 0.83 และ 0.88 ตามลำดับ และการประเมินความแม่นยำระหว่างบุคคลที่ระยะเวลา 6 เดือน และ 12 เดือนระหว่างทันตแพทย์ทั้ง 2 ท่าน ได้ค่าแคปปาเท่ากับ 0.88 และ 0.91 ตามลำดับ

บทวิจารณ์

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการยึดติดทางคลินิกของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันเรซินชนิดใสในนวัตกรรมไทยเปรียบเทียบกับกรยึดติดของวัสดุเดลตันเคลียร์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ โดยศึกษาบนฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งทั้งที่เพิ่งขึ้นและไม่เคยได้รับการเคลือบหลุมร่องฟันมาก่อน รูปแบบการวิจัยเป็นการศึกษาในบุคคลเดียวกันและอยู่ในขากรรไกรเดียวกันเพื่อควบคุมและลดอคติที่อาจเกิดขึ้น เช่น

ขนาดและลักษณะทางกายวิภาคของฟันในแต่ละบุคคล ความยากง่ายในการเคลือบหลุมร่องฟันในแต่ละขากรรไกร อีกทั้งใช้การส้อมตัวอย่างอย่างง่ายเพื่อให้วัสดุทั้งสองชนิดกระจายอยู่ทั้งซ้ายและขวาอย่างเท่าเทียมกัน เพื่อลดปัจจัยทางด้านความถนัดของทันตแพทย์ ผู้ทำการเคลือบหลุมร่องฟันและความถนัดของกลุ่มตัวอย่างในการบดเคี้ยว

ในการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถปกปิดชนิดของวัสดุที่กำลังใช้งานจากทันตแพทย์ผู้ทำการเคลือบหลุมร่องฟันได้ เนื่องจากวัสดุทั้ง 2 ชนิดที่ใช้มีสีที่แตกต่างกันโดยวัสดุแอลเอสเคลียร์มีสีเหลืองใสมากกว่าวัสดุเดลดันเคลียร์ อย่างไรก็ตามภายหลังการฉายแสงเพื่อให้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันแข็งตัว วัสดุทั้ง 2 ชนิดจะปรากฏเป็นพลาสติกใสเช่นเดียวกัน และการประเมินการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันทำโดยผู้ประเมิน 2 ท่าน ที่ไม่ใช่ผู้ทำการเคลือบหลุมร่องฟัน ดังนั้นผู้ประเมินจะไม่ทราบว่าฟันซี่ที่กำลังตรวจได้รับการเคลือบหลุมร่องฟันด้วยวัสดุชนิดใด

ข้อจำกัดประการหนึ่งของการศึกษาครั้งนี้คือ มีกลุ่มตัวอย่างสูญเสียเกินกว่าที่คาดการณ์ไว้ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างอาสาสมัครได้รับการเคลือบหลุมร่องฟันชนิดขุนทับทั้งฟันกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ดังนั้นในการวิเคราะห์ผลการศึกษจึงเลือกการวิเคราะห์แบบ per protocol ซึ่งจะตัดกลุ่มตัวอย่างที่สูญเสียออกทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และวิเคราะห์เฉพาะข้อมูลในอาสาสมัครที่มีข้อมูลสมบูรณ์เท่านั้น

วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันเรซินเป็นวัสดุมาตรฐานที่นิยมใช้ในปัจจุบัน หากจำแนกตามสีของวัสดุพบว่าทั้งชนิดใส ไม่มีสี และชนิดสีขาวขุนที่เกิดจากการเติมรงควัตถุไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide) แม้ว่าวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดใสจะให้ความสวยงามและการไหลแผ่ไปตามหลุมและร่องฟันที่ดี²² แต่ความใสของวัสดุทำให้วัสดุนี้ยากต่อการมองเห็นและการตรวจการยึดติดของวัสดุ ดังนั้นการตรวจการยึดติดจึงต้องอาศัยความชำนาญและความละเอียดในการตรวจโดยใช้เครื่องมือสัมผัส (tactile sense) มากกว่าการตรวจวัสดุชนิดขุน²³

กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการเคลือบหลุมร่องฟันชนิดขุนทับอาจเกิดจากการที่วัสดุหลุดไปหรือเกิดจากความผิดพลาดในการตรวจของทันตบุคลากรที่ตรวจไม่พบวัสดุชนิดใสแล้วทำการเคลือบหลุมร่องฟันซ้ำด้วยวัสดุชนิดขุน ซึ่งความผิดพลาดดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Rock และคณะที่พบว่าความผิดพลาดในการตรวจการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดใสเท่ากับร้อยละ 22.8 ในขณะที่ความผิดพลาดในการตรวจการยึดติดของวัสดุชนิดขุนมีเพียงร้อยละ 1.4 ซึ่งความผิดพลาดที่พบบ่อยที่สุดคือตรวจพบการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดใสบนฟันที่ไม่ได้รับการเคลือบหลุมร่องฟัน²³

การเคลือบหลุมร่องฟันในทางคลินิกนั้นจะทำการเคลือบหลุมร่องฟันทั้งบริเวณด้านบดเคี้ยวและด้านแก้มในฟันล่างหรือด้านเพดานในฟันบน ในการศึกษาครั้งนี้ศึกษาทั้งอัตราการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันทางด้านบดเคี้ยวและอัตราการยึดติดทางด้านแก้มในฟันล่างหรือด้านเพดานในฟันบน เมื่อพิจารณาการยึดติดด้านแก้มในฟันล่างหรือด้านเพดานในฟันบนพบอัตราการยึดติดที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการยึดติดทางด้านบดเคี้ยว เนื่องจากหลุมร่องฟันบริเวณดังกล่าวมีลักษณะตื้นและกว้าง ทำให้ยากต่อการยึดติด²⁴ อีกทั้งฟันกรามแท้ที่เพิ่งขึ้นในกลุ่มเด็กอายุ 6-9 ปี จะมีหลุมร่องบริเวณดังกล่าวอยู่ใกล้ขอบเหงือก ทำให้ยากต่อการควบคุมความชื้นระหว่างกระบวนการเคลือบหลุมร่องฟันและยากต่อการยึดติด²⁵ ดังนั้นในฟันที่ไม่สามารถควบคุมความชื้นได้อย่างสมบูรณ์อาจพิจารณาเลือกใช้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดกลาสไอโอโนเมอร์แทนการใช้วัสดุชนิดเรซินที่ความชื้นมีผลต่อการยึดติดมากกว่า^{3,13}

จากผลการศึกษาครั้งนี้พบวัสดุแอลเอสเคลียร์และเดลดันเคลียร์ทั้งสองชนิดมีอัตราการยึดติดลดลงที่ระยะเวลา 12 เดือนเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ระยะเวลา 6 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา^{20,26} โดยการศึกษาของ Kargul และคณะ พบอัตราการยึดติดลดลงเหลือร้อยละ 31.1 ที่ระยะเวลา 12 เดือน เมื่อเทียบกับอัตราการยึดติดร้อยละ 77 ที่ระยะเวลา 6 เดือน²⁶ ทั้งนี้อัตราการยึดติดที่ลดลงเมื่อเวลาผ่านไปอาจเนื่องมาจากการสึกของวัสดุที่เกิดจากการใช้งานในการบดเคี้ยวหรือการแปรงฟัน²⁷

แม้ว่าร้อยละการยึดติดของการศึกษาครั้งนี้จะต่ำกว่าผลการยึดติดจากบางการศึกษาที่มีรายงานก่อนหน้านี้^{20,26,28} ซึ่งเมื่อพิจารณาในรายละเอียด พบเกณฑ์ในการวัดผลของบางการศึกษาไม่มีรายละเอียดที่ชัดเจน²⁸ หรือมีเกณฑ์ที่แตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้ โดยการศึกษาของ Kobayashi และคณะ ในปี 2015 ที่พบอัตราการยึดติดอยู่ทั้งหมดที่ระยะเวลา 12 เดือนเท่ากับร้อยละ 77.6²⁹ นั้นในการวัดผลการยึดติดจะนับว่าฟันซี่นั้นมีการยึดติดอยู่ทั้งหมดแม้จะตรวจพบร่องอากาศขนาดใหญ่บนวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน ในขณะที่การศึกษาครั้งนี้หากตรวจพบร่องอากาศบนวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันจะบันทึกผลเป็นการยึดติดบางส่วน เนื่องจากร่องอากาศที่ตรวจพบอาจทำให้มีช่องว่างระหว่างวัสดุกับผิวฟันซึ่งจะทำให้การยึดติดของวัสดุกับผิวฟันนั้นไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้บางการศึกษาที่พบว่าอัตราการยึดติดทางคลินิกที่สูงกว่าการศึกษาครั้งนี้มีขั้นตอนทางคลินิกที่แตกต่างกัน โดยการศึกษาของ Nardi และคณะ ในปี 2018 ที่พบอัตราการยึดติดอยู่ทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 85.9²⁸ ทำการเคลือบหลุมร่องฟันภายใต้แผ่นยางกันน้ำลาย (rubber dam) ในขณะที่การศึกษาครั้งนี้กันความชื้นด้วยการใช้สาลิกันน้ำลาย แม้ว่าการใช้แผ่นยางกัน

น้ำลายจะมีประสิทธิภาพในการกันความชื้นที่ต่ำกว่าการใช้สาลีกันน้ำลาย³⁰ ดังนั้นการควบคุมความชื้นและการปนเปื้อนของน้ำลายจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน

ลักษณะทางกายวิภาคของหลุมร่องฟันของฟันกรามแท้ที่แคบและลึกทำให้คราบจุลินทรีย์เข้าไปสะสมได้ง่าย และยากต่อการกำจัดออก^{13,31} บริเวณนี้จึงเป็นตำแหน่งที่เกิดฟันผุได้สูง จากหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าการเคลือบหลุมร่องฟันมีประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุด้านบดเคี้ยว จากการติดตามผลการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ระยะเวลา 6 เดือน พบการเกิดฟันผุชนิดเป็นรู 2 ซี่ (แอลเอเอสเคลียร์และเดลดันเคลียร์อย่างละ 1 ซี่) และที่ระยะติดตาม 12 เดือน พบการเกิดฟันผุชนิดเป็นรูอีก 1 ซี่ (เดลดันเคลียร์) โดยฟันทั้ง 3 ซี่ ตรวจพบการหลุดออกไปทั้งหมดของวัสดุ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุลดลง ส่วนฟันที่มีวัสดุยึดติดอยู่ไม่พบว่ามีรอยผุใหม่เกิดขึ้น รวมทั้งไม่มีการลุกลามของรอยผุเดิม ซึ่งเป็นการยืนยันประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันจะขึ้นอยู่กับการยึดติดของวัสดุกับผิวฟัน⁹ ดังนั้นการตรวจติดตามการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันเป็นประจำและทำการเคลือบหลุมร่องฟันซ้ำในกรณีจำเป็นถือเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุในฟันกรามแท้ได้ในระยะยาว

วัสดุทางทันตกรรมส่วนใหญ่เป็นวัสดุที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ จึงมีราคาค่อนข้างสูง ส่งผลให้ต้นทุนของการป้องกันและการรักษาทางทันตกรรมเพิ่มขึ้น ซึ่งหากพิจารณาในแง่ของผลทางเศรษฐศาสตร์โดยประเมินผลจากต้นทุนต่อประสิทธิภาพ (cost-effectiveness) ต้นทุนทางตรงของการเคลือบหลุมร่องฟันจะประกอบไปด้วย ต้นทุนค่าแรง ต้นทุนวัสดุ และต้นทุนลงทุน³²⁻³⁴ โดยต้นทุนวัสดุจะเป็นส่วนที่มีสัดส่วนสูงสุดหรือรองลงมาเป็นอันดับสองขึ้นกับบริบทของแต่ละสถานบริการ ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจศึกษาต่อไปในอนาคตว่าหากนำต้นทุนวัสดุของวัสดุทั้ง 2 ชนิดมาพิจารณาร่วมกับอัตราการยึดติดทางคลินิก ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีความเทียบเท่ากันนั้น ต้นทุนต่อประสิทธิภาพของการเคลือบหลุมร่องฟันด้วยวัสดุนำเข้ากับวัสดุุนวัตกรรมไทยจะแตกต่างกันหรือไม่ การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาวัสดุทางทันตกรรมที่วิจัยพัฒนาและผลิตภายในประเทศเพื่อทดแทนวัสดุที่นำเข้า อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณสมบัติวัสดุให้มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น วัสดุุนวัตกรรมไทยจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่ทำให้ภาครัฐและเอกชนสามารถจัดหาวัสดุที่มีคุณภาพและราคาที่เหมาะสมเพื่อใช้ในงานส่งเสริมและป้องกันสุขภาพช่องปากของประชาชนต่อไป

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นการประเมินผลทางคลินิกที่ระยะเวลา 6 และ 12 เดือนหลังการรักษา ดังนั้นการติดตามและประเมินอัตราการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ระยะเวลา 2 ปี

จะเป็นข้อมูลที่บ่งชี้ประสิทธิภาพของวัสดุเพื่อช่วยในการตัดสินใจและยอมรับของทันตแพทย์เพิ่มมากขึ้น

บทสรุป

จากการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการยึดติดทางคลินิกของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดใสระหว่างวัสดุุนวัตกรรมไทยกับวัสดุนำเข้า พบว่าที่ระยะเวลา 6 และ 12 เดือน วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันนวัตกรรมไทยแอลเอเอสเคลียร์มีอัตราการยึดติดของวัสดุกับผิวฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งด้านบดเคี้ยวเทียบเท่ากับวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันเดลดันเคลียร์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์ด้านวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันจากหลักสูตรสาขาทันตชีววัสดุศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย และหน่วยวิจัยสมุนไพรรักษาวัสดุและวัสดุเพื่อการรักษาทางทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ทพญ.มนวิภา เกียรติชนะบำรุง และเจ้าหน้าที่ฝ่ายทันตกรรม คณะแพทยศาสตร์จุฬาราชพยาบาลมหาวิทยาลัยนวมินทราชินี ตลอดจนโรงเรียนในพื้นที่ที่เข้าร่วมการโคจรวิจัยในครั้งนี้

ภาคผนวก ก

$$n_2 = \frac{(z_{1-\alpha} + z_{1-\frac{\beta}{2}})^2}{(\delta - |\epsilon|)^2} \left[\frac{p_1(1-p_1)}{k} + p_2(1-p_2) \right] \epsilon = p_1 - p_2$$

$$k = \frac{n_1}{n_2}$$

$$n_1 = kn_2$$

$k = n_1/n_2$ is the ratio between the sample sizes of the two groups ($= 1$ means that each group has an equal sample size)

α is a significance level ($\alpha = 0.05$)

β is a type II error probability ($\beta = 0.2$)

δ is a margin or level of acceptable difference ($\delta = 0.2$)

เอกสารอ้างอิง

1. Bureau of Dental Health, Department of Health, Ministry of Public Health. The 8th Oral health survey Thailand (2017). Bangkok, Thailand: Samcharoen Panich (Bangkok) Co., Ltd; 2018.
2. Welbury R, Raadal M, Lygidakis NA. EAPD guidelines for the use of pit and fissure sealants. *Eur J Paediatr Dent* 2004;5(3):179-84.
3. Beauchamp J, Caulfield PW, Crall JJ, Donly K, Feigal R, Gooch B, et al. Evidence-Based clinical recommendations for the use of Pit-and-Fissure sealants. *J Am Dent Assoc* 2008;139(3):257-68.
4. Ahovuo-Saloranta A, Forss H, Walsh T, Nordblad A, Makela M, Worthington HV. Pit and fissure sealants for preventing dental decay

- in permanent teeth. *Cochrane Database Syst Rev* 2017;7(7):CD001830.
5. National Institutes of Health. Consensus development conference statement on dental sealants in the prevention of tooth decay. *J Am Dent Assoc* 1984;108(2):233-6.
 6. Ripa LW. Occlusal sealants: an overview of clinical studies. *J Public Health Dent* 1983;43(3):216-25.
 7. Ministry of Public Health. the 8th five-year National health development plan : The policy deployment (1997-2001). Thailand: Ministry of Public Health; 1997.
 8. Murdoch-Kinch CA, McLean ME. Minimally invasive dentistry. *J Am Dent Assoc* 2003;134(1):87-95.
 9. Tyas M, Anusavice K, Frencken J, Mount G. Minimal intervention dentistry — a review. *Int Dent J* 2000;50(1):1-12.
 10. Alves LS, Giongo FCMdS, Mua B, Martins VB, Barbachan E Silva B, Qvist V, *et al.* A randomized clinical trial on the sealing of occlusal carious lesions: 3 4-year results. *Braz Oral Res* 2017;31:e44.
 11. Mertz-Fairhurst EJ, Curtis JWJ, Egle JW, Rueggeberg FA, Adair SM. Ultraconservative and cariostatic sealed restoration: Results at year 10. *J Am Dent Assoc* 1998;129(1):55-66.
 12. Thompson V, Craig RG, Curro FA, Green WS, Ship JA. Treatment of deep carious lesions by complete excavation or partial removal: a critical review. *J Am Dent Assoc* 2008;139(6):705-12.
 13. American Academy of Pediatric Dentistry and American Dental Association. Use of Pit-and-Fissure sealants. *Pediatr Dent* 2017;39(6):156-72.
 14. Griffin SO, Oong E, Kohn W, Vidakovic B, Gooch BF, Bader J, *et al.* The effectiveness of sealants in managing caries lesions. *J Dent Res* 2008;87(2):169-74.
 15. Wright JT, Crall JJ, Fontana M, Gillette EJ, Nový BB, Dhar V, *et al.* Evidence-based clinical practice guideline for the use of pit-and-fissure sealants: A report of the American Dental Association and the American Academy of Pediatric Dentistry. *J Am Dent Assoc* 2016;147(8):672-82.e12.
 16. Thunyakitpisal P, Rupunt T, Thunyakitpisal N, Saravari O, Kashima DP, Jiemsirilers S. Depth of cure, flexural strength, microhardness, and cytotoxicity of light activated pit and fissure resin-based sealant experimental prototypes. *CU Dent J* 2016;39(2):8.
 17. Thunyakitpisal P, Thunyakitpisal N, Godoy DJD, Saravari O, Kashima DP, Limcharoen B, *et al.* Subcutaneous implantation of the light-activated pit and fissure resin-based sealant prototypes LAS-clear and LAS-opaque resulted in a mild transient tissue reaction. *Thai J Vet Med* 2017;47(3):339-47.
 18. Chow SC, Shao J, Wang H. Large Sample Tests for Proportions In: Chow SC, editor. Sample Size Calculations in Clinical Research. New York: Marcel Dekker, Inc; 2003. p. 81-114.
 19. Friedman LM, Furberg CD, DeMets DL. Basic study design. In: Friedman LM, Furberg CD, DeMets DL, editors. Fundamentals of Clinical Trials. 4th ed. New York: Springer; 2010. p. 89 - 122.
 20. Nakornchai S, Keingthong P, Chaweeikulrat W. The retention of lacial made sealant (Clinical study : 36-month follow-up). *J Dent Assoc Thai* 2003;53(2):71-8.
 21. Ashby D. Practical statistics for medical research. In: Douglas G. Altman CaH, editor. Statistics in Medicine. London: Chapman & Hall/ CRC; 1991. p. 1635-6.
 22. Simonsen RJ. Pit and fissure sealant: review of the literature. *Pediatr Dent* 2002;24(5):393-414.
 23. Rock WP, Potts AJ, Marchment MD, Clayton-Smith AJ, Galuszka MA. The visibility of clear and opaque fissure sealants. *Br Dent J* 1989;167(11):395-6.
 24. Naaman R, El-Housseiny AA, Alamoudi N. The use of pit and fissure sealants-A literature review. *Dent J* 2017;5(4):34:1-19.
 25. Bravo M, Osorio E, Garcia-Anllo I, Llodra JC, Baca P. The influence of dft index on sealant success: a 48-month survival analysis. *J Dent Res* 1996;75(2):768-74.
 26. Kargul B, Tanboga I, Gulman N. A comparative study of fissure sealants Helioseal Clear Chroma and Delton FS(+): 3 year results. *Eur Arch Paediatr Dent* 2009;10(4):218-22.
 27. Charbeneau GT, Dennison JB. Clinical success and potential failure after single application of a pit and fissure sealant: a four-year report. *J Am Dent Assoc* 1979;98(4):559-64.
 28. Nardi GM, Mazur M, Corridore D, Capocci M, Rinaldo FM, Maruotti A, *et al.* Clinical comparison between an opaque and a clear pit and fissures sealants: a 12-month split-mouth, randomized controlled study. *Clin Ter* 2018;169(1):e5-e9.
 29. Kobayashi TY, Rios D, Machado MA, Oliveira TM, Da Silva SM. A Two-Year clinical evaluation of fluoride and non-fluoride resin-based pit-and-fissure sealants. *Br Dent J* 2015;26(6):678-84.
 30. Lygidakis NA, Oulis KI, Christodoulidis A. Evaluation of fissure sealants retention following four different isolation and surface preparation techniques: four years clinical trial. *J Clin Pediatr Dent* 1994;19(1):23-5.
 31. Papageorgiou SN, Dimitraki D, Kotsanos N, Bekes K, van Waas H. Performance of pit and fissure sealants according to tooth characteristics: A systematic review and meta-analysis. *J Dent* 2017;66:8-17.
 32. Phetcharoan W. Cost-effectiveness of dental sealant on First Molars of primary school students, Lamae hospital, Chumphon province. *Reg 11 Med J* 2019;33(1):601-12.
 33. Hiangchaisakulthai K, Prakongsa P. Individual Patient-Level Cost Study: Micro-Costing Method with Cost Matrix. *J Health Sci* 2015;24(5):1001-10.
 34. Tianviwat S, Chongsuvivatwong V, Birch S. Estimating Unit Costs for Dental Service Delivery in Institutional and Community-Based Settings in Southern Thailand. *Asia Pac J Public Health* 2008;21(1):84-93.

การแสดงออกของซีฟอสในไตรเจมินัลนิวเคลียสและน้ำหนักของหนูทดลองภายหลังเนื้อเยื่อในฟันกรามอักเสบ

C-Fos Expression in Trigeminal Nucleus and Bodyweight of Rats after Pulpitis in Molar Tooth

อานนท์ชัย จันทรสุนทรภาส¹, อุไรวรรณ โชคชนะชัยสกุล¹

Arnonchai Junsuntonpass¹, Uraiwan Chokechanachaisakul¹

¹ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

¹Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

บทคัดย่อ

การแสดงออกของซีฟอสที่พบได้ในนิวเคลียสของเซลล์ประสาทเกี่ยวข้องกับความรู้สึกเจ็บปวดภายหลังกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าที่เป็นอันตรายหลายชนิด และถูกใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ความเจ็บปวด ในกรณีที่ได้รับการบาดเจ็บที่ฟันยังมีวิธีวัดความเจ็บปวดในสัตว์ทดลองโดยใช้การลดลงของน้ำหนัก ซึ่งเป็นการวัดความเจ็บปวดทางอ้อมจากการพฤติกรรมทานอาหารที่เปลี่ยนแปลงจากความเจ็บปวด วัดอุปสรรคการศึกษาคือเพื่อศึกษาน้ำหนักของหนูทดลองที่เปลี่ยนแปลงร่วมกับการแสดงออกของซีฟอส หนูทดลองเพศผู้ถูกนำมาเลี้ยงและวัดน้ำหนักเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แบ่งหนูทดลองออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง นำหนูทดลองกลุ่มควบคุมมากรอฟันกรามล่างซ้ายลึก 0.5 มม. ขณะที่กลุ่มทดลองกรอฟันลึกจนทะลุโพรงประสาทฟันและเลี้ยงต่อเพื่อชั่งน้ำหนักอีก 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นนำหนูมากรอขนาดเพื่อเก็บชิ้นเนื้อสมองและฟัน นับจำนวนเซลล์ประสาทที่มีการแสดงออกของซีฟอส ในบริเวณสมองด้านเดียวกันและฝังตรงข้ามด้วยวิธีอิมมูโนฮิสโตเคมี และวิเคราะห์ความแตกต่างของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นก่อนและหลังการทดลองด้วยสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน ส่วนเนื้อเยื่อในฟันที่อักเสบวิเคราะห์ด้วยผลทางจุลพยาธิวิทยา จากผลการทดลองพบว่า กลุ่มทดลองมีจำนวนเซลล์ประสาทที่มีฟอสแสดงออกในสมองข้างเดียวกันมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หนูทดลองทุกกลุ่มมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังการทดลองช้าลงกว่าก่อนการทดลอง และความแตกต่างของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง มีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลทางจุลพยาธิวิทยาของฟันกรามล่างซ้ายซี่ที่ 1 ในกลุ่มควบคุมพบ ลักษณะของเนื้อเยื่อในฟันที่ปกติ ในขณะที่กลุ่มทดลองพบการตายของเนื้อเยื่อในฟัน มีการขยายตัวของหลอดเลือด และมีการแทรกซึมของเซลล์อักเสบเรื้อรัง ดังนั้นน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นวิธีที่ง่ายต่อการวัดและสามารถใช้เป็นวิธีวัดความเจ็บปวดที่เกิดขึ้นจากฟันทางอ้อมได้ รวมถึงวิธีการทดลองนี้ยังมีประโยชน์ต่อการใช้ประเมินความเจ็บปวดในสัตว์ทดลองอีกด้วย

คำสำคัญ : น้ำหนัก, ซีฟอส, เนื้อเยื่อในฟันอักเสบ, ไตรเจมินัลนิวเคลียส

Abstract

The c-Fos expression, found in nuclei of neurons, was associated with nociception after many types of noxious stimuli and introduced as a marker of pain. In case of teeth injuries, another detection method of pain sensation in animal models can be inferred from weight loss as an indirect pain measurement of feeding behavior, resulting from pain. The aim of this study was to detect pulpal pain via bodyweight combine with c-Fos expression in the rat model. Ten male Sprague-Dawley rats were nurtured and recorded their pre-operative weights for 1 week. All rats were randomly divided into control and experimental groups. The lower left first mandibular molar was drilled 0.5 mm. in the control

group while the pulp was exposed in the experimental group and all rats were parented and recorded their post-operative weights for 1 week. Then, all rats were euthanized and the brain tissues and the teeth were collected. The number of Fos immunoreactive (IR) neurons from the ipsilateral and contralateral brain were detected by immunohistochemistry. The difference of pre- and post-operative increasing weight was analyzed by *t*-test. Pulpitis was histologically diagnosed. The Fos-IR neurons were significantly higher in the ipsilateral trigeminal nucleus in the experimental group, compared to the control group. In all rats, the post-operative increasing weights increased slower than pre-operative increasing weights and the difference of pre- and post-increasing operative weight of the experimental group was significantly lower than that of the control group. The histologic findings of first molar rats showed normally dental pulp morphology in the control group while the pulp of exposure group exhibited an area of necrosis, enlarged blood vessels and chronic inflammatory cell infiltration. Thus, bodyweight changing can be easily used as an indirect pain measurement of pulpal pain. The methods developed are also useful in pain assessment in animal models.

Keyword : Bodyweight, C-Fos, Pulpitis, Trigeminal nucleus

Date: Jun 28, 2020 **Revised Date:** Sep 14, 2020 **Accepted Date:** Oct 12, 2020

doi: 10.14456/jdat.2021.14

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

อุไรวรรณ โชคชนะชัยสกุล ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 34 ถนนอังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330 ประเทศไทย โทร: 089-1295254 แฟกซ์: 02-2188796 อีเมล: uraiwanchoke@gmail.com

Correspondence to:

Uraiwan Chokechanachaisakul, Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Henri-Dunant Road, Patumwan, Bangkok 10330, Thailand. Tel: 089-1295254 Fax: 02-2188796 E-mail: uraiwanchoke@gmail.com

บทนำ

โรคเนื้อเยื่อในฟันอักเสบเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดอาการปวดฟันซึ่งมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับความไวเจ็บเหตุประสาทส่วนปลาย (peripheral sensitization)¹ และความไวเจ็บเหตุประสาทส่วนกลาง (central sensitization)² ความไวเจ็บเหตุประสาทส่วนกลางสามารถทำให้กระแสประสาทเกิดเอง (spontaneous activity) เพิ่มพื้นที่รับรู้ความรู้สึก (receptive field) ที่ตอบสนองสิ่งเร้าทางกล และลดขีดเริ่มเปลี่ยนของเซลล์ประสาท (threshold of neurons) ส่งผลให้เกิดอาการปวดมากกว่าปกติจากตัวกระตุ้นที่ทำให้ปวด (hyperalgesia) และอาการปวดจากตัวกระตุ้นที่ไม่ทำให้ปวด (allodynia)³ ในหลายการศึกษาพบว่าเมื่อกระตุ้นเนื้อเยื่อในฟันที่อักเสบด้วยสิ่งเร้าที่เป็นอันตราย (noxious stimulation) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในโหนดนิวเคลียส (trigeminal nucleus) และ ทาลามัส (thalamus) ของสัตว์ทดลอง⁴⁻⁶ โดยตัวบ่งชี้ที่นิยมใช้ในการศึกษาพื้นฐานเกี่ยวกับความปวดที่เกิดจากการบาดเจ็บโดยตรงคือ ซีฟอส (c-Fos) ซึ่งเป็นยีนที่แสดงออกภายในเซลล์ประสาทที่พบได้ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม⁷ ซีฟอสและความเจ็บปวดมีความ

สัมพันธ์กันโดยตรงหลังจากที่มีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าที่เป็นอันตรายหลายชนิดไปที่เนื้อเยื่อในฟัน เช่น สิ่งเร้าทางกล ทางเคมี ทางไฟฟ้า หรือ ทางอุณหภูมิ^{4,8,9} ดังนั้นการแสดงออกของซีฟอสที่บริเวณสมองและไขสันหลัง จึงถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้ของความเจ็บปวดที่เกิดขึ้นจากการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าเพื่อทำให้เกิดความเจ็บปวดรวมถึงความเจ็บปวดจากการอักเสบของเนื้อในฟัน^{10,11}

นอกจากนี้ยังมีวิธีในการวัดความเจ็บปวดในสัตว์ทดลองทางอ้อมจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของสัตว์อีกหลายวิธี เช่น การแล่น การเกาะที่ใบหน้า และ น้ำหนัก^{9,12} จากการศึกษาในอดีตพบว่า น้ำหนักที่ลดลงของสัตว์ทดลองหลังจากการทำให้บาดเจ็บที่ฟันสามารถใช้ประเมินความเจ็บปวดในสัตว์ทดลองทางอ้อมได้ เนื่องจากการลดลงของน้ำหนักที่เกิดขึ้นจากการบาดเจ็บที่ฟันส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการหาอาหารของสัตว์ทดลอง^{12,13}

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของหนูและการแสดงออกของซีฟอสในโหนดนิวเคลียสระหว่างหนูทดลองที่เกิดความเจ็บปวดจาก

การอักเสบของเนื้อเยื่อในฟัน และหนูทดลองที่ไม่มีการเจ็บปวดจากการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟัน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนการเตรียมสัตว์ทดลอง

การศึกษานี้ได้รับการพิจารณาจริยธรรมในสัตว์ทดลองจาก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยหมายเลข 1832005 นำหนูแรทสายพันธุ์ Sprague-Dawley เพศผู้ จำนวน 10 ตัว อายุ 6 สัปดาห์ แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุม (non-exposed pulp) และ กลุ่มทดลอง (exposed pulp) กลุ่มละ 5 ตัว เลี้ยงภายใต้ระยะเวลาการให้แสงสว่าง 12 ชั่วโมง และมีด 12 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักหนูทดลองทุกวันเป็นเวลา 7 วัน เมื่อครบกำหนดเวลาทำการสลับหนูทดลองด้วยวิธีการฉีดยาใต้เยื่อช่องท้องด้วยเพนโทบาร์บิทอล (pentobarbital) ขนาด 40 มก./กก. และฉีดยาชาด้วยเมพิวาเคนความเข้มข้นร้อยละ 2 ร่วมกับอีพินิเฟรินอัตราส่วน 1:100,000 ปริมาณ 0.1 มล. (2% mepivacaine with epinephrine 1:100,000, 0.1 ml) ที่ปลายรากฟันกรามล่างซ้ายซี่ที่ 1 หลังจากนั้นนำหนูทดลองกลุ่มควบคุมมากรอฟันกรามล่างซ้ายซี่ที่ 1 ทางด้านบดเคี้ยว ขนาด 0.5 มม. x 0.5 มม. และลึก 0.5 มม. ด้วยหัวกรออัลตราโซนิก (ASLD ultrasonic tip, Acteon Thailand, Bangkok, Thailand) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (microscope SZ61, Olympus corporation, Tokyo, Japan) ในกลุ่มทดลองทำการกรอฟันกรามล่างซ้ายซี่ที่ 1 ทางด้านบดเคี้ยวจนทะลุโพรงประสาทฟัน โดยสังเกตจากจุดเลือดออกภายในตัวฟันและเลี้ยงหนูทั้ง 2 กลุ่ม รวมถึงชั่งน้ำหนักต่อไปอีก 7 วัน เมื่อครบ 1 สัปดาห์ ทำการการุณยฆาตหนูทดลอง ทั้ง 2 กลุ่ม เริ่มด้วยการสลับหนูทดลอง และผ่าตัดเปิดช่องอก สอดเข็มผ่านทางหัวใจห้องล่างซ้ายเพื่อเติม 0.1 M phosphate buffered saline ที่ pH 7.4 เข้าไปในหัวใจและกระจายไปทั่วตัว แล้วเปิดหัวใจห้องบนขวาเพื่อให้เลือดไหลออกจากร่างกาย หลังจากนั้นทำการเติม 4% paraformaldehyde ใน 0.1 M phosphate buffered saline ที่ pH 7.4 250 มล. (transcardial perfusion) เปิดกะโหลกศีรษะเพื่อเก็บเนื้อเยื่อสมองที่บริเวณก้านสมองขนาด 4 มม. นำตัวอย่างทั้งหมดไปรักษาสภาพใน 4% paraformaldehyde ที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เก็บขากระดูกกลางของหนูทดลองทั้งสองข้างไปรักษาสภาพใน 10% neutral buffer formalin เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และแช่ใน 10% EDTA ที่ pH 7.4 ต่อเป็นเวลา 14 วัน หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่เก็บมาทั้งหมดผ่านกระบวนการเตรียมชิ้นเนื้อในพาราฟิน

การวัดน้ำหนักหนูทดลอง

ก่อนทำการทดลองหนูทดลองทุกตัวถูกวัดน้ำหนักทุกวันในตอนเช้าเป็นเวลา 7 วัน และนำมาคำนวณเป็นอัตราส่วนน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันก่อนการทดลอง หลังจากการกรอฟันหนูทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ในวันที่ 7 หนูทดลองถูกนำมาวัดน้ำหนักอีกครั้งเป็นเวลา

7 วันหลังการกรอฟันเพื่อนำมาคำนวณเป็นอัตราส่วนของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันหลังการทดลอง จากนั้นนำอัตราส่วนน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันหลังการทดลองลบอัตราส่วนน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันก่อนการทดลองจะได้ค่าความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นก่อน-หลังการทดลอง เปรียบเทียบของความแตกต่างของทั้ง 2 กลุ่ม ก่อนและหลังการทดลองด้วยการใช้สถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน (independent *t*-test) กำหนดค่านัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ขั้นตอนทางอิมมูโนฮิสโตเคมี (Immunohistochemical procedures)

นำสมองของหนูทดลองที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมชิ้นเนื้อในพาราฟินเรียบร้อยแล้ว มาตัดแบ่งในแนวหน้า-หลัง (coronal plane) ที่ความหนา 5 ไมครอน จำนวน 89 สไลด์ต่อหนูทดลอง 1 ตัว นำสไลด์ที่ได้เข้ากระบวนการย้อมทางอิมมูโนฮิสโตเคมีด้วยการกำจัดพาราฟินและคืนน้ำเข้าเนื้อเยื่อ จากนั้นนำสไลด์แช่ในสารละลาย TE buffer pH 9.0 ร่วมกับการให้ความร้อนเป็นเวลา 10 นาที และล้างออกนำสไลด์ที่ผ่านการต้มแล้วมาบ่มใน 3% hydrogen peroxide เป็นเวลา 10 นาที และล้างออก นำมาบ่มต่อด้วยแอนติบอดีหลัก (primary antibody) จาก mouse monoclonal anti c-Fos ที่อัตราส่วน 1:50 ในสารละลาย PBS ใน 1% bovine serum albumin (sc-166940, Santa Cruz Biotechnology, Santa Cruz, CA, U.S.A.) ที่ทิ้งไว้เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการย้อมต่อด้วยแอนติบอดีทุติยภูมิ (secondary antibody) Dako EnVision+System-HRP labelled polymer Anti-mouse (K4001, Dako North America, Inc., real Carpinteria, CA, U.S.A.) เป็นเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ขั้นตอนสุดท้ายทำการย้อมสีด้วย Dako Liquid DAB Substrate Chromogen System ที่อัตราส่วน 1:50 (K3468, Dako North America, Inc., real Carpinteria, CA, U.S.A.) เป็นเวลา 5 นาที และย้อมสีทับ (counterstaining) ด้วยสี light green ทำการนับจำนวนของเซลล์ประสาทที่ติดสีซีฟอสในบริเวณสมองทั้งสองข้างของไทรเจมินัลนิวเคลียส ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10X ด้วยโปรแกรม Java image processing and analysis เพื่อเปรียบเทียบของความแตกต่างของไทรเจมินัลนิวเคลียสข้างเดียวกัน (ipsilateral side) ระหว่าง 2 กลุ่มด้วยการสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน และเปรียบเทียบความแตกต่างของไทรเจมินัลนิวเคลียสข้างเดียวกันและฝั่งตรงข้าม (contralateral side) ภายในกลุ่มด้วยสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระจากกัน (dependent *t*-test) กำหนดค่านัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

การเตรียมชิ้นเนื้อทางจุลพยาธิวิทยา (Histopathology)

นำฟันกรามล่างซ้ายซี่ที่ 1 ที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมชิ้นเนื้อในพาราฟินเรียบร้อยแล้ว มาตัดในแนวซ้าย-ขวา (sagittal plane)

ที่ความหนา 10 ไมครอน และนำมาย้อมด้วยสีฮีมาทอกซีลิน (Hematoxylin) และ อีโอซิน (Eosin) เพื่อสังเกตลักษณะของเนื้อเยื่อในฟันที่เปลี่ยนแปลงไป โดยดูการปรากฏของเซลล์อักเสบชนิดต่าง ๆ ภายในเนื้อเยื่อในฟันภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ที่กำลังขยาย 10X

ผลการศึกษา

น้ำหนักของหนูทดลอง

น้ำหนักของหนูทุกกลุ่มค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการทดลอง (รูปที่ 1) โดยกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของน้ำหนัก

ที่เพิ่มขึ้นต่อวันก่อนการทดลองและหลังการทดลองอยู่ที่ 9.23 และ 7.75 กรัม/วัน ตามลำดับ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่อวันก่อนการทดลองและหลังการทดลองของกลุ่มทดลองอยู่ที่ 10.79 และ 7.33 กรัม/วัน ตามลำดับ เมื่อนำมาคำนวณหาความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นก่อน-หลังการทดลองในกลุ่มควบคุมพบว่า มีค่า -1.47 กรัม/วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มทดลองที่มีค่า -3.46 กรัม/วัน ($p < 0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 1)



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักหนูทดลอง (n=5 ต่อกลุ่ม)

Figure 1 The weight changing of rats (n=5 in each group)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และ ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นก่อน-หลังการทดลอง

Table 1 The mean of weight gain ratio and the difference of pre- and post- operative weight gain

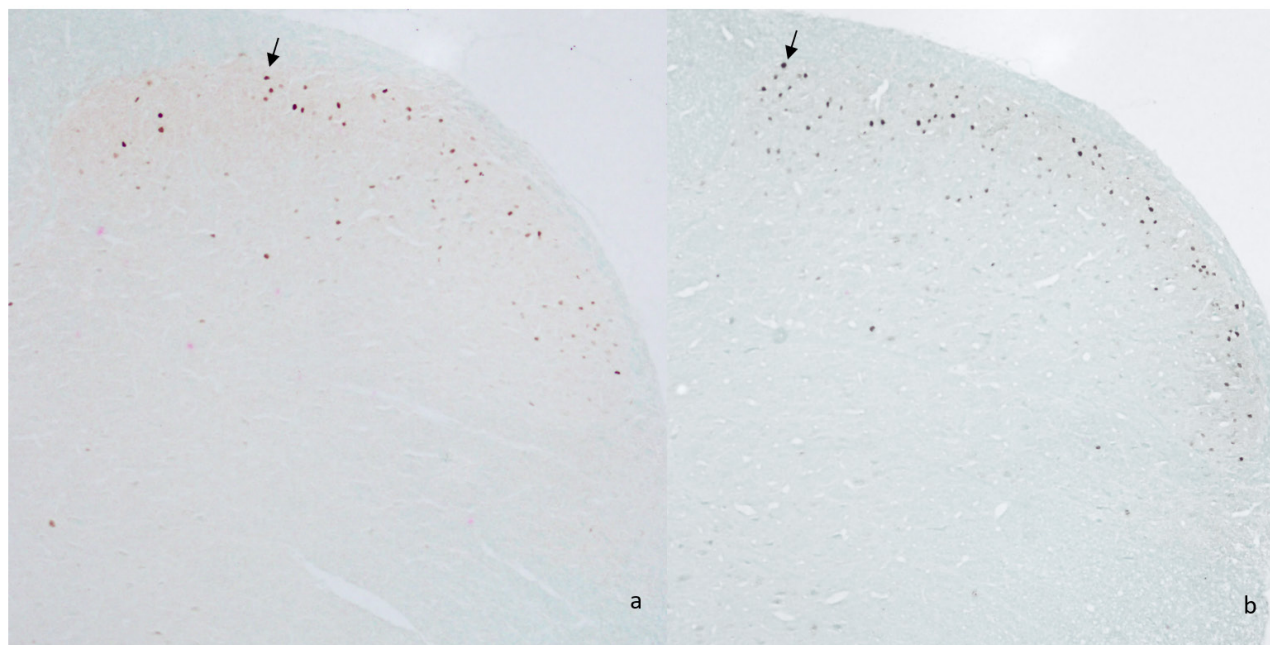
Group	N	Pre-operative weight gain (g/day)	Post-operative weight gain (g/day)	The difference of pre- and post- operative weight gain
Non-exposed pulp	5	9.23 ± 1.03	7.75 ± 0.80	- 1.47 ± 0.16*
Exposed pulp	5	10.79 ± 0.38	7.33 ± 1.14	- 3.46 ± 1.03*

* The mean difference is significant at the 0.05 level

ผลทางอิมมูโนฮิสโตเคมีของไทรเจมินัลนิวเคลียส

จากผลการย้อมทางอิมมูโนฮิสโตเคมีพบการแสดงออกของซีฟอสทั้งสองข้างของไทรเจมินัลนิวเคลียสในทุกกลุ่ม (รูปที่ 2) เมื่อพิจารณาไทรเจมินัลนิวเคลียสข้างเดียวกันและฝั่งตรงข้ามภายในกลุ่มควบคุม พบว่าการแสดงออกของซีฟอสแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($p>0.05$) แต่พบการแสดงออกของซีฟอสที่มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่มทดลอง ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการแสดงออกของซีฟอสในไทรเจมินัลนิวเคลียสข้างเดียวกันระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองพบว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 2)



รูปที่ 2 เซลล์ประสาทที่มีการแสดงออกของซีฟอส (ลูกศรสีดำ) ที่ไทรเจมินัลนิวเคลียสข้างเดียวกันที่กำลังขยาย 10x (a = กลุ่มควบคุม และ b = กลุ่มทดลอง)
Figure 2 C-fos immunoreactive neurons (black arrows) in ipsilateral trigeminal nucleus at magnification 10x. (a = non-exposed pulp, b = exposed pulp)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเซลล์ประสาทที่มีการแสดงออกของซีฟอส

Table 2 Mean and standard deviation of Fos-IR neurons

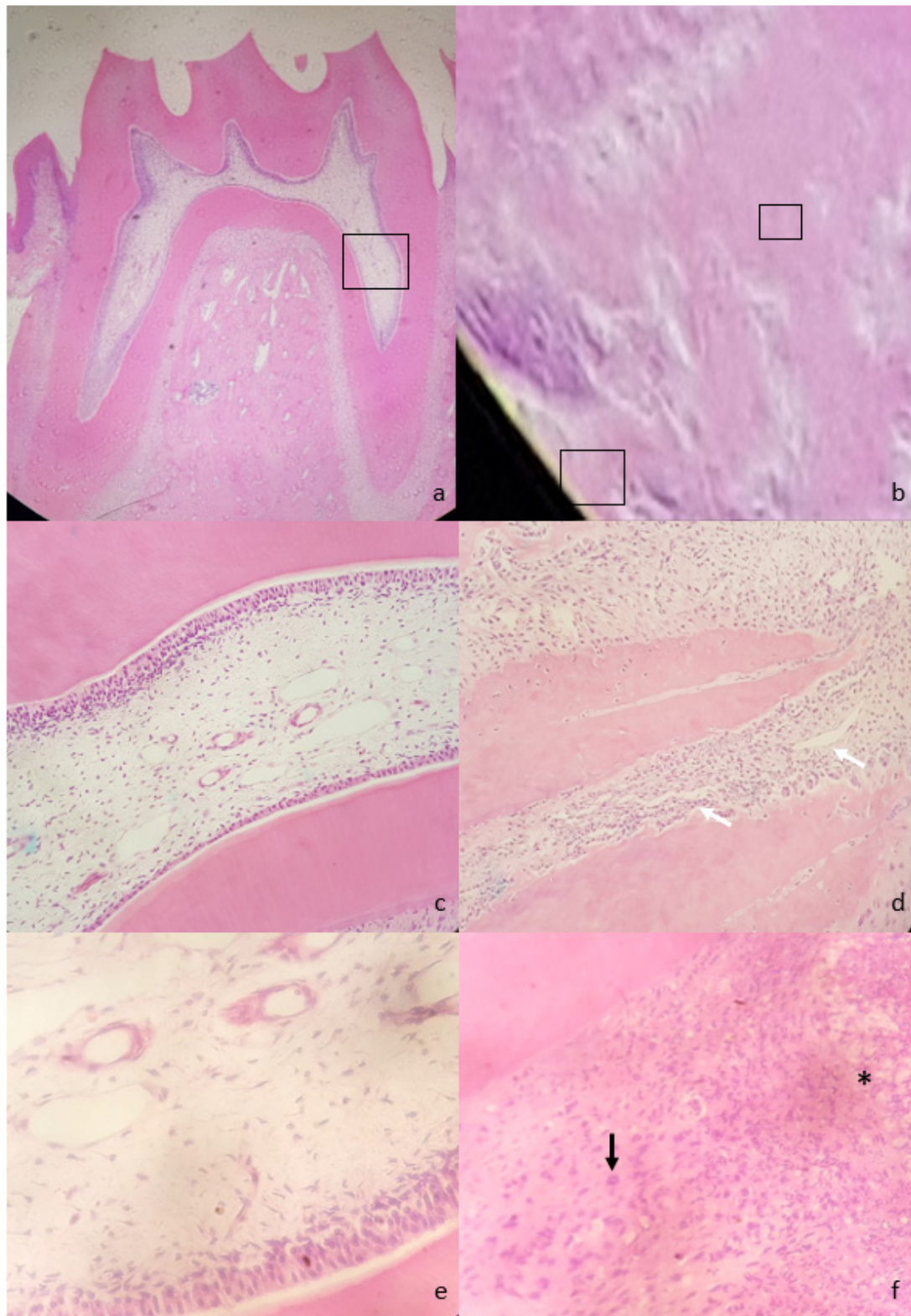
Fos-IR neurons	Non-exposed pulp		Exposed pulp	
	Ipsilateral	Contralateral	Ipsilateral	Contralateral
Mean \pm S.D.	30.70 \pm 2.16	31.52 \pm 0.37	46.95 \pm 2.29*	34.97 \pm 2.50

* The mean difference is significant at the 0.05 level

ผลทางขึ้นเนื้อทางจุลพยาธิวิทยาของฟันกรามล่างซ้ายซี่ที่ 1

ในกลุ่มควบคุมพบลักษณะของโครงสร้างเนื้อเยื่อในฟันที่ปกติ (รูปที่ 3a) ประกอบไปด้วยชั้นของเซลล์สร้างเนื้อฟัน (odontoblastic layer) อยู่บริเวณขอบนอกของเนื้อเยื่อใน ใต้ต่อชั้นของเซลล์สร้างเนื้อฟันพบลักษณะจำนวนเซลล์ที่เบาบาง (cell free zone) ชั้นถัดเข้ามาจะพบลักษณะเซลล์รูปกระสวยจำนวนมาก (cell rich zone) และชั้นในสุดของเนื้อเยื่อในพบเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective

tissues) หลอดเลือด และเส้นประสาท (รูปที่ 3c,e) ในกลุ่มทดลองที่มีการกรอฟันให้ทะลุเนื้อเยื่อในเป็นเวลา 7 วัน (รูปที่ 3b) พบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในฟันอย่างเห็นได้ชัดคือ มีเซลล์อักเสบจำนวนมากที่เนื้อเยื่อในตลอดทั้งความยาวของคลองรากฟัน เช่น polymorphonuclear leukocytes plasma cells และ lymphocytes มีการขยายตัวของหลอดเลือด และเซลล์ตาย (area of necrosis) (รูปที่ 3d,f)



รูปที่ 3 ลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาของฟันกรามล่างซ้ายซี่ที่1ในหนูทดลองกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่กำลังขยาย 10x (a,b), 20x (c,d) และ 40x (e,f) ตามลำดับ บริเวณเนื้อเยื่อในฟันของกลุ่มทดลองพบการขยายตัวของหลอดเลือด (ลูกศรสีขาว) เซลล์ตาย (ดอกจัน) และเซลล์อักเสบ (ลูกศรสีดำ)

Figure 3 The histologic findings showed whole lower first molar rats in the non-exposed pulp group and the exposed pulp group at magnification 10x (a,b), 20x (c,d) and 40x (e,f), respectively. In pulp of the exposed pulp group showed vasodilation (white arrows), area of necrosis (asterisk) and inflammatory cells (black arrow)

บทวิจารณ์

จากการศึกษาพบว่า หนูทดลองที่เนื้อเยื่อในฟันอักเสบเป็นเวลา 1 สัปดาห์ มีการแสดงออกของซีฟอสเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมในไทโรเจมินัลนิวเคลียส และอัตราส่วนของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นก่อน-หลังการทดลองลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การแสดงออกของซีฟอสนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในระดับเซลล์หลังถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าที่เป็นอันตราย เพื่อบ่งบอกว่ามีการทำงานของเซลล์ประสาทที่เกี่ยวข้องกับความเจ็บปวด หลายการศึกษาในอดีตแสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการให้ NMDA antagonists หรือ ตัดเส้นประสาทไป (axotomy) จะส่งผลให้มีการแสดงออกของซีฟอส หรือความไวเจ็บเหตุประสาทส่วนกลางลดลงอย่างมีนัยสำคัญ¹⁴⁻¹⁶ การแสดงออกของซีฟอสจะสัมพันธ์กับเส้นประสาทรับความรู้สึกที่ไปสิ้นสุดตามบริเวณต่าง ๆ ของสมอง ซึ่งสามารถถูกกระตุ้นได้จากสิ่งเร้าหลายอย่างผ่านทางฟัน เช่น ทางกลทางเคมี หรือ อุณหภูมิ^{2,4,8,9} เป็นที่ทราบกันว่าไทโรเจมินัลนิวเคลียสเป็นบริเวณสมองที่ทำหน้าที่รับความรู้สึกที่มาจากฟัน^{17,18} และสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ subnucleus oralis, subnucleus interpolaris และ subnucleus caudalis¹⁹ จากการศึกษาในอดีตพบว่าหลังการกระตุ้นให้โพรงประสาทฟันอักเสบด้วย lipopolysaccharide จากแบคทีเรียเป็นเวลา 72 ชั่วโมง จะมีการแสดงออกของซีฟอสเพิ่มขึ้น ในบริเวณ subnucleus caudalis และ transitional zone ระหว่าง subnucleus interpolaris และ caudalis^{9,20} สอดคล้องกับการศึกษาที่มีการแสดงออกของซีฟอสเพิ่มมากขึ้นหลังทำการกระตุ้นเนื้อเยื่อในฟันให้อักเสบผ่านทางกลด้วยหัวกรอและทิ้งไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ดังนั้นรูปแบบการแสดงออกของซีฟอสในสมองส่วนต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กับเส้นประสาทรับความรู้สึกโดยเฉพาะอย่างยิ่ง A-delta และ C-fibers จากฟันที่ส่วนใหญ่มักพบที่ไทโรเจมินัลนิวเคลียส^{17,21,22}

แต่อย่างไรก็ตามการแสดงออกของซีฟอสที่ถูกใช้เป็นตัวบ่งบอกความเจ็บปวดในหนูทดลองนี้ ยังสามารถที่จะถูกกระตุ้นได้ด้วยสิ่งเร้าที่ไม่ทำให้เกิดอันตราย (non-noxious stimulus) โดยเฉพาะความเครียด^{23,24} ดังนั้นจำเป็นต้องใช้กลุ่มควบคุมที่มีลักษณะเหมือนกับกลุ่มทดลองมากที่สุดเพื่อนำมาเปรียบเทียบ ซึ่งในการศึกษานี้กลุ่มควบคุมถูกทำการทดลองทุกขั้นตอนเหมือนกลุ่มทดลอง แต่มีเพียงแค่การกรอฟันกลุ่มควบคุมที่ไม่ทะลุเนื้อเยื่อในเท่านั้นเพื่อต้องการให้หนูทดลองทั้งสองกลุ่มได้รับความเครียดจากการทดลองใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งสังเกตได้จากการแสดงออกของซีฟอสในไทโรเจมินัลนิวเคลียส ผังตรงข้ามของกลุ่มทดลองมีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับกลุ่มควบคุมในไทโรเจมินัลนิวเคลียสทั้งสองฝั่ง แสดงให้เห็นถึงการมีควบคุมปัจจัยภายในที่ดี

ในการศึกษานี้ใช้การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นก่อน-หลังการทดลองเพื่อดูการเจริญเติบโตแทนการใช้

น้ำหนักที่วัดได้จากสัตว์ทดลองโดยตรง เนื่องด้วยข้อจำกัดของการเลี้ยงสัตว์ทดลองจึงทำให้น้ำหนักเริ่มต้นของหนูทดลองในวันที่ 1 แตกต่างกันเล็กน้อยในแต่ละตัว แต่เมื่อวิเคราะห์ด้วยการทดสอบของครัสคาลและวอลลิส (Kruskal-Wallis Test) พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งการศึกษานี้ใช้กรรมล้างซ้ายซี่ที่ 1 ในการทำให้เกิดความเจ็บปวดซึ่งอยู่ทางด้านในของช่องปาก จึงไม่สามารถสังเกตพฤติกรรมสัตว์ทดลองจากวิธีอื่นได้เช่น การแลบลิ้นไปสัมผัสบริเวณที่เจ็บปวด หรือการเกาที่ใบหน้า ดังนั้นเพื่อลดอคติที่อาจเกิดขึ้นจึงได้พิจารณาใช้การเจริญเติบโตมาวิเคราะห์แทนน้ำหนัก และพบว่าการเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะความรุนแรงของสิ่งเร้าที่ทำให้เจ็บปวดตามวิธีการทดลอง โดยในกลุ่มควบคุมหนูทดลองถูกรอฟันเพียงเล็กน้อย ทำให้การเจริญเติบโตของหนูช้าลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนทำการทดลอง เช่นเดียวกับกลุ่มทดลองหนูทดลองถูกรอฟันจนกระทั่งทะลุเนื้อเยื่อใน ทำให้การเจริญเติบโตของหนูลดลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนทำการทดลอง และลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการวัดความเจ็บปวดในสัตว์ทดลองทางอ้อมโดยใช้การเจริญเติบโตแสดงให้เห็นว่า ความเจ็บปวดเกิดขึ้นจากเนื้อเยื่อในฟันที่อักเสบทำให้การเจริญเติบโตของหนูในกลุ่มทดลองช้ากว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งคล้ายคลึงกับหลายการศึกษาในอดีตที่แสดงให้เห็นว่า เมื่อวัดน้ำหนักโดยตรงจากสัตว์ทดลองที่ถูกกรอฟันกรามจนทะลุโพรงประสาทฟันทิ้งไว้ 72 ชั่วโมง พบว่าน้ำหนักจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไปทั้งกลุ่มที่กรอฟัน 2 ซี่หรือ 4 ซี่ ก็ตาม แต่ในขณะที่พฤติกรรมอื่น ๆ เช่น การสำรวจ ในกลุ่มหนูทดลองที่กรอฟัน 2 ซี่ พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน สัตว์ทดลองมีพฤติกรรมกลับมาเป็นปกติไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม^{12,13} ในการศึกษาครั้งนี้มีการกรอฟันให้เกิดเนื้อเยื่อในอักเสบเพียง 1 ซี่ เท่านั้นเป็นระยะเวลา 7 วัน และยืนยันการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันด้วยผลทางขึ้นเนื้อทางจุลพยาธิวิทยาของฟันที่พบการอักเสบตลอดทั้งคลองรากฟันแต่ไม่พบรอยโรคที่บริเวณปลายรากฟัน ซึ่งเป็นการทำให้เกิดการบาดเจ็บเพียงเล็กน้อย จึงทำให้น้ำหนักของหนูทดลองไม่ลดลงแต่กลายเป็นน้ำหนักที่ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นหลังการบาดเจ็บของหนูทดลองช้าลง ควบคู่กับการแสดงออกของซีฟอสที่เพิ่มมากขึ้นในไทโรเจมินัลนิวเคลียสของกลุ่มทดลองซึ่งบ่งบอกว่าการรับรู้ความเจ็บปวดเกิดขึ้น ดังนั้นการสังเกตพฤติกรรมของสัตว์ทดลองจากอัตราการเพิ่มขึ้นที่ช้าลงของน้ำหนัก สามารถใช้ช่วยประเมินความเจ็บปวดที่เกิดขึ้นในสัตว์ทดลองได้

ทั้งนี้การแสดงออกของซีฟอส ยังสามารถใช้ชดเชยการย้อมทางอิมมูโนฮิสโตเคมีร่วมกับตัวบ่งชี้ชนิดต่าง ๆ เพื่อบอกลักษณะเฉพาะของเซลล์ชนิดนั้น ๆ รวมถึงรูปแบบการกระตุ้นภายในสมอง^{25,26} และ

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเจ็บปวดที่เกิดภายหลังการตายของเนื้อเยื่อใน ร่วมกับการมีรอยโรคปลายรากฟัน ในระยะเวลาที่แตกต่างกันไป ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมในสัตว์ทดลองด้วยวิธีอื่น ๆ เพื่อใช้เป็นวิธีการสังเกตในการทดลองที่เกี่ยวข้องกับความเจ็บปวดที่เกิดขึ้นจากเนื้อเยื่อในฟัน

บทสรุป

การศึกษานี้สรุปได้ว่า การอักเสบของเนื้อเยื่อในฟันซึ่งก่อให้เกิดความเจ็บปวด จะพบการแสดงออกของซีฟอสเพิ่มมากขึ้นในไทโรเจมินัลนิวเคลียส และมีอัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักรากฟันที่ซาลงในหนูทดลอง

เอกสารอ้างอิง

1. Frisad I. Dental Innervation: Functions and Plasticity After Peripheral Injury. *Acta Odontol Scand* 1997;55(4):236-54.
2. Chiang CY, Park SJ, Kwan CL, Hu JW, Sessle BJ. NMDA Receptor Mechanisms Contribute to Neuroplasticity Induced in Caudalis Nociceptive Neurons by Tooth Pulp Stimulation. *J Neurophysiol* 1998;80(5):2621-31.
3. Woolf CJ. Central sensitization: implications for the diagnosis and treatment of pain. *Pain* 2011;152(3 Suppl):S2-15.
4. Byers MR, Chudler EH, Iadarola MJ. Chronic tooth pulp inflammation causes transient and persistent expression of Fos in dynorphin-rich regions of rat brainstem. *Brain Res* 2000;861(2):191-207.
5. Kaneko M, Sunakawa M, Matsui Y, Suda H. Responsiveness Changes of Tooth Pulp-Driven Neurons in Thalamic Ventral Posteromedial and Mediodorsal Nuclei Following Experimental Pulpitis and Naloxone Administration in Rats. *J Oral Biosci* 2005;47(2):135-48.
6. Kaneko M, Kaneko T, Kaneko R, Chokechanachaisakul U, Kawamura J, Sunakawa M, et al. The role of N-methyl-D-aspartate receptor subunits in the rat thalamic mediodorsal nucleus during central sensitization. *Brain Res* 2011;1371:16-22.
7. Curran T, MacConnell WP, van Straaten F, Verma IM. Structure of the FBJ murine osteosarcoma virus genome: molecular cloning of its associated helper virus and the cellular homolog of the v-fos gene from mouse and human cells. *Mol Cell Biol* 1983;3(5):914-21.
8. Chattipakorn SC, Light AR, Narhi M, Maixner W. The effects of noxious dental heating on the jaw-opening reflex and trigeminal Fos expression in the ferret. *J Pain* 2001;2(6):345-53.
9. Chattipakorn SC, Sigurdsson A, Light AR, Narhi M, Maixner W. Trigeminal c-Fos expression and behavioral responses to pulpal inflammation in ferrets. *Pain* 2002;99(1-2):61-9.
10. Harris JA. Using c-fos as a Neural Marker of Pain. *Brain Res Bull* 1998;45(1):1-8.
11. Locher-Claus MT, Erickson TE, Law AS, Johnson WT, Gebhart GF.

Effects of Pre-Emptive Morphine, Ibuprofen or Local Anesthetic on Fos Expression in the Spinal Trigeminal Nucleus Following Tooth Pulp Exposure in the Rat. *J Endod* 2005;31(8):578-83.

12. Chudler EH, Byers MR. Behavioural responses following tooth injury in rats. *Arch Oral Biol* 2005;50(3):333-40.

13. Tarsa L, Balkowiec-Iskra E, Kratochvil FJ, 3rd, Jenkins VK, McLean A, Brown AL, et al. Tooth pulp inflammation increases brain-derived neurotrophic factor expression in rodent trigeminal ganglion neurons. *Neuron* 2010;167(4):1205-15.

14. Chapman V, Honoré P, Buritova J, Besson JM. The contribution of NMDA receptor activation to spinal c-Fos expression in a model of inflammatory pain. *Br J Pharmacol* 1995;116(1):1628-34.

15. Weiser M, Baker H, Wessel TC, Joh TH. Axotomy-induced differential gene induction in neurons of the locus ceruleus and substantia nigra. *Brain Res Mol Brain Res* 1993;17(3):319-27.

16. Weiser M, Baker H, Joh TH. Gene expression in central cholinergic neurons in response to axotomy and deafferentation. *Synapse* 1994;16(2):81-92.

17. Hunt SP, Pini A, Evan G. Induction of c-fos-like protein in spinal cord neurons following sensory stimulation. *Nature* 1987;328(6131):632-4.

18. Coggeshall RE. Fos, nociception and the dorsal horn. *Prog Neurobiol* 2005;77(5):299-352.

19. Dubner R, Bennett GJ. Spinal and trigeminal mechanisms of nociception. *Annu Rev Neurosci* 1983;6(1):381-418.

20. Chattipakorn S, Chattipakorn N, Light AR, Narhi M, Maixner W. Comparison of Fos Expression Within the Ferret's Spinal Trigeminal Nuclear Complex Evoked by Electrical or Noxious-Thermal Pulpal Stimulation. *J Pain* 2005;6(9):569-80.

21. Ossipov MH, Dussor GO, Porreca F. Central modulation of pain. *J Clin Invest* 2010;120(11):3779-87.

22. Sessle BJ. Acute and chronic craniofacial pain: brainstem mechanisms of nociceptive transmission and neuroplasticity, and their clinical correlates. *Crit Rev Oral Biol Med* 2000;11(1):57-91.

23. Grassi-Zucconi G, Menegazzi M, De Prati AC, Bassetti A, Montagnese P, Mandile P, et al. C-fos mRNA is Spontaneously Induced in the Rat Brain During the Activity Period of the Circadian Cycle. *Eur J Neurosci* 1993;5(8):1071-8.

24. Osacka J, Szelle Cernackova A, Horvathova L, Majercikova Z, Pirnik Z, Kiss A. Clozapine impact on c-Fos expression in mild stress preconditioned male rats exposed to a novelty stressor. *J Neurosci Res* 2018;96(11):1786-97.

25. Walker LC, Kastman HE, Krstew EV, Gundlach AL, Lawrence AJ. Central amygdala relaxin-3/relaxin family peptide receptor 3 signalling modulates alcohol seeking in rats. *Br J Pharmacol* 2017;174(19):3359-69.

26. Mahler SV, Aston-Jones GS. Fos activation of selective afferents to ventral tegmental area during cue-induced reinstatement of cocaine seeking in rats. *J Neurosci* 2012;32(38):13309-26.

Oral Health-related Quality of Life in Thai Older People with Metabolic Syndrome

Nattapat Khongsirisombat¹, Sirichai Kiattavorncharoen², Potchaman Sinavarat³, Raweewan Arayasantiparb⁴, Nis Okuma⁵, Supanee Thanakun⁶

¹Geriatric Dental Clinic, Dental Hospital, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Bangkok, Thailand

²Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Bangkok, Thailand

³Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Bangkok, Thailand

⁴Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Bangkok, Thailand

⁵Department of Oral Medicine and Periodontology, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Bangkok, Thailand

⁶College of Dental Medicine, Rangsit University, Pathumthani, Thailand

Abstract

This study evaluated oral health-related quality of life (OH-QoL) and factors related in Thai older people with and without metabolic syndrome (MS). Participants were Thai older people and their data were collected. MS was diagnosed; oral status and oral dryness were determined. OH-QoL was evaluated by the oral health impact profile index (OHIP-14). Forty-four (62.0 %) participants with MS and 27 (38.0 %) healthy older people were recruited. The age range of the participants was 60-86 years. Patients with MS had fewer sleeping hours than patients without MS but had higher tooth diseases. ($p=0.009$ and $p=0.022$, respectively) Oral dryness was significantly higher in patients with MS than in patients without MS. ($p=0.007$) A negative impact on the quality of life evaluated by OHIP-14 scoring 3-4 tended to be found more frequently in participants with MS. ($p=0.041$) An average score of each item in older persons with MS was more prominent than that of the non-MS group. However, the total score for the assessment of OH-QoL severity was a marginally significant difference. ($p=0.055$) The odds ratio for the response at OHIP-14 scoring 4 as predicted by waist circumference (WC), oral dryness and sleeping hours was 1.15 (95%CI:1.04,1.27), 0.61 (95%CI:0.38,0.99) and 0.32 (95%CI:0.14,0.71), respectively. Nevertheless, if the outcome for the response at OHIP-14 scoring 3-4 was determined, oral dryness factor disappeared. Therefore, older people with MS have an increasing undesirably negative impact on OH-QoL, influenced by WC, oral dryness, and sleeping hours.

Keywords: aged, metabolic syndrome, oral health, quality of life

Received Date: Jun 18, 2020

Revised Date: Jul 1, 2020

Accepted Date: Sep 22, 2020

doi: 10.14456/jdat.2021.15

Funding resources : This study was supported by the Master of Science Program in Geriatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Mahidol University.

Correspondence to:

Sirichai Kiattavorncharoen. Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Mahidol University, 6 Yothi Street, Rajatevee, Bangkok, 10400 Thailand. Tel: 02-200-7845-7 Fax: 02- 200-7844 E-mail: Sirichai.kia@mahidol.ac.th

Introduction

Metabolic syndrome (MS) is a group of disorders that increase the risk of cardiovascular disease (CVD), diabetes mellitus (DM) and other health problems. The components of MS include central obesity, hyperglycemia, raised blood pressure (BP), and dyslipidemia (DLP), i.e. elevated levels of triglyceride (TG) but low levels of high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C).¹

There are particular studies of linking oral health with MS.^{2,3} Chomkhakhai *et al.* reported oral health status in Thai patients with MS.² Approximately half of the patients with MS presented with dental caries, periodontitis, dry mouth, oral mucosal changes; and approximately one fourth had a high Candida level. In addition, 62.6 % of MS patients were more than 60 years old and discussed that the prevalence of MS and CVD were higher in Thai older people.² Thanakun *et al.* found that MS was strongly associated with severe periodontitis and MS with 4-5 components were higher associated with severe periodontitis than MS with three components.³

Apart from studies concerning the relationship between MS or pre-existing risks of MS and oral health, several studies focus on health-related quality of life (HR-QoL) and oral-health related quality of life (OH-QoL). The associations of MS or MS components, comprising of DM, obesity, HT and DLP, with low QoL have been reported.⁴⁻⁷ However, the studies regarding the association between MS component and OH-QoL are not widely mentioned. The study of MS entity and OH-QoL was not established. Allen *et al.* showed a moderate impact of DM on OH-QoL, specifically dietary dissatisfaction.⁸ Makhija *et al.* found a statistically significant association of BMI with OH-QoL.⁹ Mehta reported edentulism, either partial or complete, can affect not only oral health but the general health of a person.¹⁰ Motallebnejad *et al.* showed older people had an undesirable impact on OH-QoL.¹¹ Besides, some studies demonstrate the relationship of oral mucosal dryness that may occur in older people or other conditions with MS or pre-existing risks.^{2,12} Previous studies also exhibit that dry mouth provokes a negative impact on OH-QoL.^{13,14}

As aforementioned, half of the Thai patients with MS were older people and had oral problems.² Moreover, patients with a history of MS component usually had impaired OH-QoL.^{8,9} However, the study of OH-QoL in older people with MS has not been presented. Therefore, this study aims to evaluate OH-QoL in older Thai people with MS and compare OH-QoL between older Thai people with MS and without MS. The factors related to OH-QoL in older Thai people with MS are determined.

Materials and Methods

Patient selection / Ethics approval

The participants screened in this study were 180 older Thai patients who came to the Geriatric Dentistry and Maxillofacial Prosthetic Clinic of Maha Chakri Sirindhorn Dental Hospital, Faculty of Dentistry, Mahidol University from October 2019 to February 2020. The inclusion criteria were older Thai people who were over 60 years old. All participants had to provide a laboratory profile and have no history of dental treatment within the prior six months. The results must comprise the levels of HDL-C, TG and fasting plasma glucose (FPG). The exclusion criteria were patients with a history of radiotherapy in the head and neck regions, had chemotherapeutic treatment during the previous three months, or the presence of diseases of the salivary gland.

The study was approved by the Ethics Committee of the Faculty of Dentistry, Mahidol University, and conformed with the Declaration of Helsinki (MU-DT/PY-IRB 2019/048.3107).

Assessment of patients' data

Age, sex, occupation, marital status, education level, living status, general and dental health care financial status were obtained from interviews.

Assessment of general health

Participants with MS were diagnosed from remarkable laboratory profile or a medical history of three or more of the following criteria; 1) elevated TG: ≥ 150 mg/dL or on drug treatment for elevated TG, 2) reduced HDL-C: < 40 mg/dL in men or < 50 mg/dL in women or on drug treatment for

reduced HDL-C, 3) elevated BP: ≥ 130 mm Hg systolic BP or ≥ 85 mm Hg diastolic BP or on antihypertensive drug treatment in a patient with a history of HT, 4) elevated FPG: ≥ 100 mg/dL or on drug treatment for elevated glucose, 5) increased WC: ≥ 90 cm in men or ≥ 80 cm in women.¹

The data of patients' travel type (independent or dependent), exercise behaviors (30-40 minutes per exercise time; <3 times weekly and ≥ 3 times weekly), sleeping time (hours), alcohol consumption (yes, former or never), smoking, medical problems and drug use were recorded. Height and weight were measured and calculated to BMI. BMI is calculated by dividing weight (kilogram) with height (meter) squared. For participants who are unable to stand upright, height was asked from the participant or the data of the ID card.

Assessment of oral health

The data, including the number of tooth diseases, number of tooth loss and remaining teeth, the Periodontal Screening and Recording Index (PSR) score, and oral mucosal dryness, were examined by one investigator (NK).

Tooth diseases consisted of dental caries, broken teeth, tooth wear, pulpal and periapical tissue diseases. The number of tooth loss and remaining teeth were also counted. Remaining teeth included sound teeth and retained root. The third molar was omitted from the study.

Periodontal status was evaluated by the PSR index. The method is based on the following three periodontal disease indicators: gingival bleeding on probing, calculus accumulation and probing depth. The mouth is divided to six sextants (tooth 18-14, 13-23, 24-28, 34-38, 33-43 and 44-48). Each tooth is examined and marked from code 0 to code 4, but only the highest score of the sextant is recorded. PSR code definitions are; code 0 showed absence of any clinical signs, code 1 showed bleeding on probing, code 2 showed supra and/or subgingival calculus and/or defective margins, code 3 showed periodontal pocket 4-5.5 millimeter (mm.) in depth (coloured band on probe partially visible), and code 4 showed periodontal pocket 6 mm. in depth or more (colored band no longer visible).¹⁵ Sextants with fewer than two teeth are scored with an 'X' and

are not considered in the overall evaluation.¹⁵ PSR scores of 3 in two or more sextants or a PSR score of 4 in any sextant was diagnosed periodontitis.¹⁵

Oral mucosal dryness was determined from the Xerostomia Inventory (XI-11) questionnaire and the Clinical Oral Dryness Scoring (CODS).^{16,17} Participants were interviewed face to face following the questions by the principal investigator (NK). The answer to each question of XI-11 (Thai-version) showed the frequency of symptoms in the preceding four weeks. The score of Likert-scale response to XI-11 is in the range of 11-55, a higher total score represented more xerostomia than a lower score.¹⁶

Hyposalivation was examined and interpreted using the CODS by one investigator (NK). Each feature which is clinically presented from ten items has 1 score. The total score is counted and valued from 1 to 10. A high total score indicates increased severity of oral dryness.¹⁷

Assessment of oral health-related quality of life

OH-QoL was determined by Oral Health Impact Profile (OHIP)-14 index developed by Slade.¹⁸ The OHIP-14 related QoL index-Thai version was validated by Chatalongkorn in 2017 and used in this study.¹⁹ Participants were interviewed face to face with the questions by the principal investigator (NK). The answer to each question showed the frequency of perception in the preceding four weeks. The OHIP-14 related QoL index consists of seven domains. Each domain consisted of two questions. Responses of 14 items were graded on a Likert-type scale ranging from 0 to 4; score 4 = "very often", 3 = "fairly often", 2 = "occasionally", 1 = "hardly ever" and 0 = "never".¹⁸ For OHIP-14 related QoL index analysis, two aspects were analyzed, which were prevalence and severity. Prevalence is the percentage of participants whose response scored 3-4 (fairly often/very often) in at least one item.²⁰ Severity is the total score of Likert-scale response to OHIP-14 related QoL index, with the maximum score of 56.²⁰ A higher total score represented a more negative impact on QoL than a lower score.

Statistical analyses were performed using the SPSS software (IBM SPSS statistics version 26.0; SPSS Inc.) Descriptive statistics were used for evaluation OH-QoL in

older Thai people. Pearson's chi-square test, Fisher's Exact Test, Spearman's correlation and Mann-Whitney U test were analyzed where appropriate. Multivariate analysis was applied to determine the factors related to OH-QoL. Scoring 3-4 or 4 which represent negative impact to QoL were used as dependent variables. Significant factors from clinical relevance or bivariate-statistical analysis were put into the model as independent variables.

Results

Characteristics of the study population

Forty-four participants (62.0 %) were diagnosed with MS if they had three or more of the five components from a remarkable laboratory profile or history of drug use. Of these, twenty-four participants (33.8 %) had abnormal laboratory profiles of being diagnosed with MS and using

drugs. Eleven (15.5 %) older people had an average laboratory profile and were being treated for MS. Nine (12.7 %) participants had abnormal laboratory profiles probably diagnosed with MS and no history of using drugs. There were 27 (38.0 %) non-MS participants whose laboratory profiles have not met the criteria for MS diagnosis and no history of any medicine.

Seventy-one participants were between 60-86 years of age. There were no statistical differences for age and sex of the two studied groups. General health laboratory profile used for the diagnosis of MS was significantly different between the non-MS and the MS groups. The average severity score of OHIP-14 related QoL index, which impacted the quality of life, had a marginally significant increase in participants with MS ($p=0.055$). (Table 1)

Table 1 Characteristics of the participants [median (first,third quartile) or n (%)] according to non-MS or MS

	Participants (N=71)		p-value
	Non-MS (n=27)	MS (n=44)	
Age	64.0 (62.0,68.0)	65.5 (62.0,69.0)	0.148
Sex			
Male	11 (40.74%)	26 (59.09%)	0.150
Female	16 (59.26%)	18 (40.91%)	
BMI (kg/m ²)	23.1 (21.2,24.8)	25.6 (23.9,29.1)	< 0.001*
WC (cm)			
Male	86.2 (78.5,90.9)	90.7 (85.5,98.5)	0.023*
Female	79.6 (74.2,83.6)	86.2 (82.8,89.4)	0.003*
FPG (mg/dL)	95 (91,109)	106 (98,118)	0.001*
HDL (mg/dL)			
Male	57 (53,68)	50 (44,56)	0.005*
Female	68 (53,79)	49 (46,55)	0.001*
TG (mg/dL)	77 (59,110)	124 (92,173)	< 0.001*
SBP (mmHg)	125 (111,129)	130 (123,141)	0.004*
DBP (mmHg)	74 (68,82)	81 (73,88)	0.051
Medication for DM			
No	26 (96.30%)	34 (77.27%)	0.043*
Yes	1 (3.70%)	10 (22.73%)	
Medication for DLP			
No	23 (85.19%)	15 (34.09%)	< 0.001*
Yes	4 (14.81%)	29 (65.91%)	
Medication for HT			
No	23 (85.19%)	19 (43.18%)	< 0.001*
Yes	4 (14.81%)	25 (56.82%)	
OHIP-14 severity score	1 (0,3)	3 (0,11)	0.055

* Significant level at $p<0.05$

There were no dissimilarities in education, finance, or personal habits of the two studied groups. However, sleeping hours were a predominantly significant variable

in which patients without MS had more sleeping hours than patients with MS ($p=0.009$). (Table 2)

Table 2 Personal, family and social history of older participants with and without MS [median (first,third quartile) or n (%)]

	Participants (N=71)		p-value
	Non-MS (n=27)	MS (n=44)	
Education			
Less than bachelor’s degree	5 (18.52%)	13 (29.55%)	0.403
Bachelor’s degree or higher	22 (81.48%)	31 (70.45%)	
Living			
Alone	3 (11.11%)	6 (13.64%)	1.000
Family	24 (88.89%)	38 (86.36%)	
Health financial			
Independent	6 (22.22%)	9 (20.45%)	0.927
Dependent	10 (37.04%)	15 (34.09%)	
Welfare	11 (40.74%)	20 (45.45%)	
Dental financial			
Independent	15 (55.56%)	16 (36.36%)	0.285
Dependent	3 (11.11%)	7 (15.91%)	
Welfare	9 (33.33%)	21 (47.73%)	
Travel			
Independent	26 (96.30%)	42 (95.45%)	1.000
Dependent	1 (3.70%)	2 (4.55%)	
Exercise			
Less than 3 days/week	17 (62.96%)	30 (68.18%)	0.797
3 days or more/week	10 (37.04%)	14 (31.82%)	
Alcohol consumption			
Current	13 (48.15%)	17 (38.64%)	0.054
Former	2 (7.41%)	14 (31.82%)	
Never	12 (44.44%)	13 (29.55%)	
Smoking			
Current and former	4 (14.81%)	17 (38.64%)	0.070
Never	23 (85.19%)	27 (61.36%)	
Sleeping hours	7.0 (6.0,7.5)	6.0 (5.0,7.0)	0.009*

* Significant level at $p<0.05$

Characteristics of oral condition

The number of tooth diseases shows a significant difference between people with and without MS ($p=0.022$). Participants with MS had more tooth diseases than individuals without MS. Also, there was a marginally significant increase

($p=0.054$) in the number of missing teeth in the MS group. Nevertheless, periodontal status or denture wearing were not different between these two groups. (Table 3)

Table 3 Characteristics of the oral condition of participants according to non-MS and MS [median (first,third quartile) or n (%)]

	Participants (N=71)		p-value
	Non-MS (n=27)	MS (n=44)	
Number of tooth disease	7 (3,13)	12 (7,17)	0.022*
Missing tooth	2 (1,5)	5 (1,8)	0.054
Periodontal status			0.127
Gingivitis	21 (77.78%)	26 (59.09%)	
Periodontitis	6 (22.22%)	18 (40.91%)	
Denture wear			
Upper	3 (11.11%)	5 (11.36%)	1.000
Lower	1 (3.70%)	1 (2.72%)	1.000
Upper and Lower	2 (7.41%)	7 (15.91%)	0.467
Total XI-11 score	17 (15,21)	17 (15,22)	0.953
Total CODS	0 (0,1)	1 (0,4)	0.007*

* Significant level at $p < 0.05$

Oral mucosal dryness

Xerostomia, represented by the total sum of XI-11 score in each patient, was not statistically distinctive between the researched groups ($p=0.953$). However, oral mucosal dryness determined by CODS was significantly higher in patients with MS than in patients without MS ($p=0.007$) as shown in Table 3.

There was a higher prevalence of xerostomia in participants with MS compared to patients without MS (Fig. 1); however, with varying frequency from never to very often. Nevertheless, the second highest categorical summation that represented more severe xerostomia was still of the participants with MS. (Fig. 1)

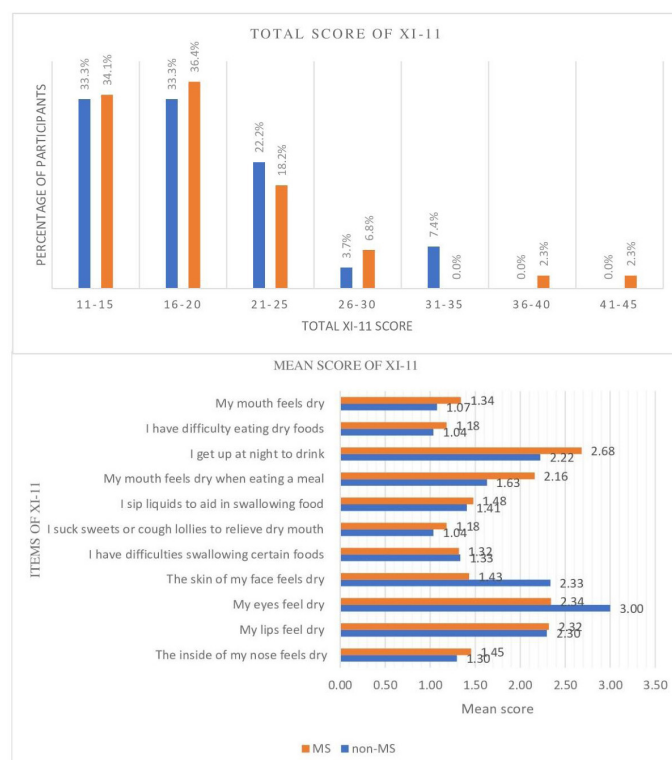


Figure 1 Percentage of participants according to the total sum of the XI-11 score and the mean score of XI-11 according to items

Regarding CODS, though the highest percentage of participants with score 0 or no signs of dry mouth were participants with non-MS, the percentage of participants with MS who revealed the signs of oral dryness varied from 1 to 6 items. The results were higher than those of the non-MS group. (Fig. 2) For the mean score of CODS, there was the

same trend as the percentage of CODS. Participants with MS had a higher mean score of oral dryness than participants without MS in all items except the last item (Debris on palate) that did not reveal in both groups. (Fig. 2) These results demonstrate that participants with MS had more significant signs of dry mouth than participants without MS.

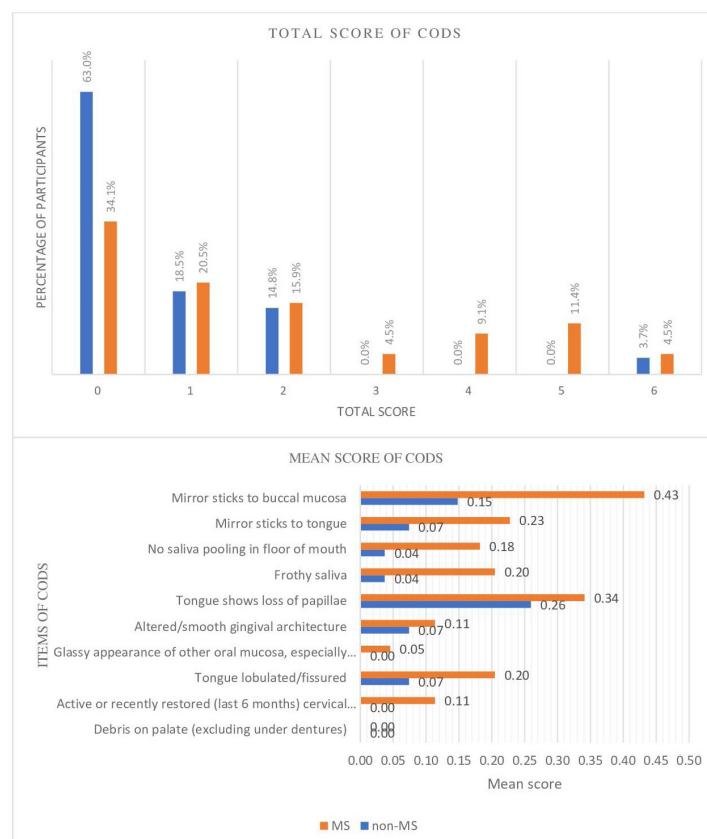


Figure 2 Percentage of participants according to total score of CODS and mean score of CODS according to items

Oral health-related quality of life

The prevalence of OHIP-14 related QoL index scoring 3-4 in the MS group was 19 (43.81 %), which was higher than that of the non-MS group [5 (18.52 %)] ($p=0.041$).

(Table 4) Consequently, a negative impact on the quality of life evaluated by OHIP-14 related QoL index tends to be found more frequently in participants with MS, compared with the ones without MS.

Table 4 The prevalence of participants [n (%)] whose response to OHIP-14 related QoL index at score 3 and 4 at least 1 item according to non-MS and MS

OHIP-14	Participants (N=71)		p-value
	Non-MS (n=27)	MS (n=44)	
score 3-4	5 (18.52%)	19 (43.18%)	0.041*
score 0-2	22 (81.48%)	25 (56.82%)	

* Significant level at $p<0.05$

For the severity of OHIP-14 related QoL index, when the sum score was divided to a different interval of severity, it is demonstrated that the percentage of participants with MS in every categorical score, except the lowest one (score-range 0-4) were superior to non-MS. (Fig. 3) According to 14 items, i.e. 7 domains of OHIP-14 related QoL index, an average score of each item in the older persons with MS

was more prominent than that of the non-MS group. Thus, the participants with MS had a more unpleasant quality of life from oral health than participants without MS. For domain 2 (physical pain), the average score was the highest in both studied groups. If each item is considered, the highest mean score was item 4 in MS and non-MS persons. (Fig. 3)

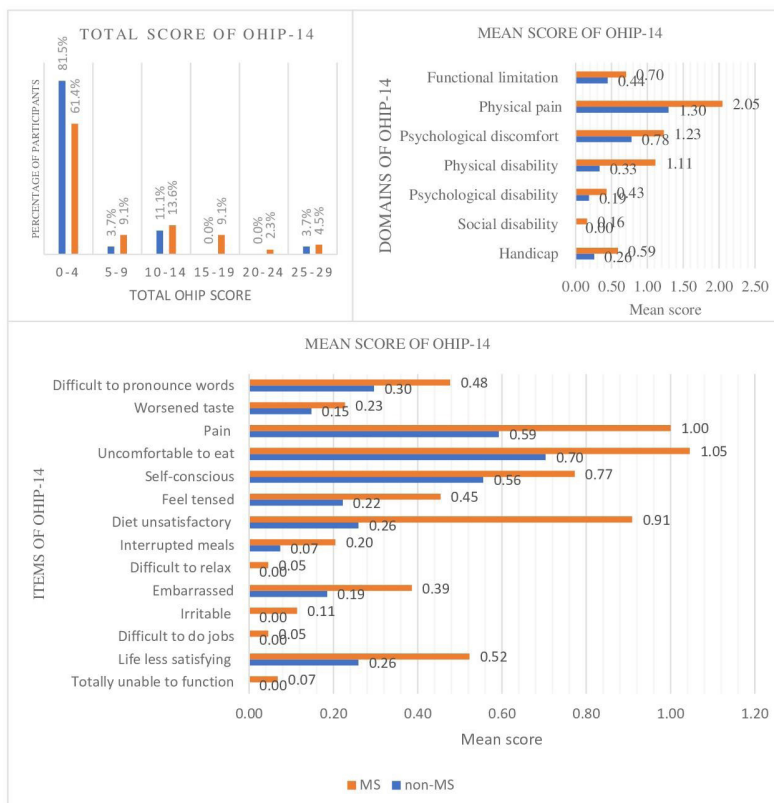


Figure 3 Percentage of participants according to the OHIP-14 related QoL index total score, the average score of OHIP-14 related QoL index according to 14 items and 7 domains

Association of OHIP-14 related QoL index with relevant factors

After controlling for MS factor, the correlations of the severity of the score of OHIP-14 related to the QoL index with total XI-11 ($r=0.482, p<0.001$), number of missing teeth ($r=0.251, p=0.036$) and sleeping hours ($r=-0.283, p=0.017$) are depicted. (Fig. 4) Therefore, if participants had a lot of xerostomia or a number of missing teeth, they would have a greater impact on OH-QoL. On the other hand, if participants had more sleeping hours, they would have less impact on OH-QoL. Besides, the positive association

of the total XI-11 score and the total CODS amount were significantly presented. (Fig. 4)

Finally, the variables that were associated with the outcome for the response at OHIP-14 related QoL index scoring 3-4 (fairly often/very often) or scoring 4 (very often) for at least one item, were assessed by logistic regression analysis. (Table 5) The OR for the response at OHIP-14 related QoL index scoring 4 as predicted by WC, CODS and sleeping hours, after adjusting for all related factors was 1.15 (95% CI: 1.04, 1.27), 0.61 (95% CI: 0.38, 0.99) and 0.32 (95% CI: 0.14, 0.71), respectively. (Table 5)

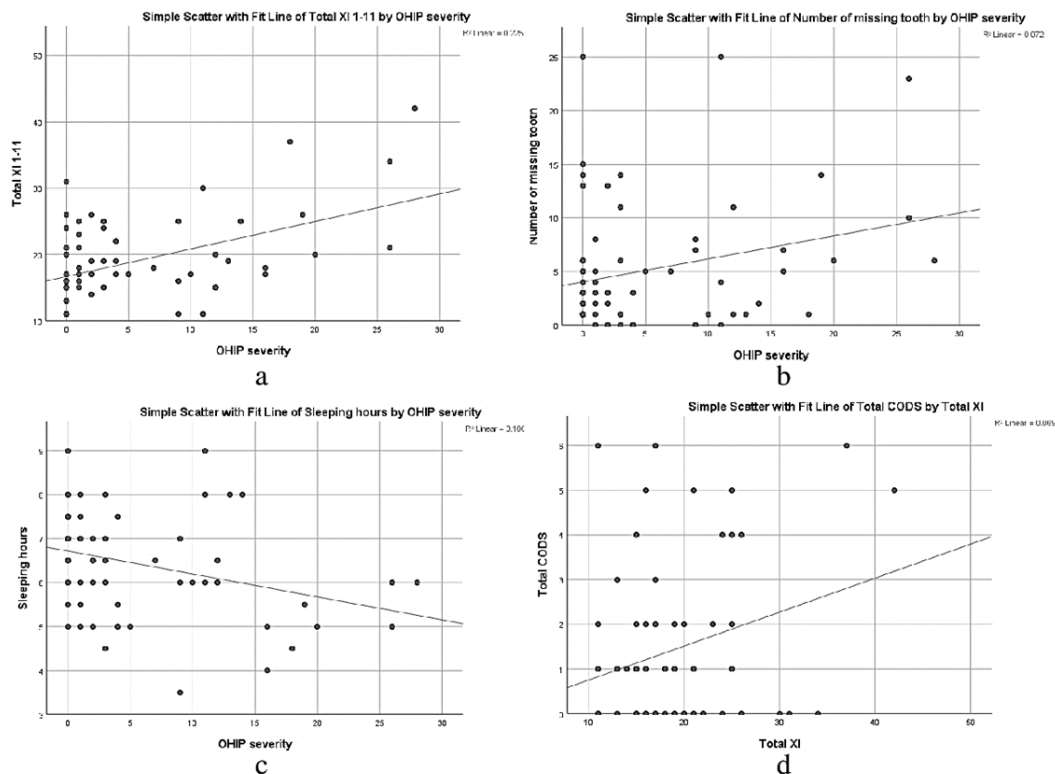


Figure 4 Correlation of the severity of OHIP-14 related QoL index with the total XI-11 score, the number of missing teeth and sleeping hours (Fig. 4 a,b,c); total XI with total CODS amount (Fig. 4d)

Nevertheless, if the outcome for the response at OHIP-14 related QoL index scoring 3-4 (fairly often/very often) was determined, only WC and sleeping hours were the associated factors related to the unfavorable quality of life. For every centimeter increase of WC, the chance

of unfavorable quality of life will increase 1.12 times (OR 1.12 (95% CI: 1.02, 1.22)). Whereas every one hour increase of sleep, the chance of an unfavorable quality of life will decrease by 58% [OR 0.42 (95% CI: 0.21, 0.81)]. (Table 5)

Table 5 Logistic regression analysis for OHIP-14 related QoL index and associated factors [odds ratio (95% confidence interval)] (n=71)

	OHIP-14: scoring 4			OHIP-14: scoring 3-4		
	B	OR (95% CI)	p-value	B	OR (95% CI)	p-value
Age (years)	0.09	1.10 (0.95,1.27)	0.209	0.08	1.09 (0.96,1.24)	0.206
Sex (female)	0.21	1.23 (0.19,7.94)	0.825	0.37	1.45 (0.29,7.34)	0.652
WC (cm)	0.14	1.15 (1.04,1.27)	0.007*	0.11	1.12 (1.02,1.22)	0.015*
FPG (mg/dL)	-0.00	0.99 (0.96,1.04)	0.927	0.01	1.01 (0.98,1.04)	0.531
HDL (mg/dL)	-0.02	0.99 (0.93,1.04)	0.577	-0.01	0.99 (0.95,1.05)	0.848
TG (mg/dL)	0.00	1.00 (0.99,1.01)	0.729	0.00	1.00 (0.99,1.01)	0.972
SBP (mmHg)	-0.01	0.99 (0.93,1.05)	0.634	-0.01	0.99 (0.94,1.05)	0.789
DBP (mmHg)	0.03	1.03 (0.94,1.03)	0.557	0.01	1.01 (0.93,1.10)	0.796
CODS	-0.50	0.61 (0.38,0.99)	0.044*	-0.19	0.83 (0.57,1.21)	0.331
Tooth disease	-0.03	0.97 (0.86,1.09)	0.579	-0.07	0.93 (0.83,1.04)	0.215
Sleeping hours	-1.14	0.32 (0.14,0.71)	0.005*	-0.88	0.42 (0.21,0.81)	0.009*

* Significant level at $p < 0.05$

Discussion

To the best of our knowledge, this is the first study to report that older Thai people with MS have an undesirable QoL affected by oral health. Seventy-one older Thai people aged over 60 years old were studied. The ratio of patients with MS was 62 %, which is comparable to the prevalence (69.1 %) of older people with MS in the study of Saad *et al.* that used the same criteria.²¹ The matching median age of participants was revealed, 65.5 years in the MS group and 64.0 years in the non-MS group, with no difference between sexes. BMI, WC, FPG, TG and BP in the MS group were higher than the non-MS group that can confirm the exact recruitment of participants for the study. This is consistent with another study that older people with MS had a significant difference in these components.²²

Personal data of the older participants in both groups were not different except for sleeping hours, the average duration of sleeping time at night. Sleeping hours was the rigorous factor that was statistically significant in all analysis. Our result is consistent with the study of Magee *et al.*, which looked at the relationships between QoL and sleep duration in elderly Australians.²³ They found that short sleep (≤ 6 hours) were significantly associated with lower QoL. Although the present study recorded only sleeping duration that was the one part of Sleep Quality Index, Sato *et al.* also demonstrated that people with low QoL determined by OHIP-14 related QoL questionnaire exhibit poor sleep quality.²⁴

Regarding the sleeping on MS component, some studies have reported similar relationships. The study of Grandner *et al.* showed that short sleep is associated with HT, hyperlipidemia, DM, and obesity.²⁵ Among older people, short sleep duration and poor sleep quality can increase life dissatisfaction.²⁶ The higher chance of irregular sleeping hours may occur in unhealthy and older people than healthy or less unhealthy people of a younger age. Because the median sleeping hours in the participants with negative impact and no impact on OH-QoL were 6 and 7, respectively in the current study, the assumption

based on previous and the present studies is that the favorable average sleeping duration of older people should exceed seven hours.^{21-24,23-26} This period can probably improve their QoL and OH-QoL. However, this study did not record the use of medication for sleep such as hypnotic or antidepressant drugs which are sometimes used by older people. Future data on medication for sleep might better indicate an association between sleeping and HR-QoL or OH-QoL.

The number of tooth diseases in the MS group was higher than those in the non-MS group. Medication for MS induced hyposalivation might decrease the self cleansing mechanism and enhance dental caries susceptibility.^{23,24} This finding is similar with other studies.^{27,28} While the study of Ojima *et al.* showed that the number of dental caries was significantly related to an increase of MS, Timonen *et al.* showed a weak association between dental caries and MS that was similar with this study.^{27,28} The different criteria for tooth disease and the number of researched participants might explain the dissimilar results. Generally, participants with tooth disease may have a higher chance of pain that impacts their QoL. It is parallel to the present study that both groups had the highest frequency of response in item 4 (uncomfortable to eat) and item 3 (pain) of OHIP-14 related QoL index that showed tooth disease might be related factors on OH-QoL. Chomkhakhai found half of the Thai patients with MS had periodontitis.² However, the results of this study demonstrated that periodontal status was not different between both groups, which is allied with the previous study that found a weak association between periodontitis and MS.²⁹ The number of participants and the criteria of the periodontal examination might cause the dissociation between periodontitis and MS in this study. Further investigation has to be performed to clarify these discrepancies.

The number of missing teeth between people with and without MS in this study was almost different. After controlling for MS, the positive correlation was found

between the OHIP-14 related QoL score and several missing teeth. This study showed that an increase in missing teeth led to a low OH-QoL. This result was similar to a previous Thai study which disclosed that older Thai people with less than 20 natural teeth or less than four posterior occluding pairs had less OH-QoL than those with at least 20 natural teeth or at least four posterior occluding pairs.³⁰ Nevertheless, the conflicting results were reported.³¹ The number of missing teeth or remaining teeth had no impact on OH-QoL.³¹ However, the number of occluding pairs and the location of the remaining teeth have a high impact on OH-QoL. Further study with this controversial topic and necessity to prosthesis wearing in a larger number of older people would be clarified to evaluate the correlation with OH-QoL.

Assessment of dry mouth was performed by the XI-11 questionnaire to determine xerostomia and by CODS to indirectly evaluate hyposalivation. MS and non-MS participants with xerostomia determined by the XI-11 questionnaire were not different. The average score of the XI-11 was indistinguishable in both groups. Jager *et al.* demonstrated that CODS was associated with a decrease of both unstimulated and stimulated salivary flow as well as XI and Bother Index (BI).³² The current results show a comparable pattern, which is the difference of CODS score between both studied groups and the correlation of CODS with xerostomia. Most participants without MS had a total score of CODS at 0, and this was the highest percentage. There was no participant with a total scoring 3-5 in the non-MS group, whereas the MS group exhibited a total score of 1-6. These actual results showed that hyposalivation might be more predominant in participants with MS than in people who don't have MS. In the same tendency, the total number of dry mouth signs was greater in the MS than the non-MS group. Usually, older people have a complex systemic disease and always use polypharmacy. Drug-induced hyposalivation might occur in this group.³³ One of these was antihypertensive drugs such as calcium channel blockers or ACE inhibitors.³³ In this study, participants with HT continuously used antihypertensive drugs, such as amlodipine, manidipine, losartan that can cause hyposalivation for people with MS. However, anxiolytics and antidepressants which have an anticholinergic effect

and sometimes used by older people were not explored in this study. The self-adaptation of participants with MS might explain the different results between XI-11 and CODS in the MS and the non-MS group. Individuals might gradually adjust themselves to their dry mouth feeling because of the gradual prolonged duration and vague character. Jager *et al.* suggested that XI, BI and CODS are all able to differentiate between hyposalivation and normal salivation because the participants in their study became aware of dry mouth symptoms when salivary flow drops below 0.1 mL/min.³² Accordingly, they recommended using CODS or a combination of CODS with XI or BI as a routine clinical assessment to detect hyposalivation.³² Moreover, participants with MS should beware of oral problems such as dental caries, oral candidiasis or irritation from the denture, as a result of hyposalivation even though there are no symptoms. Worsening dry mouth resulting in poorer OH-QoL were also demonstrated from previous studies.^{23,24}

The main finding found in the present study is the significant difference in the prevalence of undesirable impact on OH-QoL, which was more frequently found in older participants with MS. Although the severity of OHIP-14 related QoL between both groups was insignificantly different and most participants' responses were inconsiderable to QoL, with a score ranging between 0 and 3. OH-QoL in older people with MS has never been studied. There were some studies about HR-QoL in MS.^{34,35} A major finding in the study by Tziallas *et al.* was that MS is significantly correlated with impaired HR-QoL.³⁴ In contrast, a study in Korea showed that MS was not significantly associated with HR-QoL after adjusting for socio-demographic factors, medical comorbidities and obesity.³⁵ The current study showed that WC, indicating obesity, was the factor associated with OH-QoL after adjusting for age, sex, general and oral health. Although HR-QoL was QoL of whole health, this explanation might be a possibility why participants with MS tend to have poor OH-QoL, one part of QoL.

Regarding each item and domain of OHIP-14 related QoL, the highest mean score in both groups were domain 2, physical pain, which was determined by pain and feeling uncomfortable while eating. Our results in the present study are consistent with previous studies that revealed

the most frequently experienced problems of older people in Norway were aching in the mouth and discomfort while eating food.³⁶ It was not surprising that physical pain leads to negative OH-QoL. Effective management of pain in patients or prevention of oral problems in all people may improve OH-QoL.

There were a few studies which focused on the relationship between OH-QoL and older persons with the components of MS.³⁷ However, a study about the relationship between OH-QoL and MS entities in older people has not been done. Irani *et al.* reported that type 2 DM does not impact on overall OH-QoL as measured by OHIP-49.³⁷ They discussed that patients with DM are less concerned about the impact of their periodontal condition than with their other health issues that they must manage as part of DM.³⁷ In contrast to our study, there were significant differences in OH-QoL between the MS and the non-MS group. The reason might be influenced by multiple components of MS, or a different studied measurement or age of participants. WC is an indicator of central obesity, that increases the risk of developing DM.³⁸ Participants with high levels of WC, FPG and ageing, may have a greater chance of DM. Moreover, Azogui-Lévy *et al.* reported that poor oral health in DM patients had a negative impact on OH-QoL.³⁹ Accordingly, the increasing of WC and FPG in the present study, which might negatively influence OH-QoL can be assumed. Because participants whose response to OHIP-14 related QoL scoring 3-4 also had significantly higher levels of WC and FPG than participants whose response to OHIP-14 related QoL scoring 0-2.

After adjusting for related factors, multivariate analysis for OHIP-14 related QoL demonstrated that WC, CODS and sleeping hours were the associated factors related to the response to OHIP-14 related QoL scoring 4 (very often). However, only WC and sleeping hours were the associated factors related to the response OHIP-14 related QoL scoring 3-4 (fairly often or very often). From this finding, it seems that WC, indicating obese and predilection to DM, was an important factor for the increased negative impact on OH-QoL in older Thai people. It is in accordance with the previous study that patients with obesity and DM tended to have poor OH-QoL.⁴⁰ For sleeping hours, the

current result was consistent with other studies which showed fewer sleeping hours had a negative impact on QoL or OH-QoL.^{23,24} Nevertheless, CODS was the factor that was inconsistently associated with OHIP-14 related QoL. Participants might decrease saliva flow rate at some point which leads to a dry mouth feeling. Also, participants might have hyposalivation but had no dry mouth feeling due to self-adaptation. This explanation may be supported by a study of Jager *et al.*³² Further study in a larger population should be performed to clarify these conflicting results.

The limitation of this study was the small number of participants caused by strictly definite inclusion criteria. Additionally, the study group was a select group who presented for a medical checkup and a further dental checkup. All participants had to present their laboratory profile, not beyond six months, which comprises the levels of TG, HDL-C and FPG, and had no history of dental treatment within the prior six months. Many participants that had no HDL-C results and have a history of recent dental treatment were excluded. So, the findings may not be able to be generalized. Furthermore, the COVID-19 pandemic of COVID-19 and restrictions on health service by the Thai government forced this research to temporarily discontinue. Therefore, these results should be interpreted with caution. However, the strength of the strict inclusion of participants supports the methodology for older people. The questionnaires were filled following the answer of participants by the principal investigator that can avoid the mistake from the irregular vision in older people. Accordingly, this is the first study to demonstrate the relationship between unfavorable OH-QoL and older patients with MS. Future studies should be performed with a larger sample size and adjunct data about occlusion and nutrition should be collected for a thorough assessment. A longitudinal study may demonstrate underlying reasons which impact OH-QoL of older people with MS.

Conclusion

This study reveals the significant difference of OH-QoL in older Thai people with MS and without MS. Participants with MS have a more undesirably negative impact on OH-QoL than participants without MS. OH-QoL is influenced by several factors; not only oral health but

also general health. There is an association between WC, hyposalivation determined by CODS and sleeping hours with OH-QoL. This study suggests that OH-QoL should be a part of the oral assessment in older people because geriatric care has to focus on QoL improvement. The OHIP-14 related QoL index is a considerable questionnaire used to cooperate with other geriatric assessment in older people.

Acknowledgements

We would like to express our gratitude and thanks to the staff of the Geriatric Dentistry and Maxillofacial Prosthetic Clinic of Maha Chakri Sirindhorn Dental Hospital and the staff of the Geriatric Dental Clinic of Dental Hospital, Faculty of Dentistry, Mahidol University for their kindness and support throughout this research.

References

1. Alberti KG, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA, *et al.* Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation* 2009; 120(16):1640-5.
2. Chomkhakhai U, Thanakun S, Khovidhunkit S-oP, Khovidhunkit W, Thaweboon S. Oral health in Thai patients with metabolic syndrome. *Diabetes Metab Syndr* 2009;3(4):192-7.
3. Thanakun S, Watanabe H, Thaweboon S, Izumi Y. Association of untreated metabolic syndrome with moderate to severe periodontitis in Thai population. *J Periodontol* 2014;85(11):1502-14.
4. Tziallas D, Kastanioti C, Kostapanos MS, Skapinakis P, Elisaf MS, Mavreas V. The impact of the metabolic syndrome on health-related quality of life: a cross-sectional study in Greece. *Eur J Cardiovasc Nurs* 2012;11:297-303.
5. Bradley C, Speight J. Patient perceptions of diabetes and diabetes therapy: assessing quality of life. *Diabetes Metab Res Rev* 2002;18:S64-S9.
6. Carvalho MVd, Siqueira LB, Sousa ALL, Jardim PCBV. The Influence of Hypertension on Quality of Life. *Arq Bras Cardiol* 2013;100(2):164-74.
7. Farhat A, Al-Hajje A, Rachidi S, Zein S, Zeid MB, Salameh P, *et al.* Risk factors and quality of life of dyslipidemic patients in Lebanon: A cross-sectional study. *J Epidemiol Glob Health* 2016;6(3):315-23.
8. Allen EM, Ziada HM, O'Halloran D, Clerehugh V, Allen PF. Attitudes, awareness and oral health-related quality of life in patients with diabetes. *J Oral Rehabil* 2008;35(3):218-23.
9. Makhija SK, Gilbert GH, Litaker MS, Allman RM, Sawyer P, Locher JL, *et al.* Association Between Aspects of Oral Health-Related Quality of Life and Body Mass Index in Community-Dwelling Older Adults. *J Am Geriatr Soc* 2007;55(11):1808-16.
10. Mehta A. Effect of ageing on oral health-related quality of life. *Int J Contemp Dent Med Rev* 2015;2015:1-3.
11. Motalebnejad M, Mehdizadeh S, Najafi N, Sayyadi F. The evaluation of oral health-related factors on the quality of life of the elderly in Babol. *Contemp Clin Dent* 2015;6(3):313-7.
12. Carramolino-Cuellar E, Lauritano D, Silvestre FJ, Carinci F, Lucchese A, Silvestre-Rangil J. Salivary flow and xerostomia in patients with type 2 diabetes. *J Oral Pathol Med* 2018;47:526-30.
13. Locker D. Dental status, xerostomia and the oral health-related quality of life of an elderly institutionalized population. *Spec Care Dentist* 2003;23(3):86-93.
14. Enoki K, Matsuda KI, Ikebe K, Murai S, Yoshida M, Maeda Y, *et al.* Influence of xerostomia on oral health-related quality of life in the elderly: a 5-year longitudinal study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2014;117(6):716-21.
15. Landry RG, Jean M. Periodontal Screening and Recording (PSR) Index: precursors, utility and limitations in a clinical setting. *Int J Dent* 2002; 52(1):35-40.
16. Thomson WM, Chalmers JM, Spencer AJ, Williams SM. The Xerostomia Inventory: A multi-item approach to measuring dry mouth. *Community Dent Health* 1999;16(1):12-7.
17. Osailan SM, Pramanik R, Shirlaw P, Proctor GB, Challacombe SJ. Clinical assessment of oral dryness: development of a scoring system related to salivary flow and mucosal wetness. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2012;114(5):597-603.
18. Slade GD. Derivation and validation of a short-form oral health impact profile. *Community Dent Oral Epidemiol* 1997;25(4):284-90.
19. Chatalongkorn S. Psychometric Properties of Thai Version of the Oral Health Impact Profile (OHIP-14 Thai). *J Prapokklao Hosp Clin Med Educat Center* 2017;34(3):158-70.
20. Slade GD, Nuttall N, Sanders AE, Steele JG, Allen PF, Lahti S. Impacts of oral disorders in the United Kingdom and Australia. *Br Dent J* 2005;198(8):489-93.
21. Saad MAN, Cardoso GP, Martins WdA, Velarde LGC, Cruz Filho RAd. Prevalence of metabolic syndrome in elderly and agreement among four diagnostic criteria. *Arq Bras Cardiol* 2014;102(3):263-9.
22. Sohail S, Yu L, Bennett DA, Buchman AS, Lim ASJCI. Irregular 24-hour activity rhythms and the metabolic syndrome in older adults. *Chronobiol Int* 2015;32(6):802-13.
23. Magee CA, Caputi P, Iverson DC. Relationships between self-rated health, quality of life and sleep duration in middle aged and elderly Australians. *Sleep Med* 2011;12(4):346-50.
24. Sato M, Kurokawa A, Sugimoto H, Yasuhara Y, Nakae H, Shinohara Y, *et al.* Relationship among health related quality of life, quality of sleep, and oral health condition. *Health* 2018;10:204-14.
25. Grandner MA, Chakravorty S, Perlis ML, Oliver L, Gurubhagavatula I. Habitual sleep duration associated with self-reported and objectively determined cardiometabolic risk factors. *Sleep Med* 2014;15(1):42-50.

26. Zhi TF, Sun XM, Li SJ, Wang QS, Cai J, Li LZ, *et al.* Associations of sleep duration and sleep quality with life satisfaction in elderly Chinese: The mediating role of depression. *Arch Gerontol Geriatr* 2016;65:211-7.
27. Timonen P, Niskanen M, Suominen-Taipale L, Jula A, Knuuttila M, Ylostalo P. Metabolic syndrome, periodontal infection, and dental caries. *J Dent Res* 2010;89:1068-73.
28. Ojima M, Amano A, Kurata S. Relationship between decayed teeth and metabolic syndrome: data from 4716 middle-aged male Japanese employees. *J Epidemiol* 2015;25(3):204-11.
29. Muskopf ML, Daut LD, Weidlich P, Gerchman F, Gross JL, Oppermann RV. Metabolic syndrome as a risk indicator for periodontal disease and tooth loss. *Clin Oral Invest* 2017;21(2):675-83.
30. Somsak K, Kaewplung O. The effects of the number of natural teeth and posterior occluding pairs on the oral health-related quality of life in elderly dental patients. *Gerodontology* 2016;33(1):52-60.
31. Tan H, Peres KG, Peres MA. Retention of Teeth and Oral Health-Related Quality of Life. *J Dent Res* 2016;95:1350-7.
32. Jäger DHJ, Bots CP, Forouzanfar T, Brand HS. Clinical oral dryness score: evaluation of a new screening method for oral dryness. *Odontology* 2018;106(4):439-44.
33. Saleh J, Figueiredo MAZ, Cherubini K, Salum FG. Salivary hypofunction: An update on aetiology, diagnosis and therapeutics. *Arch Oral Biol* 2015;60(2):242-55.
34. Tziallas D, Kastanioti C, Kostas Savvas MSK, Tziallas V, Skapinakis P, S. Elisaf M, *et al.* Evaluation of health related quality of life in patients with metabolic syndrome. *Health Sci J* 2012;6:116-28.
35. Lee YJ, Lee YJ, Woo SY, Ahn JH, Cho S, Kim SR. Health-Related Quality of Life in Adults with Metabolic Syndrome: The Korea National Health and Nutrition Examination Survey, 2007–2008. *Ann Nutr Metab* 2012; 61(4):275-80.
36. Dahl K, Wang N, Holst D, Öhrn K. Oral health-related quality of life among adults 68–77 years old in Nord-Trøndelag, Norway. *Int J Dent Hyg* 2011;9(1):87-92.
37. Irani FC, Wassall RR, Preshaw PM. Impact of periodontal status on oral health-related quality of life in patients with and without type 2 diabetes. *J Dent* 2015;43(5):506-11.
38. Jensen MD. Role of Body Fat Distribution and the Metabolic Complications of Obesity. *J Clin Endocrinol Metab* 2008;93(11):s57-s63.
39. Azogui-Lévy S, Dray-Spira R, Attal S, Hartemann A, Anagnostou F, Azerad J. Factors associated with oral health-related quality of life in patients with diabetes. *Aust Dent J* 2018;63(2):163-9.
40. Yamashita JM, de Moura-Grec PG, de Freitas AR, Sales-Peres A, Groppo FC, Ceneviva R, *et al.* Assessment of oral conditions and quality of life in morbid obese and normal weight individuals: A cross-sectional study. *PLoS One* 2015;10(7):1-11.

ปริมาตรการสึกของเซรามิกและเคลือบฟันที่สบกับเซรามิกภายใต้สภาวะกรดและภาพจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

Volume Loss of Ceramic and Enamel by Ceramic Antagonist under Various Acidic Condition and Its SEM

คนวัฒน์ แซ่บ่าง¹, ชโนทัย เฮงตระกุล¹

Khanawat Saebang¹, Chanothai Hengtrakool¹

¹ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา ประเทศไทย

¹Department of Conservative Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand

บทคัดย่อ

การสึกของฟันตามธรรมชาติมักเป็นกระบวนการที่ผสมผสานจากหลายสาเหตุร่วมกัน และเป็นสิ่งที่ยากในการวัดค่าการสึกที่เกิดขึ้นจริงในช่องปากได้ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาตรการสึกของเคลือบฟัน และเซรามิกที่สบกับเซรามิกภายใต้สภาวะกรด และตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) โดยใช้ฟันกรามใหญ่ซี่ที่สามของมนุษย์บนและล่าง จำนวน 60 ซี่ และเซรามิก 2 ชนิด ได้แก่ เซรามิกเอ คือเฟลสปาทิกเซรามิก (VITABLOCS® Mark II) และเซรามิกบีคือ ลิเทียมไดซิเลทเซรามิก (IPS e.max® CAD) วัสดุทั้งหมดถูกนำมาทำเป็นชิ้นตัวอย่างจำนวน 18 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น ก่อนการทดลองขึ้นตัวอย่างทุกกลุ่มถูกนำไปวัดค่าความแข็งผิวเพื่อใช้เป็นค่าพื้นฐาน จากนั้นส้อมตัวอย่างกลุ่มละ 2 ชิ้น เพื่อนำไปถ่ายภาพ SEM ก่อนและหลังการทดลองขึ้นตัวอย่างทั้งหมดถูกทดสอบในเครื่องจำลองการสึกทิศทางเดียวอย่างง่าย (Simple mono-directional wear simulator) โดยใช้เซรามิกเอหรือเซรามิกบีเป็นคู่สบ โดยคู่สบนี้มีรูปทรงเป็นปริซึมฐานสามเหลี่ยม การทดสอบดังกล่าวใช้ระยะเวลาในการทดลอง 30 นาที ภายใต้สารทดสอบที่มีฤทธิ์เป็นกรด 2 ชนิด ได้แก่ น้ำมะนาวเทียม (pH = 1.8) และน้ำส้มสายชู (pH = 2.6) โดยมีน้ำปราศจากไอออน (pH = 6.1) เป็นกลุ่มควบคุม หลังสิ้นสุดการทดลองรอยสึกรูปเล่มบนชิ้นตัวอย่างทั้งหมดถูกนำมาวัดค่าความกว้าง ความยาว และความลึกของรอยสึก (มม.) ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบวัดระยะ เพื่อคำนวณหาปริมาตรการสึก (ลบ.มม.) ค่าที่วัดได้ถูกนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการทดสอบครัสคัล-วัลลิส และการเปรียบเทียบพหุคูณ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 95 ผลการทดลองพบว่าเคลือบฟันมีปริมาตรการสึกมากกว่าเซรามิกในทุก ๆ สารทดสอบ เคลือบฟันที่สบกับเซรามิกทั้งสองชนิดในสารทดสอบที่มีฤทธิ์เป็นกรดมีปริมาตรการสึกมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบปริมาตรการสึกสูงสุดในน้ำมะนาวเทียม ในกลุ่มเซรามิกพบการสึกเพียงเล็กน้อย และมีค่าปริมาตรการสึกที่ใกล้เคียงกันในทุกๆ สารทดสอบ ภาพ SEM แสดงให้เห็นรอยสึกในระดับที่แตกต่างกันในแต่ละวัสดุอย่างชัดเจน โดยมีลักษณะการสึกเป็นร่องแนวยาวในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของคู่สบ การศึกษานี้นำไปสู่ข้อสรุปที่ว่าคู่สบเป็นเซรามิกก่อให้เกิดปริมาตรการสึกบนเคลือบฟันมากกว่าเซรามิกในทุก ๆ สารทดสอบ และเคลือบฟันในสภาวะ erosion-attribution มีปริมาตรการสึกมากกว่าสภาวะ attrition เพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ: การสึกกร่อน, การสึกของเซรามิก, การสึกกร่อนร่วมกับการสึกเหตุขัดเคี้ยว, คู่สบ, ฟันสึก

Abstract

The aim of this study was to measure volume loss of enamel and ceramic by the ceramic antagonists under acidic conditions and its SEM. Flat surface of ceramic and human enamel specimens were prepared with testing area 5x7 mm². Triangular prism shape of ceramic antagonists were prepared using either a Feldspathic ceramic (A) or Lithium-disilicate ceramic (B). Simple mono-directional wear simulator was used in this study and set speed at 150

cycle/min with loading weigh 150 g. Two acidic solutions were commercial lemon juice (pH 1.8) and vinegar (pH 2.6) while deionized water (pH 6.1) was use as negative control. Erosion-attrition testing was run 30 mins for each group. After erosion-attrition cycle, wear scar with wedge shape on each specimen was assessed width, length and depth by measuring microscope. These values were calculated to volume loss of materials. Amounts of volume loss statistically analyzed by Kruskal-Wallis test and Multiple comparison between treatment ($p < 0.05$). Result have showed that enamel loss by ceramic antagonist was significantly highest for both acidic solution (antagonist-A; lemon $0.65 \pm 0.44 \text{ mm}^2 =$ vinegar $0.44 \pm 0.28 \text{ mm}^2 >$ DW $0.33 \pm \text{mm}^2$, antagonist-B; lemon juice $0.89 \pm 0.87 \text{ mm}^2 >$ vinegar $0.29 \pm 0.13 \text{ mm}^2 >$ DW $0.13 \pm 0.07 \text{ mm}^2$). Volume loss of enamel is significantly greater than ceramic in all condition. It was small amount of wear in both ceramic groups. SEM show longitudinal scratch along the direction of antagonist. In conclusion the amount of volume loss of enamel was greater than volume loss of ceramic in all solution. Erosion-attrition condition were could provide alteration of enamel more than attrition condition only.

Keywords: Erosion, Ceramic wear, Erosion-attrition, Antagonist, Tooth wear

Received Date: Jun 18, 2020

Revised Date: Jul 9, 2020

Accepted Date: Aug 18, 2020

doi: 10.14456/jdat.2021.16

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

ชโนทัย เสงตระกุล ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112 ประเทศไทย โทร: 074287571 อีเมล: chanothai.h@psu.ac.th

Correspondence to:

Chanothai Hengtrakool Department of Conservative Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla 90112 Thailand. Tel. 074287571 E-mail: chanothai.h@psu.ac.th

บทนำ

ฟันสึกเป็นกระบวนการที่สลับซับซ้อน มักเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ร่วมกัน ได้แก่ การสึกกร่อน (erosion) การสึกจากการขัดถู (abrasion) การสึกเหตุดเคี้ยว (attrition) และ การสึกแอฟแฟรคชัน (abfraction) โดยอัตราการสึกเฉลี่ยบนด้านบดเคี้ยวของฟันกรามเกิดขึ้นประมาณ 29 ไมครอนต่อปี และในฟันกรามน้อยประมาณ 15 ไมครอนต่อปี¹ Van't Spijker และคณะ ในปี 2009 ได้สรุปว่า พบผู้ป่วยที่มีฟันสึกอย่างรุนแรงในอายุ 20 ปี เป็นร้อยละ 3 และอายุ 70 ปีเป็นร้อยละ 17² โดยพบว่าหากอัตราการสูญเสียเนื้อฟันเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ก็จะกลายเป็นพยาธิสภาพ จนก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ได้แก่ อาการเสียวฟัน ผลกระทบด้านความสวยงาม การสูญเสียมิติติ่งในการบดเคี้ยว การสูญเสียเสถียรภาพการสบฟันบริเวณฟันหลัง (posterior occlusal stability)³ ทั้งหมดนี้นำไปสู่ความล้มเหลวเชิงกลของฟัน และวัสดุบูรณะได้

การสึกของฟันในช่องปากตามธรรมชาติมักเกิดขึ้นแบบผสมผสานโดยปกติเมื่อเคี้ยวอาหารไปเป็นระยะเวลาหนึ่ง ความหยาบของอาหารจะทำให้เกิดฟันสึกแบบ abrasion phase จนเมื่อก่อนอาหารหายไป และเหลือการสัมผัสกันระหว่างฟันคู่สบจะเกิดการ

สึกแบบ attrition phase หากบริโภคอาหาร และเครื่องมือที่มีฤทธิ์เป็นกรดมากขึ้น จะเปลี่ยน attrition phase ให้กลายเป็นสภาวะ erosion-attrition ซึ่งหากมีปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ภาวะกรดไหลย้อน การนอนกัดฟัน การอาเจียนแบบเรื้อรัง ก็จะมีผลให้เกิดสภาวะ erosion-attrition เพิ่มมากขึ้น

อย่างไรก็ตามการศึกษาเรื่อง attrition-erosion ยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะการศึกษาเรื่องการสึกของฟันในช่องปากจริงสามารถทำได้ยาก รวมถึงการศึกษาเรื่องการสึกให้ห้องปฏิบัติการยังมีข้อมูลที่ไม่ชัดเจน จากศึกษาของ Eisenburger และ Addy ในปี 2002 พบว่าการสึกระหว่างเคลือบฟันต่อเคลือบฟันภายใต้สภาวะกรดจะลดลงเมื่อเทียบกับสภาวะที่เป็นกลาง โดยการหล่อลื่นด้วยสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดสามารถป้องกันการพัฒนาจากการสึกแบบ 2 body ไปสู่การสึกแบบ 3 body ซึ่งเป็นผลให้การสึกโดยรวมลดลง⁴ ในทางกลับกัน Zheng และคณะ ในปี 2011 พบว่าเมื่อมีการหล่อลื่นด้วยสารที่เป็นมีฤทธิ์เป็นกรด จะทำให้เกิดการสึกเพิ่มขึ้น โดยกลไกการสึก และผลของสภาวะที่เป็นกรดต่อการสึกของเคลือบฟันยังเป็นสิ่งที่โต้แย้งกัน⁵

เซรามิก (Ceramic) เป็นวัสดุประเภทที่ได้รับความนิยมอย่างสูงในปัจจุบัน เนื่องจากความต้องการด้านทันตกรรมเพื่อความสวยงาม ในประเทศอเมริกา ปี ค.ศ.1990 ประมาณการว่าทันตแพทย์เอกชนมีการใส่ครอบฟัน 35 ล้านซี่ให้ผู้ป่วย โดยพบว่าครอบฟันนั้นมีเซรามิกเป็นองค์ประกอบถึงร้อยละ 716 เซรามิกเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเด่น คือ มีสี และสมบัติทางแสงที่ใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ มีความแข็งแรงสูง อัตราการสึกต่ำ และทนต่อการกัดกร่อนจากสารเคมีได้สูง เมื่อเทียบกับวัสดุประเภทอื่น แต่มีข้อด้อยคือ เป็นวัสดุที่มีความเปราะ⁷ ถึงแม้ว่าเซรามิกจะมีความแข็งผิวที่สูงแต่ก็มีการสึกได้ โดยการสึกของเซรามิกเกิดจากการแตกหักเนื่องจากความเปราะของวัสดุ รวมถึงเซรามิกเองก็อาจทำให้เกิดฟันสึกได้โดยมีหลายปัจจัยมาเกี่ยวข้อง อันได้แก่ ความแข็งผิว (surface hardness) ความต้านทานต่อแรงเสียดทาน (resistance to friction) ความพรุน (porosity) และความหยาบผิว (surface roughness)⁸

การศึกษานี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาปริมาตรการสึกของเซรามิกและเคลือบฟัน หลังผ่านแบบจำลองฟันคู่สบเซรามิก ที่มีการเคลื่อนตัวในแนวราบ ภายใต้สภาวะกรด โดยมีสมมติฐานว่าปริมาตรการสึกของเซรามิก และเคลือบฟัน หลังผ่านแบบจำลองฟันคู่สบเซรามิกที่มีการเคลื่อนตัวในแนวราบ ภายใต้สภาวะกรด ไม่แตกต่างกัน

วัสดุอุปกรณ์ และ วิธีการ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมชิ้นตัวอย่าง การจำลองสภาวะ erosion-attrition และการวัดค่าปริมาตรการสึก รวมถึงการตรวจสอบภาพพื้นผิวรอยสึกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดของเซรามิกที่ใช้ในการวิจัย

Table 1 Information of ceramic material in this study

Material	type	Manufacturer	Lot No.	shade	Average Particle Size, μm
VITABLOCS [®] Mark II	Feldspathic ceramic	VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH&Co. KG	LOT 59621	2M2C	4 μm
IPS e.max [®] CAD	Lithium-disilicate ceramic	Ivoclar vivadent, Schaan, Liechtenstein	LOT Y25091	LT A3	0.2-1 μm

ชิ้นตัวอย่างทั้งหมดถูกเตรียม และแบ่งเป็นกลุ่มการทดลอง 18 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซีน โดยกำหนดให้กลุ่มที่ 1-6 เป็นชิ้นตัวอย่างเคลือบฟัน กลุ่มที่ 7-12 เป็นชิ้นตัวอย่างเซรามิกเอ

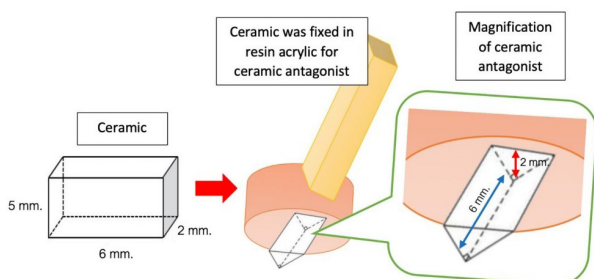
การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

ชิ้นตัวอย่างเคลือบฟัน ถูกเตรียมจากฟันกรามใหญ่ซี่ที่สามของมนุษย์บน และล่าง (รหัสโครงการผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมในการวิจัย : EC6111-38-P-LR) จำนวน 60 ซี่ ฟันถูกยึดเข้ากับท่อพีวีซี (PVC : Polyvinyl chloride) ด้วยเรซินอะคริลิกแบบบ่มตัวเอง จากนั้นนำชิ้นฟันที่ได้ไปตัดในแนวใกล้กลางไกลกลางภายใต้ น้ำเย็น ด้วยเครื่องตัดชิ้นงานชนิดละเอียด ยี่ห้อ Buehler รุ่น ISOMET 1000 ให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร ชิ้นเคลือบฟันด้านใกล้แก้ม (buccal) ถูกนำมาใช้ในการทดลอง ชิ้นเคลือบฟันถูกนำมาวางในเบ้าซิลิโคน (silicone mold) จากนั้นจึงผสมเรซินอะคริลิก และเทลงในเบ้าซิลิโคน รอจนเรซินอะคริลิกแข็งตัว ชิ้นตัวอย่างที่ได้ถูกนำไปขัดด้วยเครื่องขัดผิววัสดุ (grinder polisher) ยี่ห้อ Buehler Metaserve[™] ร่วมกับกระดาษทรายที่มีความละเอียด 240 320 600 และ 1200 กริต หลังจากนั้นนำไปขัดด้วยผงขัดเพชร (polycrystalline diamond particles) ขนาด 1 ไมครอน จนได้ชิ้นตัวอย่างขนาด กว้าง×ยาว×สูง เป็น 25×25×2 มิลลิเมตร ชิ้นตัวอย่างเซรามิกถูกเตรียมจากเซรามิกบล็อก (ceramic block) 2 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 1 คือ Feldspathic ceramic (เซรามิกเอ) ยี่ห้อ VITABLOCS[®] Mark II สี 2M2C ขนาด (block size) I12 และ ชนิด Lithium-disilicate ceramic (เซรามิกบี) ยี่ห้อ IPS e.max[®] CAD สี LT A3 ขนาด C14 เซรามิกบล็อกถูกนำมาตัด และขัดผิวด้วยวิธีเช่นเดียวกันกับชิ้นตัวอย่างเคลือบฟัน จากนั้นเซรามิกถูกนำไปหาสารเคลือบผิว และผ่านกระบวนการ crystallized และ glazing ในเตาอบเซรามิก (Programat EP 5000, Ivoclar Vivadent AG) ที่อุณหภูมิ 820-840 องศาเซลเซียส ตามวิธีการที่บริษัทกำหนด ก่อนนำไปฝังในเรซินอะคริลิก และทำการตัดแต่งจนได้ชิ้นตัวอย่างขนาดเท่ากับการเตรียมชิ้นตัวอย่างเคลือบฟัน

และกลุ่มที่ 13-18 เป็นชิ้นตัวอย่างเซรามิกบี ชิ้นตัวอย่างถูกสุ่มมา กลุ่มละ 1 ซีน เพื่อนำมาตรวจสอบสภาพพื้นผิวก่อนการทดลองด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ชิ้นตัวอย่างที่เหลือถูกเก็บ

ไว้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนนำมาทดลอง ก่อนการทดลองชิ้นตัวอย่างถูกนำมากำหนดบริเวณทดสอบ (testing surface) เพื่อความสะดวก และชัดเจนในการวัดค่า โดยชิ้นตัวอย่างถูกนำมาซับให้แห้ง ใช้น้ำยาทาเล็บยี่ห้อ Levlon® ทาบนชิ้นตัวอย่างให้มีลักษณะเป็นช่องสี่เหลี่ยมขนาด 5×7 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นส่วนของผิววัสดุที่เผยผิ และสัมผัสกับสารทดสอบขณะทำการทดลอง จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างมาวัดค่าความแข็งผิวโดยใช้เครื่องทดสอบความแข็งจุลภาคแบบวิกเกอร์ส (Vickers microhardness tester) ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น HM-211 บริษัทผู้ผลิต Mitutoyo Corporation, Kanagawa, Japan โดยใช้แรงกด 100 กรัม เป็นเวลา 15 วินาที หน่วยที่ใช้วัดเป็นกิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร (Kg/mm²) เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน (baseline data) ก่อนการทดลอง

ชิ้นคู่สบเซรามิกถูกเตรียมจากการนำเซรามิกบล็อกมาขัดด้วยวิธีเช่นเดียวกับการขัดชิ้นตัวอย่างเซรามิก จากนั้นเซรามิกบล็อกถูกนำมาตัดให้มีขนาด กว้าง×ยาว×สูง เป็น 5×6×2 มิลลิเมตร นำชิ้นเซรามิกที่ได้มาเคลือบผิวตามวิธีที่บริษัทกำหนด หลังผ่านการเคลือบผิวชิ้นเซรามิกถูกนำมายึดเข้ากับด้ามพลาสติกด้วยเรซินอะคริลิก โดยให้ส่วนของเซรามิกโผล่พ้นเรซินอะคริลิก มีลักษณะเป็นปริซึมฐานสามเหลี่ยมมุมฉาก ซึ่งมีความสูง 2 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเตรียมและประกอบชิ้นคู่สบ

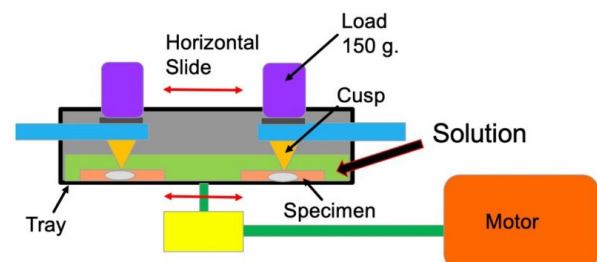
Figure 1 Preparation and assembly of ceramic antagonist

การจำลองสภาวะ erosion-attrition

สารทดสอบที่ใช้ในการทดลองนี้ประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์เป็นกรด 2 ชนิดได้แก่ น้ำมะนาวเทียมและน้ำส้มสายชู โดยมี น้ำปราศจากไอออนเป็นสารทดสอบสำหรับกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลองทำการวัดและบันทึกค่าความเป็นกรด-ด่างของสารทดสอบที่อุณหภูมิห้องด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น Five Easy F20 ได้ผลค่าความเป็นกรดต่าง คือ น้ำมะนาวเทียม pH = 1.8 น้ำส้มสายชู pH = 2.6 และน้ำปราศจากไอออน pH = 6.1

การจำลองสภาวะ erosion-attrition ทำในเครื่องจำลองการสึกกร่อนทิศทางเดียวอย่างง่าย (simple mono-directional wear simulator) ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์สำคัญ 3 ส่วน ซึ่งประกอบด้วย

ส่วนถาดยึดชิ้นตัวอย่าง ส่วนยึดชิ้นคู่สบ ส่วนมอเตอร์ และเครื่องปรับความเร็วรอบ ดังรูปที่ 2 การทดลองเริ่มขึ้นโดยการนำชิ้นตัวอย่างและชิ้นคู่สบตามกลุ่มการทดลองต่าง ๆ ประกอบเข้ากับเครื่องจำลองการสึกกร่อนทิศทางเดียวอย่างง่าย ใช้ลูกตุ้มถ่วงน้ำหนักขนาด 150 กรัม (15 N) กดบริเวณหัวยึดชิ้นคู่สบ ตรวจสอบแรงกด (Load) ในแต่ละคู่สบให้มีขนาดพอ ๆ กัน โดยใช้ชิมสต็อก (Shimstock foil) ยี่ห้อ Hanel ความหนา 8 ไมครอน สอดระหว่างชิ้นตัวอย่าง และชิ้นตัวงานคู่สบ เมื่อออกแรงดึงต้องสามารถดึงชิมสต็อกออกมาได้โดยมีแรงฝืดและชิมสต็อกไม่ขาด สารทดสอบปริมาณ 100 มิลลิลิตรถูกใส่ในถาดยึดชิ้นตัวอย่างให้สารทดสอบต้องครอบคลุมชิ้นตัวอย่างทั้งหมด เมื่อเริ่มการทดลองเครื่องจำลองการสึกกร่อนทิศทางเดียวถูกเปิด โดยปรับให้มีจำนวนรอบการเคลื่อนที่ในแนวราบเป็น 150 รอบ/นาที ทำการทดสอบเป็นเวลา 30 นาที (4,500 รอบ) เมื่อครบระยะเวลาตามกำหนดถอดชิ้นตัวอย่าง และชิ้นคู่สบออก นำชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบมาล้างด้วยน้ำกลั่นแบบไหลผ่าน ซับชิ้นตัวอย่างให้แห้งเพื่อนำไปวัดค่าปริมาตรการสึกต่อไป โดยเมื่อเริ่มการทดลองชุดถัดไปจะมีการเปลี่ยนชิ้นคู่สบและสารทดสอบใหม่ทุกครั้งในแต่ละรอบการทดลอง



รูปที่ 2 องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องจำลองการสึกกร่อนทิศทางเดียวอย่างง่าย

Figure 2 Importance composition of simple mono-directional wear simulator

การวัดค่าปริมาตรการสึก และตรวจสอบสภาพพื้นผิวรอยสึกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ชิ้นตัวอย่างหลังผ่านการทดลองถูกนำมาวัดค่าความยาว ความกว้าง และความลึกของรอยสึกด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบวัดระยะความยาว (Measuring microscope) ยี่ห้อ Nikon รุ่น MM-400/L ค่าที่ได้ถูกนำไปคำนวณเป็นค่าปริมาตรการสึก ชิ้นตัวอย่างถูกสุ่มกลุ่มละ 1 ชิ้นเพื่อประเมินสภาพพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยเตรียมชิ้นตัวอย่างให้แห้งภายใต้อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำชิ้นตัวอย่างไปเคลือบผิวด้วยเครื่องพ่นทอง (Sputter Coater SPI-Module Sputter Coater, West Chester, USA) เป็นเวลา 8 นาที (ได้ความหนาทอง 100-300 ไมครอน) แล้วนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ยี่ห้อ FEI รุ่น Quanta 400 (SEM-Quanta) ที่กำลังขยาย 500 1,500 และ 5,000 เท่า

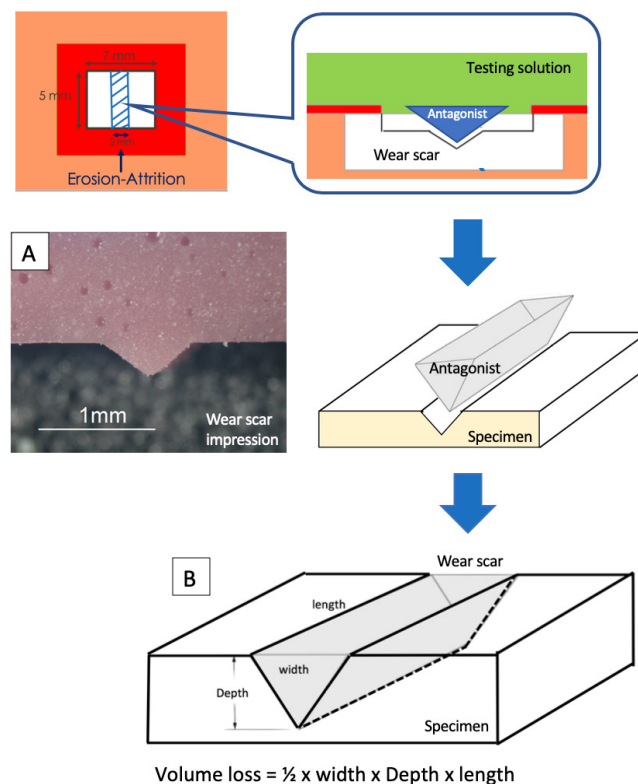
วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าปริมาตรการสึกหรองระหว่างกลุ่มการทดลอง โดยใช้สถิติทดสอบนอนพาราเมตริกชนิดครัสคัล-วอลลิส (Kruskal-Wallis test) และทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างกลุ่ม (Multiple comparisons between treatment) การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (SPSS Version 26.0) โดยพิจารณาที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$

ผลการทดลอง

จากผลการทดลองได้ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวเริ่มต้นแสดงดังตารางที่ 2 โดยพบว่าความแข็งผิวเฉลี่ยก่อนการทดลองของวัสดุแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขึ้นตัวอย่างก่อนผ่านเครื่องจำลองการสึกจะมีปริมาตรเริ่มต้นเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ หรือปริมาตรการสึกเท่ากับ 0 ลบ.มม. หลังผ่านการทดลองจำลองการสึกในสภาวะ erosion-attribution จะทำให้เกิดการสูญเสียเนื้อวัสดุเกิดเป็นรอยสึก เมื่อนำชิ้นตัวอย่างมาพิมพ์ด้วยซิลิโคนเพื่อลอกเลียนลักษณะรอยสึกแล้วนำมาตัดขวาง ดังรูปที่ 3

พบว่ารอยพิมพ์บริเวณรอยสึกมีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม (wedge shape) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะคู่สบที่เป็นรูปทรงปริซึมฐานสามเหลี่ยม จึงอนุมานได้ว่ารอยสึกที่เกิดขึ้นบนชิ้นตัวอย่างมีรูปทรงเป็นปริซึมฐานสามเหลี่ยมเช่นเดียวกัน จึงทำการวัดความลึก ความกว้าง และความยาวของรอยสึก 3 ตำแหน่งต่อ 1 ชิ้นงาน เพื่อนำมาคำนวณปริมาตรการสึกในแต่ละตำแหน่งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยโดยใช้สูตร ปริมาตรการสึก (Volume loss) = $\frac{1}{2} \times$ ความกว้างรอยสึก \times ความยาวรอยสึก \times ความลึกรอยสึก

ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่ามัธยฐานของปริมาตรการสึกในกลุ่มทดลองต่าง ๆ ในหน่วยลูกบาศก์มิลลิเมตรแสดงในตารางที่ 3-5 และแสดงแผนภูมิเปรียบเทียบปริมาตรการสึกในกลุ่มต่าง ๆ ดังรูปที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบปริมาตรการสึกตามชนิดของวัสดุ พบว่ากลุ่มเคลือบฟันมีปริมาตรการสึกสูงสุด รองลงมาคือกลุ่มเซรามิกเอน และกลุ่มเซรามิกบีเป็นกลุ่มที่มีปริมาตรการสึกต่ำสุด เมื่อนำข้อมูลไปทดสอบการกระจายตัวข้อมูลด้วยการทดสอบโคโมโกรอฟสเมนอนอฟ พบว่ามีข้อมูลมีการกระจายตัวที่ไม่ปกติ ($p < 0.05$) จึงทำการทดสอบความแตกต่างของค่าปริมาตรการสึกในแต่ละกลุ่มการทดลองด้วยสถิติครัสคัล-วอลลิส



รูปที่ 3 แสดงรอยสึกในสภาวะ erosion-attribution: A=ภาพถ่ายแบบพิมพ์ซิลิโคนของรอยสึกด้วยกล้องสเตอริโอโคปที่กำลังขยาย 30 เท่า
B=แสดงวิธีการคำนวณปริมาตรการสึก

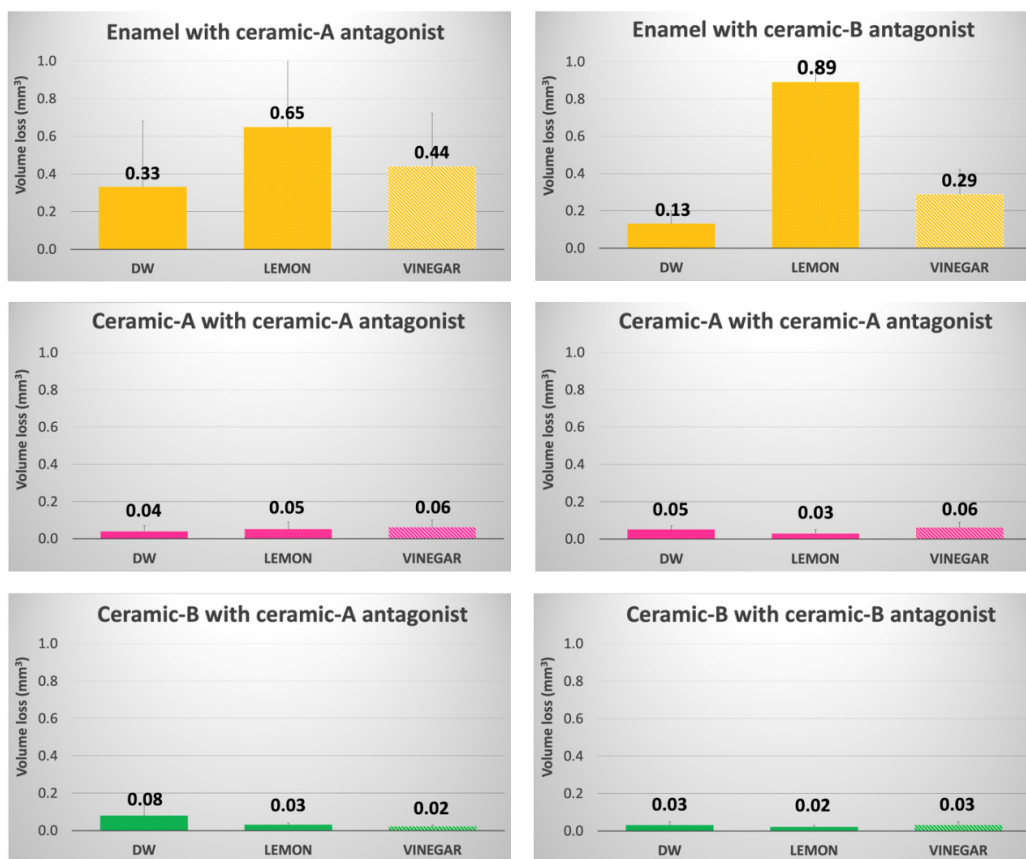
Figure 3 Wear scar in erosion-attribution condition: A=Stereoscope photograph of silicone impression of wear scar (at 30 magnification),
B=The formula of volume loss calculation

ตารางที่ 2 แสดงความแข็งแรงผิวเฉลี่ยเริ่มต้นของวัสดุ

Table 2 Results of mean of baseline microhardness (Kg/mm²) of each experimental group

Materials	Mean surface hardness (mean \pm SD, Kg/mm ²)
Enamel	364.1 \pm 33.2
Ceramic A	549.5 \pm 56.7
Ceramic B	587.6 \pm 35.8

Volume loss



รูปที่ 4 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบปริมาณการสึกกร่อนของชิ้นตัวอย่างในกลุ่มต่าง ๆ หลังการจำลองสภาวะ erosion-attrition (n=8) , DW แทนน้ำปราศจากไอออน, Lemon แทนน้ำมะนาวเทียม, Vinegar แทนน้ำส้มสายชู

Figure 4 Mean volume loss of all specimens after erosion-attrition testing (n=8), DW : distilled water, Lemon : commercial lemon juice, Vinegar : Vinegar

ผลปริมาณการสึกกร่อนของเคลือบฟันที่สับกับเซรามิกทั้งสองชนิดในสารทดสอบชนิดต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าเคลือบฟันที่สับกับเซรามิกทั้งสองชนิดในสารทดสอบที่มีฤทธิ์เป็นกรดมีปริมาณการสึกกร่อนมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบปริมาณการสึกกร่อนของเคลือบฟันมากที่สุดในกลุ่มที่ทดสอบในน้ำมะนาวเทียม

โดยมีการเปรียบเทียบปริมาณการสึกกร่อนในแต่ละกลุ่มดังต่อไปนี้
 กลุ่มเคลือบฟันที่สับกับเซรามิกเอ (EA) : น้ำมะนาวเทียม = น้ำส้มสายชู > น้ำปราศจากไอออน
 กลุ่มเคลือบฟันที่สับกับเซรามิกบี (EB) : น้ำมะนาวเทียม > น้ำส้มสายชู > น้ำปราศจากไอออน

ตารางที่ 3 ค่าปริมาตรการสึก (mm³) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชิ้นตัวอย่างหลังการทดลองของกลุ่มเคลือบฟัน

Table 3 Results of volume loss (mm³) and deviation of enamel groups

Condition	Volume loss (mm ³) and deviation	
	EA	EB
DW (W)	0.33 (0.35) ^b [0.18]	0.13 (0.07) ^c [0.11]
Lemon (L)	0.65 (0.44) ^a [0.53]	0.89 (0.87) ^{a,c} [0.43]
Vinegar (V)	0.44 (0.28) ^a [0.34]	0.29 (0.13) ^{a,d} [0.27]

Mean (SD) n = 8 *Superscript letters following mean value: the difference letter indicates significant difference (p<0.05)

[Med]

ผลปริมาตรการสึกของเซรามิกเอที่สับกับเซรามิกทั้งสองชนิดในสารทดสอบชนิดต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4 โดยพบว่ากลุ่มเซรามิกเอที่สับกับเซรามิกเอมีปริมาตรการสึกในสารทดสอบชนิดต่าง ๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ในขณะที่กลุ่มเซรามิกเอที่สับกับเซรามิกบีพบการสึกมากที่สุดใต้น้ำส้มสายชู และมีปริมาตรการสึกที่มากกว่ากลุ่มที่ทดสอบใต้น้ำมะนาวเทียมและน้ำ

ปราศจากไอออนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยมีการเปรียบเทียบปริมาตรการสึกในแต่ละกลุ่มดังต่อไปนี้

กลุ่มเซรามิกเอที่สับกับเซรามิกเอ (AA) : น้ำส้มสายชู = น้ำมะนาวเทียม = น้ำปราศจากไอออน

กลุ่มเซรามิกเอที่สับกับเซรามิกบี (AB) : น้ำส้มสายชู > น้ำมะนาวเทียม = น้ำปราศจากไอออน

ตารางที่ 4 ค่าปริมาตรการสึก (mm³) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชิ้นตัวอย่างหลังการทดลองของกลุ่มเซรามิก A

Table 4 Results of volume loss (mm³) and deviation of ceramic-A groups

Condition	Volume loss (mm ³) and deviation	
	AA	AB
DW (W)	0.04 (0.03) [0.04]	0.05 (0.02) ^b [0.04]
Lemon (L)	0.05 (0.04) ^b [0.03]	0.03 (0.02) ^{b,d} [0.03]
Vinegar (V)	0.06 (0.04) ^a [0.06]	0.06 (0.03) ^{a,c} [0.06]

Mean (SD) n = 8 *Superscript letters following mean value: the difference letter indicates significant difference (p<0.05)

[Med]

ผลปริมาตรการสึกของเซรามิกบีที่สับกับเซรามิกทั้งสองชนิดในสารทดสอบชนิดต่าง ๆ แสดงไว้ดังตารางที่ 5 โดยกลุ่มเซรามิกบีที่สับกับเซรามิกเอพบปริมาตรการสึกมากที่สุดในน้ำปราศจากไอออน และมีปริมาตรการสึกมากกว่ากลุ่มที่ทดสอบใต้น้ำส้มสายชูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่กลุ่มเซรามิกบีที่สับกับเซรามิกบีไม่พบความแตกต่างของปริมาตรการสึกในสารทดสอบชนิดต่าง ๆ อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยมีการเปรียบเทียบปริมาตรการสึกในแต่ละกลุ่มดังต่อไปนี้

กลุ่มเซรามิกบีที่สับกับเซรามิกเอ (BA) : น้ำมะนาวเทียม = น้ำปราศจากไอออน > น้ำส้มสายชู

กลุ่มเซรามิกบีที่สับกับเซรามิกบี (BB) : น้ำมะนาวเทียม = น้ำส้มสายชู = น้ำปราศจากไอออน

ตารางที่ 5 ค่าปริมาตรการสึก (mm³) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของชิ้นตัวอย่างหลังการทดลองของกลุ่มเซรามิก B

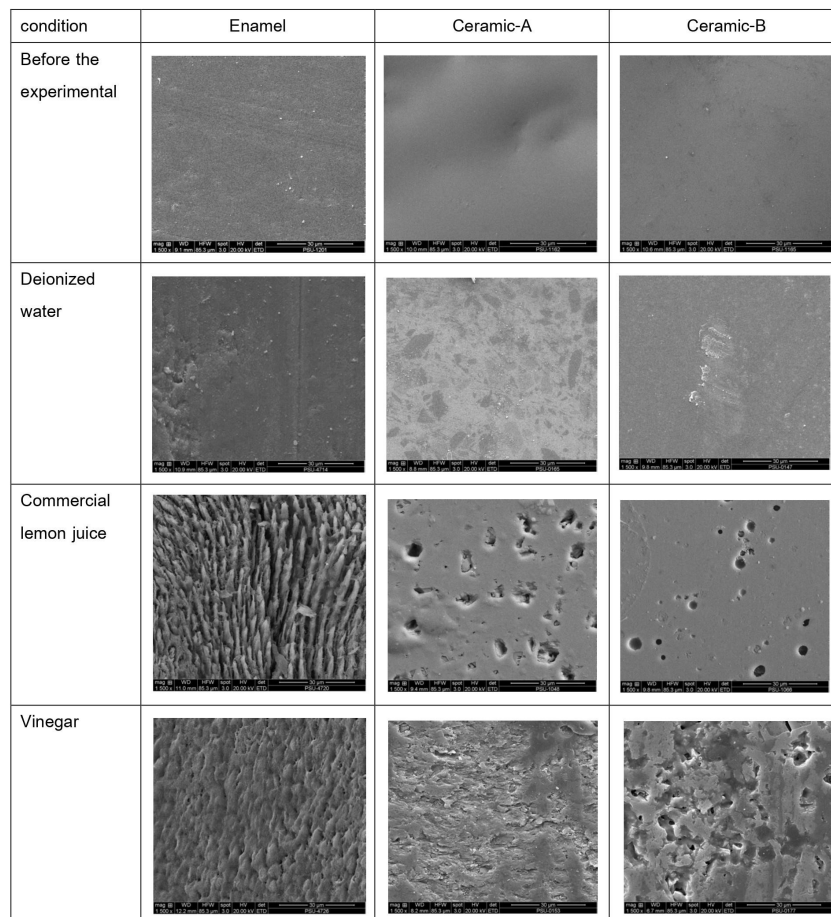
Table 5 Results of volume loss (mm³) and deviation of ceramic-B groups

Condition	Volume loss (mm ³) and deviation	
	AA	AB
DW (W)	0.08 (0.11) ^a [0.05]	0.03 (0.02) ^{c,d} [0.02]
Lemon (L)	0.03 (0.01) ^a [0.03]	0.02 (0.01) ^d [0.02]
Vinegar (V)	0.02 (0.01) ^b [0.02]	0.03 (0.02) ^c [0.03]

Mean (SD) n = 8 *Superscript letters following mean value: the difference letter indicates significant difference (p<0.05) [Med]

ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผิวเคลือบฟันหลังผ่านสภาวะ erosion-attrition ที่กำลังขยาย 1,500 เท่า ดังรูปที่ 5 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับภาพชิ้นงานก่อนการทดลอง ชิ้นตัวอย่างเคลือบฟันในสารทดสอบที่มีฤทธิ์เป็นกรด จะพบรูปแบบการสึกกร่อน (etching pattern) และแตกหักของแท่งเคลือบฟัน ร่วมกับรอยครูดในทิศทางขนานกับทิศการเคลื่อนที่ของคู่สบ เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างสารทดสอบ พบว่ากลุ่มน้ำมะนาวเทียมมีลักษณะการสึกที่รุนแรงกว่ากลุ่มที่ทดสอบในน้ำส้มสายชู ส่วนเคลือบฟันที่

ทดสอบในน้ำปราศจากไอออนจะมีลักษณะการสึกที่แตกต่างออกไป คือมีลักษณะการขีดถูเป็นรอยครูดในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของคู่สบ โดยไม่พบลักษณะการสึกกร่อน ในชิ้นตัวอย่างเซรามิก เมื่อเปรียบเทียบกับภาพชิ้นตัวอย่างก่อนการทดลอง พบว่าชิ้นเซรามิกมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวในรูปแบบต่าง ๆ โดยในสารทดสอบที่มีฤทธิ์เป็นกรดจะพบการสึกในลักษณะการสึกที่มีการทำลายของชั้นพื้นผิวที่มากกว่าสภาวะน้ำปราศจากไอออนซึ่งมีการสึกเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 5 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของรอยสึกบนชิ้นตัวอย่างที่มีคู่สบเป็นเซรามิกบี ในสารทดสอบชนิดต่าง ๆ ที่กำลังขยาย 1500 เท่า
Figure 5 Scanning electron micrograph of wear scar on flat surface specimens with ceramic-B antagonist in each condition (at 1,500 magnification)

อภิปรายผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้ทำการทดลองในเครื่องจำลองการสึกกร่อนทิศทางเดียวอย่างง่าย (simple mono-directional wear simulator) ซึ่งถูกประดิษฐ์ในหน่วยปฏิบัติการ ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และเคยถูกนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยเพื่อการจำลองการสึก กรายใต้สภาวะกรด และการแปรงฟัน²¹ ซึ่งแสดงให้เห็นผลการเปลี่ยนแปลงในการทดลองเป็นอย่างดีเนื่องจากการวัดการสึกจริงในช่องปากสามารถทำได้ยาก และมีปัจจัยรบกวนต่าง ๆ ยากแก่การควบคุม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจำลองการสึกที่เกิดขึ้นในช่องปากเพื่อดำเนินการในห้องปฏิบัติการ เป็นผลให้ง่ายต่อการควบคุมปัจจัยรบกวนต่าง ๆ และทำการทดลองในเครื่องจำลองการสึก ซึ่งมีการเคลื่อนที่ของคู่สบในทิศทางเดียว แม้ว่าจะไม่เหมือนการสึกที่เกิดขึ้นจริงในช่องปาก ซึ่งมีการเคลื่อนที่ของคู่สบแบบหลายทิศทาง (multi-direction) แต่มีข้อดีคือ สามารถแสดงให้เห็นรูปแบบการสึกได้อย่างชัดเจน โดยไม่ได้รับอิทธิพลจากการสึกในทิศทางอื่น ๆ ที่จะมาบดบัง (shading) นอกจากนี้เครื่องจำลองการสึกยังสามารถทดสอบชิ้นตัวอย่าง 8-10 ชิ้นพร้อมกัน ภายใต้สภาวะทดสอบเดียวกัน ทำให้ง่ายต่อการควบคุมสภาวะการทดลองในกลุ่มเดียวกันให้เหมือนกันทุกชิ้น ค่าความแข็งผิววิกเกอร์สของผิวเคลือบฟันก่อนการทดลองในการศึกษานี้มีค่า 328.8-404.9 Kg/mm² อยู่ในช่วงค่าเฉลี่ยของผิวเคลือบฟันปกติ และค่าความแข็งผิวที่ได้มาจากกลุ่มประชากรเดียวกันซึ่งมีการแจกแจงแบบปกติ และมีความแปรปรวนระหว่างกลุ่มที่เท่ากัน เมื่อทดสอบด้วยสถิติ Oneway ANOVA พบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งผิวของเคลือบฟันก่อนการทดลองในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ในการศึกษานี้ได้จำลองสภาวะการสัมผัสสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดในช่องปาก โดยชิ้นงานสัมผัสสารทดสอบเป็นเวลา 30 นาที โดยอ้างอิงจากการศึกษาของ Demirhanoglu and Sahin (1992)⁹ และ Demirel *et al.* (2005)¹⁰ ที่อนุมานว่าในแต่ละวันจะมีการสัมผัสกับกรดชนิดริกในช่องปาก 40 วินาทีต่อวัน ดังนั้นการสัมผัสสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดต่อเนื่องเป็นเวลา 30 นาที เทียบเท่ากับสภาวะในช่องปากเป็นระยะเวลา 45 วัน สารทดสอบที่มีฤทธิ์เป็นกรดในการทดลองนี้ได้แก่ น้ำมะนาวเทียม และ น้ำส้มสายชู การศึกษานี้เลือกใช้น้ำมะนาวเทียม ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นกรดชนิดริก ความเข้มข้นร้อยละ 6 ซึ่งกรดชนิดริกเป็นกรดที่สามารถพบได้โดยทั่วไปในน้ำอัดลม หรือผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว และการเลือกใช้น้ำส้มสายชู เนื่องจากมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นกรดอะซิติก ซึ่งเป็นกรดที่สามารถพบได้ใน ผัก และผลไม้หมักดอง นอกจากนี้ น้ำมะนาวเทียม และน้ำส้มสายชู เป็นสารทดสอบที่สามารถหาซื้อได้ง่าย มีจำหน่ายในรูปแบบสำเร็จรูป ทำให้ทราบ

ส่วนประกอบได้อย่างชัดเจน และมีการควบคุมความเข้มข้นให้คงที่จากบริษัทผู้ผลิต รวมถึงจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่างตามฤดูกาล

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสึกระหว่างเคลือบฟัน และเซรามิกพบว่าเคลือบฟันมีปริมาณการสึกที่มากกว่าเซรามิกในทุก ๆ สารทดสอบ โดยพบว่าเคลือบฟันมีการสึกมากที่สุดในกลุ่มน้ำมะนาวเทียม ซึ่งการสึกของวัสดุที่แตกต่างกันนี้อาจเป็นผลมาจากโครงสร้างทางเคมี และสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันในแต่ละวัสดุ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันของโครงสร้างเหล่านั้นเมื่อสัมผัสกับสภาวะกรด เมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบทางเคมีพบว่าเคลือบฟันเป็นเนื้อเยื่อที่มีแร่ธาตุปริมาณสูง โดยประมาณร้อยละ 96 โดยน้ำหนักประกอบด้วย แคลเซียมไฮดรอกซีอะพาไทต์ (calcium hydroxyapatite) โดยมีองค์ประกอบที่เหลือเป็นสารอินทรีย์ประมาณร้อยละ 1 และน้ำร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก¹¹ จากองค์ประกอบเหล่านี้จึงทำให้เคลือบฟันเกิดการสึกกร่อนได้ง่ายกว่าเซรามิกเมื่อสัมผัสกับสารที่มีฤทธิ์เป็นกรด

การสึกแบบ erosion-attrition ของเคลือบฟันได้รับอิทธิพลอย่างมาก จากความสามารถในการกัดกร่อนของสารทดสอบ (erosive potential) โดยความสามารถนี้ขึ้นอยู่กับ ชนิดของกรด ค่าความเป็นกรดต่าง และความเข้มข้นของกรด¹² จากการทดลอง จะพบว่าในสารทดสอบที่เป็นน้ำมะนาวเทียมเคลือบฟันจะมีปริมาณการสึกสูงที่สุด เนื่องจากน้ำมะนาวเทียมมีองค์ประกอบเป็นกรดชนิดริกจากการศึกษาของ อามาเอชิ (Amaechi) และคณะ¹³ พบว่าสารละลายกรดชนิดริกเกี่ยวข้องกับ 2 กระบวนการ ได้แก่ การละลาย (dissolution) ของไฮดรอกซีอะพาไทต์ และสมบัติคีเลชัน (chelation action) ซึ่งทำให้เกิดการดึงกลับของแคลเซียมไอออนบนผิวเคลือบฟันที่สัมผัสกับกรด เป็นผลให้เกิดการเพิ่มการละลายตัวของเคลือบฟัน จากกระบวนการสึกกร่อนก่อให้เกิดการอ่อนนิ่มลงของผิวเคลือบฟัน และมีการสูญเสียแร่ธาตุในชั้นใต้พื้นผิว (subsurface) เล็กน้อย ผิวเคลือบฟันที่อ่อนนิ่มนี้สามารถถูกกำจัด (removed) ได้ง่ายโดยฟันหรือวัสดุคู่สบ ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยกลไกการสึกแบบรอยครูด (shaving wear mechanism) ซึ่งเชื่อว่าเป็นกลไกที่สำคัญขณะเกิดการสึกแบบ erosion-attrition โดยกลไกนี้ถูกอธิบายว่าเมื่อเคลือบฟันสัมผัสสารทดสอบที่มีฤทธิ์เป็นกรด จะสร้างชั้นอ่อนนิ่ม (softened layer) ที่หนาขึ้น และเมื่อมีการเคลื่อนที่ของฟันคู่สบชั้นเคลือบฟันอ่อนนิ่มนี้จะถูกกำจัดเป็นผลให้เกิดการสึกเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของสารทดสอบว่ามีอิทธิพลเป็นอย่างมากในกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุของเคลือบฟันมีการ

รายงานว่าการสูญเสียเคลือบฟันที่สูง จากการสึกแบบ erosion-attrition⁴ ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรดต่างต่ำ ซึ่งได้รับการยืนยันจากการศึกษาของ วู และคณะ (Wu et al.)¹² ที่ทำการศึกษารูปร่างของเคลือบฟันต่อฟันคู่สบ โดยใช้กรดอะซิติก และกรดซิตริกที่มีค่าความเป็นกรดต่างต่าง ๆ พบว่าเคลือบฟันมีปริมาตรการสึกเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความเป็นกรดต่างต่ำลง

เซรามิกทั้งสองชนิดที่ใช้ในการทดลอง มีองค์ประกอบเป็นเฟลสปาติคเซรามิก และลิเทียมไดซิลิเกตเซรามิกซึ่งเกิดการสึกกร่อนที่ต่ำเมื่อเทียบกับเคลือบฟันในสภาวะกรด แม้ว่าจากการศึกษาของ Kukiattrakoon และคณะในปี ค.ศ. 2010 และ 2011^{14,15} จะพบการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวเซรามิกภายใต้สภาวะกรด โดยพบว่าเซรามิกบางชนิดมีความแข็งแรงลดลง และมีความหยาบผิวที่เพิ่มขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นในระดับที่น้อยมาก และแทบไม่พบการเปลี่ยนแปลงเมื่อเซรามิกสัมผัสกับกรดในระยะเวลา 30 นาที

ในเรื่องสมบัติทางกายภาพพบว่าความแข็งแรงเริ่มต้นของเคลือบฟัน ต่ำกว่าเซรามิก โดยพบว่าเคลือบฟันมีค่าความแข็งแรงเริ่มต้นเป็น 364.1 ± 33.2 ตร.มม. ซึ่งต่ำกว่าความแข็งแรงของเซรามิก โดยเซรามิกเอ มีความแข็งแรงเริ่มต้นเป็น 549.5 ± 56.7 ตร.มม. และ เซรามิกบี มีความแข็งแรงเริ่มต้นเป็น 587.6 ± 35.8 ตร.มม. ในอดีตมีหลายการศึกษาที่ให้ความเห็นว่าการสึกของฟันมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความแข็งแรงของเซรามิกที่เป็นคู่สบ^{16,17} แต่จากการศึกษาในปัจจุบันพบว่าความแข็งแรงเพียงอย่างเดียวไม่ได้เป็นสาเหตุที่ทำให้ฟันคู่สบสึก^{18,19} เนื่องจากเซรามิกเป็นวัสดุที่มีความเปราะและสามารถแตกได้เมื่อเกิดการสบกับเคลือบฟัน และก่อให้เกิดการสึกในลักษณะการสึกแบบขัด (abrasive wear)²⁰ ดังนั้นจึงอาจจะต้องพิจารณาสมบัติอื่น ๆ ของร่วมด้วย เช่น สมบัติความต้านทานต่อแรงเสียดทาน ความเป็นรูพรุนในเนื้อวัสดุ และความหยาบผิวของเซรามิก

ความแข็งแรงของเซรามิกดูเหมือนจะมีอิทธิพลที่ชัดเจนกับปริมาตรการสึกของเคลือบฟันที่ทดสอบในน้ำมะนาวเทียม โดยพบว่าเซรามิกบีซึ่งมีความแข็งแรงมากกว่าเซรามิกเอ ทำให้เคลือบฟันมีปริมาตรการสึกที่มากกว่า ซึ่งอาจเกิดจากเมื่อเคลือบฟันสัมผัสกับกรดจากน้ำมะนาวเทียม จะเกิดการละลายตัวของแร่ธาตุเกิดเป็นชั้นอ่อนนุ่ม (soften layer) ในขณะเดียวกันที่เกิดการเคลื่อนที่ของคู่สบ ซึ่งจะขัดพื้นผิวของชั้นเคลือบฟันที่อ่อนนุ่มนี้ออกไป ซึ่งโดยปกติแล้วเซรามิกทั้งสองชนิดมีการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวน้อยมากในสภาวะกรด การสึกของเคลือบฟันที่เกิดขึ้นจึงมีลักษณะคล้ายการสึกจากการขัดถู (abrasive wear) ซึ่งได้รับอิทธิพลจากความแข็งแรงผิวด้วย ในขณะที่น้ำปราศจากไอออน อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวน้อยกว่า

จากภาพถ่ายจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่มีกำลังขยาย 1500 เท่า ของกลุ่มเคลือบฟันในสารทดสอบที่มีฤทธิ์เป็นกรดทั้งสองชนิด จะพบการสูญเสียเคลือบฟัน โดยปรากฏรูปแบบการสึกกร่อน (etching pattern) ในลักษณะคอบเบิลสโตน (cobble stone appearance) ร่วมกับลักษณะของการขัดถู โดยมีการแตกหักของแท่งเคลือบฟัน และรอยครูดในแนวยาวขนานกับการเคลื่อนที่ของคู่สบ โดยกลุ่มเคลือบฟันที่ทดสอบในน้ำมะนาวเทียมมีลักษณะการสึกที่รุนแรงมากกว่าน้ำส้มสายชู ซึ่งแตกต่างจากน้ำปราศจากไอออนซึ่งมีค่าความเป็นกรดต่างใกล้เคียงความเป็นกลาง และถูกใช้เป็นกลุ่มควบคุม ในสภาวะนี้จะไม่พบลักษณะการสึกกร่อน แต่พบเฉพาะลักษณะการขัดถูเท่านั้น ลักษณะ และความรุนแรงของการสึกอาจเป็นผลมาจาก เคลือบฟันถูกกัดกร่อนในระดับที่แตกต่างกันในสารทดสอบชนิดต่าง ๆ ในขณะที่กลุ่มเซรามิกจะพบลักษณะการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวที่ระดับต่าง ๆ ในทุกสารทดสอบ โดยพบลักษณะการสึกที่มากที่สุดใต้น้ำส้มสายชู รองลงมาคือน้ำมะนาวเทียม ในขณะที่สภาวะน้ำปราศจากไอออนพบการสึกเพียงเล็กน้อยคล้ายการหลุดลอกของชั้นเคลือบผิว (glazing) จากการทดลองจำลองการสึกทิศทางเดียว และภาพถ่าย SEM ในห้องปฏิบัติการ แม้ไม่ได้เป็นสภาวะที่เหมือนการสึกจริงในช่องปากซึ่งมีการเคลื่อนที่ของฟันคู่สบในหลายทิศทาง แต่สามารถจำลองให้เห็นถึงลักษณะการสึกของฟัน และเซรามิก ได้อย่างชัดเจน ซึ่งยากแก่การศึกษาได้จริงในทางคลินิก

ในความเป็นจริงการสึกของฟันเกิดจากสาเหตุหลายปัจจัยร่วมกัน (Multifactorial etiology) หากพิจารณาให้ดีจะพบว่าในสภาวะจริงของช่องปาก เมื่อผิวฟันเกิดการละลาย ค่าความแข็งแรงจะลดลงเนื่องจากสูญเสียแร่ธาตุ ทำให้ความต้านทานต่อการสึกกร่อนจากการขัดสีลดลง หรือในผู้ป่วยที่มีนิสัยชอบรับประทานพืชผักที่มีเส้นใยแข็งจะเพิ่มการขัดสีผิวฟันได้มากขึ้น นอกจากนี้การกระทบกันของฟันขณะเคี้ยวหรือการกะเทาะของผิวฟันจากแรงที่ผิดปกติ ต่างก็ส่งเสริมความรุนแรงของการสึกกร่อนให้มากขึ้น เมื่อเกิดการละลายของฟันจะเกิดผลเสียตามมาหลายประการได้แก่ การสูญเสียความสวยงาม เกิดอาการเสียวฟัน เคี้ยวอาหารลำบากในรายที่มีการสึกอย่างรุนแรง อาจจะทำให้ส่วนเคลือบฟันแตกหักตัวฟันสั่นลง และสูญเสียมิติตั้งขณะสบฟัน (vertical dimension) ได้

ในขณะที่ทำการทดลอง ถาดยึดขึ้นตัวอย่างจะมีการเคลื่อนที่ในแนวราบพร้อม ๆ กับการทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของสารทดสอบไปบนชิ้นตัวอย่างซึ่งการไหลผ่านของสารทดสอบบนชิ้นตัวอย่างขณะการจำลองการสึก อาจมีผลในการชะล้างอนุภาคของสารที่หลุดลอกหรือ กะเทาะออกมาจากชิ้นตัวอย่างขณะเกิดการสึก จึงเชื่อว่าการสึกในบริเวณ erosion-attrition โดยส่วนใหญ่ของการทดลองนี้เกิดจาก

การสึกแบบทูบอดี (two body wear) เนื่องจากเชื่อว่ามีอนุภาคชั้นกลางระหว่างคู่สบน้อยมาก หรือแทบไม่มีอนุภาคชั้นกลางระหว่างคู่สบเลย จึงไม่สามารถกล่าวว่าการสึกที่เกิดขึ้นในการทดลองนี้เป็น การสึกแบบทรีบอดี (three body wear) ได้

ผลการทดลองจากงานวิจัยนี้สามารถนำมาใช้ในทางคลินิกได้คือ สามารถใช้เป็นข้อแนะนำสำหรับทันตแพทย์ผู้ให้การ รักษาผู้ป่วยที่มีฟันสึกในระดับปานกลางจนถึงระดับรุนแรง รวมถึง ขอบรับประทานอาหารที่มีฤทธิ์เป็นกรดว่า หากต้องทำการบูรณะ ฟันด้วยเซรามิกอาจเป็นข้อพิจารณาว่าจำเป็นต้องบูรณะฟันคู่สบ ด้วยหรือไม่ เพื่อลดการสึกของเนื้อฟันธรรมชาติ อีกทั้งยังเป็นข้อ แนะนำสำหรับผู้ป่วยที่ชอบเคี้ยวของแข็ง และนิยมรับประทานอาหาร ที่มีฤทธิ์เป็นกรด

บทสรุป

ปริมาตรการสึกหลังผ่านกระบวนการ erosion-attrition เมื่อสัมผัสสารทดสอบที่มีฤทธิ์เป็นกรด (น้ำส้มสายชู และน้ำมะนาวเทียม) พบว่า เคลือบฟันมีปริมาตรการสึก (volume loss) มากกว่าเซรามิก ทั้งสองชนิด ในทุก ๆ สารทดสอบ โดยพบว่าเคลือบฟันมีปริมาตรการสึก สูงที่สุดในน้ำมะนาวเทียม รองลงมาคือน้ำส้มสายชู และพบปริมาตร การสึกของเคลือบฟันต่ำที่สุดเมื่อสัมผัสกับน้ำปราศจากไอออน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้ ได้รับทุนสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

1. Lambrechts P, Braem M, Vuylsteke-Wauters M, Vanherle G. Quantitative *in vivo* wear of human enamel. *J Dent Res* 1989;68(12):1752-4.
2. Van't Spijker A, Rodriguez JM, Kreulen CM, Bronkhorst EM, Bartlett DW, Creugers N. Prevalence of tooth wear in adults. *Int J Prosthodont* 2009;22(1):35-42.
3. Kelleher M, Bishop K. Tooth surface loss: an overview. *Br Dent J* 1999;186(2):61-6.
4. Eisenburger M, Addy M. Erosion and attrition of human enamel *in vitro* part I: interaction effects. *J Dent* 2002;30(7-8):341-7.
5. Zheng J, Huang H, Shi M, Zheng L, Qian L, Zhou Z. *In vitro* study on the wear behaviour of human tooth enamel in citric acid solution. *Wear* 2011;271(9-10):2313-21.

6. Rosenblum MA, Schulman A. A review of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc* 1997;128(3):297-307.
7. Conrad HJ, Seong W-J, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2007;98(5):389-404.
8. Oh W-s, DeLong R, Anusavice KJ. Factors affecting enamel and ceramic wear: a literature review. *J Prosthet Dent* 2002;87(4):451-9.
9. Demirhanoglu ŞT. Effects of topical fluorides and citric acid on overglazed and autoglazed porcelain surfaces. *Int J Prosthodont* 1992;5(5):434-40.
10. Demirel F, Yüksel G, Muhtarogullari M, Çekiç C. Effect of topical fluorides and citric acid on heat-pressed all-ceramic material. *Int J Periodont Restor Dent* 2005;25(3):277-81.
11. Mjör IA. Human coronal dentine: structure and reactions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1972;33(5):810-23.
12. Wu Y-Q, Arsecularatne JA, Hoffman M. Effect of acidity upon attrition-corrosion of human dental enamel. *J Mech Behav Biomed* 2015;44:23-34.
13. Amaechi BT, Higham SM. Dental erosion: possible approaches to prevention and control. *J Dent* 2005;33(3):243-52.
14. Kukiattrakoon B, Hengtrakool C, Kedjarune-Leggat U. Chemical durability and microhardness of dental ceramics immersed in acidic agents. *Acta Odontol Scand* 2010;68(1):1-10.
15. Kukiattrakoon B, Hengtrakool C, Kedjarune-Leggat U. Effect of acidic agents on surface roughness of dental ceramics. *Dent Res J (Isfahan)* 2011;8(1):6-15.
16. Hudson JD, Goldstein GR, Georgescu M. Enamel wear caused by three different restorative materials. *J Prosthet Dent* 1995; 74(6):647-54.
17. Jagger D, Harrison A. An *in vitro* investigation into the wear effects of selected restorative materials on enamel. *J Oral Rehabil* 1995;22(4):275-81.
18. Dahl BL, Øilo G. *In vivo* wear ranking of some restorative materials. *Quintessence Int* 1994;25(8):561-5
19. Seghi R, Rosenstiel S, Bauer P. Abrasion of human enamel by different dental ceramics *in vitro*. *J dent Res* 1991;70(3):221-5.
20. DeLong R, Douglas W, Sakaguchi R, Pintado M. The wear of dental porcelain in an artificial mouth. *Dent mater* 1986;2(5):214-9.
21. Panjarattanakorn S, Hengtrakoon C, editors. Surface hardness change of enamel and restorative materials after immersed in acidic solution and tooth brushing: 'IN VITRO' study. Proceeding of 12th Srinakharinwirot University Research Conference; 2019 Mar 20-21; Bangkok, Thailand.

CONTINUING EDUCATION QUIZ

Journal of The Dental Association of Thailand Year 2021

Volume 71 Issue 2 April – June 2021

Contemporary Trends in Dental Local Anaesthesia: A Review of Literature

Thippayarat Thongim¹, Lee Kian Khoo¹, Bishwa Prakash Bhattarai², Nattisa Niyomtham²

Verasak Pairuchvej¹, Natthamet Wongsirichat²

¹Department of Oral & Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Bangkok, Thailand

²International College of Dentistry, Walailak University, Bangkok, Thailand

1. Which phase of the action potential is most profoundly affected by local anesthesia?
 - a. Resting
 - b. Repolarization
 - c. Slow depolarization
 - d. Rapid depolarization
2. Which local anesthetic is used to manage postoperative pain?
 - a. Articaine
 - b. Etidocaine
 - c. Mepivacaine
 - d. Bupivacaine
3. The STA (Single Tooth Anesthesia) System presents a unique approach to which injection?
 - a. Nasopalatine (NP)
 - b. Inferior alveolar (IA)
 - c. Periodontal ligament (PDL)
 - d. Posterior superior alveolar (PSA)
4. Which nerve block will most likely anesthetize the buccal soft tissues and bone of the premolar area, when the middle superior alveolar (MSA) nerve is missing?
 - a. Greater (anterior) palatine
 - b. Posterior superior alveolar (PSA)
 - c. Anterior superior alveolar (ASA)
 - d. Lesser (middle and posterior) palatine
5. Anesthesia of the buccal nerve is contraindicated for which procedure?
 - a. Placing a matrix band around the mandibular third molar
 - b. Restoring a carious cavitation in the second mandibular molar
 - c. Placing a rubber dam clamp around the second mandibular molar
 - d. Scaling subgingival calculus deposits from the first mandibular molar

กรุณา ลงทะเบียนหรือ Login ใน www.cdec.or.th เพื่อตอบคำถามและรับคะแนน 3 หน่วยกิต
<http://descdec.cda.or.th/CDECEXam/ExamAns?EXAMKEY=94608>