

JDAT



Journal of The Dental Association of Thailand

Volume 75 Number 3 July - September 2025

www.jdat.org

ISSN 2730-4280



วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์

ปีที่ 75 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน พ.ศ. 2568 | e-ISSN 2730-4280

ทันตแพทยสมาคมแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

Advisory Board

Asst. Prof. Anonknart	Bhakdinaronk
Dr. Charmary	Reanamporn
Assoc. Prof. Porjai	Ruangsi
Lt. Gen. Nawarut	Soonthornwit
Dr. Werawat	Satayanurug
Assoc. Prof. Wacharaporn	Tasachan
Dr. Anuchar	Jitjaturunt
Dr. Prinya	Pathomkulmai

Board of Directors 2025 - 2027

President	Assoc. Prof. Dr. Sirivimol	Srisawasdi
President Elect	Dr. Adirek	Sriwatanawongsa
1 st Vice-President	Assoc. Prof. Dr. Nirada	Dhanesuan
2 nd Vice-President	Asst. Prof. Dr. Sutee	Suksudaj
Treasurer	Assoc. Prof. Poranee	Berananda
Secretary General	Dr. Chavalit	Karnjanaopaswong
Deputy Secretary General and National Liaison Officer	Lt. Col. Thanasak	Thumbuntu
Chairman of the Foreign Affairs Committee	Asst. Prof. Ekachai	Chunhacheevachaloke
Editor	Dr. Ekamon	Mahapoka
Executive Committee	Clinical Prof. Pusadee	Yotnuengnit
	Assist. Prof. Suchit	Poolthong
	Clinical Prof. Dr. Sirichai	Kiattavorncharoen
	Clinical Prof. Dr. Siriruk	Nakornchai
	Asst. Prof. Piriya	Cherdsatirakul
	Dr. Terdsak	Utasri
	Prof. Dr. Thanaphum	Osathanon
	Dr. Thornkanok	Pruksamas
	Asst. Prof. Taksid	Charasseangpaisarn
	Dr. Adisa	Suthirathikul

วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์

JOURNAL OF THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

Advisory Board Assoc. Prof. Porjai Ruangsri Assist. Prof. Phanomporn Vanichanon
 Assoc. Prof. Dr. Patita Bhuridej Prof. Dr. Teerasak Damrongrungruang

Editor Dr. Ekamon Mahapoka

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

Editorial Staff Pimpanid Laomana
 Anyamanee Kongcheepa

Manage 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: jdateditor@thaidental.or.th

Instruction for Authors

The Journal of the Dental Association of Thailand (*J DENT ASSOC THAI*) 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 filed 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 TH Sarabun 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 TH Sarabun 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.

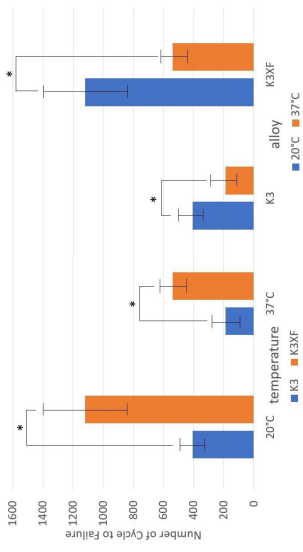
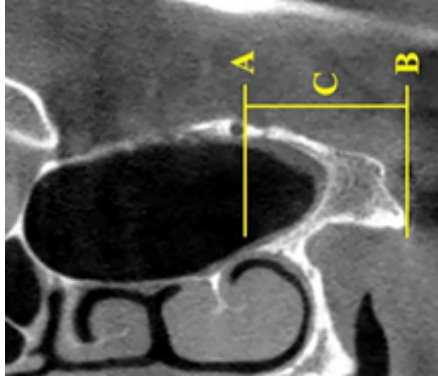

5. Standard abbreviation must be used for abbreviation and symbols. The abbreviation should not be used in the title and abstract. Full words of the abbreviation should be referred at the end of the first abbreviation in the content except the standard measurement units.

6. Position of the teeth may use full proper name such as maxillary right canine of 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 Graycale	300 dpi
Combo	Combination of line art and half tone.		tif. of eps.	RGB of Graycale	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 untables 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 Livingstone; 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 Neurophysiology; 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>

Publication fee for journals: Free for Black and white printing this article. The price of color printing is extra charged 10,000 bath/article/1,500 copy (vat included).

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

» Updated January, 2024 «

วิทยาศาสตร์

JOURNAL OF THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

สารบัญ

ปีที่ 75 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน พ.ศ. 2568

บทความปริทัศน์

Effectiveness of Air Polishing in Managing Peri-Implant Diseases: A Review

Akkapol Banlue
Sukrit Jaiklaew

รายงานผู้ป่วย

Resolving Chronic Masticatory Myofascial Pain in a Bruxism Patient: A Case Report on Effective Treatment Approaches

Uthai Uma

บทวิทยากร

The Effect of Pandan Leaf Extract on Heat-Polymerized Acrylic Resin: Alteration of Physical Properties and Reduction of *Candida albicans*

Kanokporn Teerakiatkamjorn
Nattapon Rotpenpian

The Effect of Herbal Toothpastes on Aged Root Dentin Surface Roughness After Brushing

Pasika Meenamphant
Rangsima Sakoolnamarka
Issara Wongpraparatana
Kopkrit Hataiareerug

Compressive Strength of Highly Filled Flowable, Conventional, and Combinations of Flowable as a Liner with Conventional Resin Composite

Kanokporn Teerakiatkamjorn
Wanthip Plooksawasdi
Nattapon Rotpenpian

Contents

Volume 75 Number 3 July - September 2025

Review Article

119 Oral Evaluation and Management in Head and
Neck Radiotherapy Patient

Atapol Yongvikul
Sunya Ruangsitt

Case Report

132 Resolving Chronic Masticatory Myofascial Pain in a Bruxism Patient: A Case Report on Effective Treatment Approaches

Uthai Uma

Original Article

141 The Effect of Pandan Leaf Extract on Heat-Polymerized
Acrylic Resin: Alteration of Physical Properties and
Reduction of *Candida albicans*

Kanokporn Teerakiatkamjorn
Nattapon Rotpenpian

153 The Effect of Herbal Toothpastes on Aged Root
Dentin Surface Roughness After Brushing

Pasika Meenamphant
Rangsima Sakoolnamarka
Issara Wongpraparatana
Kopkrit Hataiareerug

164 Compressive Strength of Highly Filled Flowable,
Conventional, and Combinations of Flowable as
a Liner with Conventional Resin Composite

Kanokporn Teerakiatkamjorn
Wanthip Plooksawasdi
Nattapon Rotpenpian

วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์

JOURNAL OF THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

สารบัญ

ปีที่ 75 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน พ.ศ. 2568

บทวิทนาการ

การนำโปรแกรมทันตสุขศึกษาสำเร็จรูปไปประยุกต์ใช้ใน
โรงเรียนประถมศึกษา: กรณีศึกษา “ฟันดี ยิ้มสดใส”

พลิณี เดชสมบูรณ์รัตน์

ภทิตา ภูริเดช

ภัทราภรณ์ หัสดีเสวี

กันยา บุญธรรม

เกศกัญญา สัพพะเลข

สุภัทสรุฉา ฉันทภากร

ผกาภรณ์ พันธุ์ดี พิศาลฐกิจ

ค่าพิกเซลเกรย์ของรอยผุด้านประชิดระยะแรกเริ่มภายหลัง
การทำซิลเวอร์ไดอะมีนฟลูออไรด์ที่ระยะเวลา 6 เดือน:

การทดสอบแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุม

รินรดา ภิรมย์ภักดี

ชุตินา ไตรรัตน์วรกุล

สุชยา ดำรงค์ศรี

ทิพวรรณ ธาราพัฒนานนท์

พรกวี เจริญลาภ

รติชนก นันทนีย์

แก้คำผิด

Contents

Volume 75 Number 3 July - September 2025

Original Article

175 The Application of a Ready-Made Oral Health
Education Program in Elementary School:
A Case Study “Healthy Teeth, Beaming Smile”

Palinee Detsomboonrat

Patita Bhuridej

Pattraporn Hasadisevee

Kanya Boontham

Keskanya Subbalekha

Supassara Chanpakorn

Pagaporn Pantuwadee Pisarnurakit

185 Pixel Grey Values of Initial Proximal Caries Lesion
after Silver Diamine Fluoride Application at
6 Months: A Randomized Controlled Trial

Rinrada Pirompak

Chutima Trairatvorakul

Suchaya Pornprasertsuk-Damrongsri

Thipawan Tharapiwattananon

Pornkawe Charoenlarp

Ratichanok Nantane

A Erratum

Front cover image: adapted from Figure 4 Toothpaste abrasive particles: (A) HB1 group, (B) HB2 group, (C) HB3 group, (D) NHB group. Bar = 10 μ m. (see Meenamphant *et al.*, page 159 for detail)

Effectiveness of Air Polishing in Managing Peri-Implant Diseases: A Review

Akkapol Banlue¹ and Sukrit Jaiklaew¹

¹Maha Chakri Sirindhorn Dental Hospital, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand

Abstract

Peri-implant diseases, including peri-implant mucositis and peri-implantitis, are inflammatory conditions affecting the tissues around dental implants. Effective management of these diseases is crucial to ensuring the long-term success of implant therapy. Air polishing has emerged as a potential non-invasive treatment modality for managing peri-implant diseases, offering an alternative to traditional mechanical debridement methods like hand scaling or using ultrasonic devices. This technique utilizes a pressurized jet of air, water, and abrasive powder to disrupt biofilm with minimal damage to the implant surface or surrounding soft tissues. Glycine powder air polishing and erythritol powder air polishing have gained prominence in peri-implantitis treatment. *In vitro* studies suggest that glycine powder air polishing and erythritol powder air polishing are highly effective in reducing biofilm and bacterial load with minimal damage to the implant surface. However, clinical studies have demonstrated limited benefits in reducing bleeding on probing and probing depth in peri-implant mucositis and peri-implantitis treatment. Its efficacy may depend on the stage of the disease, the powder used, and the duration of the treatment. Additionally, peri-implantitis is a multifactorial disease. Air polishing holds promise as a valuable tool in the management of peri-implant diseases. Further research is required to determine and improve its clinical outcomes and to compare it with other established treatment modalities.

Keywords: Dental air abrasion, Dental implants, Peri-implant diseases, Peri-implant maintenance

Received date: Jan 5, 2025

Revised date: Mar 19, 2025

Accepted date: Mar 26, 2025

Doi: 10.14456/jdat.2025.13

Correspondence to:

Akkapol Banlue, Maha Chakri Sirindhorn Dental Hospital, Faculty of Dentistry, Mahidol University, 888 Borommaratchachonnani Rd., Salaya, Phuttamonthon District, Nakhon Pathom 73170, Thailand. Tel: +662-849-6600 #2004, 2005 Email: akkapol.ban@mahidol.edu

Introduction

Dental implants have revolutionized the field of tooth replacement, providing an alternative to traditional methods of addressing missing teeth. Dental implants offer numerous advantages. They help support the surrounding teeth by preventing them from shifting into the space. In addition, dental implants are highly functional and aesthetically pleasing, blending naturally into the smile of an individual.

Maintaining optimal peri-implant health is critical, as neglecting it may lead to peri-implant diseases. The peri-implant conditions can be categorized into three groups. The ideal state of the peri-implant soft tissue is typically the absence of signs of inflammation, including bleeding on probing (BoP), suppuration (SUP), and redness, and probing depth (PD) of approximately 3-4 mm, a condition referred to as “peri-implant health”.¹ As

peri-implant diseases progress due to the accumulation of dental plaque around the soft tissue, it can develop into “Peri-implant mucositis”. It is described as clinical signs of peri-implant soft tissue inflammation without marginal bone loss.² The prevalence of peri-implant mucositis ranges from 27% to 63%.³ If the condition deteriorates and progresses into “Peri-implantitis”, it is defined as a condition in which clinical manifestations of inflammation are detectable and the radiographic evidence demonstrates further crestal bone loss surrounding dental implants.⁴ The prevalence of peri-implantitis is vary from 7% to 28%.³ The progression from peri-implant mucositis to peri-implantitis remains inconclusive. Many studies identified bacterial plaque accumulation as a key etiologic factor, similar to periodontitis. Several contributing factors also play a role, including smoking, diabetes mellitus, titanium particle dissolution, excessive occlusal loading, cement remnants, and genetic predisposition. These factors can lead to microbial dysbiosis, which further contributes to the state of the disease.⁵⁻⁷ Therefore, prevention through strict plaque control and addressing these contributing factors is essential for maintaining peri-implant health.

Peri-implantitis is treated through a combination of non-surgical and surgical approaches. Non-surgical treatment includes mechanical cleaning using ultrasonic scalers, curettes or air polishing, antimicrobial therapy with antibiotics or antiseptic rinses, and implant surface disinfection to remove plaque and bacteria. Surgical treatment is considered if non-surgical methods fail. Flap surgery may be performed to clean the implant and bone. In some cases, bone grafting and guided bone regeneration can restore lost bone.⁸ Regular professional mechanical debridement, combined with routine plaque control, represents the key to long-term success. Although these approaches have been shown to effectively reduce clinical signs of inflammation⁹, hand scalers have been found to cause damage to the tissues.¹⁰

Therefore, the purpose of this review is to critically assess the existing scientific evidence on the effectiveness of air polishing in managing peri-implant mucositis and peri-implantitis. The advantages and limitations of

air polishing will be examined in comparison to traditional mechanical debridement, drawing from both *in vitro* and clinical studies. By thoroughly reviewing the current research, this paper aims to offer valuable insights for dental professionals in determining the appropriate role of air polishing in the treatment and maintenance of peri-implant health.

***In vitro* studies of air polishing for implant surface decontamination**

Mechanism of air polishing

Air polishing devices utilize a combination of air, water, and powder particles propelled at high velocity toward the surface. The primary mechanism is the mechanical removal of biofilms and debris through abrasive contact. The choice of powder is crucial for balancing efficacy and safety, particularly on rough implant surfaces. Different powders vary in abrasiveness and particle size, influencing their effectiveness in biofilm disruption and the potential for surface damage.¹⁷

Effectiveness against biofilm

Several *in vitro* studies have evaluated the ability of air polishing to remove biofilm from various implant surfaces.^{12,18-21} Research shows that erythritol powder air polishing (EPAP) and glycine powder air polishing (GPAP), effectively removes biofilms without significantly altering the surface topography of dental implants compared to other methods.^{22,23} Luengo *et al.* compared the cleaning ability of four methods (GPAP, Titanium (Ti) brush, polyether ether ketone tip ultrasonic, and stainless-steel tip ultrasonic) on simulated intraosseous defects with Ti implants. The study showed that while no single method can completely decontaminate, GPAP was one of the most effective.²⁴ Similarly, Ichioka *et al.* found that air polishing using EPAP outperformed chemical agents, and combining air polishing with chemical agents did not significantly enhance efficiency.¹⁸

Surface integrity and roughness

Protecting the surface integrity of dental implants is a key consideration during contamination, as surface characteristics influence osseointegration and bacterial adhesion. *In vitro* studies show that air polishing, especially with fine powders, causes minimal changes to implant

surfaces compared to more abrasive techniques like ultrasonic scaling or mechanical brushing.^{21,25} Matsubara *et al.* compared the effects of GPAP and EPAP to sodium bicarbonate on Ti implant surface roughness, finding that GPAP and EPAP caused significantly less surface damage, making them suitable options for routine peri-implantitis treatment.²⁶ Additionally, GPAP can roughen Ti disks without negatively affecting fibroblast biocompatibility.²⁷

Antimicrobial effects and cytocompatibility

In vitro studies have also assessed the antimicrobial effects of air polishing. Petersilka *et al.* demonstrated that GPAP effectively reduced bacterial loads on contaminated implant surfaces.²⁸ Drago *et al.* and Fernández *et al.* found that combining EPAP with Chlorhexidine (CHX) exhibited significant antimicrobial and antibiofilm activity.^{19,29} Stein *et al.* studied the effect of air polishing on Ti and zirconium (Zr) discs, showing that bacterial activity decreased, and human gingival fibroblasts showed increased viability, with lower cytotoxicity and apoptosis rates. This suggests that air polishing is suitable for decontaminating Ti and Zr implant surfaces.²⁰

Comparison with other methods

Various studies have compared air polishing with other decontamination methods, such as ultrasonic scalers, lasers, and chemical agents. These studies consistently show that air polishing is as effective as or superior to many traditional methods in biofilm removal and surface preservation. Air polishing was more effective than citric acid and ultrasonic scaling in reducing bacterial biofilms without altering the implant surface structure.³⁰ Luengo *et al.* and Ichioka *et al.* demonstrated that ultrasonic and Ti brushes were similarly effective for cleaning implant surfaces in simulated intrabony defects.^{18,24} Discepoli *et al.* concluded that GPAP can be effectively used adjunctly to ultrasonic debridement.³¹ Stein *et al.* reported that both air polishing and ultrasonic devices effectively inactivated biofilms with favorable cytocompatibility on Ti and Zr surfaces, while chemical agents posed potential cytotoxic effects.²⁰

Powder selection and technique

The type of powder used significantly impacts the results of air polishing. GPAP utilizes glycine powder,

a substance composed of the amino acid glycine with average diameter 45 microns.^{8,32} EPAP employs erythritol, a sugar alcohol with a mean particle size 14 microns.^{33,34} Both GPAP and EPAP are typically utilized for supragingival and subgingival cleanings. These modalities are particularly advantageous for patients with periodontal disease or dental implants due to their minimal abrasiveness and efficacy in biofilm removal without compromising the integrity of the implant surface. Sodium bicarbonate, while effective, is more abrasive and may alter rough implant surfaces due to its large particle size (up to 250 microns).⁸ Formulated with sodium bicarbonate, this powder is primarily indicated for the removal of extrinsic stains resulting from the consumption of substances such as coffee, tea, and tobacco. Its non-toxic nature and ease of use contribute to its efficacy in supragingival cleaning procedures. Polishing powder is only one factor in successful decontamination; other factors, such as air pressure, the angle between the implant surface and the device, and the depth of the nozzle, also play a role. Tastepe identified air pressure as a key factor influencing cleaning efficiency, with increased pressure extending the cleaning area. Other factors, such as nozzle depth and excessive powder flow, had less impact, though cleaning effects reached deeper than the nozzle physically penetrated.³⁵ Tuchscheere demonstrated that a 60°–90° angle between the device and the implant surface was more effective than a 30° angle.³⁶

Clinical studies of nonsurgical peri-implantitis treatment conditions

Non-surgical treatment in peri-implant mucositis condition

Treatment approaches for peri-implant mucositis aim to achieve complete resolution of BoP around the implant, thereby restoring peri-implant health. Various non-surgical procedures, including mechanical debridement, air polishing, and laser therapy, are commonly used. Research has investigated the efficacy of air polishing powder, both as an adjunct to conventional mechanical debridement and as a standalone treatment, in comparison to mechanical debridement. Studies have specifically examined its effectiveness in reducing BoP³⁷⁻³⁹ and bleeding index (BI).^{37,40}

GPAP has become a widely used technique for managing peri-implant mucositis. A study by Ji *et al.* demonstrated a reduction in BI one week after combining GPAP with mechanical debridement, compared to baseline, with this positive outcome sustained for up to three months.³⁷ However, using GPAP may not provide a significant advantage in reducing the BI compared to mechanical debridement alone (Table 1). Furthermore, a greater reduction in inflammation was observed in the mechanical debridement alone group compared to the GPAP treatment.³⁷ Interestingly, potential benefits of GPAP were observed in patients with mandibular full-arch implant-supported restorations after a six-month follow-up. The study reported negative BI scores in 86% of the GPAP group, compared to 60% in the mechanical debridement group.⁴⁰ Further research by Riben-Grundstrom *et al.* compared GPAP with mechanical debridement alone, showing a decrease in the percentage of BoP and diseased sites in both treatment groups at the 12-month follow-up compared to baseline. However, no significant advantage of GPAP over conventional treatment was observed.³⁸ A recent study using EPAP demonstrated a reduction in BoP at the six-month compared to baseline. However, no significant benefit of EPAP over mechanical debridement alone was observed.³⁹ Notably, 30.65% of patients treated with EPAP achieved complete resolution of inflammation. A recent systematic review and meta-analysis found no added benefit of air polishing powder compared to mechanical debridement in reducing BoP.⁴¹

Several secondary outcomes were measured to assess the effectiveness of the air polishing treatment. Studies show a significant reduction in PD following the use of both GPAP and EPAP as adjuncts to mechanical debridement at three months^{37,39} and six months³⁹ compared to baseline PD. However, neither GPAP nor EPAP demonstrated superior benefit when compared to conventional treatment in terms of PD reduction.³⁷⁻³⁹ Numerous studies have documented the efficacy of air polishing in reducing plaque index (PI). After the use of air polishing devices, PI significantly decreased and remained lower at three months^{37,39}, six months³⁹ and even twelve months³⁸ compared to baseline. A greater complete reduction in PI was observed in the GPAP treatment group, with 80% of subjects achieving this outcome compared to 33.3% of subjects in the mechanical debridement alone group.⁴⁰ However, air polishing treatment did not demonstrate a significant advantage over mechanical debridement in terms of PI reductions.³⁷⁻³⁹ While GPAP treatment demonstrated stable buccal keratinized gingiva and mucosal recession, it did not differ from conventional treatment. Patient perceptions of GPAP were similar to those of conventional treatment. Additionally, the perceived ease of use of GPAP was not significantly different from that of mechanical debridement.⁴⁰ The available evidence suggests that air polishing devices do not provide a significant additional benefit in treating peri-implant mucositis, as indicated by minimal improvements in BoP, PD, PI, and patient perception.

Table 1 Non-surgical treatment of air-polishing device in peri-implant mucositis condition

Publication	Population (Implant)	Definition	Intervention	Comparison	Treatment outcomes
Ji et al. (2014) ³⁷ / RCT, Single blind	<ul style="list-style-type: none"> GPAP 12 (17) Control 12 (16) 	Implant with <ul style="list-style-type: none"> PD≥4mm (+) BoP (-) CBL 	Ultrasonic scaler with carbon fiber tips + GPAP	Ultrasonic scaler with carbon fiber tips	BL Intervention: 1.7±0.9 (BL), 1.0±1.0 [*] (1 wk.), 1.1±1.2 [*] (1 mo.), 1.1±1.0 [*] (3 mo.) Comparison: 1.7±1.0 (BL), 0.5±0.7 ^{*,s} (1 wk.), 1.0±1.0 [*] (1 mo.), 0.9±1.1 [*] (3 mo.) PD Intervention: 4.6±0.5mm (BL), 3.8±1.0mm [*] (1 mo.), 3.7±1.0mm [*] (3 mo.) Comparison: 4.5±0.6mm (BL), 3.8±1.0mm [*] (1 mo.), 3.6±1.0mm [*] (3 mo.)
De Siena ⁴⁰ et al. (2015)/ Observational Clinical trial	<ul style="list-style-type: none"> GPAP 15 Control 15 	Implant with <ul style="list-style-type: none"> PD≤3.5mm (+) BoP CBL≤3mm 	Teflon curette and polishing + GPAP	Teflon curette and polishing	BL turns to 0 Intervention: 12 subjects (80%) (3 mo.), 13 subjects (86%) ^s (6 mo.) Comparison: 9 subjects (60%) (3 mo.), 9 subjects (60%) (6 mo.) PD Intervention: 3.0±0.4mm (BL), 2.6±0.5mm [*] (3 mo.), 2.4±0.5mm ^{*,s} (6 mo.) Comparison: 2.9±0.4mm (BL), 2.9±0.5mm (3 mo.), 3.0±0.6mm (6 mo.)
Riben-Grundstrom et al. ³⁸ (2015)/ RCT, Single blind	<ul style="list-style-type: none"> GPAP 19 (19) Control 18 (18) 	Implant with <ul style="list-style-type: none"> PD≥4mm (+) BoP±SUP CBL≤2mm 	GPAP	Ultrasonic scaler with plastic coated tips	% BoP Intervention 43.9±7.3% (BL), 23.0±6.1% (3 mo.), 16.7±4.6% (6 mo.), 12.1±3.8%* (12 mo.) Comparison 53.7±7.9% (BL), 25.1±5.6% (3 mo.), 23.2±5.4% (6 mo.), 18.6±6.4%* (12 mo.) % Disease site (PD≥4mm with BoP±SUP) Intervention: Decreased 30.0±27.0% Comparison: Decreased 35.0±36.0%
Clementini et al. (2023) ³⁹ / RCT, Single blind	<ul style="list-style-type: none"> EPAP 25 (62) Er:YAG 25 (59) Control 25 (58) 	<ul style="list-style-type: none"> Implant with (+) BoP±SUP CBL<2mm or bone level<3 mm 	Titanium curette + EPAP • Er:YAG	Titanium curette	% BoP EPAP 85.5% (BL), 35.2% [*] (1 mo.), 37.6% [*] (3 mo.), 37.6% [*] (6 mo.) Er:YAG 85.3% (BL), 36.7% [*] (1 mo.), 40.4% [*] (3 mo.), 41.8% [*] (6 mo.) Comparison 88.2% (BL), 37.6% [*] (1 mo.), 39.7% [*] (3 mo.), 40.2% [*] (6 mo.) PD EPAP 4.0mm (BL), 3.1mm [*] (1 mo.), 3.2mm [*] (3 mo.), 3.2mm [*] (6 mo.) Er:YAG 4.0mm (BL), 3.3mm [*] (1 mo.), 3.3mm [*] (3 mo.), 3.3mm [*] (6 mo.) Comparison 4.2mm (BL), 3.3mm [*] (1 mo.), 3.3mm [*] (3 mo.), 3.3mm [*] (6 mo.)

Notes: BL-Bleeding index, BoP-Bleeding on Probing, CBL-Crestal bone loss, EPAP-Erythritol powder air polishing, GPAP-Glycine powder air polishing, PD-Probing depth, RCT-Randomized controlled trial, SUP-Suppuration
 (*)Significant difference intragroup comparison compared to baseline, (s)-Significant difference intergroup comparison compared to the same period

Non-surgical treatment in peri-implantitis condition

The treatment of peri-implantitis presents a significant challenge, and air polishing devices are increasingly utilized in managing this condition. The primary objective of peri-implantitis treatment is to reduce BoP and PD. This article focuses on the efficacy of air polishing powder as an adjunct to conventional mechanical debridement or as a standalone treatment compared to mechanical debridement. Comparisons between air polishing and other modalities, such as ultrasound or laser will also be explored.

Air polishing is proposed to eliminate inflammatory reactions by achieving reduced BoP values. Studies by Sahm *et al.* and John *et al.* demonstrated the benefits of GPAP in reducing BoP compared to treatment with carbon curettes combined with the application of CHX. GPAP exhibited a significantly greater reduction in BoP ($51.6 \pm 28.6\%$) compared to mechanical debridement ($24.8 \pm 29.8\%$) at three months. This effect appeared to be sustained at 12 months (Table 2). However, three studies did not find any significant enhancement in BoP reduction with GPAP or EPAP compared to mechanical debridement alone.⁴²⁻⁴⁴ A recent systematic review and meta-analysis categorized studies into short-term (<6 months) and long-term (≥ 6 months) outcomes. The air polishing device demonstrated a significant advantage in reducing BoP only in the long-term group.⁴¹ Compared to other modalities, the benefit of air polishing for BoP reduction in peri-implantitis appears limited. Studies by Renvert *et al.* and Persson *et al.* compared GPAP to Er:YAG laser^{45,46}, while Prosper *et al.* investigated GPAP versus ultrasound.⁴⁷ These studies demonstrated comparable BoP reduction with air polishing powder and other modalities.⁴⁵⁻⁴⁷

Increased PD around the peri-implant tissue is a key clinical indicator for diagnosing peri-implantitis.⁴⁸ Therefore, another pivotal goal of peri-implantitis treatment

is to achieve a shallower PD. Five studies found no additional benefit of air polishing treatment in a shallower PD compared to mechanical debridement.^{42-44,49,50} A recent meta-analysis similarly concluded that air polishing devices offer no additional benefit for PD reduction.⁴¹ In addition, air polishing seems to yield similar results in decreasing of PD when compared to Er:YAG laser^{45,46} and ultrasound treatments.⁴⁷

PI, SUP and crestal bone loss (CBL) are proposed as secondary measures. Studies have shown no additional benefit of air polishing in reducing PI compared to conventional treatment.^{43,44,49,50} Similarly, GPAP demonstrated equivalent PI reduction outcomes compared to ultrasound treatment.⁴⁷ Existing research suggests no advantage of EPAP over mechanical debridement alone in reducing SUP.^{43,44} Additionally, air polishing appears to be equally effective as laser^{45,46} and ultrasound⁴⁷ in reducing SUP. Three studies compared air polishing to mechanical debridement using radiographic examination to detect CBL. These studies found no additional benefit of air polishing compared to conventional treatment.⁴²⁻⁴⁴ Likewise, no superior effect was observed with GPAP compared to other modalities.⁴⁵⁻⁴⁷ While air polishing treatment seems to maintain stable buccal keratinized gingiva^{42,47} and mucosal recession^{42,43,47,49,50}, the results do not differ significantly from conventional treatment or other treatment modalities. Consistent with this finding, a recent meta-analysis reported no additional benefit of air polishing treatment in PI and clinical attachment level (CAL). Nevertheless, GPAP demonstrated a significant advantage in preventing further CBL compared to conventional treatment during long-term follow-up.⁴¹ In terms of patient perception, there is no significant difference in discomfort levels between EPAP and ultrasonic scalers^{42,43} or patient satisfaction.⁴⁴ Conversely, Selimovic *et al.* reported significantly less pain with conventional treatment.⁴⁴ Regarding complications, most other studies documented uneventful outcomes.

Table 2 Non-surgical treatment of air polishing device in peri-implantitis condition

Publication	Population (Implant)	Definition	Intervention	Comparison	Treatment outcomes
Renvert <i>et al.</i> (2010) ⁴⁶ and Persson <i>et al.</i> (2011) ⁴⁵ / RCT, Single blind	<ul style="list-style-type: none">GPAP 21 (45)Laser 21 (55)	Implant with <ul style="list-style-type: none">PD≥5mm(+) BoP±SUPCBL>3mm	GPAP	Er:YAG laser	BoP turns to negative Intervention: 25% Comparison: 30.9% PD Reduction Intervention: 0.9±0.8mm (6 mo.) Comparison: 0.8±0.5mm (6 mo.) Bone changes Intervention: -0.1±0.8mm (6 mo.) Comparison: -0.3±0.9mm (6 mo.)
Sahm <i>et al.</i> (2011) ⁵⁰ and John <i>et al.</i> (2015) ⁴⁹ / RCT, Single blind	<ul style="list-style-type: none">GPAP 16 (23)Control 16 (20)	Implant with <ul style="list-style-type: none">PD≥4mm(+) BoP±SUPCBL≤30% (Initial to moderate peri-implantitis)	GPAP	Carbon curette + Irrigation with a 0.1% CHX solution and submucosal application with 1% CHX gel	%BOP reduction Intervention: 51.6±28.6% (3 mo.), 43.5±27.7% (6 mo.), 41.2±29.5% (12 mo.) Comparison: 24.8±29.8%§ (3 mo.), 11.0±15.7%§§ (6 mo.), 16.6±33.4%§§ (12 mo.) PD Reduction Intervention: 0.8±0.5mm (3 mo.), 0.6±0.6mm (6 mo.), 0.5±0.9mm (12 mo.) Comparison: 0.8±0.9mm (3 mo.), 0.5±0.6mm (6 mo.), 0.4±0.9mm (12 mo.) CAL Intervention: 0.7±0.5mm (3 mo.), 0.4±0.7mm (6 mo.), 0.6±1.3mm (12 mo.) Comparison: 0.8±1.1mm (3 mo.), 0.5±0.8mm (6 mo.), 0.5±1.1mm (12 mo.)
Aloy-Prosper <i>et al.</i> (2020) ⁴⁷ / RCT, Double blind	<ul style="list-style-type: none">GPAP 17 (32)Ultrasound 17 (38)	Implant with <ul style="list-style-type: none">PD≥4mm(+) BoP±SUPCBL≥2mm	Titanium curette + Carbon curette + GPAP	Titanium curette + Carbon curette + Ultrasound	%BOP Intervention 86.8% (BL), 5.3%* (3 wk.) Comparison 84.4% (BL), 8.8%* (3 wk.) PD Intervention 5.8±1.6mm (BL), 4.2±1.4mm* (3 wk.) Comparison 6.1±1.6mm (BL), 4.1±1.4mm* (3 wk.) CAL Intervention 7.2±1.5mm (BL), 5.5±1.6mm* (3 wk.) Comparison 6.8±1.7mm (BL), 4.9±1.8mm* (3 wk.) Bone loss Intervention 3.7±1.2mm (BL), 3.7±1.2mm (3 wk.) Comparison 4.1±1.4mm (BL), 4.1±1.4mm (3 wk.)
Merti <i>et al.</i> (2020) ⁴² / RCT, Single blind	<ul style="list-style-type: none">GPAP 16Control 16	Implant with <ul style="list-style-type: none">(+) BoPPresence of	Non- surgical treatment + GPAP	Non-surgical treatment alone	BOP site reduction Intervention 0.7±1.3 (6mo.) Comparison- 0.4±0.9 (6mo.) PD reduction Intervention 0.1±0.8mm (6mo.) Comparison 0.2±0.7mm (6mo.) CAL reduction Intervention 0.1±0.9mm (6mo.) Comparison 0.1±0.6mm (6mo.)
CBL					
Hentenaar <i>et al.</i> (2021) ⁴³ / RCT, Single blind	<ul style="list-style-type: none">EPAP 38 (62)Control 38 (70)	Implant with <ul style="list-style-type: none">PD≥5mm(+) BoP±SUPCBL≥2mm	EPAP	Ultrasonic scalers	%BOP Intervention 58.1±30.3% (BL), 49.8±31.5% (3 mo.) Comparison 56.2±28.8% (BL), 48.1±29.0% (3 mo.) PD Intervention 4.8±1.2mm (BL), 4.3±1.3mm (3 mo.) Comparison 5.0±1.5mm (BL), 4.7±1.8mm (3 mo.) Bone loss Intervention 4.0±1.9mm (BL), 4.0±1.8mm (3 mo.) Comparison 3.9±1.8mm (BL), 4.0±1.8mm (3 mo.)
Selimovic <i>et al.</i> (2023) ⁴⁴ / RCT, Single blind	<ul style="list-style-type: none">EPAP 23 (31)Control 20 (31)	Implant with <ul style="list-style-type: none">PD≥4mm(+) BoP±SUPCBL≥2mm	Ultrasonic scalers + EPAP	Ultrasonic scalers	%BOP Intervention 59.7% (BL), 37.8%* (6 mo.), 36.5%* (12 mo.) Comparison 58.1% (BL), 32.3%* (6 mo.), 32.3%* (12 mo.) PD reduction Intervention 0.4±0.1mm* (6 mo.), 0.3±0.1mm (12 mo.) Comparison 0.5±0.1mm* (6 mo.), 0.6±0.1mm*, § (12 mo.) Bone change Intervention -0.3±0.3mm (6 mo.), -0.2±0.3mm (12 mo.) Comparison -0.1±0.2mm (6 mo.), 0.3±0.2mm (12 mo.)

Notes: BoP-Bleeding on Probing, CBL-Crestal bone loss, CHX-Chlorhexidine, EPAP-Erythritol powder air polishing, GPAP-Glycine powder air polishing, PD-Probing depth, RCT-Randomized controlled trial, SUP-Suppuration
(*)-Significant difference intragroup comparison compared to baseline, (§)-Significant difference intergroup comparison compared to the same period

Clinical studies of surgical peri-implantitis treatment condition

Peri-implantitis often necessitates surgical intervention when non-surgical treatments fail to achieve adequate clinical outcomes. Despite the lack of a gold standard for surgical peri-implantitis treatment, effective decontamination of the bacteria-contaminated implant surface is essential for successful outcomes. Air polishing devices have emerged as a promising approach to achieving this objective. This article reviews the effectiveness of air polishing powder as an adjunct to surgical debridement or in comparison to other modalities, such as Ti brushes or implantoplasty.

Similar to non-surgical treatment, the primary goals of surgical peri-implantitis treatment are to reduce inflammatory conditions. A study by Toma *et al.* compared surgical debridement with GPAP to plastic curettes in patients suffering from peri-implantitis. GPAP demonstrated a significantly lower gingival index (GI) (0.31 ± 0.37) compared to surgical debridement alone (0.91 ± 0.59) at the six-month follow-up. This effect appeared to be sustained at 12 months⁵¹ (Table 3). However, two other studies did not find any additional benefits of air polishing powder in reducing inflammation compared to surgical debridement.^{52,53} Compared to other modalities, surgical debridement with the application of a Ti brush appears to be more effective in lowering BoP ($16 \pm 3.7\%$) compared to GPAP ($23 \pm 2.3\%$) at the six-month follow-up.⁵² In addition, the combination of plastic curettes with implantoplasty demonstrated similar BoP outcomes to GPAP.⁵⁴ When compared to baseline examination, air polishing powder including sodium bicarbonate^{55,56} and GPAP^{51-54,57} have shown significant reductions in BoP at the three to 12-month follow-up periods.

Achieving a shallower PD is a key objective in surgical peri-implantitis treatment. Two studies demonstrated the additional benefits of GPAP in reducing the PD compared to surgical debridement alone.^{51,52} Notably, most studies have not shown a significant impact of GPAP on PD reduction.^{53,54,57} When compared to other modalities, surgical debridement with the application of a Ti brush appears to be more

effective in achieving a shallower PD (3.98 ± 1.43 mm) compared to GPAP (4.71 ± 1.24 mm) at the six-month follow-up. Additionally, surgical debridement followed by implantoplasty demonstrated similar outcomes in PD reduction compared to GPAP.⁵⁴ When compared to baseline values, all studies have shown significant reductions in PD with the use of air polishing.^{51,52,54-57}

A composite outcome defined as a PD of 5 mm or less, absence of BoP or SUP, and no further bone loss within an acceptable tolerance of 0.5 mm has been proposed to provide a more comprehensive perspective.⁵⁸ Studies have reported success rate ranging from 26-56.67% using this composite outcome.^{52-54,57} Interestingly, Luengo *et al.* allowed for one BoP site as acceptable for success⁵⁷, while other articles required complete absence of BoP.⁵²⁻⁵⁴ This variation may partly explain the higher success rate (56.67%).⁵⁷ Overall, these findings suggest that surgical treatment combined with air polishing powder exhibits a relatively low success rate. Luengo *et al.* suggests that achieving complete resolution of BoP remains a significant challenge when using air polishing powder as part of the treatment plan. Furthermore, patient compliance with supportive periodontal therapy (SPT) may significantly impact treatment success. Erratic compliance resulted in a considerably lower implant success rate (30%) compared to complete compliance (100%).⁵⁷

Secondary outcomes, encompassing PI, SUP, CAL, and CBL, also play a vital role in evaluating treatment success. Several studies have shown that surgical debridement combined with air polishing treatment does not provide additional benefits in improving these parameters compared to surgical debridement alone.⁵¹⁻⁵⁴ However, some exceptions exist, Toma *et al.* reported a significant reduction in CAL with GPAP compared to plastic curette at 6 months post-surgery.⁵² Additionally, Hentenaar *et al.* observed a benefit in terms of SUP reduction when using EPAP.⁵³ Following surgical treatment with air polishing, gingival recession typically occurs within the range of 0.5-1 mm with a net bone gain of up to 0.5 mm.^{54,57}

Table 3 *Surgical treatment of air polishing device in peri-implantitis condition*

Publication	Population (Implant)	Definition	Intervention	Comparison	Treatment outcomes
Duarte <i>et al.</i> (2009) ⁵⁵ and Máximo <i>et al.</i> (2009) ⁵⁶ / Prospective	<ul style="list-style-type: none"> • NaHCO₃ 15 (20) 	Implant with <ul style="list-style-type: none"> • PD≥5mm • (+) BoP±SUP • CBL≥3threads • (-) mobility 	Resin curette + Sodium bicarbonate powder	-	%BOP Intervention 100% (BL), 52.5±41.3%* (3 mo.) PD Intervention 7.5±2.2mm (BL), 4.4±1.1mm* (3 mo.)
Toma <i>et al.</i> (2014) ⁵¹ / Retrospective	<ul style="list-style-type: none"> • GPAP 7 (10) • Control 10 (12) 	Implant with <ul style="list-style-type: none"> • PD≥5mm • (+) BoP±SUP • CBL≥3mm • (-) mobility 	Surgical debridement + GPAP	Surgical debridement + Plastic curette	GI Intervention 0.9±0.4 (BL), 0.3±0.4* (6 mo.), 0.5±0.3* (12 mo.) Comparison 1.7±0.4 (BL), 0.9±0.6* (6 mo.), 1.0±0.6* (12 mo.) PD Intervention 5.1±1.2mm (BL), 3.2±0.7mm* (6 mo.), 3.1±0.9mm* (12 mo.) Comparison 4.9±1.3mm (BL), 3.7±1.2mm* (6 mo.), 4.2±1.4mm* (12 mo.) Bone loss Intervention 5.5±2.0mm (BL), 5.2±2.1mm (12 mo.) Comparison 5.3±1.3mm (BL), 5.6±1.3mm (12 mo.)
Toma <i>et al.</i> (2019) ⁵² / RCT, Single blind	<ul style="list-style-type: none"> • GPAP 16 (22) • Ti brush 16 (23) • Control 15 (25) 	Implant with <ul style="list-style-type: none"> • PD≥5mm • (+) BoP±SUP • CBL≥2mm • (-) mobility 	Plastic curette+ GPAP	Plastic curette	%BoP GPAP 59.0±5.2% (BL), 18.0±4.2%* (3 mo.), 23.0±2.3%* (6 mo.) Ti brush 62.0±4.7% (BL), 19.0±5.1%* (3 mo.), 16.0±3.7%* (6 mo.) Comparison 54.0±4.4% (BL), 21.0±2.4%* (3 mo.), 29.0±3.4%* (6 mo.) PD GPAP 6.9±1.3mm (BL), 5.8±0.3mm* (3 mo.), 4.7±1.2mm* (6 mo.) Ti brush 6.5±1.9mm (BL), 4.8±0.2mm* (3 mo.), 4.0±1.4mm* (6 mo.) Comparison 7.1±1.2mm (BL), 5.5±0.2mm* (3 mo.), 5.4±0.7mm* (6 mo.) CAL GPAP 6.9±1.2mm (BL), 5.5±1.6mm* (3 mo.), 4.8±1.4mm* (6 mo.) Ti brush 7.0±1.4mm (BL), 5.7±1.6mm* (3 mo.), 4.7±1.3mm* (6 mo.) Comparison 7.5±1.5mm (BL), 6.4±1.6mm* (3 mo.), 5.8±1.5mm* (6 mo.) Bone loss GPAP 7.3±1.3mm (BL), 6.4±1.5mm* (6 mo.) Ti brush 7.1±1.2mm (BL), 5.9±1.3mm* (6 mo.) Comparison 6.5±2.0mm (BL), 6.0±1.8mm (6 mo.)

Table 3 Surgical treatment of air polishing device in peri-implantitis condition (cont.)

Publication	Population (Implant)	Definition	Intervention	Comparison	Treatment outcomes
Lasserre et al (2020) ⁵⁴ / RCT, Single blind	<ul style="list-style-type: none"> • GPAP 15 (20) • Implantoplasty 16 (22) 	Implant with <ul style="list-style-type: none"> • PD≥5mm • (+) BoP±SUP • CBL≥2mm 	Plastic curette + GPAP	Plastic curette + Implantoplasty	%BO _P Intervention 87.4±22.3% (BL), 30.8±27.1%* (3 mo.), 26.3±23.2%* (6 mo.) Comparison 94.7±10.7% (BL), 33.4±28.6%* (3 mo.), 33.3±24.2%* (6 mo.) PD Intervention 5.6±1.6mm (BL), 2.8±1.1mm* (3 mo.), 2.3±1.5mm* (6 mo.) Comparison 6.7±1.8mm (BL), 3.4±1.9mm* (3 mo.), 2.7±1.6mm* (6 mo.) Bone loss Intervention 5.2±2.1mm (BL), 4.7±2.1mm* (6 mo.) Comparison 4.7±2.7mm (BL), 4.5±3.1mm* (6 mo.)
Hentenaar et al (2021) ⁵⁵ / RCT, Single blind	<ul style="list-style-type: none"> • EPAP 27 (54) • Control 31 (40) 	Implant with <ul style="list-style-type: none"> • PD≥5mm • (+) BoP±SUP • CBL≥2mm 	Scaler tip + hand instrument + EPAP	Scaler tip + hand instrument	%BO _P Intervention 52.2±30.4% (BL), 40.0±28.0% (3 mo.), 33.4±25.1% (6 mo.), 34.0±25.8%* (12 mo.) Comparison 58.3±30.4% (BL), 42.4±26.0% (3 mo.), 41.0±27.2% (6 mo.), 44.4±26.7%* (12 mo.) PD Intervention 4.9±1.6mm (BL), 3.4±1.1mm (3 mo.), 3.5±1.2mm (6 mo.), 3.3±0.8mm (12 mo.) Comparison 4.6±1.0mm (BL), 3.5±1.2mm (3 mo.), 3.7±1.4mm (6 mo.), 3.5±1.4mm (12 mo.) Bone loss Intervention 4.3±1.7mm (BL), 4.5±1.7mm (3 mo.), 4.3±1.6mm (6 mo.), 4.5±1.7mm (12 mo.) Comparison 3.7±1.7mm (BL), 3.9±1.8mm (3 mo.), 3.7±1.7mm (6 mo.), 3.8±2.0mm (12 mo.)
Luengo et al (2022) ⁵⁷ / Prospective	<ul style="list-style-type: none"> • GPAP 30 	Implant with <ul style="list-style-type: none"> • PD≥5mm • (+) BoP±SUP • CBL>2mm 	Curette + Ultrasonic + GPAP + Systemic ATB	-	%BO _P 90.0±17.3% (BL), 27.8±17.7%* (6 mo.) PD 5.8±1.12mm (BL), 3.7±0.7mm* (6 mo.) Bone loss 3.8±1.2mm (BL), 3.8±1.3mm (6 mo.)

Notes: ATB- Antibiotics, BoP-Bleeding on Probing, CBL-Crestal bone loss, EPAP-Erythritol powder air polishing, GI-Gingival index, GPAP-Glycine powder air polishing, PD-Probing depth, RCT-Randomized controlled trial, SUP-Supuration, Ti-Titanium (*)-Significant difference intragroup comparison compared to baseline, (S)-Significant difference intergroup comparison compared to the same period

Complication associated with air polishing devices in dental implant treatment

Air polishing devices have been associated with certain complications, including subcutaneous air emphysema and tissue swelling. This article reviews four case reports of emphysema documented over the past decade. Two cases involved routine maintenance cleaning around healthy peri-implant tissues.^{59,60} One case described the non-surgical treatment of peri-implantitis⁶¹, while the fourth involved the debridement of infected implant surfaces using an air polishing device following an open flap debridement for peri-implantitis condition.⁶² Immediately following air polishing, patients in these cases reported unilateral facial swelling and crepitus in the affected area, followed by pain. Some patients also presented with eyelid ptosis, dysphagia, and dyslalia.⁵⁹ Radiographic examination was commonly employed to delineate the extent of the emphysema, which was observed to spread to spaces such as the submandibular, retropharyngeal, and buccal spaces, with the potential to extend to the mediastinum. Management across all reported cases consisted of prophylactic antibiotic administration to mitigate infection risk, and analgesics for pain management. Close patient monitoring was maintained until the emphysema resolved, typically within four to ten days. In addition to emphysema, Merli *et al.* reported instances of tissue swelling, inflammation, and profuse bleeding associated with air polishing.⁴² However, it is important to note that the majority of studies report uneventful outcomes^{40,43,51-54}, suggesting that complications during air polishing procedures are infrequent.

Concerns have been raised regarding residual powder following air polishing procedures. Sygkounas *et al.* demonstrated that air polishing powders, including sodium bicarbonate, GPAP, and EPAP, decreased the viability/density of gingival fibroblasts, periodontal ligament fibroblasts, and epithelial cells. Currently, this observed effect remains limited to *in vitro* studies, with a lack of corroborating clinical evidence. Further research is therefore warranted.⁶³

Conclusion

The management of peri-implant diseases remains a significant clinical challenge. Air polishing devices, such as those utilizing GPAP and EPAP, have emerged as promising tools for managing this condition. *In vitro* studies have demonstrated the effectiveness of air polishing in reducing biofilm and bacterial load, with minimal damage to the implant surface. The use of biocompatible powders further enhances the safety and efficacy of this minimally invasive approach. However, while air polishing has shown potential benefits, its clinical efficacy requires additional investigation. Several studies have reported limited success in reducing BoP and PD in both non-surgical and surgical peri-implant diseases treatment.

To establish definitive clinical practice guidelines for the incorporation of air polishing into peri-implant disease management, further research is necessary to evaluate its clinical efficacy and impact on patient outcomes.

Reference

1. Araujo MG, Lindhe J. Peri-implant health. *J Periodontol* 2018;89 Suppl 1:S249-S56.
2. Heitz-Mayfield LJA, Salvi GE. Peri-implant mucositis. *J Clin Periodontol* 2018;45 Suppl 20:S237-S45.
3. Apaza-Bedoya K, Galarraga-Vinueza ME, Correa BB, Schwarz F, Bianchini MA, Magalhaes Benfatti CA. Prevalence, risk indicators, and clinical characteristics of peri-implant mucositis and peri-implantitis for an internal conical connection implant system: A multicenter cross-sectional study. *J Periodontol* 2024;95(6):582-93.
4. Schwarz F, Derks J, Monje A, Wang HL. Peri-implantitis. *J Clin Periodontol* 2018;45 Suppl 20:S246-S66.
5. Fragkioudakis I, Tseleki G, Doufexi AE, Sakellari D. Current Concepts on the Pathogenesis of Peri-implantitis: A Narrative Review. *Eur J Dent* 2021;15(2):379-87.
6. Ng E, Tay JRH, Mattheos N, Bostanci N, Belibasakis GN, Seneviratne CJ. A Mapping Review of the Pathogenesis of Peri-Implantitis: The Biofilm-Mediated Inflammation and Bone Dysregulation (BIND) Hypothesis. *Cells* 2024;13(4):1-16.
7. de Araujo Nobre M, Mano Azul A, Rocha E, Malo P. Risk factors of peri-implant pathology. *Eur J Oral Sci* 2015;123(3):131-9.
8. Herrera D, Berglundh T, Schwarz F, Chapple I, Jepsen S, Sculean A, *et al.* Prevention and treatment of peri-implant diseases-The EFP S3 level clinical practice guideline. *J Clin Periodontol* 2023;50 Suppl 26:4-76.

9. Jepsen S, Berglundh T, Genco R, Aass AM, Demirel K, Derks J, *et al.* Primary prevention of peri-implantitis: managing peri-implant mucositis. *J Clin Periodontol* 2015;42 Suppl 16:S152-7.
10. Latheef P, Sirajuddin S, Gundapaneni V, Mn K, Apine A. Iatrogenic Damage to the Periodontium Caused by Periodontal Treatment Procedures. *Open Dent J* 2015;9:203-7.
11. Petersilka GJ. Subgingival air-polishing in the treatment of periodontal biofilm infections. *Periodontol* 2000 2011;55(1):124-42.
12. Kamionka J, Matthes R, Holtfreter B, Pink C, Schluter R, von Woedtke T, *et al.* Efficiency of cold atmospheric plasma, cleaning powders and their combination for biofilm removal on two different titanium implant surfaces. *Clin Oral Investig* 2022;26(3):3179-87.
13. Flemmig TF, Arushanov D, Daubert D, Rothen M, Mueller G, Leroux BG. Randomized controlled trial assessing efficacy and safety of glycine powder air polishing in moderate-to-deep periodontal pockets. *J Periodontol* 2012;83(4):444-52.
14. Petersilka GJ, Steinmann D, Haberlein I, Heinecke A, Flemmig TF. Subgingival plaque removal in buccal and lingual sites using a novel low abrasive air-polishing powder. *J Clin Periodontol* 2003;30(4):328-33.
15. Moene R, Decaillet F, Andersen E, Mombelli A. Subgingival plaque removal using a new air-polishing device. *J Periodontol* 2010;81(1):79-88.
16. Ng E, Byun R, Spahr A, Divnic-Resnik T. The efficacy of air polishing devices in supportive periodontal therapy: A systematic review and meta-analysis. *Quintessence Int* 2018;49(6):453-67.
17. Barnes C. An In-Depth Look at Air Polishing. *Dimens Dent Hyg* 2010;8(3): 32,34-6,40.
18. Ichioka Y, Virto L, Nuevo P, Gamonal JD, Derks J, Larsson L, *et al.* Decontamination of biofilm-contaminated implant surfaces: An *in vitro* evaluation. *Clin Oral Implants Res* 2023;34(10):1058-72.
19. Amate-Fernandez P, Figueiredo R, Blanc V, Alvarez G, Leon R, Valmaseda-Castellon E. Erythritol-enriched powder and oral biofilm regrowth on dental implants: an *in vitro* study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2021;26(5):e602-e10.
20. Stein JM, Conrads G, Abdelbary MMH, Yekta-Michael SS, Buttler P, Glock J, *et al.* Antimicrobial efficiency and cytocompatibility of different decontamination methods on titanium and zirconium surfaces. *Clin Oral Implants Res* 2023;34(1):20-32.
21. Tan NCP, Khan A, Antunes E, Miller CM, Sharma D. The effects of physical decontamination methods on zirconia implant surfaces: a systematic review. *J Periodontal Implant Sci* 2021;51(5):298-315.
22. Huang YS, Hung CY, Huang HH. Surface changes and bacterial adhesion on implant abutment materials after various clinical cleaning procedures. *J Chin Med Assoc* 2019;82(8):643-50.
23. Delucchi F, Ingegnieros L, Pesce P, Baldi D, Canullo L, Bagnasco F, *et al.* Efficacy and safety of erythritol air-polishing in implant dentistry: A systematic review. *Int J Dent Hyg* 2025;23(1):44-62.
24. Luengo F, Sanz-Esporrin J, Noguerol F, Sanz-Martin I, Sanz-Sanchez I, Sanz M. *In vitro* effect of different implant decontamination methods in three intraosseous defect configurations. *Clin Oral Implants Res* 2022;33(11):1087-97.
25. Alabbad M, Silikas N, Thomas A. Effect of mechanical instrumentation on titanium implant surface properties. *Dent Mater* 2025;41(4):383-90.
26. Matsubara VH, Leong BW, Leong MJL, Lawrence Z, Becker T, Quaranta A. Cleaning potential of different air abrasive powders and their impact on implant surface roughness. *Clin Implant Dent Relat Res* 2020;22(1):96-104.
27. Bennani V, Hwang L, Tawse-Smith A, Dias GJ, Cannon RD. Effect of Air-Polishing on Titanium Surfaces, Biofilm Removal, and Biocompatibility: A Pilot Study. *Biomed Res Int* 2015;2015:1-8.
28. Petersilka G, Faggion CM, Jr., Stratmann U, Gerss J, Ehmke B, Haeberlein I, *et al.* Effect of glycine powder air-polishing on the gingiva. *J Clin Periodontol* 2008;35(4):324-32.
29. Drago L, Bortolin M, Taschieri S, De Vecchi E, Agrappi S, Del Fabbro M, *et al.* Erythritol/chlorhexidine combination reduces microbial biofilm and prevents its formation on titanium surfaces *in vitro*. *J Oral Pathol Med* 2017;46(8):625-31.
30. Esposito M, Grusovin MG, Worthington HV. Treatment of peri-implantitis: what interventions are effective? A Cochrane systematic review. *Eur J Oral Implantol* 2012;5 Suppl:S21-41.
31. Discepoli N, Mirra R, Vesentin C, Marruganti C, Ferrari M. Artificial biofilm removal in a peri-implant mucositis model: Efficacy of air polishing technology as adjunct to ultrasonic debridement alone and impact of the site and the depth of mucosal tunnel-An *in vitro* study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2022;24(2):242-50.
32. Aimetti M. Nonsurgical periodontal treatment. *Int J Esthet Dent* 2014;9(2):251-67.
33. Muller N, Moene R, Cancela JA, Mombelli A. Subgingival air-polishing with erythritol during periodontal maintenance: randomized clinical trial of twelve months. *J Clin Periodontol* 2014;41(9):883-9.
34. Hagi TT, Hofmann P, Eick S, Donnet M, Salvi GE, Sculean A, *et al.* The effects of erythritol air-polishing powder on microbiologic and clinical outcomes during supportive periodontal therapy: Six-month results of a randomized controlled clinical trial. *Quintessence Int* 2015;46(1):31-41.
35. Tastepe CS, Lin X, Donnet M, Wismeijer D, Liu Y. Parameters That Improve Cleaning Efficiency of Subgingival Air Polishing on Titanium Implant Surfaces: An *In Vitro* Study. *J Periodontol* 2017;88(4):407-14.
36. Tuchscheerer V, Eickholz P, Dannewitz B, Ratka C, Zuhr O, Petsos H. *In vitro* surgical and non-surgical air-polishing efficacy for implant surface decontamination in three different defect configurations. *Clin Oral Investig* 2021;25(4):1743-54.
37. Ji YJ, Tang ZH, Wang R, Cao J, Cao CF, Jin LJ. Effect of glycine powder air-polishing as an adjunct in the treatment of peri-implant mucositis: a pilot clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2014;25(6):683-9.
38. Riben-Grundstrom C, Norderyd O, Andre U, Renvert S. Treatment

- of peri-implant mucositis using a glycine powder air-polishing or ultrasonic device: a randomized clinical trial. *J Clin Periodontol* 2015;42(5):462-9.
39. Clementini M, Fabrizi S, Discepoli N, Minoli M, De Sanctis M. Evaluation of the adjunctive use of Er:YAG laser or erythritol powder air-polishing in the treatment of peri-implant mucositis: A randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2023;34(11):1267-77.
 40. De Siena F, Corbella S, Taschieri S, Del Fabbro M, Francetti L. Adjunctive glycine powder air-polishing for the treatment of peri-implant mucositis: an observational clinical trial. *Int J Dent Hyg* 2015;13(3):170-6.
 41. Huang N, Li Y, Chen H, Li W, Wang C, Ou Y, *et al*. The clinical efficacy of powder air-polishing in the non-surgical treatment of peri-implant diseases: A systematic review and meta-analysis. *Jpn Dent Sci Rev* 2024;60:163-74.
 42. Merli M, Bernardelli F, Giulianelli E, Carinci F, Mariotti G, Merli M, *et al*. Short-term comparison of two non-surgical treatment modalities of peri-implantitis: Clinical and microbiological outcomes in a two-factorial randomized controlled trial. *J Clin Periodontol* 2020;47(10):1268-80.
 43. Hentenaar DFM, De Waal YCM, Stewart RE, Van Winkelhoff AJ, Meijer HJA, Raghoobar GM. Erythritol airpolishing in the non-surgical treatment of peri-implantitis: A randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res* 2021;32(7):840-52.
 44. Selimovic A, Bunaes DF, Lie SA, Lobekk MA, Leknes KN. Non-surgical treatment of peri-implantitis with and without erythritol air-polishing a 12-month randomized controlled trial. *BMC Oral Health* 2023;23(1):1-12.
 45. Persson GR, Roos-Jansåker AM, Lindahl C, Renvert S. Microbiologic results after non-surgical erbium-doped:yttrium, aluminum, and garnet laser or air-abrasive treatment of peri-implantitis: a randomized clinical trial. *J Periodontol* 2011;82(9):1267-78.
 46. Renvert S, Lindahl C, Roos Jansaker AM, Persson GR. Treatment of peri-implantitis using an Er:YAG laser or an air-abrasive device: a randomized clinical trial. *J Clin Periodontol* 2011;38(1):65-73.
 47. Aloy-Prosper A, Pellicer-Chover H, Penarrocha-Oltra D, Penarrocha-Diago M. Effect of a single initial phase of non-surgical treatment of peri-implantitis: Abrasive air polishing versus ultrasounds. A prospective randomized controlled clinical study. *J Clin Exp Dent* 2020;12(10):e902-e8.
 48. Berglundh T, Armitage G, Araujo MG, Avila-Ortiz G, Blanco J, Camargo PM, *et al*. Peri-implant diseases and conditions: Consensus report of workgroup 4 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Periodontol* 2018;89 Suppl 1:S313-S8.
 49. John G, Sahm N, Becker J, Schwarz F. Nonsurgical treatment of peri-implantitis using an air-abrasive device or mechanical debridement and local application of chlorhexidine. Twelve-month follow-up of a prospective, randomized, controlled clinical study. *Clin Oral Investig* 2015;19(8):1807-14.
 50. Sahm N, Becker J, Santel T, Schwarz F. Non-surgical treatment of peri-implantitis using an air-abrasive device or mechanical debridement and local application of chlorhexidine: a prospective, randomized, controlled clinical study. *J Clin Periodontol* 2011;38(9):872-8.
 51. Toma S, Lasserre JF, Taieb J, Brex MC. Evaluation of an air-abrasive device with amino acid glycine-powder during surgical treatment of peri-implantitis. *Quintessence Int* 2014;45(3):209-19.
 52. Toma S, Brex MC, Lasserre JF. Clinical Evaluation of Three Surgical Modalities in the Treatment of Peri-Implantitis: A Randomized Controlled Clinical Trial. *J Clin Med* 2019;8(7):1-12.
 53. Hentenaar DFM, De Waal YCM, Stewart RE, Van Winkelhoff AJ, Meijer HJA, Raghoobar GM. Erythritol air polishing in the surgical treatment of peri-implantitis: A randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res* 2022;33(2):184-96.
 54. Lasserre JF, Brex MC, Toma S. Implantoplasty Versus Glycine Air Abrasion for the Surgical Treatment of Peri-implantitis: A Randomized Clinical Trial. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2020;35(35):197-206.
 55. Duarte PM, de Mendonca AC, Maximo MB, Santos VR, Bastos MF, Nociti FH. Effect of anti-infective mechanical therapy on clinical parameters and cytokine levels in human peri-implant diseases. *J Periodontol* 2009;80(2):234-43.
 56. Maximo MB, de Mendonca AC, Renata Santos V, Figueiredo LC, Feres M, Duarte PM. Short-term clinical and microbiological evaluations of peri-implant diseases before and after mechanical anti-infective therapies. *Clin Oral Implants Res* 2009;20(1):99-108.
 57. Luengo F, Solonko M, Sanz-Esporrin J, Sanz-Sanchez I, Herrera D, Sanz M. Clinical, Microbiological, and Biochemical Impact of the Surgical Treatment of Peri-Implantitis-A Prospective Case Series. *J Clin Med* 2022;11(16):1-15.
 58. Carcuac O, Derks J, Charalampakis G, Abrahamsson I, Wennström J, Berglundh T. Adjunctive Systemic and Local Antimicrobial Therapy in the Surgical Treatment of Peri-implantitis: A Randomized Controlled Clinical Trial. *J Dent Res* 2015;95(1):50-7.
 59. Bocchialini G, Ambrosi S, Castellani A. Massive Cervicothoracic Subcutaneous Emphysema and Pneumomediastinum Developing during a Dental Hygiene Procedure. *Case Rep Dent* 2017;2017:1-4.
 60. Alonso V, Garcia-Caballero L, Couto I, Diniz M, Diz P, Limeres J. Subcutaneous emphysema related to air-powder tooth polishing: a report of three cases. *Aust Dent J* 2017;62(4):510-5.
 61. Lee ST, Subu MG, Kwon TG. Emphysema following air-powder abrasive treatment for peri-implantitis. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* 2018;40(1):12.
 62. La Monaca G, Pranno N, Annibali S, Vozza I, Cristalli MP. Subcutaneous Facial Emphysema Following Open-Flap Air-Powder Abrasive Debridement for Peri-Implantitis: A Case Report and an Overview. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18(24).
 63. Sygkounas E, Louropoulou A, Schoenmaker T, de Vries TJ, Van der Weijden FA. Influence of various air-abrasive powders on the viability and density of periodontal cells: An *in vitro* study. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2018;106(5):1955-63.

Case Report

Resolving Chronic Masticatory Myofascial Pain in a Bruxism Patient: A Case Report on Effective Treatment Approaches

Uthai Uma¹

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

Abstract

Chronic myofascial pain, often caused by trigger points in the masticatory muscles, results in significant muscle soreness due to factors such as muscle overuse, injury, poor posture, stress, and parafunctional habits. A 21-year-old woman presented with persistent pain in the right cheek and temple, rated 8 out of 10 on the numeric rating scale (NRS), exacerbated by bruxism and stress. Clinical examination revealed tenderness in her masticatory muscles, trigger points, restricted mouth opening, and altered occlusion. She was diagnosed with myofascial pain. Treatment included patient education, self-care strategies, occlusal splint therapy, trigger point injection, and low-level laser therapy. After 10 months, her pain score was reduced to 1 on the NRS, with improved occlusion and decreased muscle soreness. This case highlights the effectiveness of conservative and minimally invasive treatments, including education, occlusal splint therapy, trigger point injection, and low-level laser therapy, in addressing chronic masticatory myofascial pain related to bruxism. Identifying and addressing the underlying causes are essential for successful management.

Keywords: Bruxism, Laser therapy, Myofascial pain, Occlusal splint, Trigger point injection

Received date: Jan 15, 2024

Revised date: Mar 11, 2025

Accepted date: Mar 30, 2025

Doi: 10.14456/jdat.2025.14

Correspondence to:

Uthai Uma, Department of Occlusion, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, 34 Henri-Dunant Road, Wangmai, Pathumwan, Bangkok, 10330, Thailand. Tel. (+66) 84-710-7720 E-mail: Uthai.U@chula.ac.th

Introduction

Myofascial pain syndrome is often caused by trigger points within the masticatory muscles, which are the primary sources of muscle soreness and pain.^{1,2} Several theories explain the formation of these trigger points², including masticatory muscle overuse, masticatory muscle

injury, muscle spasm, pain originating from the central nervous system, and poor posture for extended periods. Dentists should understand the causes of this condition to effectively plan and implement treatment strategies.

Treatment for patients with masticatory myofascial pain can be divided into 2 categories based on reversibility.^{3,4} Reversible treatments include jaw exercises, occlusal splint therapy, massage therapy, muscle stretching, pharmacotherapy, acupuncture, other physical therapies such as transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS), ultrasound therapy, iontophoresis, and biofeedback. Irreversible treatments include occlusal adjustment or equilibration, and surgical procedures. Although occlusal adjustment can help reduce muscle activity, distribute occlusal forces, and alleviate myofascial pain in patients with masticatory myofascial pain who also have altered occlusion^{5,6}, reversible treatments should be initially recommended to start managing this group of patients.⁷ Irreversible treatments should be considered only if additional treatment is necessary.

Occlusal splints are a widely recognized conservative treatment for masticatory muscle pain, commonly used to alleviate symptoms. However, their effectiveness for chronic muscle pain remains uncertain, with studies reporting variable results.⁸ To enhance therapeutic outcomes, occlusal splints are often combined with other treatment modalities. One such intervention is trigger point injection (TPI), a procedure in which a local anesthetic is administered to inactivate trigger points, thereby reducing muscle tension and providing significant pain relief.⁹ Additionally, low-level laser therapy (LLLT) has gained attention as a non-invasive option, known for its painless application and potential to promote tissue healing and reduce inflammation.¹⁰

In patients with masticatory myofascial pain and bruxism, studies using electromyography have found that the muscle activity in bruxism patients is higher than that in normal individuals during bruxism and at rest.¹¹ This suggests that bruxism may contribute to or exacerbate myofascial pain.^{11,12} Therefore, dentists should address bruxism and myofascial pain simultaneously to achieve optimal treatment outcomes.¹³ The objective of

this case report was to present the methods for disease assessment, diagnosis, and conservative treatment for a patient with masticatory myofascial pain, bruxism, and altered occlusion.

Case Report

A 21-year-old Thai woman sought treatment at the Chulalongkorn Dental Hospital for persistent right cheek and temple pain, rated 8 out of 10 on the numerical rating scale (NRS). The pain, a dull ache with sharp bursts, had lasted for about 2 years and caused difficulty in speaking and using her jaw. She had habits of gum chewing, bruxism, and frequent stress. Previous acupuncture, acetaminophen, and pregabalin treatments were ineffective. Magnetic resonance imaging of the brain and trigeminal nerve demonstrated no abnormalities.

Upon clinical examination, the face of the patient appeared symmetrical (Fig. 1A). Trigger point was identified in the right masseter, specifically at the insertion of the muscle (Fig. 1B). Palpation revealed muscle tenderness with spreading pain noted in the masseter and temporalis muscles (Fig. 1C). Other masticatory muscles were also tender when palpation was performed (Fig. 1D and 1E). Additionally, clicking sounds were observed in the left and right temporomandibular joints (TMJ). Intraoral examination revealed that the patient could open her mouth 39 mm. With finger assistance, mouth opening increased to 45 mm. During the occlusal examination with a thin metal foil strip in the intercuspal position, only 3 pairs of teeth made contact: 17/47, 16/46, and 27/37 (Fig. 1F-1H). Right lateral excursion showed working contacts at teeth 14/44 and 13/43, as well as non-working contact at teeth 27/37, while left lateral excursion revealed working contact at teeth 23/33 and non-working contact at teeth 17/47. The patient reported pain in the masseter muscles on both sides during mouth opening, lateral excursions, and protrusion.

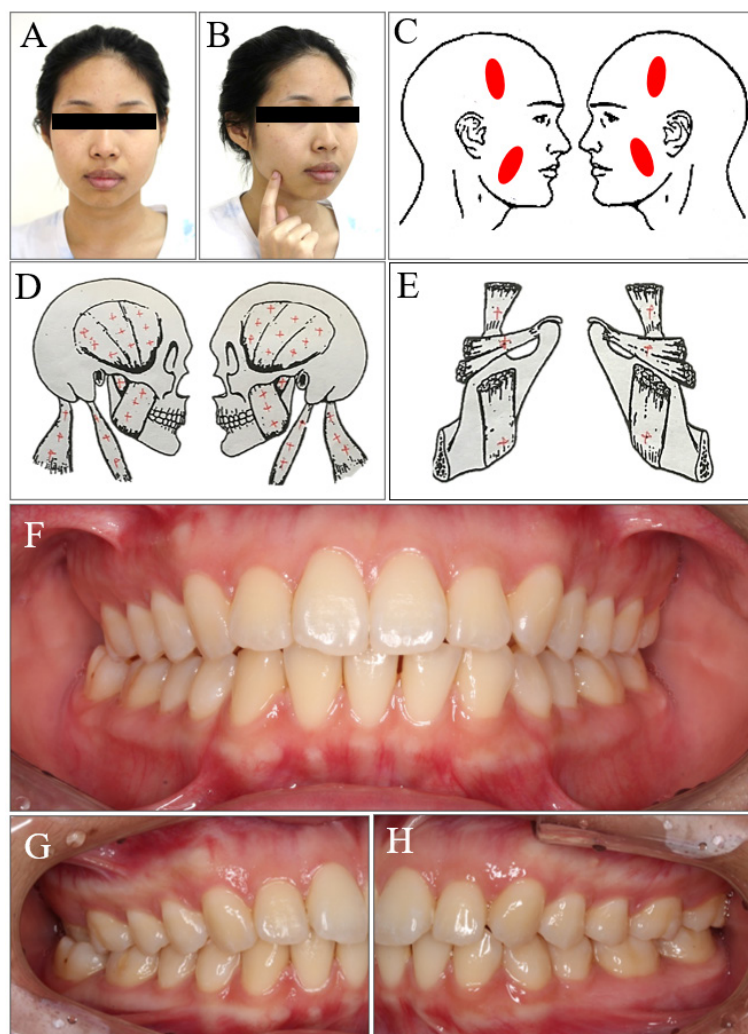


Figure 1 Preoperative images: A) Frontal facial profile depicting a symmetric face, B) Trigger point location marked on the relevant area by the patient, C) Diagrams illustrating muscle pain spreading within the boundaries of each muscle, D) Sites of muscle tenderness during extraoral muscle palpation: red plus signs indicate tenderness at the temporalis (anterior, middle, and posterior fibers), masseter (superficial and deep parts), sternocleidomastoid, and trapezius muscles, E) Sites of muscle tenderness during intraoral muscle palpation: red plus signs indicate tenderness at the temporalis tendon, medial pterygoid (insertion part), and lateral pterygoid (insertion part) muscles, F) Frontal view of occlusion in the intercuspal position (ICP), G) Right view of occlusion showing a crossbite at teeth 17/47, and H) Left view of occlusion.

The diagnosis for this patient, based on the Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC/TMD)⁷, comprised 1) Myofascial pain, 2) Disc displacement with reduction, and 3) Sleep bruxism. The contributing factors identified were habits of gum chewing, stress, bruxism, and occlusal instability.

The patient received dental care that included explaining the disease, its causes, and contributing factors. She received self-care instructions, including avoiding chewing gum and hard or sticky foods. The patient was advised to manage stress by practicing gratitude, engaging in conversations with others, and taking deep breaths.

Training was provided to help her maintain a resting jaw position by placing her tongue tip against the palatal rugae, particularly when teeth grinding was felt during the day. Warm compresses using moist towels were recommended for 15-20 minutes daily. A Michigan-type hard occlusal splint was made for nightly use (Fig. 2A), with cleaning instructions provided. This appliance aimed to reduce muscle activity, relax the masticatory muscles, and prevent the adverse effects of sleep bruxism.¹⁴ Furthermore, it reduced intra-capsular pressure in the TMJs, facilitating the return of the articular disc to its normal position.¹⁴ Then, TPI with 3% mepivacaine (without epinephrine)

was administered into the trigger point within the right masseter muscle (Fig. 2C). The trigger point was fixed with 2 fingers (flat palpation technique)¹⁵ and injected with a 30-gauge needle. The needle was inserted into the trigger point in multiple directions without withdrawal from the skin.¹⁶ After the injection, the patient's muscles were stretched through passive hand stretching. The mechanism of TPI involves the mechanical disruption of the trigger point with a needle to terminate nerve endplate dysfunction and relieve prolonged pain.¹⁷ Moreover, dual-wavelength low-level laser therapy (Multiwave Locked System (MLS), Mphi D model, ASA, Arcugnano, Italy), which combined 905 nm pulsed emissions with 808 nm continuous emissions, was applied to both masseter muscles under the supervision of a physiotherapist. The laser protocol was configured

in trigger point mode with continuous pulsed wave (CPW) modulation, a modulation frequency of 10 Hz, a duration of 1 minute, and an intensity set to 100% (Fig. 2D). This selected protocol was divided into 2 phases. Firstly, the scanning phase was conducted by positioning the MLS laser probe perpendicular to the treated area and moving it along the masseter muscles for 2 minutes per side. Secondly, the trigger point phase, the MLS laser probe was positioned perpendicular and in contact with the trigger point of the right masseter (Fig. 2E). The probe was moved to 4 points around the trigger point, with 1 minute for each point, totaling 4 minutes for the trigger point phase. Regular follow-ups were conducted to monitor treatment progress.

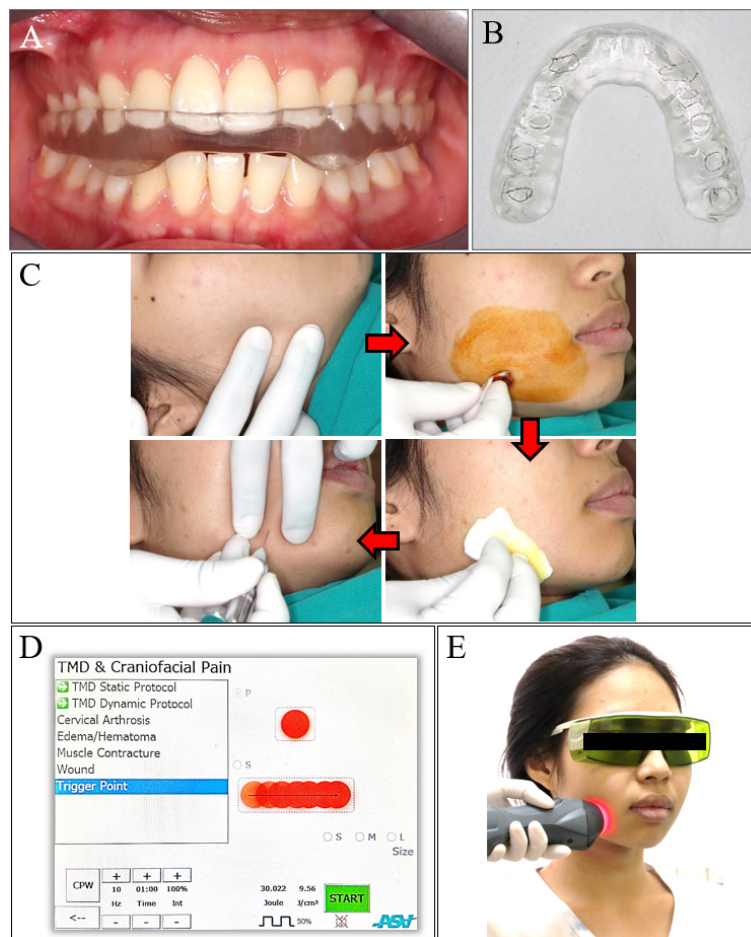


Figure 2 Treatment modalities: A) A Michigan-type hard occlusal splint was placed on the upper arch, B) Wear facets on the occlusal splint were marked with a pencil, C) Trigger point injection technique: The trigger point was stabilized with 2 fingers. The facial skin was disinfected with iodine and 70% alcohol. A 30-gauge needle was used to inject 3% mepivacaine without epinephrine into the target trigger point. Multiple injection directions were used without withdrawing the needle from the skin, D) Laser protocol: The treatment was performed in trigger point mode with continuous pulsed wave (CPW) modulation, a frequency of 10 Hz, a duration of 1 minute, and an intensity set to 100%, and E) Low-level laser therapy applied to the trigger point at the right masseter muscle.

The patient consistently wore the occlusal splint daily, despite significant wear on it (Fig. 2B). After 2 months, although she wore the splint every night and her pain level had decreased to 5 out of 10 in NRS (Fig. 3A), she still had muscle pain which interrupted her life. So, during this visit, she received an initial TPI, with a follow-up scheduled for 1 month later. At the 3-month follow-up, she reported a 70% reduction in pain and received a second TPI. At 6 months, she was pain-free at times and occasionally did not wear the splint but still experienced minor muscle soreness. In addition, her

joint clicking sounds had disappeared on this visit (Fig. 3C). Treatment included a session of LLLT and encouragement to continue using the splint. At the 10-month follow-up, her pain level was down to 1 out of 10 on NRS (Fig. 3A), with only mild tenderness in the masseter muscles. There were no clicking sounds from TMJs (Fig. 3C), and she could open her mouth 45 mm (Fig. 3B and 4A). The occlusion had improved, with 7 pairs of teeth contacting in the intercuspal position (Fig. 4B and 4C), and no occlusal adjustment was needed.

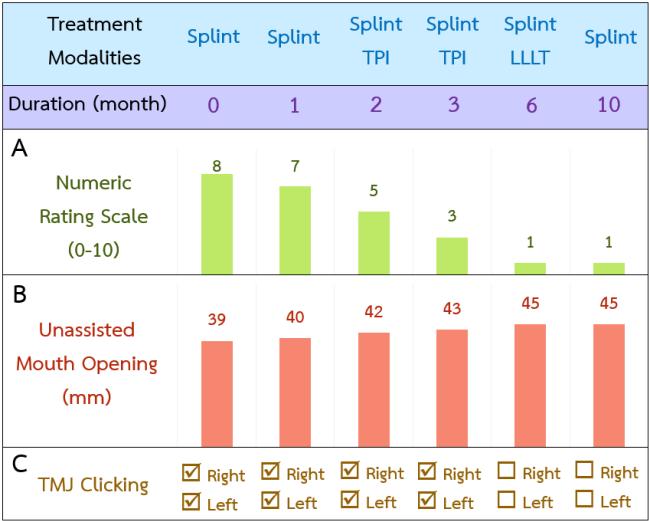


Figure 3 Treatment outcomes: A) Numeric rating scale (pain score) reported by the patient at each visit, B) Unassisted mouth opening, measured as the interincisal distance when the patient opens their mouth without assistance, and C) Joint clicking, indicated by a marked box if the patient experiences a clicking sound.



Figure 4 Post-treatment: A) Measurement of unassisted maximum mouth opening using a ruler after treatment (45 mm), B) Intraoral photographs showing frontal views of dental occlusion before (top) and after (bottom) treatment, and C) Occlusal contacts measured by the thin metal foil strips (8 micrometers) in intercuspal position (ICP) before and after treatment, illustrating changes in occlusal contact distribution. Red marks indicate contact points.

Discussion

The chronic myofascial pain in this patient is primarily attributed to unawareness of how bruxism impacts her symptoms.¹⁸ Bruxism directly affects the masticatory muscles, leading to significantly increased muscle activity compared with unaffected individuals.¹¹ This dysfunction from muscle contraction can alter occlusion, and conversely, changes in occlusion can further increase masticatory muscle activity.¹⁹ Additionally, the patient's psychological state, including depression, anxiety, and stress, exacerbates the muscle pain.^{20,21} Despite previous treatments, such as acupuncture and medication, the condition of the patient persisted because the underlying causes and contributing factors of the masticatory muscle pain were not addressed. Therefore, it is crucial for dentists to identify and manage the diverse underlying causes of this condition in each individual.

The diagnosis of masticatory muscle pain as myofascial pain based on a detailed pain history and muscle palpation.^{7,22} The patient typically reported pain in the jaw and temple, modified by jaw movement.⁷ During palpation, the patient confirmed pain location, reported similar pain, and described pain spreading within the muscle boundaries.⁷ This case, with multiple sites of muscle tenderness, should be differentiated from fibromyalgia. According to the American College of Rheumatology criteria, fibromyalgia requires widespread pain in all 4 quadrants (both the left and right side of the body, above and below the waist) and tenderness in 11 or more of 18 tender points.^{23,24} Since this case involved only orofacial pain, she was diagnosed as myofascial pain, not fibromyalgia. Accurate diagnosis is essential for proper treatment.

Counseling and patient education for self-care can effectively reduce masticatory muscle pain and increase jaw range of motion.²⁵ The benefit of counseling and education is cost-effectiveness, reducing risk behaviors that exacerbate pain and improving treatment outcomes for patients with psychological issues.²⁵ This patient had suffered from chronic pain for over 2 years, leading to frustration and emotional distress. Despite multiple treatments,

no significant relief was achieved, affecting her daily life. A thorough evaluation is essential, but equally important is the compassionate approach of the dentist —actively listening and understanding the concerns of the patient to develop an effective, patient-centered treatment plan. Recommendations should be tailored to address the specific problems and contributing factors of each patient.

Occlusal splint therapy is commonly used for patients with masticatory muscle pain. This treatment helps increase mouth opening, reduce pain intensity, and alleviate joint pain.²⁶ Occlusal splints have been shown to decrease the electromyographic activity of the masticatory muscles during rest, swallowing, and clenching.²⁷ This helps the muscles stay in a more relaxed state. Additionally, splint use can improve sleep quality in patients with myofascial pain.²⁸ Systematic reviews have demonstrated that occlusal splints offer multiple benefits and are often recommended for treating masticatory myofascial pain.²⁶

Fujii *et al.* compared changes in occlusion after occlusal splint therapy between patients with and without myofascial pain.²⁹ The study found that the number of occluding teeth either increased or remained unchanged in both groups. Specifically, 30% of patients with myofascial pain experienced an increase in the number of occluding teeth and improved occlusion.²⁹ Comparing the 2 groups, patients with myofascial pain showed more significant changes in occlusion following splint therapy than those without pain. This case revealed occlusal instability as a contributing factor. Initiating treatment with occlusal equilibration instead of a conservative approach could lead to irreversible and potentially harmful outcomes. Instead, muscle pain was managed first, allowing for a re-evaluation of occlusion. This approach ultimately demonstrated that occlusal adjustment was unnecessary, emphasizing the importance of conservative management before irreversible procedures. Notably, occlusal instability improved after muscle pain was addressed, indicating that it was not the initiating factor but rather a perpetuating effect of muscle pain.

TPIs can be performed by dentists using a dental syringe to inject anesthetics directly into the trigger point. The use of anesthetics may be optional. TPIs involve administering substances such as anesthetics, botulinum toxins, corticosteroids, or even saline to inactivate trigger points, reduce muscle tension, and alleviate pain.^{9,30} Okeson reported that anesthetics alone may not effectively eliminate trigger points.¹⁶ However, he recommended using anesthetics with the injection, as they provide immediate pain relief during the procedure and aid in diagnosing the condition. After localized anesthetic injection, referred pain should also decrease.¹⁶ Blasco-Bonora *et al.* found that TPIs in patients with bruxism and myofascial pain effectively reduced pain and improved jaw range of motion.³¹ Moreover, TPI is considered the gold standard treatment for myofascial pain syndrome, effectively relieving muscle tension and pain.¹⁵ In particular, TPI with local anesthesia has shown superior effectiveness in treating masticatory myofascial pain compared to dry needling, acupuncture, botulinum toxin-A, granisetron, and platelet-rich plasma.⁹ Contraindications for TPIs include active bleeding, bleeding disorders, acute muscle tears, allergies to the injection solution, and open wounds.³²

LLLT has gained increasing attention as a non-invasive and safe treatment modality, however, its effectiveness is uncertain.³³ Several studies support the use of LLLT to manage pain in the masticatory muscles^{34,35}, suggesting it can be used as an adjunct to other treatments.³⁶ When low-level laser is applied to the myofascial trigger point region, it enhances microcirculation within the muscles, improves the oxygen supply to hypoxic cells, and removes metabolic waste products. This process helps disrupt the muscle pain cycle. Although LLLT is widely used to manage myofascial pain and has shown effectiveness with no reported side effects³⁷, the high cost of laser machines makes it less accessible for general dental clinics. Moreover, further research is needed, as there is no consensus on the optimal wavelength, energy density, and treatment protocol.^{37, 38}

Other treatment options include soft tissue mobilization³⁹, ischemic compression⁴⁰, medications such as analgesics, anti-inflammatory drugs, and muscle

relaxants⁴¹, as well as acupuncture⁴², TENS⁴³, ultrasound therapy⁴⁴, injection of botulinum toxin type A⁴⁵, and injection of platelet-derived growth factors.⁴⁶ Despite the range of available treatments, no single method has proven to be markedly more effective than others, largely due to the incomplete understanding of the pathogenesis of masticatory myofascial pain. Therefore, this case report provides insight into the effectiveness of treatments in one patient, and further studies are needed to explore these interventions in other patients.

Conclusion

Although there are various methods for treating masticatory myofascial pain, understanding the underlying causes of pain is crucial for effective treatment. Conservative approaches, including patient education, occlusal splint therapy, trigger point injection, and low-level laser therapy, have proven effective in managing chronic masticatory myofascial pain associated with bruxism.

Acknowledgements

The author expresses appreciation to all faculty and staff at the Occlusion and Orofacial Pain Clinic for their support during treatment. Special thanks are also given to Dr. Kevin Tompkins for his careful review and editing of the manuscript.

Conflicts of Interest

The author declares that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Consent

Written informed consent has been obtained from the patient to publish this journal.

References

1. Gerwin RD. Myofascial trigger point pain syndromes. *Semin Neurol* 2016;36(5):469-73.
2. Money S. Pathophysiology of trigger points in myofascial pain syndrome. *J Pain Palliat Care Pharmacother* 2017;31(2):158-9.
3. Wieckiewicz M, Boening K, Wiland P, Shiau YY, Paradowska-Stolarz A. Reported concepts for the treatment modalities and pain management of temporomandibular disorders. *J Headache Pain* 2015;16:106.
4. Chan NHY, Ip CK, Li DTS, Leung YY. Diagnosis and treatment of myogenous temporomandibular disorders: A clinical update. *Diagnostics (Basel)* 2022;12(12):2914.

5. Dib A, Montero J, Sanchez JM, Lopez-Valverde A. Electromyographic and patient-reported outcomes of a computer-guided occlusal adjustment performed on patients suffering from chronic myofascial pain. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2015;20(2):e135-43.
6. Kerstein RB. Reducing chronic masseter and temporalis muscular hyperactivity with computer-guided occlusal adjustments. *Compend Contin Educ Dent* 2010;31(7):530-4, 6, 8 passim.
7. Schiffman E, Ohrbach R, Truelove E, Look J, Anderson G, Goulet JP, et al. Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC/TMD) for clinical and research applications: Recommendations of the International RDC/TMD Consortium Network* and Orofacial Pain Special Interest Groupdagger. *J Oral Facial Pain Headache* 2014;28(1):6-27.
8. Orzeszek S, Waliszewska-Prosol M, Ettlin D, Seweryn P, Straburzynski M, Martelletti P, et al. Efficiency of occlusal splint therapy on orofacial muscle pain reduction: A systematic review. *BMC Oral Health* 2023;23(1):180.
9. Al-Moraissi EA, Alradom J, Aladashi O, Goddard G, Christidis N. Needling therapies in the management of myofascial pain of the masticatory muscles: A network meta-analysis of randomised clinical trials. *J Oral Rehabil* 2020;47(7):910-22.
10. Ahrari F, Madani AS, Ghafouri ZS, Tuner J. The efficacy of low-level laser therapy for the treatment of myogenous temporomandibular joint disorder. *Lasers Med Sci* 2014;29(2):551-7.
11. Raphael KG, Janal MN, Sirois DA, Dubrovsky B, Wigren PE, Klausner JJ, et al. Masticatory muscle sleep background electromyographic activity is elevated in myofascial temporomandibular disorder patients. *J Oral Rehabil* 2013;40(12):883-91.
12. Jimenez-Silva A, Pena-Duran C, Tobar-Reyes J, Frugone-Zambra R. Sleep and awake bruxism in adults and its relationship with temporomandibular disorders: A systematic review from 2003 to 2014. *Acta Odontol Scand* 2017;75(1):36-58.
13. Raphael KG, Sirois DA, Janal MN, Wigren PE, Dubrovsky B, Nemelivsky LV, et al. Sleep bruxism and myofascial temporomandibular disorders: A laboratory-based polysomnographic investigation. *J Am Dent Assoc* 2012;143(11):1223-31.
14. Crout DK. Anatomy of an occlusal splint. *Gen Dent* 2017;65(2):52-9.
15. Bodine N. An overview of myofascial pain syndrome with a focus on trigger point injection. *Nurse Pract* 2023;48(11):18-25.16)
16. Okeson JP. Management of temporomandibular disorders and occlusion. 7th ed. ed. St. Louis, Mo. : Elsevier/Mosby; 2013.
17. Appasamy M, Lam C, Alm J, Chadwick AL. Trigger point injections. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2022;33(2):307-33.
18. Raphael KG, Janal MN, Sirois DA, Dubrovsky B, Klausner JJ, Krieger AC, et al. Validity of self-reported sleep bruxism among myofascial temporomandibular disorder patients and controls. *J Oral Rehabil* 2015;42(10):751-8.
19. Suvinen TI, Kempainen P. Review of clinical EMG studies related to muscle and occlusal factors in healthy and TMD subjects. *J Oral Rehabil* 2007;34(9):631-44.
20. Wieckiewicz M, Zietek M, Smardz J, Zenczak-Wieckiewicz D, Grychowska N. Mental status as a common factor for masticatory muscle pain: A systematic review. *Front Psychol* 2017;8:646.
21. Takizawa K, Ozasa K, Yan Z, Hitomi S, Fujita-Yoshigaki J, Okubo M, et al. Association between central sensitivity syndrome and psychophysical factors in patients with masticatory myofascial pain. *J Oral Sci* 2024;66(3):176-81.
22. Hernandez-Nuno de la Rosa MF, Guerrero P, Alturki SA, Scrivani SJ. Masticatory myofascial pain disorders. *Dent Clin North Am* 2023;67(1):1-11.
23. Wolfe F, Smythe HA, Yunus MB, Bennett RM, Bombardier C, Goldenberg DL, et al. The American College of Rheumatology 1990 criteria for the classification of fibromyalgia. Report of the multicenter criteria committee. *Arthritis Rheum* 1990;33(2):160-72.
24. Sarzi-Puttini P, Giorgi V, Marotto D, Atzeni F. Fibromyalgia: An update on clinical characteristics, aetiopathogenesis and treatment. *Nat Rev Rheumatol* 2020;16(11):645-60.
25. de Freitas RF, Ferreira MA, Barbosa GA, Calderon PS. Counselling and self-management therapies for temporomandibular disorders: A systematic review. *J Oral Rehabil* 2013;40(11):864-74.
26. Zhang C, Wu JY, Deng DL, He BY, Tao Y, Niu YM, et al. Efficacy of splint therapy for the management of temporomandibular disorders: A meta-analysis. *Oncotarget* 2016;7(51):84043-53.
27. Villalon P, Arzola JF, Valdivia J, Fresno MJ, Santander H, Gutierrez MF, et al. The occlusal appliance effect on myofascial pain. *Cranio* 2013;31(2):84-91.
28. Rosar JV, Barbosa TS, Dias IOV, Kobayashi FY, Costa YM, Gaviao MBD, et al. Effect of interocclusal appliance on bite force, sleep quality, salivary cortisol levels and signs and symptoms of temporomandibular dysfunction in adults with sleep bruxism. *Arch Oral Biol* 2017;82:62-70.
29. Fujii T, Torisu T, Nakamura S. A change of occlusal conditions after splint therapy for bruxers with and without pain in the masticatory muscles. *Cranio* 2005;23(2):113-8.
30. Taskesen F, Cezairli B. The effectiveness of the masseteric nerve block compared with trigger point injections and dry needling in myofascial pain. *Cranio* 2023;41(2):96-101.
31. Blasco-Bonora PM, Martin-Pintado-Zugasti A. Effects of myofascial trigger point dry needling in patients with sleep bruxism and temporomandibular disorders: A prospective case series. *Acupunct Med* 2017;35(1):69-74.
32. Shipton B, Sagar S, Mall JK. Trigger point management. *Am Fam Physician* 2023;107(2):159-64.
33. Magri LV, Carvalho VA, Rodrigues FC, Bataglion C, Leite-Panissi CR. Effectiveness of low-level laser therapy on pain intensity, pressure pain threshold, and SF-MPQ indexes of women with myofascial pain. *Lasers Med Sci* 2017;32(2):419-28.

34. Maia ML, Bonjardim LR, Quintans Jde S, Ribeiro MA, Maia LG, Conti PC. Effect of low-level laser therapy on pain levels in patients with temporomandibular disorders: A systematic review. *J Appl Oral Sci* 2012;20(6):594-602.
35. Potewiratnanond P, Vanichanon P, Limpuangthip N. Occlusal splint and combined multiwave locked system laser therapy demonstrated differential patient-reported outcomes and clinical parameters: A randomized controlled trial in patients with temporomandibular disorder. *J Oral Rehabil* 2024;51(2):247-54.
36. da Silva MA, Botelho AL, Turim CV, da Silva AM. Low level laser therapy as an adjunctive technique in the management of temporomandibular disorders. *Cranio* 2012;30(4):264-71.
37. Xu GZ, Jia J, Jin L, Li JH, Wang ZY, Cao DY. Low-level laser therapy for temporomandibular disorders: A systematic review with meta-analysis. *Pain Res Manag* 2018;2018:4230583.
38. Ayyildiz S, Emir F, Sahin C. Evaluation of low-level laser therapy in TMD patients. *Case Rep Dent* 2015;2015:424213.
39. Kuc J, Szarejko KD, Golebiewska M. Evaluation of soft tissue mobilization in patients with temporomandibular disorder-Myofascial pain with referral. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17(24):9576.
40. Serrano-Hernanz G, Angulo-Carrere T, Ardizzone-Garcia I, Svensson P, Álvarez-Méndez AM. Pressure release technique versus placebo applied to cervical and masticatory muscles in patients with chronic painful myofascial temporomandibular disorder: A randomised clinical trial. *J Oral Rehabil* 2023;50(9):782-91.
41. Elbarbary M, Oren A, Goldberg M, Freeman BV, Mock D, Tenenbaum HC, *et al.* Masticatory myofascial pain syndrome: Implications for endodontists. *J Endod* 2022;48(1):55-69.
42. de Salles-Neto FT, de Paula JS, Romero J, Almeida-Leite CM. Acupuncture for pain, mandibular function and oral health-related quality of life in patients with masticatory myofascial pain: A randomised controlled trial. *J Oral Rehabil* 2020;47(10):1193-201.
43. Palizgir R, Najafi S, Modiri F, Sheykhbahaei N, Hakimiha N, Rahmanpour R. Comparison of therapeutic effects of 940 nm diode laser acupuncture with transcutaneous electrical nerve stimulation in the myofascial pain dysfunction syndrome: A comparative randomized clinical trial. *Lasers Med Sci* 2023;38(1):233.
44. Salloum K, Karkoutly M, Haddad I, Nassar JA. Effectiveness of ultrasound therapy, TheraBite device, masticatory muscle exercises, and stabilization splint for the treatment of masticatory myofascial pain: A randomized controlled trial. *Clin Exp Dent Res* 2024;10(4):e921.
45. De la Torre Canales G, Poluha RL, Bonjardim LR, Ernberg M, Conti PCR. Botulinum toxin-A effects on pain, somatosensory and psychosocial features of patients with refractory masticatory myofascial pain: A randomized double-blind clinical trial. *Sci Rep* 2024;14(1):4201.
46. Sakalys D, Rokicki JP, Januzis G, Kubilius R. Plasma rich in growth factors injection effectiveness for myofascial pain treatment in masticatory muscles. Randomised controlled trial. *J Oral Rehabil* 2020;47(7):796-801.

The Effect of Pandan Leaf Extract on Heat-Polymerized Acrylic Resin: Alteration of Physical Properties and Reduction of *Candida albicans*

Kanokporn Teerakiatkamjorn¹ and Nattapon Rotpenpian²

¹Dental hospital, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand

²Department of Oral biology and Occlusion, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand

Abstract

This study investigates the antifungal activity of a cleaning solution containing pandan leaf extract against *Candida albicans* (*C. albicans*) in a laboratory setting and evaluates its effect on the color and physical properties of a denture base material. Cleaning solutions with pandan leaf extract at concentrations of 8, 16, and 24 mg/ml were tested for their inhibitory effect on *C. albicans* and their impact on the physical properties of the denture base material including color change, surface hardness, surface roughness, and flexural strength. *C. albicans* counts (CFU/ml) were measured across test groups, including controls. Extracts at 16 and 24 mg/ml showed the greatest reduction in fungal presence, which is comparable to 0.5% sodium hypochlorite. After immersion in cleaning solutions for two 10-min cycles and seven days, the solution with pandan leaf extract showed no significant color change within the same group. Surface roughness and surface hardness changes were also insignificant within the same group and across groups after immersion for two 10-min cycles (t1) and seven days (t2). Similarly, flexural strength showed no significant difference among groups compared to the control group. A cleaning solution with pandan leaf extract at 16 and 24 mg/ml effectively inhibits *C. albicans* without impacting the color or physical properties of a denture base material, suggesting its potential as a safe and effective cleaning solution for denture bases.

Keyword: *C. albicans*, Cleaning solution, Denture base, Pandan leaf, Physical property

Received date: Dec 15, 2024

Revised date: Feb 12, 2025

Accepted date: Mar 3, 2025

Doi: 10.14456/jdat.2025.15

Correspondence to:

Nattapon Rotpenpian, Department of Oral Biology and occlusion, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla 90110 Thailand. email: nattapon.r@psu.ac.th

Introduction

Polymethyl methacrylate (PMMA) has been used as a denture base material since the 1930s due to its low cost, ease of use, simple manufacturing process, and aesthetic qualities. However, PMMA is highly susceptible to colonization by *C. albicans* due to its surface porosity, roughness, and hydrophobicity, which promote fungal

adhesion and biofilm formation. It lacks intrinsic antimicrobial properties and absorbs salivary proteins that facilitate fungal attachment. Over time, microcracks increase colonization sites, while oral cavity conditions further support fungal growth.¹ These factors contribute to denture-related infections, such as denture stomatitis, emphasizing

the need for improved hygiene and antifungal modifications.² These infections can result from inadequate cleaning by the patient or cross-contamination during dental procedures such as repairs or adjustments, which involve movement between the clinic and laboratory.³ This creates potential for infection transmission among patients, dentists, and laboratory technicians. The presence of *C. albicans* on denture surfaces not only poses a risk for oral infections but can also lead to denture stomatitis, affecting up to 65% of denture wearers.⁴ This condition can impact the quality of life and oral health of patients, making effective denture cleaning protocols crucial for both patient care and infection control.

Denture cleaning methods include mechanical and chemical approaches, with chemical solutions being particularly important for eliminating microorganisms in areas that mechanical cleaning might miss. Various chemical agents have been employed to clean dentures and prevent the spread of infections. Studies have reported that 0.5% sodium hypochlorite (NaOCl), while effective at eliminating fungi after 10 minutes of immersion,⁵ may damage denture materials, depending on the immersion time and concentration. Specifically, peroxide-based cleaners have been shown to reduce the color, surface roughness,⁶ and surface hardness of the material, and cause corrosion to metal components.⁷ Additionally, these chemicals may cause tissue irritation if they come into direct contact with oral tissues or are left on the dentures for extended periods.⁸

Given these concerns, the research team is interested in developing a more effective cleaning solution incorporating natural herbal extracts. The growing global interest in natural products has led the research team to explore plant-based alternatives to conventional chemical cleaning agents. This approach aligns with the current trend toward sustainable and biocompatible dental materials and treatments. Medicinal plants have long been used in both medical and dental treatments due to their accessibility, cost-effectiveness, and minimal side effects compared to synthetic drugs, which can contribute to drug resistance and other complications. Many herbs have antimicrobial properties, and their local availability can reduce production costs while promoting agricultural

practices and job creation within communities. One such herb is pandan (*Pandanus amaryllifolius*), which has been traditionally used for oral care. Pandan leaves contain phenolic compounds known for their antibacterial properties. Previous studies have shown that ethanol and water extract of pandan leaves (in a 70:30 ratio) exhibit inhibitory effects on various oral pathogens including *Streptococcus sanguinis*, *Streptococcus salivarius*, *Streptococcus mutans*, and *Porphyromonas gingivalis*, with minimum inhibitory concentrations (MIC) of 31.25, 62.5, 3.9, and 125 µg/ml, respectively.⁹

Pandanus amaryllifolius also known as pandan leaves are a plant in the Pandanaceae family that is found in Southeast Asian countries. Pandan leaves have a distinctive fragrance due to the presence of volatile compounds, 2-acetyl-1-pyrroline (2AP). This compound includes alcohols, aromatics, carboxylic acids, ketones, aldehydes, esters, hydrocarbons, furans, furanone, and terpenoids.¹⁰ Pandan leaves are generally used in the food industry for color and aroma. The pandan leaf extract contains bioactive compounds with antioxidants, antivirals, antihyperglycemics, anticancer and antimicrobial properties, moreover, it has antifungal property in *C. albicans*.¹¹ However, the inhibitory effect of pandan leaf extract against *C. albicans* has shown a MIC (minimum inhibitory concentrations) of 8 mg/ml in our laboratory studies using ethanol extraction. Despite this promising result, no research has yet explored the use of pandan leaf extract as a denture cleaning solution. Pandan leaf extract offers a novel solution for denture cleaning by combining antimicrobial properties with sustainability. Understanding its effects on both *C. albicans* and denture base materials is crucial for developing evidence-based cleaning protocols. Therefore, the objective of this study is to investigate the antifungal activity of pandan leaf extract against *C. albicans* in a laboratory setting, as well as to evaluate its effect on the color and physical properties of denture base material.

Materials and Methods

Preparation of pandan leaf extract

The process begins with the preparation of fresh pandan leaves (*Pandanus amaryllifolius*) from plants aged

for 0-five years. The leaves are first cleaned with distilled water to remove contaminants. After cleaning, the leaves are chopped into small pieces, air-dried, and then dried further using hot air at 45-75°C for at least 30 minutes. The dried leaves are ground into a powder to increase the surface area. In the extraction process, 50 grams of the powdered leaves are mixed with ethylene glycol in concentrations of 95% (v/v). The mixture, totalling 450-750 ml, is stirred at 10-150 rpm, either manually or with a magnetic stirrer, and then filtered at least three times to remove solid residues. The filtered solution undergoes centrifugation at 7,000-15,000 rpm for 20-40 minutes to separate light precipitates, ensuring the temperature does not exceed 10°C. The clear solution is then filtered through 0.5-micron filter paper and concentrated by evaporation using a rotary evaporator at 50-100 rpm for 15-40 minutes. Finally, the extract is dried in a hot air oven at 45-75°C for 24-36 hours, maintaining a temperature below 10°C to preserve the extract. The process for producing pandan leaf extract has received a pretty patent application number from the Department of Intellectual Property of Thailand as request number 1- 2403003729 by Nattapon Rotpenpian. Moreover, pandan leaf extract was used at concentrations of 8, 16 and 24 mg/ml because the inhibitory effect of pandan leaf extract against *C. albicans* has shown a MIC of 8 mg/ml in our laboratory studies using ethanol extraction. However, the dose of MIC has not been elucidated in the solution for experiment and tested the dose dependence.

Preparation of specimens

Acrylic resin specimens were fabricated using Polymethyl methacrylate (PMMA) (Vertex™ Rapid Simplified, Vertex dental by 3D system; Netherlands), a material commonly used for making removable denture bases. The specimens were shaped from a wax model (dental wax, pink wax no. 1, Prominent Co., Ltd., Thailand) and cut to dimensions of 64 mm in length, 10 mm in width, and 3 mm in thickness. These were then placed into a denture flask (Hanau™ Varsity Ejector Type; Hanau Engineering Co., Inc., USA) and filled with plaster (stone-10 dental plaster type III, Knauf Plaster Co., Ltd., Thailand). After dewaxing the acrylic resin was mixed according to

the specifications of the manufacturer with 0.95 grams of monomer and 2.3 grams of polymer. This mixture was poured into the mold in the denture flask and cured with heat in water at 100°C for 20 minutes. After curing, the specimens were polished to remove excess material using a carbide bur and sanded with silicon carbide paper (grits 240, 600, and 1,000, respectively) using a rotary polishing machine (Buehler, Metaserve, Buehler Ltd., USA) to achieve the specified dimensions (64 mm long, 10 mm wide, and 3 mm thick).

To evaluate the antimicrobial efficacy against *C. albicans*, the specimens polished with silicon carbide paper were cut into smaller squares (10 mm × 10 mm × 3 mm) using a specimen cutting machine (Buehler, ISOMET 1000, Buehler Ltd., USA), yielding 50 pieces. These specimens were soaked in distilled water at 37°C for 12 hours to remove any residual monomer. Afterward, they were cleaned in an ultrasonic cleaner for 20 minutes and sterilized with ultraviolet radiation for another 20 minutes.⁶

For physical property tests, which included color change, surface roughness, surface hardness, and flexural strength, fifty polished specimens measuring 64 mm × 10 mm × 3 mm, conforming to ISO 1567:1999 specifications, were used. The specimens were polished with one-micron diamond paste (MetaDi™ monocrystalline diamond suspension; Buehler Ltd., USA) using a grinding and polishing machine (JeanWritz, Phoenix 4000, Germany) on one flat surface and cleaned in an ultrasonic cleaner using distilled water for 20 minutes.¹²

Antifungal testing

The *C. albicans* strain was cultured on Sabouraud dextrose agar (SDA; Becton Dickinson, Sparks, MD) and incubated at 37°C for 48 hours. Following this incubation, a suspension containing 106 *C. albicans*/ml was prepared in sterile saline using a spectrophotometer (Shimadzu Corp., Kyoto, Japan) set to a wavelength of 530 nm, with an optical density of 0.284, corresponding to an absorbance that reflects 106 CFU/ml. Each specimen was placed into a sterile tube containing 2 ml of the fungal suspension and incubated at 37°C for 90 minutes.¹³ After incubation, the specimens were randomly divided into three experimental groups (n = 10) based on the concentration of the pandan

leaf extract (8, 16, 24 mg/ml) cleaning solutions, along with the negative control group (n = 10) immersed in sterile distilled water and the positive control group (n = 10) immersed in 0.5% sodium hypochlorite. The specimens were immersed at room temperature for 10 minutes for each group. Following this, each specimen was transferred to tubes containing 10 ml of sterile saline, and the adhered cells were dislodged by vortexing. Serial dilutions of 10^{-1} , 10^{-2} , and 10^{-3} were then prepared in sterile saline, and 0.1 ml aliquots were plated onto SDA. After 48 hours of incubation at 37°C, the number of colonies were counted and expressed in CFU/ml. The reduction in microbial population was calculated by comparing the number of cells adhering to the test samples with those in the control group.¹⁴

Testing of Physical Properties

Fifty polished specimens measuring 64 mm × 10 mm × 3 mm were grouped into sets of ten and randomly assigned into five groups:

1. Control group (not immersed in any solution) for baseline flexural strength.
2. Test group immersed in 0.5% sodium hypochlorite.
3. Test group immersed in pandan leaf extract at 8 mg/ml.
4. Test group immersed in pandan leaf extract at 16 mg/ml.
5. Test group immersed in pandan leaf extract at 24 mg/ml.

Each specimen was labeled at its terminal end on the unpolished surface (without diamond paste polishing) for comparing physical properties before and after immersion in different solutions at the specified intervals:¹⁵

- **Time t0:** Specimens were immersed in distilled water at 37°C for 48 hours, simulating a first patient follow-up appointment after two days of denture use. Color, surface roughness, and surface hardness measurements were recorded.
- **Time t1:** Specimens were subjected to two cleaning cycles. Each cycle consisted of immersion in cleaning solutions for 10 minutes, rinsing with distilled water, and drying. This protocol simulated

a clinical denture disinfection procedure performed when receiving dentures from patients and before delivering adjusted dentures back to patients. Color, surface roughness, and surface hardness measurements were recorded.

- **Time t2:** Specimens were immersed in cleaning solutions for seven days (168 h) and blot-dried without distilled water rinsing to assess potential long-term exposure effects on denture base material. Measurements of color, surface roughness, and surface hardness were recorded.

Color Change Testing

Color change testing was conducted using a spectrophotometer (HunterLab, ColorQuest XE, Hunter Associates Laboratory Inc., USA) to measure the color of 40 specimens in each experimental group. The polished surface of each specimen, prepared using diamond polishing paste, was positioned towards the device's measuring center with a measurement aperture size of 0.375 inches, against a black background. Color measurement was conducted using the CIELab color system, recommended by the Commission Internationale de L'Eclairage (CIE),⁶ employing standard light D65, a 10-degree observer angle, and a light source covering the visible wavelength range (400 to 700 nanometers). The RSEX (reflectance specular exclude) value was recorded for each specimen. This measurement system includes the gross value of materials, similar to what the human eye sees. Materials of the same color but with different surface textures or gloss levels will yield different color measurements. Measurements were taken three times per sample at specified time intervals, both before and after immersion in various cleaning solutions. The color difference (ΔE) for each specimen was then calculated automatically by comparing the color values at time t0 with those at time t1 and at time t0 with those at time t2, within the same specimen. The color value measured at time t0 served as the baseline for determining the color difference in relation to the values at t1 and t2.

To relate color change (ΔE) to the clinical environment, the data were converted into National Bureau of Standards (NBS) units using the formula: NBS

units = $\Delta E \times 0.92$, and then categorized according to the following scale: 1) Indicial from 0.0-0.5, 2) Slight from 0.5-1.5, 3) Noticeable from 1.5-3.0, 4) Considerable from 3.0-6.0, 5) Very from 6.0-12.0, and 6) Excessive for +12.0.⁶

Surface Roughness Testing

Surface roughness was measured using a profilometer (Surfcorder, SE2300, Kosaka Laboratory Ltd., Japan) with a tracing length of 5 mm and a cutoff value of 0.8 mm. The diamond stylus moved at a speed of 0.5 mm/second. Measurements were taken on the polished surface of each specimen before and after immersion in various cleaning solutions at specified test intervals. The measurements were performed at the center of each specimen in both length and width of the sample. Three measurements were taken at positions spaced 1 mm apart across the width of each specimen.¹⁶ The average roughness (Ra) values were calculated for each group at each testing time, and the changes in average surface roughness (ΔRa) from t0 to t1 and t0 to t2 were statistically analyzed.

Surface Hardness Testing

Surface hardness was evaluated using a micro-hardness tester (Mitutoyo, HM-211, Mitutoyo Corporation, Japan) with a square-based pyramid indenter, applying a load of 10 grams for 15 seconds. Measurements were taken on the polished surface of each specimen, marked 1.5 cm from the center along the length. Three indentations were created at different positions along each specimen, and the Vickers hardness number (VHN) was recorded for statistical analysis.¹⁵

Flexural Strength Testing

Flexural strength was assessed using a universal testing machine (Lloyd Instruments, LRX-Plus, AMETEK Lloyd Instruments Ltd., UK) on rectangular specimens

measuring 64 mm x 10 mm x 3 mm, adhering to ISO 1567: 1999 specifications.¹⁷ Ten specimens from the control group (not immersed in cleaning solutions) were tested, alongside 40 specimens previously immersed in different cleaning solutions. Specimens were positioned with the polished surface facing upward on a 50 mm support span, and a vertical load was applied at a rate of 5 mm/min until fracture occurred. Flexural strength was calculated using the formula $S = 3NL/2bd^2$, where N is the maximum load applied, L is the span length, b is the width, and d is the height (thickness) of the specimens. A digital vernier caliper was used to measure the dimensions of each specimen. These measurements were then applied in the formula for further calculations.

Statistical analysis

Data were analyzed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS, v15.0; Chicago, IL) and are presented as means \pm standard deviations (SDs). Antifungal activity between groups was determined by normality and homogeneity test by the Shapiro-Wilk test so that its normality was non-normal distribution and consequently compared using the Kruskal-Wallis test, followed by Dunn's post hoc test. The effects of different tested solutions and treatment periods on color, surface roughness, and hardness of the specimens were assessed using analysis of covariance (ANCOVA). For comparing changes in color, surface roughness (ΔRa), and Vickers hardness (ΔVHN) from t0 to t1 and from t0 to t2 across different cleaning solution groups, the t0 measurements for each group were used as covariates. The flexural strength test was analyzed using one-way ANOVA followed by Tukey's honestly significant difference (HSD) post hoc test. Differences were considered statistically significant at $p < 0.05$.

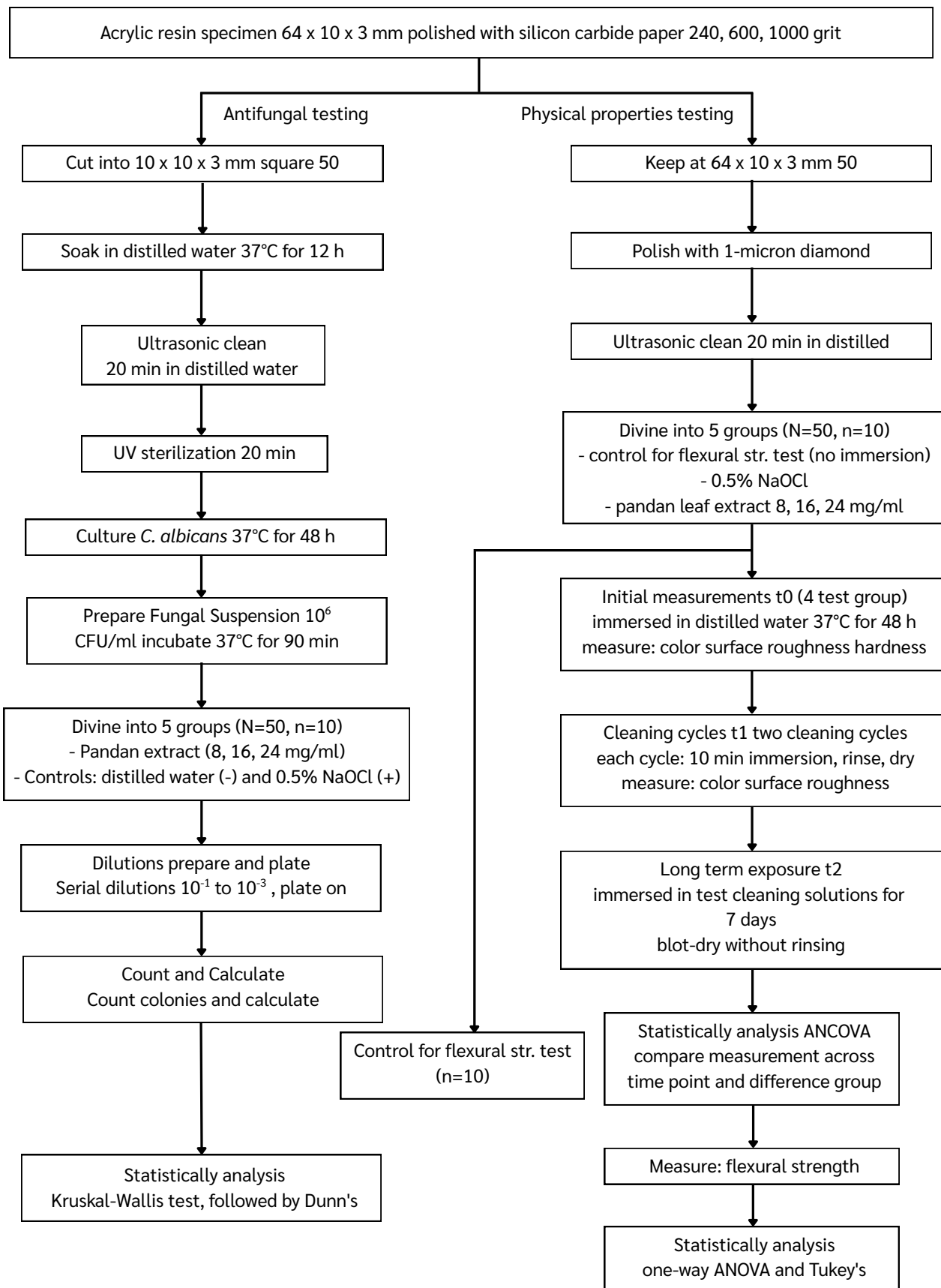


Figure 1 Flow chart showing the steps of antifungal and physical test

Results

Effect of cleaning solution with pandan extract as an antifungal test

The *C. albicans* count (CFU/ml) for different test groups was compared, including the control and various cleaning solutions with pandan extract. The *C. albicans* count (CFU/ml) of pandan leaf extract at 16 mg/ml is 0.8 CFU/ml, for pandan leaf extract at 24 mg/ml is 0.16 CFU/ml, and for 0.5% sodium hypochlorite (positive control) is 0.2 CFU/ml. The *C. albicans* count (CFU/ml) of pandan leaf extract at 8 mg/ml is 2.5 CFU/ml and for distilled water (negative control) is 3 CFU/ml.

The pandan leaf extract at 16 and 24 mg/ml, exhibits antifungal properties comparable to those of 0.5% sodium hypochlorite. There was no significant difference between 0.5% sodium hypochlorite and pandan leaf extract at 16 and 24 mg/ml. The results show that 0.5% sodium hypochlorite and pandan extract at 16 and 24 mg/ml were the most effective at eliminating the fungus, while the sterile distilled water and pandan extract at 8 mg/ml groups showed varying levels of fungal presence as shown in Figure 2.

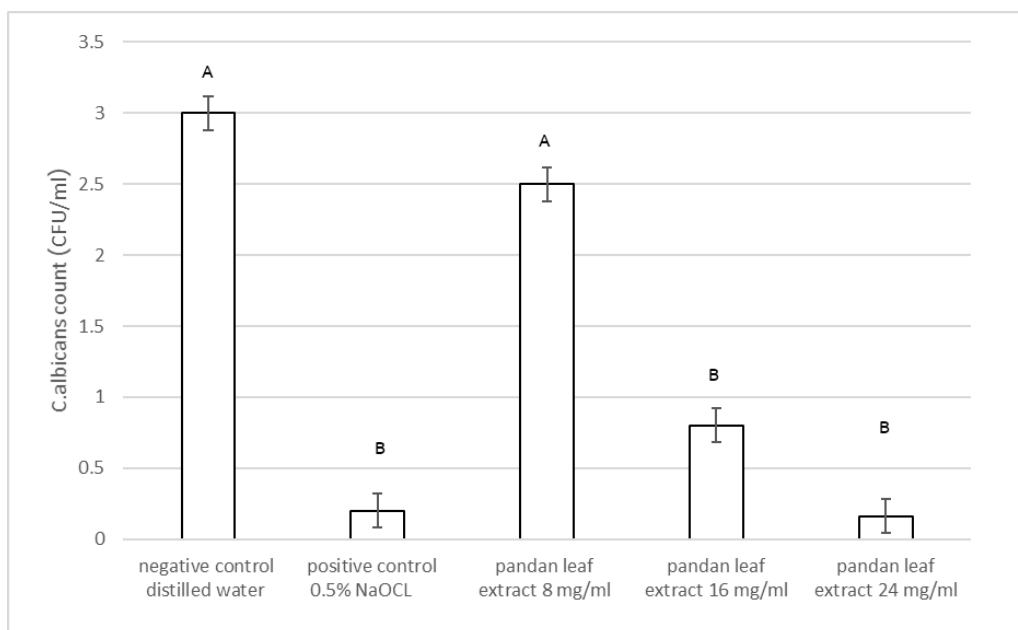


Figure 2 Comparison of *Candida albicans* colony-forming units (CFU/ml) across different test groups. Uppercase letters (A,B) Indicate statistically significant differences.

Effect of cleaning solution with pandan extract on physical properties of the denture base

After immersion in the cleaning solution for two 10-minute cycles (t1) and seven days (t2), the color change of the specimens within the same group showed no significant differences. After immersion for either two 10-minute cycles or seven days, the color change of the specimens showed significant differences between groups. The 0.5% sodium hypochlorite group showed significant differences compared to pandan leaf extract at 8 mg/ml and 24 mg/ml. The pandan leaf extract at 8 mg/ml group showed significant differences compared

to the pandan leaf extract at 24 mg/ml. Meanwhile, the pandan leaf extract at 16 mg/ml showed no significant differences compared to the other groups, as shown in Table 1. However, the mean ΔE t0-t1 and ΔE t0-t2 values of all groups quantified by NBS (National Bureau of Standards) were classified as slight with 0.981 and 0.751 for the 0.5% sodium hypochlorite group, 0.802 and 0.881 for the pandan leaf extract at 8 mg/ml group, 0.914 and 0.676 for the pandan leaf extract at 16 mg/ml group, and 1.217 and 0.816 for the pandan leaf extract at 24 mg/ml group, respectively.

After immersion in distilled water at 37°C for 48 hours (t0) followed by immersion in the cleaning solution for two 10-minute cycles (t1) and seven days (t2), no significant differences ($p > 0.05$) were observed in surface roughness within the same group of cleaning solutions or among groups of different cleaning solutions as shown in Table 2.

After immersion in distilled water at 37°C for 48 h (t0) followed by immersion in the cleaning solution for two

10-minute cycles (t1) and seven days (t2), no significant differences ($p > 0.05$) were observed in surface hardness within the same group of cleaning solutions or among groups of different cleaning solutions as shown in Table 3.

After immersion in the cleaning solution for seven days (t2), flexural strength for the test group showed no significant differences ($p > 0.05$) compared to the control group as shown in Table 4.

Table 1 Mean and standard deviation of color change (ΔE) and NBS units in denture specimens after immersion in different cleaning solutions

Group	Mean ΔE at t0-t1 (two 10-min cycles) +SD	NBS units at t0-t1 $\Delta E \times 0.92$ (category)	ΔE at t0-t2 (7 day) ±SD	NBS units at t0-t2 $\Delta E \times 0.92$ (category)
0.5% sodium hypochlorite	1.066 ± 0.423 ^a	0.981 (slight)	0.816 ± 0.416 ^a	0.751 (slight)
Pandan leaf extract at 8 mg/ml	0.872 ± 0.436 ^b	0.802 (slight)	0.958 ± 0.628 ^b	0.881 (slight)
Pandan leaf extract at 16 mg/ml	0.993 ± 0.445 ^{abc}	0.914 (slight)	0.735 ± 0.407 ^{abc}	0.676 (slight)
Pandan leaf extract at 24 mg/ml	1.323 ± 0.614 ^c	1.217 (slight)	0.887 ± 0.408 ^c	0.816 (slight)

Different lowercase letters (a,b,c) indicate statistically significant difference by the Tukey's test ($p < 0.05$)

Bureau of Standards (NBS) units using the formula: $NBS \text{ units} = \Delta E \times 0.92$, and then categorized according to the following scale: 1) Indicial from 0.0-0.5, 2) Slight from 0.5-1.5, 3) Noticeable from 1.5-3.0, 4) Considerable from 3.0-6.0, 5) Very from 6.0-12.0, and 6) Excessive for +12.0.5

Table 2 Mean and standard deviation of surface roughness in denture specimens after immersion in different cleaning solutions

Group	t0 mean+SD (μm)	t1 mean+SD (μm)	t2 mean+SD (μm)
0.5% sodium hypochlorite	0.017 ± 0.075	0.013 ± 0.035	0.017 ± 0.038
Pandan leaf extract at 8 mg/ml	0.013 ± 0.035	0.013 ± 0.035	0.01 ± 0.030
Pandan leaf extract at 16 mg/ml	0.003 ± 0.018	0.003 ± 0.018	0.00 ± 0.000
Pandan leaf extract at 24 mg/ml	0.003 ± 0.054	0.033 ± 0.053	0.033 ± 0.054

Table 3 Mean and standard deviation of surface hardness in denture specimens after immersion in different cleaning solutions for the evaluated group

Group	t0 (VHN)	t1 (VHN)	t2 (VHN)
0.5% sodium hypochlorite	14.890 ± 1.260	14.533 ± 1.055	14.176 ± 1.346
Pandan leaf extract at 8 mg/ml	14.823 ± 1.341	14.806 ± 1.251	14.77 ± 1.318
Pandan leaf extract at 16 mg/ml	14.38 ± 1.3712	14.32 ± 1.116	14.053 ± 1.073
Pandan leaf extract at 24 mg/ml	16.083 ± 0.482	15.693 ± 0.4322	14.62 ± 1.1966

Table 4 Mean and standard deviation of flexural strength in denture specimens after immersion in different cleaning solutions for 7 days (t2)

Group	flexural strength mean+SD (MPa)
Control group (not immersed)	76.09 ± 5.1899
0.5% sodium hypochlorite	72.23 ± 5.694
Pandan leaf extract at 8 mg/ml	73.964 ± 4.914
Pandan leaf extract at 16 mg/ml	76.721 ± 6.168
Pandan leaf extract at 24 mg/ml	75.311 ± 4.854

Discussion

The current study evaluated the antifungal efficacy of pandan leaf extract against *C. albicans* and its impact on color, surface hardness, surface roughness, and flexural strength of denture base material. The findings indicate that pandan leaf extract, particularly at concentrations of 16 and 24 mg/ml, exhibits antifungal properties comparable to those of 0.5% sodium hypochlorite. Since sodium hypochlorite may cause irritation and has a strong odor¹⁸, using pandan leaf extract, which is a natural and edible plant, is likely to be a safer alternative. This suggests its potential as a safer and more natural option for denture cleaning solutions.

The antifungal properties of pandan leaf extract against *C. albicans* are largely attributed to its bioactive compounds, including alkaloids, flavonoids, and phenolics, which have demonstrated antifungal activity in prior studies. At concentrations of 16 and 24 mg/ml the pandan leaf extract significantly reduced *C. albicans* colony-forming units (CFU/ml), achieving a comparable antifungal effect to 0.5% sodium hypochlorite. The antifungal test in pandan leaf extract solutions for 10 minutes was compared to 0.5% sodium hypochlorite, as according to dental safety goals and guidelines 2023 from the Dental Council of Thailand who recommend immersing resin acrylic dentures in 0.5% sodium hypochlorite for 10 minutes in clinical settings for disinfection.¹⁸ Active compounds in pandan leaves, such as flavonoids, terpenoids, and phenolic compounds, may weaken the cell wall and membrane structure by altering its permeability, leading to leakage of intracellular components and cell death.¹⁹ Secondly, pandan leaf extract may inhibit *C. albicans* biofilm formation, which contributes to its resistance against antifungal treatments, by interfering with signalling pathways or disrupting the protective matrix of the biofilm.²⁰ Additionally, the antioxidant properties of the extract, rich in polyphenols and flavonoids, may neutralize reactive oxygen species (ROS), reducing fungal growth and inducing oxidative stress that damages fungal cells.²¹ Pandan leaf extract could also inhibit protein synthesis by binding to ribosomes or interfering with enzymes necessary for protein biosynthesis, disrupting cellular functions critical

to *C. albicans* growth and reproduction.²² Furthermore, it may alter the activity of enzymes like proteases, phospholipases, and lipases, which are essential for *C. albicans* pathogenicity, thus preventing fungal adhesion and tissue invasion.²³ Lastly, pandan leaf extract might modulate gene expression in *C. albicans*, down regulating genes involved in virulence, biofilm formation, and drug resistance, thereby reducing the overall pathogenicity.²⁴ The similarity in efficacy suggests that pandan leaf extract at these concentrations could serve as a natural alternative to traditional chemical disinfectants, especially given the risks associated with prolonged use of sodium hypochlorite, such as tissue irritation and denture material degradation. Interestingly, the 8 mg/ml concentration showed inconsistent antifungal results, indicating that lower concentrations may lack the potency required for effective fungal inhibition. This dose-dependent response aligns with other studies on plant-based antifungals, where effectiveness is often linked to concentration.²⁵

In terms of material properties, pandan extract showed a favorable profile, with no significant impact on the color, surface roughness, or surface hardness of the denture base material. The color changes of all groups were classified as 'slight', which is undetectable to the human eye.²⁶ The human eye can distinguish color differences when the NBS (National Bureau of Standards) unit is greater than 1.5 (noticeable), and differences above 3.0 NBS unit are considered as clinically unacceptable. This finding is crucial for denture aesthetics, as color stability is a key consideration for denture maintenance.⁶ Previous research has shown that denture cleaning agents can cause color changes over time, with sodium hypochlorite known to cause slight discoloration in certain materials due to its oxidizing properties.²⁷ The absence of significant color alteration with the 16 and 24 mg/ml pandan extract solutions indicate that it can maintain denture aesthetics while offering antifungal benefits. Moreover, the color stability observed with pandan extract suggests that its bioactive compounds do not interact negatively with the pigment molecules in the denture base material. This result is encouraging for patients who prioritize

both the functional and aesthetic aspects of denture cleaning solutions, as pandan extract provides a balance between antifungal efficacy and color stability.

Surface roughness is another critical property for denture cleanliness, as increased roughness can promote biofilm adherence, making the denture more susceptible to microbial colonization.²⁸ After immersing the denture base in distilled water for 48 hours (t0), and then in the pandan leaf extract solution for two 10-min cycles (t1) and seven days (t2), the surface roughness measurements remained comparable to the baseline (t0). This outcome suggests that pandan extract does not induce surface degradation or microscopic abrasions in the denture material. The stability in surface roughness supports the notion that pandan extract is gentle on denture materials. Maintaining smoothness on denture surfaces is essential to reduce microbial accumulation and plaque formation, which can lead to denture stomatitis and other oral health issues.²⁹ Therefore, using a natural extract that preserves the surface integrity of the dentures provides an advantage in terms of both functionality and hygiene.

The study also investigated surface hardness, a property critical to the ability of a denture to resist wear and deformation. Pandan leaf extract at the tested concentrations did not cause significant changes in surface hardness. This suggests that the bioactive compounds in pandan leaf extract do not compromise the structural integrity of the material. Maintaining surface hardness is important to ensure the long-term durability and resistance of the denture to daily mechanical stresses. Previous studies have shown that some natural extracts may soften polymer-based materials due to their acidic or chemical nature.³⁰ However, the lack of such an effect with pandan extract is promising for users seeking to avoid material degradation often associated with traditional denture cleaners. These findings align with research on plant extracts used in dental care,³¹ which have shown minimal interaction with synthetic materials, making them suitable candidates for bio-friendly dental applications.

Flexural strength is essential for the functional reliability of dentures, as it determines their ability to

withstand masticatory forces without fracturing. The results demonstrated that flexural strength was unaffected by immersion in pandan extract solutions, even after prolonged exposure. This is a favorable outcome, as some cleaning agents, especially those containing strong oxidizing agents, can weaken denture materials over time, increasing the risk of fractures. The stability in flexural strength aligns with the objective of developing a gentle yet effective cleaning solution.³² By retaining flexural strength, pandan extract allows the denture to perform its intended function without compromising material integrity. This property could enhance the longevity of denture materials, reducing the need for frequent replacements and thereby providing economic benefits to denture wearers.³³ When comparing the effects of pandan leaf extract on the physical properties of the denture base in this study with previous research, no prior studies have explored this aspect. Therefore, there is no available data for direct comparison.

Sodium hypochlorite is widely used for its potent antimicrobial properties; however, its prolonged use poses risks such as material degradation and potential adverse reactions in sensitive patients.³³ Pandan leaf extract, particularly at the 16 and 24 mg/ml concentration, provides a comparable antifungal effect without these risks, suggesting its suitability as a safer alternative for regular use. The gentle action of pandan extract may also be advantageous in terms of patient compliance, as it minimizes the risks associated with daily denture cleaning. Previous studies have found that using a sodium hypochlorite denture cleaner caused color changes and reduction in surface roughness and surface hardness of denture base material when immersed for an extended period.^{6,14} In contrast, this study did not find that 0.5% sodium hypochlorite altered the physical properties of the denture base, possibly due to the shorter immersion time used in the experiment.

The clinical application of pandan leaf extract could serve as an alternative to chemical denture cleansers, particularly for patients with hypersensitivity to sodium hypochlorite or concerns about its long-term effects on denture materials. Its use may include

disinfecting dentures after receiving them from the laboratory before patient try-in or after retrieving used dentures from patients before making adjustments.

Limitations of this study such as variations in pandan leaf extraction methods might influence bioactive compound concentration, the extraction process of pandan leaf which involves such as the mixture volume ranging from 450-750 ml, mixing speed, centrifugation, evaporation process, as well as the temperature and time required for drying the extract. These variations may affect the antifungal efficacy against *C. albicans*. Therefore, further research is needed to standardize the methods to ensure consistent results. Additionally, this study simulated nocturnal immersion ("overnight soaking"), where each 24-hour period corresponded to three immersions of 8-hours per day. Over a total of 21 days, dentures were continuously immersed without removal for seven days, which is equivalent to nightly 8-hour soaking for 21 days (7 days × 24 hours / 8 hours = 21 days). However, this duration is still relatively short. Extending the immersion period beyond this study, such as simulating long-term soaking for one to three years, would better reflect real-life conditions in patients who use denture soaking solutions daily. This would allow for an assessment of whether the extract affects the physical properties of the denture base over prolonged use. Therefore, further research is recommended to explore the inhibitory effects on *C. albicans* in more detail to confirm whether pandan leaf extract can effectively inhibit *C. albicans*. Additionally, studies should investigate the effects of immersing dentures in pandan leaf extract for extended periods beyond those used in this study or under conditions simulating daily use. Additionally, since this study was conducted in a controlled laboratory setting, clinical trials are needed to evaluate its effectiveness in real-world scenarios, where factors such as saliva, dietary habits, and regular wear may influence outcomes.

Conclusion

Within the limitations of this study, a cleaning solution containing pandan leaf extract at 16 and 24 mg/ml was found to be effective against *C. albicans* and did

not compromise the color, surface roughness, surface hardness, or flexural strength of denture base materials. This indicates that pandan leaf extract could serve as a viable, natural alternative to sodium hypochlorite.

Acknowledgments

This research was supported by the Department of Oral Biology and Occlusion, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Thailand

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest. No funding was received for this study.

Data availability statement

All data generated and analyzed during this study are included in this published article.

References

1. Fouda SM, Gad MM, Ellakany P, Al-Thobity AM, Al-Harbi FA, Virtanen JI, *et al.* The effect of nanodiamonds on candida albicans adhesion and surface characteristics of PMMA denture base material - an *in vitro* study. *J Appl Oral Sci* 2019;27(4):e20180779.
2. Manuschai J, Lomlim L, Ratti P, Kara J, Naorungroj S. *In vitro* efficacy of synthetic lawsone derivative disinfectant solution on removing dual-species biofilms and effect on acrylic denture surface properties. *Sci Rep* 2023;13(1):14832.
3. Geduk ŞE, Sağlam G, Cömert F, Geduk G. Antimicrobial activity of cleanser tablets against *S. mutans* and *C. albicans* on different denture base materials. *BMC Oral Health* 2024;24(1):633.
4. Gendreau L, Loewy ZG. Epidemiology and etiology of denture stomatitis. *J Prosthodont* 2011;20(4):251-60.
5. Montagner H, Montagner F, Braun KO, Peres PE, Gomes BP. *In vitro* antifungal action of different substances over microwaved-cured acrylic resins. *J Appl Oral Sci* 2009;17(5):432-5.
6. Paranhos Hde F, Peracini A, Pisani MX, Oliveira Vde C, de Souza RF, Silva-Lovato CH. Color stability, surface roughness, and flexural strength of an acrylic resin submitted to simulated overnight immersion in denture cleansers. *Braz Dent J* 2013;24(2):152-6.
7. Davi LR, Felipucci DN, de Souza RF, Bezzon OL, Lovato-Silva CH, Pagnano VO, *et al.* Effect of denture cleansers on metal ion release and surface roughness of denture base materials. *Braz Dent J* 2012;23(4):387-93.
8. Felipucci DN, Davi LR, Paranhos HF, Bezzon OL, Silva RF, Pagnano VO. Effect of different cleansers on the surface of removable partial denture. *Braz Dent J* 2011;22(5):392-7.
9. Ghasemzadeh A, Jaafar HZ. Profiling of phenolic compounds and their antioxidant and anticancer activities in pandan (Pandanus

amaryllifolius Roxb.) extracts from different locations of Malaysia. *BMC Complement Altern Med* 2013;13:341.

10. Omer N, Choo YM, Ahmad N, Mohd Yusof NS. Ultrasound-assisted encapsulation of Pandan (Pandanus amaryllifolius) extract. *Ultrason Sonochem* 2021;79:105793.

11. Azhar ANH, Amran NA, Yusup S, Mohd Yusoff MH. Ultrasonic extraction of 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) from Pandanus amaryllifolius Roxb. using ethanol as solvent. *Molecules* 2022;27(15).

12. Abualsaud R, Gad MM. Flexural strength of CAD/CAM denture base materials: Systematic review and meta-analysis of *in-vitro* studies. *J Int Soc Prev Community Dent* 2022;12(2):160-70.

13. Sousa FA, Paradella TC, Koga-Ito CY, Jorge AO. Effect of sodium bicarbonate on Candida albicans adherence to thermally activated acrylic resin. *Braz Oral Res* 2009;23(4):381-5.

14. AlQahtani GM, AlSuhail HS, Alqater NK, AlTaisan SA, Akhtar S, Khan SQ, *et al.* Polymethylmethacrylate denture base layering as a new approach for the addition of antifungal agents. *J Prosthodont* 2023;32(4):298-308.

15. Kurt A, Erkose-Genc G, Uzun M, Sari T, Isik-Ozkol G. The effect of cleaning solutions on a denture base material: Elimination of Candida albicans and alteration of physical properties. *J Prosthodont* 2018;27(6):577-83.

16. Azevedo A, Machado AL, Vergani CE, Giampaolo ET, Pavarina AC, Magnani R. Effect of disinfectants on the hardness and roughness of reline acrylic resins. *J Prosthodont* 2006;15(4):235-42.

17. Elhadiry SS, Yunus N, Ariffin YT. Effect of cavity preparation on the flexural strengths of acrylic resin repairs. *J Appl Oral Sci* 2010;18(6):546-50.

18. The Dental Council of Thailand. Dental Safety Goals & Guidelines 2023. Available from: <https://dentalcouncil.or.th/upload/files/1WEXCviGHZFpLU4Q0gmSd6MsXzcy8DbK.pdf>.

19. Ergüden B. Phenol group of terpenoids is crucial for antibacterial activity upon ion leakage. *Lett Appl Microbiol* 2021;73(4):438-45.

20. Buchmann D, Schwabe M, Weiss R, Kuss AW, Schaufler K, Schlüter R, *et al.* Natural phenolic compounds as biofilm inhibitors of multidrug-resistant Escherichia coli - the role of similar biological processes despite structural diversity. *Front Microbiol* 2023;14:1232039.

21. Van Hung P. Phenolic compounds of cereals and their antioxidant capacity. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2016;56(1):25-35.

22. Guo A, Jiang J, True AD, Xiong YL. Myofibrillar protein cross-linking

and gelling behavior modified by structurally relevant phenolic compounds. *J Agric Food Chem* 2021;69(4):1308-17.

23. Stringaro A, Colone M, Cecchetti S, Zeppetella E, Spadaro F, Angiolella L. "In vivo" and "in vitro" antimicrobial activity of Origanum vulgare essential oil and its two phenolic compounds on clinical isolates of Candida spp. *Arch Microbiol* 2022;205(1):15.

24. Dong FR, Gao L, Wang L, Jiang YY, Jin YS. Natural products as antifungal agents against invasive fungi. *Curr Top Med Chem* 2023;23(19):1859-917.

25. Arockianathan PM, Mishra M, Niranjana R. Recent status and advancements in the development of antifungal agents: Highlights on plant and marine-based antifungals. *Curr Top Med Chem* 2019;19(10):812-30.

26. Silva PM, Acosta EJ, Jacobina M, Pinto Lde R, Porto VC. Effect of repeated immersion solution cycles on the color stability of denture tooth acrylic resins. *J Appl Oral Sci* 2011;19(6):623-7.

27. Moslehifard E, Ghaffari T, Zarei K, Karimoghli M. Evaluation of microhardness in two types of denture bases after using sodium hypochlorite and NatureDent disinfecting agents. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2022;16(3):196-203.

28. Kannaiyan K, Rakshit P, Bhat MPS, Sadasiva SKK, Babu SC, Ummer H. Effect of different disinfecting agents on surface roughness and color stability of heat-cure acrylic denture material: An *in vitro* study. *J Contemp Dent Pract* 2023;24(11):891-94.

29. Zhang K, Zhang S, Shi Y, Zhang L, Fu B. Effects of disinfectants on physical properties of denture base resins: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* 2024;131(5):841-58.

30. Li J, Sun H, Weng Y. Natural extracts and their applications in polymer-based active packaging: A review. *Polymers (Basel)* 2024;16(5):1139.

31. Amanpour S, Akbari Javar M, Sarhadinejad Z, Doustmohammadi M, Moghadari M, Sarhadynejad Z. A systematic review of medicinal plants and herbal products' effectiveness in oral health and dental cure with health promotion approach. *J Educ Health Promot* 2023;12:306.

32. Rodrigues SA, Nunez Pantoja JM, Takahashi JM, Consani RL, Mesquita MF. Effect of chemical cleaning agents on the flexural strength of acrylic and hard denture line resins. *Gen Dent* 2013;61(4):e1-4.

33. Syed M, Chopra R, Sachdev V. Allergic reactions to dental materials - A systematic review. *J Clin Diagn Res* 2015;9(10):ZE04-9.

The Effect of Herbal Toothpastes on Aged Root Dentin Surface Roughness After Brushing

Pasika Meenamphant¹, Rangsimma Sakoolnamarka¹, Issara Wongpraparatana¹, Kopkrit Hataiareerug¹

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

Abstract

This study aimed to evaluate the impact of toothbrushing with herbal toothpaste on the surface roughness and loss of aged dentin following toothbrushing with herbal toothpastes. Buccal root dentin specimens were prepared from molars of patients ≥ 60 years old. Specimens were allocated into four groups ($n=10$) according to the toothpaste used: three herbal toothpastes, HB1, HB2, HB3, and one non-herbal toothpaste, NHB. After undergoing 10,000 cycles of toothbrushing, the surface roughness and surface loss of the specimens were investigated using a contact profilometer. Toothbrushing resulted in a statistically significant increase in surface roughness relative to baseline measurements for all groups ($p<0.001$). Among these groups, the HB2 group exhibited the highest final surface roughness (R_a) value ($9.81 \pm 0.86 \mu\text{m}$), while the NHB group demonstrated the lowest R_a value ($0.78 \pm 0.10 \mu\text{m}$). Statistically significant differences in R_a values were observed among all groups ($p<0.001$). The highest surface loss of dentin was found in the HB2 group ($0.047 \pm 0.012 \text{ mm}^3$), then HB3 ($0.039 \pm 0.012 \text{ mm}^3$), NHB ($0.029 \pm 0.009 \text{ mm}^3$), and the HB1 group ($0.0197 \pm 0.005 \text{ mm}^3$). SEM revealed a scratched dentin surface of all specimens indicative of toothbrush bristle abrasion. Among the groups, dentin in the HB2 group exhibited a more pronounced concave area compared to the dentin in the other groups. Analyses of the toothpastes demonstrated variations in shape of their abrasive particles. In conclusion, the use of herbal toothpastes resulted in significantly greater dentin surface roughness compared to non-herbal toothpaste. These findings suggested that abrasive particles in herbal toothpastes may contribute to increased tooth surface wear.

Keyword: Dentin, Geriatric dentistry, Herbal toothpaste, Toothbrushing, Tooth surface roughness

Received date: Dec 24, 2024

Revised date: Feb 13, 2025

Accepted date: Mar 12, 2025

Doi: 10.14456/jdat.2025.16

Correspondence to:

Rangsimma Sakoolnamarka, Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok 10330 Thailand.

Tel: 0814559487 E-mail: aorrangsimma@yahoo.com

Introduction

The prevalence of oral health conditions such as tooth wear and gingival recession increases with advancing age in the elderly population.¹ The combined effects of mechanical factors, such as excessive toothbrushing force, and chemical factors such as dietary acid, are likely

contributors. One such condition is the non-carious cervical lesion (NCCLs), consisting of pathological tooth surface loss occurring at the cemento-enamel junction (CEJ). The prevalence, severity and progression of NCCLs increases with age.^{2,3} The etiology of NCCLs is multifactorial,

toothbrushing being among them. Factors related to toothbrushing are, for example, brushing horizontally, using a large brushing force, brushing many times a day, and using highly abrasive toothpaste as well as the stiffness of the toothbrush bristles used.⁴⁻⁷

In Thailand, herbal products, including herbal toothpaste, are widely used by elderly people.^{8,9} Herbal toothpastes are formulations that incorporate various natural plant-based ingredients such as herbs, spices and plant-derived substances. Toothpastes may incorporate herbal ingredients with potential therapeutic benefits. Examples include streblus asper bark (toothbrush tree) and guava leaf extract, which are believed to exhibit antimicrobial and anti-inflammatory properties. Borneol camphor and licorice extract are also utilized for their antimicrobial effects. Furthermore, essential oils such as pepper mint, eucalyptus, and clove contribute to antimicrobial and antibacterial properties. Additionally, these toothpastes typically contain abrasive substances, which may lead to tooth surface roughness. A few studies¹⁰⁻¹² have investigated enamel surface roughness after using herbal toothpastes, but not in geriatric patients who have root dentin surfaces exposed due to gingival recession. Moreover, most of these studies evaluated surface roughness after brushing with herbal toothpaste over a short period of time such as one month.¹²

Therefore, the aims of this study were: 1. to compare the root dentin surface roughness before and after toothbrushing within the same toothpaste group; 2. to compare the root dentin surface roughness and surface loss after toothbrushing among different toothpastes. The null hypotheses were: 1.

There is no difference in surface roughness of dentin before and after toothbrushing within the same toothpaste group; 2. There is no difference in surface roughness and surface loss of dentin among different toothpastes after toothbrushing.

Materials and Methods

Sample size calculation

The sample size was calculated using G*Power (Version 3.1.9.6) with a power of 80% and a 95% confidence level according to data from Korsuwannawong *et al.*¹⁰ The estimated sample size was three per group. To compensate for error (10%) and due to a previous study,¹⁰⁻¹² the total sample size per group was 10.

Specimens preparation

Forty extracted molars were obtained from patients aged 60 years or above, who underwent tooth extraction due to periodontal reasons. Prior to the study, ethical approval was granted by the Human Research Ethics Committee of the Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand (HREC-DCU 2023-018). The teeth were stored in a 0.1% thymol at 4°C and used within three months after extraction. Only teeth without caries and cracks were included. Teeth were cleaned with an ultrasonic scaler. The crown of each tooth was removed at the cemento-enamel junction. The buccal root dentin of dimensions 5 mm mesiodistally x 3 mm cervico-apically x 3 mm deep was obtained using a low-speed cutting machine under water irrigation (Isomet 1000; Buehler, Lake Bluff, IL).

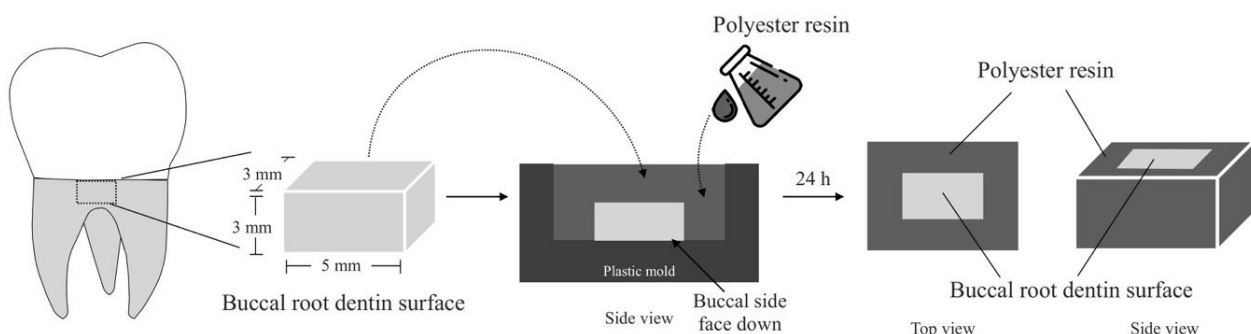


Figure 1 Specimen preparation

The dentin sample was placed at the bottom of the plastic mold (12 mm wide x 19 mm long x 8 mm deep) with the buccal side face down. The mold was filled with polyester resin (RA-700; Rungart, Bangkok, Thailand). After 24 hours, all specimens were removed from the mold and the dentin surfaces were plane polished using sandpaper of 600, 800 and 1,000 grit sequentially for 60 s each using a polishing machine (Minitech 233; PRESI, Eybens, France) to remove the

excess polyester resin. Specimens were stored in 37°C distilled water until used (Fig. 1).

Specimens were randomly allocated into four groups (n=10) according to the toothpaste used. The toothpastes utilized in this study were carefully selected based on their popularity within the Thai market and their unique formations containing a variety of herbal ingredients. The active ingredients of each toothpaste are shown in Table 1.

Table 1 *Toothpastes (data from manufacturers)*

Group	Product name	Manufacturer	Ingredients	Abrasive
HB1	Tepthai concentrated herbal toothpaste original flavor (HB1)	Tepthai product Co., Ltd. (Songkhla, Thailand)	Water, calcium carbonate, sodium lauryl sulfate, cellulose gum, sorbitol, Camphor, Borneol, menthol, sodium benzoate, peppermint Oil, clove Oil, Licorice extract, sodium fluoride, Eclipta prostrata leaf extract, Psidium guajava leaf extract, Streblus asper bark	Calcium carbonate
HB2	Dokbuaku original herbal toothpaste (HB2)	Twinlotus company limited (Bangkok, Thailand)	Sorbitol (natural origin from cassava), calcium carbonate (mineral Abrasive), Cuttlefish bone, Toothbrush tree, Clinacanthus nutans, sodium lauryl sulfate (natural origin from coconut oil), hydrated silica (mineral thickener), Orange jessamine, peppermint oil, menthol, eucalyptus oil, sodium benzoate	Calcium carbonate, hydrated silica
HB3	Viset-niyom herbal toothpaste (HB3)	Viset & I Co., Ltd. (Bangkok, Thailand)	Dicalcium phosphate, water, sorbitol, glycerin, saccharin, salt, menthol crystals, peppermint oil, clove oil, cinnamon oil, Glyceriza extract, benzoic acid, sodium benzoate, sodium lauryl sulfate (natural origin from coconut oil), carboxymethyl cellulose, Borneol flakes, Camphor	Dicalcium phosphate
NHB	Colgate maximum cavity protection (NHB)	Colgate-Palmolive (Thailand) Limited (Thailand)	Dicalcium phosphate dihydrate, water, sorbitol, sodium lauryl sulfate, hydrated silica, arginine, sodium monofluorophosphate, flavor, cellulose gum, phosphoric acid, tetrasodium pyrophosphate, sodium saccharin, CI 77891 (titanium dioxide)	Dicalcium phosphate dihydrate, hydrated silica

Initial surface roughness and surface evaluation

The initial surface roughness (Ra) of each specimen was measured using a contact profilometer (Talyscan 150; Taylor Hobson, Leicester, UK). A 2-µm diameter diamond stylus was used at a constant speed of 0.05 mm/s with

a 0.7-mN force and a 1.25-mm scan length (0.25 x 5 mm cut-off length).^{10,13} To reproduce the measurement location, all specimens were marked on the sides with a permanent marker.

The data were analyzed by TalyMap software (Taylor Hobson, Leicester, UK) which demonstrated surface profile and surface roughness. All specimens were required to have a Rai value below $0.1\ \mu\text{m}$, as per the guidelines of ISO 11609:2017¹⁴, to ensure a uniform starting point for the toothbrushing. To evaluate the initial surface morphology, two specimens, excluded from the experimental group, were dehydrated, coated with a thin layer of gold using a sputter coater (JFC-1200 Fine coater, Jeol Ltd, Tokyo, Japan) and examined under a scanning electron microscope (Quanta 250; FEI, Hillsboro, OR) at an accelerating voltage of 20 kV and a magnification of 1,000x.

Toothbrushing

The specimen surface was covered with transparent tape (Scotch® Magic™ Tape 810; 3M, Bangkok, Thailand)

except for a 2 x 2-mm window to expose the surface to toothbrushing.¹⁵ Toothpaste slurries were prepared according to ISO 11609:2017 by mixing 25 g of each toothpaste with 40 mL of distilled water.¹⁴

The specimens were put in holder and brushed with the toothpastes using a soft nylon bristle toothbrush (311 GUM® classic toothbrush; Sunstar Singapore Pte. Ltd, Singapore) with a toothbrushing simulator (V-8 cross brushing machine; Sabri Dental Enterprises, Downers Grove, IL) (Fig. 2). The brushing machine was set up with 150 g brushing force, the motion was back and forth at the speed of 100 cycles per minute for a total of 10,000 brushing cycles. A digital push-pull force gauge (SH-100; Wenzhou Sundoo Instruments Co. Ltd, Wenzhou, China) was used to validate the brushing force.

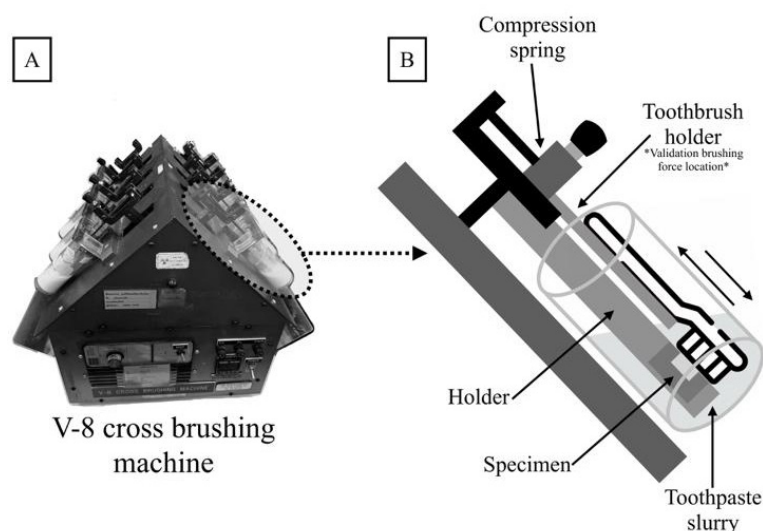


Figure 2 Toothbrushing: (A) The V-8 cross brushing machine and brushing stations and (B) The experimental setup before undergoing toothbrushing

Specimens were cleaned in an ultrasonic cleaner (VGT-1990QTD; Guangdong GT Ultrasonic Co Ltd, Shenzhen City, China), and kept in distilled water at 37°C in an incubator (MEM-1-IF160; Memmert, Schwabach, Germany).

Final surface roughness, surface loss and surface evaluation

The transparent tape was removed, specimens were placed on the contact profilometer and Rai values were measured at the same reference point. The surface loss was determined by analyzing the 3D surface profiles of the brushed and unaffected areas using the contact

profilometer, which calculated the volume difference between the unbrushed and brushed surfaces, providing a quantitative measure of surface loss. One specimen from each experimental group was randomly selected to evaluate the final surface appearance using the scanning electron microscope at 1,000x as described above.

Toothpaste abrasive evaluation

Slurries of each toothpaste were formulated by adding 25 mg of toothpaste to 40 mL of distilled water and applied as a thin layer to filter paper using a spatula. The filter paper was dried in a desiccator cabinet (Dry-70;

Twosome Trading Corp, Taipei City, Taiwan) for 24 hours and cut into 10-mm squares. The dried toothpaste smear was gold-coated using the sputter coater and examined under the scanning electron microscope using 20 kV at 3,000x.

Statistical analysis

The data were analyzed using SPSS (IBM® SPSS® Statistics for Mac, Version 29.0.1.0, Chicago, IL). The significance level was set at $p \leq 0.05$ and the normality test was examined using Shapiro-Wilk test. Paired t-test was used to analyze the difference in mean surface roughness before and after toothbrushing. One-way ANOVA followed by the Games-Howell post-hoc test was used to analyze the difference in mean surface roughness and surface loss between groups after toothbrushing.

Results

Surface roughness and surface loss measurement

The mean surface roughness before and after the toothbrushing and tooth surface loss are presented in

Table 2. Following toothbrushing, all specimens exhibited a significantly higher surface roughness compared to the initial measurements ($p < 0.001$). The difference in means of final surface roughness (Raf) between groups was statistically significant for all groups ($p < 0.001$). The HB2 group demonstrated the highest Raf values ($9.81 \pm 0.86 \mu\text{m}$) and the NHB group showed the lowest Raf values ($0.78 \pm 0.10 \mu\text{m}$). Regarding the surface loss measurement after toothbrushing, the HB2 group exhibited the highest surface loss ($0.047 \pm 0.012 \text{ mm}^3$), while the lowest surface loss was observed in the HB1 group ($0.019 \pm 0.005 \text{ mm}^3$). A statistically significant difference was detected between the HB1 group and both HB2 and HB3 groups ($p < 0.01$ and $p = 0.003$, respectively), except for the NHB group ($p = 0.05$). Concurrently, no significant differences in surface loss were detected between the HB2 and HB3 groups ($p = 0.434$) or between the HB3 and NHB groups ($p = 0.246$) (Table 2).

Table 2 Dentin surface roughness before and after toothbrushing, and surface loss after toothbrushing

Group	Surface roughness (μm)		Surface loss (mm^3)
	Initial (Rai) Mean \pm SD	Final (Raf) Mean \pm SD	Mean \pm SD
HB1	0.048 ± 0.004^a	5.76 ± 0.67^{bA}	0.019 ± 0.005^e
HB2	0.056 ± 0.007^a	9.81 ± 0.86^{bB}	0.047 ± 0.012^f
HB3	0.059 ± 0.010^a	2.70 ± 0.34^{bC}	0.039 ± 0.012^{fg}
NHB	0.051 ± 0.041^a	0.78 ± 0.10^{bD}	0.029 ± 0.009^{eg}

Different lowercase letters within rows of surface roughness measurement represent significant differences between before and after toothbrushing with the same toothpaste ($p < 0.01$). Different uppercase letters in columns of final surface roughness measurement indicate significant differences in final Ra among toothpastes after toothbrushing ($p < 0.01$). Different lowercase letters in the column of surface loss measurement signify significant differences in surface loss value among groups ($p < 0.05$). Rai = Initial surface roughness value, Raf = Final surface roughness value.

Surface appearance

Initial surface characterization, as illustrated in Figure 3A, revealed smooth polished dentin surfaces. Following toothbrushing, SEM images obtained at a magnification of 1000x (Fig. 3B-E) displayed dentin surfaces with scratch marks indicative of toothbrush

bristle abrasion. Additionally, SEM analysis identified the presence of toothpaste particles adhering to the surface of the specimens, as indicated by white arrows (Fig. 3). The HB2 group showed a deeper concave groove from toothbrush bristles compared to other groups (Fig. 3C).

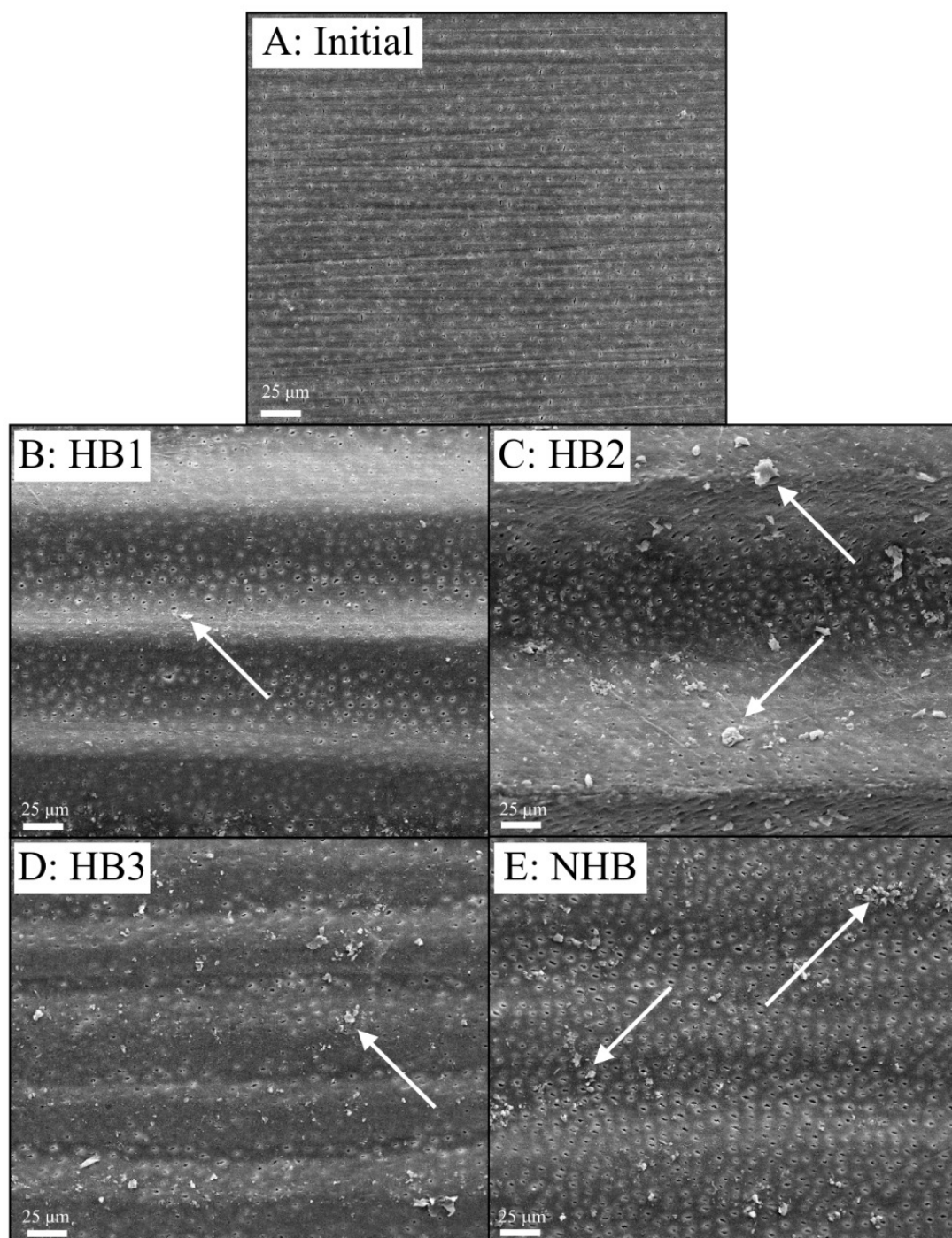


Figure 3 Dentine surfaces: (A) Initial surface, (B-E) Final surface after toothbrushing (B; HB1 group, C; HB2 group, D; HB3 group, E; NHB group). White arrows showed toothpaste particles adherent to the surface of the dentin. Bar = 25 µm

Toothpaste analysis

The toothpaste analysis revealed distinct abrasive particles in all groups (Fig. 4A-D). The HB1 group exhibited a uniform distribution of fine particles with particle sizes below 10 microns (Fig. 4A). Conversely, the remaining

groups illustrated angular shaped particles. These particles appeared irregular and exhibited variations in dimension, including particles both smaller and larger than 10 µm (Fig. 4B-D).

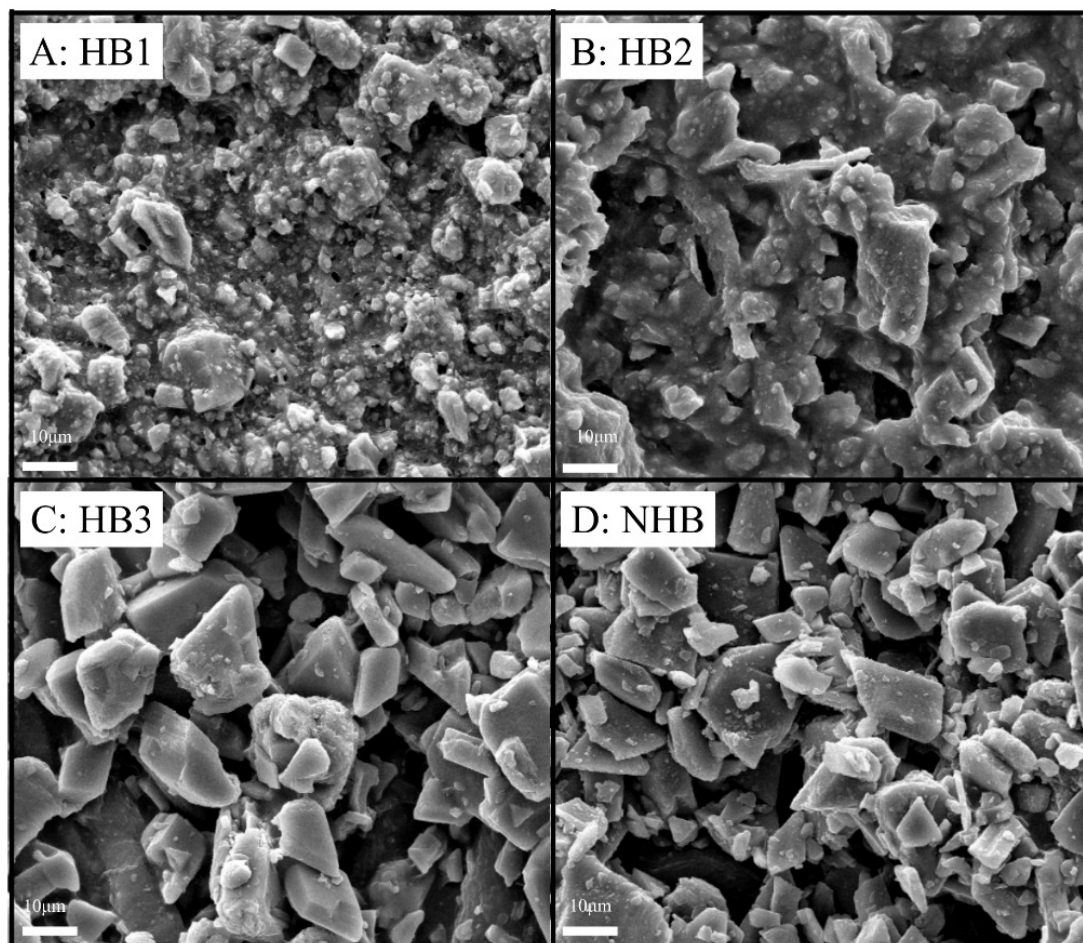


Figure 4 Toothpaste abrasive particles: (A) HB1 group, (B) HB2 group, (C) HB3 group, (D) NHB group. Bar = 10 µm

Discussion

This study aimed to evaluate the impact of herbal toothpastes on the buccal dentin surface morphology. Prior to brushing, a polished dentin surface presented a smooth appearance. After brushing with different toothpastes, alterations in surface roughness and morphology were observed. The final surface roughness values (Raf), measured after the toothbrushing, were significantly higher than the initial surface roughness (Rai) in all groups ($p < 0.001$), therefore the first null hypothesis was rejected. The Raf values in the herbal groups (HB1, HB2, and HB3) were significantly higher than in the non-herbal group (NHB) ($p < 0.001$) (Table 2). These findings are consistent with previous studies¹⁰⁻¹², which examined mean surface roughness after toothbrushing with various herbal toothpastes of enamel specimens. Furthermore, as the differences in Raf values between the groups after

toothbrushing were statistically significant ($p < 0.001$), the second null hypothesis was rejected.

In the present study, the Raf values in all groups were higher than those reported by Korsuwannawong *et al.*¹⁰ This discrepancy was attributed to differences in the experimental setup. The prior study evaluated changes in enamel surface roughness after brushing with herbal toothpastes, whereas the current study focused on dentin specimens, which have lower surface hardness than enamel.¹⁶ Additionally, the brushing force and the total number of brushing cycles in the present study were higher.

The HB2 group exhibited the highest final surface roughness value and the greatest surface loss among all groups ($p < 0.001$). This finding can be attributed to the components of this toothpaste, which include calcium carbonate and hydrated silica as abrasives, in addition

to cuttlefish bone. These components have higher Mohs hardness values compared to dentin (dentin = 2-2.5, calcium carbonate = 3, hydrated silica = 2.5-5, cuttlefish bone = 7)¹⁶, which explains why the HB2 group sustained greater surface roughness and loss than in the other groups.

In the HB1 group, which exhibited the second-highest final surface roughness, the toothpaste contained calcium carbonate as an abrasive particle. Calcium carbonate has a higher Mohs hardness than dentin¹⁶, potentially contributing to the increased surface roughness observed in the HB1 group compared to the HB3 and NHB groups. Conversely, the HB3 group used dicalcium phosphate as the abrasive while the NHB group utilized dicalcium phosphate dihydrate. The Mohs hardness of these particles is 2.5. The relatively lower Mohs hardness of dicalcium phosphate and dicalcium phosphate dihydrate (compared to calcium carbonate) may contribute to the observed lesser effect on the dentin surface in the HB3 and NHB groups compared to the HB1 and HB2 groups. Interestingly, the HB1 group displayed the lowest level of surface loss despite containing calcium carbonate, an abrasive material with a Mohs hardness exceeding that of dentin. This observation suggested that the particle size and distribution within the toothpaste formulation play a significant role. In accordance with the previous study⁷, the characteristics of the abrasive particles, including hardness, shape, size, size distribution and concentration, all impact on the surface of dental hard tissues. Furthermore, the study by Baig *et al.*¹⁷ found that the spherical abrasive particles resulted in a lower volume loss of enamel compared to angular abrasive particles. Additionally, larger particles were associated with greater damage to the tooth surface. The SEM image of toothpaste (Fig. 4) revealed round shaped particles of similar size in the HB1 group. In contrast, the other groups exhibited particles with irregular shapes. Our morphological observations of the HB1 are consistent with the findings reported by Suriyasangpetch *et al.*¹⁸ This observation of HB1 particles may lead to the finding that HB1 toothpaste resulted in the lowest surface loss.

Johansen *et al.*¹⁹ investigated the relationship between surface roughness and volume loss of acrylic

plates after brushing with various toothpastes. The results indicated a weak correlation between these two parameters. Notably, the study found that toothpastes which induce greater volume loss may result in a smoother dentin surface compared to other toothpastes. The hardness and shape of the particles can influence the resulting surface roughness and depth of surface loss. Spherical particles with higher hardness may lead to increased surface roughness. However, due to their shape, they may cause less severe subsurface damage.

The NHB group, exhibiting the lowest final surface roughness value among all test groups, contained hydrated silica and dicalcium phosphate dihydrate as abrasives in toothpaste. The Mohs hardness of hydrated silica ranges from 2.5 to 5, while dicalcium phosphate dihydrate possesses a Mohs hardness of 2.5. In contrast to the NHB group, the dentin in the HB3 group exhibited a significantly higher final surface roughness value. The HB3 toothpaste used anhydrous dicalcium phosphate as its abrasive, while NHB used the dihydrate form. Vranic *et al.*²⁰ reported that the dihydrate form exhibits softer properties and a milder abrasive effect compared to anhydride form. Consequently, the HB3 group, containing the anhydride form, could potentially have resulted in higher dentin surface roughness compared to the NHB group. Furthermore, the HB3 toothpaste formulation also contained herbal ingredients, which may have contributed to increased dentin surface damage.

The herbal toothpastes contained various other beneficial ingredients. *Streblus asper* bark, commonly referred to as the toothbrush tree, was incorporated into the herbal toothpastes due to its recognized antimicrobial properties.²¹ Cuttlefish bone powder has been suggested as a potential abrasive agent for calculus removal in toothpastes. However, this claim lacks scientific evidence, as no clinical studies have investigated its efficacy.²² Salt has been traditionally used in oral health practices, exhibiting both calculus removal and anti-inflammatory properties.²³

In addition to those previously mentioned, the herbal toothpastes contained various other beneficial ingredients. Menthol was included to provide a refreshing

and clean taste. Borneol camphor, orange jessamine, and clove oil were incorporated for their antimicrobial properties. Guava leaf and Clinacanthus nutans were selected for their combined antimicrobial and anti-inflammatory effects.²⁴ Furthermore, certain essential oils such as peppermint oil and eucalyptus oil were added to enhance antimicrobial activity, provide a refreshing sensation, and impart a cooling effect. However, the abrasiveness of many herbal ingredients remains largely unknown due to a limited number of studies investigating their specific effects on tooth surfaces. The potential influences of these herbal ingredients on dentin surface roughness necessitate further investigation to clarify the precise effects.

However, the dentin in the NHB group did not exhibit the lowest surface loss. This observation could be attributed to the irregularity in the shape of the abrasive particles.

Another factor influencing surface roughness during toothbrushing is the abrasive concentration in the toothpaste. A direct correlation between the abrasive concentration of toothpaste and its impact on surface roughness has been reported.²⁵ Toothpastes with higher levels of abrasive particles tend to exhibit greater abrasiveness on tooth surfaces. Unfortunately, the specific concentrations of the abrasives in the toothpastes used in this study were not disclosed by the manufacturers. This lack of information may contribute to the observed variations in the final surface roughness following toothbrushing.

Relative dentin abrasivity (RDA), a measurement derived from radioactivity methods, is the standard parameter for evaluating the abrasive potential of toothpaste on dentin. Enax *et al.*²⁶ demonstrated a positive correlation between higher RDA values and increased surface roughness. While the RDA values of toothpastes were not revealed for most groups, the NHB group was reported to have an RDA of 68 according to manufacturer's data, which falls within the medium abrasive range. The absence of RDA data for the other herbal toothpastes limits our ability to fully explain the observed variations in surface roughness. Further investigations into the abrasive properties of these toothpastes, including the determination of their

RDA values, would provide more understanding of their impact to dentin surfaces.

The present study investigated the effect of different herbal toothpastes on aged buccal root dentin surface roughness. Specimens were obtained from extracted human molars of geriatric patients. This approach aimed to mimic the clinical scenario of gingival recession commonly observed in the elderly population. Aged root dentin exhibits a higher concentration of calcium, increased hardness, and a greater elastic modulus compared to young dentin. As aged root dentin has different properties, herbal toothpaste may affect its surface roughness differently compared to young root dentin. Further investigation is needed to determine the impact of herbal toothpastes on young dentin surface roughness.²⁷

This study focused solely on the effect of toothpaste on surface roughness and loss. However, dental hard tissue loss during toothbrushing is a multifactorial process influenced by various factors beyond the scope of this investigation, such as brushing force and brushing technique.^{4-6, 28-32} The International Organization for Standardization (ISO) recommends a force of 150 g for evaluating toothpastes using toothbrushing (ISO 11609:2014). A brushing force of 150 g was employed in this experiment, which aligns with the recommended range for optimal toothbrushing force. Furthermore, the toothbrushing technique used in this experiment was a horizontal brushing motion. Several studies demonstrated an association between horizontal toothbrushing techniques and increased tooth wear.^{4,5} On the other hand, some studies^{32,33} reported that a horizontal toothbrushing technique may not be significantly associated with tooth wear. Nevertheless, it is important to acknowledge that the horizontal technique used in this study may not fully represent the real toothbrushing movements in daily life. This study aimed to provide crucial information regarding the abrasiveness of these herbal toothpastes. People who prefer herbal toothpastes can benefit from these findings by practicing proper brushing techniques, such as avoiding excessive force and horizontal brushing

motions, to minimize the risk of NCCLs. Moreover, this research can provide valuable insights for individuals considering the use of herbal toothpastes, aiding them in making informed decisions about their oral health care.

To ensure the accuracy and reliability of the surface roughness measurements, the contact profilometer underwent a calibration procedure prior to data collection. This study performed 10,000 cycles of toothbrushing which simulated one year of brushing time.³⁴ These findings warrant further investigation to elucidate the long-term impact of these toothpastes on dentin in a more clinically relevant setting.

Conclusions

This *in vitro* study investigated the impact of various toothpastes on root dentin surface roughness and surface loss after toothbrushing. While the dentin in all experimental groups exhibited increased roughness following toothbrushing, herbal toothpastes were associated with significantly higher roughness compared to the non-herbal control group. Among the toothpastes, the HB2 group exhibited the highest surface roughness and loss, while the NHB group showed the least surface roughness. Notably, the HB1 group showed the lowest surface loss, but which was not statistically significant compared to the NHB group.

Acknowledgements

The authors are deeply indebted to Professorial Fellow MJ Tyas AM of the Melbourne Dental School for his meticulous language review and invaluable suggestions.

Conflicts of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

1. Carvalho TS, Lussi A. Age-related morphological, histological and functional changes in teeth. *J Oral Rehabil* 2017;44(4):291-8.
2. Levitch L, Bader J, Shugars D, Heymann H. Non-carious cervical lesions. *J Dent* 1994;22(4):195-207.
3. Borcic J, Anic I, Urek M, Ferreri S. The prevalence of non-carious cervical lesions in permanent dentition. *J Oral Rehabil* 2004;31(2):117-23.
4. Özgöz M, Arabaci T, Sümbüllü MA, Demir T. Relationship between handedness and toothbrush-related cervical dental abrasion in left-and right-handed individuals. *J Dent Sci* 2010;5(4):177-82.
5. Sun K, Wang W, Wang X, Shi X, Si Y, Zheng S. Tooth wear: a cross-sectional investigation of the prevalence and risk factors in Beijing, China. *BDJ open* 2017;3(1):1-7.
6. Wiegand A, Burkhard JPM, Eggmann F, Attin T. Brushing force of manual and sonic toothbrushes affects dental hard tissue abrasion. *Clin Oral Investig* 2013;17:815-22.
7. Joiner A. Whitening toothpastes: a review of the literature. *J Dent* 2010;38:e17-e24.
8. Anuratpanich L, Techamanon S, Sununtiwat M, Gorsanan S, Supapsophon P, Ajjaneeyakul P. Perception of herbal products, marketing of herbal products and intention to use herbal products: A case of elderly patients at Somdech Phra Debaratana Medical Center, Faculty of Medicine Ramathibodi Thailand. *Interprof J Health Sci* 2018;16(2):164-74.
9. Sonpanao P, Janebodin K, Namvichaisirikul N, Thongjit S, Jitprasertwong P. The prevalence of xerostomia in older Thai individuals with type II diabetes mellitus and its association with type of toothpaste and oral functions: A cross-sectional study using questionnaires. *Geriatrics* 2023;8(4):76.
10. Korsuwannawong S, Vajrabhaya LO, Teinchai C, Salee W. Comparison of enamel surface roughness after brushing with herbal and non-herbal toothpastes. *World J Dent* 2020;11(3):215-20.
11. Aggarwal A, Krishan S, Midha V, Kaur S, Bala D, Singh P, et al. Abrasive action of herbal vs non-herbal toothpaste: a profilometric analysis. *J Pharm Biomed Sci* 2017;7(5):132-5.
12. Kumar K, Gowda Y, Pai V, Ashwath H, Nadig R. Abrasivity of herbal and non-herbal toothpaste: A profilometric study. *Int J Cur Res* 2018;10(11):75716-23.
13. De Menezes M, Turssi CP, Hara AT, Messias DCF, Serra MC. Abrasion of eroded root dentine brushed with different toothpastes. *Clin Oral Investig* 2004;8:151-5.
14. ISO11609-2017 Dentistry—Dentifrices—Requirements, test methods and marking. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization [cited 2024 Jun 20] Available from: <https://www.iso.org/standard/70956.html>.
15. de Lima LC, Viana ÍEL, da Paz SLP, Bezerra SJC, João-Souza SH, Carvalho TS, et al. Role of desensitizing/whitening dentifrices in enamel wear. *J Dent* 2020;99:103390.
16. Ali S, Farooq I, Shahid F, Hassan U, Zafar MS. Common toothpastes abrasives and methods of evaluating their abrasivity. *J Oral Res* 2020: Perspectives S3(1):9-15.
17. Baig M, Cook R, Pratten J, Wood R. The effect of shape and size distribution of abrasive particles on the volume loss of enamel using micro-abrasion. *Wear* 2020;448:203212.

18. Suriyasangpetch S, Sivavong P, Niyatiwatchanchai B, Osathanon T, Gorwong P, Pianmee C, *et al.* Effect of whitening toothpaste on surface roughness and colour alteration of artificially extrinsic stained human enamel: *in vitro* study. *Dent J* 2022;10(10):191.
19. Johannsen G, Tellefsen G, Johannsen A, Liljeborg A. The importance of measuring toothpaste abrasivity in both a quantitative and qualitative way. *Acta Odontol Scand* 2013;71(3-4):508-17.
20. Vranic E, Lacevic A, Mehmedagic A, Uzunovic A. Formulation ingredients for toothpastes and mouthwashes. *Bosn J Basic Med Sci* 2004;4(4):51-8.
21. Rastogi S, Kulshreshtha DK, Rawat AKS. *Streblus asper* Lour. (Shakhotaka): a review of its chemical, pharmacological and ethnomedicinal properties. *Evid Based Complement Alternat Med* 2006;3(2):217-22.
22. Al-Hashedi AA, Dubreuil N, Schwinghamer T, Dorzhiyeva S, Anweigi L, Emami E, *et al.* Aragonite toothpaste for management of dental calculus: A double-blinded randomized controlled clinical trial. *Clin Exp Dent Res* 2022;8(4):863-74.
23. Lippert F. An introduction to toothpaste-its purpose, history and ingredients. Toothpastes. 23: S Karger AG 2013. p. 1-14.
24. Kraivaphan P, Amornchat C. Comparative clinical efficacy of three toothpastes in the control of supragingival calculus formation. *Eur J Dent* 2017;11(1):94-8.
25. Ashcroft A, Joiner A. Tooth cleaning and tooth wear: a review. *Proc Inst Mech Eng.,Part J* 2010;224(6):539-49.
26. Enax J, Meyer F, Schulze zur Wiesche E, Fuhrmann IC, Fabritius HO. Toothpaste abrasion and abrasive particle content: correlating high-resolution profilometric analysis with relative dentin abrasivity (RDA). *Dent J* 2023;11(3):79.
27. Xu H, Zheng Q, Shao Y, Song F, Zhang L, Wang Q, *et al.* The effects of ageing on the biomechanical properties of root dentine and fracture. *J Dent* 2014;42(3):305-11.
28. Bergström J, Lavstedt S. An epidemiologic approach to toothbrushing and dental abrasion. *Dent Oral Epidemiol* 1979;7(1):57-64.
29. Wiegand A, Köwing L, Attin T. Impact of brushing force on abrasion of acid-softened and sound enamel. *Arch Oral Biol* 2007;52(11):1043-7.
30. Hamza B, Tanner M, Körner P, Attin T, Wegehaupt FJ. Effect of toothbrush bristle stiffness and toothbrushing force on the abrasive dentine wear. *Int J Dent Hyg* 2021;19(4):355-9.
31. Souza CdMS, Sakae LO, Carneiro PMA, Esteves RA, Scaramucci T. Interplay between different manual toothbrushes and brushing loads on erosive tooth wear. *J Dent* 2021;105:103577.
32. Sunny OA, Philip OU, Amaechi UA. Risk factors for tooth wear lesions among patients attending the dental clinic of a Nigerian Teaching Hospital, Benin City: A pilot study. *Sahel Med J* 2015;18(4):188-91.
33. Akgül HM, Akgül N, Karaoglanoglu S, Özdabak N. A survey of the correspondence between abrasions and tooth brushing habits in Erzurum, Turkey. *Int Dent J* 2003;53(6):491-5.
34. Vieira-Junior W, Ferraz L, Pini N, Ambrosano G, Aguiar F, Tabchoury C, *et al.* Effect of toothpaste use against mineral loss promoted by dental bleaching. *Oper Dent* 2018;43(2):190-200

Compressive Strength of Highly Filled Flowable, Conventional, and Combinations of Flowable as a Liner with Conventional Resin Composite

Kanokporn Teerakiatkamjorn¹, Wanthip Plooksawasdi², Nattapon Rotpenpian³

¹Dental Hospital, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand

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

³Department of Oral Biology and Occlusion, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand

Abstract

This study aimed to compare the compressive strength of highly filled flowable resin composites, conventional resin composites, and combinations of flowable resin composite liners of different thicknesses with conventional resin composites. One hundred and twenty-one cylindrical specimens (3 mm diameter, 6 mm height) were fabricated from eleven different material combinations, including two highly filled flowable resin composites, three conventional resin composites, and six combinations of flowable resin composite liners (1.5 mm and 3 mm thicknesses) with conventional resin composites. After 24-hour storage in distilled water at 37°C, specimens underwent compressive strength testing using a universal testing machine. One-way ANOVA and Tukey's multiple comparison test were used for statistical analysis, with significance set at $P < 0.05$. Results revealed significant differences in compressive strength among the groups. Clearfil AP-X Esthetic Flow demonstrated the highest mean compressive strength (251.80 MPa), while G-aenial universal injectable 3 mm with G-aenial Posterior showed the lowest (155.62 MPa). No significant differences were found between highly filled flowable resin composite groups or among conventional resin composite groups. The combination groups showed comparable compressive strength to conventional resin composites, regardless of liner thickness. However, 3 mm thick flowable resin composite liners exhibited significantly lower compressive strength than Clearfil AP-X Esthetic Flow alone. The study concluded that highly filled flowable resin composites demonstrate promising compressive strength and can be considered for stress-bearing areas, noting that their combination with conventional resin composites as liners neither enhances nor compromises strength significantly.

Keywords: Compressive strength, Dental restoration materials, Flowable resin composite liner, Highly filled flowable resin composite

Received date: Jan 2, 2025

Revised date: Mar 5, 2025

Accepted date: Mar 30, 2025

Doi: 10.14456/jdat.2025.17

Correspondence to:

Kanokporn Teerakiatkamjorn, Dental Hospital, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla 90110 Thailand.

Email: kanokporn.t@psu.ac.th

Introduction

Resin composite restorations have gained popularity in dental practice due to their aesthetic, tooth-colored appearance, ability to bond directly to teeth using an adhesive system, requiring minimal need for tooth structure removal,¹ and used to replace amalgam fillings due to concerns about mercury toxicity. These materials also reinforce the remaining tooth structure. Dental resin composites consist of an organic resin matrix and organic/inorganic fillers. Resin composites are classified into two main categories based on their viscosity: conventional resin composites and flowable resin composites. Conventional resin composites, known for their high viscosity and moldability, are suitable for load-bearing areas requiring strength and durability. Flowable resin composites, with reduced filler content ranging from 37% to 53% by volume compared to 50% to 70% in conventional composites resulting in lower viscosity and enhanced flowability. This improved flowability allows for better adaptation to tooth cavities, especially in areas with irregular surfaces.^{2,3} However, despite their ease of use, flowable resin composites have limitations. They exhibit reduced mechanical properties, including lower strength, wear resistance, and increased polymerization shrinkage,^{2,3,4} restricting their application in load-bearing areas. Conversely, conventional resin composites have more strength and durability, making them suitable for both anterior and posterior restorations. The performance of these materials in the oral environment is often assessed through key mechanical properties, including compressive and flexural strength, which reflect their ability to withstand forces during mastication. Studies have shown that conventional resin composites consistently outperform flowable resin composites in these aspects, offering greater longevity and reliability in restorations.⁵ Resin composite materials are used for the restoration of both anterior and posterior teeth, particularly conventional resin composites, which offer great strength and durability. One of the factors affecting the success of restorations is the strength of the restorative material. Compressive strength are key indicators of the durability of a material under the forces present in the oral cavity. Numerous

studies have tested the physical properties of conventional resin composites, revealing that these materials exhibit high compressive strength, particularly when compared to flowable resin composites which offer better flowability and ease of use but have lesser strength.

The use of conventional flowable composite resin as a liner beneath conventional composite resin has gained attention due to its ability to improve dental restoration outcomes. This liner layer effectively distributes stress and minimizes the formation of air bubbles during the restorative process, because of its superior flowability. Such properties enable the material to fill gaps and adapt to tooth surfaces more effectively than conventional composite resin, which is more viscous.⁶ Research indicates that a flowable resin liner with a thickness of 0.8–1.2 mm can substantially enhance the fracture resistance of the overlying conventional composite resin layer.⁷ This improvement is attributed to the stress reduction within the restoration layer. Additionally, the liner provides greater flexibility in restorations, especially in regions with uneven tooth surfaces, thereby reducing the likelihood of gaps forming between the material and the tooth structure.⁸ These benefits are crucial for ensuring the long-term success of dental restorations.

Recently, advancements in resin composite technology have aimed to address the growing demands of more complex dental treatments. The development of highly filled flowable resin composites feature increased filler content exceeding 50% by volume,⁹ along with improved surface coatings and reduced filler particle sizes.¹⁰ Such improvements, as claimed by the manufacturers, make these composites both strong and aesthetically suitable for anterior and posterior restorations.

Studies have shown that highly filled flowable resin composites exhibit good flexural strength compared to conventional resin composites.¹¹ However, concerns persist regarding their mechanical strength compared to conventional resin composites, which are more viscous and known for their superior durability and load-bearing capacity. There are no comparative studies of the compressive strength of this group of materials. The

compressive strength of materials remains a critical parameter for evaluating their long-term performance in restorations.^{11,12} Compressive test determines the sustained resistance (strength and modulus) of a material against to longitudinal heavy load (mastication).¹³ Compressive strength relates to the ability of the material to withstand the forces of mastication, when chewing, teeth experience significant compressive forces, particularly in the posterior teeth due to the higher occlusal forces, and a resin composite with sufficient compressive strength can withstand these forces without breaking or chipping, making it a crucial factor in determining the longevity and success of a dental restoration, as a composite with higher compressive strength is less likely to fracture or fail under biting pressure. Strength as well as adhesive properties play an important role in preventing microleakage, secondary decay and filling dislodgement. This assessment helps determine the most effective and suitable materials for various restorative purposes.

Consequently, this study aims to compare the compressive strength of three types of resin composite materials: 1. highly filled flowable resin composites, 2. conventional resin composites, and 3. combinations of flowable resin composite as a liner in different thickness layered with conventional resin composite. The findings will provide dentists with evidence-based insights to select the most appropriate materials for specific dental restoration scenarios, enhancing the efficiency, durability, and success of restorations over time. The null hypothesis states that no significant differences exist among: 1. highly filled flowable resin composites, 2. conventional resin composites, and 3. combinations of flowable resin composite as a liner in different thicknesses with conventional resin composite.

Materials and Methods

This is an *in-vitro* laboratory study. Six resin composite materials (Table1) were used in the experiment and were divided into the following groups:

1. Highly filled flowable resin composites group
 - 1.1 G-aenial Universal Injectable® (GC, Japan)
 - 1.2 Clearfil AP-X Esthetic Flow® (Kuraray Noritake Dental, Japan)
2. Conventional resin composite group
 - 2.1 G-aenial Posterior® (GC, Japan)
 - 2.2 Clearfil AP-X® (Kuraray Noritake Dental, Japan)
 - 2.3 Filtek Z350 XT® (Solventum, USA)
3. Combinations group of flowable resin composite in different thicknesses layered with conventional resin composite
 - 3.1 G-aenial universal injectable® 1.5 mm thickness with G-aenial Posterior® (GC, Japan)
 - 3.2 G-aenial universal injectable® 3 mm thickness with G-aenial Posterior® (GC, Japan)
 - 3.3 Clearfil AP-X Esthetic Flow® 1.5 mm thickness with Clearfil AP-X® (Kuraray Noritake Dental, Japan)
 - 3.4 Clearfil AP-X Esthetic Flow® 3 mm thickness with Clearfil AP-X® (Kuraray Noritake Dental, Japan)
 - 3.5 Filtek Supreme XTE® Flowable 1.5 mm thickness with Filtek Z350 XT® (Solventum, USA)
 - 3.6 Filtek Supreme XTE® Flowable 3 mm thickness with Filtek Z350 XT® (Solventum, USA)

Groups 3.1 to 3.4 were combinations of highly filled flowable resin composite and conventional resin composite. While groups 3.5 to 3.6 were combinations of conventional flowable resin composite and conventional resin composite.

Table 1 Resin composites used in this study

Materials	type	% of filler	Compositions	shade	Manufacturer	Lots
G-aenial Universal Injectable	highly filled flowable resin composite	69% by weight 50% by volume	UDMA, Bis-MEPP, TEGDMA, silanated barium glass, silanated silica (0.15 µm)	A2	GC, Japan	2406201

Table 1 Resin composites used in this study (cont.)

Materials	type	% of filler	Compositions	shade	Manufacturer	Lots
Clearfil AP-X Esthetic Flow	highly filled flowable resin composite	75% by weight 59% by volume	TEGDMA, hydrophobic aromatic dimethacrylate, silanated barium glass, silanated colloidal silica (0.18-3.5 µm)	A2	Kuraray Noritake Dental, Japan	810444
G-aenial Posterior	conventional resin composite	7% by weight 65% by volume	UDMA, dimethacrylate comonomers, pre- polymer silica, lanthanoid fluoride fluoroaluminosilicate, silica (16-17 µm)	A2	GC, Japan	2402051
Clearfil AP-X	conventional resin composite	85% by weight 70% by volume	Bis-GMA, TEGDMA, camphorquinone, barium glass, colloidal silica (3 µm)	A2	Kuraray Noritake Dental, Japan	6R0172
Filtek Z350 XT	conventional resin composite	78.5% by weight 63% by volume	Bis-GMA, PEGDMA, BIS-EMA, UDMA, silica (0.02 µm), zirconia (0.004-0.11 µm)	A2	Solventum, USA	11104544
Filtek Supreme XTE Flowable	conventional flowable resin composite	65% by weight 46% by volume	Bis-GMA, TEGDMA, Bis-EMA, ytterbium trifluoride (0.1-5 µm), silane-treated ceramic, silica (0.02 µm), zirconium oxide (0.6-1.4 µm)	A2	Solventum, USA	10951722

UDMA: urethane dimethacrylate; Bis-MEPP: 2,2-Bis (4-methacryloxyphenoxyphenyl) propane; TEGDMA: triethylene glycol dimethacrylate; Bis-GMA: bisphenol A glycidyl methacrylate; Bis-EMA: ethoxylated bisphenol A glycol dimethacrylate; PEGDMA: poly (ethylene glycol) dimethacrylate

Specimen Preparation

Cylindrical resin composite specimens with a diameter of 3 mm and a height of 6 mm were fabricated using a brass split mold.¹³ Prior to specimen preparation, the mold was assembled and coated with a separating medium to facilitate removal. The mold was then completely filled with resin composite material, with a 1mm clear acrylic plate serving as the base, and the top part of the mold was secured in place. Light curing (Demi™ Plus, Kerr, USA) was performed from both the top and bottom surfaces of the mold for 40 seconds each. After initial curing, one half of the split mold was carefully removed, leaving the other half attached to the specimen. The exposed lateral surface of the specimen was subsequently light-cured for an additional 40 seconds. The fully cured

specimen was inspected for voids with a magnifying glass and dental explorer no.5. The specimens with voids, those that are not homogeneous, or those with incomplete resin composite materials will be discarded. Any excess material, such as fins, was trimmed using a No. 11 blade to ensure uniform dimensions of all the specimens.

For the test groups of a combination of flowable and conventional resin composites, the procedure began with the placement of conventional composite resin into the mold. A plastic instrument and an amalgam plugger marked at 1.5 mm and 3.0 mm depths were used to condense the material to achieve the desired thicknesses of 4.5 mm and 3.0 mm, respectively. Once the conventional resin composite was in place, flowable resin composite was injected to fill the remaining space in the mold. Light

curing for these combined specimens followed the same protocol as described for the other groups. Specimen dimensions for single and combination materials are illustrated in Figure 1.

A total of 121 cylindrical specimens (3 mm in diameter and 6 mm in height) were prepared, with 11

specimens assigned to each material group. Following fabrication, all specimens were immersed in distilled water at 37°C for 24 hours to simulate oral conditions. After immersion, the specimens were blotted dry and subjected to compressive strength testing.

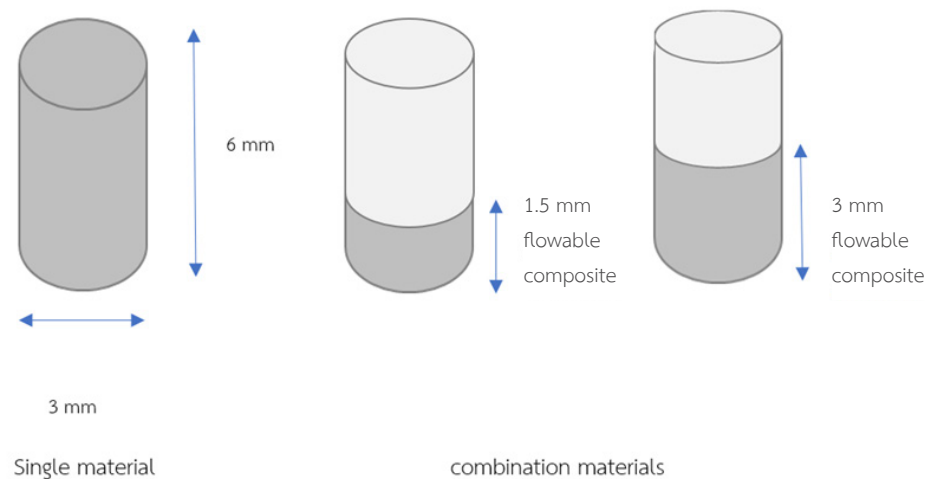


Figure 1 Specimen dimensions

Compressive strength test

A universal testing machine (Lloyd Instruments, LRX-Plus, AMETEK Lloyd Instruments Ltd., UK) was used to test the cylindrical specimens by applying a vertical cylindrical load of 5 kN at a rate of 1.0 mm/min, according to ADA Specification No.27-1993, using a load unit with a 15 mm diameter until a fracture occurred.¹⁴ In the combination groups, the specimens were placed with flowable resin composite side down on the base of the testing machine. A digital vernier caliper was used to measure the dimensions of each specimen. Compressive strength values were calculated from the force applied. The compressive strength was calculated using the following formula.¹⁴

$$\text{Compressive strength in Megapascals (MPa)} = \frac{F}{d^2}$$

Where F = maximum force in Newtons exerted on the specimen

d = diameter of the specimens in millimeters

Statistical Analysis

Data were analyzed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS, v15.0; Chicago, IL) and are presented as means ± standard deviations (SDs). One-way ANOVA and Tukey's multiple comparison tests were used to compare the compressive strength values among the eleven groups of materials. Differences were considered statistically significant at $p < 0.05$.

Results

There was a statistically significant difference in compressive strength among the 11 experimental groups. Therefore, the null hypothesis was rejected. The mean and standard deviation are shown in Table 2, and the differences between groups are illustrated in Figure 2. Clearfil AP-X Esthetic Flow had the highest mean compressive strength (251.80 MPa), while G-aenial universal injectable 3 mm with G-aenial Posterior group had the lowest (155.62 MPa). Clearfil AP-X Esthetic Flow had the highest compressive strength, significantly higher than G-aenial

Posterior, Clearfil AP-X, G-aenial universal injectable 1.5 mm with G-aenial Posterior, G-aenial universal injectable 3 mm with G-aenial Posterior, Clearfil AP-X Esthetic Flow 3 mm with Clearfil AP-X, and Filtek Supreme XTE Flowable 3 mm with Filtek Z350 XT. G-aenial Universal Injectable had a mean compressive strength (226.46 MPa) that was significantly higher than G-aenial universal injectable 3 mm with G-aenial Posterior (155.62 MPa) and Filtek Supreme XTE Flowable 3 mm with Filtek Z350 XT (160.20 MPa). There was no significant difference between the highly filled flowable resin composite groups (G-aenial Universal

Injectable and Clearfil AP-X Esthetic Flow). Similarly, there was no significant difference among conventional resin composite groups (G-aenial Posterior, Clearfil AP-X, and Filtek Z350 XT). Additionally, there was no significant difference among combinations group of flowable resin composite in 1.5 mm and 3 mm thicknesses layered with conventional resin composite. There were no significant differences in compressive strength between the conventional resin composite groups (G-aenial Posterior, Clearfil AP-X, and Filtek Z350 XT) and combinations of flowable with conventional resin composite groups.

Table 2 Mean and standard deviation of compressive strength for all groups

Groups	Mean \pm SD (MPa)
1.1 G-aenial Universal Injectable	226.46 \pm 41.88 ^{AC}
1.2 Clearfil AP-X Esthetic Flow	251.80 \pm 58.57 ^A
2.1 G-aenial Posterior	176.22 \pm 43.60 ^{BC}
2.2 Clearfil AP-X	182.09 \pm 44.57 ^{BC}
2.3 Filtek Z350 XT	212.83 \pm 63.40 ^{ABCD}
3.1 G-aenial universal injectable 1.5 mm with G-aenial Posterior	177.94 \pm 50.07 ^{BC}
3.2 G-aenial universal injectable 3 mm with G-aenial Posterior	155.62 \pm 31.67 ^{BD}
3.3 Clearfil AP-X Esthetic Flow 1.5 mm with Clearfil AP-X	190.17 \pm 18.95 ^{ABCD}
3.4 Clearfil AP-X Esthetic Flow 3 mm with Clearfil AP-X	185.58 \pm 35.17 ^{BC}
3.5 Filtek Supreme XTE Flowable 1.5 mm with Filtek Z350 XT	199.21 \pm 38.78 ^{ABCD}
3.6 Filtek Supreme XTE Flowable 3 mm with Filtek Z350 XT	160.20 \pm 43.91 ^{BD}

Difference superscript letters (A, B, C, D) indicate statistically significant difference by the Tukey's test ($p < 0.05$).

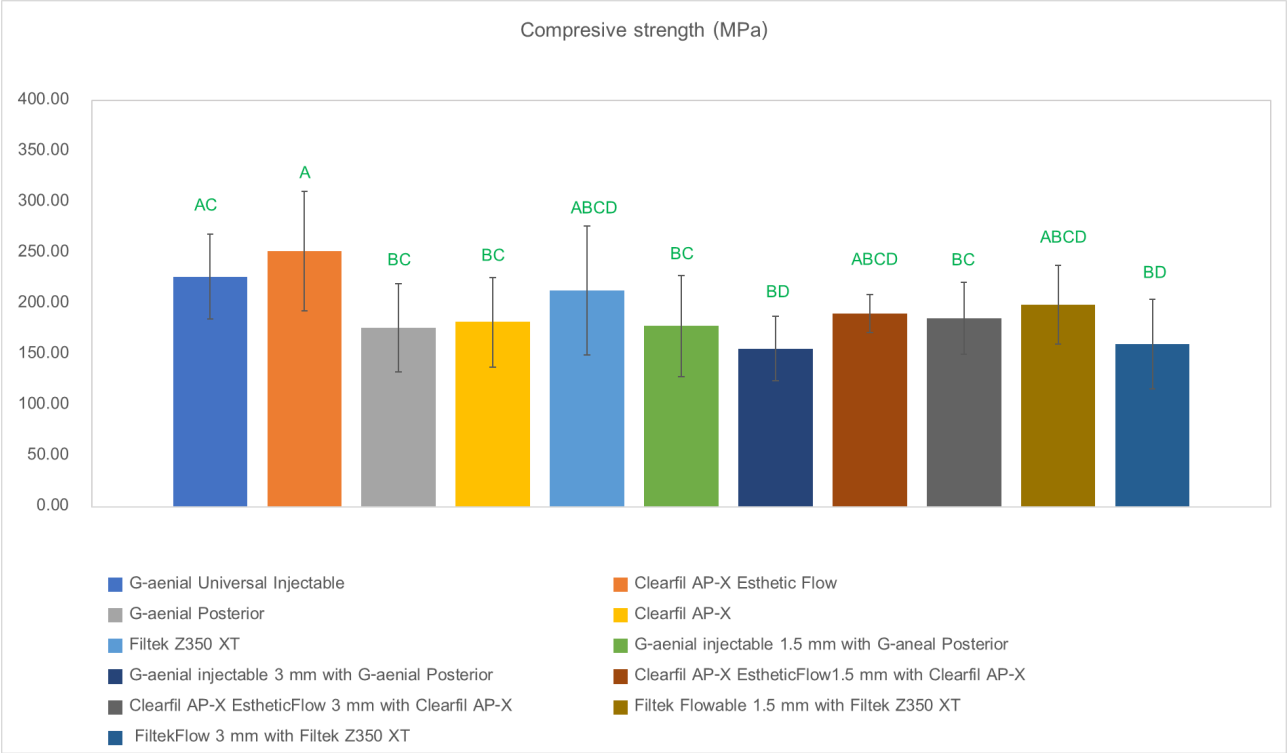


Figure 2 Compressive strength of all groups

Difference letters (A, B, C, D) indicate statistically significant differences by the Tukey's test ($p < 0.05$).

Discussion

Within the limitations of this study, the null hypothesis is rejected that the compressive strength of the highly filled resin composite is the same as that of the conventional resin composite and the combinations of flowable liner with conventional resin composite. This study demonstrated differences in compressive strength among highly filled flowable, conventional resin composite materials and combinations of flowable resin composites layered with conventional resin composites. Common causes of composite failure include recurrent caries and bulk fracture, with at least 5% experiencing bulk fracture and 12% significant wear within ten years. Advances in dental composites include low shrinkage monomers, antibacterial monomers, and enhanced fillers to improve performance and longevity.¹ Compressive strength, one of the key measures of a material's strength under different force conditions, is particularly important due to chewing forces. An increased value indicates greater strength of the material.¹⁵ However, available standard resin composites restorative materials do not have certain values of compressive strength meanwhile, the flexural strength of resin composite materials should be higher than 80 MPa according to ISO 4049 standard.¹⁶ Compressive strength was influenced by several factors in composite materials, including type of resin matrix, degree of crosslinking and polymerization, in addition to type, size and amount of filler loading.^{17,18,19} Generally, increased filler loading of the conventional resin composites enhances both the material strength and elastic modulus. However, this study did not find the pattern mentioned when comparing the results of highly filled flowable resin composites and conventional resin composites. Highly filled flowable resin composites' compressive strength showed the highest among all groups, especially the Clearfil AP-X Esthetic Flow. The compressive strength of highly filled flowable resin composite was high despite having lower filler load than conventional resin composite. This finding is consistent with the study by Rajabi *et al.* (2024), which reported that highly filled flowable composites showed significantly lower wear and higher flexural strength compared to conventional flowable and paste resin

composites. Previous studies suggest that factors such as filler size, distribution, bonding to the resin matrix, and the type of resin matrix used may influence differences in mechanical properties.²⁰ The smaller filler size in highly filled resin composite (Clearfil AP-X Esthetic Flow 0.18–3.5 μm) compared to conventional resin composites (Clearfil AP-X 3 μm) may contribute to its higher compressive strength. Additionally, these differences may be due to filler modification through silanization, as previous studies found that silanization of filler can significantly improve mechanical properties (compression strength, angular flexural strength, flexural strength, and elasticity modulus).¹⁶ Different resin matrices vary in molecular weight, viscosity, and backbone structure. The Bis-GMA (bisphenol A glycerolate dimethacrylate) monomer was the first dental dimethacrylate resin and is known for its high viscosity and rigid backbone. The extremely high viscosity of Bis-GMA limits the degree of conversion and decreases the possibility of filler incorporation. The viscosity of Bis-GMA can be lowered by admixing low molecular weight dimethacrylates. Oligoethylene glycol dimethacrylates may be used for this purpose, of which TEGDMA (triethylene glycol dimethacrylate) is the most popular. The lower the viscosity of the mixture, the higher the degree of conversion and the more filler can be incorporated. There was a need to enhance flowability, and low viscosity, flowable resin composites have to contain a much lower molecular weight resin monomers such as TEGDMA to dilute the matrix.²¹ In response to Bis-GMA flaws, UDMA (urethane dimethacrylate) monomers were developed. These monomers have similar molecular weights to Bis-GMA but are less viscous. Due to the good mechanical properties of the UDMA, it is the only dimethacrylate that can be used alone in resin composites. It can also be combined with Bis-GMA, acting as a viscosity reducer.²² The study by Imai *et al.* (2019) suggested that the resin matrix composition, rather than filler content, is the primary factor influencing the flexural properties of flowable resin composites.²³ The study by Pfeifer *et al.* (2009) found that the strong crosslinking of the polymer chains affects the fracture

resistance of the material and results in minimal degradation. Dental resin composites containing TEGDMA as a monomer promote the highest degree of polymer crosslinking, followed by UDMA and the combination of TEGDMA with UDMA, respectively.²⁴ In this study, Clearfil AP-X Esthetic Flow exhibited the highest compressive strength, which contains TEGDMA in its resin matrix. G-aenial Universal Injectable showed the second highest compressive strength which contains UDMA and TEGDMA. The result of previous studies highlighted the possible suitability of these highly filled flowable composite resins to be used in occlusal load-bearing areas.²⁰ This can be implied that this material can be applied in any cavity classification, including stress-bearing areas. These areas are subject to various directions and magnitudes of force. The use of highly filled flowable resin composites in these high-stress areas is desirable, as they can provide the necessary strength and adaptability to withstand the loading conditions. The ability of these materials to flow or be injectable and adapt to the cavity shape, while maintaining adequate compressive strength. The adaptability of flowable composite to cavity shapes enhances the durability of the restoration and reduces voids, as demonstrated in earlier studies.⁶ This aligns with previous research by Basheer *et al.* (2024) that highlighted the improved mechanical properties of high-strength injectable dental composites.¹¹ The higher compressive strength of highly filled flowable composites compared to conventional composites can be attributed to several material properties and factors. Highly filled flowable composites are designed with a higher filler content (>50% by volume) compared to conventional flowable composites. The high filler content provides enhanced mechanical properties, including improved compressive strength, as fillers bear the majority of the applied forces during mastication. Fillers also reduce polymerization shrinkage, which could otherwise weaken the material under load. Optimized filler size and distribution, advances in manufacturing processes for highly filled flowable composites have led to reduced filler particle sizes and uniform distribution of fillers within the resin matrix.²³ A study by Ludovichetti *et al.*

(2022) suggested that filler type also contributes the difference between compressive strength, as each filler material has different mechanical and physical properties and may influence material behavior differently.²⁵ This optimization contributes to better load distribution within the composite, enhancing its ability to withstand compressive forces. Other factors may be due to material homogeneity. This is a limitation of the study in the specimen preparation process, as flowable resin composites are designed to have better adaptability and flow, ensuring fewer voids or defects during placement. Reduced porosity and a more homogeneous structure contribute to the ability of the composite to resist compressive stresses. Conventional resin composites that exhibit slightly lower compressive strength may be due to their higher viscosity. The lack of flowability in conventional composites might limit their adaptability to cavity surfaces, potentially introducing structural inconsistencies that reduce overall compressive strength.

The study revealed that the combination of a 3 mm thick highly filled flowable with a conventional resin composite from the same manufacturer resulted in a decrease in compressive strength compared to using the highly filled flowable resin composite alone. This result highlights a potential trade-off when using highly filled flowable resin composites as liners, while they improve marginal adaptation and reduce voids, the overall mechanical strength may be compromised if the thickness of the highly filled flowable composite exceeds optimal levels. A previous study discussed how different composite layers can create stress concentration points, particularly in restorations.⁷ Micro-gaps or interfaces between flowable and conventional composites may create areas of mechanical weakness, variations in polymerization shrinkage between different materials, leading to reduced overall compressive strength. In this study, the compressive strength of the highly filled flowable resin composite was higher than the conventional resin composite. When layered, the overall mechanical properties tend to be dominated by the weaker material.

Additionally, it was found that the compressive strength of the conventional resin composite and the

combination groups from the same manufacturer showed no significant difference, regardless of the flowable resin thickness being 1.5 mm or 3 mm. This study conducted experiments with a flowable resin composite layer thickness greater than previous studies, which were typically around 1–1.2 mm. Previous research recommended testing at thicknesses greater than 1 mm, leading to the idea of investigating layer thicknesses of 1.5 mm and 3 mm in this study. The results of this study are consistent with the study by Gömeç *et al.* (2005), which found that the compressive strength of the group with a conventional flowable resin composite liner of no more than 1.2 mm was not significantly different from that of the group using only conventional resin composites.⁷ These findings also align with an earlier study by Cavalcheiro *et al.* (2018), which reported that the use of flowable liners does not consistently enhance the compressive strength of Class II restorations.²⁶ Furthermore, they are fairly consistent with the study by Özgünlaltay & Görücü (2005), which found that using a 1 mm thick flowable liner does not significantly affect fracture resistance.²⁷ This could be interpreted to mean that flowable resin composite can be used as a liner layered in restorations combined with conventional resin composite without reducing or enhancing the compressive strength of conventional resin composite. Nevertheless, flowable resin composites still offer clinical advantages, such as improved cavity adaptation, particularly in areas with complex geometries.

The sample dimensions used in this study were 3 mm in diameter and 6 mm height, ensuring clinical relevance of the experimental design. The dimensions were carefully chosen to match the depth of the cavity in natural teeth, which the depth from the tip of the cusp to the roof of the pulp chamber is typically around 6 mm. The depth from the tip of the cusp to the bottom of the pulp chamber can be measured up to 8 mm, while the height of the normal pulp chamber ranges from 1.5 to 2 mm.²⁸

The current study supports the potential of highly filled flowable resin composites as a viable option for dental restorations, particularly in areas requiring both strength and adaptability. A clinical study by Kitasako *et al.*

(2016) showed that a highly filled flowable composite demonstrated comparable clinical effectiveness to the conventional paste composite in posterior restorations over 36 months. The study highlighted several benefits associated with using injectable composites, including easier handling, improved cavity wall adaptation, and reduced time required for placing the restoration.²⁹ The research also supports previous observations about the role of flowable composites as an intermediate layer in restorations. While these materials can serve as effective liners, they may not necessarily enhance the overall mechanical performance of the restoration.^{6,26} However, for large restorations requiring layering, careful consideration should be given to the liner thickness to avoid reductions in mechanical performance. The application of flowable resin composites should be considered by their intended clinical function. For areas requiring superior adaptation and minimal voids, thin flowable liners remain a valuable tool. Conversely, in restorations where compressive strength is important, materials such as highly filled flowable composites or conventional composites should be prioritized. Overall, this study provides evidence that supports material selection strategies in restorative dentistry, helping to optimize clinical outcomes and the longevity of restorations. Future research should explore the long-term clinical performance of these materials under dynamic loading conditions to better simulate oral environments. Moreover, selecting dental filling materials must also consider other material factors such as elastic modulus, flexural strength, wear resistance and surface roughness, polymerization shrinkage as these impact microbial plaque formation and potential tooth decay.¹ Materials with high wear resistance maintain their structural integrity and aesthetic properties over time, reducing the need for frequent replacements. However, this study has limitations as it was conducted in a laboratory setting and may not fully replicate real clinical conditions that could affect polymerization and material strength. Factors such as light curing that does not precisely mimic clinical practice, bulk filling techniques, and the effect of bonding agents were not fully simulated. Therefore, the findings should

be considered as preliminary guidelines for material selection rather than definitive clinical recommendations.

Conclusion

Highly filled flowable resin composites demonstrate promising compressive strength. Dentists may consider these materials for restorations in stress-bearing areas, with the understanding that the combination with conventional resin composites as liners does not significantly enhance or compromise strength. However, the selection of materials in terms of strength should also consider their flexural strength, elastic modulus, and other mechanical properties. Further research should evaluate other mechanical properties as well as the clinical performance of these materials.

Acknowledgments

The authors would like to acknowledge the Research Promotion and Development Unit, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University for providing support and facilitating the use of testing equipment for this research.

Conflict of interest

This research received the following support in the form of resin composite testing materials: G-aenial Universal Injectable and G-aenial Posterior were provided by GC Asia. Filtek Z350 XT and Filtek Supreme XTE Flowable were provided by Solventum Thailand. As for Clearfil AP-X Esthetic Flow and Clearfil AP-X, these materials were purchased by the researchers with a discount provided by NuvoDent Thailand to support this research.

References

1. Elfakhri F, Alkahtani R, Li C, Khaliq J. Influence of filler characteristics on the performance of dental composites: A comprehensive review. *Ceram Int* 2022;48(19):27280-94.
2. Baroudi K, Rodrigues JC. Flowable resin composites: A systematic review and clinical considerations. *J Clin Diagn Res* 2015;9(6):ZE18-24.
3. Jung JH, Park SH. Comparison of polymerization shrinkage, physical properties, and marginal adaptation of flowable and restorative bulk fill resin-based composites. *Oper Dent* 2017;42(4):375-86.
4. Baroudi K, Silikas N, Watts DC. Edge-strength of flowable resin-composites. *J Dent* 2008;36(1):63-8.
5. Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ, Stamatiades P, Wilkerson M.

A characterization of first-generation flowable composites. *J Am Dent Assoc* 1998;129(5):567-77.

6. Yahagi C, Takagaki T, Sadr A, Ikeda M, Nikaido T, Tagami J. Effect of lining with a flowable composite on internal adaptation of direct composite restorations using all-in-one adhesive systems. *Dent Mater J* 2012;31(3):481-8.
7. Gömeç Y, Dörter C, Dabanoglu A, Koray F. Effect of resin-based material combination on the compressive and the flexural strength. *J Oral Rehabil* 2005;32(2):122-7.
8. Reddy SN, Jayashankar DN, Nainan M, Shivanna V. The effect of flowable composite lining thickness with various curing techniques on microleakage in Class II composite restorations: an *in vitro* study. *J Contemp Dent Pract* 2013;14(1):56-60.
9. Lapaschaone N, Maneenut C. Wear resistance and surface roughness of injectable resin composites after chewing simulation. *J Dent Assoc Thai* 2024;74(1):34-45.
10. Koowatanapaisai S, Patanapiradej V. Comparison on edge strength of high strength flowable resin composites, conventional resin composites, and conventional flowable resin composites. *J Dent Assoc Thai* 2022;72(1):154-62.
11. Basheer RR, Hasanain F, Abuelenain DA. Evaluating flexure properties, hardness, roughness and microleakage of high-strength injectable dental composite: an *in vitro* study. *BMC Oral Health* 2024;24:546.
12. Foscari AV, Barros LS, Turssi CP, Franca FMG, Basting RT, Vieira WF (2023). Flexural strength of conventional or bulk-fill resin composite repaired with high- or low-viscosity restorative materials. *Oper Dent* 2023;48(6):677-88.
13. Park JK, Lee GH, Kim JH, Park MG, Ko CC, Kim HI, *et al.* Polymerization shrinkage, flexural and compression properties of low-shrinkage dental resin composites. *Dent Mater J* 2014;33(1):104-10.
14. American Dental Association. ADA 27-1993 Resin-based filling materials. Chicago, Ill: ADA; 1993.
15. Roberson TM, Heymann HO, Swift EJ. Sturdevant's art and science of operative dentistry. 5th. Amsterdam: Elsevier Publications; 2009.
16. Goracci C, Cadenaro M, Fontanive L, Giangrosso G, Juloski J, Vichi A, *et al.* Polymerization efficiency and flexural strength of low-stress restorative composites. *Dent Mater* 2014;30(6):688-94.
17. Ruddell DE, Maloney MM, Thompson JY. Effect of novel filler particles on the mechanical properties of dental composites. *Dent Mater* 2002;18(1):72-80.
18. Atai M, Nekoomanesh M, Hashemi SA, Amani S. Physical and mechanical properties of an experimental dental composites based on a new monomer. *Dent Mater* 2004;20(7):663-8.
19. Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, Hickel R. Mechanical properties and wear behavior of light cured packable composite resins. *Dent Mater* 2000;16(1):33-40.

20. Rajabi H, Denny M, Karagiannopoulos K, Petridis H. Comparison of flexural strength and wear of injectable, flowable and paste composite resins. *Materials* 2024;17(19):4749.
21. Ellakwa A, Cho N, Lee IB. The effect of resin matrix composition on the polymerization shrinkage and rheological properties of experimental dental composites. *Dent Mater* 2007;23(10):1229-35.
22. Barszczewska-Rybarek IM. A guide through the dental dimethacrylate polymer network structural characterization and interpretation of physico-mechanical properties. *Materials* 2019;12(24):4057.
23. Imai A, Takamizawa T, Sugimura R, Tsujimoto A, Ishii R, Kawazu M, *et al.* Interrelation among the handling, mechanical, and wear properties of the newly developed flowable resin composites. *J Mech Behav Biomed Mater* 2019;89:72-80.
24. Pfeifer CS, Silva LR, Kawano Y, Braga RR. Bis-GMA co-polymerizations: influence on conversion, flexural properties, fracture toughness and susceptibility to ethanol degradation of experimental composites. *Dent Mater* 2009;25(9):1136-41.
25. Ludovichetti FS, Lucchi P, Zambon G, Pezzato L, Bertolini R, Zerman N, *et al.* Depth of cure, hardness, roughness and filler dimension of bulk-fill flowable, conventional flowable and high-strength universal injectable composites: an *in vitro* study. *Nanomaterials (Basel)* 2022;12(12):1951.
26. Cavalleiro CP, Scherer H, Imparato JCP, Collares FM, Lenzi TL. Use of flowable resin composite as an intermediate layer in class II restorations: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig* 2021;25(10):5629-39.
27. Özgünaltay G, Görücü J. Fracture resistance of class II packable composite restorations with and without flowable liners. *J Oral Rehabil* 2005;32(2):111-5.
28. Deutsch AS, Musikant BE. Morphological measurements of anatomic landmarks in human maxillary and mandibular molar pulp chambers. *J Endod* 2004;30(6):388-90.
29. Kitasako Y, Sadr A, Burrow MF, Tagami J. Thirty-six month clinical evaluation of a highly filled flowable composite for direct posterior restorations. *Aust Dent J* 2016;61(3):366-73.

การนำโปรแกรมทันตสุขศึกษาสำเร็จรูปไปประยุกต์ใช้ในโรงเรียนประถมศึกษา: กรณีศึกษา “ฟันดี ยิ้มสดใส”

The Application of a Ready-Made Oral Health Education Program in Elementary School: A Case Study “Healthy Teeth, Beaming Smile”

พลินี เดชสมบุญรัตน์¹, ภาติตา ภุริเดช¹, ภัทราภรณ์ หัสดีเสวี², กันยา บุญธรรม², เกศกัญญา สัพพะเลข³,
สุภัทสร่า ฉันทภากร¹, ผกาภรณ์ พันธูดี พิศาลธูรกิจ¹

Palinee Detsomboonrat¹, Patita Bhuridej¹, Pattraporn Hasadiseevee², Kanya Boontham², Keskanya
Subbalekha³, Supassara Chanpakorn¹, Pagaporn Pantuwadee Pisarnturakit¹

¹ภาควิชาทันตกรรมชุมชน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

²สำนักทันตสาธารณสุข กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข จ.นนทบุรี ประเทศไทย

³ภาควิชาศัลยศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

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

²Bureau of Dental Health, Department of Health, Ministry of Public Health, Nonthaburi, Thailand

³Department of Oral and Maxillofacial surgery, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิผลของโปรแกรมทันตสุขศึกษาสำเร็จรูปโดยใช้แผนการสอนที่พร้อมใช้งานใน
เด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษา นักเรียนจำนวน 145 คน ได้รับทันตสุขศึกษาจากชุดบทเรียน “ฟันดี ยิ้มสดใส” ภายในระยะเวลา 1 เดือน
ชุดบทเรียนประกอบด้วยแผนการสอนแบบพร้อมใช้งาน คู่มือการสอนสำหรับครูและแบบฝึกหัดเสริมการเรียนรู้สำหรับนักเรียน ประเมิน
ระดับความรู้ก่อนเรียนชั้นประถมศึกษาตอนต้น (ป.1-ป.3) และ นักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย (ป.4-ป.6) ก่อนและหลังเรียนด้วยแบบ
ทดสอบปรนัย ชุดละ 40 ข้อ ประเมินความพึงพอใจของครูจำนวน 26 คน หลังจากใช้ชุดบทเรียนด้วยแบบสอบถามชนิดตอบด้วยตนเอง
โดยใช้มาตรวัดแบบลิเคิร์ต 5 ระดับ พบว่าหลังจากเรียนด้วยชุดบทเรียนทันตสุขศึกษา นักเรียนทั้งสองระดับชั้นมีคะแนนเฉลี่ย (ส่วน
เบี่ยงเบนมาตรฐาน) ความรู้หลังเรียน (ช่วงชั้น 1 19.40(6.93) และช่วงชั้น 2 21.50(5.30) มากกว่าคะแนนความรู้ก่อนเรียน (ช่วงชั้น 1
11.46(3.76) และช่วงชั้น 2 11.72(4.03)) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) เมื่อเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบที่แบบจับคู่ และคุณครู
ผู้ใช้ชุดบทเรียนจำนวน 26 คน ให้คะแนนความพึงพอใจมากที่สุด (≥ 4 คะแนน) ทั้งในแง่ของเนื้อหาในแผนการสอน กิจกรรมของ
บทเรียน แบบฝึกหัดเสริมการเรียนรู้ รูปเล่ม และภาพรวม ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าแผนการเรียนรู้แบบพร้อมใช้งานมีประสิทธิภาพช่วยให้
คุณครูสอนบทเรียนทันตสุขศึกษาให้แก่เด็กนักเรียนได้และนักเรียนชั้นประถมศึกษามีความรู้เกี่ยวกับสุขภาพช่องปากเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: การเรียนรู้เชิงรุก, เด็กนักเรียน, ทันตสุขศึกษา, ระดับประถมศึกษา, หนังสือเรียน

Abstract

The study aimed to evaluate the effectiveness of an oral health education (OHE) program that utilized
ready-to-use lesson plans in elementary school students. A total of 145 students participated in the program, which
was delivered using from the "Healthy teeth, Beaming smile" lesson package over the course of one month. This
package includes ready-to-use lesson plans, a teaching manual for teachers, and supplementary learning exercises
for students. To assess the impact of the OHE, the knowledge of early (Grades 1-3) and late (Grades 4-6) elementary

school students was evaluated before and after the program using 40 multiple-choice questions. Additionally, teachers' satisfaction with the ready-to-use lesson plans was measured using a self-administer questionnaire on a 5-point Likert scale. The results indicated a statistically significant increase in post-test knowledge average scores (Standard Deviation) (Level1 19.40(6.93) and Level2 21.50(5.30) more than their pre-test scores (Level1 11.46(3.76) and Level2 11.72(4.03)) among both early and late elementary students ($p<0.001$) as determined by a Paired T-Test. Satisfaction rating from 26 participating teachers showed a high level of satisfaction (score \geq 4) with the various aspects of the lesson plan, including contents of the lesson plan, activities, exercise for learning enhancement, configuration, and overall satisfaction. The findings suggest that ready-to-use lesson plans can effectively assist teachers in delivering Oral Health Education, thereby improving oral health knowledge among elementary school students.

Keywords: Active learning, Schoolchildren, Oral health education, Elementary, Learning book

Received date: Nov 29, 2024

Revised date: Feb 5, 2025

Accepted date: Apr 1, 2025

Doi: 10.14456/jdat.2025.18

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

ผกาภรณ์ พันธุดี พิศาลธุรกิจ ภาควิชาทันตกรรมชุมชน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 34 ถ. อังรีตุนันต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330 ประเทศไทย โทรศัพท์: 02-2188545 อีเมล: pagaporn.p@chula.ac.th

Correspondence to:

Pagaporn Pantuwadee Pisarnurakit. Department of Community Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, 34 Henri-Dunant Rd, Pathumwan, Bangkok 10330 Thailand. Tel: 02-2188545. Email: pagaporn.p@chula.ac.th

บทนำ

โรคฟันผุในเด็กวัยประถมศึกษาที่มีช่วงอายุ 6-12 ปี ยังคงเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่พบได้ทั่วโลก โดยเฉพาะประเทศในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ กลุ่มเด็กอายุ 5-6 ปี พบความชุกโรคฟันผุ ตั้งแต่ ร้อยละ 25 ถึง ร้อยละ 95 และค่าเฉลี่ยผุ ถอน อุด ตั้งแต่ 0.9 ถึง 9.0 ซี่ต่อคน¹ ส่วนในเด็กอายุ 12 ปี จากข้อมูลองค์การอนามัยโลกของทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในปี ค.ศ. 2015 พบค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุด มีค่าเท่ากับ 2.97 ซี่ต่อคน ซึ่งมีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับภูมิภาคอื่น และในปี ค.ศ.2018 มีค่าเท่ากับ 1.3 ซี่ต่อคน² สำหรับประเทศไทย ผลการสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากแห่งชาติ ครั้งที่ 9 ในปี ค.ศ.2023 สอดคล้องกับสถานการณ์ทั่วโลกที่พบฟันผุสูงในกลุ่มอายุ 5 ปี พบร้อยละ 72.1 และมีค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุด เท่ากับ 4.4 ซี่ต่อคน ส่วนสถานการณ์การเกิดโรคฟันผุในฟันถาวรของเด็กอายุ 12 ปี ถึงแม้แนวโน้มความชุกของโรคฟันผุจะลดลง แต่ก็ยังพบความชุกร้อยละ 52 และค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุด มีค่าเท่ากับ 0.8 ซี่ต่อคน นอกจากนั้นแล้วยังพบปัญหาปวดฟันถึงร้อยละ 36.7 ซึ่งส่งผลกระทบในการดำเนินชีวิตประจำวันอันเนื่องมาจากปัญหาสุขภาพช่องปาก³

องค์การอนามัยโลกได้ให้ความสำคัญกับโรงเรียนเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะกลุ่มนักเรียนในโรงเรียนประถมศึกษา ซึ่งเป็น

พื้นที่ทำงานที่สำคัญที่สุดเนื่องจากเป็นสถานที่บ่มเพาะเด็กในทุกมิติเพื่อการเจริญเติบโตที่มีคุณภาพ วัยประถมเป็นช่วงวัยสำคัญที่จะจัดโปรแกรมทันตสุขภาพเพื่อสร้างเสริมให้เกิดความรู้ พฤติกรรม และทักษะทางทันตสุขภาพที่ถูกต้อง การฝึกให้เด็กมีสุขนิสัยที่ดีตั้งแต่วัยประถมศึกษาจึงเป็นเป้าหมายสำคัญในการทำงานทั้งของผู้ปกครอง ครูและบุคลากรสาธารณสุข⁴ กิจกรรมสร้างเสริมสุขภาพช่องปากของเด็กประถมศึกษาในโรงเรียนได้ดำเนินการทั่วประเทศไทยมานานกว่า 30 ปี ภายใต้หลักการโรงเรียนส่งเสริมสุขภาพ ได้แก่ โครงการเด็กไทยทำได้ โครงการโรงเรียนต้นแบบด้านทันตสุขภาพ เครือข่ายโรงเรียนเด็กไทยฟันดี และการจัดหลักสูตรการเรียนรู้ด้านสุขภาพช่องปากในโรงเรียน⁵ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนมีพฤติกรรมสุขภาพช่องปากที่พึงประสงค์และสร้างสุขนิสัยด้านสุขภาพช่องปากให้แก่เด็กตั้งแต่วัยต้นของชีวิต การจัดหลักสูตรการเรียนรู้สุขภาพช่องปาก มีการดำเนินการมาเป็นระยะ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการเข้ากับกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 และการพัฒนาแบบเรียนและคู่มือครูในโครงการเด็กไทยไร้ฟันผุในพื้นที่ทุรกันดาร ในปี พ.ศ.2555 อย่างไรก็ตามโครงการดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในการนำไปใช้เนื่องจากคุณครูจะต้องเตรียมแผน

การสอนเอง ด้วยภาระหน้าที่ของคุณครูในโรงเรียนที่มีจำนวนมาก ทำให้บางครั้งอาจมีเวลาไม่มากพอที่จะเตรียมการสอนให้สมบูรณ์ได้ ซึ่งแผนการสอนเปรียบเสมือนพิมพ์เขียวในการวางแผนและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน การออกแบบการเรียนการสอนหรือแผนการเรียนรู้ที่ดีจะทำให้เพิ่มคุณภาพของการเรียนการสอน นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของบริบทสังคมเข้าสู่ยุคดิจิทัล แบบเรียนสุขภาพพื้นฐานรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (active learning)⁶ ควรมีการพัฒนาเพื่อให้สอดคล้องกับบริบทในปัจจุบัน การเตรียมแผนการสอนและกิจกรรมให้กับคุณครูจัดเป็นการเอื้ออำนวย (facilitate) ให้คุณครูสามารถจัดกิจกรรมสร้างเสริมสุขภาพช่องปากให้แก่ นักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นกลยุทธ์หนึ่งในการดำเนินการสร้างเสริมสุขภาพในโรงเรียน

การศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมทันตสุขภาพที่ดำเนินการโดยคุณครูและจัดอยู่ในหลักสูตรของโรงเรียนมีผลต่อระดับความรู้และพฤติกรรมทันตสุขภาพของเด็กในวัยประถมศึกษา⁷⁻¹⁴ และคุณครูสามารถเป็นผู้สอนทันตสุขภาพได้โดยให้ผลได้ไม่แตกต่างจากทันตแพทย์เป็นผู้สอน⁸ ในโรงเรียนที่มีกิจกรรมส่งเสริมทันตสุขภาพในโรงเรียนอย่างต่อเนื่อง เช่น มีบทเรียนให้ความรู้ทันตสุขภาพ ร่วมกับการแปรงฟันด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ที่มีผู้ควบคุม ดูแลทุกวันจะส่งผลให้นักเรียนมีทันตสุขภาพที่ดีได้มากกว่าโรงเรียนที่ไม่มีกิจกรรมดังกล่าว^{9,12,15}

นอกจากนี้คุณครูสามารถบูรณาการความรู้ทันตสุขภาพเข้ากับการเรียนการสอนวิชาอื่น ๆ ได้¹⁶ ในประเทศไทยยังไม่มีโครงการใดที่จัดทำแผนการสอนแบบพร้อมใช้ให้กับครูโดยมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกแก่ครูให้สอนได้อย่างครบถ้วน จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของโปรแกรมทันตสุขภาพสำเร็จรูปโดยการใช้แผนการสอนที่พร้อมใช้งานในเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาและประเมินความพึงพอใจของครูภายหลังการใช้ชุดบทเรียนทันตสุขภาพในรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกในนักเรียนชั้นประถมศึกษา

วัตถุประสงค์และวิธีการ

ประชากรที่ศึกษาและขนาดกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา คือ ครูของโรงเรียนประถมณนทรี โรงเรียนบ้านท่าข้าม โรงเรียนบ้านหนองสตาร์ โรงเรียนบ้านทุ่งยาว โรงเรียนวัดไทรงาม โรงเรียนบ้านหนองยายแม่ โรงเรียนวัดเกาะมะม่วง โรงเรียนบ้านโคกทราย โรงเรียนวัดขุนสิทธิ์ โรงเรียนบ้านเกาะปุด โรงเรียนวัดชลวาปีวิหาร และ โรงเรียนบ้านบุตจนวน 26 คน และ นักเรียนชั้นประถมศึกษาของโรงเรียนประถมณนทรี ปีการศึกษา 2564 จำนวน 145 คน ใช้วิธีการเลือกหน่วยตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้มีสุขภาพร่างกายแข็งแรง และต้องเข้าร่วมโครงการวิจัยครบทุกขั้นตอน

โดยนักเรียนทุกคนได้รับการยินยอมจากผู้ปกครองเป็นลายลักษณ์อักษร การวิจัยครั้งนี้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการศึกษาวิจัยในมนุษย์คณะทันตแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หมายเลข HREC-DCU-P 2019-008

รูปแบบการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) โดยใช้แบบทดสอบวัดความรู้ก่อนและหลังเรียน (Pre-test และ Post-test) โดยไม่มีกลุ่มควบคุมและไม่มีการสุ่มตัวอย่าง เริ่มโครงการด้วยการสำรวจหลักสูตรของโรงเรียนที่มีการเรียนการสอนเนื้อหาเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพช่องปากและพัฒนาแบบเรียนที่ครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพสำหรับเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษา จากนั้นวิเคราะห์ความเหมาะสมของบทเรียนที่พัฒนาแล้วโดยคุณครูที่มีความรู้ความชำนาญและเปรียบเทียบกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มตัวอย่างได้รับทันตสุขภาพจากคุณครูที่ใช้ชุดบทเรียนทันตสุขภาพ อันประกอบด้วย แผนการสอนพร้อมใช้ คู่มือการสอนสำหรับครู และแบบฝึกหัดเสริมการเรียนรู้สำหรับแจกให้นักเรียนทุกคนเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในห้องเรียน ซึ่งชุดบทเรียนนี้ได้จัดทำในรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) โดยผู้สอนมีลักษณะเป็นผู้สนับสนุนหรืออำนวยความสะดวกการเรียนรู้มากกว่าผู้ถ่ายทอดความรู้เพื่อให้นักเรียนมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ตามมาตรฐานการศึกษา โดยจัดทำเนื้อหาสำหรับใช้จัดการเรียนการสอนอย่างยืดหยุ่นเพื่อให้คุณครูใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแก่นักเรียนได้ตามความเหมาะสมแก่บริบท ซึ่งในคู่มือและแบบเรียนมีเวปไซด์และ Quick Response Code (QR code) ของสื่อการสอน เช่น คลิปวิดีโอ หรืออุปกรณ์เล่นเกมที่จะใช้ในบทเรียน โดยคุณครูจะเป็นผู้สอนในช่วงโมเรียนในช่วงระยะเวลา 1 เดือน

ขอบเขตของแผนการสอนประกอบไปด้วยเนื้อหา 8 หมวดย่อย ตามคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ได้แก่ 1) มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอวัยวะในช่องปาก 2) มีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเกิดโรคฟันผุ 3) ตระหนักถึงความสำคัญของดูแลสุขภาพช่องปากและฟัน 4) มีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพช่องปากและฟันในชีวิตประจำวัน 5) มีทักษะการป้องกันตนเองจากโรคในช่องปาก 6) มีทักษะในการป้องกันและปฏิบัติตนเมื่อเกิดอุบัติเหตุที่ส่งผลต่อช่องปากและฟัน 7) ตั้งคำถามเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อป้องกันตนเองจากโรคฟันผุได้ 8) เกิดทัศนคติและความเข้าใจในการไปพบทันตแพทย์ บทเรียนสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนต้น (ป.1-ป.3) ครอบคลุมหมวดที่ 1-7 และ บทเรียนสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย (ป.4-ป.6) ครอบคลุมหมวดที่ 1-8 และเพิ่มเนื้อหาเรื่องการจัดฟันแฟชั่นในหมวดที่ 8 แม้จะเป็นหัวข้อเดียวกันในทั้งสองช่วงชั้นแต่ในเนื้อหาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายจะมีรายละเอียดมากขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับวัย

และความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งแผนการสอนดังกล่าวพัฒนาให้สอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานแล้วจึงสามารถนำมาบูรณาการการเรียนการสอนในระดับประถมศึกษาได้ นอกจากนี้ภาพประกอบในชุดบทเรียนสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจะแตกต่างกันเนื่องจากมีรายละเอียดแตกต่างกัน แต่คลิปวิดีโอสื่อภาพเคลื่อนไหวที่เตรียมไว้จะเป็นชุดเดียวกันขึ้นกับเนื้อหาในแต่ละคลิปวิดีโอ

การประเมินผล

การศึกษานี้ประเมินผลโดยวัดคะแนนความรู้ก่อนและหลังสอนด้วยชุดบทเรียนที่พัฒนาขึ้นในเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาของโรงเรียนประถมณนทรีซึ่งได้รับประสบการณ์การเรียนด้วยชุดแบบเรียนนี้ในระยะเวลา 1 เดือน ประเมินคะแนนความรู้ด้วยแบบทดสอบปรนัยจำนวน 40 ข้อ (4 ตัวเลือก) จำนวน 2 ชุดสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนต้น (ป.1-ป.3) และ นักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย (ป.4-ป.6) ซึ่งจะครอบคลุมเนื้อหาในทุกบทเรียน แบบทดสอบความรู้ที่ใช้ในครั้งนี้ได้รับการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านทันตสาธารณสุขและครูอนามัยระดับชำนาญการ การประเมินผลความพึงพอใจของคุณครู 26 คนจาก 12 โรงเรียนในการใช้ชุดบทเรียนทันตสุขภาพ อันประกอบด้วยแผนการสอนแบบพร้อมใช้งาน คู่มือการสอนสำหรับครูและแบบฝึกหัดเสริมการเรียนรู้สำหรับนักเรียน ในแง่ของเนื้อหาในแผนการสอน กิจกรรม

ของบทเรียน แบบฝึกหัดเสริมการเรียนรู้ รูปเล่ม และภาพรวม โดยใช้ข้อคำถามในแบบสอบถามด้วยมาตรวัดแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ (5 –point Likert Scale) เพื่อวัดความพึงพอใจในการใช้ชุดบทเรียนทันตสุขภาพ ดังนี้ 1=พึงพอใจน้อยที่สุด 2=พึงพอใจน้อย 3=ปานกลาง 4=พึงพอใจมาก และ 5=พึงพอใจมากที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนความรู้ของนักเรียนก่อนและหลังจากเรียนบทเรียนทันตสุขภาพในแต่ละกลุ่มด้วยสถิติที่แบบจับคู่ (Paired t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $\alpha = 0.05$ และวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของคุณครูในการใช้ชุดบทเรียนทันตสุขภาพด้วยสถิติเชิงพรรณนา ข้อมูลทั้งหมดถูกวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS รุ่น 26.0

ผลการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 จำนวน 145 คน เป็นเพศชาย 83 คน (ร้อยละ 57.2) เพศหญิง 62 คน (ร้อยละ 42.8) แบ่งเป็นนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 1-3 จำนวน 57 คน (ร้อยละ 39.3) และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 จำนวน 88 คน (ร้อยละ 60.7) เป็นเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 ร้อยละ 20 6.2 13.1 27.6 11 และ 22.1 ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ภูมิหลังข้อมูลประชากรของเด็ก จำนวน 145 คน

Table 1 Children's demographic background (n = 145)

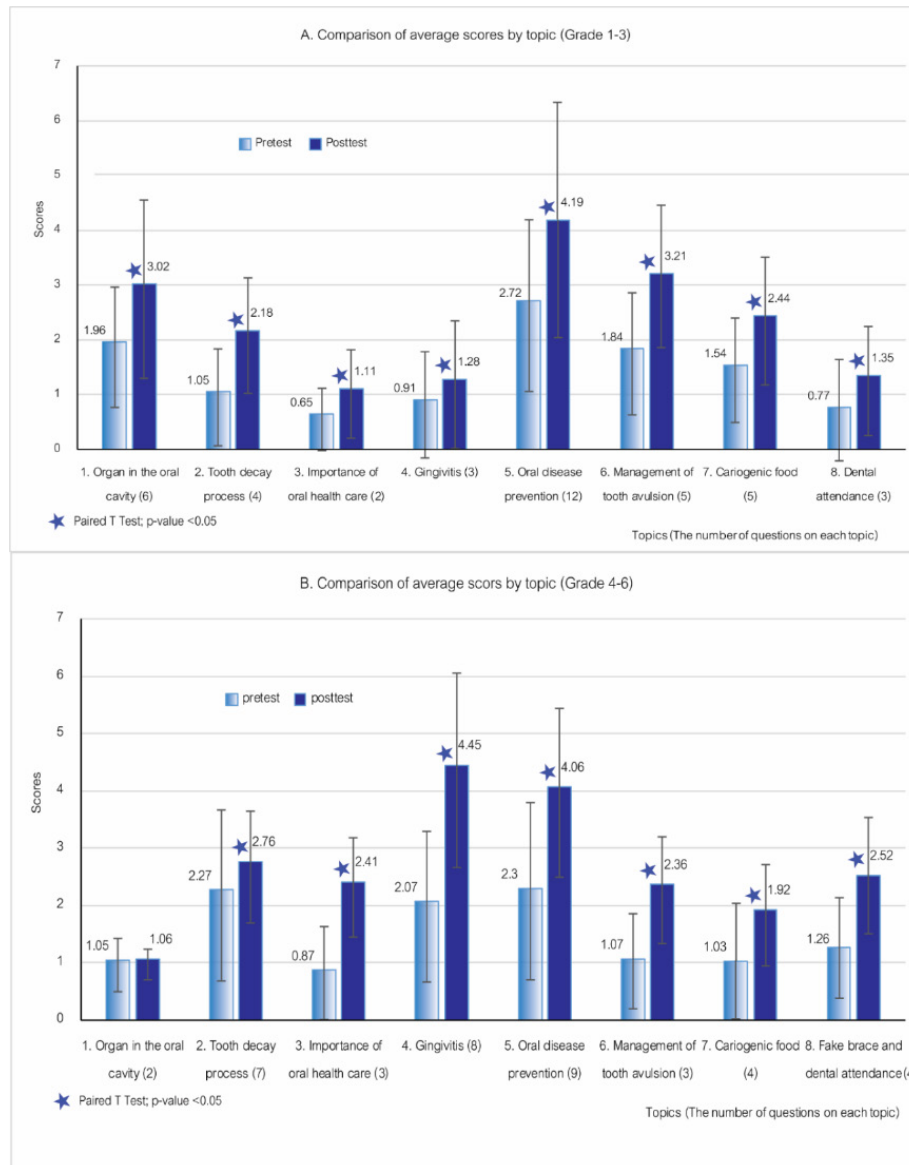
Demographic background	Frequency	Percentage
Child's gender		
Boy	83	57.2
Girl	62	42.8
Education level		
Grade 1-3	57	39.3
Grade 4-6	88	60.7
Grade		
Grade 1	29	20.0
Grade 2	9	6.2
Grade 3	19	13.1
Grade 4	40	27.6
Grade 5	16	11.0
Grade 6	32	22.1

ผลการทดสอบคะแนนความรู้หลังจากเข้าร่วมโปรแกรมทันตสุขภาพเป็นระยะเวลา 1 เดือนเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนเริ่มโปรแกรมพบว่ากลุ่มเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3 และกลุ่มเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 มีคะแนนความรู้เพิ่มขึ้น

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ดังแสดงในรูปที่ 1 จากการวิเคราะห์คำตอบจากแบบทดสอบความรู้ก่อนและหลังการเรียนด้วยชุดบทเรียนทันตสุขภาพ โดยแบ่งข้อคำถามออกเป็น 8 หมวดย่อย ได้แก่ อวัยวะในช่องปาก กระบวนการเกิดโรคฟันผุ ความสำคัญของ

การดูแลสุขภาพช่องปาก โรคเหงือกอักเสบ การป้องกันตนเองจากโรคในช่องปาก/การแปรงฟัน การปฏิบัติตนเมื่อเกิดอุบัติเหตุที่ส่งผลต่อช่องปากและฟันที่ทำให้ฟันหลุด อาหารที่ทำให้เกิดฟันผุ การปฏิบัติตนในการพบทันตแพทย์/การจัดฟันแฟชั่น พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนต้น (ป.1-ป.3) มีคะแนนเพิ่มขึ้นทุกหมวดอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 1A) แต่กลุ่มนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย (ป.4-ป.6) มีคะแนนเพิ่มขึ้นเกือบทุกหมวด ยกเว้นหมวดที่ 1 (ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอวัยวะในช่องปาก) ที่มีคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.849$) (รูปที่ 1B)

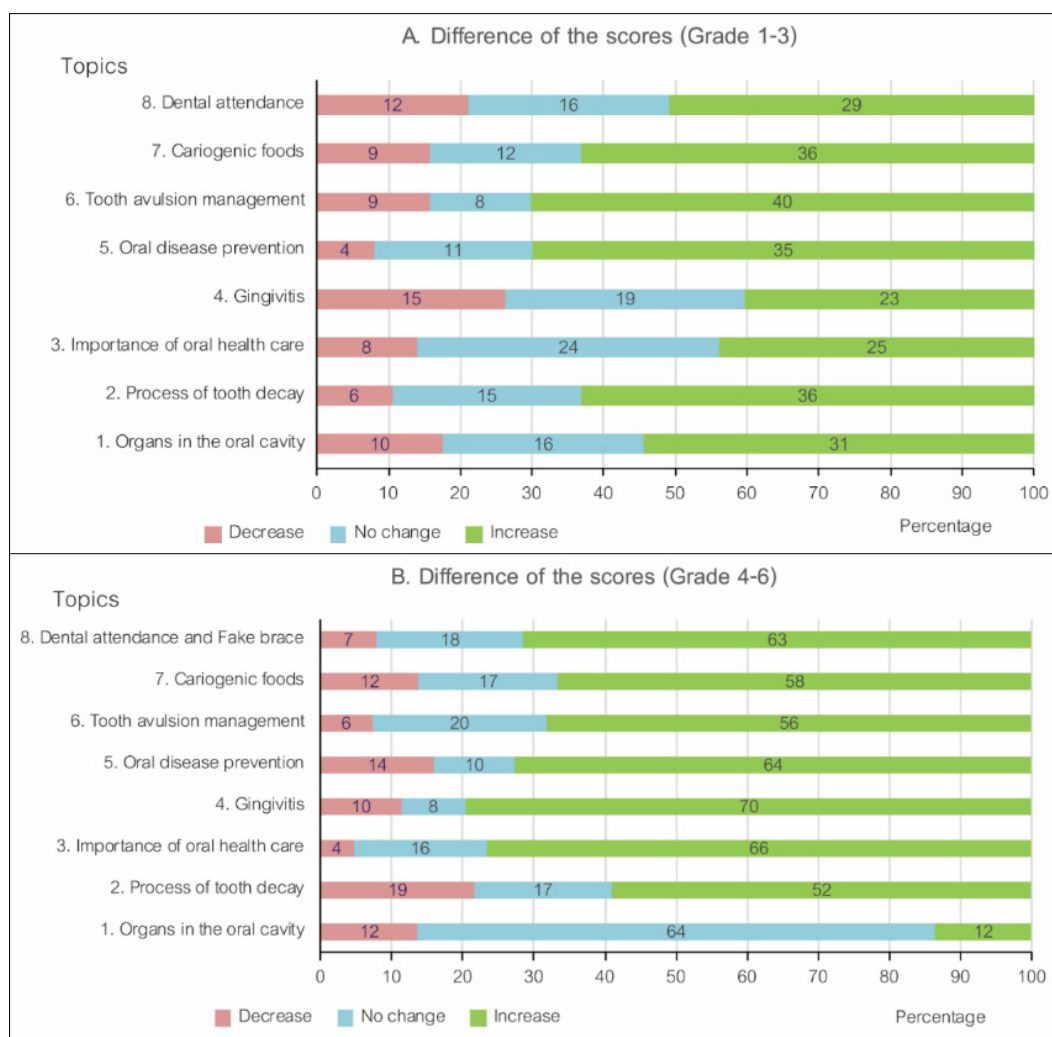


รูปที่ 1 คะแนนความรู้ก่อนและหลังการสอนด้วยชุดบทเรียนในแต่ละหมวด

Figure 1 Knowledge scores before and after the program in each topic

คำตอบหมวดที่นักเรียนประถมศึกษาตอนต้น (ป.1-ป.3) มีความรู้เพิ่มจากก่อนเริ่มโปรแกรมมากที่สุด (รูปที่ 2A) โดยพิจารณาจากจำนวนผู้ที่มีคะแนนเพิ่มขึ้นในแต่ละหมวด 3 ลำดับแรก ได้แก่ หมวด 6 (ร้อยละ 70.2 ทักษะในการป้องกัน และปฏิบัติตนเมื่อเกิดอุบัติเหตุที่ส่งผลต่อช่องปากและฟันที่ทำให้ฟันหลุด) หมวด 2 (ร้อยละ 63.2 ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเกิดโรคฟันผุ) และหมวด 7 (ร้อยละ 63.2 อาหารที่ทำให้เกิดฟันผุ) ตามลำดับ ส่วนกลุ่มนักเรียนประถม

ศึกษาตอนปลาย (ป.4-ป.6) ความรู้เพิ่มจากก่อนเริ่มโปรแกรมมากที่สุด (รูปที่ 2B) โดยพิจารณาจากจำนวนผู้ที่มีคะแนนเพิ่มขึ้นในแต่ละหมวด 3 ลำดับแรก ได้แก่ หมวด 4 (ร้อยละ 79.5 โรคเหงือกอักเสบ) หมวด 3 (ร้อยละ 76.7 ความสำคัญของการดูแลสุขภาพช่องปาก) และหมวด 5 (ร้อยละ 72.7 การป้องกันตนเองจากโรคในช่องปาก/การแปรงฟัน) ตามลำดับ



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความรู้หลังการสอนด้วยชุดบทเรียนในแต่ละหมวด

Figure 2 Knowledge scores change after the program in each topic

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนความพึงพอใจของการใช้บทเรียนจากผู้ใช้ชุดบทเรียนทันตสุขศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนต้น (ป.1-ป.3) และ ชุดบทเรียนทันตสุขศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย (ป.4-ป.6) จำนวน 26 คน พบว่า ค่าเฉลี่ย

คะแนนความพึงพอใจอยู่ในระดับพึงพอใจมาก (คะแนนตั้งแต่ 4-7 ขึ้นไป) ทั้งในแง่ของเนื้อหาในแผนการสอน กิจกรรมของบทเรียนแบบฝึกหัดเสริมการเรียนรู้ รูปเล่ม และภาพรวม

ตารางที่ 2 คะแนนความพึงพอใจของครูในการใช้แผนการสอน จำนวน 26 คน

Table 2 Satisfaction scores of the lesson plans from 26 teachers

Item	Level 1				Level 2			
	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max
Content in exercise book								
- There is enough content for the teacher in the lesson plans to teach	4.3	0.48	4	5	4.3	0.48	4	5
- The exercise book content is appropriate for the student	4.0	0.00	4	4	4.4	0.51	4	5
- The presentation of content in the exercise book covers the objectives	4.2	0.55	3	5	4.3	0.48	4	5
- The presentation of content in the exercise book is step-by-step and continuous	4.2	0.55	3	5	4.4	0.51	4	5

ตารางที่ 2 คะแนนความพึงพอใจของครูในการใช้แผนการสอน จำนวน 26 คน (ต่อ)

Table 2 Satisfaction scores of the lesson plans from 26 teachers (cont.)

Item	Level 1				Level 2			
	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max
Activities or exercises in the exercise book								
- The activities or exercises in the exercise book are interesting and have a variety of formats	4.3	0.48	4	5	4.4	0.51	4	5
- The activities in the exercise book are suitable for the student	4.2	0.44	4	5	4.2	0.44	4	5
- The exercises are illustrated and well laid out	4.5	0.52	4	5	4.4	0.65	3	5
Figure and font								
- Pictures are beautiful and suitable for students	4.2	0.60	3	5	4.4	0.51	4	5
- The font size is suitable	4.3	0.63	3	5	4.2	0.83	3	5
Overall								
- Overall satisfaction with these lesson plans	4.0	0.41	3	5	4.2	0.44	4	5
- Overall satisfaction with this exercise book	4.3	0.48	4	5	4.4	0.51	4	5
- Benefits that students will receive from this exercise book	4.4	0.51	4	5	4.5	0.52	4	5
- This exercise book helps students to have a positive attitude towards their oral health care	4.5	0.52	4	5	4.2	0.73	3	5

The scores ranged from 1 to 5; 1 = highly not satisfied, 2 = not satisfied, 3 = neutral, 4 = satisfied, and 5 = highly satisfied

บทวิจารณ์

ชุดบทเรียนทันตสุขศึกษาที่พัฒนาขึ้น อันประกอบด้วยแผนการสอนพร้อมใช้ คู่มือการสอนสำหรับครูและแบบฝึกหัดเสริมการเรียนรู้สำหรับเด็กนักเรียนที่จัดเตรียมไว้จัดเป็นการเตรียมทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับการดำเนินงานส่งเสริมทันตสุขภาพในส่วนของการให้ทันตสุขศึกษา⁴ ในหัวข้ออื่น ๆ ได้¹⁶ ซึ่งเป็นหนึ่งในความรับผิดชอบของนักสุขศึกษาที่จะต้องพัฒนาโปรแกรมการให้สุขศึกษาที่เหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจง⁴ ดังตัวอย่างจากการศึกษาเปรียบเทียบการสอนโดยคุณครูและทันตแพทย์พบว่านักเรียนที่เรียนจากคุณครูได้คะแนนมากกว่านักเรียนที่เรียนจากทันตแพทย์¹⁷ ซึ่งอาจเนื่องจากคุณครูจะสามารถบูรณาการความรู้ทางทันตสุขภาพในกิจกรรมการเรียนการสอนรวมถึงกิจกรรมนอกบทเรียนอื่น ๆ ได้

เนื่องจากในการศึกษานี้ประเมินความรู้ก่อนและหลังเรียนของนักเรียน ดังนั้นนักเรียนที่มีผลประเมินความรู้ไม่ครบทั้งสองครั้งจะถูกตัดออกจากการวิจัย ดังจะเห็นได้ว่านักเรียนชั้นป.2 มีจำนวนเพียง 9 คน อันเนื่องมาจากชั้นเรียนนี้มีนักเรียนจำนวนน้อยและมีนักเรียนหลายคนที่มีประเมินความรู้เพียง 1 ครั้ง อย่างไรก็ตามจำนวนนักเรียนน้อยในบางชั้นเรียนไม่มีผลต่อผลการศึกษาเนื่องจากชุดบทเรียนนี้เป็นการเรียนรู้แบบยืดหยุ่นที่เตรียมเพื่อให้คุณครูใช้ใน

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแก่นักเรียนได้ตามความเหมาะสมแก่บริบทซึ่งในการศึกษานี้ นักเรียนทุกคนในช่วงชั้นเดียวกันจะได้มีประสบการณ์การเรียนรู้จากชุดบทเรียนเดียวกัน

จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า คะแนนความรู้ของเด็กนักเรียนประถมศึกษาเมื่อได้รับโปรแกรมทันตสุขศึกษาโดยคุณครูผ่านการใช้แผนการสอนแบบพร้อมใช้ มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับคะแนนความรู้ก่อนเริ่มโปรแกรมและนักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนทดสอบหลังเรียนเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชุดบทเรียนทันตสุขศึกษาที่พัฒนาขึ้น อันประกอบด้วยแผนการสอนพร้อมใช้ คู่มือการสอนสำหรับครูและแบบฝึกหัดเสริมการเรียนรู้สำหรับเด็กนักเรียนที่จัดเตรียมไว้ช่วยให้คุณครูประหยัดเวลาที่จะต้องเตรียมการสอนและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้

เมื่อวิเคราะห์ผลคะแนนความรู้ในนักเรียนประถมศึกษาตอนต้น (ป.1-ป.3) พบว่านักเรียนจำนวนมากมีคะแนนมาตรฐานก่อนเรียนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในหมวด 6 (การป้องกันและปฏิบัติตนเมื่อเกิดอุบัติเหตุที่ส่งผลต่อช่องปากและฟัน) และหมวด 5 (ทักษะการป้องกันตนเองจากโรคในช่องปาก) ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังขาดความรู้ในเรื่องการปฏิบัติตนที่ถูกต้องเมื่อมีอุบัติเหตุฟันหลุดและทักษะการแปรงฟันที่ถูกต้อง นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากจำนวนผู้ที่มี

คะแนนหลังเรียนเพิ่มขึ้นกว่าคะแนนก่อนเรียนพบว่า หมวด 2 มีค่ามากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชุดบทเรียนนี้ช่วยให้นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเกิดโรคฟันผุเพิ่มขึ้นได้เป็นอย่างดี

เมื่อวิเคราะห์ผลคะแนนความรู้ในนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ป.4-ป.6) พบว่านักเรียนจำนวนมากมีคะแนนมาตรฐานก่อนเรียนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในหมวด 2 (ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเกิดโรคฟันผุ) และหมวด 5 (ทักษะการป้องกันตนเองจากโรคในช่องปาก) ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังขาดความรู้ในเรื่องกระบวนการเกิดโรคฟันผุและทักษะการแปรงฟันที่ถูกวิธี นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากจำนวนผู้ที่มีความรู้หลังเรียนเพิ่มขึ้นกว่าคะแนนก่อนเรียน และจำนวนผู้ที่มีคะแนนมาตรฐานหลังเรียนมากกว่าค่าเฉลี่ย หมวด 4 มีค่ามากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชุดบทเรียนนี้ช่วยให้นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับโรคเหงือกอักเสบเพิ่มขึ้นได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ นักเรียนประถมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจำนวนมากมีคะแนนมาตรฐานหลังเรียนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในหมวด 2 (ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเกิดโรคฟันผุ) และหมวด 7 (อาหารที่ทำให้เกิดฟันผุ) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม้จะมีนักเรียนจะมีความรู้มากขึ้น แต่ก็ยังมีนักเรียนส่วนใหญ่ที่มีคะแนนความรู้ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย อาจเนื่องมาจากเนื้อหาในเกี่ยวกับกระบวนการเกิดโรคฟันผุและอาหารที่ทำให้เกิดฟันผุเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อนสำหรับเด็กเล็กซึ่งจะต้องการเวลามากขึ้นเพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจได้ เช่น การเพิ่มกิจกรรมการเรียนรู้หรือกิจกรรมในบทเรียนที่จะช่วยเอื้อให้นักเรียนได้เรียนรู้มากขึ้น

หลังจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาเข้าร่วมโปรแกรมทันตสุขภาพที่ดำเนินการโดยชุดบทเรียนทันตสุขภาพตามแผนการสอนพร้อมใช้ในรูปแบบการเรียนรู้เชิงรุก (active learning) แม้ผลการเรียนของนักเรียนจะดีขึ้น มีความรู้เรื่องสุขภาพช่องปากมากขึ้น และตระหนักถึงความสำคัญของการดูแลสุขภาพช่องปากมากขึ้น แต่ก่อนเข้าร่วมโปรแกรม พวกเขายังขาดทักษะในการป้องกันและรับมือกับอุบัติเหตุที่อาจทำให้ฟันหลุด ดังนั้น จึงอาจพิจารณาปรับปรุงวิธีการสอนเพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง

ในส่วนของทักษะในการสังเกตวิเคราะห์แยกข้อเท็จจริงกับความคิดเห็นจากโฆษณาทางทันตกรรม เรื่องการจัดฟันแพชั่น พบว่า เด็กนักเรียนกลุ่มประถมศึกษาตอนปลายตอบคำถามได้คะแนนเพิ่มขึ้นจากก่อนเข้าร่วมโครงการ แสดงให้เห็นว่า เรื่องการจัดฟันแพชั่นเป็นที่น่าสนใจของเด็กนักเรียนประถมปลาย ดังนั้น การให้เด็กประถมปลายได้เริ่มรู้จัก สังเกต วิเคราะห์แยกข้อเท็จจริงกับความคิดเห็นจากโฆษณาทางทันตกรรม น่าจะเป็นหัวข้อที่เข้ากับบริบทในปัจจุบัน ไม่จำเป็น ต้องรอให้ความรู้แก่เด็กในชั้นมัธยมศึกษา

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินงานในช่วงหลังสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด (COVID-19) (ที่เพิกยกเลิกมาตรการปิดเมือง (Lockdown) ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวมีผลกระทบทางการ

ศึกษา การเรียนรู้ของเด็กลดลง มีทักษะการอ่านลดลง¹⁸ ทำให้คะแนนความรู้ก่อนและหลังการอบรมไม่สูงมาก อย่างไรก็ตาม คะแนนในทุกหมวดภายหลังจากเข้าร่วมโปรแกรมทันตสุขภาพ พบว่า ประมาณครั้งหนึ่ง (4 ใน 8 หมวด) ยังมีค่าเฉลี่ยคะแนนไม่ถึงครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม และหลังเข้าร่วมโปรแกรมทันตสุขภาพมีนักเรียนที่ตอบถูกต้องทุกข้อหรือตอบผิดหมดทุกข้อในบางหมวด อาจเนื่องมาจากระยะเวลาการใช้ชุดบทเรียนและทดสอบผลการเรียนมีระยะเวลาดสั้น อาจทำให้นักเรียนยังไม่ได้ทบทวนบทเรียน หรือ เด็กนักเรียนยังไม่สามารถนำความรู้มาปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ ดังนั้น ผู้วิจัยอาจปรับเนื้อหาในบทเรียน แผนการสอน หรือ คำถามในแบบทดสอบและปรับระยะเวลาดำเนินการให้เหมาะสมมากขึ้น โดยเฉพาะหากต้องการประเมินพฤติกรรมกรรมการแปรงฟัน^{9,12,19,20} และเนื่องจากชุดบทเรียนได้ออกแบบให้เนื้อหาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายเป็นเนื้อหาที่เพิ่มรายละเอียดมาจากบทเรียนชั้นประถมศึกษาตอนต้น ดังนั้น ข้อคำถามจึงค่อนข้างยากสำหรับนักเรียนที่ไม่เคยได้รับความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาดังกล่าวมาก่อน ดังนั้นผลการทดสอบความรู้ก่อนเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายจึงค่อนข้างต่ำ ดังนั้น จึงเป็นข้อพึงสังเกตสำหรับการนำไปใช้ในนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายที่ยังไม่เคยผ่านการเรียนชุดบทเรียนนี้ในชั้นประถมศึกษาตอนต้น ซึ่งคุณครูอาจต้องพิจารณาทบทวนเนื้อหาบางส่วนเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบความรู้หลังเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายเพิ่มขึ้นแตกต่างจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อันแสดงให้เห็นว่า ชุดบทเรียนนี้สามารถเพิ่มความรู้เกี่ยวกับทันตสุขภาพได้นอกจากนี้ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การกระตุ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งการศึกษาในอดีตที่พบว่ากระตุ้นซ้ำ เป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการมีพฤติกรรมสุขภาพที่ยั่งยืน²¹⁻²³ นอกจากนี้ หัวข้อเรื่องการแปรงฟันซึ่งอยู่ในหมวดที่ 5 (ความรู้และทักษะการป้องกันตนเองจากโรคในช่องปาก) ยังได้คะแนนเพิ่มขึ้นภายหลังการสอนไม่มากนัก อาจเนื่องมาจาก การสอนแปรงฟันควรประเมินทักษะโดยการปฏิบัติว่านักเรียนมีความมั่นใจและมีทักษะในการแปรงฟันได้ถูกต้องหรือไม่มากกว่าการวัดเพียงความรู้เพียงอย่างเดียว

ผลการประเมินคะแนนความพึงพอใจของการใช้บทเรียนจากครูผู้ใช้เป็นที่น่าสนใจ อาจเนื่องมาจากการมีแผนการสอนที่พร้อมใช้เป็นการเอื้ออำนวยความสะดวกของครูอย่างมาก และแผนการสอนที่จัดทำขึ้นได้มีการเทียบกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยคุณครูที่มีความรู้ความชำนาญและจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการเข้ากับกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลาง ทำให้มีความพึงพอใจกับคุณครูในการใช้งาน รวมทั้งใน รูปแบบของแบบเรียนมีเว็บไซต์ และ Quick Response Code (QR code) ในคู่มือและแบบเรียนเพื่อให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมร่วมกับครูและผู้ปกครองที่บ้านได้ และเพิ่มความน่าสนใจให้กับนักเรียนในการเรียนรู้ได้

ข้อจำกัดของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ เป็นการศึกษาที่ไม่มีการควบคุมและไม่มีการสุ่มตัวอย่าง ทำให้ไม่สามารถระบุความเปลี่ยนแปลงความรู้ของนักเรียนเกิดขึ้นจากชุดบทเรียนนี้โดยตรงหรือไม่ และระยะเวลาการศึกษาค่อนข้างสั้น อันเนื่องมาจากการศึกษาต้องการประเมินผลความรู้ของนักเรียนที่ได้รับประสบการณ์การเรียนรู้จากชุดบทเรียนนี้ เพื่อจะได้นำข้อมูลมาปรับปรุงชุดบทเรียนที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้ ประกอบกับข้อจำกัดเกี่ยวกับระยะเวลาปิดภาคการศึกษาจึงประเมินได้แต่เพียงความรู้แต่ไม่สามารถประเมินพฤติกรรม หรือ การเกิดฟันผุได้ ดังนั้น อาจพิจารณาเพิ่มระยะเวลาการติดตามผลเพื่อประเมินผลของโปรแกรมในระยะยาวได้^{10,15} นอกจากนี้ จำนวนข้อในแบบประเมินวัดความรู้แต่ละหมวดไม่เท่ากัน อาจทำให้การให้น้ำหนักในการประเมินความรู้แต่ละเรื่องไม่เท่ากัน และการศึกษานี้เป็นกรณีตัวอย่างที่ใช้แผนการสอนที่กำลังพัฒนาในระยะเริ่มแรก และประเมินผลเชิงปริมาณเท่านั้น ดังนั้น การศึกษาในอนาคตจึงอาจพิจารณาเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพถึงการประเมินผลโปรแกรมทันตสุขภาพโดยใช้แผนการสอนแบบพร้อมใช้เข้ามาพิจารณาด้วย

บทสรุป

ชุดบทเรียนพร้อมด้วยแผนการสอนแบบพร้อมใช้จะช่วยให้คุณครูสามารถจัดกิจกรรมสร้างเสริมสุขภาพช่องปากให้นักเรียนได้และนักเรียนมีความรู้สุขภาพช่องปากเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนวิจัยคณาจารย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศ.ทพ.ดร. ประสิทธิ์ ภาวสันต์ และ ทันตแพทย์สมาคมแห่งประเทศไทยฯ ที่สนับสนุนการพัฒนาชุดบทเรียนทันตสุขภาพ อันประกอบด้วยแผนการสอนพร้อมใช้งาน คู่มือการสอนสำหรับครู และแบบฝึกหัดเสริมการเรียนรู้สำหรับเด็กนักเรียน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียน คุณครู และนักเรียนโรงเรียนประถมณนทรีที่เข้าร่วมการวิจัย และ ขอขอบพระคุณคุณครูทุกท่านที่ช่วยพิจารณาชุดบทเรียนทันตสุขภาพ

เอกสารอ้างอิง

1. Duangthip D, Gao SS, Lo EC, Chu CH. Early childhood caries among 5- to 6-year-old children in Southeast Asia. *Int Dent J* 2017;67(2):98-106.
2. Bureau of Dental Health. Report of the Ninth National Oral Health Survey 2023. Bangkok: Bureau of Dental Health, Department of Health, Ministry of Public Health; 2017.
3. World Health Organization. Action plan for oral health in South-East Asia 2022–2030: towards universal health coverage

- for oral health. New Delhi: World Health Organization, Regional Office for South-East Asia. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.; 2022.
4. World Health Organization. Health education: theoretical concepts, effective strategies and core competencies: a foundation document to guide capacity development of health educators: World Health Organization, Regional Office for the Eastern Mediterranean. ; 2012.
 5. Arunpraphan S, Prasertsom P, Kaewkhuntree D, Jirapongsa W, Rattananungsima K. Situation of health promotion in primary school. *Th Dent Public Health J* 2007;12(1):50-60.
 6. Kolb D. Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice Hall; 1984.
 7. Potisomporn P, Sukarawan W, Sriarj W. Oral health education improved oral health knowledge, attitudes, and plaque scores in Thai third-grade students: a randomised clinical trial. *Oral Health Prev Dent* 2019;17(6):523-31.
 8. Eden E, Akyildiz M, Sönmez I. Comparison of two school-based oral health education programs in 9-year-old children. *Int Q Community Health Educ* 2019;39(3):189-96.
 9. Geetha Priya PR, Asokan S, Janani RG, Kandaswamy D. Effectiveness of school dental health education on the oral health status and knowledge of children: A systematic review. *Indian J Dent Res* 2019;30(3):437-49.
 10. Jaime RA, Carvalho TS, Bonini GC, Imperato J, Mendes FM. Oral health education program on dental caries incidence for school children. *J Clin Pediatr Dent* 2015;39(3):277-83.
 11. Karim KH, Hasan SS, Al-Banna DA, Karim MA. Effectiveness of a health education programme on Sarsang primary school age regarding oral hygiene In Khanzad /Erbil City. *Int J Sci Res Publ* 2018;6(9).
 12. Lai H, Fann JC, Yen AM, Chen LS, Lai MH, Chiu SY. Long-term effectiveness of school-based children oral hygiene program on oral health after 10-year follow-up. *Community Dent Oral Epidemiol* 2016;44(3):209-15.
 13. Naidu J, Nandlal B. Evaluation of the effectiveness of a primary preventive dental health education programme implemented through school teachers for primary school children in Mysore city. *J Int Soc Prev Community Dent* 2017;7(2):82-9.
 14. Tolvanen M, Lahti S, Poutanen R, Seppä L, Pohjola V, Hausen H. Changes in children's oral health-related behavior, knowledge and attitudes during a 3.4-yr randomized clinical trial and oral health-promotion program. *Eur J Oral Sci* 2009;117(4):390-7.
 15. Al-Jundi SH, Hammad M, Alwaeli H. The efficacy of a school-based caries preventive program: a 4-year study. *Int J Dent Hyg* 2006;4(1):30-4.
 16. Akera P, Kennedy SE, Obwolo MJ, Schutte AE, Lingam R, Richmond R. Primary school teachers' contributions to oral health promotion in urban and rural areas of the Gulu District, Northern Uganda: a qualitative study. *BMC Oral Health* 2022;22(1):211.
 17. Sriarj W, Potisomporn P, Sukarawan W. Comparative study of

oral health education given by a dentist and schoolteachers in Thai grade 3 students. *J Int Soc Prev Community Dent* 2021;11(2):198-206.

18. Engzell P, Frey A, Verhagen MD. Learning loss due to school closures during the COVID-19 pandemic. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2021;118(17):e2022376118.

19. Angelopoulou MV, Kavvadia K, Taoufik K, Oulis CJ. Comparative clinical study testing the effectiveness of school based oral health education using experiential learning or traditional lecturing in 10 year-old children. *BMC Oral Health* 2015;15(1):51.

20. Nguyen VTN, Zaitsu T, Oshiro A, Tran TT, Nguyen YHT, Kawaguchi Y, *et al.* Impact of school-based oral health education on Vietnamese

adolescents: a 6-month study. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18(5).

21. Brukiene V, Aleksejuniene J. Theory-based oral health education in adolescents. *Stomatologija* 2010;12(1):3-9.

22. McAlister A, Johnson W, Guenther-Grey C, Fishbein M, Higgins D, O'Reilly K. Behavioral journalism for HIV prevention: community newsletters influence risk-related attitudes and behavior. *Journal Mass Commun Q* 2000;77(1):143-59.

23. Glanz K, Rimer BK, Viswanath K. Health behavior and health education: Theory, research, and practice. 4th ed. San Francisco, USA: Jossey-Bass, A Wiley imprint; 2008.

ค่าพิกเซลเกรย์ของรอยผุด้านประชิดระยะแรกเริ่มภายหลังการทาซิลเวอร์ไดอะมีนฟลูออไรด์ที่ระยะเวลา 6 เดือน: การทดสอบแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุม

Pixel Grey Values of Initial Proximal Caries Lesion after Silver Diamine Fluoride Application at 6 Months: A Randomized Controlled Trial

รินรดา ภิรมย์ภักดี^{1,2}, ชุตินา ไตรรัตน์วรกุล², สุขยา ดำรงค์ศรี³, ทิพวรรณ ธราภิวัฒน์นันท์², พรกวี เจริญลาภ⁴, รติชนก นันทนีย์²

Rinrada Pirompak^{1,2}, Chutima Trairatvorakul², Suchaya Pornprasertsuk-Damrongsri³, Thipawan Tharapiwattananon², Pornkawe Charoenlarp⁴, Ratichanok Nantanee²

¹โรงพยาบาลตราด อ.เมืองตราด จ.ตราด ประเทศไทย

¹Trat Hospital, Mueang Trat, Trat, Thailand

²ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

²Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

³ภาควิชารังสีวิทยาช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

³Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Bangkok, Thailand

⁴ภาควิชารังสีวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

⁴Department of Radiology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพิกเซลเกรย์ของรอยผุด้านประชิดระยะแรกเริ่มในฟันหลังแท้ที่ระยะ 6 เดือนภายหลังการทาซิลเวอร์ไดอะมีนฟลูออไรด์และน้ำปราศจากเชื้อ จากการวิเคราะห์ภาพรังสีซ้อนทับชนิดดิจิทัล โดยเป็นการศึกษาทางคลินิกแบบแบ่งส่วนช่องปาก ทำในอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าจำนวน 30 คน อายุ 13 - 30 ปี ที่มีรอยผุด้านประชิดระยะแรกเริ่มในฟันหลังแท้ซึ่งยังไม่เป็นรูทางคลินิก และมีการดำเนินโรคอย่างน้อย 2 รอยผุดูอยู่คนละจุดภาค อาสาสมัครได้รับการถ่ายภาพรังสีดิจิทัลชนิดกัดปีกที่ระยะเริ่มต้น โดยใช้อุปกรณ์ช่วยคงตำแหน่งในการถ่ายภาพรังสีร่วมกับวัสดุบันทึกการสบฟัน ภายหลังจากที่รอยผุด้านประชิดที่ใช้ในการศึกษาได้รับการแยกฟันชั่วคราวเป็นเวลา 2 วันด้วยยางแยกฟัน รอยผุดังกล่าวได้รับการจัดกลุ่มโดยการสุ่ม เพื่อทาซิลเวอร์ไดอะมีนฟลูออไรด์ และน้ำปราศจากเชื้อ (กลุ่มควบคุม) อาสาสมัครทุกคนได้รับการสอนแปรงฟันด้วยวิธีขยับปัดและการใช้ไหมขัดฟัน หลังจากนั้นที่ระยะ 6 เดือนอาสาสมัครได้รับการถ่ายภาพรังสีดิจิทัลชนิดกัดปีกอีกครั้งโดยใช้อุปกรณ์ และการตั้งค่าอุปกรณ์เช่นเดียวกับระยะเริ่มต้นเพื่อติดตามผล พบว่าค่าเฉลี่ยพิกเซลเกรย์ของรอยผุด้านประชิดบนภาพรังสีซ้อนทับระหว่างภาพรังสีที่ระยะเริ่มต้นกับที่ระยะ 6 เดือนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นการทาซิลเวอร์ไดอะมีนฟลูออไรด์บนรอยผุด้านประชิดระยะแรกเริ่มในฟันหลังแท้ ไม่มีผลเพิ่มประสิทธิภาพในการคืนแร่ธาตุของรอยผุดูที่ต่างไปจากการสอนแปรงฟันและการสอนใช้ไหมขัดฟัน เมื่อติดตามผลที่ระยะ 6 เดือน

คำสำคัญ: ค่าพิกเซลเกรย์, ซิลเวอร์ไดอะมีนฟลูออไรด์, ภาพรังสีซ้อนทับชนิดดิจิทัล, รอยผุด้านประชิด

Abstract

This randomized split-mouth controlled clinical study aimed to examine the mean pixel grey values of early proximal caries lesions after the application of silver diamine fluoride (SDF) by digital subtraction radiographic analysis in 30 participants with at least two initial non-cavitated active proximal lesions of permanent posterior teeth in different quadrants, aged 13-30 years old. At baseline, the participants underwent digital bitewing radiographic

examination using a radiographic positioning device combined with bite registration material. Participants received temporary tooth separation for two days. Following the removal of the orthodontic separators, the lesions were randomly assigned to SDF or sterile water (control group) application groups. All participants received oral care instruction (modified Bass brushing technique and dental floss). After a 6-month follow-up period, participants received digital bitewing radiographs using their individual positioning devices and bite registration materials, using the same equipment and settings as at baseline. There was no statistically significant difference between the SDF and control groups in the mean pixel grey values of initial proximal caries on the subtraction image of the baseline and 6-month radiograph ($p>0.05$). Therefore, the use of SDF has no additional effect compared to home oral care on initial proximal caries in permanent posterior teeth at 6-month follow-up.

Keywords: Pixel Grey Value, Silver Diamine Fluoride, Digital Subtraction Radiography, Proximal Caries

Received date: Jan 26, 2025

Revised date: Apr 22, 2025

Accepted date: May 28, 2025

Doi: 10.14456/jdat.2025.19

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ :

รติชนก นันทณี, ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 34 ถ.อังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330 ประเทศไทย โทรศัพท์ : 02-218-8906 อีเมล : ratichanok.n@chula.ac.th

Correspondence to:

Ratichanok Nantane, Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, 34 Henri Dunant Road, Wangmai, Patumwan, Bangkok, 10330, Thailand. Tel: 02-218-8906 E-mail: ratichanok.n@chula.ac.th

บทนำ

ด้านประชิดของฟันเป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุสูง เนื่องจากยากต่อการทำความสะอาด น้ำลายซึมผ่านเข้าไปได้น้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ¹ อีกทั้งลักษณะจุดสัมผัสของฟันเอื้อต่อการสะสมของคราบจุลินทรีย์ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์มีโอกาสดูดซับได้นานกว่าบริเวณอื่น และยังไม่มียาหรือวิธีการใดที่สามารถป้องกันการเกิดรอยผุในบริเวณนี้ได้อย่างสมบูรณ์

การตรวจวินิจฉัยรอยผุด้านประชิดในฟันหลังจำเป็นต้องอาศัยการถ่ายภาพรังสีชนิดกึ่งตัดขวาง เมื่อพบรอยผุด้านประชิดจำกัดอยู่ที่ชั้นเคลือบฟันจากภาพรังสี โอกาสพบเป็นรูผุทางคลินิกเพียงร้อยละ 0-10.5² ทันตแพทย์จะเฝ้าติดตามและควบคุมการลุกลามของรอยผุเป็นระยะ ร่วมกับการให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพช่องปากเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดรูผุ^{3,4} แต่รอยผุที่ไม่ได้รับการควบคุมการลุกลามจะลุกลามมากขึ้น^{1,5} หากรอยผุมีการลุกลามมากขึ้นจนพบวาร์รอยผุด้านประชิดอยู่ที่บริเวณครึ่งด้านนอกของชั้นเนื้อฟันจากภาพรังสีมีโอกาสพบเป็นรูผุทางคลินิกถึงร้อยละ 40.9 และหากรอยผุอยู่ที่บริเวณครึ่งด้านในของชั้นเนื้อฟันจากภาพรังสีทุกรอยผุจะพบเป็นรูผุทางคลินิก² เมื่อพบรูผุทางคลินิกที่ยากต่อการทำความสะอาด รูผุดังกล่าวจำเป็นต้องได้รับการรักษาโดยการบูรณะฟัน^{3,4} อย่างไรก็ตามการศึกษาวัดบูรณะฟันเรซิน

คอมโพสิตในฟันหลังในกลุ่มผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุสูงพบความล้มเหลวของวัสดุบูรณะร้อยละ 4.6 ต่อปีในระยะเวลา 10 ปี สาเหตุของความล้มเหลวส่วนใหญ่เกิดจากฟันผุ ลำดับรองมาคือการแตกของวัสดุบูรณะ⁶ ทำให้จำเป็นต้องมีการบูรณะฟันซ้ำ ดังนั้นการจัดการกับรอยผุด้านประชิดระยะแรกเริ่มตั้งแต่รอยผุยังคงอยู่ในชั้นเคลือบฟันโดยใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการปลดปล่อยฟลูออไรด์เพื่อคืนแร่ธาตุจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการยับยั้งการลุกลามไปสู่ชั้นเนื้อฟัน เพื่อป้องกันการเกิดรูผุทางคลินิกและจำเป็นต้องบูรณะฟันซ้ำที่สุด

ซิลเวอร์ไดอะไมน์ฟลูออไรด์เป็นสารที่รวมคุณสมบัติของฟลูออไรด์ความเข้มข้นสูงและคุณสมบัติในการต้านจุลชีพของซิลเวอร์เพื่อใช้เป็นสารยับยั้งฟันผุ (cariostatic agent)⁷ จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์อภิมานของ Gao และคณะในปีค.ศ. 2016 พบว่าซิลเวอร์ไดอะไมน์ฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 38 สามารถหยุดการลุกลามของรอยผุที่ชั้นเนื้อฟันได้ร้อยละ 65.9⁸ และเนื่องด้วยซิลเวอร์ไดอะไมน์ฟลูออไรด์ราคาไม่แพง ใช้เวลาในการทานน้อย ทำให้มีการใช้ซิลเวอร์ไดอะไมน์ฟลูออไรด์อย่างแพร่หลายและมีการศึกษาเพิ่มเติมเป็นจำนวนมาก แม้ว่าบริเวณรอยผุภายหลังการทาซิลเวอร์ไดอะไมน์ฟลูออไรด์จะติดสีอย่างถาวร⁹

จากการวิจัยในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) พบว่าการทาซิลเวอร์ไดอะมิน ฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 38 ร่วมกับยาสีฟันที่มีส่วนผสมของ ฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน สามารถส่งเสริมการคืนแร่ธาตุใน รอยผุระยะแรกเริ่มได้ดีกว่าการใช้ยาสีฟันที่มีส่วนผสมของฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วนเพียงอย่างเดียว¹⁰ และจากการวิจัยทางคลินิก ร่วมกับการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (*in situ*) พบว่าซิลเวอร์ไดอะมิน ฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 38 สามารถเพิ่มร้อยละค่าเฉลี่ยความหนาแน่นแร่ธาตุที่เปลี่ยนแปลงไปในรอยผุระยะแรกเริ่ม และมีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ¹¹

ในการติดตามการลุกลามของรอยผุด้วยวิธีการดูเปรียบเทียบระหว่างภาพรังสีก่อนและหลังที่ระยะเวลาต่าง ๆ เพื่อให้ทันตแพทย์ สามารถจัดการกับรอยผุด้านประชิดระยะแรกเริ่มได้ทันทั่วทั้งที่ ขึ้น กับความรู้และประสบการณ์ของผู้แปลผลภาพรังสี จึงมีคำแนะนำ ให้ใช้วิธีการซ้อนทับภาพรังสีชนิดดิจิทัล (digital subtraction radiography) ในการติดตามการลุกลามของรอยผุด้านประชิด เนื่องจากสามารถตรวจพบความเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุ แม้ว่า จะมีการเปลี่ยนแปลงไปเพียงแค่ร้อยละ 1-5 ใน 1 หน่วยปริมาตร¹² ในขณะที่การดูภาพรังสีเปรียบเทียบระหว่างภาพรังสีก่อนและหลังที่ ระยะเวลาต่าง ๆ สามารถตรวจพบความเปลี่ยนแปลงได้โดยนักรังสีวิทยาที่มีประสบการณ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอย่างน้อยร้อยละ 30-60¹³

ในปัจจุบันมีการศึกษาทางคลินิกจำนวนน้อยมากที่ศึกษาผลของซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์ต่อการหยุดการลุกลามหรือคืนแร่ธาตุ ในรอยผุที่ชั้นเคลือบฟันของฟันแท้ จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าพิกเซลเกรย์ (pixel grey value) ของรอยผุด้านประชิดระยะแรกเริ่มในฟันหลังแท้ที่ระยะ 6 เดือน ภายหลังการทาซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์และน้ำปราศจากเชื้อ (ยาหลอก) โดยการวิเคราะห์ภาพรังสีซ้อนทับชนิดดิจิทัล

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาทางคลินิกแบบแบ่งส่วนช่องปาก (split mouth design) มีการจัดกลุ่มด้วยวิธีสุ่มและมีกลุ่มควบคุม ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการ ศึกษาวิจัยในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (HREC-DCU 2019-020) และได้ผ่านการลงทะเบียนงานวิจัยแบบทดลองทางคลินิกประเทศไทย โดยอาสาสมัครและผู้แทน โดยขอธรรมในกรณีที่อาสาสมัครอายุต่ำกว่า 18 ปี ได้รับทราบ วัตถุประสงค์ วิธีการวิจัย รวมถึงผลต่าง ๆ ที่คาดว่าจะได้รับ จากคำอธิบายร่วมกับเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับอาสาสมัคร รวมทั้งได้ให้ความยินยอมเข้าร่วมการวิจัยเป็นลายลักษณ์อักษรแล้ว

ขนาดตัวอย่าง

การหาขนาดตัวอย่างคำนวณจากโปรแกรม G*Power version 3.0.10 โดยใช้การศึกษาของ Carneiro และคณะ¹⁴ กำหนด

ค่าความคลาดเคลื่อนที่ไม่ยอมรับสมมติฐานทั้งที่สมมติฐานเป็นจริง (type-I error, α) เท่ากับ 0.05 และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับสมมติฐานทั้งที่สมมติฐานไม่เป็นจริง (type-II error, β) เท่ากับ 0.2 ได้ขนาดตัวอย่าง 26 คน ประกอบกับอาจมีการสูญเสียตัวอย่างไปในระหว่างการศึกษาดังนั้นจึงใช้ขนาดตัวอย่างจำนวน 30 คน

การคัดเลือกอาสาสมัคร

อาสาสมัครในการศึกษานี้เป็นผู้ป่วยที่มารับการรักษาทางทันตกรรมที่คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงปีพ.ศ. 2562-2563 ที่สนใจและสมัครใจเข้าร่วมโครงการ โดยการศึกษาครั้งนี้มีอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าจำนวน 30 คน อายุตั้งแต่ 13 - 30 ปี อยู่ในชุดฟันแท้ ฟักอาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร หรือเขตปริมณฑลที่มีระดับฟลูออไรด์ในน้ำประปาไม่เกิน 0.3 ส่วนในล้านส่วน ไม่มีโรคประจำตัว หรือไม่อยู่ระหว่างการได้รับยารักษาโรคใด ๆ ที่มีผลต่ออัตราการไหลของน้ำลาย มีอัตราการไหลของน้ำลายขณะพักปกติ (0.3 - 0.4 มิลลิลิตรต่อนาที)¹⁵ ไม่มีโรคปริทันต์อักเสบ หรือโรคในช่องปากอื่น ๆ ไม่ได้อยู่ระหว่างการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน มีการเรียงตัวของฟันปกติ และไม่มีประวัติแพ้โลหะเงิน โดยมีรอยผุด้านประชิดไม่เกินรอยต่อเนื้อฟัน-เคลือบฟัน (dentino-enamel junction) หรือจำแนกตาม International Caries Detection and Assessment System (ICDAS) อยู่ในระดับ RA1 หรือ 2¹⁶ ที่ด้านไกลกลางของฟันกรามน้อยซี่ที่ 1 ไปจนถึงด้านใกล้กลางของฟันกรามซี่ที่ 2 อย่างน้อย 2 ซี่ที่อยู่คนละจุดภาค และต้องสัมผัสกับด้านประชิดของฟันซี่ข้างเคียงที่ไม่ได้รับการบูรณะฟันใด ๆ จากภาพรังสีดิจิทัลชนิดกัดบึก

การจัดกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยจัดกลุ่มรอยผุด้านประชิดในอาสาสมัครแต่ละคนออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 1 รอยผุ ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple randomization) โดยจับสลากครั้งที่ 1 เพื่อเลือกจุดภาค แล้วจับสลากครั้งที่ 2 เพื่อเลือกรอยผุในจุดภาคนั้น จากนั้นสุ่มลูกบิ๊งเพื่อจัดกลุ่มว่ารอยผุด้านประชิดนั้นอยู่ในกลุ่มทดลองหรือกลุ่มควบคุม จากนั้นจับสลากอีกครั้งด้วยวิธีการเดียวกันเพื่อเลือกรอยผุด้านประชิดอีกรอยผุหนึ่งให้เป็นกลุ่มตัวอย่างกลุ่มตรงข้าม

การถ่ายภาพรังสีที่ระยะเริ่มต้น (baseline)

อาสาสมัครได้รับการถ่ายภาพรังสีดิจิทัลชนิดกัดบึกจากทันตแพทย์ที่ได้รับการฝึกฝนในการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ มาเป็นอย่างดี โดยใช้เครื่องถ่ายภาพรังสี (Planmeca ProX™, ประเทศสหรัฐอเมริกา) กำหนดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 60 เควีพี (kVp: Kilo-Voltage Peak) ค่ากระแสไฟฟ้า 7 มิลลิแอมแปร์ (mA) ระยะเวลาในการถ่ายภาพรังสี (exposure time) 0.2 วินาที ใช้แผ่นรับภาพรังสีชนิดดิจิทัลแบบไร้สาย (Photostimulable Phosphor Plate: PSP) CS 7600 (Carestream Dental, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

ขนาด 2 บรรจุอยู่ในช่องหุ้ม ผู้วิจัยเลือกใช้อุปกรณ์ช่วยคงตำแหน่งในการถ่ายภาพรังสีร่วมกับวัสดุบันทึกการสบฟัน Silagum (DMG, ประเทศเยอรมนี) นำไปใส่ไว้ที่ bite plate รูปตัว U 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่งฟันหน้าบน ฟันหลังบนและล่างของด้านตรงข้ามที่ไม่ได้ถ่ายภาพรังสี จากนั้นทำการถ่ายภาพรังสี ณ ตำแหน่งรอยผุด้านประชิดของฟันที่ใช้ศึกษา โดยกำหนดระยะห่างระหว่างแผ่นรับภาพรังสี aiming ring และปากกระบอกรังสีให้คงที่ตลอดระยะเวลาการศึกษา จากนั้นแผ่นรับภาพรังสีจะได้รับแสงสแกนด้วยเลเซอร์ทันที โดยใช้เครื่องสแกน CS7600 (Carestream Dental, ประเทศสหรัฐอเมริกา) ตั้งค่าความละเอียดในการสแกนแบบสูง (high resolution) ซึ่งการศึกษานี้ใช้เครื่องถ่ายภาพรังสีและเครื่องสแกนเครื่องเดียวตลอดระยะเวลาการศึกษา

การตรวจฟัน การทำแบบประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุ และให้ทันตสุขศึกษา

ทันตแพทย์ทำการซักประวัติและตรวจฟัน ตามแบบบันทึกข้อมูลของอาสาสมัครและแบบประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุ¹⁷ และสอนอาสาสมัครแปรงฟันด้วยวิธีขยับปิด (modified Bass technique) และใช้ไหมขัดฟัน

การตรวจลักษณะของรอยผุทางคลินิก

อาสาสมัครได้รับการแยกฟันชั่วคราวด้วยยางสำหรับแยกฟันหน้า 1 มิลลิเมตรที่ตำแหน่งรอยผุด้านประชิดที่ใช้ศึกษาเป็นเวลา 2 วัน เมื่อครบกำหนดทันตแพทย์ที่ได้รับการฝึกฝนและปรับมาตรฐานการตรวจลักษณะรอยผุทางคลินิกกับผู้เชี่ยวชาญจะนำยางสำหรับแยกฟันออก ใช้ผ้าก๊อชทำความสะอาดด้านประชิดของฟันเป่าฟันให้แห้ง กันน้ำลายด้วยผ้าก๊อช เป่าฟันให้แห้งอีกครั้ง จากนั้นทำการตรวจรอยผุด้านประชิดโดยตรงด้วยตาและใช้เครื่องมือตรวจเพื่อยืนยันว่ารอยผุนั้นยังไม่เป็นรู หรือจำแนกรอยผุตาม ICDAS อยู่ในระดับ 1 หรือ 2 และเป็นรอยผุที่มีการดำเนินโรค (active) ซึ่งมีลักษณะคือ พบว่าผิวเคลือบฟันมีสีขาวหรือเหลืองขุ่น ไม่มันเงา เมื่อใช้เครื่องมือตรวจลากผ่านจะรู้สึกหยาบ¹⁶

การใส่สีทดลอง

ทันตแพทย์พับผ้าก๊อช 1 ทบในแนวยาวใส่ในซอกฟัน แล้วทำความสะอาดด้านประชิดของฟันในลักษณะเดียวกับการใช้ไหมขัดฟัน เป่าฟันให้แห้ง กันน้ำลายด้วยผ้าก๊อช เป่าฟันให้แห้งอีกครั้ง ทาปิโตรเลียมเจลลี่บริเวณริมฝีปากและเนื้อเยื่ออ่อนบริเวณใกล้เคียงเพื่อป้องกันการติดสีและระคายเคือง แล้วใช้พู่กันขนาดเล็กจุ่มซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 38 (Saforide, Toyo Seiyaku Kasei Co. Ltd., ประเทศญี่ปุ่น) ทาถูไปมานาน 1 นาทีบริเวณรอยผุด้านประชิดที่เป็นกลุ่มทดลอง แล้วเป่าเบา ๆ จนแห้ง และใช้ท่อดูดน้ำลายเพื่อกำจัดสารส่วนเกินและป้องกันการปนเปื้อน จากนั้นเช็ดส่วนเกินของซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์และปิโตรเลียมเจลลี่

ออกด้วยผ้าก๊อช ส่วนรอยผุด้านประชิดที่เป็นกลุ่มควบคุม (ยาหลอก) จะทาด้วยน้ำปราศจากเชื้อโดยมีลำดับขั้นตอนเช่นเดียวกับการทาสิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์ โดยผู้ช่วยทันตแพทย์เป็นผู้เตรียมสารให้ทันตแพทย์และอาสาสมัครไม่ทราบว่าฟันซี่ใดอยู่ในกลุ่มตัวอย่างใด

อาสาสมัครต้องงดดื่มน้ำหรือรับประทานอาหารอย่างน้อย 30 นาทีหลังทาสาร ในระหว่างการวิจัยต้องแปรงฟันอย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง (เช้าและก่อนนอน) แต่แต่ละครั้งใช้เวลาอย่างน้อย 2 นาที ด้วยยาสีฟันที่มีฟลูออไรด์ความเข้มข้น 1,000 ส่วนในล้านส่วน¹⁸ บิบบยาสีฟันเติมหน้าตัดแปรงสีฟัน บ้วนน้ำ 1 ครั้งหลังแปรงฟัน งดดื่มน้ำหรือรับประทานอาหารอย่างน้อย 30 นาที และใช้ไหมขัดฟันวันละ 1 ครั้งก่อนแปรงฟันทุกวัน รวมทั้งดื่มน้ำยาบ้วนปากหรือฟลูออไรด์เสริมทุกรูปแบบ

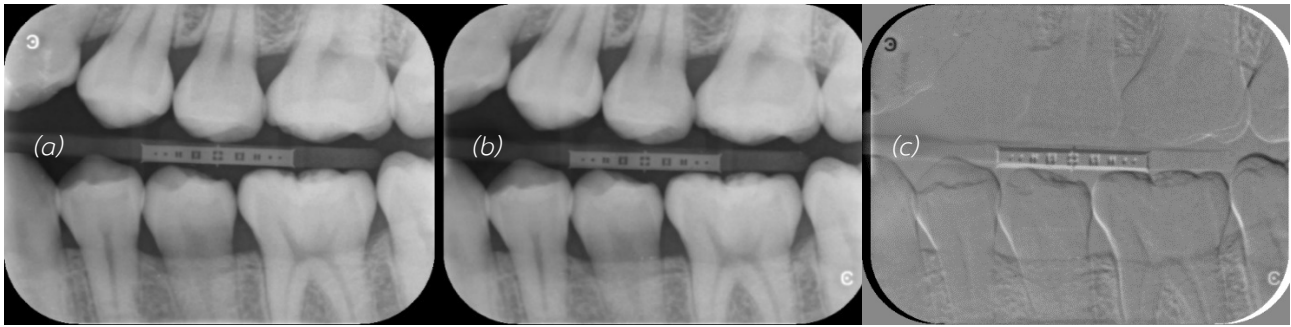
การติดตามผลที่ระยะ 6 เดือน

อาสาสมัครได้รับการถ่ายภาพรังสีดิจิทัลชนิดกักปิดกั้นเพื่อติดตามผลการรักษา โดยใช้อุปกรณ์ช่วยคงตำแหน่งในการถ่ายภาพรังสีร่วมกับวัสดุบันทึกการสบฟันของอาสาสมัครแต่ละคน ใช้อุปกรณ์และการตั้งค่าอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่นเดียวกับระยะเริ่มต้น โดยทันตแพทย์ท่านเดิม ในกรณีที่พบว่ารอยผุมิการลุกลามเข้าไปมากกว่า 1 ใน 3 ของความหนาของชั้นเนื้อฟัน อาสาสมัครจะถูกคัดออกจากการศึกษาและได้รับการบูรณะฟันซี่นั้นต่อไป

การวัดผลการศึกษา

ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Image-Pro Plus (Version 7.0; Media Cybernetics; Rockville, MD, ประเทศสหรัฐอเมริกา) บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ (HP, LE2201W) ขนาด 22 นิ้ว ตั้งค่าความละเอียดของหน้าจอที่ 1,680 x 1,050 พิกเซล ตั้งค่าความสว่างของหน้าจอ (brightness) ที่ 30 และปิดไฟทุกดวงภายในห้องขณะวัดผลการศึกษา ภาพรังสีดิจิทัลชนิดกักปิดกั้นจะถูกบันทึกเป็นไฟล์นามสกุล tagged image file format (.tiff) ขนาด 652 x 490 พิกเซล ความละเอียดของภาพ (resolution) ในแนวตั้งและแนวนอน 96 จุดต่อนิ้ว (Dots Per Inch: DPI) และแปลงเป็นไฟล์ชนิด grey scale 8 bit

ภาพรังสีที่ระยะ 6 เดือน (BW₆) ต้องถูกปรับตำแหน่งและจัดวางแนวใหม่ ทั้งการหมุนภาพ (rotation) และการเคลื่อนภาพไปในแนวแกน X-Y เพื่อจัดให้รอยผุด้านประชิดที่ใช้ในการศึกษานบน BW₀ ซ้อนทับกันได้สนิทกับรอยผุด้านประชิดที่ใช้ในการศึกษานบนภาพรังสีที่ระยะเริ่มต้น (BW₀) โดยทำที่ระดับขยายร้อยละ 200 เกิดเป็นภาพรังสีที่ระยะ 6 เดือนที่ผ่านการปรับตำแหน่งและจัดวางแนวแล้ว (BW_{6-align}) จากนั้นทำการซ้อนทับภาพรังสีโดยซ้อนทับ BW_{6-align} ลงบน BW₀ เกิดเป็นภาพซ้อนทับของภาพรังสี (subtracted radiograph) ของรอยผุด้านประชิดระหว่างภาพรังสีที่ระยะเริ่มต้นกับที่ระยะ 6 เดือน (BW_{subtraction:0-6}) (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ภาพรังสีชนิดกัดปีก แสดงรอยผุ 25M (a) ภาพรังสีระยะเริ่มต้น (BW_0) (b) ภาพรังสีระยะ 6 เดือนที่ได้การปรับตำแหน่งและจัดวางแนวใหม่ ($BW_{6-align}$) (c) ภาพรังสีซ้อนทับ ($BW_{subtraction:0-6}$)

Figure 1 Digital bitewing radiograph of 25M lesion (a) baseline image (BW_0) (b) 6-month positioned and aligned image ($BW_{6-align}$) (c) subtraction image ($BW_{subtraction:0-6}$)

ทันตแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านรังสีวิทยาช่องปากวาดขอบเขต (AOI: area of interest) ของรอยผุด้านประชิดที่ปรากฏใน BW_0 และ $BW_{6-align}$ ที่ระดับขยายร้อยละ 200 โดยไม่ทราบว่ารอยผุนั้นอยู่ในกลุ่มตัวอย่างใด จากนั้นเลือก AOI ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดไปวางบนภาพ $BW_{subtraction:0-6}$ โปรแกรมจะแสดงค่าพิกเซลเกรย์ของรอยผุด้านประชิด (PG_{caries}) บนภาพ $BW_{subtraction:0-6}$ จากการวัดหลังจากนั้น 7 วัน ทันตแพทย์จะดำเนินการขั้นตอนข้างต้นซ้ำอีกครั้ง

ทันตแพทย์กำหนด AOI เป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 10×10 พิกเซลไปวางบน BW_0 ณ ตำแหน่งเนื้อฟันปกติบนพื้นที่ศึกษาที่ระดับขยายร้อยละ 200 (AOI_{dentin}) จากนั้นนำไปวางบน $BW_{subtraction:0-6}$ โดยโปรแกรมจะแสดงค่าพิกเซลเกรย์ ($PG_{dentin0-6}$)

เนื่องจากภาพรังสีดิจิทัลชนิดกัดปีกที่ถ่ายแต่ละระยะเวลามีระดับความเข้มของระดับสีเทาแตกต่างกัน แม้ว่าจะมีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เป็นอย่างดี เพื่อให้สามารถนำค่า PG_{caries} ไปเปรียบเทียบกันได้ จึงต้องมีการปรับให้เป็นค่ามาตรฐาน (normalize) ก่อน โดยใช้หลักการที่ว่าหากนำภาพรังสีก่อนและหลังมาซ้อนทับกัน ในบริเวณที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ จะมีค่าความหนาแน่นแร่ธาตุอยู่ที่ 128^{19} ดังนั้น AOI_{dentin} บนภาพ $BW_{subtraction:0-6}$ เป็นบริเวณที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ควรมีค่าพิกเซลเกรย์เท่ากับ 128 จึงต้องปรับค่า PG_{caries} ด้วยค่ามาตรฐาน ตามสูตร

$$PG_{caries0-6-normalize} = \frac{128 \times PG_{caries0-6}}{PG_{dentin0-6}}$$

โดยนำค่าพิกเซลเกรย์ที่ได้จากการวัด 2 ครั้งมาหาค่าเฉลี่ยสถิติที่ใช้ในงานวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในการศึกษานี้ใช้โปรแกรม IBM SPSS statistics version 22 (SPSS for Windows; Chicago, IL, ประเทศสหรัฐอเมริกา) ใช้สถิติ Chi-square test เพื่อทดสอบการกระจายของตำแหน่งรอยผุด้านประชิดระยะแรกเริ่มระหว่างกลุ่มตัวอย่าง ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย $PG_{caries0-6-normalize}$ ระหว่าง

กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กรณีข้อมูลมีการกระจายแบบปกติจะใช้สถิติ paired T-test ในทางตรงกันข้ามกรณีข้อมูลมีการกระจายแบบไม่ปกติจะใช้สถิติ Wilcoxon signed rank test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05

การทดสอบระดับความเชื่อถือได้ในผู้วิจัย (intra-examiner reliability) ทำการสุ่มตัวอย่างร้อยละ 20 ของจำนวนอาสาสมัครทั้งหมด นำมาเทียบมาตรฐานในการเลือก AOI ของรอยผุด้านประชิด โดยทำการวัด 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 1 สัปดาห์ พบว่าในการวัดค่าพิกเซลเกรย์ของรอยผุและขนาดของ AOI มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass Correlation Coefficient: ICC) อยู่ที่ 0.927 และ 0.803 ซึ่งถือว่ามีความสอดคล้องในการวัดผลอยู่ในระดับดีมากและระดับดี ตามลำดับ²⁰

ผลการศึกษา

การศึกษานี้มีอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าจำนวน 30 คน ประกอบด้วยเพศชาย 12 คน (ร้อยละ 40.0) และเพศหญิง 18 คน (ร้อยละ 60.0) อายุเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) 20.3 ± 3.4 ปี และมีอัตราการไหลของน้ำลายขณะพัก 0.6 ± 0.3 มิลลิลิตร/นาที โดยตำแหน่งรอยผุในขากรรไกร ชนิดฟัน ด้านของขากรรไกร และด้านของฟัน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีการกระจายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อสิ้นสุดการศึกษาที่ระยะ 6 เดือน ไม่มีอาสาสมัครคนใดถอนตัวหรือถูกคัดออกจากการศึกษา และไม่พบรายงานผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ของสารที่ใช้ในการศึกษา

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย $PG_{caries0-6-normalize}$ ของรอยผุด้านประชิดบน $BW_{subtraction:0-6}$ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่ระยะ 6 เดือนหลังใส่สิ่งทดลองให้อาสาสมัคร พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ตำแหน่งรอยผุด้านประชิดที่ใช้ในการศึกษา

Table 1 Distribution of carious lesions in the present study

รอยผุด้านประชิด ที่ใช้ในการศึกษา	ซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์ n (%) (n=30)	น้ำปราศจากเชื้อ n (%) (n=30)	p-value*
ขากรรไกร			
- บน	10 (33.3)	14 (46.7)	0.430
- ล่าง	20 (66.7)	16 (53.3)	
ชนิดฟัน			
- ฟันกรามน้อย	16 (53.3)	16 (53.3)	1.000
- ฟันกราม	14 (46.7)	14 (46.7)	
ด้านของขากรรไกร			
- ซ้าย	18 (60.0)	13 (43.3)	0.301
- ขวา	12 (40.0)	17 (56.7)	
ด้านของฟัน			
- ไกลกลาง	12 (40.0)	17 (56.7)	0.301
- ใกล้กลาง	18 (60.0)	13 (43.3)	

*Chi-square test

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยพิกเซลเกรย์ของรอยผุด้านประชิดบนภาพรังสีซ้อนทับ ($BW_{subtraction:0-6}$) ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง

Table 2 Mean pixel grey values of initial proximal caries on subtraction image ($BW_{subtraction:0-6}$) between groups

กลุ่มตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยพิกเซลเกรย์ (mean \pm sd)		p-value*
	ค่ามาตรฐาน	ภาพรังสีซ้อนทับ ($PG_{caries0-6-normalize}$)	
ซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์	128	129.8 \pm 3.9	0.115
น้ำปราศจากเชื้อ	128	128.2 \pm 5.1	

*paired T-test

บทวิจารณ์

การทดสอบแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าพิกเซลเกรย์ของรอยผุด้านประชิดระยะแรกเริ่มในฟันหลังแท้ที่ระยะ 6 เดือนภายหลังการทาซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์และน้ำปราศจากเชื้อ โดยการวิเคราะห์ภาพรังสีซ้อนทับชนิดดิจิทัลพบว่าค่าเฉลี่ยพิกเซลเกรย์ของรอยผุด้านประชิดของกลุ่มทดลองไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การศึกษานี้เลือกใช้วิธีการประเมินการลุกลามของรอยผุด้านประชิดระยะแรกเริ่มจากการซ้อนทับภาพรังสีชนิดดิจิทัลระหว่างภาพรังสีที่ระยะเริ่มต้นกับที่ระยะติดตามผล เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความถูกต้องในการวินิจฉัยมากกว่าวิธีการที่ทันตแพทย์ใช้กันโดยทั่วไป^{14,21} มีความไวในการตรวจพบความเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุ¹² อีกทั้งวิธีการนี้เป็นวิธีการที่สามารถใช้ในการตรวจหาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ความยาว ฟันที่ และความหนาแน่นได้²² ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีระดับการวัดเป็นมาตรวัดแบบช่วง จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมเพื่อใช้ติดตามการลุกลามของรอยผุด้านประชิดระยะแรกเริ่มจาก

การวัดความหนาแน่นแร่ธาตุของรอยผุด้วยการวัดค่าพิกเซลเกรย์ตามหลักการของวิธีซ้อนทับภาพรังสีที่ว่าในบริเวณที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ จะมีค่าเฉลี่ยเกรย์สเกลอยู่ที่ 128 จากระดับของสีเทาทั้งหมด 256 ระดับ ส่วนบริเวณที่มีความหนาแน่นแร่ธาตุเพิ่มขึ้นจะมีค่าเฉลี่ยเกรย์สเกลมากกว่า 128 ในทางตรงข้ามบริเวณที่มีความหนาแน่นแร่ธาตุลดลงจะมีค่าเฉลี่ยเกรย์สเกลน้อยกว่า 128¹⁹

ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความถูกต้องในการวัดผล จำเป็นต้องควบคุมมาตรฐานการถ่ายภาพรังสีชนิดกัดปักที่ระยะเริ่มต้นและที่ระยะติดตามผล โดยการศึกษาที่ใช้อุปกรณ์ช่วยคงตำแหน่งในการถ่ายภาพรังสีร่วมกับวัสดุบันทึกการสบฟันของอาสาสมัครแต่ละคน เพื่อให้สามารถถ่ายภาพรังสีที่ตำแหน่งเดิมได้ มีการใช้อุปกรณ์เครื่องเดิมและตั้งค่าอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่นเดียวกับระยะเริ่มต้น เนื่องจากการตั้งค่าอุปกรณ์ที่แตกต่างไปจากเดิมส่งผลต่อความดำของภาพ (contrast) และการที่ถ่ายภาพรังสีไม่ได้มุมเดิมส่งผลต่อการวิเคราะห์และทำให้ไม่สามารถซ้อนทับภาพรังสีได้

แม้ว่าจะมีการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เป็นอย่างดี ภาพรังสีดิจิทัลชนิดกึ่งอัตโนมัติที่ถ่ายแต่ละระยะเวลา มีระดับความเข้มของระดับสีเทาแตกต่างกัน จึงต้องมีการปรับให้เป็นค่ามาตรฐานก่อน เพื่อให้สามารถนำค่าพิกเซลเกรย์ที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกันได้

การศึกษาทางคลินิกนี้ออกแบบการศึกษาเป็นแบบแบ่งส่วนช่องปาก ทำให้รอยผุด้านประชิดระยะแรกเริ่มในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอยู่ในสภาวะแวดล้อมช่องปากที่เหมือนกันทุกประการ เพื่อลดความผันแปรหรือความแตกต่างระหว่างบุคคล จึงสามารถควบคุมตัวแปรกวน เช่น พฤติกรรมในการบริโภคอาหาร ลักษณะอาหารที่บริโภค และพฤติกรรมการดูแลความสะอาดช่องปากของอาสาสมัคร ทั้งนี้การออกแบบงานวิจัยต้องระมัดระวังไม่ให้สิ่งทดลองจากส่วนของช่องปากหนึ่งไปมีผลในส่วนอื่นของช่องปาก (carry-across effect) ในการศึกษาครั้งนี้ดำเนินการโดยใช้ฟูกันขนาดเล็กทาสารทดลองบนรอยผุไม่เกิน 5 ไมโครลิตร ซึ่งเป็นปริมาณที่แนะนำโดยทันตแพทย์สมาคมแห่งประเทศไทย²³ และใช้ท่อดูดน้ำลายเพื่อกำจัดสารส่วนเกิน

หลักการจัดการฟันโดยการรักษาเคลือบฟันและเนื้อฟันให้มากที่สุด (minimal intervention dentistry) แนะนำการใช้สารเพื่อควบคุมการลุกลามของรอยผุในรอยผุที่ยังไม่พบเป็นรูผุทางคลินิก โดยการคืนกลับแร่ธาตุผิวฟันหรือการผนึกรอยผุ (sealing)^{4,24} เช่น การใช้ฟลูออไรด์วาร์นิช (fluoride varnish)²⁵⁻²⁷ การใช้กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Glass Ionomer Cement: GIC)¹ การฉีกด้วยเรซิน (resin)²⁷⁻²⁹ และการใช้เรซินชนิดแทรกซึม (resin infiltration)^{5,30} เพื่อป้องกันการผุลุกลามต่อจนเกิดเป็นรูผุทางคลินิกและจำเป็นต้องบูรณะฟันในที่สุด ทั้งนี้จากการศึกษาของ Pitts และ Rimmer ในปี ค.ศ.1992 พบว่า เมื่อพบรอยผุด้านประชิดจำกัดอยู่ที่ชั้นนอกของเคลือบฟันจากภาพรังสี ไม่พบเป็นรูผุทางคลินิก เมื่อพบรอยผุด้านประชิดจำกัดอยู่ที่ชั้นในของเคลือบฟันจากภาพรังสี โอกาสพบเป็นรูผุทางคลินิกเพียงร้อยละ 10.5 และรอยผุด้านประชิดอยู่ที่บริเวณครึ่งด้านนอกของชั้นเนื้อฟันจากภาพรังสีมีโอกาสพบเป็นรูผุทางคลินิกถึงร้อยละ 40.9 อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ไม่ได้ระบุลักษณะการดำเนินโรคของรอยผุ และระดับความเสี่ยงในการเกิดฟันผุของผู้ป่วย² การศึกษาสารเพื่อควบคุมการลุกลามของรอยผุไม่ให้เกิดเป็นรูผุจนต้องบูรณะฟันจึงมักทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีรอยผุในระดับชั้นเคลือบฟัน^{1, 25-27} ถึงชั้นนอกของเนื้อฟัน^{5, 28-31} การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของซิลเวอร์ไอโอดีนฟลูออไรด์ต่อการหยุดการลุกลามหรือคืนแร่ธาตุในรอยผุระยะแรกเริ่มก่อนที่จะพบเป็นรูผุทางคลินิก จึงคัดกลุ่มตัวอย่างรอยผุที่มีการดำเนินโรคในชั้นเคลือบฟันเข้ามาทำการศึกษา

ซิลเวอร์ไอโอดีนฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 38 ที่ใช้ในการศึกษานี้ ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน ได้แก่ ฟลูออไรด์ไอโอดีนความเข้มข้น 44,800 ส่วนในล้านส่วน และซิลเวอร์ไอโอดีนความเข้มข้น 253,870 ส่วนในล้านส่วน³² ส่วนโมเลกุลของแอมโมเนีย

(ammonia molecules) ที่เติมเข้ามาจะไปจับกับซิลเวอร์ไอออน เกิดเป็นไดอะมีนซิลเวอร์ไอออน (diamine-silver ion) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อน และมีความเสถียร³³ จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์ทอิกมานของ Gao และคณะ ในปีค.ศ. 2016 พบว่าซิลเวอร์ไอโอดีนฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 38 สามารถหยุดการลุกลามของรอยผุที่ชั้นเนื้อฟันได้ร้อยละ 65.9³ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีการศึกษาทางคลินิกจำนวนน้อยมากที่ศึกษาผลของซิลเวอร์ไอโอดีนฟลูออไรด์ต่อการหยุดการลุกลามหรือคืนแร่ธาตุในรอยผุที่ชั้นเคลือบฟันของฟันแท้ ส่วนยาหลอกที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้คือ น้ำปราศจากเชื้อ ซึ่งไม่มีคุณสมบัติหยุดยั้งหรือทำให้เกิดการคืนแร่ธาตุแก่รอยผุได้ แต่มีลักษณะทางกายภาพเป็นของเหลวใสไม่มีสีใกล้เคียงกับซิลเวอร์ไอโอดีนฟลูออไรด์ จึงนำมาใช้เพื่อต้องการอำพราง (blinding) ทันตแพทย์และอาสาสมัครที่ไม่ทราบว่ารอยผุที่อยู่บนฟันชิ้นนั้น ๆ ได้รับการทาสารใด อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้ให้ทันตสุขศึกษาแก่อาสาสมัครที่ระยะเริ่มต้น

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้เป็นกลุ่มเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุสูง เนื่องจากปัจจัยการรับประทานระหว่างมื้อที่มีน้ำตาล ทำให้เกิดการละลายแร่ธาตุจากผิวฟัน โดยประเมินที่ระยะเริ่มต้นเฉลี่ย 2.0 ± 1.1 ครั้งต่อวัน และที่ระยะ 6 เดือน เฉลี่ย 2.0 ± 1.3 ครั้งต่อวัน อย่างไรก็ตามกลุ่มตัวอย่างนี้แปรงฟันโดยใช้ยาสีฟันที่มีฟลูออไรด์ที่ระยะเริ่มต้นและที่ระยะ 6 เดือน เฉลี่ย 2.0 ครั้ง/วัน ซึ่งมีผลส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุ จะเห็นได้ว่าผลจากปัจจัยเสี่ยงในการเกิดฟันผุและการดูแลสุขภาพช่องปาก ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยพิกเซลเกรย์ของกลุ่มควบคุมที่ระยะเวลา 6 เดือนใกล้เคียงกับเริ่มต้น แต่การทาสิลเวอร์ไอโอดีนฟลูออไรด์ให้ค่าเฉลี่ยพิกเซลเกรย์สูงขึ้น ซึ่งแสดงถึงการส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุ อย่างไรก็ตามทั้งสองกลุ่มนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องจากระยะเวลาติดตามผลไม่นานพอที่จะทำให้พบความแตกต่างทางสถิติ

ผลการศึกษาของการทาสิลเวอร์ไอโอดีนฟลูออไรด์ในการศึกษานี้ทำให้ค่าเฉลี่ยพิกเซลเกรย์จากภาพรังสีขึ้นทึบสูงขึ้น เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการวิจัยทางคลินิกร่วมกับการศึกษาในห้องปฏิบัติการของ Nantane และคณะ ในปีค.ศ. 2016 ที่ประเมินผลการคืนกลับแร่ธาตุในรอยผุระยะแรกเริ่มระหว่างการใช้ซิลเวอร์ไอโอดีนฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 38 (Safotide) กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Fuji VII, GC Corporation, โตเกียว, ประเทศญี่ปุ่น) และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการทาสาร โดยการวัดร้อยละความหนาแน่นแร่ธาตุที่เปลี่ยนแปลงไปโดยใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโครเมตร (microcomputed tomography) จากรอยผุจำลองบนชิ้นฟันส่วนเคลือบฟันที่นำมาจากด้านประชิดของฟันกรามน้อยแท้ โดยนำไปติดไว้บนแบร็กเกต (bracket) ที่ฟันกรามแท้บนด้านแก้มในปากอาสาสมัครด้านละ 1 ชิ้น เป็นเวลา 28 วันในแต่ละรอบการทดลอง โดยมีระยะพักระหว่างรอบการทดลอง (washout period) เป็น

เวลา 7 วัน โดยออกแบบการติดตามขึ้นเพื่อให้มีลักษณะใกล้เคียงกับด้าน
ประชิดของฟัน โดยทำในอาสาสมัครจำนวน 16 คน ผลการศึกษา
พบว่าสารทั้ง 2 ชนิดสามารถเพิ่มร้อยละความหนาแน่นแร่ธาตุที่
เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยได้ใกล้เคียงกัน และมีความแตกต่างจากกลุ่ม
ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ร้อยละความหนาแน่นแร่ธาตุที่
เปลี่ยนแปลงไปเฉลี่ยของกลุ่มที่ทาซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์ กลุ่ม
ที่ทาไกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ กลุ่มควบคุมของซิลเวอร์ไดอะมิน
ฟลูออไรด์ และกลุ่มควบคุมของไกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เท่ากับ 39.5 ± 20.4 , 20.2 ± 19.2 , 2.3 ± 23.5 และ -10.3 ± 29.0 ตามลำดับ)¹¹

นอกจากนี้การศึกษาเชิงวิเคราะห์ย้อนหลังของ Polacek
และคณะ ในปีค.ศ. 2021 ทำการศึกษาการลุกลามของรอยผุด้าน
ประชิดระยะแรกเริ่มในฟันแท้ภายหลังการทาซิลเวอร์ไดอะมิน
ฟลูออไรด์ในรอยผุด้านประชิดที่ยังไม่เป็นรูที่มีลักษณะทางภาพรังสี
จำแนกตาม ICDAS ระดับ R0 RA1 RA2 หรือ RA3 จากบันทึก
การรักษาของผู้ป่วยและติดตามระดับการดำเนินโรคจากภาพรังสี
เป็นระยะเวลาเฉลี่ย 13.6 ± 6.8 เดือน พบว่ารอยผุกลุ่มที่ได้รับการ
ทาซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์มีการลุกลามของรอยผุร้อยละ 23.6
และกลุ่มที่ไม่ได้รับการทาซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์มีการลุกลามของ
รอยผุร้อยละ 38.1 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($p < 0.001$) และกลุ่มที่ไม่ได้รับการทาซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์
เสี่ยงต่อการลุกลามของรอยผุเป็น 2.8 เท่าเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการ
ทาซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์ จึงสรุปว่าซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์
อาจมีผลลดการลุกลามของรอยผุด้านประชิดระยะแรกเริ่มในฟันแท้
ในกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุสูง อย่างไรก็ตามการศึกษานี้
ไม่ระบุสัดส่วนระดับรอยโรคเริ่มต้นของทั้งสองกลุ่ม³¹ แสดงให้เห็นว่า
ถ้าทำการศึกษาในระยะเวลายาวนานขึ้นเช่นการศึกษานี้อาจพบความ
แตกต่างระหว่างการทาซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์และกลุ่มควบคุม

ข้อจำกัดของการศึกษานี้คือ การศึกษานี้มีระยะเวลาดูตาม
ผลเพียง 6 เดือน จึงไม่สามารถนำไปสรุปผลของซิลเวอร์ไดอะมิน
ฟลูออไรด์ต่อการคืนแร่ธาตุของรอยผุด้านประชิดในระยะยาวได้ จากการ
ศึกษาความถี่ในการทาซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์ที่รอยผุในชั้นเนื้อฟัน
พบว่า การทาซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์ปีละ 2 ครั้งมีผลยับยั้งการ
ลุกลามของรอยผุได้ 1.3 เท่าเมื่อเทียบกับการทาสารปีละครั้งอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ³⁴ ดังนั้นหากมีการศึกษาต่อไปในอนาคต ควรศึกษา
ผลของความถี่ในการทาซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์และเพิ่มระยะเวลา
ในการติดตามผล โดยนำเอาวิธีการศึกษาและวิธีวัดผลนี้ไปปรับปรุง
และประยุกต์ใช้ต่อไป และควรใส่ยาสำหรับแยกฟันซี่ที่ระยะ
ติดตามผลเพื่อตรวจลักษณะทางคลินิกของรอยผุด้านประชิดโดยตรง

บทสรุป

1. ค่าเฉลี่ยพิทเทลเลอร์ของรอยผุด้านประชิดระยะแรก
เริ่มในฟันหลังแท้ที่ระยะ 6 เดือนภายหลังการทาซิลเวอร์ไดอะมิน

ฟลูออไรด์และน้ำปราศจากเชื้อ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ

2. การทาซิลเวอร์ไดอะมินฟลูออไรด์บนรอยผุด้านประชิด
ระยะแรกเริ่มในฟันหลังแท้ ไม่มีผลเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้ง
การลุกลามของรอยผุที่ต่างไปจากการสอนแปรงฟันและการสอน
ใช้ไหมขัดฟัน เมื่อติดตามผลที่ระยะ 6 เดือน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนโดยทุนอุดหนุนการวิจัย
อาจารย์ (DRF64016) คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชารังสีวิทยา
ผู้ช่วยทันตแพทย์ประจำคลินิกทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะ
ทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เจ้าหน้าที่ศูนย์วิเคราะห์
และวิจัยทันตชีววัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในระหว่างการทำวิจัย
มา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

1. Trairatvorakul C, Itsaraviriyakul S, Wiboonchan W. Effect of Glass-ionomer Cement on the Progression of Proximal Caries. *J Dent Res* 2011;90(1):99-103.
2. Pitts N, Rimmer P. An *in vivo* comparison of radiographic and directly assessed clinical caries status of posterior approximal surfaces in primary and permanent teeth. *Caries Res* 1992;26(2):146-52.
3. Meyer-Lueckel H, Paris S, Ekstrand K. Caries Management - Science and Clinical Practice: Thieme; 2013.
4. Schwendicke F, Frencken JE, Björndal L, Maltz M, Manton DJ, Ricketts D, *et al.* Managing Carious Lesions: Consensus Recommendations on Carious Tissue Removal. *Adv Dent Res* 2016;28(2):58-67.
5. Meyer-Lückel H, Wardius A, Krois J, Bitter K, Moser C, Paris S, Wierichs RJ. Proximal caries infiltration-Pragmatic RCT with 4 years of follow-up. *J Dent* 2021;111:103733.
6. Opdam N, Van De Sande F, Bronkhorst E, Cenci M, Bottenberg P, Pallesen U, *et al.* Longevity of posterior composite restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res* 2014;93(10):943-9.
7. Xu GY, Zhao IS, Lung CY, Yin IX, Lo EC, Chu CH. Silver compounds for caries management. *Int Dent J* 2024;74(2):179-86.
8. Gao SS, Zhang S, Mei ML, Lo EC-M, Chu C-H. Caries remineralisation and arresting effect in children by professionally applied fluoride treatment-a systematic review. *BMC Oral Health* 2016;16(1):1-9.
9. Crystal YO, Marghalani AA, Ureles SD, Wright JT, Sulyanto R, Divaris K, *et al.* Use of silver diamine fluoride for dental caries management in children and adolescents, including those with special health care needs. *Pediatr Dent* 2017;39(5):135E-45E.
10. Punyanirun K, Yospiboonwong T, Kunapinun T, Thanyasrisung P, Trairatvorakul C. Silver diamine fluoride remineralized artificial

incipient caries in permanent teeth after bacterial pH-cycling *in-vitro*. *J Dent* 2018;69:55-9.

11. Nantanee R, Santiwong B, Trairatvorakul C, Hamba H, Tagami J. Silver diamine fluoride and glass ionomer differentially remineralize early caries lesions, in situ. *Clin Oral Investig* 2016;20(6):1151-7.

12. Ortman L, Dunford R, McHenry K, Hausmann E. Subtraction radiography and computer assisted densitometric analyses of standardized radiographs: a comparison study with 125I absorptiometry. *J Periodontol Res* 1985;20(6):644-51.

13. Ortman LF, McHenry K, Hausmann E. Relationship between alveolar bone measured by 125I absorptiometry with analysis of standardized radiographs: 2. Bjorn technique. *J Periodontol* 1982;53(5):311-4.

14. Carneiro LS, Nunes CA, Silva MA, Leles CR, Mendonca EF. *In vivo* study of pixel grey-measurement in digital subtraction radiography for monitoring caries remineralization. *Dentomaxillofac Radiol* 2009;38(2):73-8.

15. Sreebny LM, Schwartz SS. A reference guide to drugs and dry mouth—2nd edition. *Gerodontology* 1997;14(1):33-47.

16. Ismail AI, Sohn W, Tellez M, Amaya A, Sen A, Hasson H, Pitts NB. The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries. *Community Dent Oral Epidemiol* 2007;35(3):170-8.

17. The Dental Association of Thailand. Caries risk assessment 2018 [Available from: <https://www.thaidental.or.th/main/download/upload/upload-20190213213415.pdf>].

18. The Dental Association of Thailand. Dental Caries Diagnosis and Management 2018 [Available from: <https://www.thaidental.or.th/main/download/upload/upload-20190213213456.pdf>].

19. Christgau M, Hiller KA, Schmalz G, Kolbeck C, Wenzel A. Quantitative digital subtraction radiography for the determination of small changes in bone thickness: an *in vitro* study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998;85(4):462-72.

20. Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med* 2016;15(2):155-63.

21. Wenzel A, Anthonisen PN, Juul MB. Reproducibility in the assessment of caries lesion behaviour: a comparison between conventional film and subtraction radiography. *Caries Res* 2000;34(3):214-8.

22. White SC, Pharoah MJ. Oral Radiology, International Edition: Principles and Interpretation: Elsevier Health Sciences; 2008.

23. The Dental Association Of Thailand. Guideline on Use of Fluoride in Dentistry 2017 [Available from: <https://www.thaidental.or.th/main/pdfview/upload/upload-20190213213340.pdf>].

24. Frencken JE, Peters MC, Manton DJ, Leal SC, Gordan VV, Eden E. Minimal intervention dentistry for managing dental caries—a review: report of a FDI task group. *Int Dent J* 2012;62(5):223-43.

25. MODÉER T, TWETMAN S, BERGSTRAND F. Three-year study of the effect of fluoride varnish (Duraphat) on proximal caries progression in teenagers. *Scand J Dent Res* 1984;92(5):400-7.

26. Sköld UM, Petersson LG, Lith A, Birkhed D. Effect of school-based fluoride varnish programmes on approximal caries in adolescents from different caries risk areas. *Caries Res* 2005;39(4):273-9.

27. Tanpatana W, Trairatvorakul C, Chobissara S, Techatharatip O. Efficacy of Resin Modified Glass Ionomer Sealant and Fluoride Varnish Applications in Inhibiting Caries Progression on Proximal Enamel Lesions of Permanent Posterior Teeth. *SWU Dent J* 2020;13(2):51-64.

28. Martignon S, Ekstrand KR, Ellwood R. Efficacy of sealing proximal early active lesions: an 18-month clinical study evaluated by conventional and subtraction radiography. *Caries Res* 2006;40(5):382-8.

29. Martignon S, Tellez M, Santamaria RM, Gomez J, Ekstrand KR. Sealing distal proximal caries lesions in first primary molars: efficacy after 2.5 years. *Caries Res* 2010;44(6):562-70.

30. Meyer-Lueckel H, Bitter K, Paris S. Randomized controlled clinical trial on proximal caries infiltration: three-year follow-up. *Caries Res* 2012;46(6):544-8.

31. Polacek J, Malhi N, Yang Y-J, Scully AC, Soki FN, Boynton JR. Silver diamine fluoride and progression of incipient approximal caries in permanent teeth: a retrospective study. *Pediatr Dent* 2021;43(6):475-80.

32. Mei ML, Li Q-L, Chu C-H, Lo E-M, Samaranayake LP. Antibacterial effects of silver diamine fluoride on multi-species cariogenic biofilm on caries. *Ann Clin Microbiol Antimicrob* 2013;12(1):1-7.

33. Mei ML, Lo ECM, Chu CH. Arresting Dentine Caries with Silver Diamine Fluoride: What's Behind It? *J Dent Res* 2018;97(7):751-8.

34. Fung M, Duangthip D, Wong M, Lo E, Chu C. Arresting dentine caries with different concentration and periodicity of silver diamine fluoride. *JDR Clin Trans Res* 2016;1(2):143-52.

แก้คำผิด (Erratum)

เนื่องจากปรากฏคำผิดในบทความวิทยาศาสตร์ปีที่ 75 ฉบับที่ 2 เดือน เมษายน - มิถุนายน 2568 กองบรรณาธิการ วิทยาศาสตร์ทันตแพทยศาสตร์ต้องขออภัยผู้อ่านทุกท่านเป็นอย่างสูง โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. สารบัญหัวข้อ แก้คำผิด (Erratum) จากเดิมหน้า 119 แก้เป็น A
2. แก้คำผิด (Erratum) จากเดิมหน้า 119 แก้เป็น A

สามารถโหลดบทความได้ที่ www.jdat.org

