SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY DENTAL JOURNAL

วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีที่ 18 ฉบับที่ 2
2568

ISSN 2774-0811 (Online)

SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY
DENTAL JOURNAL
วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สำนักงาน	Office
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University
สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110	Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok 10110 Thailand
โทรศัพท์ 02-649-5000 ต่อ 15140	Tel. 02-649-5000 ext. 15140
จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ swudentj@yahoo.com	E-mail : swudentj@yahoo.com
เว็บไซต์ http://ejournals.swu.ac.th/index.php/swudentj	Web site : http://ejournals.swu.ac.th/index.php/swudentj

กำหนดการออกวารสาร (ออนไลน์) ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มิถุนายน ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม

Author Guidelines
Srinakharinwirot University Dental Journal (SWU Dent J)

About the Journal

Aims and Scope:
SWU Dent J is a dental journal of Srinakharinwirot University established since 2005. The online version has been published since 2022. There is a policy to support the dissemination of knowledge in academic presentation and research in dentistry and related fields which accept articles from both internal and external authors free of charge. SWU Dent J. publishes (Online) two issues per year, January-June and July-December.

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

SWU Dent J publishes the following types of articles:

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 The presented work must not be published elsewhere.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

Manuscript Submission:

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

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

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

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

Manuscript preparation:

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

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

Manuscript format:

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

Title page:

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

Abstract:

- Up to 300 words.
- Original article : abstract Should include as follows: Objectives, Methods, Results, and Conclusions.

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

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

Introduction:

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

Materials and methods:

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

Results:

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

Discussion:

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

Conclusion (if included):

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

Acknowledgements (if applicable):

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

References:

- All reference must be written in English.
- Citations should be numbered consecutively in parentheses as they appear in the text and they should present after punctuation e.g. text (1,4-7,9,10).
- Examples of reference citation formats:

  - Journal article:

  Aroonrerk N, Pichyangkul S, Yongvanitchit K, Wisetchang M, Sa-Ard-Iam N, Sirisinha S, et al. Generation of gingival T cell lines/clones specific with *Porphyromonas gingivalis* pulsed dendritic cells from periodontitis patients. J Periodontal Res. 2003;38(3):262-8.

  - Books/Chapter in a book:

  Profit WR, Fields HW. Contemporary orthodontics. 3rd ed. St. Louis: Mosby; 2000.

  Yamada KM. Fibronectic and other cell interactive glycoproteins. In: Hay ED, editor. Cell biology of extra-cellular matrix. 2nd ed. New York: Plenum Press; 1991. p.111-46.

- Dissertation:

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

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

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

- Database on the Internet

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

- Scientific or technical report (Issued by performing agency)

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

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

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

Tables and Figures:

Tables

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

Figures

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

Peer Review process:

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

Address for Correspondences:

Mrs. Kanokporn Sukyanan
Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University,
114, Sukhumwit 23, Wattana, Bangkok 10110, Thailand.
Telephone: (662) 6495790
E-mail: swudentj@yahoo.com

Conflicts of Interest:

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

Ethical and Legal Considerations and Copyright Transfer:

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

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

The cover letter format

Publication Ethics SWU Dent J.

ธ สถิตอยู่ในใจตราบนิจนิรันดร์ น้อมสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณ
สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวง

ข้าพระพุทธเจ้า กองบรรณาธิการวิทยาสารทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บทบรรณาธิการ

สวัสดีท่านผู้อ่านทุกท่านครับ สำหรับวิทยาสารทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ฉบับที่ 2 ประจำปี พ.ศ. 2568 ทางกองบรรณาธิการฯ ได้คัดสรรผลงานทางวิชาการที่หลากหลายและมีคุณภาพมาเผยแพร่เช่นเดิมครับ สำหรับเล่มนี้ประกอบไปด้วยบทวิทยาการจำนวน 11 บทความ ครอบคลุมสาขาทันตกรรมชุมชน ทันตกรรมสำหรับเด็ก ชีววิทยาช่องปาก ทันตกรรมบูรณะ และวิทยาเอนโดดอนต์

ทั้งนี้ช่วงปลายปี พ.ศ. 2568 จะมีงานประชุมที่น่าสนใจสำหรับทันตแพทย์ นั่นคือ งานประชุมขององค์กรผู้บริหารคณะทันตแพทยศาสตร์แห่งประเทศไทย (อ.บ.ท.ท.) ครั้งที่ 22 ระหว่างวันที่ 12-14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2568 ณ จังหวัดนครราชสีมาครับ โดยสำนักวิชาทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและคณะทันตแพทยศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ร่วมเป็นเจ้าภาพจัดประชุมในครั้งนี้ ผมจึงขอถือโอกาสนี้เชิญชวนประชาคมชาวทันตแพทย์ทุกท่านเข้าร่วมงานประชุมงานวิชาการและร่วมให้กำลังใจในการนำเสนองานวิจัยของนิสิตนักศึกษาทันตแพทย์ทั้งระดับก่อนและหลังปริญญา และหวังว่าทุกท่านจะได้ความรู้ใหม่ ๆ จากงานประชุมครั้งนี้ครับ

ในฐานะตัวแทนของกองบรรณาธิการฯ ผมขอขอบพระคุณผู้นิพนธ์ทุกท่านที่ได้มอบความไว้วางใจให้วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เป็นช่องทางในการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการของท่าน และผมขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้อุทิศและทุ่มเทแรงกายใจในการพิจารณาบทความทางวิชาการให้ถูกต้องและเป็นไปตามมาตรฐานทางวิชาการครับ ซึ่งความพยายามมุ่งมั่นรักษาคุณภาพมาอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ SWU Dent J. ได้รับการรับรองคุณภาพวารสารวิชาการ “กลุ่มที่ 1 และ ACI” ตามประกาศผลการประเมินคุณภาพวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูลศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย THAI-JOURNAL CITATION INDEX (TCI) รอบที่ 5 (รับรองคุณภาพวารสารเป็นเวลา 5 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2568-2572)

วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เปิดรับบทความทางวิชาการประเภทต่าง ๆ ทั้งบทความวิจัย บทความปริทัศน์ และรายงานผู้ป่วยที่น่าสนใจ ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษตลอดทั้งปีครับ จึงขอเชิญชวนผู้นิพนธ์ทุกท่านส่งบทความทางวิชาการด้านทันตแพทยศาสตร์และสาขาที่เกี่ยวข้อง ตามช่องทางที่ได้แนะนำไว้ทางหน้าเว็บไซต์ออนไลน์ของวิทยาสารฯ

สุดท้ายนี้ผมขออำนวยพรให้กองบรรณาธิการทุกท่าน ท่านผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้นิพนธ์ และผู้อ่านทุกท่าน มีแต่ความสุขกายสุขใจ ปราศจากโรคภัยไข้เจ็บ และคิดสมหวังในทุก ๆ สิ่งตามที่ท่านปรารถนา ตลอดทั้งปีนี้ครับ

ผศ.ดร.ทพ.ชัชพันธุ์ อุดมพัฒนากร
บรรณาธิการวิทยาสารทันตแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY
DENTAL JOURNAL
วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Table of Contents

Vol.18 No.2
2025

SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY
DENTAL JOURNAL
วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Table of Contents

Vol.18 No.2
2025

ประสิทธิผลในการเลิกดื่มนมขวดในเด็กปฐมวัย (1-2 ปี) ระหว่างการใช้แชทบอทและการให้ทันตสุขศึกษาแบบดั้งเดิม การทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุม

พงศ์ศิริ เกษมุติ[1] จรัญญา หุ่นศรีสกุล[2] เสมอจิต พิธพรชัยกุล[2*]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลการเลิกขวดนมและระดับความรู้ ทัศนคติ ทักษะการเลิกขวดนมในเด็กอายุ 1-2 ปี เปรียบเทียบระหว่างการแนะนำโดยทันตบุคลากรและแชทบอท

วิธีการศึกษา: การทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุมแบบปกปิดข้อมูลทางเดียว ในผู้ปกครองที่ดูแลเด็กที่มีอายุ 1-2 ปี ที่ยังไม่เลิกขวดนม ที่มารับบริการที่คลินิกเด็กสุขภาพดี และจากสถานรับเลี้ยงเด็กในจังหวัดนครสวรรค์และสงขลา ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2566 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2567 สุ่มกลุ่มทดลองเป็น 2 กลุ่ม จำนวนกลุ่มละ 56 คน คือ 1. กลุ่มศึกษา ใช้แชทบอท “ลาก่อนนะ เจ้าขวดนม” ส่งข้อมูลต่อเนื่อง 21 วัน วันละ 2-3 นาที โดยส่งข้อความทุก 24 ชั่วโมง 2. กลุ่มควบคุม ได้รับการสอนเลิกขวดนมโดยทันตบุคลากรที่ผ่านการอบรมในเนื้อหาที่มีขอบเขตเดียวกันกับการใช้แชทบอทเป็นเวลา 5-10 นาที เก็บข้อมูลก่อนและหลังงานวิจัย 60 วัน โดยใช้แบบสัมภาษณ์

ผลการวิจัย: มีผู้เข้าร่วมงานวิจัย 108 คน สูญเสียการติดตาม 3 คน มีอัตราการเข้าร่วมของกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุมร้อยละ 96.3 และ 98.1 ตามลำดับ เด็กอายุโดยเฉลี่ย 15.9 ± 3.2 เดือน ก่อนการศึกษา คะแนนความรู้ ทัศนคติและทักษะการเลิกขวดนม ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสองกลุ่ม หลังการศึกษามีการเลิกขวดนมในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ร้อยละ 44.2 และ 30.2 ตามลำดับ โดยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.137$) ยกเว้นระดับความรู้ของกลุ่มศึกษามีมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.009$) ส่วนพฤติกรรมการดื่มขวดนมพบว่า พฤติกรรมการดูดนมกล่องหรือแก้วมีความถี่ (ครั้ง/วัน) ของการดูดนมกล่องหรือแก้วในกลุ่มศึกษา และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 2.3 และ 1.5 ตามลำดับโดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.003$) ส่วนพฤติกรรมการดื่มขวดนมอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันในทั้งสองกลุ่มการวิจัย คะแนนทัศนคติและทักษะการเลิกขวดนม ดีขึ้นในทั้งสองกลุ่ม โดยไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.079$ และ $p = 0.287$ ตามลำดับ) ระดับความพึงพอใจในภาพรวมของผู้ใช้แชทบอท อยู่ในระดับพอใจมากที่สุด คือ 4.6 ± 0.7 คะแนน

สรุปผลการวิจัย: ประสิทธิผลการสอนจากแชทบอท ไม่แตกต่างจากการสอนโดยทันตบุคลากร ในประเด็นของการเลิกขวดนม ระดับทัศนคติ ทักษะการเลิกขวดนม ขณะที่ระดับความรู้ในกลุ่มแชทบอท สูงกว่าการสอนโดยทันตบุคลากรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนคะแนนความพึงพอใจต่อการใช้แชทบอทในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด การนำแชทบอทไปใช้เพื่อสนับสนุนการเลิกขวดนม นับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เพิ่มโอกาสการเข้าถึงของประชาชนได้

คำสำคัญ: แชทบอท การเลิกขวดนม เด็กเล็ก การให้ทันตสุขศึกษา

วันที่รับ: 29 มกราคม 2568
วันที่แก้ไข: 31 มีนาคม 2568
วันที่ตอบรับ: 8 เมษายน 2568

[1]สาขาวิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112
[2]หน่วยวิจัยเพื่อการพัฒนาการดูแลสุขภาพช่องปาก สาขาวิชาทันตกรรมป้องกัน, คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112
*(*ผู้ติดต่อบทความ)*

Effectiveness in Bottle Weaning Towards Early Childhood (1–2 Year-Old) Between Using Chatbot and Conventional Oral Health Education: A Randomized Controlled Trial

Pongsiri Ketmut[1] Jaranya Hunsrisakhun[2] Samerchit Pithpornchaiyakul[2*]

Abstract

Objective: To compare the effectiveness of bottle weaning and assess the level of knowledge, attitudes, skills of bottle weaning in children aged 1-2 years between chatbot and health care providers groups.

Methods: Randomized controlled single-blind trial was conducted in Nakhon Sawan and Songkhla provinces, Thailand during October 2023-March 2024. Parents of bottle-feeding children aged 1-2 years with internet access were allocated into 2 groups. Each group consisted of 56 participants. Group I: an intervention group received 21-day chatbot-based bottle weaning education namely, "La Gon Na Jaw Khaud Nom". Group II: a control group received 5-10 minutes instruction from trained healthcare providers. Data were collected at baseline and 60 days post-enrollment via interviews, assessing bottle weaning status, knowledge, attitudes, skills, and chatbot satisfaction.

Results: The participants consisted of 108 parents of children. 3 parents were lost to follow-up. Follow-up rates for intervention and control groups were 96.3% and 98.1%, respectively. The average child's age was 15.9 ± 3.2 months. At baseline, there were no significant differences between the 2 groups in knowledge, attitudes, and skills. In an evaluation phase, there was no significant difference in bottle weaning rates between two groups (intervention: 44.2%, control: 30.2%, $p = 0.137$). The intervention group demonstrated significantly higher knowledge levels ($p = 0.009$) and daily milk consumption from cups and glasses (2.3 vs. 1.5 times per day, $p = 0.003$). Both groups improved in attitudes and skills, with non-significant differences between groups ($p = 0.079$ and 0.287, respectively). Chatbot satisfaction was extremely high (4.6 ± 0.7/5).

Conclusion: Chatbot-based education was comparable to healthcare provider instruction for bottle weaning, with superior results in knowledge and the frequency of cup/glass feedings. Very high user satisfaction suggests chatbot viability as an alternative educational tool for bottle weaning.

Keyword: Chatbot, Bottle weaning, Young children, Oral health education

Received Date: Jan 29, 2025
Revised Date: Mar 31, 2025
Accepted Date: Apr 8, 2025

[1]*Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkla, 90112, Thailand.*
[2]*Improvement of Oral Health Care Research Unit, Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkla, 90112, Thailand.*
*(*Corresponding author)*

บทนำ (Introduction)

ปัญหาฟันผุในเด็กเล็กเป็นปัญหาสุขภาพช่องปากที่สำคัญ โดยการสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากแห่งชาติของไทยครั้งที่ 8 (พ.ศ. 2560) และครั้งที่ 9 (พ.ศ. 2566) ความชุกฟันผุของเด็กอายุ 3 ปี เป็นร้อยละ 52.9 (1) และร้อยละ 47.0 (2) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าความชุกของโรคฟันผุในเด็กเล็กของประเทศไทยแม้จะมีแนวโน้มที่ดีขึ้น แต่ยังอยู่ในระดับที่สูงถึงแม้จะมีนโยบายต่าง ๆ ที่รัฐกำหนดมาเพื่อสร้างเสริมสุขภาพช่องปาก

จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (3) พบว่าปัจจัยเรื่องการดื่มนมแม่หรือการดื่มนมจากขวด เป็น 1 ใน 6 ปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดโรคฟันผุในเด็กเล็กร่วมกับปัจจัยที่เกี่ยวกับลักษณะประชากร ปัจจัยที่เกี่ยวกับการบริโภคอาหาร อนามัยช่องปาก เชื้อจุลินทรีย์ในช่องปาก และปัจจัยอื่น ๆ โดยเด็กที่ยังดื่มนมจากขวดที่อายุตั้งแต่ 1 ปีครึ่งถึง 2 ปีขึ้นไปจะมีความเสี่ยงการเกิดฟันผุในเด็กเล็กอยู่ในช่วง 2.1-3.0 เท่าของเด็กที่ไม่ดื่มนมจากขวดซึ่งมีความเสี่ยงใกล้เคียงกับปัจจัยอื่น ๆ (4-6)

ปี ค.ศ. 2014 สถาบันกุมารเวชศาสตร์แห่งอเมริกา (American Academy of Pediatrics) แนะนำอายุที่ควรเลิกขวดนมคือ 1 ปี (5) จากผลสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากแห่งชาติของสำนักทันตสาธารณสุขครั้งที่ 9 พ.ศ. 2566 พบว่าเด็กไทยที่มีอายุ 3 และ 5 ปี มีการดูดขวดนมเมื่ออยู่บ้านอยู่ที่ร้อยละ 38.0 และ 15.2 ตามลำดับ และภาคใต้เป็นภาคที่เด็กอายุ 3 ปี ยังมีการดูดขวดนมอยู่มากที่สุดคือร้อยละ 44.0 และภาคกลางเป็นภาคที่เด็กอายุ 5 ปี ยังดูดขวดนมอยู่มากที่สุดคือร้อยละ 13.7 (2)

ปัจจุบันปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) หรือ AI ได้เข้ามามีบทบาทมากในวงการแพทย์ ใช้ในการประมวลผลในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ มาจัดการเกี่ยวกับยาที่เหมาะสมกับผู้ป่วยโดยประมวลผลจากพันธุกรรมและอาการแสดงของผู้ป่วยในฐานข้อมูลซึ่งทั้งรวดเร็วและประหยัดกว่า นอกจากนี้ยังมีการนำ AI มาใช้ในการวินิจฉัยและรักษา โดยมีการใช้ในการวินิจฉัยภาพถ่ายทางการแพทย์ต่าง ๆ (7) โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จำลองบทสนทนาของมนุษย์ (Chatbot: แชทบอท) เป็น AI ประเภทหนึ่งที่ได้รับการนำมาประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบในปี พ.ศ 2562-2563 (ค.ศ. 2019-2020) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ความสามารถในการใช้งาน และข้อจำกัดของแชทบอทในงานสายสุขภาพ พบว่าคนส่วนใหญ่ชื่นชอบการทำงานของแชทบอทและกลุ่มศึกษาที่ใช้แชทบอทมีผลของคะแนนผลลัพธ์มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมในเรื่องลดความเครียด ลดโรคซึมเศร้าและลดการวิตกกังวล เป็นต้น (8,9)

ถึงแม้จะมีการศึกษาและคำแนะนำมากมายในการเลิกขวดนมในปัจจุบันแต่ต้องใช้แรงงานทันตบุคลากรในการแนะนำการเลิกขวดนมรายคน (10,11), ซึ่งปัจจุบันยังไม่เคยมีการนำเทคโนโลยีแชทบอทที่สามารถเข้าถึงง่ายและปรับพฤติกรรมจากที่บ้านได้ (12) มาช่วยสอนในการเลิกขวดนม ดังนั้นเมื่อพิจารณาข้อดีของแชทบอทที่สามารถทำให้ประชาชนสามารถเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ ด้วยตัวเองไม่ว่าจะอยู่ที่ไหนก็ได้และสามารถส่งข้อมูลเป็นวงกว้างได้ ซึ่งหากแชทบอทมีประสิทธิผลในการสอนการเลิกขวดนมได้ดีกว่าหรือไม่แตกต่างจากการสอนโดยมนุษย์ ดังนั้นแชทบอทอาจเป็นตัวช่วยลดแรงงานทันตบุคลากรในการสอนผู้ปกครองของเด็กในการเลิกขวดนมในอนาคตได้ วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ เพื่อประเมินประสิทธิผลของแชทบอทในการเลิกขวดนม ระดับความรู้ ทัศนคติและทักษะการเลิกขวดนมเปรียบเทียบกับการแนะนำโดยทันตบุคลากรในเด็กอายุ 1-2 ปี และเพื่อประเมินระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานแชทบอทจากผู้ใช้แชทบอทในการเลิกขวดนม

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย (Materials and Methods)

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบการทดลองสุ่มแบบมีกลุ่มควบคุม (Randomized controlled trial) ในรูปแบบปกปิดข้อมูลทางเดียว (Single blinded)

การวิจัยนี้ผ่านการตรวจสอบจากคณะกรรมการโครงการจริยธรรมในมนุษย์คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ รหัสโครงการ EC6510-035

การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัย

เกณฑ์การคัดเข้าของผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องเป็นผู้ปกครองของเด็กที่อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 12-21 เดือน ที่ยังไม่เลิกขวดนมที่มารับบริการที่คลินิกเด็กดี จากโรงพยาบาลและสถานรับเลี้ยงเด็กที่ตกลงเข้าร่วมงานวิจัยในจังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดสงขลา โดยผู้ปกครองของเด็กมีอายุไม่ต่ำกว่า 18 ปีและสามารถเข้าถึงอินเตอร์เน็ตและมีแอพพลิเคชั่นที่จะใช้งานแชทบอทรวมถึงสะดวกที่จะได้รับการติดต่อทางโทรศัพท์ เพื่อติดตามผลการวิจัย เกณฑ์การคัดออกคือ เด็กที่มีโรคประจำตัว เช่น โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง ระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบทางเดินอาหาร กลุ่มโรคขาดสารอาหาร โรคทางพันธุกรรมต่าง ๆ และผู้ที่มีปัญหาด้านพัฒนาการสติปัญญา ร่างกาย ระยะเวลาวิจัยระหว่าง ตุลาคม พ.ศ. 2566 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2567

ขนาดกลุ่มตัวอย่างและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยอ้างอิงจากการศึกษาของ Boonrasmee และคณะ (13) โดยโปรแกรมสำเร็จรูป PS Power and Sample Size เปรียบเทียบสัดส่วนของ 2 กลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกันได้ขนาดกลุ่มละ 55 คน ดังนั้นขนาดตัวอย่างทั้งหมด 110 คน

การแบ่งกลุ่มตัวอย่างจะแบ่งกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มโดยวิธี Stratified random sampling ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นจังหวัดนครสวรรค์ 36 คน และจังหวัดสงขลา 76 คน ซึ่งแต่ละโรงพยาบาลหรือสถานรับเลี้ยงเด็กจะมีการกระจายของกลุ่มแชทบอทและกลุ่มควบคุมเท่า ๆ กัน โดยภายหลังการเซ็นใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย ผู้ร่วมวิจัยจะได้รับการสุ่มด้วยวิธี Opaque sealed envelope technique ทีละคน โดยผู้ช่วยวิจัยคนที่ 2 จะเปิดจดหมายปิดผนึกและดูว่าผู้เข้าร่วมงานวิจัยถูกสุ่มเข้าสู่กลุ่มแชทบอทหรือกลุ่มควบคุม แล้วทำการสอนเลิกขวดนมตามกลุ่มที่ได้รับ โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยในจังหวัดนครสวรรค์ถูกสุ่มเป็นสองกลุ่มเท่ากัน กลุ่มละ 18 คน ส่วนผู้เข้าร่วมงานวิจัยในจังหวัดสงขลาถูกสุ่มเป็นกลุ่มละ 38 คนเท่ากันทั้งสองกลุ่ม

โดยเมื่อเสร็จสิ้นการแบ่งกลุ่มตัวอย่างได้กลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มวิจัยแชทบอท 56 คน และกลุ่มควบคุม 56 คน

การปกปิดข้อมูล

ผู้เก็บข้อมูลการวิจัยจะไม่ทราบว่าผู้เข้าร่วมงานวิจัยอยู่กลุ่มทดลองใดจนกว่าจะเก็บข้อมูลสถานะการเลิกขวดนมและความรู้ ทัศนคติและทักษะการเลิกขวดนมเสร็จสิ้นแล้ว จึงจะสามารถเปิดไฟล์ลำดับที่ได้จากการสุ่มกลุ่มการทดลอง ถ้าหากผู้เข้าร่วมวิจัยอยู่ในกลุ่มศึกษาการสอนเลิกขวดนมโดยแชทบอท ก็จะเก็บข้อมูลความพึงพอใจในการใช้งานแชทบอท หากอยู่กลุ่มควบคุมก็จะเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูลวิจัย

กลุ่มศึกษาแชทบอท

กลุ่มแชทบอท จะได้รับการสอนทันตสุขศึกษาพื้นฐานตามปกติตามรูปแบบเดิมของโรงพยาบาลและสถานรับเลี้ยงเด็ก นั้น ๆ ร่วมกับ การได้รับความรู้ทางแชทบอท “ลาก่อนนะ เจ้าขวดนม” ซึ่งเนื้อหาในแชทบอทจะเป็นการสอนการเลิกขวดนมต่อเนื่องตลอด 21 วัน วันละ 2-3 นาที ครอบคลุมเนื้อหาช่วงอายุที่ควรเลิกดื่มนมจากขวดและผลเสียจากการเลิกดื่มนมจากขวดช้าและวิธีการเลิกขวดนม โดยแชทบอทจะส่งข้อความทุกวันประกอบด้วยข้อความ อินโฟกราฟิกและวิดีทัศน์ที่จะถูกสร้างโดยใช้โมเดลความเชื่อด้านสุขภาพ (Health belief model) (14) ทฤษฎี Self-efficacy (15-17) และแนวคิดการปรับพฤติกรรม 21 วัน (18) เพื่อเพิ่มระดับความรู้ ทัศนคติและทักษะการเลิกขวดนม โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยสมัครใช้งานแชทบอท ผ่าน Application Facebook messenger โดยทันตบุคลากรจะเป็นคนสอนวิธีการใช้งานแชทบอทให้แก่ผู้เข้าร่วมงานวิจัย และขอความร่วมมือผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนไม่เผยแพร่เนื้อหาของแชทบอทจนกว่าจะเสร็จสิ้นการวิจัย โดยตัวอย่างการใช้งานและเนื้อหาแชทบอทดังแสดงตามรูปที่ 1

รูปที่ 1 ตัวอย่างการใช้งานและเนื้อหาแชทบอท

Fig 1. Example of chatbot content.

กลุ่มควบคุม

กลุ่มควบคุม จะได้รับการสอนทันตสุขศึกษาพื้นฐานตามปกติตามรูปแบบเดิมของโรงพยาบาลและสถานรับเลี้ยงเด็ก นั้น ๆ เช่นเดียวกับกลุ่มศึกษาแชทบอทร่วมกับ ได้รับการสอนและคำแนะนำจากทันตบุคลากรเรื่องการเลิกดื่มนมจากขวด ซึ่งผู้วิจัยจะทำคู่มือให้ทันตบุคลากรสอนตามคู่มือและผู้วิจัยจะอัดวิดีทัศน์เป็นตัวอย่างการสอนให้แก่ทันตบุคลากร โดยเนื้อหาการสอนในกลุ่มควบคุมจะเหมือนในแชทบอท และเปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยซักถามหากมีประเด็นที่สงสัยหรืออยากทราบเพิ่มเติม โดยใช้เวลาในการสอนประมาณ 5-10 นาที และขอความร่วมมือผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนไม่เผยแพร่เนื้อหาที่ทันตบุคลากรสอนการเลิกขวดนม จนกว่าจะเสร็จสิ้นการวิจัย

การเก็บข้อมูลการวิจัย

ผลลัพธ์ที่ได้จากการเก็บข้อมูล (Outcome)

ผลลัพธ์หลัก (Primary outcome) การเลิกดื่มนมจากขวด (เลิก/ไม่เลิก) ระดับคะแนนความรู้ ทัศนคติและทักษะการเลิกขวดนม ความพึงพอใจของผู้ใช้งานแชทบอท

ผลลัพธ์รอง (Secondary outcome) พฤติกรรมการดื่มขวดนมต่าง ๆ

ระยะก่อนการศึกษา

ผู้ช่วยวิจัยจะเก็บข้อมูลก่อนการศึกษา โดยใช้แบบสัมภาษณ์ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับ ข้อมูลทั่วไปของเด็กและผู้ปกครอง พฤติกรรมการดูดขวดนมต่าง ๆ ได้แก่ ความถี่ในการดูดขวดนม ความถี่ในการดื่มนมจากกล่องหรือแก้ว การหลับคาขวดนม การดื่มนมมื้อดึก ระดับความรู้ จำนวน 17 ข้อ คำตอบที่ถูกจะได้ 1 คะแนน และคำตอบผิดจะได้ 0 คะแนน ทัศนคติ จำนวน 12 ข้อ คำตอบที่ถูกจะได้ 1 คะแนน และคำตอบผิดจะได้ 0 คะแนน และทักษะการเลิกขวดนม จำนวน 5 ข้อ คำตอบที่ถูกจะได้ 1 คะแนน และคำตอบผิดจะได้ 0 คะแนน

ระยะภายหลังการศึกษา

จะเก็บข้อมูลวิจัยภายหลังเข้าร่วมงานวิจัยครบ 60 วัน โดยวิธีสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์เกี่ยวกับสถานะการเลิกขวดนมโดยผู้ที่เลิกขวดนมได้สำเร็จต้องเลิกขวดนมได้อย่างต่อเนื่องอย่างน้อย 7 วันและเก็บข้อมูลด้านอื่น ๆ ตามแบบสอบถามเดิม และเพิ่มเติมเนื้อหาส่วนความพึงพอใจในการใช้งานแชทบอทในมิติต่าง ๆ จำนวน 14 ข้อ โดยใช้ Likert scale 5 ระดับ คะแนน 1-5 คะแนน

การควบคุมคุณภาพการวิจัย

ผู้ช่วยวิจัยที่ทำหน้าที่สอนเลิกขวดนมทุกคนจะได้รับการฝึกสอนวิธีใช้งานแชทบอทและฝึกการสอนเลิกขวดนมโดยทันตบุคลากรโดยให้ผู้ช่วยวิจัยฝึกการสอนเลิกขวดนมโดยยึดแบบตามการสอนตามคลิปวิดีทัศน์ตัวอย่างการสอนเลิกขวดนมที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

ทุกข้อคำถามของแบบสัมภาษณ์จะทดสอบค่าความเที่ยงตรงของแบบสัมภาษณ์ (Validity) โดยใช้ดัชนีความเที่ยงตรง (Index of item objective congruence: IOC) ซึ่งทดสอบโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน โดยได้ค่า IOC ในภาพรวมเท่ากับ 0.97 และทดสอบค่าความเชื่อมั่นของแบบสัมภาษณ์ (Reliability) โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 30 คน และคำนวนค่าความเชื่อมั่นของแบบสัมภาษณ์โดยใช้สูตรสัมประสิทธิแอลฟ่า (Cronbach's alpha coefficient; α) ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.86 ซึ่งเป็นระดับที่ดี

การวิเคราะห์ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ผลจะวิเคราะห์ผลหลังจากเก็บข้อมูลผู้เข้าร่วมงานวิจัยคนสุดท้ายเสร็จสิ้น (60 วันนับจากผู้เข้าร่วมงานวิจัยคนสุดท้ายเข้าร่วมงานวิจัย)

ข้อมูลพื้นฐานใช้สถิติเชิงพรรณนา แสดง ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ ค่าสูงสุด ต่ำสุด

ใช้ Chi-square test ในการทดสอบสมมุติฐานเปรียบเทียบความแตกต่างของร้อยละของผู้ที่การติดขวดนมและพฤติกรรมการดื่มนมและข้อมูลพื้นฐานระหว่างกลุ่มศึกษาและเปรียบเทียบภายในแต่ละกลุ่มศึกษา โดยกำหนดระดับมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value น้อยกว่า 0.05

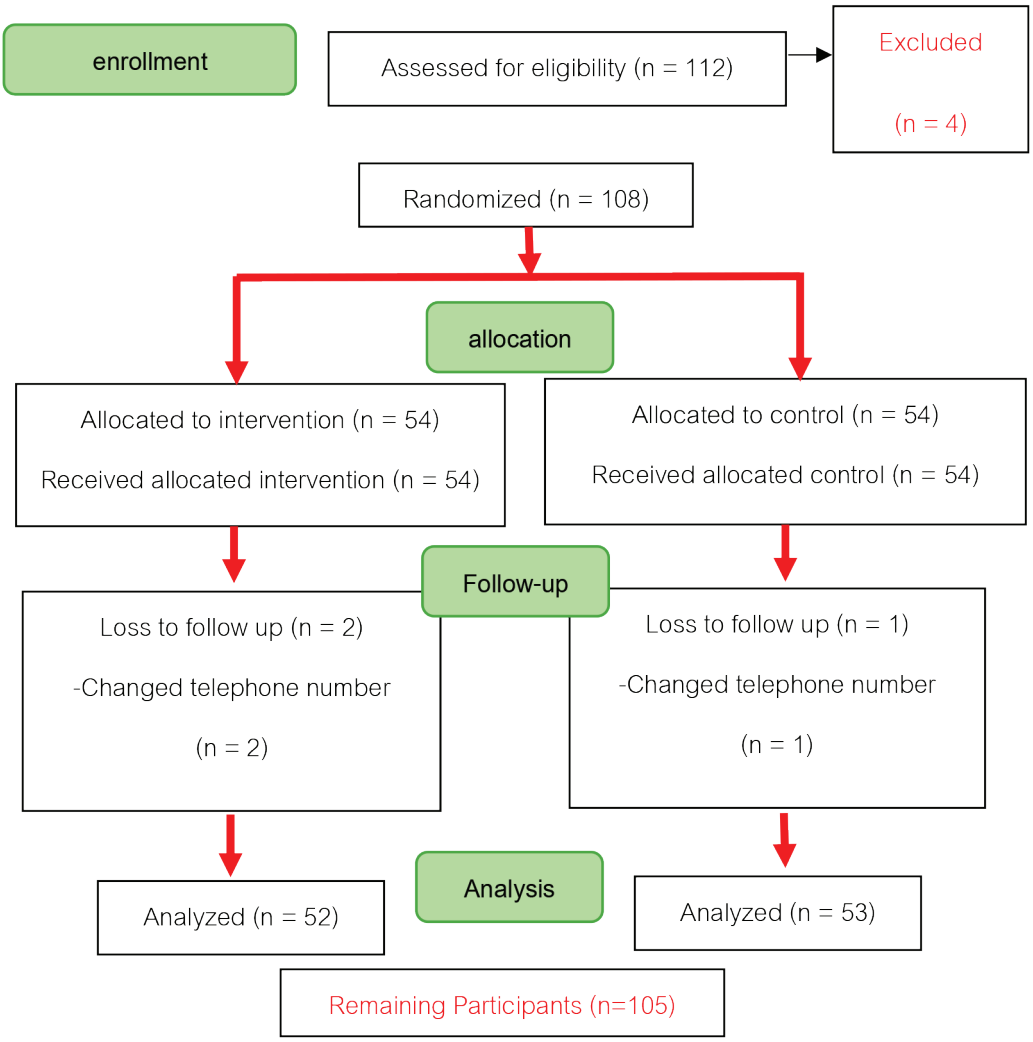
ในการทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอายุ คะแนนความรู้ ทัศนคติ ทักษะการเลิกขวดนม และความถี่ในการในการดูดขวดนม ความถี่ในการดื่มนมจากกล่องหรือแก้ว โดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มศึกษาใช้ t-test และเปรียบเทียบภายในแต่ละกลุ่มใช้ Paired t-test โดยกำหนดระดับมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value น้อยกว่า 0.05

การลงทะเบียนงานวิจัยทางคลินิก (Thai Clinical Trials Registry)

งานวิจัยนี้ผ่านการจดทะเบียนงานวิจัยทางคลินิก Thai Clinical Trials Registry โดยมีรหัสงานวิจัย: TCTR20241214001

ผลการศึกษา (Results)

งานวิจัยนี้มีผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้งหมด 112 คน ถูกคัดออก 4 คนเนื่องจากคุณสมบัติไม่ตรงกับเกณฑ์การคัดเข้า เหลือผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้งสิ้น 108 คน โดยจะถูกสุ่มเป็น 2 กลุ่มจำนวนเท่ากัน กลุ่มละ 54 คน โดยเมื่อเวลาผ่านไปครบ 60 วัน มีผู้ไม่สามารถติดตามได้ 3 คน เหลือผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้งหมด 105 คน แบ่งเป็นกลุ่มที่สอนการเลิกขวดนมโดยใช้แชทบอท 52 คน และกลุ่มที่สอนการเลิกขวดนมโดยทันตบุคลากร 53 คน (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 การแบ่งกลุ่มตัวอย่างและการติดตามกลุ่มตัวอย่าง

Fig 2. Randomization and follow-up of samples.

ข้อมูลทั่วไปและพฤติกรรมการดูดขวดนมก่อนการวิจัยของกลุ่มการสอนเลิกขวดนมโดยแชทบอทและกลุ่มการสอนโดยทันตบุคลากรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกประเด็น (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและพฤติกรรมการดูดขวดนมก่อนการวิจัยของกลุ่มตัวอย่าง (n = 108)

Table 1. Baseline of demographic data and bottle feeding behavior (n = 108).

ข้อมูลพื้นฐาน / พฤติกรรม	กลุ่มสอนโดยแชทบอท	กลุ่มสอนโดยทันตบุคลากร	95% CI	p-value
อายุของเด็ก (เดือน) (Mean ± sd)	16.2 ± 3.0	15.6 ± 3.3	-0.56 – 1.86	0.291[a]
อายุของผู้ปกครอง (ปี) (Mean ± sd)	31.8 ± 7.2	31.9 ± 10.0	-3.48 – 3.18	0.930[a]
เพศ (n (%))				
- ชาย	29 (53.7)	21 (38.9)		0.123
- หญิง	25 (46.3)	33 (61.1)	0.85 – 3.90	
สถานภาพสมรสของผู้ปกครอง (n (%))				
- โสด	13 (24)	10 (19)		0.343
- สมรส	36 (67)	42 (78)	0.59 – 3.87	
- หย่าร้าง/แยกกันอยู่	5 (9)	2 (3)	0.08 - 3.26	
รายได้รวมของครอบครัว (n (%))				
- เพียงพอเหลือเก็บ	34 (63)	29 (54)		0.590
- เพียงพอไม่เหลือเก็บ	16 (30)	19 (35)	0.61 – 3.19	
- ไม่เพียงพอและเป็นหนี้	4 (7)	6 (11)	0.45 – 6.84	
ผู้ดูแลหลัก (n (%))				
- พ่อและแม่	26 (48)	25 (46)		0.896
- พ่อและแม่ร่วมกับคนอื่น	26 (48)	26 (48)	0.48 – 2.25	
- คนอื่น ๆ ที่ไม่ใช่พ่อแม่	2 (4)	3 (6)	0.24 – 10.13	
เขตที่อยู่อาศัย (n (%))				
- เขตเมือง	36 (67)	39 (72)		0.531
- เขตชนบท	18 (33)	15 (28)	0.34 – 1.75	
ความถี่ในการดูดขวดนม (ครั้ง/วัน) (Mean ± sd)	4.4 ± 2.0	4.1 ± 2.0	-0.49 – 1.04	0.472[a]
ความถี่ในการดื่มนมจากกล่องหรือแก้ว (ครั้ง/วัน) (Mean ± sd)	0.5 ± 0.7	0.4 ± 0.9	-0.25 – 0.36	0.716[a]
การหลับคาขวดนม (n (%))				
ใช่	32 (59.3)	28 (51.9)		0.439
ไม่	22 (40.7)	26 (48.1)	0.63 – 2.89	
การดื่มนมมื้อดึก (n (%))				
ใช่	37 (68.5)	34 (63.0)		0.543
ไม่	17 (31.5)	20 (37.0)	0.58 – 2.84	

Pearson Chi-square test, Note: a = Independent t-test

พฤติกรรมการเลิกขวดนม หลังการวิจัย

พบว่าการเลิกขวดนมสำเร็จในกลุ่มที่สอนการเลิกขวดนมโดยแชทบอทไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการสอนการเลิกขวดนมโดยทันตบุคลากร โดยความสำเร็จในการเลิกขวดนมของแต่ละกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 44.2 และ 30.2 ตามลำดับ (p-value = 0.137) แต่อย่างไรก็ตามความถี่ในการดื่มนมจากกล่องหรือแก้ว (ครั้ง/วัน) ของกลุ่มสอนการเลิกขวดนมโดยแชทบอทมีความถี่ในการดื่มนมจากหลอดหรือแก้วมากกว่ากลุ่มที่สอนการเลิกขวดนมโดยทันตบุคลากรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือ 2.3 ± 1.5 ครั้ง/วัน กับ 1.5 ± 1.2 ครั้งต่อวัน ตามลำดับ (p-value = 0.003) (ตารางที่ 2)

ระดับความรู้ ทัศนคติ ทักษะการเลิกขวดนม หลังการวิจัย

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ ทัศนคติและทักษะการเลิกขวดนมภายหลังการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ในกลุ่มแชทบอท (11.1 ± 3.6 คะแนน) มีค่ามากกว่ากลุ่มการสอนโดยทันตบุคลากร (9.2 ± 3.6 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.009) ส่วนค่าเฉลี่ยคะแนนทัศนคติและทักษะการเลิกขวดนมของทั้งสองกลุ่มภายหลังการวิจัยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

พฤติกรรมการดูดขวดนม เปรียบเทียบภายในกลุ่มระหว่างก่อนและหลังการวิจัย

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของการดูดนมขวด เปรียบเทียบก่อนและหลังการวิจัยของแต่ละกลุ่ม พบว่า ทุกประเด็นมีความแตกต่างจากก่อนการวิจัยในทิศทางที่ดีขึ้น ยกเว้น พฤติกรรมการหลับคาขวดนมของทั้งสองกลุ่ม และพฤติกรรมการดื่มนมมื้อดึกของกลุ่มการสอนโดยทันตบุคลากร พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างก่อนและหลังการวิจัย (ตารางที่ 2)

ระดับคะแนนความรู้ ทัศนคติ และทักษะการเลิกขวดนม เปรียบเทียบภายในกลุ่ม ระหว่างก่อนและหลังการวิจัย

ค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ ทัศนคติและทักษะการเลิกขวดนมภายหลังการวิจัยมีค่ามากกว่าก่อนการวิจัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในกลุ่มศึกษาแชทบอทและกลุ่มการสอนโดยทันตบุคลากร (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 พฤติกรรมการดื่มขวดนมและ ระดับความรู้ ทัศนคติ และทักษะการเลิกขวดนมเปรียบเทียบในแต่ละกลุ่ม ก่อนและหลังการวิจัย และระหว่างกลุ่ม ช่วงหลังการวิจัย

Table 2. Comparison of bottle weaning status, levels of knowledge, attitudes, and practices on weaning between pre-test and post-test within group and between post-test between groups.

พฤติกรรม/ประเด็น	กลุ่มสอนโดยแชทบอท (n = 52)		p-value	กลุ่มสอนโดยทันตบุคลากร (n = 53)		p-value	95% CI	p-value[b]
	Pre-test	Post-test		Pre-test	Post-test		(Post-test)	(Post-test)
การเลิกขวดนม (n (%))	-	23 (44.2)	-	-	16 (30.2)	-	0.82 – 4.09	0.137
ความถี่ในการดูดขวดนม (ครั้ง/วัน)	4.3 ± 2.0	1.5 ± 1.7	**<0.001[a]**	4.6 ± 2.0	2.1 ± 2.1	**<0.001[a]**	-1.31- 0.16	0.124[a]
ความถี่ในการดื่มนมจากกล่องหรือแก้ว (ครั้ง/วัน)	0.5 ± 0.7	2.3 ± 1.5	**<0.001[a]**	0.4 ± 0.9	1.5 ± 1.2	**<0.001[a]**	0.27 – 1.33	**0.003[a]**
การเริ่มหัดเลิกขวดนม (n (%))	15 (28.8)	42 (80.8)	**<0.001**	16 (30.2)	35 (66.0)	<0.001	0.88 – 5.28	0.088
การหลับคาขวดนม (n (%))	31 (59.6)	22 (42.3)	0.078	27 (50.1)	29 (54.7)	0.697	0.28 – 1.31	0.203
การดื่มนมมื้อดึก (n (%))	35 (67.3)	19 (36.5)	**0.002**	33 (62.3)	25 (47.2)	0.119	0.30 – 1.40	0.270
ความรู้ (คะแนน = 17)	7.7 ± 3.6 (0-14)	11.1 ± 3.6 (1-16)	**<0.001**	7.8 ± 3.2 (1-14)	9.2 ± 3.6 (2-16)	0.030	0.47 – 3.27	**0.009[a]**
ทัศนคติ (คะแนน = 12)	7.6 ± 2.3 (3-11)	9.2 ± 2.0 (3-11)	**0.001**	7.3 ± 2.7 (2-11)	8.4 ± 2.3 (3-11)	0.027	-0.90 -1.60	0.079[a]
ทักษะการเลิกขวดนม (คะแนน = 5)	0.5 ± 1.0 (0-5)	2.7 ± 2.1 (0-5)	**<0.001**	0.6 ± 1.2 (0-5)	2.2 ± 2.2 (0-5)	< 0.001	-0.38 -1.27	0.287[a]

Pearson Chi-square test,

Note: a = independent t-test, b = p-value of Intervention VS. Control on post-test

ความพึงพอใจแชทบอท ตามแนว Zhang's model (19)

ค่าเฉลี่ยความถึงพอใจในมิติต่าง ๆ ทั้ง 4 มิติ คือ 4.6 ± 0.7 คะแนน โดยเรียงตามลำดับค่าเฉลี่ยคะแนนรวมของแต่ละมิติได้ ดังนี้ กลุ่มมิติประสบการณ์ของผู้ใช้งาน 4.6 ± 0.7 คะแนน กลุ่มคุณภาพของการสื่อสาร 4.6 ± 0.7 คะแนน กลุ่มมิติรูปแบบของการใช้งาน 4.5 ± 0.8 คะแนน และกลุ่มมิติสร้างความสัมพันธ์กับผู้ใช้งาน 4.5 ± 0.7 คะแนน โดยทุกข้อคำถามการประเมินคะแนนอยู่ในช่วง 1-5 คะแนน (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 คะแนนความพึงพอใจในมิติต่าง ๆ ของผู้ใช้งานแชทบอท (หมอคิตตี้)

Table 3. Satisfaction score of chatbot (Mor Kitty) users in each dimension.

หัวข้อ	ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ (คะแนนเต็ม 5 คะแนน), Mean(sd)
ประสบการณ์ของผู้ใช้งาน (คะแนนเฉลี่ยรวม)	**4.6 ± 0.7**
- ความสะดวกสบายในการใช้งาน	4.5 ± 0.9
- ความเข้าใจง่าย	4.7 ± 0.7
- ความสม่ำเสมอในการได้รับข้อความ	4.6 ± 0.7
- ความน่าสนใจของเนื้อหา รูปภาพ คลิปวิดีโอ	4.6 ± 0.7
- ความเหมาะสมของการเรียงลำดับเนื้อหา	4.6 ± 0.7
- ความถูกต้อง น่าเชื่อถือของข้อมูล	4.6 ± 0.7
- การได้รับความรู้เพิ่มเติมในเรื่องการเลิกขวดนม	4.6 ± 0.7
- การใช้งานระบบหมอคิตตี้ มีส่วนช่วยทำให้เด็กเลิกขวดนมได้	4.5 ± 0.8
คุณภาพการสื่อสาร (คะแนนเฉลี่ยรวม)	**4.6 ± 0.7**
- ความเร็วในการตอบสนองพูดคุย	4.5 ± 0.8
- พูดคุยภาษาเป็นกันเอง เข้าใจง่าย	4.6 ± 0.7
- รู้สึกว่าหมอคิตตี้ มีตัวตนจริง ๆ	4.6 ± 0.8
รูปแบบการใช้งาน (คะแนนเฉลี่ยรวม)	**4.5 ± 0.8**
- ความเหมาะสมของจำนวนวันที่ใช้งาน	4.5 ± 0.8
การสร้างความสัมพันธ์กับผู้ใช้งาน (คะแนนเฉลี่ยรวม)	**4.5 ± 0.7**
- ใช้งานระบบหมอคิตตี้ ทำให้รู้สึกมีกำลังใจอยากทำให้เด็กเลิกขวดนม	4.6 ± 0.8
- ความรู้สึกสบายใจในการใช้งาน	4.7 ± 0.8
คะแนนรวมทั้งหมด	**4.6 ± 0.7**

บทวิจารณ์ (Discussion)

จากงานวิจัยนี้พบว่า การสอนเลิกขวดนมโดยใช้แชทบอท ให้ผลสำเร็จในการเลิกขวดนมไม่แตกต่างจากการสอนโดยทันตบุคลากร ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยของการศึกษาของ Boonrasmee และคณะ (13) ที่สอนการเลิกขวดนมโดยใช้วิธีสนทนาสร้างแรงจูงใจ (motivational interviewing) ทางโทรศัพท์ ในสัปดาห์ที่ 3 และ 6 หลังจากเริ่มการวิจัย โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับสุขศึกษาตามปกติโดยเก็บผลการวิจัยที่ 8 สัปดาห์ โดยผลการวิจัยกลุ่มที่ใช้วิธีสนทนาสร้างแรงจูงใจสามารถเลิกขวดนมได้มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามกลุ่มควบคุมของการศึกษานี้เป็นการสอนเลิกขวดนมโดยทันตบุคลากรที่ได้รับการฝึกสอนการเลิกขวดนมมาแล้ว ซึ่งใช้เวลาในการสอน 5-10 นาทีและมีการเปิดโอกาสให้ซักถามหากมีข้อสงสัยซึ่งแตกต่างกับกลุ่มควบคุมของการศึกษาของ Boonrasmee และคณะ (13) ที่กลุ่มควบคุมเป็นการสอนตามมาตรฐานของแต่ละสถานที่นั้น ๆ โดยความแตกต่างนี้อาจเป็นผลทำให้งานวิจัยนี้มีผลสำเร็จในการเลิกขวดนมของการสอนเลิกขวดนมโดยใช้แชทบอทไม่แตกต่างจากการสอนโดยทันตบุคลากรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ทั้งนี้เมื่อเทียบกับการศึกษาอื่น ๆ พบว่า ความสำเร็จในการเลิกขวดนมของแชทบอทและการสอนโดยทันตบุคลากรน้อยกว่า การศึกษาของ Maguire และคณะ ค.ศ. 2010 (11) ที่ทำการสอนการเลิกขวดนมแก่ผู้ปกครองร่วมกับการใช้แผ่นติดตู้เย็นที่มีเนื้อหาวิธีการเลิกขวดนมและสอนการใช้ถ้วยหัดดื่มให้แก่ผู้ปกครองโดยจะทำการสอน 2 ครั้งที่ตอนอายุเด็ก 9 เดือนและอีกครั้งตอนเด็กอายุ 15 เดือน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ได้สุขศึกษาตามปกติ ซึ่งผลการวิจัยพบว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไปจนเด็กอายุ 2 ขวบ กลุ่มที่สอนการเลิกขวดนมโดยทีมวิจัยมีการเลิกขวดนมในตอนกลางวันและตอนกลางคืนมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งกลุ่มวิจัยสามารถเลิกขวดนมตอนกลางวันได้ร้อยละ 82 ส่วนกลุ่มควบคุมร้อยละ 58 และกลุ่มวิจัยสามารถเลิกขวดนมตอนกลางคืนได้ร้อยละ 95 ส่วนกลุ่มควบคุมร้อยละ 97 ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยนี้ที่ผลการศึกษานี้พบว่า Chatbot สามารถสอนเลิกขวดนมสำเร็จร้อยละ 44.2 ส่วนกลุ่มสอนเลิกขวดนมโดยทันตบุคลากรเลิกขวดนมสำเร็จร้อยละ 30.2 โดยอาจเป็นเหตุมาจากการศึกษานี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมการเลิกขวดนมโดยพิจารณาทุกช่วงเวลาซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Maguire และคณะ (11) ที่ศึกษาการเลิกขวดนมพิจารณาแยกเป็นช่วงเวลาเวลากลางวันกับช่วงเวลากลางคืน โดยไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการเลิกขวดนมโดยพิจารณาทุกช่วงเวลา นอกจากนี้ การศึกษาของ Maguire และคณะ มีการฝึกปฏิบัติการใช้ถ้วยหัดดื่มเพื่อเตรียมการสำหรับการเลิกขวดนมซึ่งแตกต่างจากการศึกษานี้ที่เป็นการสอนเพียงอย่างเดียวไม่ได้มีการปฏิบัติ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Maguireและคณะ ซึ่งเป็นการฝึกปฏิบัติจำเป็นต้องใช้เวลาและกำลังคนเป็นอย่างมากซึ่งแตกต่างจากการศึกษานี้ที่การสอนโดย Chatbot ใช้กำลังคนน้อยกว่าและสามารถส่งต่อเนื้อการเลิกขวดนมนี้ได้ง่ายกว่าการฝึกปฏิบัติ ในเรื่องของระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยก่อนเก็บข้อมูลของการศึกษาของ Maguireและคณะ จะนานกว่า คือใช้เวลา 15 เดือนนับตั้งแต่เริ่มต้น ส่วนการศึกษานี้ใช้ระยะเวลา 60 วันนับตั้งแต่เริ่มต้น ซึ่งระยะเวลาที่นานขึ้นอย่างมากอาจส่งผลให้การศึกษาของ Maguireและคณะมีความสำเร็จในการเลิกขวดนมได้มากกว่าการศึกษานี้จากอายุของเด็กที่เพิ่มขึ้น ที่จะมีโอกาสเลิกขวดนมมากขึ้นได้ ตามที่การศึกษาของ Sawasdivorn และคณะ ค.ศ. 2008 (20) พบว่าร้อยละความชุกของการติดขวดนมของเด็กจะลดลงตามช่วงอายุที่มากขึ้น โดยการศึกษาของ Sawasdivorn และคณะที่ศึกษาความชุกของการติดขวดนมในเด็กช่วงอายุต่างๆในจังหวัดกรุงเทพมหานครพบว่าความชุกของการติดขวดนมของเด็กอายุ 1-2 ปี คือร้อยละ 92.5 และลดลงเหลือร้อยละ 70.4 และ 42.4 ในอายุ 2-3 ปี และ 3-4 ปีตามลำดับ

ระดับคะแนนความรู้ จากการสอนเลิกขวดนมทั้งสองกลุ่มดีขึ้นกว่าก่อนการวิจัย โดยภายหลังการวิจัยกลุ่มแชทบอทมีระดับคะแนนความรู้มากกว่ากลุ่ม

ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งให้ผลการศึกษาไปในทางเดียวกับการศึกษาของ Pithpornchaiyakul และคณะ ค.ศ. 2022 (21) ที่เปรียบเทียบประสิทธิผลของการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมการแปรงฟันระหว่างการใช้แชทบอทของ 21 วันฟันดีกับแชทบอทของ 30 วันฟันดี ซึ่งผลการวิจัยพบว่าระดับความรู้หลังการวิจัยของ 21 วันฟันดีและ 30 วันฟันดีมีค่ามากกว่าก่อนการวิจัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอาจมีสาเหตุเนื่องมากจากลักษณะแชทบอทของทั้งสองการวิจัยมีความใกล้เคียงกันคือ สามารถส่งข้อความไปหาผู้ใช้งานเพื่อกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมได้ทุกวันและมีการให้กำลังใจผู้ใช้งานเป็นระยะ ๆ รวมไปถึงมีสื่อรูปภาพและวิดีทัศน์ต่าง ๆ ในการให้ความรู้

พฤติกรรมความถี่การดูดขวดนม ความถี่การดูดนมกล่องหรือแก้วและการเริ่มหัดเลิกขวดนมพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นของทั้งสองกลุ่มศึกษาแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม ยกเว้นความถี่การดูดนมจากกล่องหรือแก้วโดยกลุ่มที่ได้รับความรู้จากแชทบอท ได้ผลที่ดีกว่าซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Bonuck คณะ ค.ศ. 2014 (22) สอนการเลิกขวดนมโดยใช้แผ่นพับให้ความรู้เปรียบเทียบกับการให้ความรู้แบบปกติทั่วไป ผลการศึกษาพบว่าความถี่ในการดูดขวดนมของกลุ่มวิจัยที่ใช้แผ่นพับในการสอนไม่แตกต่างจากการให้ความรู้โดยวิธีปกติทั่วไป ส่วนการศึกษาในปัจจุบันเกี่ยวกับพฤติกรรมการเริ่มหัดเลิกขวดนมและความถี่การดื่มนมจากแก้วหรือขวดยังมีค่อนข้างจำกัด แต่อย่างไรก็ตามกลุ่มศึกษาแชทบอท มีความสามารถทำให้เด็กมีความถี่ในการดื่มนมจากกล่องหรือแก้วได้มากกว่ากลุ่มสอนโดยทันตบุคลากร ซึ่งอาจเกิดจากเนื้อหาใน Chatbot ที่มีการกระตุ้นซ้ำเรื่องการเลิกขวดนมและเชิญชวนให้ดื่มนมจากกล่องหรือแก้วแทนในทุกวันตลอด 21 วันซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี 21 วัน ของ Maxwell Maltz (18) ที่ได้เสนอทฤษฎีว่า พฤติกรรมใหม่จะตกผลึกจนกลายเป็นนิสัยใหม่ได้ก็ต่อเมื่อทำพฤติกรรมนั้นซ้ำ ๆ ต่อเนื่องกันทุกวัน เป็นเวลาอย่างน้อย 21 วัน และทฤษฎีการวางเงื่อนไขด้วยการกระทำ (Operant behavior theory) (23) ซึ่งการเสริมแรงเชิงบวกซ้ำ ๆ สามารถทำให้คนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมได้ ซึ่งสัมพันธ์กับเนื้อหาของ Chatbot ที่มีการให้กำลังใจ สร้างความมั่นใจและกระตุ้นให้คนอยากเลิกขวดนม

พฤติกรรมการหลับคาขวดนมก่อนการศึกษาไม่แตกต่างกับหลังการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทั้งสองกลุ่มวิจัย แต่เมื่อเทียบกับก่อนการวิจัยพบว่าพฤติกรรมการหลับคาขวดนมในกลุ่มวิจัย Chatbot มีแนวโน้มที่จะลดลง โดยก่อนการวิจัยมีการหลับคาขวดนมร้อยละ 59.6 และหลังการวิจัยลดลงเหลือร้อยละ 42.3 (ลดลงร้อยละ 17.3) เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Sawasdivorn และคณะ ค.ศ. 2008 (20) ที่พบความความชุกของการหลับคาขวดนมในเด็กไทยอายุ 18 เดือน อยู่ที่ร้อยละ 51.3 ซึ่งมีความใกล้เคียงกับความชุกของการหลับคาขวดนมก่อนการวิจัยของการศึกษานี้คือร้อยละ 55.6 ดังนั้นจากผลการศึกษานี้พบว่าการสอนการเลิกขวดนมโดย Chatbot มีความสามารถที่จะทำให้แนวโน้มการหลับคาขวดนมของเด็กลดลง

จากการศึกษาพบว่า ประเด็นในเรื่องการเลิกขวดนมไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสองกลุ่ม ซึ่งอาจเกิดจากวิธีการดำเนินงานโดยกลุ่มทันตบุคลากร มีลักษณะ คล้ายคลึงกับกลุ่มที่ดำเนินงานในแชทบอท ในประเด็นเนื้อหา การส่งเสริมทัศนคติผ่านการพูดคุย การแก้ไขอุปสรรคในการปฏิบัติและมีการใช้ทฤษฎีในการปรับพฤติกรรม ดังนั้น หากมุ่งหวังผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมโดยอาศัยทันตบุคลากรเป็นหลัก ควรพิจารณาแนวทางที่ใช้ให้สอดคล้องกับการศึกษานี้ ซึ่งจะเป็นแนวที่มีความเข้มข้นกว่า วิธีการที่ใช้ในชีวิตประจำวันทั่วไป

คะแนนระดับความพึงพอใจในการใช้งานแชทบอทของการศึกษานี้ในภาพรวมของทุกมิติอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pithpornchaiyakul และคณะ (21) ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ระดับคะแนนความพึงพอใจ ของผู้ใช้งานของ 21 วันฟันดี และ 30 วันฟันดี อยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมากที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากลักษณะแอพพลิเคชั่น

ที่ใช้ รูปแบบการส่งข้อความ ลักษณะของวิดีทัศน์ต่าง ๆ ของการศึกษานี้กับการศึกษาของ Pithpornchaiyakul และคณะ มีความใกล้เคียงกัน โดยมีการอิงหลักการใช้แนวคิดทฤษฎีในการปรับพฤติกรรม การสร้างแรงจูงใจให้กำลังใจ และนำแนวทางการสร้างสื่อหลากรูปแบบและการพูดคุยแบบเป็นกันเอง เป็นพื้นฐานสำคัญ

การศึกษานี้เป็นการศึกษา randomized controlled trial ซึ่งเป็นการศึกษาแบบ single blinded ในกลุ่มที่เก็บข้อมูล และแบ่งกลุ่มตัวอย่างโดย Opaque sealed envelope technique เพื่อป้องกันอคติอาจทั้งจากกระบวนการวิจัยและกระบวนการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด โดยสังเกตได้จากกลุ่มตัวอย่างทั้งสองที่มีลักษณะทั่วไปไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้การศึกษานี้มีผู้สูญเสียการติดตาม 3 คน โดยแบ่งเป็น กลุ่มที่สอนการเลิกขวดนมโดยใช้ Chatbot 2 คน และกลุ่มที่สอนการเลิกขวดนมโดยทันตบุคลากร 1 คน เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์แบบ Intention to treat ทั้งแบบ Assume the worst และแบบ Assume the best พบว่า ผลของการวิจัยเป็นไปในทางเดียวกันกับการวิเคราะห์แบบ Per protocol ทั้งในเรื่องสถานะการเลิกขวดนม และคะแนน ความรู้ ทัศนคติ และทักษะการเลิกขวดนม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณการสูญเสียการติดตามในการศึกษานี้มีเพียง 3 คน จึงทำให้ผลการวิเคราะห์ทั้งสองแบบเป็นไปในทางเดียวกัน

การศึกษานี้มีการป้องกันปัจจัยกวนที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการศึกษาโดยจะขอให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยแจ้งผู้เก็บข้อมูลการวิจัยทันทีในวันที่เก็บข้อมูลงานวิจัยหากในระหว่างการศึกษามีการได้รับการสอนเลิกขวดนมจากแหล่งอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยพบว่าไม่มีผู้เข้าร่วมงานวิจัยเผยแพร่เนื้อหาการเลิกขวดนมให้กับผู้อื่นและทุกคนไม่มีการได้รับการสอนการเลิกขวดนมจากแหล่งอื่น ๆ

การศึกษานี้มีข้อจำกัดในเรื่องการสอนการเลิกขวดนมโดยทันตบุคลากรไม่สามารถทำโดยคน ๆ เดียวกันได้เนื่องจากสถานที่ที่ใช้ในการทำวิจัยมีหลายแหล่งและห่างไกลต่อกัน โดยถึงแม้จะมีการทำการฝึกทันตบุคลากรแต่ละที่ได้รับการฝึกฝนการสอนเลือกขวดนมมาแล้ว แต่ประสิทธิภาพในการสอนการเลิกขวดนมแต่ละสถานที่อาจมีโอกาสแตกต่างตามการสอนโดยคน ๆ เดียวกันได้

การศึกษานี้เป็นการศึกษาในเด็กที่อยู่ในช่วงอายุ 12-24 เดือน โดยการสร้างเนื้อหาต่าง ๆ ที่อยู่ใน Chatbot เป็นเนื้อหาที่มุ่งจะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเลิกขวดนมที่สอดคล้องกับความเชื่อและทัศนคติของผู้ปกครองเด็กในประเทศไทย จังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดสงขลา ซึ่งกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีลักษณะข้อมูลพื้นฐานในครอบครัวที่ผู้ปกครองเป็นพ่อและแม่เป็นผู้ดูแลหลัก ซึ่งอยู่ในสถานะสมรส รายได้ครอบครัวเพียงพอต่อการดำรงชีวิต อาศัยอยู่ในเขตเมืองและสามารถเข้าถึงอินเตอร์เน็ตได้ ดังนั้นจากผลการศึกษานี้พบว่าแชทบอทเหมาะกับการสอนเลิกขวดนมในประชากรเด็กไทยที่อายุอยู่ระหว่าง 1-2 ปี ที่อาศัยอยู่กับพ่อแม่ในเขต เมือง โดยรายได้ครอบครัวเพียงพอต่อค่าใช้จ่ายและสามารถเข้าถึงอินเตอร์เน็ตได้ แต่อย่างไรก็ตามในสถานการณ์จริงการสอนแบบปกติโดยทันตบุคลากรสอนมีข้อจำกัดที่ทำได้เฉพาะเด็กที่เดินทางมารับบริการที่สถานพยาบาล โอกาสในการเผยแพร่องค์ความรู้ เนื้อหาและวิธีปฏิบัติไปในวงกว้างจึงน้อย โดยจากผลการศึกษานี้ที่ประสิทธิผลในการสอนเลิกขวดนมโดยแชทบอทไม่แตกต่างกับการสอนโดยทันตบุคลากร ซึ่งสัมพันธ์กับการศึกษาของ Hunsrisakhun และคณะ (24) ที่ใช้แชทบอท “21 ฟันดีพลัส (21-Day FunDee Plus)” ในการสอนการแปรงฟันร่วมกับการสอนโดยทันตบุคลากรเปรียบเทียบประสิทธิผลในการลดคราบจุลินทรีย์ที่เกาะติดฟันกับการสอนโดยแชทบอทเพียงอย่างเดียวซึ่งผลการศึกษาพบว่าการสอนโดยแชทบอทเพียงอย่างเดียวมีประสิทธิผลในการแปรงฟันไม่แตกต่างกับการสอนโดยแชทบอทร่วมกับการสอนโดยทันตบุคลากร โดยจากผลการศึกษาทั้งสองงานวิจัยทำให้เห็นว่าแชทบอทสามารถแก้ไขข้อจำกัดเหล่านี้ได้ โดยสามารถส่งข้อมูลต่อไปในวงกว้างและสามารถเข้าถึงผู้ปกครองของเด็กได้ในทุกช่วงอายุ ไม่จำกัดจำนวน ซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายทั้งผู้มารับบริการที่ไม่ต้องเสียค่าเดินทางมารับบริการและผู้ให้บริการที่ไม่ต้องใช้กำลังคนเพื่อไปสอนการเลิกขวดนมในประชากรหมู่มาก นอกจากนี้การใช้แชทบอทเปิด

โอกาสให้ผู้ปกครองสามารถเรียนรู้ซ้ำด้วยตัวเองได้ และผู้วิจัยสามารถปรับปรุงเนื้อหาให้เข้ากับยุคสมัยได้ในแต่ละช่วงเวลาหนึ่ง ๆ (real time) เพิ่มเติมได้โดยง่าย นอกจากนี้ Chatbot ยังมีความสามารถในการการกระตุ้นและให้กำลังใจให้คนเลิกขวดนม โดยจากผลการวิจัยพบว่าคนที่สามารถเลิกขวดนมได้สำเร็จจากการใช้งาน Chatbot ร้อยละ 52.2 ในช่วง 7 วันแรก แต่อย่างไรก็ตามมีคนอยู่ร้อยละ 39.9 ที่เป็นผู้ที่เลิกขวดนมได้และใช้งาน Chatbot อยู่ช่วงวันที่ 8-21 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การที่ Chatbot ออกแบบมาเพื่อใช้งานต่อเนื่อง 21 วัน สามารถรองรับได้ทั้งคนที่สามารถเลิกขวดนมได้เร็วและกลุ่มคนที่เลิกขวดนมได้ช้า ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการวางเงื่อนไขด้วยการกระทำ ซึ่งการเสริมแรงเชิงบวกซ้ำ ๆ สามารถทำให้คนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมได้ นอกจากนี้ ผู้ใช้งาน Chatbot ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์ “พึงพอใจมากถึงพึงพอใจมากที่สุด” ซึ่งเป็นผลดีที่ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกอยากโต้ตอบและเรียนรู้วิธีการเลิกขวดนมได้อย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะสื่อรูปภาพและวิดีทัศน์ต่าง ๆ ดังนั้นอาจเป็นข้อดีในอนาคตที่ Chatbot นี้อาจเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนา Chatbot ในการสอนเลิกขวดนมอื่น ๆ ในอนาคต ตลอดถึงนำไปใช้ในการลดภาระงานของทันตบุคลากรในการสอนเลิกขวดนมได้

บทสรุป (Conclusion)

ประสิทธิผลโดยใช้การสอนจากแชทบอทนั้นไม่แตกต่างจากการสอนโดยทันตบุคลากรทั้งในประเด็นการเลิกขวดนมและคะแนนทัศนคติทักษะการเลิกขวดนมโดยมีทิศทางที่ดีขึ้นในทุกประเด็น โดยมีประเด็นระดับความรู้ในกลุ่มแชทบอทที่ดีกว่ากลุ่มการสอนโดยทันตบุคลากร สำหรับคะแนนความพึงพอใจต่อแชทบอทในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

ถึงแม้การเลิกขวดนม ระดับคะแนนทัศนคติและทักษะการเลิกขวดนม พฤติกรรมการดื่มขวดนมต่าง ๆ ของทั้งสองวิจัยจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาในบริบทของการนำแชทบอทไปใช้สอนแทนมนุษย์ก็ถือว่าแชทบอทสามารถมีประสิทธิผลในการสอนเลิกขวดนมได้เทียบเท่ามนุษย์ ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่ในอนาคตจะนำแชทบอทไปใช้แทนการสอนโดยมนุษย์ซึ่งถือว่าเป็นการลดแรงงานทันตบุคลากร แต่อย่างไรก็ตามการใช้แชทบอทก็มีข้อจำกัดในประชากรบางกลุ่มที่ไม่สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีหรือไม่สอดคล้องบริบทกับประชากรแต่ละพื้นที่ ดังนั้นในอนาคตอาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาแชทบอทในประชากรกลุ่มอื่น ๆ ที่ใหญ่กว่าการศึกษานี้ รวมไปถึงการใช้แชทบอทร่วมกับวิธีการเลิกขวดนมวิธีอื่น ๆ ซึ่งอาจมีประสิทธิผลได้ดีกว่าและครอบคลุมกับกลุ่มประชากรได้กว้างกว่า

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การศึกษานี้ได้รับทุนวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และขอขอบคุณอาจารย์สาขาวิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ทุกท่านที่ช่วยให้คำปรึกษาและแนะนำในการทำงานวิจัยนี้ และขอบคุณเจ้าหน้าที่ทันตสาธารณสุขและครูศูนย์เด็กเล็กทุกท่านที่ตั้งใจเป็นอย่างดี ช่วยให้งานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Bureau of Dental Health. The 8th national oral health survey 2017 of Thailand. Nonthaburi: Department of Health, Ministry of Public Health; 2018. (in Thai).

2. Bureau of dental health. The 9th national oral health survey 2023 of Thailand. Nonthaburi: Department of Health, Ministry of Public Health; 2024. (in Thai).

3. Harris R, Nicoll AD, Adair PM, Pine CM. Risk factors for dental caries in young children: a systematic review of the literature. Community Dent Health. 2004;21(1 Suppl):71-85.

4. Barjatya K, Nayak UA, Vatsal A. Association between early childhood caries and feeding practices among 3-5-year-old children of Indore, India. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2020;38(2):98-103.

5. Masumo R, Bardsen A, Mashoto K, Åstrøm AN. Prevalence and socio-behavioral influence of early childhood caries, ECC, and feeding habits among 6-36 months old children in Uganda and Tanzania. BMC Oral Health. 2012;12:24. doi: 10.1186/1472-6831-12-24.

6. Thwim KM, Zaitsu T, Ueno M, Kawakuchi Y. Early childhood caries and related risk factors among Myanmar preschool children. Int J Clin Prev Dent. 2016;12(4):229-36.

7. Nuffield Council on Bioethics. Bioethics briefing note: Artificial intelligence (AI) in healthcare and research [Internet]. London: Nuffield Council on Bioethics; 2018 [cited 2018 July 23]. Available from: http : //nuffieldbioethics.org/wpcontent/uploads/Artificial-Intelligence-AI-in-healthcare-andresearch.pdf.

8. Milne-Ives M, de Cock C, Lim E, Shehadeh MH, de Pennington N, Mole G, et al. The Effectiveness of Artificial Intelligence Conversational Agents in Health Care: Systematic Review. J Med Internet Res. 2020;22(10):e20346. doi: 10.2196/20346.

9. Gaffney H, Mansell W, Tai S. Conversational Agents in the Treatment of Mental Health Problems: Mixed-Method Systematic Review. JMIR Ment Health. 2019;6(10):e14166. doi: 10.2196/14166. PMID: 31628789.

10. Nammontri O, Klumrut M, Khaokota S. Baby bottle addict, how to manage?. Thai Dental Nurse Journal. 2016;27(1):144-52.

11. Maguire JL, Birken CS, Jacobson S, Peer M, Taylor C, Khambalia A, et al. Office-based intervention to reduce bottle use among toddlers: TARGet Kids! Pragmatic, randomized trial. Pediatrics. 2010;126(2):e343-50. doi: 10.1542/peds.2009-3583.

12. Maher CA, Davis CR, Curtis RG, Short CE, Murphy KJ. A Physical Activity and Diet Program Delivered by Artificially Intelligent Virtual Health Coach: Proof-of-Concept Study. JMIR Mhealth Uhealth. 2020;8(7):e17558. doi: 10.2196/17558.

13. Boonrusmee S, Cheamsanit S. Telephone-based counselling helped parents to wean children off bottles at 2 years of age. Acta Paediatr. 202;110(2):718-719.

14. Glanz k, Rimer BK, Viswanath K. Health behavior and health education theory, research, and practice. 4th ed. San Francisco: A Wiley Imprint; 2008.

15. Powwattana A, Kalampakorn S, Lagampan S, Amnatsatsue k. Health promotion and disease prevention in community: An application of concepts and theories of practice. 1st ed. Khon Kaen: Klangnana Vitthaya press; 2011.

16. Iamsupasit S. Theories and techniques in behavior modification. Bangkok: Chulalongkorn university press; 2000.

17. Tansakul. Behavioral theories, operations in health education and health promotion. TH J of Health Edu. 2007;30:10-2.

18. Maltz M. Psycho-cybernetics. New York: Prentice Hall; 1960.

19. Zhang J, Oh YJ, Lange P, Yu Z, Fukuoka Y. Artificial Intelligence Chatbot Behavior Change Model for Designing Artificial Intelligence Chatbots to Promote Physical Activity and a Healthy Diet: Viewpoint. J Med Internet Res. 2020;22(9):e22845. doi: 10.2196/22845.

20. Sawasdivorn S, Wanthanaphuti P, Puearun S, Juansang S. Situation of baby bottle use: is it suitable to recommend weaning by the age of one year?. J Med Assoc Thai. 2008;91(Suppl 3): S128-35.

21. Pithpornchaiyakul S, Naorungroj S, Pupong K, Hunsrisakhun J. Using a Chatbot as an Alternative Approach for In-Person Toothbrushing Training During the COVID-19 Pandemic: Comparative Study. J Med Internet Res. 2022; 24(10):e39218. doi: 10.2196/39218.

22. Bonuck K, Avraham SB, Lo Y, Kahn R, Hyden C. Bottle-weaning intervention and toddler overweight. J Pediatr. 2014;164(2):306-12.e1-2. doi: 10.1016/j.jpeds.2013.09.029.

23. Catania AC. The operant behaviorism of B. F. Skinner. Behavioral and Brain Sciences. 1984;7(4):473-475.

24. Hunsrisakhun J, Naorungroj S, Tangkuptanon W, Wattanasit P, Pupong K, Pithpornchaiyakul S. Impact of Oral Health Chatbot With and Without Toothbrushing Training on Childhood Caries. Int Dent J. 2025;75(2):1348-1359.

ติดต่อบทความ:
ผศ.ทพญ.เสมอจิต พิธพรชัยกุล
หน่วยวิจัยเพื่อการพัฒนาการดูแลสุขภาพช่องปาก
สาขาวิชาทันตกรรมป้องกัน, สาขาวิชาทันตกรรมป้องกัน
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
สงขลา 90112
โทรศัพท์ : 081 442 2236
อีเมล์ : samerchit.p@psu.ac.th

Corresponding author:
Asst.Prof. Samerchit Pithpornchaiyakul
Improvement of Oral Health Care Research Unit, Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkla, 90112, Thailand.
Tel: (668) 1442 2236
E-mail: samerchit.p@psu.ac.th

มุมมองของบุคลากรทางการแพทย์และผู้ดูแลต่อการดูแลสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง ตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง: การศึกษาเชิงคุณภาพ

จุรีวรรณ โพธิ์ศรีลาภ[1] กันยารัตน์ คอวนิช[2] อติศักดิ์ จึงพัฒนาวดี[2*]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อทำความเข้าใจมุมมองของบุคลากรทางการแพทย์และผู้ดูแลต่อการดูแลสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง ตำบลแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

วิธีดำเนินการวิจัย เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพใช้การสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างจากผู้ให้สัมภาษณ์ จำนวน 24 คน แบ่งเป็นกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์กลุ่มงานปฐมภูมิโรงพยาบาลแม่เมาะ จำนวน 10 คน กลุ่มผู้ดูแลผู้สูงอายุที่ผ่านหลักสูตรด้านการดูแลผู้สูงอายุ จำนวน 9 คน และ ผู้ดูแลที่เป็นญาติจำนวน 5 คน ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ได้รับการถอดความแบบละเอียดและนำมาวิเคราะห์เพื่อระบุประเด็นหลักโดยใช้วิธีวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) พร้อมกับการจัดกลุ่มของข้อมูลด้วยการวิเคราะห์กลุ่มคำ (Domain analysis) และสร้างข้อสรุปผ่านการวิเคราะห์แบบอุปนัย (Analytic induction)

ผลการศึกษา ทั้งสามกลุ่มมีมุมมองต่อการดูแลสุขภาพช่องปากผู้สูงอายุแบ่งได้เป็น 3 ประเด็น ได้แก่ 1) สุขภาพช่องปากมีความสำคัญและมีผลกับสุขภาพโดยรวมของผู้สูงอายุ 2) มุมมองต่อธรรมชาติของการดูแลสุขภาพช่องปากว่าเป็นพื้นที่ปิด เข้าถึงยาก และต้องการความร่วมมือจากผู้ป่วย 3) มุมมองต่ออุปสรรคในการดูแลสุขภาพช่องปากของผู้ป่วย ได้แก่ ยังไม่มีการรวมการดูแลสุขภาพช่องปากอยู่ในแผนการดูแลอย่างเป็นระบบและความไม่เชื่อมั่นของญาติต่อผู้ดูแล

สรุป ความเข้าใจมุมมองของผู้ดูแลและบุคลากรที่เกี่ยวข้องที่มีต่อสุขภาพช่องปากสามารถนำไปสู่การพัฒนาระบบการดูแลสุขภาพช่องปากผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิงที่สอดคล้องกับความต้องการของทีมได้ดีขึ้นมากกว่าวิธีการแบบเดิม

คำสำคัญ: บุคลากรทางการแพทย์ ผู้ดูแล ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง สุขภาพช่องปาก มุมมองผู้ดูแล

วันที่รับ: 22 มกราคม 2568
วันที่แก้ไข: 21 เมษายน 2568
วันที่ตอบรับ: 21 เมษายน 2568

[1]กลุ่มงานทันตกรรม โรงพยาบาลแม่เมาะ ลำปาง 52220
[2]คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
*(*ผู้ติดต่อบทความ)*

The Perspective of Health Professionals and Caregivers on Oral Health Care in Dependent Older Adults Maemoh Subdistrict Maemoh District Lampang Province: A Qualitative Study

Jureewan Poseelap[1] Kanyarat Korwanich[2] Atisak Chuengpattanawadee[2*]

Abstract

Objectives: This qualitative study explored the viewpoints of two stakeholder groups health professionals at Mae Moh Hospital's primary care unit and caregivers involved in long-term care for older adults in Mae Moh Subdistrict, Lampang Province regarding oral health care for dependent elderly individuals.

Methods: Data were collected through semi-structured interviews with 24 participants, categorized into three groups: healthcare staff (n = 10), formally trained caregivers who had completed a 70-hour elder care program (n = 9), and family caregivers (n = 5). Interview transcripts were subjected to content analysis to identify recurring themes, followed by domain analysis to organize patterns within the data, and analytic induction to develop overarching conclusions.

Results: Analysis revealed three central themes common to all groups: 1) Oral health was perceived as important, albeit secondary to general health concerns; 2) The oral cavity was regarded as a private and difficult-to-access area, requiring patient cooperation and thus posing challenges to care delivery; and 3) Barriers included the exclusion of oral care from routine care plans and a lack of trust from family members in non-professional caregivers' oral care competence.

Conclusions: Understanding the perspectives of caregivers and relevant healthcare personnel is essential for developing an elderly oral healthcare system that effectively supports team-based care. This approach could enhance the existing care framework beyond traditional methods.

Keywords: Health Professional, Caregivers, Dependent Elderly, Oral Health, Caregivers' Perspectives

Received Date: Jan 22, 2025
Revised Date: Apr 9, 2025
Accepted Date: Apr 21, 2025

[1]*Dental Department, Maemoh Hospital, Lampang, 52220, Thailand.*
[2]*Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50200, Thailand.*
*(*Corresponding author)*

บทนำ (Introduction)

ประเทศไทยเข้าสู่สังคมสูงวัยอย่างสมบูรณ์ (Aged society) เมื่อปี 2566 โดยมีผู้สูงอายุต่อประชากรทั้งหมดในสัดส่วนร้อยละ 20.08 (1) จากสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรที่เปลี่ยนผ่านเข้าสู่สังคมสูงวัย และภาวะความสูงอายุมีความสัมพันธ์อยู่กับความจำเป็นในการพึ่งพาผู้อื่น ส่งผลให้ภาครัฐมุ่งเน้นการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุในทุกกลุ่มอย่างต่อเนื่องรวมถึงพัฒนาระบบการดูแลสำหรับผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง ซึ่งเริ่มดำเนินการในปี 2559 เพื่อให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตที่ดีและใช้ชีวิตได้อย่างสมศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์ (2)

มีหลักฐานทางวิชาการที่แสดงให้เห็นว่าสุขภาพช่องปากมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสุขภาพกายโดยรวมถึงคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุโดยเฉพาะในกลุ่มที่มีภาวะพึ่งพิงซึ่งมีโอกาสเผชิญกับปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดปัญหาช่องปากได้มากกว่าคนทั่วไป (3) การเกิดโรคฟันผุ โรคปริทันต์ ภาวะสันเหงือกว่าง ภาวะปากแห้งและมะเร็งช่องปาก ซึ่งส่งผลต่อการเคี้ยวอาหาร การบริโภค และนำไปสู่ภาวะทุพโภชนาการ (4) ในขณะที่ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิงมักมีอัตราการเข้าถึงบริการทันตกรรมต่ำกว่ากลุ่มประชากรทั่วไป การเข้าถึงบริการสุขภาพช่องปากของกลุ่มนี้จึงเป็นสิ่งสำคัญ เพราะเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดความเสื่อมของสุขภาพช่องปากอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับกลุ่มอายุอื่น (5) โดยพบว่าผู้สูงอายุกลุ่มนี้เข้าถึงบริการทันตกรรมได้ค่อนข้างน้อยจากข้อมูล Health Data Center (HDC) จังหวัดลำปางพบว่าในปี 2566 มีการเข้าถึงบริการทันตกรรมเพียงร้อยละ 17.1 และ 29.5 ตามลำดับ (6)

อำเภอแม่เมาะมีจำนวนผู้สูงอายุในปี 2566 จำนวน 7,095 คน (ร้อยละ 24.39 ของประชากร) แต่เนื่องจากข้อจำกัดด้านกำลังคนของกลุ่มงานทันตกรรมโรงพยาบาลแม่เมาะ ทำให้ไม่สามารถจัดบุคลากรไปเยี่ยมบ้านพร้อมทีมได้อย่างสม่ำเสมอประกอบกับบุคลากรสาขาอื่นไม่สามารถให้บริการด้านทันตกรรมแทนได้ ทำให้ผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิงไม่ได้รับการดูแลสุขภาพช่องปากอย่างทั่วถึง โดยพบว่าในปี 2566 ผู้ป่วยติดบ้านและติดเตียงได้รับการตรวจช่องปากเพียงร้อยละ 10.5 และ 48.0 ตามลำดับ และได้รับบริการทันตกรรมร้อยละ 11.6 และ 44 ตามลำดับ (6)

ด้วยข้อจำกัดเชิงโครงสร้างและทรัพยากรทำให้องค์การอนามัยโลกเสนอแนวทางที่เน้นความร่วมมือระหว่างวิชาชีพในระบบบริการปฐมภูมิ เพื่อให้สามารถขยายการให้บริการด้านสุขภาพช่องปากให้มีความครอบคลุมยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการส่งเสริมและป้องกันโรคในช่องปากควรมีการร่วมมือจากบุคลากรสหวิชาชีพมากกว่าที่จะจำกัดเฉพาะทันตบุคลากรเท่านั้น การสร้างความร่วมมือเชิงระบบ โดยการพัฒนาทักษะ ทรัพยากรและเครื่องมือที่เหมาะสมให้แก่สหสาขาวิชาชีพ จะช่วยเพิ่มการเข้าถึงบริการสุขภาพช่องปากของผู้ป่วยและครอบครัว โดยทันตบุคลากรจะทำหน้าที่ในการดูแลในกรณีที่มีความซับซ้อนหรือยากต่อการจัดการโดยบุคลากรทั่วไป แนวทางดังกล่าวยังสามารถบรรเทาความขาดแคลนทันตแพทย์ในพื้นที่ชนบทได้อีกด้วย เพราะการทำงานร่วมกันของทีมสหวิชาชีพจะช่วยกระจายภาระหน้าที่และส่งเสริมระบบการดูแลสุขภาพแบบองค์รวมได้อย่างยั่งยืน (5) ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่สังคมสูงวัยและข้อจำกัดด้านบุคคลากร หากสามารถผลักดันให้มีการบูรณาการการดูแลสุขภาพช่องปากเข้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบบริการสุขภาพระดับปฐมภูมิได้จะทำให้กลุ่มผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิงสามารถเข้าถึงบริการทันตกรรมได้มากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามเพื่อให้บุคลากรสหวิชาชีพสามารถมีส่วนในการดูแลสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุได้อย่างเหมาะสม จำเป็นต้องเริ่มจากการทำความเข้าใจมุมมองที่บุคลากรกลุ่มนี้รวมถึงผู้ดูแลมีต่อการดูแลสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิงเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบระบบการดูแลสุขภาพที่เหมาะสมยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการศึกษา (Materials and Methods)

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ เก็บข้อมูลโดยใช้วิธีสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง(Semi-Structured Interview) โดยมีข้อคำถาม 3 หัวข้อใหญ่ คือ 1) ระบบการดูแลผู้สูงอายุติดเตียง 2) บทบาทหน้าที่ของผู้ให้สัมภาษณ์ในการดูแลผู้สูงอายุติดเตียงและ 3) มุมมอง

และการปฏิบัติของผู้ให้สัมภาษณ์ในการดูแลสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุติดเตียง โดยในแต่ละหัวข้อใหญ่จะประกอบไปด้วยคำถามย่อย เพื่อทำความเข้าใจในรายละเอียด โดยทำการสัมภาษณ์ 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) บุคลากรทางการแพทย์ในกลุ่มงานปฐมภูมิ โรงพยาบาลแม่เมาะจำนวน 10 คน 2) ผู้ดูแลผู้สูงอายุที่ได้รับการฝึกอบรมหลักสูตรการดูแลผู้สูงอายุ จำนวน 9 คน เลือกผู้ให้สัมภาษณ์ด้วยการคัดเลือกแบบลูกโซ่ (snowball technic) โดยให้พยาบาลที่เป็นผู้รับผิดชอบงานผู้สูงอายุทำการแนะนำผู้ให้สัมภาษณ์รายต่อไป 3) ผู้ดูแลที่เป็นญาติของผู้สูงอายุติดเตียง 5 คน (จากจำนวนผู้สูงอายุติดเตียงตำบลแม่เมาะทั้งหมดที่ยังมีชีวิตอยู่) ทำการสัมภาษณ์แบบต่อหน้าโดยผู้วิจัยหลักเป็นผู้สัมภาษณ์คนเดียวตลอดการเก็บข้อมูลใช้เวลาครั้งละ 45-60 นาที โดยเก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม 2565

แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างที่ใช้ในงานวิจัยผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงจากผู้ทรงคุณวุฒิ 1 ท่าน ก่อนการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้มีการอธิบายวัตถุประสงค์การวิจัยต่อผู้ให้สัมภาษณ์และขอให้ผู้ให้สัมภาษณ์ตอบคำถามตามมุมมองของตนเองโดยไม่ต้องคำนึงถึงความเป็นทันตแพทย์ของผู้วิจัย ในระหว่างการสัมภาษณ์ผู้วิจัยจะวางบทบาทตนเองให้เป็นผู้ซักถามให้ผู้ให้สัมภาษณ์ได้ตอบคำถามอย่างอิสระ โดยไม่ท้วงติงหรือทำการแทรกแซง และผู้วิจัยจะมีการอธิบายเพิ่มในกรณีที่ผู้ให้สัมภาษณ์ไม่เข้าใจคำถามเท่านั้น

หลังสิ้นสุดการสัมภาษณ์ข้อมูลที่ได้การสัมภาษณ์จะถูกถอดความแบบคำต่อคำและตรวจสอบในทันทีโดยผู้วิจัยหลัก เพื่อลดปัญหาการความไม่ครบหรือไม่ชัดเจนของข้อมูล จากนั้นผู้วิจัยทั้ง 2 คน จะแยกกันวิเคราะห์ข้อมูล เริ่มจากการใช้วิธีวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) ทำการแยกส่วนข้อมูลจากการสัมภาษณ์ จากนั้นทำการให้รหัสข้อมูลที่แยกออกมา หลังจากนั้นใช้การวิเคราะห์สร้างข้อสรุปแบบอุปนัย (Analytic induction) เพื่อจัดเป็นหมวดหมู่ของข้อมูลเหล่านั้น โดยนำข้อมูลแต่ละรหัสที่มีเนื้อคล้ายกันมาจัดกลุ่มสร้างหมวดหมู่ย่อย แต่ละหมวดหมู่ย่อยได้รับการตั้งชื่อโดยใช้คำที่เป็นตัวแทนของความแสดงถึงลักษณะเนื้อหาของหมวดหมู่ย่อย จากนั้นทำการจัดกลุ่มหมวดหมู่ย่อยที่มีประเด็นคล้ายกันมารวมเป็นหมวดหมู่หลัก และทำการตั้งชื่อหมวดหมู่หลักโดยใช้คำที่เป็นตัวแทนของเนื้อหาในหมวดหมู่หลัก ขั้นตอนสุดท้ายคือการนำผลที่ได้จากการแยกกันวิเคราะห์มาถกเถียงและอภิปรายร่วมกันระหว่างผู้วิจัย 2 คน เพื่อลดอคติในการตีความของผู้วิจัยแต่ละคน

คณะกรรมการพิทักษ์สิทธิ์สวัสดิภาพของผู้ถูกวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ให้การรับรองงานวิจัยนี้ตามเอกสารเลขที่ 20/2565 วันที่ 26 เมษายน 2565

ผลการศึกษา (Results)

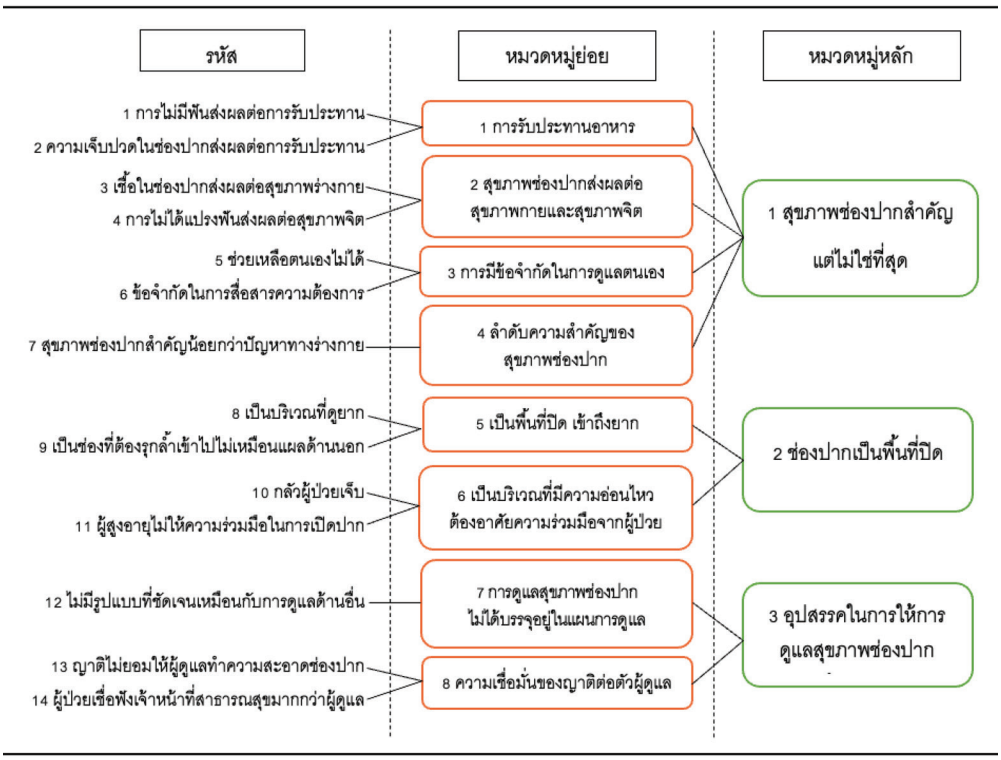
งานวิจัยนี้เป็นการศึกษามุมมองของบุคลากรการแพทย์และผู้ดูแลต่อการดูแลสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง ตำบลแม่เมาะ จำนวน 24 คน มีผู้ให้สัมภาษณ์เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1) บุคลากรทางการแพทย์กลุ่มงานปฐมภูมิ โรงพยาบาลแม่เมาะจำนวน 10 คน ประกอบด้วยพยาบาล 5 คน นักวิชาการสาธารณสุข 4 คน และเจ้าพนักงานสาธารณสุขชุมชน 1 คน เป็น เพศชาย 1 คน อายุ 34 ปี เพศหญิง 9 คน อายุ 25-50 ปี จำนวน 4 คน และ 51-60 ปี จำนวน 5 คน

2) ผู้ดูแลผู้สูงอายุที่ผ่านการอบรมหลักสูตรการดูแลผู้สูงอายุ และทำหน้าที่ดูแลผู้สูงอายุระยะยาวตำบลแม่เมาะจำนวน 9 คน เป็นเพศหญิงทั้งหมดแบ่งเป็นอายุ 25-50 ปี จำนวน 6 คน และช่วง 51-60 ปี จำนวน 3 คน

3) ผู้ดูแลผู้สูงอายุที่เป็นสมาชิกในครอบครัวผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง จำนวน 5 คน เป็นเพศหญิงทั้งหมดช่วงอายุ 59-72 ปี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล จำแนกข้อมูลได้ 14 รหัส 8 หมวดหมู่ย่อย และ 3 หมวดหมู่หลัก ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพการเชื่อมโยงของระดับการวิเคราะห์ข้อมูล

Fig 1. Demonstrate the linkage of data analysis levels.

ผู้ให้ข้อมูลทั้ง 3 กลุ่ม มีมุมมองต่อการดูแลสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิงแยกได้เป็น 3 หมวดหมู่หลัก คือ 1) สุขภาพช่องปากสำคัญแต่ไม่ใช่ที่สุด 2) ช่องปากในฐานะพื้นที่ปิดและ 3) อุปสรรคในการดูแลสุขภาพช่องปาก โดยประเด็นที่ 3 แยกเป็น 2 ประเด็นย่อย คือ 3.1) การดูแลสุขภาพช่องปากไม่ได้บรรจุอยู่ในแผนการดูแล 3.2) ความเชื่อมั่นของญาติต่อตัวผู้ดูแล โดยขยายความได้ดังต่อไปนี้

1. สุขภาพช่องปากสำคัญแต่ไม่ใช่ที่สุด

ผู้ให้สัมภาษณ์ทั้ง 3 กลุ่ม ต่างเห็นถึงความสำคัญของสุขภาพช่องปาก โดยมองว่าสุขภาพช่องปากที่ไม่ดีจะส่งผลเสียต่อการใช้ชีวิต โดยเฉพาะการรับประทานอาหาร

"ผู้สูงอายุติดบ้านติดเตียงเขาจำเป็นต้องได้กินอาหารต่าง ๆ การที่ฟันมีปัญหาจะเป็นอุปสรรคทำให้กินได้น้อย" (นักวิชาการสาธารณสุขชาย อายุ 34 ปี)

"ช่องปากเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อการใช้ชีวิตประจำวัน ในหนึ่งวันเราต้องรับประทานอาหาร หากกินแล้วสำลัก การเคี้ยวลำบากจะทำให้ระบบขับถ่ายของเขามีปัญหา" (นักวิชาการสาธารณสุขหญิง อายุ 26 ปี)

"ถ้าปวดฟันจะส่งผลทำให้ไม่อยากกิน ทำให้ไม่มีสารอาหารเข้าร่างกาย ถ้าเรากินอะไรไม่ได้เลย ร่างกายเราก็จะแย่ตามมาทั้งหมด" (ผู้ดูแลฯหญิง อายุ 55 ปี)

"ถ้าเกิดแผล เจ็บปวด ทำให้กินไม่ได้ ทำให้โรคอื่น ๆ แย่ไปด้วย" (ผู้ดูแลฯหญิง อายุ 43 ปี)

นอกจากจะเห็นว่าสุขภาพช่องปากจะส่งผลต่อการกิน ผู้ให้ข้อมูลยังเห็นว่าปัญหาสุขภาพช่องปากจะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพด้านอื่น ๆ โดยรวมได้

"คนปกติไม่ได้แปรงฟันหลายวัน ก็กินข้าวไม่อร่อยแล้ว แล้วถ้าเขาไม่ได้แปรงฟันนาน ๆ น้ำลายก็บูด จะเหม็นแล้วเขาก็ต้องทนดม ส่งผลเสียกับสุขภาพจิต"(พยาบาลวิชาชีพหญิง อายุ 49 ปี)

"ถ้าไปถึงขนาดติดเชื้อเข้ากระแสเลือดก็จะมีปัญหาตามมาอีก" (พยาบาลวิชาชีพหญิง อายุ 56 ปี)

"ถ้ามีเชื้อโรคสะสมอยู่ในปากก็จะเข้าไปทำให้ระบบอื่นในร่างกายเสียตามไปด้วย" (ผู้ดูแลฯหญิงอายุ 42 ปี)

"มีเชื้อในปาก มีเศษอาหารติดไม่ได้บ้วนปากก็เหมือนกลืนเชื้อโรคลงไป" (ผู้ดูแลฯหญิงอายุ 48 ปี)

เหตุผลที่ทำให้ทั้งสามกลุ่มเห็นถึงความสำคัญของสุขภาพช่องปากในผู้ป่วยกลุ่มนี้ ด้วยเหตุผลว่าผู้สูงอายุมีข้อจำกัดในด้านร่างกายจึงต้องได้รับความช่วยเหลือจากผู้ดูแลในทุกเรื่องรวมถึงการดูแลสุขภาพช่องปากด้วย

"สำคัญ เพราะว่าผู้สูงอายุกลุ่มนี้บางทีก็ดูแลตัวเองไม่ได้ มีความจำเป็นที่จะต้องมีคนไปดูแล ทำแทนให้" (นักวิชาการสาธารณสุขชายอายุ 34 ปี)

"สำคัญค่ะ เพราะว่าคนกลุ่มนี้ช่วยเหลือตัวเองไม่ได้ สื่อสารไม่ได้ ถ้าไม่มีคนไปทำให้ มันก็สกปรก" (สมาชิกในครอบครัวหญิงอายุ 63 ปี)

ถึงแม้ผู้ให้สัมภาษณ์ทั้งสามกลุ่มมองว่าสุขภาพช่องปากนั้นมีความสำคัญ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปัญหาด้านร่างกายโดยรวมหรือปัญหาโรคทางระบบต่าง ๆ แล้ว สุขภาพช่องปากอาจไม่ได้ถูกจัดลำดับความสำคัญในระดับที่มาก เนื่องจากไม่ได้ส่งผลโดยตรงต่อการชีวิตประจำวัน และผู้ให้สัมภาษณ์ยังให้ความสำคัญกับโรคทางระบบและการดูแลในส่วนของกิจวัตรประจำวันก่อนการดูแลสุขภาพช่องปากของผู้ป่วย โดยมองว่าถึงแม้ผู้สูงอายุจะไม่ได้รับการดูแลสุขภาพช่องปากก็ยังใช้ชีวิตได้ตามปกติ แต่หากมีปัญหาสุขภาพด้านอื่น ๆ จะส่งผลกระทบกับชีวิตมากกว่า

"ปัญหา เช่น นอนติดเตียง ไม่สามารถลุกเดินไปไหนมันจะทรมานมาก ทำให้เบื่อหน่ายหดหู่กับชีวิตมาก เรื่องของฟันเลยมีความสำคัญรองลงมา 7 วันไม่ได้แปรงฟันก็ยังกินได้ปกติอยู่ แต่ถ้าไม่สามารถเดินไปไหนได้ มันทำให้เขาเบื่อหน่าย หดหู่มากกว่า" (พยาบาลวิชาชีพหญิงอายุ 49 ปี)

"ถ้าเทียบกับคนไข้มีแผลกดทับ ฟันต้องอยู่ปานกลาง" (ผู้ดูแลฯหญิงอายุ 60 ปี)

"น่ากลัวที่สุดคือเบาหวาน รองลงมาคือความดัน ฟันอันดับ 3" (สมาชิกในครอบครัวหญิงอายุ 64 ปี)

2. ช่องปากเป็นพื้นที่ปิด

ผู้ให้สัมภาษณ์ทั้ง 3 กลุ่ม ได้กล่าวถึงธรรมชาติของช่องปากว่าเป็นพื้นที่ปิด เข้าถึงได้ยาก ต่างจากบริเวณอื่น ๆ ของร่างกาย ในกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์มองว่าช่องปากแตกต่างจากปัญหาทางร่างกายภายนอกที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย การดูแลช่องปากจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ป่วยอีกทั้งยังมีข้อจำกัดจากลักษณะพื้นที่ที่แคบและลึกจึงไม่สามารถดูแลได้โดยไม่ต้องใช้ความระมัดระวังหรือความพยายามในการเข้าถึงพื้นที่ภายในช่องปาก ทำให้หลายครั้งผู้ดูแลรู้สึกไม่มั่นใจหรือเกรงใจผู้ป่วยในการดูแลช่องปากโดยตรง

"ช่องปากมันเป็นเรื่องที่ไม่ค่อยได้ดูแลเหมือนงานอื่น อย่าง ทำแผล วัดความดัน" (พยาบาลวิชาชีพหญิงอายุ 59 ปี)

"บางทีลืม ไม่เหมือนแผลที่จะมองเห็น แต่ถ้าเหงือกบวมอยู่ ไม่อ้าปากก็ไม่เห็น" (พยาบาลวิชาชีพหญิงอายุ 56 ปี)

"ช่องปากเป็นช่องที่ไม่อยากเข้าไปดู เพราะดูยากต้องเปิดปากอ้าปาก ก็เลยไม่ได้ตรวจ ใช้วิธีถามเอาปวดฟันตรงนี้ไหม เราก็ไม่ตรวจถ้าคนไข้ไม่ขอ" (พยาบาลวิชาชีพหญิงอายุ 58 ปี)

"เวลาไปหาเขาไม่รู้สึกตัว ก็จะไม่ได้ให้เขาอ้าปาก บางทีไปเปลี่ยนสายสวนปัสสาวะ แต่ไม่ได้ลงมือทำความสะอาดช่องปากให้ ซึ่งที่จริงก็เหมือนละเลยส่วนนี้ไป" (พยาบาลวิชาชีพหญิงอายุ 59 ปี)

ในขณะที่กลุ่มผู้ดูแลฯและสมาชิกในครอบครัวมักมองว่าการดูแลช่องปากเป็นภารกิจที่ซับซ้อนกว่าการดูแลร่างกายทั่วไปเนื่องจากต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ป่วยเป็นอย่างมาก ผู้ดูแลหลายคนยังรู้สึกไม่มั่นใจในการทำความสะอาดช่องปากเพราะกังวลว่าผู้สูงอายุอาจรู้สึกไม่สบายตัวเมื่อแปรงฟันหรืออาจเกิดความเจ็บปวดหากสัมผัสเนื้อเยื่อในช่องปากโดยไม่ตั้งใจและอาจมีความอายเวลาอ้าปาก

"ปัญหาคือเรื่องความร่วมมือ ไม่ค่อยอ้าปาก หรือถ้าอ้าก็อ้าไม่เต็มที่ ก็กลัวว่าจะทำแรงไปไหม จะทำให้เขาเจ็บ แล้วก็กลัวว่าเขาจะอาย" (ผู้ดูแลฯหญิงอายุ 60 ปี)

"ใช้สำลีก้าน น้ำอุ่น สอดเข้าไป แต่เขาก็จะไม่ค่อยสนใจ เราทำให้ก็หุบปาก บอกให้อ้าปากก็ไม่ค่อยยอมเลย ทำเท่าที่ทำได้ ถูกผิดมากน้อยไม่รู้" (สมาชิกในครอบครัวหญิงอายุ 64)

"แกขี้รำคาญ ไม่ยอมให้เช็ด ปัดออก จะยอมอ้าปากก็เฉพาะตอนกินข้าว(สมาชิกในครอบครัวหญิงอายุ 64)

การมองว่าช่องปากเป็นพื้นที่ปิดที่เข้าถึงยาก และต้องการความร่วมมือจากผู้ป่วย ทำให้เกิดความรู้สึกลำบากใจและเลือกที่จะไม่เข้าไปดูแลในช่องปากหากผู้ป่วยหรือญาติไม่ได้ร้องขอหรือแจ้งว่ามีปัญหา จึงเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้ผู้ที่เกี่ยวข้องในการดูแลผู้ป่วยละเลยการดูแลในส่วนนี้ไป

3. อุปสรรคในการดูแลสุขภาพช่องปาก

นอกจากประเด็นเรื่องความสำคัญของสุขภาพช่องปาก และ ลักษณะเฉพาะของช่องปากที่เป็นพื้นที่ปิด แล้วผู้ให้ข้อมูลยังกล่าวถึงอุปสรรคที่ส่งผลต่อการดูแลสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง แยกได้เป็น 2 ประเด็นย่อย คือ การดูแลสุขภาพช่องปากไม่ได้บรรจุอยู่ในแผนการดูแล ความไม่เชื่อมั่นของญาติต่อผู้ดูแลฯ

3.1. การดูแลสุขภาพช่องปากไม่ได้บรรจุอยู่ในแผนการดูแล

การดูแลสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุติดบ้านติดเตียงไม่ได้มีการกำหนดชัดเจนไว้ในแผนการดูแลสุขภาพส่งผลให้บุคลากรทางการแพทย์และผู้ดูแลหลายรายมองว่าการให้บริการในส่วนนี้ไม่เป็นระบบและไม่มีแนวทางปฏิบัติที่เป็นมาตรฐาน

"การดูแลช่องปากตอนนี้มันยังไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน ยังไม่ได้กำหนดออกมาว่า ต้องมีการดูแลเรื่องฟันด้วย มันเลยแล้วแต่พยาบาลแต่ละคนที่ไปดู" (พยาบาลวิชาชีพหญิงอายุ 58)

"ในส่วนของการดูแลสุขภาพช่องปากนั้นไม่เลยค่ะ เพราะว่าเขาก็ไม่ได้บอกให้เราต้องไปทำถึงขั้นนั้น แค่ให้ดูว่ามีฟันคู่สบไหมกี่คู่แค่นี้ค่ะ" (ผู้ดูแลฯหญิงอายุ 42)

3.2. ความเชื่อมั่นของญาติต่อตัวผู้ดูแล

ในกลุ่มผู้ดูแลฯ กล่าวถึงอุปสรรคอีกด้านหนึ่งที่มีความเฉพาะต่างจากกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์คือเรื่องความไม่มั่นใจของญาติผู้สูงอายุต่อความสามารถของผู้ดูแลที่ต้องลงพื้นที่ให้บริการซึ่งอาจส่งผลให้ไม่สามารถดำเนินการดูแลสุขภาพช่องปากได้เต็มที่ ประเด็นนี้จึงถือเป็นอุปสรรคสำคัญที่พบเฉพาะในกลุ่มผู้ดูแลที่มีผลโดยตรงต่อการปฏิบัติงานในพื้นที่

"ญาติพี่น้องผู้ดูแลเขาจะให้ความเชื่อถือหมอมากกว่า ถ้าแค่เป็น อสม. หรือชาวบ้านไปหาเขาก็จะไม่ค่อยเชื่อถือ ไม่ทำ ถ้าหมอไปเยี่ยมเขาจะไม่ปฏิเสธ แต่ถ้า อสม. ไปกันเองก็จะมีการปฏิเสธบ้าง บางทีก็บอกว่าไม่ว่าง" (ผู้ดูแลฯหญิงอายุ 38)

"เราเป็นแค่ อสม. ไปให้แนะนำ ก็จะถูกมองว่าไม่มีความรู้ เขาก็ไม่ค่อยฟัง ไม่ทำตาม" (ผู้ดูแลฯหญิงอายุ 60)

ซึ่งความรู้สึกว่าไม่ถูกเชื่อมั่นของญาติผู้ป่วยนี้เป็นอุปสรรคที่ทำให้ผู้ดูแลฯมีความลำบากใจในการเข้าไปเยี่ยมผู้ป่วยและให้คำแนะนำแก่ญาติผู้ป่วยในการดูแลผู้ป่วยที่บ้าน

บทวิจารณ์ (Discussion)

การวิจัยนี้พบว่าทั้งสามกลุ่มมีมุมมองต่อการดูแลสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิงในสามประเด็นที่คล้ายคลึงกันได้แก่ ความสำคัญของสุขภาพช่องปาก ธรรมชาติของการดูแลสุขภาพช่องปากว่าเป็นพื้นที่ปิดเข้าถึงได้ยากต้องการความร่วมมือจากผู้สูงอายุ และอุปสรรคที่ส่งผลต่อการดูแลช่องปากผู้สูงอายุ โดยในแต่ละกลุ่มอาจมีมุมมองที่แตกต่างในรายละเอียดในแต่ละประเด็น

ผู้ให้สัมภาษณ์ทุกกลุ่มเห็นถึงความสำคัญของสุขภาพช่องปากในผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิงโดยมีแง่มุมในการให้ความสำคัญที่ต่างกันเล็กน้อยในแต่ละกลุ่ม ในกลุ่มของบุคลากรทางการแพทย์และผู้ดูแลที่ได้รับการอบรมจะเห็นถึงความสำคัญของสุขภาพช่องปากในฐานะของโรค ในขณะที่กลุ่มผู้ดูแลที่เป็นสมาชิกในครอบครัวให้ความสำคัญในแง่ของความสะอาดในช่องปากเป็นหลัก ซึ่งข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าหลายชิ้นที่พบว่าทั้งบุคลากรทางการแพทย์และผู้ดูแลผู้สูงอายุตระหนักดีถึงความสำคัญของการดูแลช่องปากซึ่งส่งผลต่อสุขภาพโดยรวม (7-10) อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังได้พบว่าในมุมมองผู้ให้สัมภาษณ์นั้นถึงแม้จะเห็นว่าสุขภาพช่องปากมีความสำคัญ แต่เมื่อเทียบกับปัญหาทางด้านร่างกายอื่นๆ แล้วสุขภาพช่องปากก็ดูจะมีความสำคัญไม่มากนัก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่พบว่าผู้ที่เกี่ยวข้อง (ที่ไม่ใช่ทันตบุคลากร) ในการดูแลสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุกลุ่มที่มีภาวะพึ่งพิง มักจะจัดลำดับความสำคัญของสุขภาพช่องปากไว้ในระดับที่รองลงไป และท่ามกลางภาระหน้าที่ที่ต้องปฏิบัติในแต่ละวันทำให้การดูแลสุขภาพช่องปากเป็นสิ่งที่ถูกละเลยจากผู้ที่เกี่ยวข้อง (8,11,12) และพบว่าผู้ดูแลมักให้ความสำคัญกับโรคทางกายภาพของผู้สูงอายุมากกว่าสุขภาพช่องปาก ซึ่งนำไปสู่การละเลยในการดูแลด้านนี้ (13)

ผู้ให้สัมภาษณ์จำนวนหนึ่งยังได้กล่าวถึงลักษณะที่มีความเฉพาะตัวของการดูแลช่องปาก ที่เป็นพื้นที่เล็ก แคบ และปิด เข้าถึงยาก การดูแลช่องปากที่ปิดอยู่ ต้องการความร่วมมือจากผู้ป่วยอย่างมาก ไม่เหมือนกับพื้นที่อื่น ๆ ในร่างกายที่สามารถให้การดูแลได้โดยไม่มีความรู้สึกว่าต้องรุกล้ำหรือใช้ความพยายามในการเข้าถึง ทำให้ไม่ได้ให้การดูแลสุขภาพช่องปากแก่ผู้ป่วย ประเด็นความเฉพาะในการดูแลช่องปากนี้พบว่ามีการพูดถึงในแง่มุมที่แตกต่างไปโดยเฉพาะการศึกษาในสังคมตะวันตกที่การละเลยสุขภาพช่องปากผู้สูงอายุถูกอธิบายว่าเนื่องจากให้ความสำคัญกับความเป็นส่วนตัว การเคารพในสิทธิของผู้สูงอายุ มองว่าการช่วยแปรงฟันเป็นการรุกล้ำความเป็นส่วนตัวของผู้สูงอายุเนื่องจากช่องปากเป็นบริเวณที่อ่อนไหว (8,14,15) และยังมีมุมมองว่าการสามารถดูแลสุขภาพช่องปากได้ด้วยตนเองนั้นเป็นการช่วยให้ผู้ป่วยรู้สึกเป็นอิสระและควบคุมตนเองได้ ช่วยให้ผู้ป่วยรักษาความรู้สึกมีคุณค่าของตัวเองและศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์ของตนเองไว้ได้ (16) ซึ่งการที่งานวิจัยนี้ไม่พบแง่มุมเหล่านี้อาจจะเป็นได้ทั้งเพราะว่าสังคมไทยไม่ได้ให้น้ำหนักในเรื่องสิทธิ ความเป็นส่วนตัวเท่ากับสังคมตะวันตก หรือเพราะเป็นข้อจำกัดของการสัมภาษณ์ที่ไม่สามารถสำรวจประเด็นนี้ได้

ในแง่ของอุปสรรคอื่น ๆ ในการดูแลนั้น การที่ผู้ให้สัมภาษณ์กล่าวถึงสาเหตุของการที่ไม่ได้ดูแลสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง เนื่องจากไม่ปรากฏการดูแลสุขภาพช่องปากอยู่ในแผนการดูแลสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าที่พบว่าไม่มีการวางแผนชัดเจนในการดูแลช่องปากที่รวมอยู่ในการดูแลประจำวันทำให้เกิดการละเลยการดูแลสุขภาพช่องปาก (15) และมีการศึกษาที่เสนอว่าหากรวมกระบวนการดูแลช่องปากไว้ในแผนการดูแลประจำวันจะทำให้ทำความสะอาดช่องปากผู้ป่วยได้ดีขึ้น (8,12) และผลการศึกษาที่พบว่าผู้ให้สัมภาษณ์กล่าวถึงการขาดความเชื่อมั่นของผู้ป่วยและญาติต่อตัวผู้ที่จะเข้าไปทำหน้าที่ดูแลเนื่องจากมองว่าไม่ใช่วิชาชีพเฉพาะที่จะให้การดูแลสุขภาพช่องปาก ทำให้เกิดความลำบากใจในการให้การดูแลผู้ป่วยซึ่งตรงกับการศึกษาก่อนหน้าที่พบว่ามีการขาดความเชื่อใจต่อผู้ดูแลที่ไม่ใช่ทันตบุคลากรในการที่จะทำหน้าที่ดูแลสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุเมื่อเทียบกับทันตแพทย์ที่ผู้ป่วยและญาติมีความเชื่อใจมากกว่า (17)

มุมมองข้างต้นจึงสะท้อนถึงทันตบุคลากรให้ตระหนักว่า ถึงแม้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลผู้ป่วยจะเห็นความสำคัญของสุขภาพช่องปาก แต่ยังมีประเด็นอื่นที่มีความสำคัญมากกว่าไม่ว่าจะเป็น ปัญหาทางร่างกาย โรคทางระบบ การดูแลกิจวัตรประจำวัน ในแง่นี้หากทันตบุคลากรมุ่งหวังให้เกิดการร่วมมือของทีมสหวิชาชีพและผู้ดูแลในการดูแลสุขภาพช่องปากของผู้ป่วย ทันตบุคลากรต้องพร้อมเป็นส่วนหนึ่งของทีมที่ให้ความสำคัญกับเรื่องที่ผู้เกี่ยวข้องคิดว่าสำคัญ และจัดวางให้ประเด็นสุขภาพช่องปากผนวกรวมอยู่อย่างเหมาะสมภายใต้การดูแลอย่างเป็นองค์รวม

นอกจากนั้นการขาดความมั่นใจในการให้การดูแลสุขภาพช่องปากของผู้ป่วยกลุ่มนี้อาจเป็นเพราะความถนัดในวิชาชีพของตนเองไม่ว่าจะเป็น หัตถการด้านการพยาบาล หรือการดูแลผู้ป่วยของกลุ่มผู้ดูแลที่เน้นในการดูแลด้านกายภาพภายนอก การจะก้าวผ่านเขตปลอดภัยของตนเข้าสู่การดูแลช่องปากที่ถูกมองว่าเป็นพื้นที่ปิดนั้นน่าจะเป็นสิ่งที่ยากสำหรับผู้ที่ไม่ใช่ทันตบุคลากร

ข้อค้นพบจากงานวิจัยนี้นำไปสู่ข้อเสนอว่า การจัดอบรมด้วยการให้ความรู้เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอในการให้ผู้ที่ไม่ใช่ทันตบุคลากรมามีส่วนร่วมดูแลสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิง วิธีการอื่น ๆ เช่น การฝึกลงมือปฏิบัติจริง และให้ผู้เข้าร่วมการฝึกได้มีโอกาสสะท้อนความกังวลใจเพื่อแสวงหาหนทางเพื่อสร้างความมั่นใจร่วมกัน จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นในการก้าวข้ามสู่เขตแดนใหม่ที่ไม่คุ้นชินได้อย่างมั่นใจยิ่งขึ้น นอกจากนี้การกำหนดแนวปฏิบัติที่ชัดเจนในการดูแลสุขภาพช่องปากในแผนการดูแลผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิงจะสามารถทำให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องดำเนินงานตามบทบาทของตนได้ชัดเจนขึ้น รวมถึงการส่งเสริมให้องค์การปกครองท้องถิ่นทุกแห่งจัดระบบการดูแลระยะยาวสำหรับผู้สูงอายุที่มีภาวะพึ่งพิงเพื่อเพิ่มโอกาสการเข้าถึงบริการด้านทันตกรรมสำหรับผู้สูงอายุกลุ่มนี้

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพที่มุ่งเน้นการเก็บข้อมูลเชิงลึกจากกลุ่มประชากรเฉพาะจำนวนจำกัด ดังนั้นผลของงานวิจัยจึงไม่สามารถนำไปใช้อธิบายกับประชากรทั้งหมดได้ และอีกประเด็นคือคำตอบที่ได้รับจากการสัมภาษณ์อาจจะเป็นคำตอบที่มีอคติ เนื่องจากผู้ให้สัมภาษณ์ทุกคนทราบว่าผู้วิจัยเป็นทันตแพทย์จึงอาจให้คำตอบที่เป็นเชิงบวกต่อการดูแลสุขภาพช่องปากมากกว่าที่เป็นจริง

บทสรุป (Conclusion)

ในสถานการณ์ของการเปลี่ยนผ่านเข้าสู่สังคมสูงวัยร่วมกับข้อจำกัดของจำนวนทันตบุคลากรในปัจจุบันทำให้จำเป็นที่จะต้องให้บุคลากรทางการแพทย์สาขาอื่นและผู้ดูแลผู้สูงอายุเข้ามามีบทบาทในการดูแลสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุติดเตียง การเริ่มต้นจากการทำความเข้าใจเชิงลึกว่าบุคลากรกลุ่มนี้มีมุมมองอย่างไรต่อการดูแลสุขภาพช่องปากของผู้ป่วยโดยไม่ยึดถือเอาความจำเป็นจากมุมมองของทันตบุคลากรเป็นที่ตั้งแต่เพียงฝ่ายเดียว จะนำไปสู่การออกแบบระบบการดูสุขภาพช่องปากที่ก้าวข้ามข้อจำกัดที่ทันตบุคลากรอาจจะไม่เคยตระหนักและทำให้ทุกฝ่ายสามารถเข้ามามีส่วนร่วมได้อย่างเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะทันตแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนทุนในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้ให้สัมภาษณ์ทุกท่านที่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง (Reference)

1. Department of Older Person. The 2023 Elderly Statistics [Internet]. Bangkok: Ministry of Social Development and Human Security; 2023 [cited 2023 June]. Available from: https://www.dop.go.th/th/statistics_side?content=1&sub=2. (in Thai).

2. Thongchaithanawut M. Long-term Care for Dependent Elderly in the National Health Security System. 1thed. Bangkok: National Health Security Office (NHSO); 2020. (e-book).

3. Kandelman D, Petersen PE, Ueda H. Oral health, general health, and quality of life in older people. Spec Care Dentist. 2008;28(6):224-36.

4. Gil-Montoya JA, de Mello AL, Barrios R, Gonzalez-Moles MA, Bravo M. Oral health in the elderly patient and its impact on general well-being: a nonsystematic review. Clin Interv Aging. 2015;10:461-7. doi: 10.2147/CIA.S54630.

5. Harnagea H, Lamothe L, Couturier Y, Esfandiari S, Voyer R, Charbonneau A, et al. From theoretical concepts to policies and applied programmes: the landscape of integration of oral health in primary care. BMC Oral Health. 2018;18(1):23. doi: 10.1186/s12903-018-0484-8.

6. Health Data Center Lampang Provincial Public Health Office. The 2023 Elderly service information [Internet]. Lampang: Lampang Provincial Health Office; 2023 [cited 2023 June]. Available from: https://lpg.hdc.moph.go.th/hdc/main/index.php.

7. Chebib N, Waldburger T, Boire S, Prendki V, Maniewicz S, Philippe M, et al. Oral care knowledge, attitude and practice: Caregivers' survey and observation. Gerodontology. 2021; 38(1):95-103.

8. Aro T, Laitala M, Syrjälä A-M, Laitala M-L, Virtanen J. Perceptions of older people's oral health care among nurses working in geriatric home care. Acta Odontol Scand. 2018;76(6):427-432.

9. Cornejo-Ovalle M, Costa-de-Lima K, Pérez G, Borrell C, Casals-Peidro E. Oral health care activities performed by caregivers for institutionalized elderly in Barcelona-Spain. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2013;18(4):e641-9.

10. Holmavuo K, Suominen AL, Lammintakanen J, Nykänen I, Välimäki T, Koponen S, et al. Informal caregivers' perceptions of oral care and their association with the use of oral health services: A cross-sectional study among informal caregivers and their care recipients. Clin Exp Dent Res. 2022;8(2):589-99.

11. Smith MB, Thomson WM. 'Not on the radar': dentists' perspectives on the oral health care of dependent older people. Gerodontology. 2017;34(1):90-100.

12. Reis SC, Marcelo VC, Da Silva ET, Leles CR. Oral health of institutionalised elderly: a qualitative study of health caregivers' perceptions in Brazil. Gerodontology. 2011;28(1):69-75.

13. Sanchez GFL, Smith L, Koyanagi A, Grabovac I, Yang L, Veronese N, et al. Associations between self-reported physical activity and oral health: a cross-sectional analysis in 17,777 Spanish adults. Br Dent J. 2020;228(5):361-5.

14. Göstemeyer G, Baker SR, Schwendicke F. Barriers and facilitators for provision of oral health care in dependent older people: a systematic review. Clin Oral Investig. 2019;23(3):979-93.

15. Lindqvist L, Seleskog B, Wårdh I, von Bültzingslöwen I. Oral care perspectives of professionals in nursing homes for the elderly. Int J Dent Hyg. 2013;11(4):298-305.

16. Niesten D, van Mourik K, van der Sanden W. The impact of frailty on oral care behavior of older people: a qualitative study. BMC Oral Health. 2013;13:61. doi: 10.1186/1472-6831-13-61.

17. Letchumanan D, Mohamad Norpi N, Yusof ZYM, Razak IA, Abu Kasim NH, Abdullah NA, et al. Caregivers' perceptions towards oral healthcare services for elders living in Malaysian nursing homes-A qualitative study. Gerodontology. 2020;37(4):332-41.

ติดต่อบทความ :
ผศ.ทพ. อติศักดิ์ จึงพัฒนาวดี
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์ : 095 094 1599
อีเมล์ : atisak.ch@cmu.ac.th

Corresponding author:
Asst.Prof. Atisak Chuengpattanawadee
Faculty of Dentistry, Chiang Mai University,
Chiang Mai, 50200, Thailand .
Tel: (669) 5094 1599
E-mail: atisak.ch@cmu.ac.th

บทบาททันตบุคลากรในการวิจัยด้านการควบคุมยาสูบในช่วง พ.ศ. 2563-2566

สุนิดา ปรีชาวงษ์[1] ศิริวรรณ พิทยรังสฤษฎ์[2*]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: 1. เพื่อสำรวจประเด็นและประเมินคุณภาพงานวิจัยด้านการควบคุมยาสูบที่ดำเนินการโดยทันตบุคลากร ทั้งในประเทศและต่างประเทศ และ 2. เพื่อระบุช่องว่างของการวิจัยเพื่อเติมเต็มวงจรนโยบายด้านการช่วยเลิกบุหรี่และป้องกันนักสูบหน้าใหม่

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: โดยการทบทวนขอบเขตงานวิจัย ผู้วิจัยตรวจสอบบทความวิจัยที่ตีพิมพ์ในช่วง พ.ศ.2563-2566 จากวารสารในประเทศและต่างประเทศจากฐานข้อมูล PubMed และ Scopus

ผลการศึกษา: งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำนวน 43 ฉบับ ได้รับการวิเคราะห์ และจัดหมวดหมู่ให้สอดคล้องกับกรอบอนุสัญญาว่าด้วยการควบคุมยาสูบ องค์การอนามัยโลก และนโยบาย MPOWER ในจำนวนนี้มีบทความวิจัยภาษาไทย จำนวน 10 เรื่อง ซึ่งมีความสอดคล้องกับแผนปฏิบัติการด้านการควบคุมยาสูบแห่งชาติ ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2565–2570 บทความส่วนใหญ่ทั้งจากวารสารต่างประเทศและวารสารในประเทศ เน้นไปที่การประเมินความรู้ความตระหนักในการให้คำปรึกษาเลิกบุหรี่ และการให้บริการเลิกบุหรี่ ส่วนคุณภาพการวิจัยพบว่าร้อยละ 70.59 มีคุณภาพระดับสูง และร้อยละ 23.52 มีคุณภาพระดับปานกลาง

สรุป: ที่ผ่านมาเห็นบทบาทของทันตบุคลากรที่ชัดเจนในงานวิจัยด้านรูปแบบและประสิทธิผลในด้านการบำบัดรักษาช่วยให้เลิกบุหรี่ รองลงมาเป็นการติดตามประเมินผลมาตรา 14 มาตรา 20-22 และมาตรา 12 ซึ่งยังมีช่องว่างทางการวิจัยในด้านการออกแบบงานของทันตบุคลากรให้เชื่อมโยงกับด้านสาธารณสุขอื่น ๆ รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่มาช่วยลดภาระงานและสร้างทักษะของทันตบุคลากรในการสร้างแรงจูงใจในการเลิกบุหรี่ และงานวิจัยเชิงกระบวนการนโยบายโดยเฉพาะขั้นตอนการกำหนดเป็นนโยบายและการขยายผลของมาตรการ

คำสำคัญ: การทบทวนขอบเขต การควบคุมยาสูบ ทันตบุคลากร

วันที่รับ: 27 มกราคม 2568
วันที่แก้ไข: 24 เมษายน 2568
วันที่ตอบรับ: 6 มิถุนายน 2568

[1]สถาบันส่งเสริมสุขภาพไทย กรุงเทพ 10330
[2]สำนักทันตสาธารณสุข กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข นนทบุรี 11000
*(*ผู้ติดต่อบทความ)*

The Role of Dental Personnel in Tobacco Control Research During 2020-2023

Sunida Preechawong[1] Siriwan Pitayarangsarit[2*]

Abstract

Objective: 1. to explore the issues and assess the quality of tobacco control research, both national and international, conducted by dental professionals, and 2. to identify research gaps to complete the policy cycle for smoking cessation and prevention.

Materials and Methods: By scoping review, we examined research articles published from 2020 to 2023 in journals listed in the Thai-Journal Citation Index Centre (TCI) and international journals indexed in PubMed and Scopus.

Results: Forty-three research studies were analyzed and categorized aligning with the World Health Organization Framework Convention on Tobacco Control (FCTC) and the MPOWER policy. Among these, 10 were Thai-language articles, which were consistent with the National Tobacco Control Action Plan, Phase 3 (2022–2027). Most articles from international and domestic journals focused on the assessment of knowledge, awareness in smoking cessation counseling, and smoking cessation services. In terms of research quality, 70.59% were of high quality, and 23.52% were of moderate quality.

Conclusions: The role of dental personnel in research on the model development and effectiveness of smoking cessation treatment has been clearly seen, followed by monitoring and evaluation of FCTC article 14, 20-22, and 12. There are research gaps in designing dental personnel's work to be integrated with other public health aspects. This includes the use of modern technology to help reduce workloads and develop dental personnel's skills in creating motivation for smoking cessation, and research on policy processes, especially the policy-making process and scaling up of interventions.

Keywords: Scoping review, Tobacco control, Dental personnel

Received Date: Jan 27, 2025
Revised Date: Apr 24, 2025
Accepted Date: Jun 6, 2025

[1]*Thai Health Promotion Institute, Bangkok, 10330, Thailand.*
[2]*Bureau of Dental Health, Department of Health, Ministry of Public Health, Nonthaburi, 11000, Thailand.*
*(*Corresponding author)*

บทนำ (Introduction)

การบริโภคยาสูบเป็นปัจจัยเสี่ยงหนึ่งที่สำคัญส่งผลต่อสุขภาพช่องปากทั้งต่อโรคปริทันต์และโรคมะเร็งช่องปาก ดังนั้นการควบคุมยาสูบในระดับโลกจึงได้ส่งเสริมให้ทันตบุคลากรในประเทศต่าง ๆ ให้มีบทบาทในการช่วยเลิกบุหรี่ สำหรับในประเทศไทยการสำรวจนักศึกษาทันตแพทย์ชั้นปีที่ 3 ในด้านทัศนคติและการได้รับการฝึกให้ช่วยเลิกบุหรี่ในผู้ป่วยที่มารับบริการทันตกรรม ด้วยเครื่องมือ The Global Health Professional Student Survey พบว่า นักศึกษาได้รับการฝึกอบรมทักษะการช่วยเหลือในการเลิกบุหรี่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (1) อย่างไรก็ตามทันตบุคลากรอาจมีบทบาทด้านอื่น ๆ เพื่อช่วยขับเคลื่อนการควบคุมยาสูบของประเทศไปด้วย

ประเทศไทยมีแผนยุทธศาสตร์การควบคุมยาสูบแห่งชาติ พ.ศ. 2555–2557 (2) และแผนยุทธศาสตร์การควบคุมยาสูบแห่งชาติ ฉบับที่สอง พ.ศ. 2559–2562 (3) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการบริโภคยาสูบของประชาชน คุ้มครองสุขภาพของประชาชนจากอันตรายของควันบุหรี่ ต่อมามีแผนปฏิบัติการด้านการควบคุมยาสูบแห่งชาติ พ.ศ. 2563–2564 ปัจจุบันประเทศไทยอยู่ในระหว่างดำเนินการตามแผนปฏิบัติการด้านการควบคุมยาสูบแห่งชาติ ฉบับที่สาม พ.ศ. 2565–2570 (4) ซึ่งแผนปฏิบัติการฉบับนี้ก็สอดคล้องกับกรอบอนุสัญญาว่าด้วยการควบคุมยาสูบ องค์การอนามัยโลก (5) เช่นเดียวกับแผนฯ ที่ผ่านมา ทั้งนี้สาระสำคัญของกรอบอนุสัญญาฯ ครอบคลุมมาตรการเกี่ยวกับการลดอุปสงค์ของยาสูบ และการลดอุปทานของยาสูบ อีกทั้งมาตรการอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น ความร่วมมือด้านเทคนิคและวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการสื่อสารข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงการวิจัย การเฝ้าระวัง และการแลกเปลี่ยนข้อมูล

เครือข่ายวิชาชีพทันตแพทย์เพื่อการควบคุมการบริโภคยาสูบเป็นหนึ่งในห้าวิชาชีพแรกที่ร่วมจัดตั้งเครือข่ายวิชาชีพสุขภาพเพื่อสังคมไทยปลอดบุหรี่ตั้งแต่เมษายน พ.ศ. 2548 สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ เครือข่ายวิชาชีพทันตแพทย์ฯ ได้จัดทำโครงการทันตบุคลากรเพื่อการควบคุมยาสูบ ที่มีวัตถุประสงค์สร้างองค์ความรู้และนวัตกรรมสำหรับทันตบุคลากรเพื่อส่งเสริมการให้ บริการเลิกยาสูบ และการป้องกันนักสูบหน้าใหม่ ภารกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ การพัฒนาวิชาการที่สอดคล้องและสนับสนุนเป้าหมายงานของโครงการ ซึ่งมีแผนงานย่อยที่ 5 ด้านพัฒนานวัตกรรมและจัดการความรู้ที่เกี่ยวข้องกับทันตบุคลากรและการควบคุมยาสูบ ที่ผ่านมาใน พ.ศ. 2553

ศูนย์วิจัยและจัดการความรู้เพื่อการควบคุมยาสูบ (ศจย.) เคยวิเคราะห์ทบทวนเอกสารร่วมกับการสนทนากลุ่ม และเสนอแนะช่องว่างของงานวิจัย 7 กลุ่มประเด็นคือ 1. การเฝ้าระวังสถานการณ์ ทั้งการบริโภคยาสูบ การกระทำผิดกฎหมาย การโฆษณาส่งเสริมการขาย การไม่บังคับใช้กฎหมาย และการค้าผลิตภัณฑ์ยาสูบผิดกฎหมาย 2. มาตรการทางภาษีและการรับมือภาวะคุกคามที่มาจากการค้าเสรี 3. รูปแบบการบูรณาการบริการการเลิกบุหรี่ในระดับต่าง ๆ 4. การควบคุมผลิตภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ ของยาสูบ 5. การสื่อสารเพื่อปรับเปลี่ยนสังคมและพฤติกรรม 6. บุหรี่มวนเอง 7. การประเมินประสิทธิภาพมาตรการการควบคุมการบริโภคยาสูบ (6) และปรับปรุงในปี 2555 แต่ล่าสุด ศจย. ประกาศสนับสนุนทุนวิจัยประจำปี พ.ศ. 2568 เน้น 5 กลุ่มประเด็น (7) ซึ่งไม่ได้วิเคราะห์ครอบคลุมไปถึงการสนับสนุนทุนวิจัยของกลุ่มวิชาการอื่น ๆ และยังไม่พบการวิเคราะห์ช่องว่างงานวิจัยที่เจาะจงกับบทบาทของทันตแพทย์ในการควบคุมยาสูบ จึงควรมีการศึกษาว่าบทบาทด้านการควบคุมยาสูบโดยทันตแพทย์หรือทันตบุคลากรในระดับนานาชาติมีขอบเขตครอบคลุมประเด็นต่าง ๆ กว้างขวางอย่างไรและมีส่วนขาดใดหรือไม่ เพื่อนำมาวางแผนส่งเสริมทันตบุคลากรในประเทศไทยต่อไปและเป็นข้อมูลในการพัฒนาคุณภาพวิจัยด้านการควบคุมยาสูบที่ดำเนินการโดยทันตบุคลากรในประเทศไทย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจประเด็นและประเมินคุณภาพงานวิจัยด้านการควบคุมยาสูบที่ดำเนินการโดยทันตบุคลากร ทั้งในประเทศและต่างประเทศ และ เพื่อระบุช่องว่างของการวิจัยเพื่อเติมเต็มวงจรนโยบายด้านการช่วยเลิกบุหรี่และป้องกันนักสูบหน้าใหม่

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)
ระเบียบวิธีวิจัย

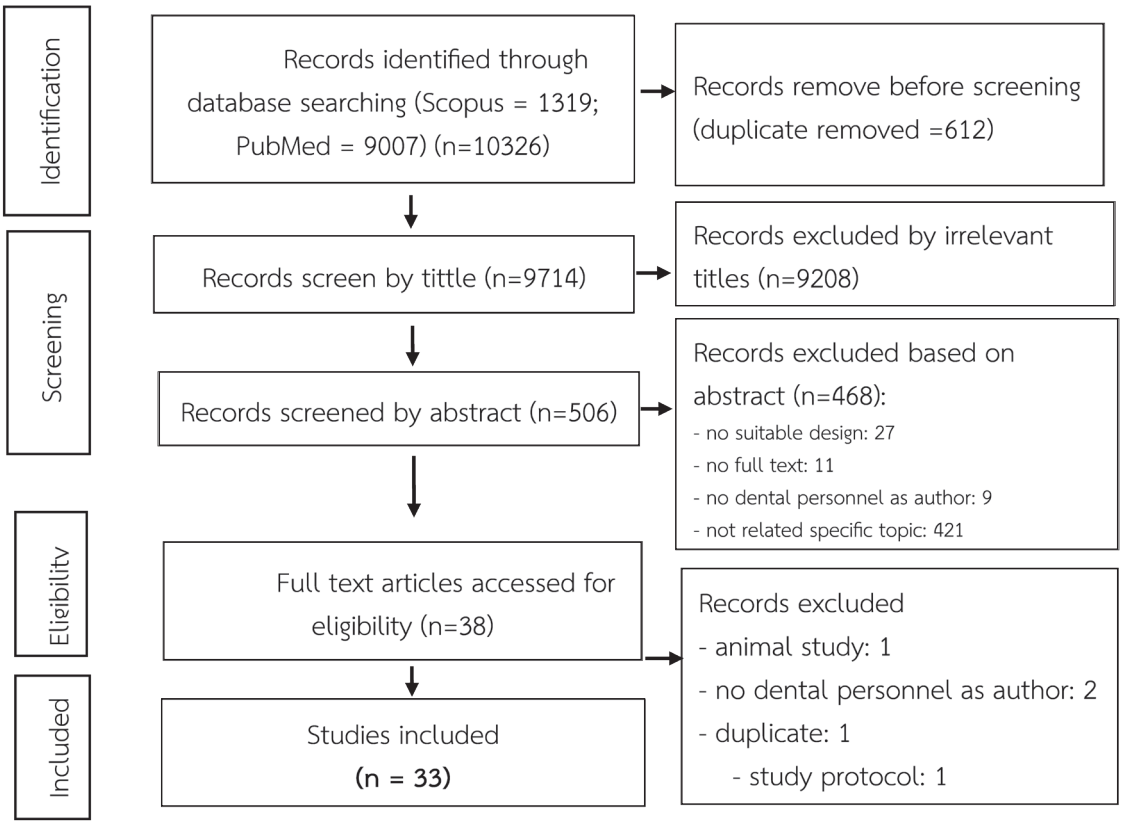
เป็นการทบทวนขอบเขต (Scoping review) จากเอกสาร โดยการสืบค้น จัดหมวดหมู่ตามกรอบประเด็น และประเมินคุณภาพตามเกณฑ์ วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา

เกณฑ์การคัดเลือกบทความวิจัยและแหล่งข้อมูล

ในการทบทวนขอบเขตงานวิจัยครั้งนี้ ศึกษาบทความวิจัยเกี่ยวกับการควบคุมยาสูบ ที่เผยแพร่ในช่วงเดือนกรกฎาคม 2563 ถึง มิถุนายน 2566 จากฐานข้อมูลวารสารในประเทศไทยและวารสารนานาชาติ ด้วยวิธีดังนี้ ฐานข้อมูลวารสารในประเทศ คัดจากรายชื่อวารสารวิชาการระดับชาติที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (Thai-Journal Citation Index Centre: TCI) กลุ่มที่ 1 หรือ กลุ่มที่ 2 ตัดวารสารที่ไม่ใช่ด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ และวารสารเฉพาะทางที่ไม่เกี่ยวข้องกับทันตแพทย์ออก จะเหลือวารสาร 28 รายการในขณะเดียวกันผู้วิจัยสืบค้นโดยใช้ function search จากเว็บไซต์ https://tci-thailand.org/ โดยใช้คำค้นที่กำหนดไว้ ซึ่งได้แก่ บุหรี่ ยาสูบ เลิกบุหรี่ การป้องกันนักสูบหน้าใหม่ Smoking cessation, smoking prevention, delivery system of smoking cessation, dental research ส่วนฐานข้อมูลวารสารนานาชาติ คัดจากวารสารที่อยู่ในฐานข้อมูล PubMed หรือ Scopus คำค้นที่ใช้ ได้แก่ smoking cessation, smoking prevention, delivery system of smoking cessation, dental research มีขั้นตอนการคัดเลือกบทความวิจัยดังรูปที่ 1

มีเกณฑ์การคัดเข้ามีดังนี้ 1. บทความมีผู้วิจัยอย่างน้อย 1 คน เป็นทันตแพทย์หรือทันตบุคลากรเป็นผู้ประพันธ์ โดยอาจเป็นผู้ประพันธ์อันดับแรก (first author) ผู้ประพันธ์บรรณกิจ (Corresponding Author) หรือผู้ประพันธ์ร่วม อย่างใดอย่างหนึ่ง และ 2. บทความวิจัยนั้นตีพิมพ์เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ

ทั้งนี้ มีเกณฑ์การคัดออก ได้แก่ 1. ประเด็นที่ศึกษาไม่เกี่ยวข้องกับการควบคุมยาสูบโดยตรง 2. กระบวนการวิจัยไม่ชัดเจน หรือไม่ใช่บทความวิจัย และ 3. ไม่สามารถเข้าถึงบทความฉบับเต็มได้



รูปที่ 1 PRISMA Flow Diagram แสดงขั้นตอนการคัดเลือกบทความวิจัย (เฉพาะบทความจากวารสารระดับนานาชาติ)

Fig 1. The PRISMA Flow Diagram shows the selection process (only international journal articles)

เครื่องมือวิจัยและวิธีการเก็บข้อมูล

เครื่องมือวิจัย ประกอบด้วย

1. แบบบันทึกผลการสกัดข้อมูล เป็นแบบบันทึกรายการ ประกอบด้วยข้อมูล 5 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของบทความ ประเด็นการวิจัยทางการควบคุมยาสูบ (ความสอดคล้องกับกรอบอนุสัญญาว่าด้วยการควบคุมยาสูบ องค์การอนามัยโลก (WHO FCTC) The MPOWER Policy Package (8) และความสอดคล้องกับแผนปฏิบัติการด้านการควบคุมยาสูบแห่งชาติ ฉบับที่สาม 2565–2570 (4) กระบวนการวิจัย (ประเภทงานวิจัย ประชากร/กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา กรอบแนวคิด) และ คุณภาพการวิจัย

WHO FCTC มีมาตรการที่ประเทศต่าง ๆ ควรดำเนินการตั้งแต่มาตรา 5 ถึง 22 โดยการศึกษานี้ให้ความสนใจจะวิเคราะห์จำแนกใน 3 ด้านที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ มาตรา 12 การให้การศึกษา การสื่อสาร การฝึกอบรม และการสร้างจิตสำนึกของสาธารณชน มาตรา 14 มาตรการเกี่ยวกับการสนับสนุนให้ลดการเสพติดยาสูบและการเลิกใช้ผลิตภัณฑ์ยาสูบ และ มาตรา 20 21 22 การเฝ้าระวัง ประเมินผล และแลกเปลี่ยนข้อมูล

The MPOWER Policy Package ประกอบด้วย 1. การควบคุม กำกับการบริโภคยาสูบและนโยบายป้องกันการบริโภคยาสูบ (Monitor tobacco use and prevention policies) 2. การป้องกันประชาชนจากควันบุหรี่ (Protect people from tobacco smoke) 3. การให้ความช่วยเหลือผู้ที่ต้องการเลิกสูบ (Offer help to quit tobacco use) 4. การเตือนถึงอันตรายจากบุหรี่ (Warn about the dangers of tobacco) 5. การบังคับใช้กฎหมายห้ามโฆษณา ส่งเสริมการขายและอุปถัมภ์จากธุรกิจยาสูบ (Enforce bans of tobacco advertising, promotion, and sponsorship) และ 6. การขึ้นภาษียาสูบ (Raise taxes on tobacco use)

แผนปฏิบัติการด้านการควบคุมยาสูบแห่งชาติ ฉบับที่สาม 2565–2570 (4) ประกอบด้วย ยุทธศาสตร์ที่ 1 สร้างเสริมความเข้มแข็งและยกระดับขีดความสามารถการควบคุมยาสูบของประเทศ ยุทธศาสตร์ที่ 2 ป้องกันมิให้เกิดผู้เสพยาสูบรายใหม่ และเฝ้าระวังธุรกิจยาสูบ ยุทธศาสตร์ที่ 3 บำบัดรักษาผู้เสพให้เลิกใช้ยาสูบ ยุทธศาสตร์ที่ 4 การควบคุม ตรวจสอบ เฝ้าระวัง และเปิดเผยรายชื่อส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ยาสูบ ยุทธศาสตร์ที่ 5 ทำสิ่งแวดล้อมให้ปลอดควันบุหรี่ และยุทธศาสตร์ที่ 6 มาตรการภาษี การป้องกันและปราบปรามเพื่อควบคุมยาสูบ

นอกจากนี้จะวิเคราะห์จุดเน้นด้านการเลิกบุหรี่และการป้องกันนักสูบหน้าใหม่ในหัวข้อย่อย ดังนี้ 1. บทบาทของทันตแพทย์/ทันตบุคลากร/นักศึกษา 2. ความรู้ ความตระหนักในการให้คำปรึกษาเลิกบุหรี่ 3. ปัจจัยที่มีผลต่อการให้บริการเลิกบุหรี่ 4. การให้บริการเลิกบุหรี่ 5. บุหรี่กับสุขภาพช่องปาก 6. การป้องกันนักสูบหน้าใหม่ และจำแนกงานวิจัยตามขั้นตอนของกระบวนการพัฒนานโยบาย ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1. ขั้นตอนกำหนดปัญหา 2. ขั้นตอนการออกแบบทางเลือกและประเมินผลมาตรการในพื้นที่ทดลองก่อนดำเนินงาน 3. ขั้นตอนการกำหนดเป็นนโยบาย 4. ขั้นตอนดำเนินงานและขยายผล และ 5. ขั้นตอนการประเมินผลลัพธ์โครงการ (9)

2. แบบประเมินคุณภาพการวิจัย เป็นแบบตรวจสอบรายการ (checklist) เพื่อประเมินคุณภาพ ของบทความวิจัยตามแบบการวิจัยประเภทต่าง ๆ ของ สถาบันโจแอนนาบริกส์ (Joanna Briggs Institute: JBI Appraisal Checklist) (10) การวิจัยในแต่ละประเภทจะมีข้อคำถามที่ประเมิน ระหว่าง 8-10 ข้อ โดยพิจารณาว่า บทความวิจัยแสดงข้อมูลตรงตามข้อความที่ประเมิน ให้ 1 คะแนน ไม่มีข้อมูลหรือไม่ชัดเจนให้ 0 คะแนน และหากไม่เกี่ยวข้อง ไม่คิดคะแนนข้อนั้น แล้วนำคะแนนรวมที่ได้มาคำนวณเป็นค่าร้อยละและแปลผลดังนี้ คะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 75.0 หมายถึง คุณภาพสูง คะแนนร้อยละ 50–74.99 คุณภาพระดับปานกลาง และคะแนนต่ำกว่า ร้อยละ 50.0 หมายถึง คุณภาพต่ำ

วิธีจัดเก็บข้อมูล: 1) นักวิจัยใช้คำค้นเพื่อคัดเลือกบทความตามเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออก 2) ผู้ช่วยนักวิจัย สกัดข้อมูลตามแบบบันทึกผลการสกัดข้อมูล เช่น ผู้นิพนธ์ ปีที่ตีพิมพ์ ประชากรเป้าหมาย พื้นที่วิจัย ระเบียบวิธีวิจัย เป็นต้น 3) นักวิจัยคนที่ 1 จับคู่กับผู้ช่วยนักวิจัย อ่านบทความและให้คะแนนในแบบประเมินคุณภาพการวิจัยและแปลผลอย่างอิสระ 4) นำมาสรุปโดยเปรียบเทียบผลการประเมินของทั้ง 2 คน หากแตกต่างกันใช้วิธีหาฉันทามติจัดลงกลุ่ม (คุณภาพสูง ปานกลาง ต่ำ)

จริยธรรมการวิจัย: การศึกษาทบทวนขอบเขตงานวิจัยครั้งนี้ ไม่ต้องผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย เนื่องจากเป็นการศึกษาจากบทความวิจัยที่มีการเผยแพร่เป็นสาธารณะเพื่อประโยชน์ในการค้นคว้าและอ้างอิงอยู่แล้ว ทว่าในการดำเนินการวิจัยผู้วิจัยได้คำนึงถึงหลักการวิจัยและความถูกต้องด้านวิชาการ

การวิเคราะห์ข้อมูล:ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ และแจกแจงความถี่แบบตารางไขว้ (Cross tabulation) ในตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องกัน

ผลการวิจัย (Results)

พบบทความตรงตามเกณฑ์คัดเลือกจำนวน 43 เรื่อง เป็นบทความตีพิมพ์ในวารสารไทยจำนวน 10 เรื่อง และบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติจำนวน 33 เรื่อง รายงานนี้แสดงผลการศึกษาเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เกี่ยวกับผู้วิจัยและแหล่งเงินทุน ส่วนที่ 2 หัวข้อประเด็นการวิจัยทางการควบคุมยาสูบ และส่วนที่ 3 คุณภาพงานวิจัย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้วิจัยและแหล่งเงินทุน

บทบาทนักวิจัยของทันตบุคลากรส่วนใหญ่ร้อยละ 74 เป็นผู้ประพันธ์อันดับแรก (first author) หรือเป็นผู้ประพันธ์บรรณกิจ (corresponding author) ร้อยละ 51 เป็นอาจารย์มหาวิทยาลัยและมีคุณวุฒิระดับปริญญาเอก นอกจากนี้พบว่า บทความที่นำมาศึกษาทั้งหมดมีผู้ร่วมวิจัยตั้งแต่สองคนขึ้นไป โดยมากกว่าครึ่งหนึ่งเป็นนักวิจัยที่มาจากสถาบันเดียวกันอย่างไรก็ตามไม่สามารถระบุได้ว่างานวิจัยที่นำมาศึกษานั้นเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในระดับต่าง ๆ หรือไม่ ทว่ามีบทความซึ่งมีผู้ประพันธ์อันดับแรกเป็นนักศึกษาปริญญาเอก 4 เรื่อง และนักศึกษาระดับหลังปริญญา (postgraduate student) 1 เรื่อง ด้านแหล่งทุนวิจัย พบว่า ร้อยละ 40 (17 เรื่อง) ที่ระบุว่าได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย โดยมีบทความตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ 3 เรื่องที่ระบุว่าได้รับทุนบางส่วนจากหน่วยงานภายนอก เช่น Japanese Association for Dental Science, the U.S. National Institutes of Health เป็นต้น ประเด็นที่แตกต่างของบทความวิจัยที่เผยแพร่ในวารสารนานาชาติ คือ 1. มีทันตบุคลากรเป็นนักศึกษาระดับปริญญาเอกหรือหลังปริญญา ในขณะที่วารสารในประเทศไทยไม่พบผลงานของทันตแพทย์ที่เป็นนักศึกษา และ 2. มีทันตบุคลากรเป็น first author/ corresponding author ในสัดส่วนที่น้อยกว่างานวิจัยในวารสารไทย

ตารางที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้วิจัยและแหล่งเงินทุน

Table 1. Information about the researchers and funding sources.

ประเด็น	บทความตีพิมพ์ระดับชาติ n = 10 ฉบับ	บทความตีพิมพ์ระดับนานาชาติ n = 33 ฉบับ	รวม n = 43 ฉบับ (ร้อยละ)
ทันตบุคลากรเป็น first author/ corresponding author	10	22	32 (74.42)
ทันตบุคลากรเป็นอาจารย์มหาวิทยาลัยและมีคุณวุฒิระดับปริญญาเอก	5	17	22 (51.16)
ทันตบุคลากรเป็นนักศึกษาระดับปริญญาเอกหรือหลังปริญญา	0	5	5 (11.63)
โครงการที่ระบุว่าได้รับทุน	5	12	17 (39.53)
ทันตบุคลากรที่เป็นนักวิจัย มีสัญชาติไทย	10	1	11 (25.58)

ส่วนที่ 2 หัวข้อประเด็นการวิจัยทางการควบคุมยาสูบ

เมื่อพิจารณาประเด็นการวิจัย จากความสอดคล้องกับกรอบอนุสัญญาว่าด้วยการควบคุมยาสูบ องค์การอนามัยโลก (WHO FCTC) นโยบาย MPOWER และความสอดคล้องกับแผนปฏิบัติการด้านการควบคุมยาสูบแห่งชาติ ฉบับที่สาม 2565–2570) พบว่า

- สอดคล้องกับกรอบอนุสัญญาว่าด้วยการควบคุมยาสูบ องค์การอนามัยโลก (WHO FCTC) 3 ด้าน ดังนี้ WHO FCTC มาตรา 12 จำนวน 7 ฉบับ WHO FCTC มาตรา 14 จำนวน 23 ฉบับ และ WHO FTCT มาตรา 20 21 22 จำนวน 8 ฉบับ นอกนั้น ไม่เกี่ยวข้องกับ WHO FCTC จำนวน 5 ฉบับ
- สอดคล้องกับนโยบาย MPOWER 3 ด้าน คือ ด้านการควบคุม กำกับการบริโภคยาสูบและนโยบายป้องกันการบริโภคยาสูบ (Monitor) 24 ฉบับ และด้านการให้ความช่วยเหลือผู้ที่ต้องการเลิกสูบ (Offer) 16 ฉบับ นอกนั้น ไม่เกี่ยวข้องกับนโยบาย MPOWER 3 ฉบับ
- สำหรับบทความวิจัยภาษาไทย จำนวน 10 เรื่องนั้น มีความสอดคล้องกับแผนปฏิบัติการด้านการควบคุมยาสูบแห่งชาติ ฉบับที่ 3 พ.ศ.2565 – 2570 ใน 3 ยุทธศาสตร์ดังนี้ ยุทธศาสตร์ที่ 1 สร้างเสริมความเข้มแข็งและยกระดับขีดความสามารถการควบคุมยาสูบของประเทศ ยุทธศาสตร์ที่ 2 การป้องกันมิให้เกิดผู้เสพยาสูบรายใหม่และเฝ้าระวังธุรกิจยาสูบ (ยุทธวิธี 2.1) และยุทธศาสตร์ที่ 3 บำบัดรักษาผู้เสพให้เลิกใช้ยาสูบ (ยุทธวิธี 3.2) รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตาราง 2 ประเด็นการวิจัย จำแนกตามความเกี่ยวข้องกับ WHO FCTC, MPOWER และแผนปฏิบัติการด้านการควบคุมยาสูบแห่งชาติ ฉบับที่สาม 2565–2570

Table 2. Research areas by the relevance to the WHO FCTC, MPOWER and the National Tobacco Control Action Plan, Phase 3 (2022–2027).

MPOWER \ WHO FCTC	มาตรา 12 (ฉบับ)	มาตรา 14 (ฉบับ)	มาตรา 20 21 22 (ฉบับ)	ไม่เกี่ยวข้องกับ FCTC (ฉบับ)	รวม (ฉบับ)	เฉพาะวารสารไทยที่อ้างอิงความสอดคล้องกับแผนปฏิบัติการประเทศไทย (ฉบับ)
- Monitor	6	8	8	2	24	8
- Offer	1	15	0	0	16	2
- ไม่เกี่ยวข้องกับ MPOWER	0	0	0	3	3	-
รวม	**7**	**23**	**8**	**5**	**43**	**10**

จุดเน้นการวิจัย

เมื่อพิจารณาจากจุดเน้นงานวิจัยในหัวข้อย่อย พบว่า บทความส่วนใหญ่จะเน้นไปที่ การให้บริการเลิกบุหรี่ (11-29) รองลงมาคือประเด็น ความรู้ ความตระหนักในการให้คำปรึกษาเลิกบุหรี่ (30-41) และส่วนน้อยเน้นไปที่ ประเด็นบุหรี่กับสุขภาพช่องปาก (43-48) ปัจจัยที่มีผลต่อการให้บริการเลิกบุหรี่ (49-51) และการป้องกันนักสูบหน้าใหม่ (52-54) (ตารางที่ 3) ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นบทบาทของทันตบุคลากรที่ชัดเจนในงานวิจัยด้านรูปแบบและประสิทธิผลในด้านการบำบัดรักษาช่วยให้เลิกบุหรี่ รองลงมาเป็นการติดตามประเมินผลมาตรา 14 มาตรา 20-22 และมาตรา 12

ตาราง 3 จำนวนงานวิจัยจำแนกตามจุดเน้นประเด็นการวิจัยในหัวข้อย่อย

Table 3. Number of research studies by focus areas within sub-topics.

จุดเน้นประเด็นการวิจัย	บทความตีพิมพ์ระดับชาติ (n = 10) (ฉบับ)	บทความตีพิมพ์ระดับนานาชาติ (n = 33) (ฉบับ)	จำนวนรวม (n = 43) ฉบับ (ร้อยละ)
การให้บริการเลิกบุหรี่	2	17	19 (44.18)
ความรู้ ความตระหนักในการให้คำปรึกษาเลิกบุหรี่	1	11	12 (27.90)
บุหรี่กับสุขภาพช่องปาก	3	4	7 (16.28)
การป้องกันนักสูบหน้าใหม่	2	1	3 (6.98)
ปัจจัยที่มีผลต่อการให้บริการเลิกบุหรี่	2	0	2 (4.65)

จากจุดเน้นที่มีน้ำหนักสูงสุดคือการให้บริการเลิกบุหรี่ ประมวลจากการทบทวนวรรณกรรมมีข้อสรุปดังนี้

1. โปรแกรมสุขศึกษาพบว่า สูบบุหรี่ลดลงเล็กน้อย 1 เรื่อง (11), เลิกได้ 4 คนจาก 15 คน (27%) 1 เรื่อง (12) ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเลิกบุหรี่ คือ 1) การรับรู้ผลเสียที่เกิดขึ้นต่อร่างกายของตนเอง 2) ทัศนคติและความตั้งใจที่จะเลิก 3) การสนับสนุนจากบุคคลสำคัญ และ 4) คำแนะนำจากนักศึกษาทันตแพทย์เกี่ยวกับปัญหาสุขภาพช่องปาก

2. การให้บริการเลิกบุหรี่ผ่าน Tobacco Cessation Center (TCC) ในวิทยาลัยทันตแพทย์ศาสตร์ ซึ่งดำเนินการมา 8 ปี (18) วิธีการให้คำปรึกษามีหลายรูปแบบ เช่น การให้คำปรึกษาเป็นกลุ่ม กิจกรรมแบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive sessions) สื่อภาพและเสียง มีการฝึกให้ผู้ป่วยตรวจช่องปากด้วยตนเองหลังการให้คำปรึกษาแต่ละครั้ง ผู้ป่วยยังได้รับคำแนะนำด้านการปรับพฤติกรรมและการใช้ยาร่วมด้วย นอกจากนี้มีการให้คำปรึกษารายบุคคล สัปดาห์ละ 1-2 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ หลังจาก 1 ปี พบว่าอัตราการเลิกยาสูบสำเร็จเท่ากับร้อยละ 57.6 แบ่งเป็นผู้ที่เลิกได้ทั้งหมดร้อยละ 43.2 และผู้ที่ลดการใช้ยาสูบลง ร้อยละ 14.4

3. การให้บริการเลิกบุหรี่โดยทันตแพทย์ซึ่งผ่านการอบรมโครงการ Japan Smoking Cessation Training Outreach (25) กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยทันตกรรม 74 คน ซึ่งได้รับคำแนะนำให้เลิกบุหรี่จากทันตแพทย์ก่อนกำหนดวันเลิกสูบ 2 สัปดาห์ โดยในช่วง 8 สัปดาห์ของโปรแกรม และผู้ป่วยอาจได้รับการผลิตภัณฑ์นิโคตินทดแทนหากต้องการ พบว่า อัตราการเลิกสูบบุหรี่โดยการยืนยันทางชีวเคมี ในเดือนที่ 6 และ 12 เท่ากับร้อยละ 34.4 และ 32.8 ตามลำดับ

ผลการจำแนกงานวิจัยตามขั้นตอนของกระบวนการพัฒนานโยบาย พบว่า ส่วนใหญ่วิจัยในขั้นตอนที่ 1 การกำหนดปัญหา และ ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผลลัพธ์โครงการ มีจำนวนน้อยที่การวิจัยในขั้นตอนที่ 3 การกำหนดเป็นนโยบาย และขั้นตอนที่ 4 การดำเนินงานและขยายผล แต่ไม่พบการศึกษาในขั้นตอนการกำหนดเป็นนโยบาย (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 จำนวนงานวิจัยในแต่ละขั้นตอนของวงจรนโยบาย

Table 4. Number of research studies at each stage of the policy cycle.

ประเด็นการวิจัย	การให้บริการเลิกบุหรี่ (n = 19)	การป้องกันนักสูบหน้าใหม่ (n = 3)	รวม (n = 22)
1. ขั้นตอนการกำหนดปัญหา (problem identification)	6	2	8
2. ขั้นตอนการออกแบบทางเลือกและประเมินผลมาตรการในพื้นที่ทดลองก่อนดำเนินงาน (policy formulation)	6	1	7
3. ขั้นตอนการกำหนดเป็นนโยบาย (policy adoption)	0	0	0
4. ขั้นตอนการดำเนินงานและขยายผล (policy implementation)	0	0	0
5. ขั้นตอนการประเมินผลลัพธ์โครงการ (policy evaluation)	7	0	7

ส่วนที่ 3 คุณภาพการวิจัย

การประเมินคุณภาพ แยกตามแบบการวิจัยประเภทต่าง ๆ โดยประเภทงานวิจัยที่พบมากที่สุด คือ งานวิจัยเชิงปริมาณ 39 เรื่อง รองลงมาคืองานวิจัยเชิงคุณภาพ 3 เรื่อง และงานวิจัยวิธีผสม 1 เรื่อง (ตารางที่ 5) สำหรับงานวิจัยเชิงปริมาณ แบ่งเป็นการศึกษาแบบสำรวจ บรรยาย อธิบาย จำนวน 27 เรื่อง (ร้อยละ 62.79) การศึกษาแบบทดลองและกึ่งทดลอง จำนวน 5 เรื่อง การศึกษาแบบไม่ทดลองเพื่อหาปัจจัยทำนายจำนวน 6 เรื่อง และการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมจำนวน 1 เรื่อง ทั้งนี้งานวิจัยเชิงปริมาณส่วนใหญ่ ใช้ข้อมูลปฐมภูมิ ประชากรเป้าหมายและกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้ที่มารับบริการทางทันตกรรม (ซึ่งรวมถึงผู้สูบบุหรี่ที่มีปัญหาในช่องปากและผู้ป่วยเบาหวาน) รองลงมาเป็นการศึกษาในกลุ่มทันตแพทย์/ทันตบุคลากร และนักศึกษาทันตแพทย์ ส่วนน้อยเป็นประชาชนกลุ่มเฉพาะ เช่น สามเณร และบุคลากรในกองทัพ

ผลการประเมินคุณภาพการวิจัย พบว่า ภาพรวมบทความวิจัย ร้อยละ 58.14, 34.88 และ 6.98 มีคุณภาพสูง กลาง และต่ำ ตามลำดับ ในจำนวน 25 ฉบับที่มีคุณภาพระดับสูง ตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ 23 ฉบับ และวารสารระดับชาติ 2 ฉบับ

ตาราง 5 จำนวนและร้อยละของบทความวิจัยจำแนกตามการออกแบบการวิจัย

Table 5. Number and percentage of research articles by research design.

การออกแบบการวิจัย	บทความตีพิมพ์ระดับชาติ (n = 10)	บทความตีพิมพ์ระดับนานาชาติ (n = 33)	รวม (n = 43)
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)
- การวิจัยทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม	0	2 (6.06)	2 (4.65)
- การวิจัยกึ่งทดลอง แบบกลุ่มเดียว วัดผลก่อน-หลัง หรือ หลังการทดลองอย่างเดียว	1 (10.00)	2 (6.06)	3 (6.98)
- การศึกษาแบบไม่ทดลอง เพื่อหาปัจจัยทำนาย/อธิบายความสัมพันธ์	2 (20.00)	4 (12.12)	6 (13.95)
- การศึกษาแบบสำรวจ บรรยาย อธิบาย (Observational study: cohort study, case-control study, longitudinal or cross-sectional study)	6 (60.00)	21 (63.64)	27 (62.79)
- การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม	1 (10.00)	0	1 (2.33)
- การวิจัยเชิงคุณภาพ	0	3 (9.09)	3 (6.98)
- การวิจัยผสมวิธี	0	1 (3.03)	1 (2.33)

บทวิจารณ์ (Discussion)

ผลการศึกษานี้ สะท้อนการมีส่วนร่วมของทันตบุคลากรในงานวิจัย ชี้ให้เห็นว่า ทันตบุคลากรมีบทบาทสำคัญในการควบคุมยาสูบ ที่ขยายขอบเขตไปมากกว่า WHO FCTC มาตรา 14 ที่มีข้อแนะนำว่าบุคลากรวิชาชีพสุขภาพควรให้คำแนะนำในการเลิกบุหรี่อย่างสั้นแก่ผู้รับบริการโดยให้เป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานการดูแล อีกทั้งให้มีการติดตามประเมินผลอย่างสม่ำเสมอ (52) ขยายไปถึง WHO FCTC มาตรา 12 การให้การศึกษา การสื่อสาร การฝึกอบรม และการสร้างจิตสำนึกของสาธารณชน ซึ่งประเด็นนี้อาจจะสะท้อนบทบาทของทันตแพทย์ขยายขอบเขตจากด้านการส่งเสริมให้เลิกใช้ผลิตภัณฑ์ยาสูบไปยังด้านการส่งเสริมสุขภาพและ การป้องกันโรค แต่ยังมีจำนวนไม่มาก นอกจากนี้ ยังพบว่ามีงานวิจัย 4 เรื่อง น่าจะจัดเป็นงานวิจัยนวัตกรรม เช่น การพัฒนาการตระหนักรู้ปัญหาการสูบบุหรี่ของสามเณรโดยใช้กระบวนการ photovoice (50) ส่วนในต่างประเทศมีการศึกษาการใช้อุปกรณ์ Knoxlabs V2 cardboard VR headset พร้อม clip VDO จำนวน 2 เรื่อง ซึ่งออกแบบตามความพร้อมที่จะเลิกบุหรี่ สวมใส่ให้ผู้สูบบุหรี่ขณะรับบริการกำจัดหินน้ำลาย (15) ในบังคลาเทศมีการพัฒนาโปรแกรมการเลิกบุหรี่สำหรับผู้ป่วยเบาหวานเพื่อใช้ในคลินิกทันตกรรม ซึ่งพัฒนาร่วมกันระหว่างทันตแพทย์ ทันตาภิบาล และผู้ป่วยเบาหวาน (19) และการฝึกปฏิบัติให้คำปรึกษาเพื่อเลิกบุหรี่ของนักศึกษาทันตแพทย์แบบทางไกล (virtual smoking cessation counseling) ในช่วงการระบาดของโควิด-19 ในมาเลเซีย (22) เป็นต้น

ผลลัพธ์ที่ได้จากการควบคุมยาสูบในกลุ่มทันตบุคลากร พบว่า การใช้โปรแกรมทันตสุขศึกษามีประสิทธิผลต่ำ ส่วนการให้คำปรึกษาสร้างแรงจูงใจและกิจกรรมแบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive sessions) มีประสิทธิผลสูงช่วยให้เลิกบุหรี่ได้เกิน 1 ปี (18,25) มีโอกาสยั่งยืนไม่กลับไปสูบซ้ำ ทั้งนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเรื่องแรงจูงใจที่ทำให้คลินิกทันตกรรมสามารถวางระบบช่วยเลิกบุหรี่และระเบียบในการให้ผลิตภัณฑ์นิโคตินทดแทนและการจ่ายยาอดบุหรี่ในต่างประเทศเพื่อมาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับบริบทของประเทศไทย

อนึ่ง ทันตแพทย์ยังมีบทบาทในการทำงานร่วมกับภาครัฐและองค์กรเอกชนในการทำงานควบคุมยาสูบในระดับพื้นที่ (41) จากการศึกษานี้ยังมีช่องว่างของงานวิจัยเพื่อมาสนับสนุนการขับเคลื่อนการควบคุมยาสูบของประเทศไทยในด้าน How to ทั้งในขั้นตอนการกำหนดเป็นนโยบาย และขั้นตอนการดำเนินงานและขยายผล รวมทั้งการทำงานข้ามสาขาวิชาการระหว่างทันตแพทย์กับสาขาอื่นนอกเหนือจากด้านการแพทย์ และอาจเปิดช่องทางใหม่ๆ รวมถึงนวัตกรรมในการแก้ปัญหาในอนาคตได้ด้วย

การระบุว่ามีทันตแพทย์หรือทันตบุคลากรเป็นผู้นิพนธ์หรือผู้ร่วมนิพนธ์มีข้อจำกัด เนื่องจากบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ ส่วนใหญ่ไม่ได้ระบุวุฒิการศึกษา นอกจากนี้อาจมีงานวิจัยที่มีการดำเนินการก่อนปีพ.ศ. 2563 ที่ดำเนินการในประเด็นที่การศึกษานี้อาจสำรวจไม่พบ และการขาดงานวิจัยในบางประเทศที่ไม่ได้เผยแพร่เป็นภาษาอังกฤษ

ช่องว่างและโอกาสในการวิจัย พบว่ายังขาดการออกแบบงานของทันตบุคลากรให้เชื่อมโยงกับด้านสาธารณสุขอื่น ๆ เพื่อให้ผู้ให้บริการสาธารณสุขเห็นคุณค่าของทันตบุคลากรในการเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเลิกใช้ยาสูบในขั้นตอนย่อยต่าง ๆ ของ 5 A ซึ่งประกอบด้วย Ask Advice Assess Assist และ Arrange follow up โดยอาจเน้นบทบาททันตแพทย์ใน 2 ขั้นตอนแรก รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่มาช่วยลดภาระงานและสร้างทักษะของทันตบุคลากรในการสร้างแรงจูงใจ เพื่อให้สามารถช่วยผู้ที่สูบแล้วให้ตัดสินใจเข้าสู่กระบวนการเลิกบุหรี่อย่างมั่นใจ นอกจากนี้ยังไม่ค่อยเห็นผลการประเมินประสิทธิผลของบทบาทของทันตบุคลากรในการร่วมสร้างความตระหนักให้สังคมยุติการใช้ยาสูบ ทั้งนี้ข้อมูลและองค์ความรู้ที่ได้จะสามารถนำมาช่วยจัดวางลำดับความสำคัญเชิงนโยบายในการจัดสรรทรัพยากรด้านทันตสาธารณสุขให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

สรุปและข้อเสนอแนะ

องค์ความรู้ที่ทันตบุคลากรได้พัฒนาในช่วง 3 ปีที่ผ่านมาส่วนใหญ่มีคุณภาพสูง แต่เป็นลักษณะองค์ความรู้ในการให้คำปรึกษาเลิกบุหรี่และการประเมินผลการช่วยเลิกบุหรี่ ยังขาดในส่วนของการยกระดับเป็นนโยบายและการดำเนินงานและขยายความครอบคลุมในระบบบริการสาธารณสุข จึงมีข้อเสนอให้มีการศึกษาวิจัยเชิงระบบและเชิงยกระดับเป็นนโยบาย ทั้งในแง่ของการช่วยเลิกบุหรี่เพื่อลดผลแทรกซ้อนต่อสภาวะสุขภาพช่องปากและการป้องกันผู้สูบรายใหม่ โดยการมีส่วนร่วมกับหน่วยงานที่มีส่วนในการอภิบาลระบบทันตบุคลากร ดังนี้ ทันตแพทย์สภา ทันตแพทย์สมาคมแห่งประเทศไทย สถาบันทันตกรรม กรมการแพทย์ สำนักทันตสาธารณสุข กรมอนามัย และองค์กรผู้บริหารคณะทันตแพทยศาสตร์แห่งประเทศไทย เพื่อให้มีการใช้เครื่องมือเชิงนโยบายในการขับเคลื่อนงานควบคุมยาสูบอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณ เครือข่ายวิชาชีพทันตแพทย์เพื่อการควบคุมการบริโภคยาสูบ และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบคุณ Tran Thi Hong Hanh ที่ช่วยเหลือในการสืบค้นข้อมูลงานวิจัยจากฐานข้อมูลนานาชาติและช่วยประเมินบทความวิจัย

เอกสารอ้างอิง (References).

1. Visalseth W, Mongkolnchai-arunya S, Pitayarangsarit S, Peesing J, Danpradit B, Vachirarojpisan. Tobacco use and cessation training among thai dental students - the global health professional student survey, 2006 – 2011. J Dent Assoc Thai. 2016;66(3):203-12.

2. Department of Disease Control, Bureau of Tobacco Control. National strategic plan for tobacco control 2010-2014 (B.E. 2553-2557). Nonthaburi: Bureau of Tobacco Control, Department of Disease Control; 2010. (in Thai).

3. Department of Disease Control, Bureau of Tobacco Control. The second National strategic plan for tobacco control 2016-2019 (B.E. 2559-2562). Nonthaburi: Bureau of Tobacco Control, Department of Disease Control; 2016. (in Thai).

4. Sittibusaya C, Yoosabai C, Sirimanassakul K, Panyasitti A, Iamsuwan A, Ueakool, N. Editors. National Action Plan for Tobacco Control, 2022–2027. Bangkok: Division of Tobacco Products Control Committee; 2022. (in Thai).

5. World Health Organization. WHO Framework Convention on Tobacco Control. WHO Document Production Services, Geneva, Switzerland; 2005.

6. Pitayarangsarit S, Praikean S, Ieamanun P, Laohapanpong S, Taveeputtana H, and Arunpraphan S. Research questions for tobacco control based on document analysis and expert opinion. Journal of Health Systems Research. 2010;4(2):296-306. (in Thai).

7. Tobacco Control Research and Knowledge Management Center. Announcement of the research project for tobacco control in 2025. [Internet]. [cited 2025 March]. Available from: https://www.trc.or.th/th/media/attachments/2024/09/06/1-_-68.pdf. (in Thai).

8. World Health Organization. WHO report on the global tobacco epidemic, 2008: the MPOWER package. Geneva: World Health Organization; 2008. ISBN 9789241596282.

9. Howlett M, Ramesh M, Perl A. Studying Public Policy: Policy Cycles and Policy Subsystems; Oxford University Press: Oxford, UK, 2009; Volume 3.

10. Joanna Briggs Institute [JBI]. JBI critical appraisal tools [Internet]. Australia: Faculty of Health and Medical Sciences The University of Adelaide; 2020 [cited 2025 March 1]. Available from: https://jbi.global/critical-appraisal-tools.

11. Panicharoenrat N, Pithpornchaiyakul S, Tianviwat S, Cheklong P. A promotion of smoking cessation of privates in Fort Ingkhayutthaborihan, Pattani Province: A pilot study. Journal of Health Science. 2020;29(1):48-61. (in Thai).

12. Natamploy S, Chetpakdeechit W, Wanarat S, Patanaphongsanont R. Quitting rate and related factors of smoking patients attending Thammasat dental student clinic. Thailand Journal of Health Promotion and Environment Health. 2023;46(4):44-55. (in Thai).

13. Aljubran H, Alkoudemi M, Althunayan M, Aljeraisy A, Asiri A, Nazir M. Tobacco Use and Cessation Counseling among Dental Professionals in Saudi Arabia. Int J Environ Res Public Health. 2022 Dec 6;19(23):16306. doi: 10.3390/ijerph 192316306.

14. Bendotti H, McGowan K, Lawler S. Utilisation of a brief tobacco smoking cessation intervention tool in public dental services. Health Promot J Austr. 2021;32(Suppl 2):367-77.

15. Borrelli B, Rueras N, Jurasic M. Delivery of a smoking cessation induction intervention via virtual reality headset during a dental cleaning. Transl Behav Med. 2021;11(1):182-8.

16. Chaffee BW, Urata J, Couch ET, Silverstein S. Dental professionals' engagement in tobacco, electronic cigarette, and cannabis in patient counseling. JDR Clin Trans Res. 2020;5(2): 133-45.

17. Chaffee BW, Urata J, Silverstein S, Couch ET. Dental Hygienists' and Dentists' Tobacco Cessation Continuing Education Preferences: Application of a Discrete Choice Method. J Dent Educ. 2020;84(1):72-80.

18. Gupta S, Srivastava N, Goel S, Kamarthi N, Malik S, Sharma A, Bhalla K. Tobacco cessation center in a dental college: An 8 year institution-based study. J Cancer Res Ther. 2023;19(3): 808-12.

19. Mishu MP, Elsey H, Choudhury AR, Dastagir S, Khan S, Tahsin T, et al. Co-producing an intervention for tobacco cessation and improvement of oral health among diabetic patients in Bangladesh. BMC Oral Health. 2021; 21(1):516. doi:10.1186/s12903-021-01861-0.

20. Yadav S, Lee M, Hong YR. Smoking-cessation advice from dental care professionals and its association with smoking status: Analysis of National Health and Nutrition Examination Survey 2015-2018. J Am Dent Assoc. 2022;153(1): 15-22. doi:10.1016/j.adaj.2021.07.009.

21. Ravi P, Ivaturi A, Das D, Bhadauria US, Khurana C, Dev M, et al. Evaluation of Perceptions of Tobacco Cessation among the Individuals Attending a Tertiary Care Dental Hospital - A Mixed Methods Design. Asian Pac J Cancer Prev. 2021;22(9):2749-55.

22. Roslan N, Yusof N, Md Bohari NF, Md Sabri BA, Mohd Radzi NA, Bakri NN, et al. Virtual counselling of tobacco cessation during the COVID-19 pandemic: A qualitative study on the experiences and perceptions of Malaysian dental undergraduates and their patients. Eur J Dent Educ. 2024;28(1):28-40.

23. Kumbhalwar A, Hegde S, Kakodkar P, Mehta V, Gupte H, Jadhav S. Effectiveness of behavioral counseling in smokeless tobacco cessation among adult users reporting to a dental hospital in Pune: A randomized controlled trial. Cureus. 2022;14(4):e24041. doi:10.7759/cureus.24041.

24. Sujatha S, Iyengar A, Pruthvish S, Prashanth R. Long-term follow-up of tobacco cessation intervention in a dental setting: A randomized trial. J Cancer Res Ther. 2023;19 (Supplement):S0. doi:10.4103/jcrt.JCRT_1029_20.

25. Nagao T, Fukuta J, Hanioka T, Nakayama Y, Warnakulasuriya S, Sasaki T, et al. A multicentre tobacco cessation intervention study in the dental setting in Japan. Int Dent J. 2022;72(1):123-32.

26. Yamashita K, Seshima F, Kigure T, Tomita S, Saito A. Treatment of Chronic Periodontitis with Smoking Cessation Care and Periodontal Surgery in an Elderly Patient: A Case Report Including a 4-year Follow-up. Bull Tokyo Dent Coll. 2022;63(1):31-40.

27. Mehta A, Kaur G, Popli R, Khurana S. Tobacco use cessation efforts among private dental practitioners of Delhi, India. Dentistry 3000. 2020;8(1). doi.10.5195/d3000.2020.99 .

28. Mehta A, Ahmed S, Verma A, Kumar R. Evaluation of cessation services provided at a tobacco cessation clinic in a teaching dental hospital. Indian J Dent Res. 2020;31(6):852-6.

29. Mukadam A, Shetiya SH. Smoking cessation through nicotine replacement therapy for patients visiting the Dental College, Pune - A quasi-experimental study. J Cancer Res Ther. 2023;19(5):1365-70.

30. Alblowi JA. Perception of tobacco counseling and cessation among dental practitioners. J Smok Cessat. 2021;2021:6692525. doi:10.1155/2021/6692525.

31. Alqahtani AS. Awareness of current mobile apps for smoking cessation among the dental and medical practitioners in Saudi Arabia. Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2022;26(18):6561-8.

32. Alsiwat AJ, Alayadi HM. Knowledge, attitude and practice of smoking cessation counseling among dental hygienists in Saudi Arabia. Tob Prev Cessat. 2022;8:09. doi: 10.18332/tpc/145530.

33. Halboub E, Jafer MA, Khormi HI, Kariri AA, Atiah SA, Lughbi SJ, et al. Attitudes and practices of tobacco cessation counseling among Saudi dental professionals: A nationwide cross-sectional survey. Niger J Clin Pract. 2022; 25(4):502-8.

34. Raman P, Pitty R. Tobacco awareness with socioeconomic status and pictorial Warning in Tobacco Cessation: An exploratory institutional survey in a semi-urban population. J Contemp Dent Pract. 2020;21(10):1122-9.

35. Holliday R, McColl E, Bauld L, Preshaw PM, Sniehotta FF, McDonald S. Perceived influences on smoking behaviour and perceptions of dentist-delivered smoking cessation advice: A qualitative interview study. Community Dent Oral Epidemiol. 2020;48(5):433-9.

36. Rasool S, Dobbie F, Ahmad F, Khan Z, Holliday R, Bauld L. Smokeless tobacco cessation support in Dental hospitals in Pakistan: Dentists and dental patients' perspectives on current practices, support needed, and opportunities available. Nicotine Tob Res. 2024;26(1):63-71.

37. Vashi D, Talreja PS, Rathod V, Thorat V. Knowledge and attitude of dental students of Navi Mumbai on tobacco cessation counseling: A cross-sectional study. Educ Health (Abingdon). 2021;34(2):80-3.

38. Kaewsutha N, Karawekpanyawong R. Tobacco and e-cigarette use among Thai dental students: A cross-sectional national survey, 2021. J Int Soc Prev Community Dent. 2023;13(1):68-74.

39. Oya Y, Inagaki K, Tokumaru K, Watanabe T, Segawa N, Yamamoto Y, et al. Smoking status and risk awareness of heated tobacco product use among general dental practitioners belonging to the Aichi Dental Association, Japan. Healthcare (Basel). 2022;10(12):2346. doi:10.3390/healthcare 10122346.

40. AlSaad FS, Rajab MH, Jabri F, Asad S, Arwadi AS, Alsaeed RA. Prevalence of tobacco smoking among dental practitioners: A hospital-based study. J Family Med Prim Care. 2022;11(6): 3077-83.

41. Kaewsutha N, Lertlerkiat M, Ubolsa-ard U, Witta R, Wande K. Knowledge, attitude and practice in tobacco control role of the dental students and dentists in Bangkok. SWU Dent J. 2020;13(1):73-87. (in Thai).

42. Al-Noori NM, Ibraheem NS, Abdulmunem, MM. The impact of cigarette smoking on the efficiency of local anesthesia during simple tooth extraction. Saudi Dental Journal. 2021;33(7):674-8.

43. Alam S, Balehonnur P, Joshi S, Rahman RA, Singh TGB, Khilji I. Evaluation of crestal bone loss around dental implants in cigarette smokers. Int J Cur Res Rev. 2021;13(5):124-8.

44. Leite FRM, López R, Pajaniaye JB, Nascimento GG. Effect of Smoking Exposure on Nonsurgical Periodontal Therapy: 1-Year Follow-up. J Dent Res. 2023;102(3):280-6.

45. Beklen A, Yildirim BG, Mimaroglu M, Yavuz MB. The impact of smoking on oral health and patient assessment of tobacco cessation support from Turkish dentists. Tob Induc Dis. 2021;19:49. doi:10.18332/tid/136418.

46. Chanthra O, Tuonggratanaphan S, Nirunsittirat A. Oral health situation and smoking of novices in the general education section of Phrapariyattidhamma schools in the border districts, Chiang Mai Province. Khon Kaen Dent J. 2022; 25(2):50-9. (in Thai).

47. Phoophaniat M, Eungsuwanpanit K. Relationship between smoking and oral health problems among people in U-Thong District, Suphanburi province. Ratchaphruek Journal. 2020;18(2):82-90. (in Thai).

48. Siharaj K, Weraarchakul W. Relationship between secondhand smoke exposure and permanent dental caries in primary school students, Khon Kaen province. North-Eastern Thai Journal of Neuroscience. 2020;15(1):28-40. (in Thai).

49. Gone H, Abdul NS, Pisarla M, Kumar KP, Kulkarni G, Audurthi RK. A cross-sectional study to assess factors that determine tobacco habit initialization and cessation and oral cancer awareness among general population of Vikarabad District, Telangana. J Pharm Bioallied Sci. 2021; 13(Suppl 2):S1613-9. doi:10.4103/jpbs.jpbs_312_21.

50. Chanthra O, Tuonggratanaphan S. Participatory action research to develop awareness of smoking in the novitiate, vis the photovoice method, in the Phrapariyattidhamma school in the Province of Chiang Mai. J Dent Assoc Thai. 2021;71(4):301-8. (in Thai).

51. Thanhai P, Seedaket S, Papirom P, Namwan T, Ruangmontri K. A role in tobacco control and preventing new smokers of dental public health students. Thai Dental Nurse Journal. 2020;31(2):90-106. (in Thai).

52. Praingam B, Benjakul S, Kittipichai W. Predicting factors the provision of smoking cessation services among dentists. J Public Health. 2019;49(1):81-94. (in Thai).

53. Sookroj P, Patcharanuchat P, Weraarchakul W. Factors related to smoking cessation assistance for patients in dentists and dental nurses working in hospitals and sub-district health promoting hospitals, Surin province. NE Thai J NSci. 2023; 18(2):99-107.

54. WHO Framework Convention on Tobacco Control. Guidelines for implementation: Article 5.3; Article 8; Articles 9 and 10; Article 11; Article 12; Article 13 ; Article 14 – 2013 edition. WHO Press, France; 2013.

ติดต่อบทความ :
ดร.ทพญ. ศิริวรรณ พิทยรังสฤษฏ์
สำนักทันตสาธารณสุข กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข
88 ถ.ติวานนท์ ตำบลตลาดขวัญ อำเภอเมือง
จังหวัดนนทบุรี 11000
โทรศัพท์: 081 483 7807
อีเมล์: pitayarangsarit@gmail.com

Corresponding author:
Dr. Siriwan Pitayarangsarit
Bureau of Dental Health, Department of Health, Ministry of Public Health, Talat Kwan Subdistrict, Mueang District, Nonthaburi province 11000, Thailand.
Tel: (668) 1483 7807
E-mail: pitayarangsarit@gmail.com

Inhibitory Effects of Mulberry (*Morus alba*) Ethanolic Extract on *Streptococcus mutans* Biofilm Formation

Arthit Kaophimai[1] Kemthong Mitrakul[2*] Ratchapin L. Srisatjaluk[3] Pattamapan Lomarat[4]

Abstract

Objectives: To evaluate the susceptibility of *S. mutans* (ATCC 25175) and three *S. mutans* clinical isolates from Thai children to three concentration of mulberry extract and to analyze the inhibition effect on biofilm of each strain using confocal scanning electron microscopy (CLSM).

Materials and Methods: Obtained *S. mutans* clinical isolates from children (aged 3.5-10-years) who came to the Pediatric Dental Clinic, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok. Three concentration of mulberry extract were tested (125, 250, 500 mg/ml). The Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bactericidal Concentration (MBC) were carried out. Incubated all *S. mutans* strains for 5 and 10 hours to form biofilm suitable for the susceptibility tests. The biofilm inhibition effect of mulberry extract also further evaluated using CLSM. Data was expressed as mean ± standard deviation (SD). The Kruskal-Wallis Test was used to compare the experimental and control groups (significance at 95%).

Results: The MIC of mulberry extract was not able to visualize due to the darkness of the solution and precipitations. The MBC were in the range of 125-500 mg/ml. All strains tested were sensitive to all mulberry extract concentrations (> 99.88%) when compared to the controls. All strains pre form biofilm at 5 and 10 hours were inhibited after 5 and 10 minutes exposure to the mulberry extract at the concentration of 500 mg/ml which showed the percentage of inhibition at > 99.96-100% and > 99.93-100% compared to the control, respectively. All concentrations of the mulberry extract inhibited biofilm formation of all strains visualized by CLSM. The effects were dose-dependent. The 500 mg/ml concentration exhibited a significant inhibitory effects on *S. mutans* (ATCC 25175) ($p = 0.013$), *S. mutans* clinical isolate N006, N029 and N113 ($p = 0.016$) when compared to the control group.

Conclusions: Mulberry extract at the 500 mg/ml concentration showed excellent antibacterial activity

Keywords: Natural essential oil, Dental caries, *Streptococcus mutans,* Mulberry, Biofilm

Received Date: Feb 7, 2025
Revised Date: May 26, 2025
Accepted Date: Jun 27, 2025

[1]*Department of Oral Microbiology, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Bangkok, 10400, Thailand.*
[2]*Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Bangkok, 10400, Thailand.*
[3]*Department of Oral Biology, Faculty of Dentistry, Bangkokthonburi University, Bangkok, 10170, Thailand.*
[4]*Department of Food Chemistry, Faculty of Pharmacy, Mahidol University, Bangkok, 10400, Thailand.*
*(*Corresponding author)*

Introduction

Dental caries still remains the most prevalent disease in the world. It can initiate pain, distress, and diminish the quality of life (1). It is a multifactorial disease and no simple causation pathway (2). This disease has a complex cause involving genetic, microbial, environmental, and social and behavioral factors (3). Dental caries is anticipate by the disbiose caused in biofilm due to frequent sugar intake (2). It is a diet-driven, biofilm-mediated illness that is directly influenced by an individual's intake of fermentable carbohydrates and has unique microbial compositions linked to its onset, progression, and arrest (4). The acids released into the aqueous part of the biofilm provoke the enamel/dentine demineralization (5,6).

The oral cavity contains dental plaque, also known as biofilm, which is made up of about 800 different types of bacteria coexisting (2). More than 800 aggregated microorganisms that adhere to a surface and are encased in an extracellular matrix make up a complex microbial community known as a biofilm (3). Studies focusing on chosen acidogenic and aciduric caries involved species, which are important caries pathogens, may be determining for caries risk assessment and prevention. Evidence suggests that *Streptococcus mutans,* a bacterium frequently isolated from dental plaque, is one of the microorganisms that cause dental caries (6–9). *S. mutans* is able to colonize the oral cavity and survive in an acidic environment and specific interaction with other microorganisms colonizing the ecosystem (10). Following the cleavage of sucrose molecules by the enzyme glucosyltransferases (Gtfs), the glucose component is polymerized into adherent glucans (6). According to earlier research on Thai children, children with Early Childhood Caries (ECC) have greater levels of *S. mutans* in their plaque (7-9). Reducing the adherence of *S. mutans* to tooth surface or inhibit *S. mutans* biofilm formation might be an important method to prevent dental caries.

Alternative medicine using natural products proven to have anti-cariogenic properties is of great interest in caries research (10-12). Previous studies have been reported for its effectiveness against bacteria implanted within the biofilm (10-12). Mulberry is a deciduous tree of the genus Morus in the family Moraceae. It was originated in China and has been growing throughout Southwest Asia, Europe and South America (13). The antimicrobial activity of Morus species is mainly associated with the stem bark of the mulberry plant (14,15). The antibacterial and antifungal properties of a number of chemicals that have been isolated from different portions of the Morus plant and their crude extracts have been investigated (13). According to the investigation, the majority of the bioactive substances found in Morus plants, including terpenoids and flavonoids, have strong antibacterial properties (16–19). One of the most widely used remedies in traditional Chinese medicine is mulberry leaves *(Morus alba).* It is used to treat obesity and diabetes mellitus. Mulberries include bioactive substances called polyphenols, alkaloids, flavonoids, and polysaccharides (20). Studies have examined mulberry leaves in a variety of forms, including ethanol extract, powder, and aqueous extract, all of which indicate beneficial effects on enhancing physiological conditions (20–22). Human volunteers with diabetes and those in good health were used to examine the effects of mulberry leaf on blood glucose response. The results showed that mulberry leaf consumption considerably decreased blood glucose levels (20).

It has been demonstrated that mulberry components enhance nerve protection and cognitive function. Mulberry leaf extract and mulberry milk have been found in numerous clinical investigations to enhance cognitive function in middle-aged and older persons (20).

Mulberry extracts have demonstrated antiviral activity against several viruses, including influenza virus, SARS-CoV-2, herpes simplex virus type 1 (HSV-1), murine norovirus, and feline cupripoxvirus (13,21,22).

The objectives of this study were to evaluate the susceptibility of *S. mutans* and three clinical isolations from Thai children to different concentration of the Mulberry extract (125, 250, 500 mg/ml) and to analyze the inhibition effect on biofilm of each strain using fluorescent dyes and confocal scanning electron microscopy (CLSM).

Materials and Methods

Essential Oil Preparation

Purchased materials and reagents was described in the previous study (23). C3G in mulberry fruit extract powder was measured using an HPLC-extracted sample, as previously mentioned (23). A 0.20-μm nylon filter was used to filter the stock solution of C3G W, which was made with 0.1% phosphoric acid in water and acetonitrile (50:50, v/v) at 30°C in an ultrasonic bath to achieve a concentration of 100 μg/mL. Main components in the mulberry fruit extract (MFE) in this study are polysaccharides, flavonoids, and phenolic acids. Anthocyanin is the major constituent (23).

Subject Selection and *S. mutans* Clinical Isolation

The Ethical Human Research Committee of Chulalongkorn University's Faculty of Dentistry in Bangkok, Thailand, gave its clearance to this study (approval number: 42/2010) (24). Consent forms were signed by all kid parents and legal guardians. Every participant was free to leave the research at any moment. *S. mutans* clinical isolations were obtained from child subjects. Detail method was described in the previous study (24). Biochemical tests verified that every isolate was *S. mutans.* The standard strain of *S. mutans* (ATCC 25175) was cultivated on BHI agar or broth and incubated for 48 hours at 37°C. For 18 hours, it was supplemented with 5% CO2.

Bacteria and Culture Conditions

S. mutans (ATCC 25175) aliquot stocks should be grown at -20°C on BHI. 48 hours of incubation at 37°C with 5% CO_2 added. Three to five colonies were chosen to suspend in Todd-Hewitt broth (Difco, USA) and then incubated for a full day. Three aliquot stocks of *S. mutans* clinical isolates (N006, N029, and N113) were chosen at random and cultivated at -20°C.

Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bactericidal Concentration (MBC)

The broth macrodilution method was used to determine the MICs of mulberry extract. Stock solutions of oils were initially dissolved in tween 80 and 95% ethanol then a series of twofold dilutions of the mulberry extract was prepared in Brain Heart infusion broth (BHI). MIC and MBC of all strains were performed. Three to five colonies of each strain was picked and suspended in

BHI broth for 24 hours. Bacterial suspensions that had recently been cultivated in BHI were adjusted to around 10^5 CFU/mL. 100 μL of seeded broth and 100 μL of mulberry extract were added to each of the eight wells for the MIC determination. 100 μL of the seeded broth for eight wells was placed in the first test well. To increase the volume to 200 μL, 100 μL of the mulberry extract solution was added to the first well, and then 100 μL was moved to the next well. To get a two-fold serial dilution, repeat the procedure. Sterilized 96-well polysterene plate in the UV sterilization for 1 hour. Inoculated *S. mutans* into each well then vortexed for 5 mimutes and incubated for 24 hours at 37°C, supplemented with 5% CO_2. The first assay well, with no microorganism growth which contained the lowest dilution of the mulberry extract representing the MIC. Determined MBC by removed samples from the wells that showed no turbidity and dropped onto BHI plates. Incubated at 37°C for 24 hours, the minimum concentration without any visible growth was reported as the MBC.

Biofilm Susceptibility Test

To examine the effects of various concentrations of the mulberry extract on 5 and 10-hour-old biofilm and to determine whether different strains had different susceptibilities to the bactericidal activity of each concentration of the mulberry extract, a biofilm susceptibility test was performed. Todd Hewitt broth mixed with 10% (w/v) sucrose was used to dilute all strains. The starting cell density was 10^8 CFU/mL. Transferred 2 mL of diluted cells into a new tube and incubated it (please delete) for 5 and 10 hours. Following incubation, planktonic cells were eliminated by three rounds of sterile water washing. Then, 2 mL of mulberry extract were added into the same tube. After one minute exposed to the mulberry extract this was washed out. Added two milliliters of regular saline solution and ten 2x2 mm sterile beads, and vortexed for a minute. 20 mL of the fluid was pipetted and then put over BHI agar. Plate counting was used to determine the CFU counts. Every experiment was carried out in triplicate for every concentration of mulberry extract. Positive control was chlorhexidine gluconate (0.12% CHX mouthwash). Negative control was no adding antibacterial solution. The colony was calculated as a percentage compared to the control. The effective bactericidal effect was significant, at more than 99.9% compared to the control.

Saliva-Coated 24-Well Plate for Biofilm Inhibition Assay and Fluorescence Staining using Confocal Laser Scanning Microscope (CLSM)

Three volunteers (dental students who are a part of the research team) who abstained from tooth brushing for at least 6 hours prior to saliva collection. Chewing paraffin enhanced the production of saliva. The saliva samples from the 3 volunteers were pooled, centrifuged and then diluted to 1:10 with phosphate buffered saline (PBS) and filtered through a 0.22-micron membrane (filter paper, Millipore, St Louis, MO). Since *S. mutans* clings to the glycoprotein in saliva, the stimulated pooled saliva was utilized to cover the wells of a 24-well polystyrene plate (Corning Inc., Corning, NY) in order to start the biofilm formation process. Each well containing 500 μL of diluted saliva was incubated at 37°C for 24

hours and then the saliva was rinsed off. For Fluorescence Staining using Confocal Laser Scanning Microscope (CLSM) following the method as described in the previous study (10).

Statistical analysis

The mean ± standard deviation (SD) was used to display the data. Determined live (the green emission at 530 nm) and dead cells (the red emission at 630 nm) by measuring and calculated ratio. Each well was measured in triplicate. Calculated mean and SD. from the experimental and control groups were compared using the Kruskal-Wallis Test (also known as the Bonferroni and Dunn Test) (significance at 95%).

Results

Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bactericidal Concentration (MBC)

The MIC of mulberry extract was not able to visualize due to the darkness of the mulberry extract solution and precipitations. However, the MBC of all strain tested were in the range of 125-500 mg/ml (Table 1). The MBC of three clinical isolations were higher than the standard strain. Although the MIC was not able to identify, the MBC indicating a bactericidal action of the mulberry extract.

Table 1. Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bactericidal concentration (MBC) of mulberry extract to different strains of *Streptococcus mutans.*

***S. mutans* Strains**	**Mulberry extract concentration (mg/ml)**	
	MIC	**MBC**
S. mutans (ATCC 25175)	N/A	125
S. mutans (N006)	N/A	500
S. mutans (N029)	N/A	500
S. mutans (N113)	N/A	500

N/A=non applicable.

Biofilm Susceptibility Test

All strains of *S. mutans* tested in this study were sensitive to all concentrations (125, 250 and 500 mg/ml) of the mulberry extract (>99.88%) when compared to the controls. Highest concentration of the mulberry extract was used to demonstrate antibacterial effects on 5-hour and 10-hour-old biofilm. For 5-hour-old preformed biofilm, all strains were inhibited after 5 and 10 minutes exposure to the mulberry extract solution at the concentration of 500 mg/ml (>99.96-100%) compared to the control (Table 2, 3). Similarly, for 10-hour-old preformed biofilm, all strains were inhibited after 5 and 10 minutes exposure to the mulberry extract at the concentration of 500 mg/ml (>99.93-100%) compared to the control (Table 4, 5).

Table 2. Inhibition of 5-hour-old preformed biofilm of all *S. mutans* strains after 5 minutes exposure to the Mulberry extract (concentration of 500 mg/ml).

***S. mutans* strains**	**Control Biofilm (colony forming unit (CFU)**	**5 minute exposed to mulberry extract biofilm (CFU)**	**Reduction (%)**
S. mutans (ATCC 25175)	3.45×10^6	2.75×10^2	99.99%
S. mutans (N006)	9.0×10^4	ND	100%
S. mutan (N029)	3.0×10^5	ND	100%
S. mutans (N113)	1.65×10^5	2.0×10^2	99.88%

ND= not detect

Table 3. Inhibition of 5-hour-old preformed biofilm of all *S. mutans* strains after 10 minutes exposure to the Mulberry extract (concentration of 500 mg/ml).

***S. mutans* strains**	**control biofilm (colony forming unit (CFU)**	**10 minute exposure to mulberry extract biofilm (CFU)**	**Reduction (%)**
S. mutans (ATCC 25175)	5.3×10^4	ND	100%
S. mutans (N006)	1.5×10^4	ND	100%
S. mutan (N029)	2.0×10^4	ND	100%
S. mutans (N113)	2.5×10^4	ND	100%

ND= not detect

Table 4. Inhibition of 10-hour-old preformed biofilm of all *S. mutans* strains after 5 minutes exposure to the Mulberry extract (concentration of 500mg/ml).

***S. mutans* strains**	**control biofilm (colony forming unit (CFU)**	**5 minutes exposure to mulberry extract biofilm (CFU)**	**Reduction (%)**
S. mutans (ATCC 25175)	1.60×10^6	6.65×10^2	99.96%
S. mutans (N006)	7.75×10^5	75	99.99%
S. mutan (N029)	1.35×10^7	4.38×10^3	99.97%
S. mutans (N113)	6.75×10^4	225	99.97%

Table 5. Inhibition of 10-hour-old preformed biofilm of all *S. mutans* strains after 10 minutes exposure to the Mulberry extract (concentration of 500 mg/ml).

***S. mutans* strains**	**control biofilm (colony forming unit (CFU)**	**10 minute exposure to mulberry extract biofilm (CFU)**	**Reduction (%)**
S. mutans (ATCC 25175)	3.85×10^5	2.6×10^2	99.93%
S. mutans (N006)	3.50×10^5	ND	100%
S. mutans (N029)	9.75×10^6	3.25×10^2	99.99%
S. mutans (N113)	2.83×10^4	ND	100%

ND= not detect

Fluorescence Staining and CLSM

For the inhibition of *S. mutans* (ATCC 25175) at cells concentration of 10^8 CFU/ml, the mulberry extract at the concentration of 500 mg/ml showed the highest inhibition rate which gave the lowest percentage of live cells (31.65 ± 2.03%), followed by the concentration of 250 mg/ml (63.91 ± 7.05%), and 125 mg/ml (74.16 ± 0.85%), respectively (Fig 1). The 500 mg/ml showed significantly (p = 0.013) different inhibition rates compared to control.

The mulberry extract at 500 mg/ml had the highest inhibition rate for *S. mutans* clinical isolate N006, resulting in the lowest percentage of live cells (37.69 ± 2.12%). This was followed by concentrations of 250 mg/ml (46.67 ± 0.47%) and 125 mg/ml (60.46 ± 1.35%), respectively (Fig 2). Comparing all concentrations to the controls, the inhibition rates varied considerably (p = 0.016).

The mulberry extract at 500 mg/ml demonstrated the highest inhibition rate for *S. mutans* clinical isolate N029, resulting in the lowest percentage of live cells (28.22 ± 8.37%). This was followed by concentrations of 250 mg/ml (48.67 ± 2.60%) and 125 mg/ml (56.75 ± 2.36%), respectively (Fig 3). Comparing all concentrations to the controls, the inhibition rates varied considerably (p = 0.016).

The mulberry extract at 500 mg/ml demonstrated the highest inhibition rate for *S. mutans* clinical isolate N113, resulting in the lowest percentage of live cells (43.57 ± 1.4%) This was followed by concentrations of 250 mg/ml (51.25 ± 1.9%) and 125 mg/ml (62.07 ± 3.19%), respectively (Fig 4). Comparing all concentrations to the controls, the inhibition rates varied considerably (p = 0.016).

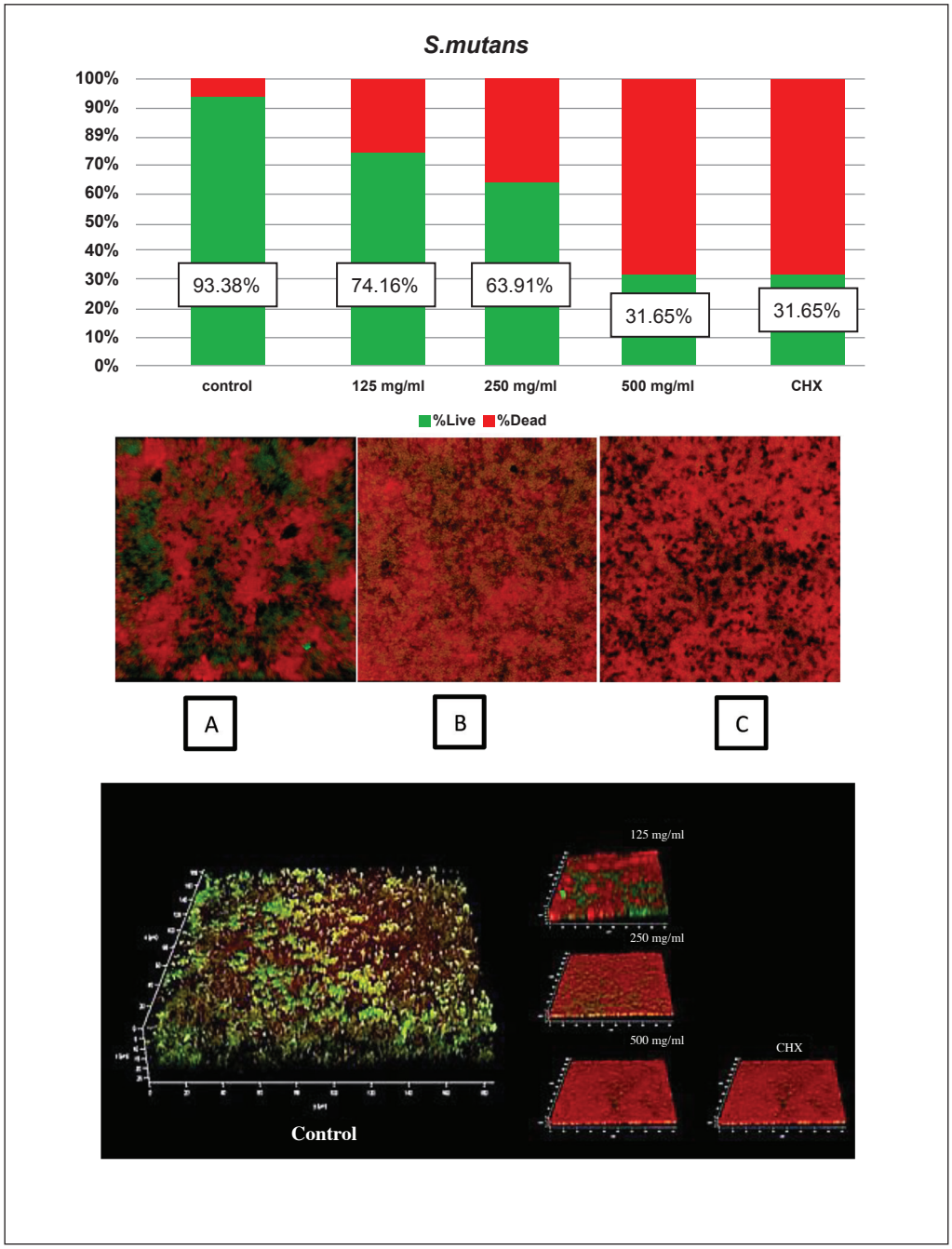


Fig 1. 24-hours *S. mutans* (ATCC 25175) biofilm formation. Live cells were stained and exhibited green fluorescence whereas dead cells exhibited red fluorescence under CLSM. Two and three dimensional pictures showed the penetration and inhibition effect of mulberry extract in all concentrations. The graph represents the percent reduction in variable cells in the *S. mutans* biofilm using different mulberry extract concentration.
(A) 125 mg/ml, (B) 250 mg/ml, (C) 500 mg/ml.

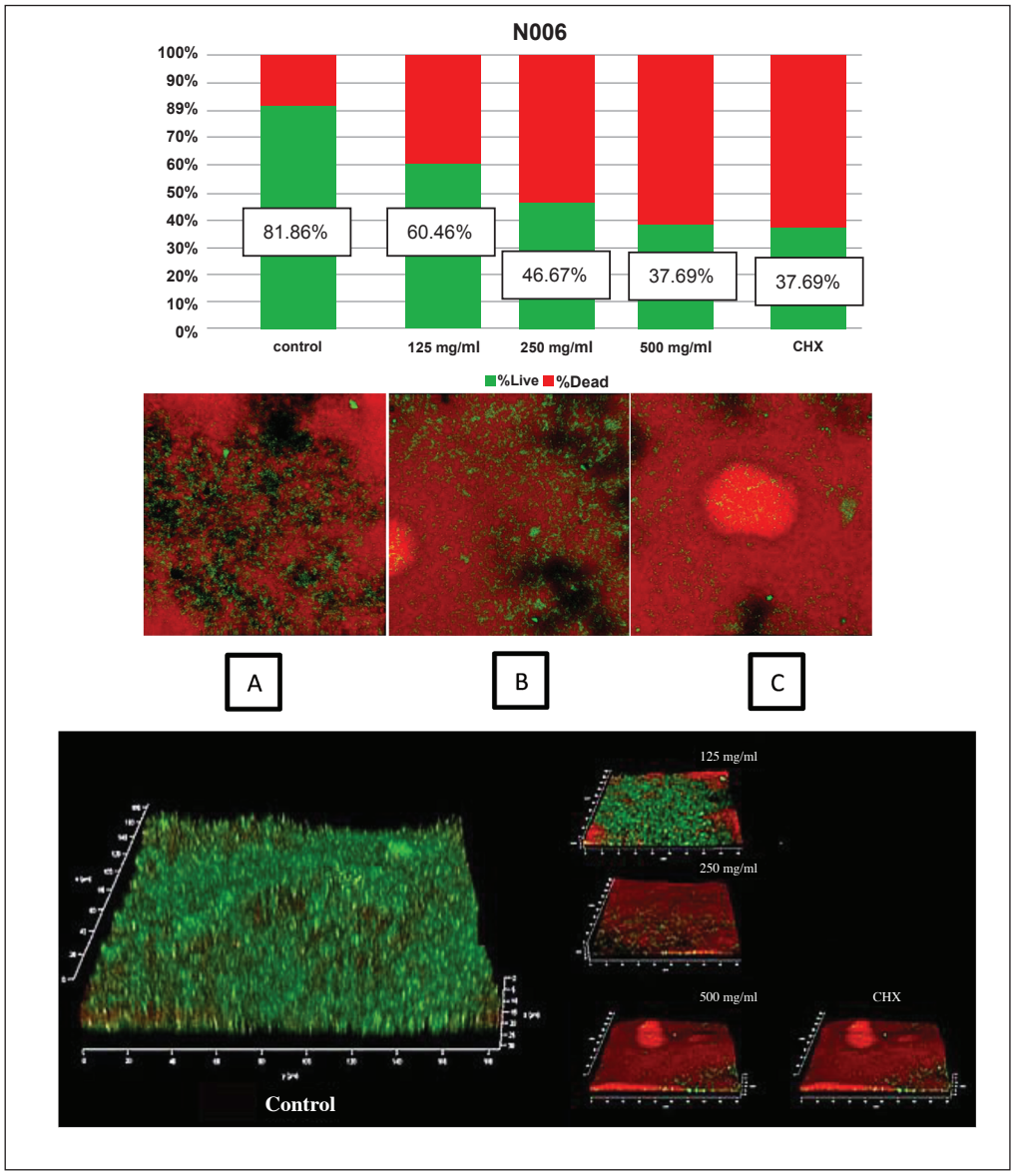


Fig 2. 24-hours *S. mutans* (N006) biofilm formation. Live cells were stained and exhibited green fluorescence whereas dead cells exhibited red fluorescence under CLSM. Two and three dimensional pictures showed the penetration and inhibition effect of mulberry extract in all concentrations. The graph represents the percent reduction in variable cells in the *S. mutans* biofilm using different mulberry extract concentration. (A) 125 mg/ml, (B) 250 mg/ml, (C) 500 mg/ml.

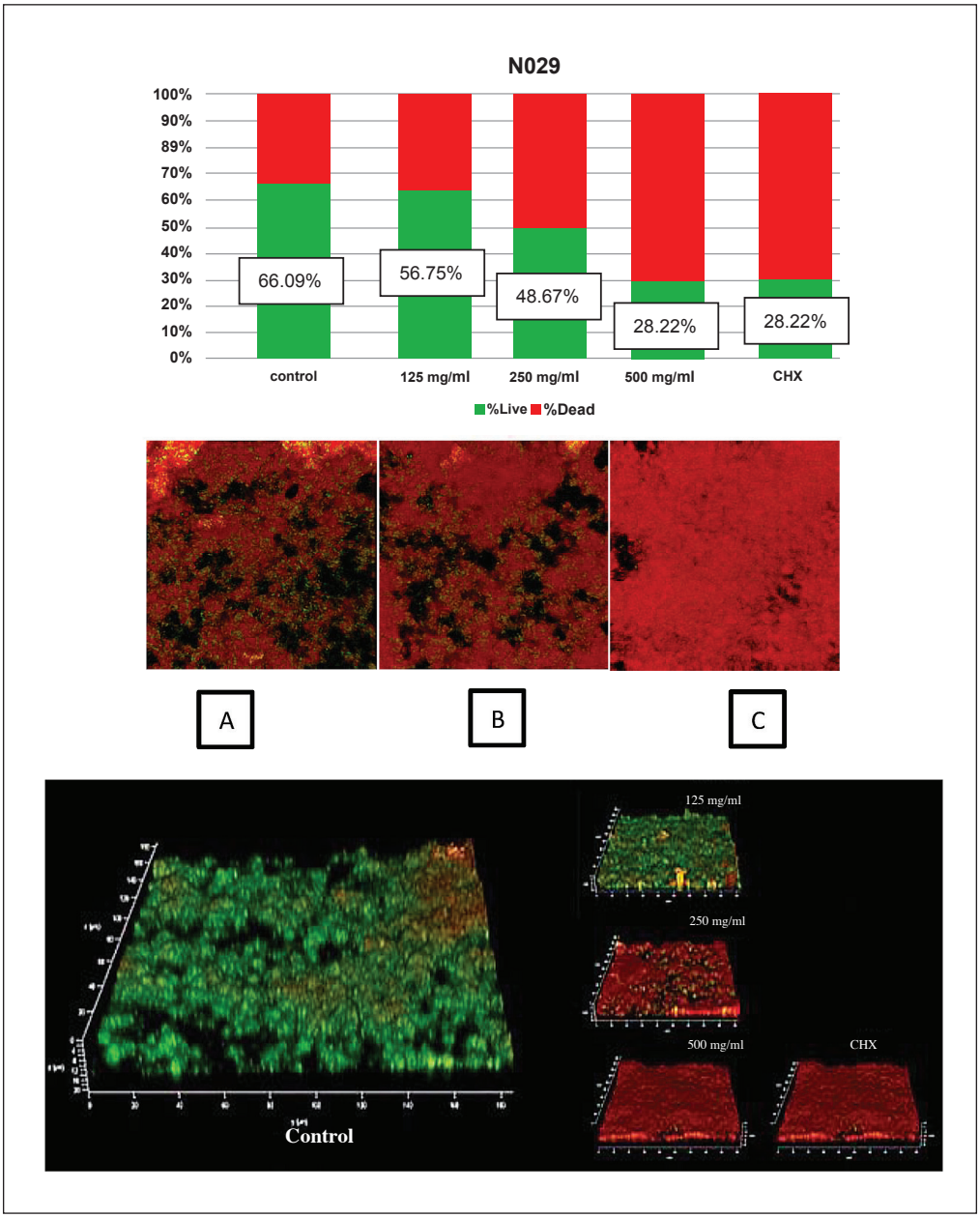


Fig 3. 24-hours *S. mutans* (N029) biofilm formation. Live cells were stained and exhibited green fluorescence whereas dead cells exhibited red fluorescence under CLSM. Two and three dimensional pictures showed the penetration and inhibition effect of mulberry extract in all concentrations. The graph represents the percent reduction in variable cells in the *S. mutans* biofilm using different mulberry extract concentration. (A) 125 mg/ml, (B) 250 mg/ml, (C) 500 mg/ml.

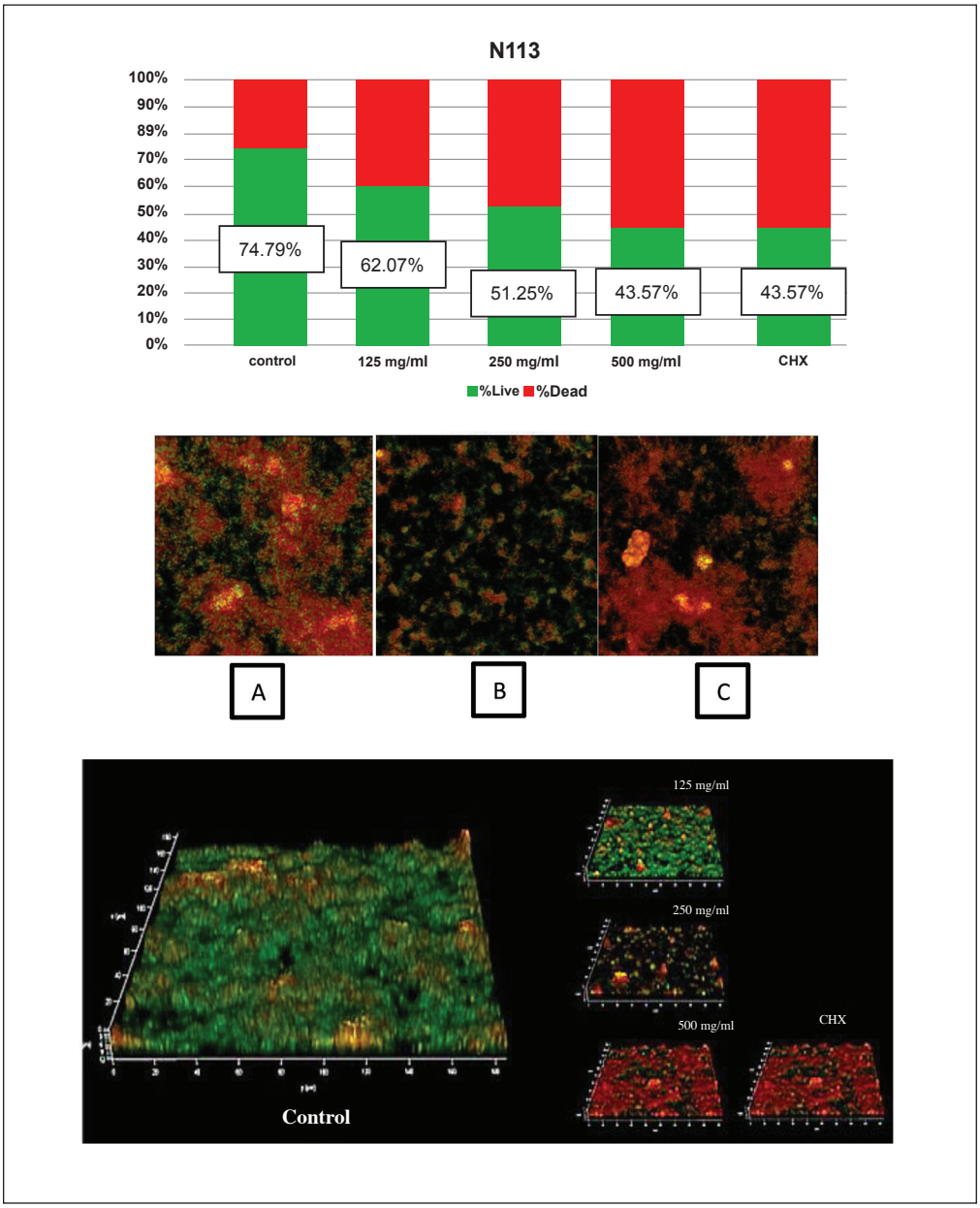


Fig 4. 24-hours *S. mutans* (N113) biofilm formation. Live cells were stained and exhibited green fluorescence whereas dead cells exhibited red fluorescence under CLSM. Two and three dimensional pictures showed the penetration and inhibition effect of mulberry extract in all concentrations. The graph represents the percent reduction in variable cells in the *S. mutans* biofilm using different mulberry extract concentration. (A) 125 mg/ml, (B) 250 mg/ml, (C) 500 mg/ml.

Discussion

To test the efficacy of antibacterial of plant-derived oil extraction on single bacterial specie establish an important pre-requisite before testing its effects on preparations containing multiple bacterial species. It has been well demonstrated that *S. mutans* is the major etiological bacteria in dental caries (6). Biofilm formed by single specie is advantageous to study the mechanisms of action of antibacterial therapeutic agents. The efficacy of ethanolic extract from mulberry against *S. mutans* allowing for the possibility of decrease costs to prevent dental caries in Thailand. Brushing is usually followed by 30 seconds of application of a unique antimicrobial mouthwash as part of a plaque removal routine. Chlorhexidine gluconate (CHX) has been ranked as a gold standard among antibacterial agents effective in reducing oral biofilm including the effects on *S. mutans,* have been elucidated largely by in vitro culture methods (25,26). However, few studies investigated the effect of 0.12% CHX mouthwash if use twice daily for 7 days, on the abundance of bacteria colonizing the tongue in healthy individuals (26). The results showed that CHX reduced species richness and variety while increasing the abundance of Gram-negative bacteria, especially those in the phylum Bacteroidetes (Capnocytophaga). They also found that CHX lowered the bacteria especially *Prevotellaceae,* while increased *Proteobacteria* (including *Neiseriaceae*) and *Streptococcus* after using CHX (26).

Plant-derived essential oil is ideal for use in oral health care products such as toothpastes, mouthwashes, spray and gels, because of their non-toxic and antiseptic properties (11-13). The arylbenzofurans isolated from Morus species, including Moracin C and Moracin M, showed promising antibacterial activity against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus, Klebsiella pneumoniae, and Pseudomonas aeruginosa* (17). Previous studies have shown that mulberry fruits may have anti-inflammatory, hypoglycemic, immunomodulatory, antioxidant, and analgesic properties (14-16,18). One of the studies testing Mulberry leaves which was extracted by 85% methanol using ultrasonic extraction method and using disk diffusion and agar plate dilution methods, results showed *S. mutans* (KCTC 3065) growth inhibition rate was over 87.54% after 6 hours compared with control (19). There were several Mulberry extract studies in Thailand. Our previous pilot study found that the minimum bactericidal concentration (MBC) of ethanolic extract from mulberry fruit *(Morus nigra)* against *S. mutans* and *S. sobrinus* was 125 mg/ml. Another study by Suriyaprom and colleagues using well diffusion method showed that the ethanolic extract from mulberry fruit at the concentration of 500 mg/ml had antibacterial properties against Gram-positive bacteria; *Staphylococcus.* aureus and Gram-negative bacteria; *Escherichia coli, Salmonella typhi, Shigella dysenteriae* and *Vibrio cholerae,* with diameters of the inhibition zones as high as 23.50, 15.50, 16.50, 25.67 and 16 mm, respectively when compared to the positive control which was gentamicin 1 mg/ml. In this study, our results were in line with previous studies aforementioned (27).

In addition, this study evaluated the sensitivity of *S. mutans* (ATCC 25175) and three *S. mutans* clinical isolations from Thai children to the mulberry extract at the concentration of 500 mg/ml showing bactericidal effects on 5 hours and 10 hours pre-formed biofilm. This finding supports the idea that biofilms form in three

distinct stages, with accumulation occurring between 0 and 5 hours, active accumulation at 4–20 hour, and a slower accumulation with plateau-phase (28). The 5 hours biofilm was in the first stage, whereas the 10 hours biofilm was in the second stage. The 10 hours biofilm was more complex and resistant to the antibacterial treatment because of a rapid increase in adherence. An excellent activity of the mulberry extract against different strains of *S. mutans* was demonstrated in this study even in 10 hours pre-formed biofilm, the antibacterial effect was obvious.

The mechanism of the inhibitory effect of the mulberry extract is not fully comprehend. However, the active ingredients that exert antibacterial effects might be flavonoids which can be found in mulberry leaves, fruits and roots (18). It has the ability to destroy bacterial cell walls (18). Another active ingredient is tannin which can be found in the mulberry leaves and fruits which can cause leakage of bacterial cell walls (29,30). In addition, phenolic acid which can be found in mulberry leaves, fruits and roots can denature bacterial proteins (31). Other active ingredient such as deoxynojirimycin (DNJ) (a potent glucosidase inhibitor) which can be found in mulberry leaves, fruits and roots can inhibit glucan formation (32-34). Another active ingredient is Kuwanon G which can be found in mulberry roots. It has properties to inhibit the growth of *S. mutans* by destroying cell walls and cytoplasm concentrations (34,35). In this study, 10 hour *S. mutans* pre formed biofilm was inhibited implying that the mulberry extract showed inhibition effect at the active accumulation and plateau phases which involve cascade active synthesis of glucan (33,36). Thus, mulberry extract might either inhibit glucan synthesis or reduce cells glucan binding.

Confocal laser scanning microscopy (CLSM) has been used to evaluate bacterial viability on biofilm (37,38). When apply fluorescence dyes on the biofilm, it can differentiate live and dead bacteria, allowing bacteria to be distinguished according to cytoplasmic membrane permeability (37). In addition, CLSM is able to penetrate in a horizontal plane (X-Y axes) and evaluate the depth of biofilm from the outer part to the inner part and can capture a series of image-scans showing changes in the viability of the bacterial cells over time, allowing for the real-time visualization of death of the microorganisms possible (37,38).

In this study, biofilm was stained with fluorescence dye. Live cells and dead cells demonstrated green (SYTO9) and red colours (propidium iodide), respectively. Our results showed that when evaluating 3 dimension images using CLSM, the mulberry extract at the concentration of 500 and 250 mg/ml was able to penetrate the biofilm to the deepest layer and in all directions of biofilm structure of *S. mutans* (ATCC 25175), clinical isolate N006 and N029. This result is consistent with a prior study that demonstrated the efficacy of a range of dental treatments, such as toothpaste dentifrice slurries and mouthwashes containing essential oils. According to their CLSM results, a mouthwash containing a blend of essential oils killed bacteria in biofilm within the first 30 seconds and penetrated biofilm in all directions (39). In this study, we demonstrated an excellent activity of mulberry extract against different strains *S. mutans* at various concentrations.

Interestingly, each strain showed different pattern of mature biofilm but the antibacterial and penetrating activities of mulberry extract were able to inhibit biofilm in all strains.

This study's limitation is the *in vitro* results from one species of biofilm. The actual oral environment with multi-species dental plaque with structural complexity and dynamic conditions formed in the mouth cavity may not be represented by this pre-established bacterial biofilm. We recommend to further test the different responses of dental plaque to this mulberry extract in the toxicity aspect in the future before starting the clinical trial study. However, the results from this study could be applied to clinical use. Development of the mulberry extract oral spray may lead to the alternative prevention method for dental caries.

In conclusion, the mulberry extract at the various concentrations effectively inhibited biofilm formation of *S. mutans* standard strain and three clinical isolates *in vitro*. These mulberry extract demonstrated satisfying results and need further clinical studies to verify its efficacy against dental caries.

References

1. da Costa Rosa T, de Almeida Neves A, Azcarate-Peril MA, Divaris K, Wu D, Cho H, et al. The bacterial microbiome and metabolome in caries progression and arrest. J Oral Microbiol .2021;13(1):1886748.doi: 10.1080/20002297.2021.1886748.

2 Fejerskov O. Changing paradigms in concept on dental caries: consequences for oral health care. Caries Res. 2004;38(3):182-91.

3. Featherstone JD. Dental caries: a dynamic disease process. Aust Dent J. 2008; 53(3):286-91.

4. Xu H , Hao W, Zhou Q, Wang W, Xia Z, Liu C,, et al. Plaque bacterial microbiome diversity in children younger than 30 months with or without caries prior to eruption of second primary molars. PLoS One. 2014;9(2):e89269. doi:10.1371/journal.pone.0089269.

5. Twetman S. Prevention of dental caries as a non-communicable disease. Eur J Oral Sci. 2018:126(Suppl 1):19-25. doi: 10.1111/eos.12528.

6. Tanzer JM, Livingston J, Thompson AM. The microbiology of primary dental caries in humans. J Dent Educ. 2001;65(10):1028-37.

7. Mitrakul K, Akarapipatkul B, Thammachat P.Quantitative Analysis of *Streptococcus Mutans, Streptococcus Sobrinus* and *Streptococcus Sanguinis* and their Association with Early Childhood Caries. J Clin Diagn Res. 2020;14(2):23-28. doi:10.7860/jcdr/2020/43086.13513.

8. Mitrakul K, Chanvitan S, Jeamset A, Vongsawan K. Quantitative analysis of *S. mutans,* Lactobacillus and Bifidobacterium found in initial and mature plaques in Thai children with early childhood caries. Eur Arch Paediatr Dent. 2017;18(4):251-261.

9. Iamthanaporn N, Srisatjaluk R, Mitrakul K Comparison of *streptococcus mutans* and streptococcus sobrinus levels and dental health before and for 1 year after comprehensive dental treatment under general anesthesia among children with severe dental caries. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 2022;53(3):303-21.

10. Mitrakul K, Srisatjaluk R, Lomarat P, Kosanwat T. Effect of *Ocimum basilicum* Oil extract on *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sobrinus* biofilm formation. South East Asian Jour of Pub Health and Tro Med. 2019;50(6):1129-42.

11. Mitrakul K, Srisatjaluk R, Srisukh V, Lomarat P, Vongsawan K, Kosanwat T. Cymbopogon citratus (lemongrass oil) Oral Sprays as inhibitors of Mutans Streptococci Biofilm Formation. Journal of Clinical and Diagnostic Research. 2018;12(12): 6-12.

12. Mitrakul K, Srisatjaluk R, Srisukh V, Vongsawan K. Citrus Hystrix (makrut oil) Sprays on *S. mutans* biofilm formation. Science Asia. 2016:42:12-21.

13. Zhang H, Ma Z, Luo X, Li X. Effects of Mulberry Fruit (Morus alba L.) Consumption on Health Outcomes: A Mini-Review. Antioxidants (Basel). 2018;7(5):69. doi: 10.3390/antiox7050069.

14. Mudra M, Ercan-Fang N, Zhong L, Furne J, Levitt M. Influence of Mulberry Leaf Extract on the Blood Glucose and Breath Hydrogen Response to Ingestion of 75 g Sucrose by Type 2 Diabetic and Control Subjects. Diabetes Care. 2007;30(5):1272-4.

15. Islam B, Khan SN, Haque I, Alam M, Mushfiq M, Khan AU. Novel anti-adherence activity of mulberry leaves: inhibition of *Streptococcus mutans* biofilm by 1-deoxynojirimycin isolated from Morus alba. J Antimicrob Chemother. 2008;62(4):751-7.

16. Chen H, Yu W, Chen G, Meng S, Xiang Z, He N. Antinociceptive and Antibacterial Properties of Anthocyanins and Flavonols from Fruits of Black and Non-Black Mulberries. Molecules. 2017;23(1): 4. doi: 10.3390/molecules23010004.

17. Huang P, Hu P, Zhou SY, Li Q, Chen WM. Morin Inhibits Sortase A and Subsequent Biofilm Formation in *Streptococcus mutans.* Curr Microbiol. 2014;68(1):47-52.

18. Kumar S, Pandey A. Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview. The Scientific World Journal. 2013:2013:162750. doi: 10.1155/2013/162750.

19. Yang J, Lee H. Evaluation of antioxidant and antibacterial activities of morin isolated from mulberry fruits (*Morus alba* L.). Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry. 2012;55(4):485-9.

20. Liu ZZ, Liu QH, Liu Z, Tang JW, Chua EG, Li F, et al. Ethanol extract of mulberry leaves partially restores the composition of intestinal microbiota and strengthens liver glycogen fragility in type 2 diabetic rats. BMC Complement Med Ther. 2021;14;21(1):172. doi: 10.1186/s12906-021-03342-x.

21. Kim D, Kang KH. Anti-Inflammatory and Anti-Bacterial Potential of Mulberry Leaf Extract on Oral Microorganisms. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(9):4984. doi: 10.3390/ijerph19094984.

22. Zhang X, Yang J, Liu F, Mo M, Farooq M, Li J, et al. Antiviral activity of Morus alba L. extract against pseudorabies virus. J Ethnopharmacol. 2025;10:336:118719. doi: 10.1016/j.jep.2024.118719.

23. Mangkalard P, Limwikrant W, Kanchanadumkerng P, Pongpirul WA, Lomarat P. Effect of nutraceutical from mulberry on anthropometric measures in overweight and obese adults: a randomized, double-blinded, and placebo controlled trial. Food Research. 2022;6(6):30-8.

24. Kuvatanasuchati J. Dentocult SM-Strip mutans kit. Chula Univ Dent J. 1999;(22):17–22. (in Thai).

25. James P, Worthington HV, Parnell C, Harding M, Lamont T, Cheung A, et al. Chlorhexidine mouthrinse as an adjunctive treatment for gingival health. Cochrane Database Syst Rev. *2017;;3(3): CD008676.* doi: 10.1002/14651858.CD008676.pub2.

26. Solderer A, Schmidlin PR. Literature review of aggregated evidence (umbrella review) on the allergy potential of chlorhexidine mouthrinse solutions. Quintessence Int. 2022;16;53(9):808-14.

27. Suriyaprom S, Kaewkod T, Promputtha I, Desvaux M, Tragoolpua Y. Evaluation of Antioxidant and Antibacterial Activities of White Mulberry *(Morus alba L.)* Fruit Extracts. Plants (Basel). 2021;10(12):2736. doi: 10.3390/plants10122736.

28. Konishi N, Torii Y, Kurosaki A, Takatsuka T, Itota T, Yoshiyama M. Confocal laser scanning microscopic analysis of early plaque formed on resin composite and human enamel. J Oral Rehabil. 2003;30(8):790-5.

29. Rodrigues EL, Marcelino G, Silva GT, Figueiredo PS, Garcez WS, Corsino J, et al. Nutraceutical and medicinal potential of the Morus species in metabolic dysfunctions. Int J Mol Sci. 2019;20(2):301. doi: 10.3390/ijms20020301.

30. Čulenová M, Sychrová A, Hassan STS, Berchová-Bímová K, Svobodová P, Helclová A, et al. Multiple In vitro biological effects of phenolic compounds from Morus alba root bark. J Ethnopharmacol. 2020:248:112296. doi: 10.1016/j.jep.2019.112296.

31. Wu D, Zhang X, Huang X, He X, Wang G, Ye W. Chemical constituents from root barks of Morus atropurpurea. Zhongguo Zhong Yao Za Zhi. 2010;35(15):1978-82.

32. Islam B, Khan SN, Haque I, Alam M, Mushfiq M, Khan AU. Novel anti-adherence activity of Mulberry leaves: inhibition of *Streptococcus mutans* biofilm by 1-eoxynojirimycin isolated from *Morus alba*. J Antimicrob Chemother. 2008;62(4): 751-7.

33. Kim YJ, Sohn MJ, Kim WG. Chalcomoracin and Moracin C, new inhibitors of *Staphylococcus aureus* Enoyl-Acyl carrier protein reductase from Morus alba. Biol Pharm Bull. 2012;35(5):791-5.

34. You BH, BasavanaGowda MK, Lee JU, Chin YW, Choi WJ, Choi YH. Pharmacokinetic properties of Moracin C in mice. Planta Med. 2021;87(8):642-651.

35. Wunder D, Bowen WH. Action of agents on glucosyltransferases from *Streptococcus mutans* in solution and adsorbed to experimental pellicle. Arch Oral Biol. 1999;44(3):203-14.

36. Marsh PD, Head DA, Devine DA. Ecological approaches to oral biofilms: control without killing. Caries Res. 2015:49(Suppl 1):46-54.

37. Tofiño-Rivera A, Ortega-Cuadros M, Galvis-Pareja D, Jiménez-Rios H, Merini LJ, Martínez-Pabón MC. Effect of Lippia alba and *Cymbopogon citratus* essential oils on biofilms of *Streptococcus mutans* and cytotoxicity in CHO cells. J Ethnopharmacol. 2016:194:749-54.

38. Galvão LC, Furletti VF, Bersan SM, da Cunha MG, Ruiz AL, de Carvalho JE, et al. Antimicrobial Activity of Essential Oils against *Streptococcus* mutans and their Antiproliferative Effects. Evid Based Complement Alternat Med. 2012:2012:751435. doi: 10.1155/2012/751435.

39. Serbiak B, Fourre T, Geonnotti AR, Gambogi RJ. In vitro efficacy of essential oil mouthrinse versus dentrifrices. Dent. 2018;69:49-54. doi: 10.1016/j.jdent.2017.08.016.

41. Handley PS, Sutton NA, Hughes N. Problems associated with electron microscopy of biofilms. In J.Wimpenny, W.Nichols, D.Stickler, and H.Lappin-Scott (Eds.), Bacterial Biofilms and Their Control in Medicine and Industry. UK: Bioline Cardiff; 1993. p. 61-6.

Corresponding author:
Assoc. Prof. Kemthong Mitrakul
Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Bangkok, 10400. Thailand .
Tel: (662) 200 78212
E-mail: mkemthong@yahoo.com

ผลของการปรับปรุงพื้นผิวหลักยึดรากเทียมไทเทเนียมต่อสีของชิ้นงานบูรณะเซอร์โคเนียโมโนลิธิคชนิดโปร่งแสงสูง

ภัทร ประสงค์ผลชัย[1] มะลิ พลานุเวช[1*]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาความแตกต่างของสีเซอร์โคเนียโมโนลิธิคชนิดโปร่งแสงสูงบนวัสดุทำหลักยึดรากเทียมชนิดไทเทเนียมที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยวิธีการต่าง ๆ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: แบ่งกลุ่มชิ้นเซอร์โคเนีย (สีเอสอง รูปจาน ความหนา 1.00 มม.) และวัสดุทำหลักยึดรากเทียม (ไทเทเนียม ไทเทเนียมอโนไดซ์ ไทเทเนียมผิวเรียบ ไทเทเนียมผิวเรียบร่วมกับอโนไดซ์) กลุ่มละ 7 ชิ้น ด้วยวิธีสุ่มอย่างง่าย วางชิ้นเซอร์โคเนียบนวัสดุทำหลักยึดรากเทียม วัดสีด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ บันทึกค่าด้วยระบบซีไออีดีอี2000 และคำนวณค่าความแตกต่างของสี วิเคราะห์สถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มแบบทูกี ($\alpha = 0.05$)

ผลการทดลอง: วิธีการปรับปรุงพื้นผิวมีผลต่อค่าความแตกต่างของสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าความแตกต่างของสีที่มากที่สุดคือไทเทเนียมผิวเรียบร่วมกับอโนไดซ์ และน้อยที่สุดคือไทเทเนียมผิวเรียบ อย่างไรก็ตาม ไทเทเนียมอโนไดซ์ไม่มีความแตกต่างกับไทเทเนียมผิวเรียบและไทเทเนียมผิวเรียบร่วมกับอโนไดซ์

สรุป: สีของไทเทเนียมอโนไดซ์ไม่มีความแตกต่างกับไทเทเนียมผิวเรียบและไทเทเนียมผิวเรียบร่วมกับอโนไดซ์ ดังนั้นการอโนไดซ์หรือการขัดผิวเรียบเพียงอย่างเดียวบนผิววัสดุทำหลักยึดรากเทียมชนิดไทเทเนียมจะส่งผลกระทบต่อสีของเซอร์โคเนียไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: เซอร์โคเนีย หลักยึดรากเทียม อโนไดซ์ ความแตกต่างของสี

วันที่รับ: 29 เมษายน 2568
วันที่แก้ไข: 9 มิถุนายน 2568
วันที่ตอบรับ: 27 มิถุนายน 2568

[1]ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร 10110
*(*ผู้ติดต่อบทความ)*

Effect of Titanium Implant Abutment Surface Treatment Type on the Color Change of High-Translucency Monolithic Zirconia

Pat Prasongpholchai[1] Mali Palanuwech[1*]

Abstract

Objective: The purpose of this in vitro study is to evaluate the color difference of high-translucent monolithic zirconia (HTMZ) on various surface-treated titanium implant abutments.

Material and Methods: Seven specimens of HTMZ (A2-shade, disc-shape with 1.00 mm in thickness) and surface-treated titanium implant abutment types (Ti, A, P, and PA) were allocated by simple random sampling method. HTMZ specimens were placed over the abutment specimens. Then the spectrophotometer was used for measurements of all specimens, data were recorded as CIEDE2000, and then compared with the control group (Ti) and calculated into color differences (ΔE_{00}). The statistical analysis was performed with ANOVA and Tukey's HSD test ($\alpha = 0.05$).

Results: Surface-treated Ti implant abutment types significantly affected the observed color differences. The lowest and the highest ΔE_{00} were P and PA, respectively. Nevertheless, ΔE_{00} between A and P groups, as well as between A and PA groups revealed no significant difference.

Conclusion: ΔE_{00} of anodized titanium revealed no significant difference to those of polished titanium and polishing followed by anodization. Therefore, either anodization only or polishing only on the titanium implant abutment surface did not affect the color difference of zirconia.

Keywords: Zirconia, Implant abutment, Anodization, Color difference

Received Date: Apr 29, 2025
Revised Date: Jun 9, 2025
Accepted Date: Jun 27, 2025

[1]*Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, Bangkok, 10110, Thailand.*
*(*Corresponding author)*

บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันการรักษาทดแทนฟันด้วยรากฟันเทียมเป็นหนึ่งในการรักษาที่ได้รับความนิยมและมีอัตราความสำเร็จในการรักษาสูง (1) โดยเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามามีบทบาทในงานทันตกรรมรากเทียมมากขึ้น มีส่วนช่วยลดเวลาการทำงาน มีความแม่นยำสูงและยังสร้างความพึงพอใจด้านความสวยงาม (2) หนึ่งในเทคโนโลยีดิจิทัลที่มีความสำคัญต่องานรากเทียมในปัจจุบันคือระบบแคดแคม (CAD/CAM system) ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (computer-aided design; CAD) และการสร้างชิ้นงานกายภาพด้วยคอมพิวเตอร์ (computer-aided manufacturing; CAM) โดยการสร้างชิ้นงานกายภาพด้วยคอมพิวเตอร์สามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 สายงาน คือ การเพิ่มเนื้อวัสดุ (additive) และการลดเนื้อวัสดุ (subtractive) ทั้งนี้การลดเนื้อวัสดุนั้นเป็นสายงานที่นิยมในปัจจุบันซึ่งใช้วิธีการกลึง (milling method) ในการสร้างชิ้นงานโดยเฉพาะหลักยึดไทเทเนียมในงานทันตกรรมรากเทียม (3) งานจากระบบแคดแคมในทางทันตกรรมนั้นมีอัตราความสำเร็จเทียบเท่ากับกระบวนการแบบดั้งเดิม (conventional technique) (4) รวมถึงมีความแม่นยำที่มากกว่า นอกจากนี้ในงานทันตกรรมรากเทียมยังสามารถใช้ระบบแคดแคมในการออกแบบอิเมอร์เจนท์โปรไฟล์ (emergence profile) ของหลักยึดในการบูรณะขั้นสุดท้าย (final restoration) ช่วยปรับมุมองศาระหว่างหลักยึดกับรากเทียม และยังลดขั้นตอนของการขึ้นรูปชี้ผึ้งกับการเหวี่ยงโลหะซึ่งเป็นวิธีในกระบวนการแบบดั้งเดิม (3)

หลักยึดรากเทียม (implant abutment) จัดเป็นองค์ประกอบสำคัญของงานทันตกรรมรากเทียม ปัจจุบันมีการใช้วัสดุทำหลักยึดที่หลากหลาย เช่น เซอร์โคเนียและโลหะไทเทเนียม โดยโลหะไทเทเนียมเป็นหนึ่งในวัสดุทำหลักยึดที่ได้รับความนิยมสูง เนื่องจากมีความแข็งแรงทนทาน (5) และเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อทางชีวภาพ (6) โลหะไทเทเนียมในงานทันตกรรมนั้นมีหลากหลายชนิดสามารถแบ่งได้ตามองค์ประกอบทางเคมี ทั้งนี้โลหะผสมไทเทเนียมเกรด 5 (Ti-6Al-4V) จัดว่าเป็นโลหะไทเทเนียมที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในงานทันตกรรมรากเทียมเนื่องจากมีคุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะไทเทเนียมบริสุทธิ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ (commercially pure titanium) (7,8) ความก้าวหน้าของงานทันตกรรมรากเทียมในปัจจุบันมีการใช้เรซินซีเมนต์ในการยึดชิ้นงานบูรณะมากขึ้น พบว่าการยึดติดของเรซินซีเมนต์กับหลักยึดรากเทียมไทเทเนียมนั้นอาจยังมีการยึดติดที่ไม่ดีเพียงพอ (9,10) จึงมีแนวคิดเรื่องการปรับปรุงพื้นผิวหลักยึดไทเทเนียมในงานทันตกรรมรากเทียมเพื่อให้เกิดการยึดติดกับซีเมนต์ดีขึ้น เช่นการพ่นทราย (sandblasting) การใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) และการใช้เลเซอร์ (laser etching) (11) นอกจากนี้อีกหนึ่งปัญหาหลักที่พบได้คือสีเทาของหลักยึดไทเทเนียมเกิดการสะท้อนผ่านขอบเหงือก โดยเฉพาะในบริเวณที่มีไบโอไทป์บาง (thin biotype) รวมถึงสะท้อนผ่านวัสดุบูรณะเซรามิกออกมา (12,13) ซึ่งส่งผลต่อความสวยงามและความสำเร็จในงานทันตกรรมรากเทียม

ดังที่กล่าวมาข้างต้น มีหลายการศึกษาที่ได้ทำการทดลองด้วยปัจจัยแตกต่างกันเพื่อลดการสะท้อนสีเทาของไทเทเนียมลง เช่นการศึกษาชนิดและความหนาของวัสดุบูรณะเซรามิก สีของซีเมนต์ทันตกรรม รวมถึงการปรับปรุงสีพื้นผิวหลักยึดไทเทเนียมด้วยวิธีการต่าง ๆ (5,14-18) โดยการปรับปรุงสีพื้นผิวหลักยึดไทเทเนียมนั้นมีหลากหลายวิธี เช่น การเคลือบไทเทเนียมไนไตรด์ (titanium nitride coating) (16) การอโนไดซ์ (anodization) (14,15,17) การออกซิเดชันด้วยความร้อน (thermal oxidation) (18) ซึ่งแต่ละวิธีการจะให้คุณลักษณะทางคลินิกที่แตกต่างกันออกไป

การอโนไดซ์เป็นหนึ่งในวิธีการปรับปรุงพื้นผิวที่สร้างชั้นออกไซด์บนพื้นผิวของโลหะ ซึ่งชั้นออกไซด์มีความหนาตั้งแต่ 30 ถึง 150 นาโนเมตร (19) และในกระบวนการอโนไดซ์สามารถปรับเปลี่ยนการแสดงออกของสีพื้นผิวโลหะได้ ขึ้นอยู่กับความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ (20) โดยพื้นผิวของอโนไดซ์มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนได้ดี (21) รวมถึงยังคงความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อทางชีวภาพไว้ (20) นอกจากนี้การอโนไดซ์ยังให้ความสวยงามบริเวณเหงือกรอบรากเทียมได้ดีกว่าไทเทเนียมที่ไม่ได้ผ่านการอโนไดซ์ (22) จากการศึกษาของ

Khorshidi S และคณะ ในปี ค.ศ. 2024 ได้เปรียบเทียบสีของลิเทียมไดซิลิเกตบนหลักยึดระหว่างกลุ่มไทเทเนียมที่ไม่ได้ผ่านการอโนไดซ์กับกลุ่มไทเทเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์สีเหลืองทอง และใช้หลักยึดไฮบริดเซอร์โคเนียเป็นกลุ่มควบคุม พบว่าการอโนไดซ์นั้นให้ผลดี โดยกลุ่มไทเทเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์มีความแตกต่างของสีน้อยกว่ากลุ่มไทเทเนียมที่ไม่ได้ผ่านการอโนไดซ์ (23) รวมถึงการศึกษาของ Weeranoppanant P และคณะ ในปี ค.ศ. 2023 พบว่าไทเทเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์สีเหลืองให้ค่าสีที่ดีกว่าไทเทเนียมที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิว (14)

การขัดเรียบผิวไทเทเนียมเป็นอีกหนึ่งวิธีการปรับปรุงพื้นผิวหลักยึดรากเทียมไทเทเนียมที่น่าสนใจ หลายการศึกษาพบว่าไทเทเนียมที่มีผิวเรียบกว่าจะมีค่าความแตกต่างของสีที่น้อยกว่าไทเทเนียมที่มีผิวหยาบกว่า เช่นการศึกษาของ Sirawuttipong C และคณะ ในปี ค.ศ. 2024 พบว่าเซอร์โคเนียที่หนา 1 มิลลิเมตรร่วมกับซีเมนต์สีใสบนหลักยึดไทเทเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์เพียงอย่างเดียว มีค่าความแตกต่างของสีน้อยกว่าหลักยึดไทเทเนียมที่ผ่านการพ่นทรายและอโนไดซ์ที่ 50 โวลต์ (17) รวมถึงการศึกษาของ Liu X และคณะ ในปี ค.ศ. 2020 พบว่าลิเทียมไดซิลิเกตร่วมกับซีเมนต์สีใสบนหลักยึดกลุ่มไทเทเนียมที่ไม่ได้พ่นทรายมีค่าความแตกต่างของสีน้อยกว่ากลุ่มไทเทเนียมที่พ่นทราย (24) และการศึกษาของ Seyidaliyeva A และคณะ ในปี ค.ศ. 2022 ได้ทดลองใช้ไทเทเนียมผิวเรียบที่ผ่านการอโนไดซ์ ไทเทเนียมที่ผ่านการพ่นทรายและอโนไดซ์ ไทเทเนียมผิวเรียบที่ผ่านการใช้กรดกัดผิวและอโนไดซ์เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมคือไทเทเนียมที่ผ่านการพ่นทราย พบว่ากลุ่มไทเทเนียมผิวเรียบที่ผ่านการอโนไดซ์นั้นให้ค่าความสว่างมากที่สุด รวมถึงมีสีฮิว (hue) ออกแดงและเหลืองมากกว่ากลุ่มไทเทเนียมที่ผ่านการพ่นทรายและอโนไดซ์ (25) อย่างไรก็ตามการที่มีความหยาบผิวน้อยลงนั้นจะส่งผลต่อการยึดติดระหว่างหลักยึดไทเทเนียมกับเซรามิกด้วยเรซินซีเมนต์น้อยลงตามมาด้วย (26-28) จากการศึกษาของ Amornwichitwech L และคณะ ในปี ค.ศ. 2022 พบว่ากลุ่มไทเทเนียมที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิวมีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือน (shear bond strength) ต่ำกว่ากลุ่มไทเทเนียมที่ผ่านการพ่นทราย แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มไทเทเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์ อย่างไรก็ตามทุกกลุ่มมีความแข็งแรงพันธะเฉือนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทั้งหมด โดยอ้างอิงจากการมีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนสูงกว่าฟันธรรมชาติ (27) อีกทั้งในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาที่ทดลองเรื่องความแตกต่างของสีเซรามิกบนหลักยึดระหว่างไทเทเนียมที่ขัดผิวเรียบกับไทเทเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์ จึงเป็นที่มาของกลุ่มทดลองในการศึกษาครั้งนี้

เซอร์โคเนียจัดเป็นหนึ่งในวัสดุเซรามิกในการบูรณะทางทันตกรรม มีคุณสมบัติเด่นในการต้านทานการแตกหักสูงกว่าเซรามิกชนิดอื่น โดยสามารถต้านทานต่อการสึกและต้านทานต่อความล้าได้ดี (29) ปัจจุบันพบว่าเซอร์โคเนียมีอัตราความสำเร็จทางคลินิกที่สูงถึง 98 เปอร์เซ็นต์ภายหลังการบูรณะ 5 ปี (30) นอกจากนี้เทคโนโลยีดิจิทัลระบบแคดแคมในปัจจุบันได้ถูกนำมาใช้ในการสร้างชิ้นงานต่าง ๆ ในวัสดุกลุ่มเซอร์โคเนีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเซอร์โคเนียแบบโมโนลิธิค ซึ่งเซอร์โคเนียแบบโมโนลิธิคในปัจจุบันมีการเพิ่มปริมาณอิตเทรียมออกไซด์ (yttrium oxide) มากขึ้น ส่งผลให้มีความใสยิ่งขึ้น จึงนิยมขึ้นรูปชิ้นงานบูรณะแบบทั้งชิ้น (full contour) เนื่องจากให้ความสวยงามที่เพียงพอ (31) โดยอาจไม่จำเป็นต้องทำเป็นโครงเซอร์โคเนีย (zirconia substructure) เพื่อรองรับการวีเนียร์ (veneer technique) ด้วยเซรามิกชนิดอื่นที่ให้ความสวยงาม ซึ่งวิธีการวีเนียร์ทับโครงเซอร์โคเนียนั้นเสี่ยงต่อการบิ่นหรือแตกหักภายหลังจากใช้งานได้ (32) อีกทั้งความก้าวหน้าในเทคโนโลยีแคดแคม ทำให้การบูรณะด้วยเซอร์โคเนียโมโนลิธิคกลายเป็นวัสดุบูรณะที่ได้รับการยอมรับอย่างดีในกรณีของการใส่ฟันเทียมชนิดติดแน่นที่มีความต้องการทั้งความแข็งแรงและความสวยงามสูง (33)

วิธีการวัดความแตกต่างของสีนั้นถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ในอดีตระบบการวัดสีแบบซีไออีแอลเอบี (CIELab) ถูกใช้อย่างแพร่หลายในงานทันตกรรม (34) แต่ปัจจุบันพบว่าระบบวัดสีซีไออีดีอี2000 (CIEDE2000) มีความแม่นยำที่สูงกว่าระบบสีซีไออีแอลเอบี (34-36) เนื่องจากระบบซีไออีดีอี2000 สามารถสะท้อนการรับรู้

การเปลี่ยนแปลงของสีในมนุษย์ได้ดีกว่า (34-37) นอกจากนี้การวัดสีด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มีความแม่นยำมากกว่าการวัดสีด้วยตา (38) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้ระบบการวัดสีซีไออีดีอี2000 ร่วมกับเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแตกต่างของสีวัสดุเซอร์โคเนียที่มีพื้นหลังเป็นหลักยึดไทเทเนียมที่มีการปรับปรุงพื้นผิวด้วยวิธีการอโนไดซ์สีเหลืองกับการขัดผิวเรียบ โดยมีสมมติฐานว่างคือ วิธีการปรับปรุงพื้นผิวหลักยึดไทเทเนียมให้ค่าความแตกต่างของสีบนเซอร์โคเนียไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (Material and Methods)

1. การคำนวณขนาดกลุ่มทดลอง (Sample size calculation)

คำนวณหาขนาดกลุ่มทดลองด้วยโปรแกรมคำนวณกลุ่มตัวอย่าง (G*Power 3.1.9.7, Christian-Albrechts-University, Kiel, Germany) โดยอ้างอิงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการศึกษาก่อนหน้า (39) พบว่าคำนวณได้ขนาดกลุ่มทดลองอย่างน้อยกลุ่มละ 3 ชิ้นต่อกลุ่ม ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงใช้ขนาดกลุ่มทดลองกลุ่มละ 7 ชิ้น

2. การเตรียมชิ้นทดสอบเซรามิก (Fabrication of ceramic specimens)

สร้างชิ้นทดสอบเซรามิกเซอร์โคเนียโมโนลิธิคชนิดโปร่งแสงสูง (Cercon, High translucent, Dentsply Sirona, North Carolina, USA) รูปทรงกระบอกสีเอสองเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวน 7 ชิ้น ความหนา 1 มิลลิเมตร

ออกแบบรูปทรงของชิ้นทดสอบในระบบคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรมออกแบบ 3 มิติ (Tinkercad, Autodesk, California, USA) ดำเนินการกลึงขึ้นรูปด้วยเครื่องกลึง (VHF S2 Impression, Camfacture AG, Ammerbuch, Germany) จากนั้นทำการเกลซ (glaze) 1 ด้าน ของชิ้นทดสอบเซรามิกเซอร์โคเนียและอบในเตาเผาสุญญากาศ (Multimat NTX, DeguDent GmbH, Hanau, Germany) ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ตรวจสอบความหนาของชิ้นทดสอบภายหลังการขัดด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบดิจิทัล (TMT321506 Digital Measuring Caliper IP54, Total, Kaohsiung City, China) จากนั้นทำความสะอาดชิ้นงานด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิก (Sonorex digitec DT 31 H, Bandelin, Berlin, Germany) ในน้ำปราศจากอิออน (deionized water) เป็นเวลา 5 นาที แล้วเป่าให้แห้งด้วยลมปราศจากน้ำมันภายใต้อุณหภูมิห้อง

3. การเตรียมชิ้นทดสอบวัสดุหลักยึดรากเทียม (Fabrication of implant abutment material)

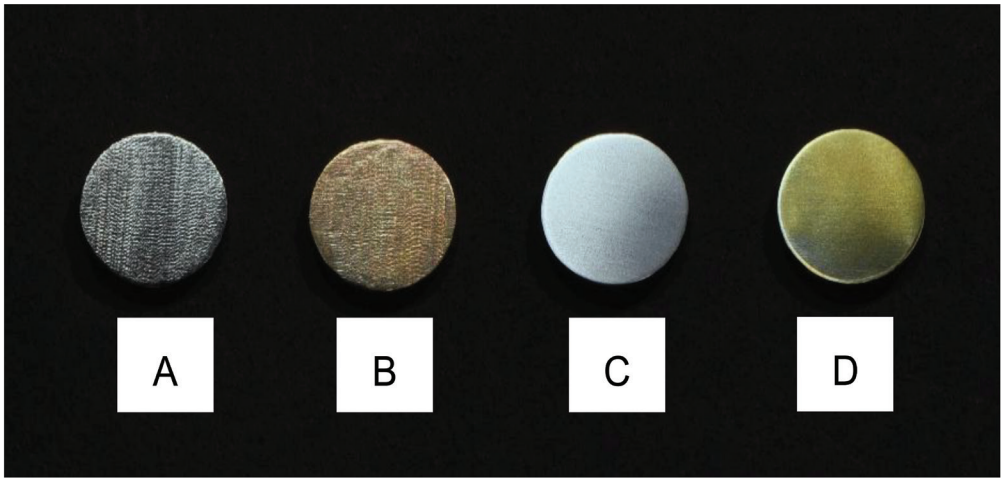
สร้างชิ้นทดสอบวัสดุหลักยึดรากเทียมประกอบด้วย ชิ้นทดสอบไทเทเทียม (กลุ่มควบคุม), ไทเทียมที่ผ่านการอโนไดซ์ (A), ไทเทเนียมผิวเรียบ (P), ไทเทียมผิวเรียบที่ผ่านการอโนไดซ์ (PA) รูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร

ออกแบบรูปทรงของชิ้นทดสอบไทเทเนียมในระบบคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรมออกแบบ 3 มิติ ดำเนินการกลึงด้วยเครื่องกลึงโลหะหนัก (M4 Wet Heavy Metal Milling Unit, Zirkonzahn, South Tyrol, Italy) จำนวนทั้งหมด 28 ชิ้น จากนั้นแบ่งชิ้นทดสอบไทเทเนียมจำนวน 7 ชิ้น ซึ่งจะกำหนดให้เป็นกลุ่มควบคุม ทำความสะอาดชิ้นงานด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิกในน้ำปราศจากอิออนเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเป่าให้แห้งด้วยลมปราศจากน้ำมัน ภายใต้อุณหภูมิห้อง

นำชิ้นทดสอบไทเทเนียม จำนวน 14 ชิ้น มาขัดพื้นผิวเรียบด้วยกระดาษทรายน้ำที่ความละเอียด 600, 800, 1000 และ 1200 ตามลำดับ จากนั้นขัดบนผ้าสักหลาดร่วมกับการใช้น้ำยาขัดผสมผงกากเพชรขนาดอนุภาค 3 และ 1 ไมโครเมตร ด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 วินาที ภายใต้การหล่อเย็นบนเครื่องขัดเรียบ (NANO-1000S, Pace technologies, Arizona, USA) จากนั้นทำความสะอาดชิ้นงานด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิกในน้ำปราศจากอิออนเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเป่าให้แห้งด้วยลมปราศจากน้ำมันภายใต้อุณหภูมิห้อง

นำชิ้นทดสอบไทเทเนียม จำนวน 7 ชิ้น และชิ้นทดสอบไทเทเนียมที่ผ่านการขัดผิวเรียบ จำนวน 7 ชิ้น มาผ่านการอโนไดซ์ภายใต้อุณหภูมิห้องโดยใช้สารละลาย

โซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 15 เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ทำการยึดชิ้นทดสอบเข้ากับขั้วบวกและยึดแผ่นโลหะสเตนเลสขนาด 3x6 ตารางเซนติเมตร เข้ากับขั้วลบ จากนั้นให้กระแสไฟฟ้าผ่านเครื่องอโนไดซ์ (KPS1203D Switching DC Power Supply, Shenzhen Wanptek Electronic, Guangdong, China) โดยตั้งค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าไว้ที่ระดับ 50 โวลต์ แล้วทำการจุ่มในสารละลายให้ครบวงจรไฟฟ้าเป็นเวลา 60 วินาที จากนั้นทำความสะอาดชิ้นทดสอบด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิกในน้ำปราศจากอิออนเป็นเวลา 10 นาที แล้วเป่าให้แห้งด้วยลมปราศจากน้ำมันภายใต้อุณหภูมิห้อง เก็บรักษาไว้ในภาชนะป้องกันความชื้นเพื่อรอการทดสอบ



รูปที่ 1 ชิ้นทดสอบวัสดุหลักยึดรากเทียม (A) ไทเทเนียม (B) ไทเทเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์ (C) ไทเทเนียมผิวเรียบ และ (D) ไทเทเนียมผิวเรียบที่ผ่านการอโนไดซ์

Fig 1. Implant abutment material specimens (A) Titanium, (B) Anodized titanium, (C) Polished titanium, and (D) Polishing followed by anodization titanium.

รูปที่ 2 ชิ้นทดสอบเซอร์โคเนีย

Fig 2. Zirconia specimen

4. การทดสอบวัดสี (Spectrometric analysis)

ทำการสอบเทียบ (calibration) เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Ultrascan Pro, Hunterlab, Virginia, USA) ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตก่อนเริ่มวัดสี หลังจากนั้นทำการวัดสีโดยนำชิ้นทดสอบวัสดุหลักยึดรากเทียมลงแบบกำหนดตำแหน่ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ลึก 6 มิลลิเมตร หยดสารละลายกลีเซอรีนสีใสจำนวน 3 หยด ลงบนชิ้นทดสอบวัสดุหลักยึดรากเทียมแล้วปิดทับด้วยชิ้นทดสอบเซอร์โคเนีย โดยนำด้านที่ไม่ได้เกลซของชิ้นทดสอบเซอร์โคเนียเข้าหาชิ้นทดสอบวัสดุหลักยึดรากเทียม จากนั้นนำไปวางบนแท่นวางสำหรับวัดสีของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ โดยนำด้านเกลซของชิ้นทดสอบเซอร์โคเนียเข้าหาช่องวัดสีของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์และกำหนดให้จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบตรงกับจุดกึ่งกลางของช่องวัดสีของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ จากนั้นคลุมทับด้วยกล่องดำเพื่อป้องกันแสงรบกวน แล้วทำการบันทึกค่าโดยวัดสีที่จุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ 1 จุดและวัดสีซ้ำ 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย หลังจากนั้นทดสอบกลุ่มถัดไปด้วยวิธีการเดียวกัน โดยเปลี่ยนชิ้นทดสอบเซอร์โคเนียและชิ้นทดสอบวัสดุทำหลักยึดรากเทียมตามการปรับปรุงพื้นผิวด้วยวิธีสุ่มอย่างง่าย ซึ่งการวัดสีทำโดยผู้ทดสอบหนึ่งท่าน จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของสีด้วยระบบซีไออีดีอี2000 โดยมีสมการค่าความแตกต่างของสี (ΔE_{00}) ดังนี้

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)^2 + R_T\left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right)\left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)}$$

ΔE_{00} คือค่าความแตกต่างของสี ระบบซีไออีดีอี2000
$\Delta L'$ คือค่าความแตกต่างของความส่องสว่าง (luminosity)
$\Delta C'$ คือค่าความแตกต่างของโครมา (chroma)
$\Delta H'$ คือค่าความแตกต่างของฮิว
K_L คือค่าปัจจัยพารามิเตอร์ของความส่องสว่าง
K_C คือค่าปัจจัยพารามิเตอร์ของโครมา
K_H คือค่าปัจจัยพารามิเตอร์ของฮิว
S_L คือค่าน้ำหนักของความส่องสว่าง
S_C คือค่าน้ำหนักของโครมา
S_H คือค่าน้ำหนักของฮิว

กำหนดค่าความแตกต่างของสีในระดับที่ยอมรับได้โดยประสาทสัมผัส (perceptibility threshold; PT) ที่ระดับ 0.8 และค่าความแตกต่างของสีในระดับที่ยอมรับได้ทางคลินิก (acceptability threshold; AT) ที่ระดับ 1.8 ของระบบซีไออีดีอี2000 อ้างอิงจากการศึกษาของ Paravina RD และคณะ ในปี ค.ศ. 2015 (37)

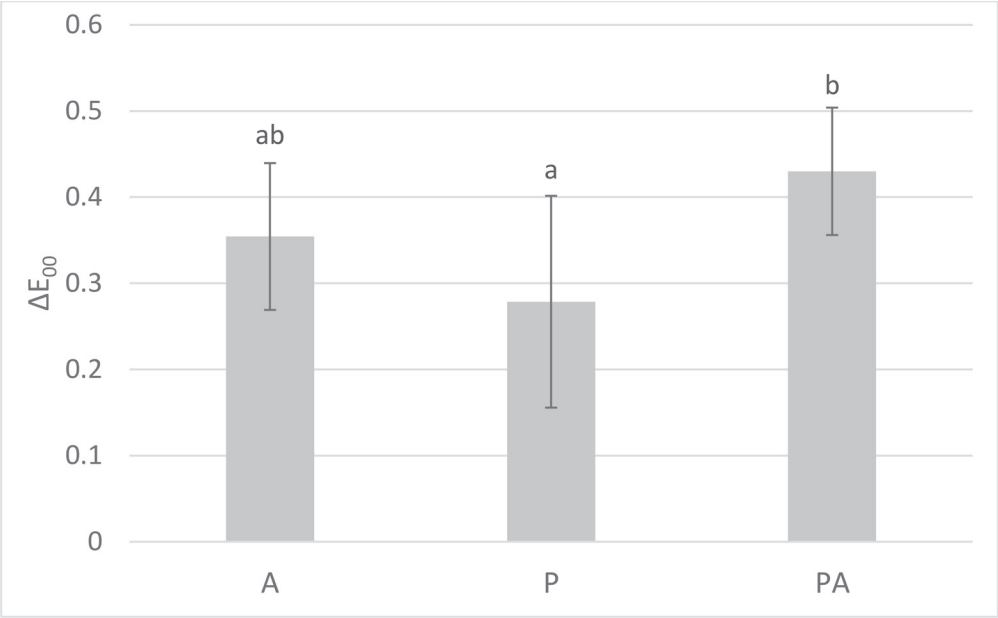
5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Statistical analyses)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะพิจารณาการแจกแจงปกติด้วยการทดสอบของชาฟิโร-วิลด์ (Shapiro-Wilk test) จากนั้นทดสอบความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อทดสอบอิทธิพลของวิธีการปรับปรุงพื้นผิวหลักยึดรากเทียมและทดสอบ

ความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีทดสอบของทูกี (Tukey's multiple comparison) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ซึ่งจะคำนวณค่าทางสถิติด้วยโปรแกรมคำนวณสถิติ (SPSS 23.0 V, IBM, New York, USA)

ผลการทดลอง (Results)

จากการทดลอง 21 ชิ้นทดสอบ มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าความแตกต่างของสีของเซอร์โคเนียบนพื้นผิววัสดุทำหลักยึดไทเทเนียมประเภทต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3 เมื่อคำนวณสถิติความแปรปรวนแบบทางเดียวพบว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่มของวิธีการปรับปรุงพื้นผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



รูปที่ 3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความแตกต่างของสี (ΔE_{00}) ในแต่ละวิธีการปรับปรุงพื้นผิววัสดุทำหลักยึดไทเทเนียม; ไทเทเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์ (A), ไทเทเนียมผิวเรียบ (P), ไทเทเนียมผิวเรียบที่ผ่านการอโนไดซ์ (PA) (ตรรชนีบนที่เป็นตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$)

Fig 3. The mean and standard deviation of color difference values (ΔE_{00}) in each experimental group of titanium abutment surface treatment; Anodized titanium (A), Polished titanium (P), Polishing followed by anodization titanium (PA) (superscript lowercase letters indicate statistically significant differences of mean color difference value, $p < 0.05$)

โดยวิธีการปรับปรุงพื้นผิววัสดุทำหลักยึดรากเทียมไทเทเนียมที่มีค่าความแตกต่างของสีมากที่สุดคือกลุ่มไทเทเนียมผิวเรียบที่ผ่านการอโนไดซ์ (PA) แต่กลุ่มไทเทเนียมผิวเรียบ (P) มีค่าความแตกต่างของสีน้อยที่สุดและใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมมากที่สุด

เมื่อพิจารณาความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีทดสอบของทูกีพบว่าไม่มีความแตกต่างกันของค่าความแตกต่างของสี อันได้แก่ระหว่างกลุ่มไทเทเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์ (A) กับกลุ่มไทเทเนียมผิวเรียบ (P) และระหว่างกลุ่มไทเทเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์ (A) กับกลุ่มไทเทเนียมผิวเรียบที่ผ่านการอโนไดซ์ (PA) และพบว่ากลุ่มไทเทเนียมผิวเรียบที่ผ่านการอโนไดซ์ (PA) มีค่าความแตกต่างของสีมากกว่ากลุ่มไทเทเนียมผิวเรียบ (P) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของสี (ΔE_{00}) และช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละวิธีการปรับปรุงพื้นผิววัสดุทำหลักยึดไทเทเนียม

Table 1. Mean and 95% confidence intervals of color difference values (ΔE_{00}) in each experimental group of titanium abutment surface treatment.

	การปรับปรุงพื้นผิววัสดุทำหลักยึดไทเทเนียม		
	A	**P**	**PA**
ΔE_{00}	0.35^{ab} (0.28-0.43)	0.28^{b} (0.16-0.39)	0.43^{a} (0.36-0.50)

หมายเหตุ: ดรรชนีบนที่เป็นตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Note: Superscript lowercase letters indicate statistically significant differences of mean color difference value ($p < 0.05$).

บทวิจารณ์ (Discussion)

การศึกษาในครั้งนี้พบว่าวิธีการปรับปรุงพื้นผิวหลักยึดไทเทเนียมให้ค่าความแตกต่างของสีบนเซอร์โคเนียแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงปฏิเสธสมมติฐานว่าง

เมื่ออ้างอิงจากค่าความแตกต่างของสีในระดับที่ยอมรับได้โดยประสาทสัมผัส (37) ที่ระดับ 0.8 พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีค่าความแตกต่างของสีน้อยกว่า 0.8 ได้แก่กลุ่มไทเทเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์ กลุ่มไทเทเนียมผิวเรียบและกลุ่มไทเทเนียมผิวเรียบที่ผ่านการอโนไดซ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอยู่ในระดับที่ตามนุษย์ไม่สามารถแยกความแตกต่างของสีได้

จากการศึกษาก่อนหน้าได้ทำการปรับปรุงพื้นผิวหลักยึดไทเทเนียมหลายวิธีเพื่อพัฒนาให้สีของหลักยึดดีมากขึ้น แต่ยังไม่มีการศึกษาที่ได้ทำการขัดเรียบพื้นผิวเรียบมันด้วยความละเอียดสูง ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงผลของการขัดผิวเรียบมันจนได้ผิวมีลักษณะมันวาว (glossy polishing) โดยผลของการศึกษาครั้งนี้พบว่าสีของกลุ่มไทเทเนียมผิวเรียบไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มไทเทเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์ ซึ่งได้อ้างอิงวิธีการขัดผิวเรียบจากการศึกษาของ Seyidaliyeva A และคณะ ในปี ค.ศ. 2022 โดยการขัดพื้นผิวไทเทเนียมด้วยความละเอียดสุดนั้นได้ทำการขัดด้วยผ้าสักหลาดบนเครื่องขัดเรียบร่วมกับน้ำยาขัดผสมผงกากเพชรขนาดอนุภาค 3 ไมโครเมตร แล้วตามด้วย 1 ไมโครเมตร ซึ่งจากการศึกษานี้ได้พบว่าไทเทเนียมผิวเรียบที่ผ่านการอโนไดซ์มีค่าความสว่างมากที่สุดและเมื่อเปรียบเทียบกับไทเทเนียมกลุ่มพ่นทรายที่ผ่าน

การอโนไดซ์ก็พบว่ามีสีฮิวออกแดงและเหลืองที่มากกว่า รวมถึงมีความเข้ม (chroma) ที่มากกว่า อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ไม่ได้ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มไทเทเนียมที่ขัดผิวเรียบกับไทเทเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์เพียงอย่างเดียว (25)

การศึกษาครั้งนี้ยังเป็นการยืนยันผลของการปรับปรุงพื้นผิวหลักยึดไทเทเนียมว่าการอโนไดซ์นั้นให้ผลที่ไม่แตกต่างจากกลุ่มไทเทเนียมที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิว โดยอ้างอิงจากค่าความแตกต่างของสีที่ยอมรับได้โดยประสาทสัมผัสที่ระดับ 0.8 (37) ซึ่งไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับหลายการศึกษา เช่นการศึกษาของ Sirawuttipong C และคณะ ในปี ค.ศ. 2024 พบว่าเซอร์โคเนียโมโนลิธิคชนิดโปร่งแสงสูงที่หนา 1 มิลลิเมตร ร่วมกับซีเมนต์สีใสบนหลักยึดไทเทเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์เพียงอย่างเดียวมีค่าความแตกต่างของสีน้อยกว่าหลักยึดไทเทเนียมที่ผ่านการพ่นทรายและอโนไดซ์ที่ 50 โวลต์ (17) และการศึกษาของ Weeranoppanant P และคณะ ในปี ค.ศ. 2023 พบว่าลิเทียมไดซิลิเกตชนิดความโปร่งแสงปานกลางบนหลักยึดกลุ่มไทเทเนียมที่อโนไดซ์สีเหลืองมีค่าความแตกต่างของสีน้อยกว่ากลุ่มไทเทเนียมที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิว (14) นอกจากนี้การศึกษาของ Çeken A และคณะ ในปี ค.ศ. 2023 พบว่าเมื่อใช้เซอร์โคเนียโมโนลิธิคชนิดโปร่งแสงต่ำร่วมกับซีเมนต์สีใสบนหลักยึดกลุ่มไทเทเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์สีเหลืองมีค่าความแตกต่างของสีน้อยกว่ากลุ่มไทเทเนียมที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิว (40) รวมถึงให้ผลที่แตกต่างจากการศึกษาของ Phayoongrat T และคณะ ในปี ค.ศ. 2023 ซึ่งพบว่าลิเทียมไดซิลิเกตชนิดโปร่งแสงปานกลางบนหลักยึดกลุ่มไทเทเนียมที่อโนไดซ์มีค่าความแตกต่างของสีแตกต่างกับกลุ่มไทเทเนียมที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิว (15)

ด้วยเทคโนโลยีระบบการวัดสีซีไออีดีอี2000 ที่ใช้ในปัจจุบันและระบบการออกแบบและสร้างชิ้นงานทางทันตกรรมที่ทันสมัยได้ยืนยันว่าการทำอโนไดซ์อย่างเดียวนั้นเพียงพอและนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิกได้จริง สามารถช่วยลดขั้นตอนการขัดผิวเรียบของหลักยึดภายหลังจากการกลึง ดังนั้นการศึกษาครั้งต่อไปหากจะศึกษาเรื่องผลของการขัดเรียบพื้นผิวไทเทเนียม ก็ควรวัดค่าความหยาบผิว (roughness average; Ra, surface area; Sa) เพิ่มเติมร่วมด้วย และใช้วัสดุทดสอบพื้นหลังที่มีความใกล้เคียงกับสีฟันธรรมชาติมากขึ้น เช่น คอมโพสิตเรซิน (composite resin) เซรามิกแบบแท่ง (ingot ceramic) หรือฟันธรรมชาติ แล้วทำการเปรียบเทียบสีเซรามิกบนหลักยึดรากเทียมที่ปรับปรุงพื้นผิวแบบต่าง ๆ รวมถึงการใช้ซีเมนต์ในงานทันตกรรมในการปิดสีของหลักยึด เพื่อพัฒนาให้เกิดความสวยงามสูงสุดในงานทันตกรรมความสวยงามต่อไป

การศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับความโปร่งแสงของเซรามิก ความหนาของเซรามิก รูปร่างของชิ้นทดสอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแตกต่างของสี จึงเหมาะแก่การพิจารณาเพื่อศึกษาในอนาคตต่อไป

บทสรุป (Conclusion)

สีของการอโนไดซ์ไม่มีความแตกต่างกับการขัดผิวเรียบและการขัดผิวเรียบร่วมกับอโนไดซ์ ดังนั้นการอโนไดซ์หรือการขัดผิวเรียบเพียงอย่างเดียวบนผิวหลักยึดรากเทียมชนิดไทเทเนียมจะส่งผลกระทบต่อสีของเซอร์โคเนียไม่แตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการประจำคณะทันตแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือวิจัย รวมถึงให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้อย่างราบรื่น

การขัดแย้งแห่งส่วนประโยชน์ส่วนบุคคลและผลประโยชน์ส่วนรวม (Conflicts of interest)

การศึกษาครั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยมิได้มีผลประโยชน์ทับซ้อนหรือได้รับการสนับสนุนจากทางภาคเอกชนแต่อย่างใด

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Howe MS, Keys W, Richards D. Long-term (10-year) dental implant survival: a systematic review and sensitivity meta-analysis. J Dent. 2019; 84:9-21.

2. Orsini G, Tosco V, Monterubbianesi R, Orilisi G, Putignano A. A new era in restorative dentistry. The first out-standing 50 years of "università politecnica delle marche" research achievements in life sciences. Switzerland: Springer International Publishing; 2020. p.319–34.

3. Fuster-Torres MA, Albalat-Estela S, Alcañiz-Raya M, Peñarrocha-Diago M. CAD/ CAM dental systems in implant dentistry: update. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2009;14(3):E141-5.

4. Kapos T, Evans C. CAD/CAM technology for implant abutments, crowns, and superstructures. Int J Oral Maxillofac Implants. 2014;29(Suppl): 117-36.

5. Linkevicius T, Vaitelis J. The effect of zirconia or titanium as abutment material on soft peri-implant tissues: a systematic review and meta-analysis. Clin Oral Implants Res. 2015;26 (Suppl 11):139-47.

6. Laleman I, Lambert F. Implant connection and abutment selection as a predisposing and/ or precipitating factor for peri-implant diseases: A review [published correction appears in Clin Implant Dent Relat Res. 2023 Oct;25(5):984.]. Clin Implant Dent Relat Res. 2023;25(4):723-33.

7. Niinomi M. Mechanical biocompatibilities of titanium alloys for biomedical applications. J Mech Behav Biomed Mater. 2008;1(1):30-42.

8. Jorge JR, Barão VA, Delben JA, Faverani LP, Queiroz TP, Assunção WG. Titanium in dentistry: historical development, state of the art and future perspectives. J Indian Prosthodont Soc. 2013; 13(2):71-7.

9. Wadhwani C, Chung KH. Bond strength and interactions of machined titanium-based alloy with dental cements. J Prosthet Dent. 2015; 114(5):660-5.

10. Cresti S, Itri A, Rebaudi A, Diaspro A, Salerno M. Microstructure of titanium-cement-lithium disilicate interface in CAD-CAM dental implant crowns: a three-dimensional profilometric analysis. Clin Implant Dent Relat Res. 2015;17 (Suppl 1):e97-106.

11. Pakamma S, Kuntiyaratana T, Yavirach A, Rungsyakull P, Chaijareenont P. Improvement properties of titanium and titanium alloy surface with anodization: literature review. SWU Dent J. 2024;17(1):151-67.

12. Wadhwani CPK, Schoenbaum T, King KE, Chung KH. Techniques to optimize color esthetics, bonding, and peri-implant tissue health with titanium implant abutments. Compend Contin Educ Dent. 2018;39(2):110-9.

13. Sala L, Bascones-Martínez A, Carrillo-de-Albornoz A. Impact of abutment material on peri-implant soft tissue color. An in vitro study. Clin Oral Investig. 2017;21(7):2221-33.

14. Weeranoppanant P, Palanuwech M. Effects of ceramic thickness and titanium anodization on esthetic outcomes of lithium disilicate ceramic over titanium alloys. Eur J Prosthodont Restor Dent. 2023;31(1):40-9.

15. Phayoongrat T, Palanuwech M. Effect of thickness of lithium disilicate, cement color and implant abutment materials to final restoration color. SWU Dent J. 2023;16(1):148-63.

16. Lim HP, Lee KM, Koh YI, Park SW. Allergic contact stomatitis caused by a titanium nitride-coated implant abutment: a clinical report. J Prosthet Dent. 2012;108(4):209-13.

17. Sirawuttipong C, Palanuwech M. Effect of zirconia thickness, cement color, and titanium implant abutment surface treatment type on the esthetic outcomes of high-translucency monolithic zirconia. Int J Oral Maxillofac Implants. 2024;39(5): 765-75.

18. Liu J, Alfantazi A, Asselin E. A new method to improve the corrosion resistance of titanium for hydrometallurgical applications. Applied Surface Science. 2015;332:480-7.

19. Jaeggi C, Kern P, Michler J, Zehnder T, Siegenthaler H, Anodic thin films on titanium used as masks for surface micropatterning of biomedical devices. Surface and Coatings Technology. 2005;200(5-6):1913-9.

20. Wadhwani CP, O'Brien R, Kattadiyil MT, Chung KH. Laboratory technique for coloring titanium abutments to improve esthetics. J Prosthet Dent. 2016;115(4):409-11.

21. Minhas B, Dino S, Zuo Y, Qian H, Zhao X. Improvement of corrosion resistance of TiO2 layers in strong acidic solutions by anodizing and thermal oxidation treatment. Materials. 2021; 14(5):1188.

22. Wang T, Wang L, Lu Q, Fan Z. Influence of anodized titanium abutments on the esthetics of the peri-implant soft tissue: a clinical study. J Prosthet Dent. 2021;125(3):445-52.

23. Khorshidi S, Zarbakhsh A, Lawaf S, Golalipour S, Sayyari M, Nahavandi AM. In vitro effect of anodization of titanium abutments on color parameters and color difference of lithium disilicate all-ceramic crowns. Clin Exp Dent Res. 2024;10(5):e70002.

24. Liu X, Fehmer V, Sailer I, Mojon P, Liu F, Pjetursson BE. Influence of different cements on the color outcomes of titanium-based lithium disilicate all-ceramic crowns and peri-implant soft tissue. Int J Prosthodont. 2020;33(1):63-73.

25. Seyidaliyeva A, Rues S, Evagorou Z, et al. Predictability and outcome of titanium color after different surface modifications and anodic oxidation. Dent Mater J. 2022;41(6):930-6.

26. Guilherme N, Wadhwani C, Zheng C, Chung KH. Effect of surface treatments on titanium alloy bonding to lithium disilicate glass-ceramics. J Prosthet Dent. 2016;116(5):797-802.

27. Amornwichitwech L, Palanuwech M. shear bond strength of lithium disilicate bonded with various surface-treated titanium. Int J Dent. 2022;2022:4406703.

28. Palanuwech, M. Implant-supported prosthesis and its retention. 1st ed. CU E-Book; 2025.

29. Chopra D, Guo T, Gulati K, Ivanovski S. Load, unload and repeat: understanding the mechanical characteristics of zirconia in dentistry. Dent Mater. 2024;40(1):e1-17.

30. Solá-Ruiz MF, Baixauli-López M, Roig-Vanaclocha A, Amengual-Lorenzo J, Agustín-Panadero R. Prospective study of monolithic zirconia crowns: clinical behavior and survival rate at a 5-year follow-up. J Prosthodont Res. 2021;65(3):284-90.

31. Lohbauer U, Belli R. Chemistry and microstructure. Dental ceramics. Springer; 2022. p.33-7.

32. Diniz AC, Nascimento RM, Souza JC, Henriques BB, Carreiro AF. Fracture and shear bond strength analyses of different dental veneering ceramics to zirconia. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. 2014;38:79-84.

33. Kontonasaki E, Giasimakopoulos P, Rigos AE. Strength and aging resistance of monolithic zirconia: an update to current knowledge. Jpn Dent Sci Rev. 2020;56(1):1-23.

34. Pecho OE, Ghinea R, Alessandretti R, Pérez MM, Della Bona A. Visual and instrumental shade matching using CIELAB and CIEDE2000 color difference formulas. Dent Mater. 2016;32(1): 82-92.

35. Gómez-Polo C, Portillo Muñoz M, Lorenzo Luengo MC, Vicente P, Galindo P, Martín Casado AM. Comparison of the CIELab and CIEDE2000 color difference formulas. J Prosthet Dent. 2016;115(1):65-70.

36. Salas M, Lucena C, Herrera LJ, Yebra A, Della Bona A, Pérez MM. Translucency thresholds for dental materials. Dent Mater. 2018; 34(8):1168-74.

37. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, et al. Color difference thresholds in dentistry. J Esthet Restor Dent. 2015;27(Suppl 1):S1-9.

38. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. J Dent Res. 2002;81(8):578-82.

39. Plengsombut K, Palanuwech M. Effect of Cement and Abutment Colors on Esthetic Outcomes of Highly Translucent Multilayered Monolithic Zirconia crowns. SWU Dent J. 2024; 17(1):23-36.

40. Çeken A, Kılınç H, Turgut S. Effect of abutment types and resin cements on the esthetics of implant-supported restorations. J Adv Prosthodont. 2023;15(3):114-25.

ติดต่อบทความ :
ผศ.ดร.ทพญ.มะลิ พลานุเวช
ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
114 ถนนสุขุมวิท 23 กรุงเทพมหานคร 10110
โทรศัพท์ : 02 649 5000 ต่อ 15112
อีเมล : mali@g.swu.ac.th

Corresponding author:
Asst. Prof. Mali Palanuwech
Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, 114 Sukhumvit 23 Road, Bangkok, 10110, Thailand.
Tel: (662) 649 5000 ext. 15112
E-mail: mali@g.swu.ac.th

Age-Related Changes in The Penetration of Calcium Silicate-Based Sealer into Dentinal Tubules: A Confocal Laser Scanning Microscopy Evaluation

Marisa Lertlerkiat[1] Peerapohn Chotvorrarak[1*]

Abstract

Objective: The purpose of this study was to compare dentinal penetration of calcium silicate-based sealers according to different ages of a tooth.

Materials and Methods: A total of 32 extracted human single-rooted teeth were decoronated to standardize with a root length of 12 mm. A root canal was prepared using Protaper Next rotary nickel-titanium system and obturation was done by single cone technique. The teeth were randomly divided into four groups (n = 8); based on the Tooth age and types of sealer, used as follows: (1) Tooth age <25 years/AH plus (2) Tooth age <25 years/iRoot SP (3) Tooth age >40 years/AH plus and (4) Tooth age >40 years/iRoot SP. The sealers were labelled with fluorescent dye. Transverse sections at 2, 5 and 8 mm from the apex were analyzed through CLSM. The mean of the maximum sealer penetration depth and circumferential sealer penetration depth were evaluated by the ImageJ software. The data was analyzed with Two-way ANOVA and Tukey's HSD test with a 95% confidence level.

Results: The Tooth age <25 years/iRoot SP had a mean of the maximum sealer penetration depth which was significantly higher than the age of the tooth >40 years/iRoot SP at middle and apical third while Tooth age <25 years/AH plus was significantly higher than Tooth age >40 years/AH plus at all root levels ($p < 0.05$). Tooth age <25 years with iRoot SP or AH plus also had circumferential sealer penetration depth significantly higher than the Tooth age >40 years with iRoot SP or AH plus at all root levels ($p < 0.05$). Additionally, Tooth age <25 years/iRoot SP showed significantly higher circumferential sealer penetration depth than the Tooth age <25 years/AH plus at apical level ($p < 0.05$).

Conclusion: Tooth age and types of sealer affected the mean of the maximum sealer penetration depth and circumferential sealer penetration depth, especially in apical part of root.

Keywords: Calcium silicate-based sealer, Tooth age, Dentinal tubule penetration, Confocal laser scanning microscopy

Received Date: May 30, 2025
Revised Date: Jul 14, 2025
Accepted Date: Jul 15, 2025

[1]*Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, Bangkok, 10110, Thailand. (*Corresponding author)*

Introduction

The success of root canal therapy relies on the effective elimination of microorganisms within the root canal, as well as the three-dimensional filling of the canal using gutta-percha combined with a sealer (1). The root canal sealer plays a critical role in effectively filling the irregular spaces and voids present within the root canal system. It has the capacity to penetrate dentinal tubules, which enhances the bond between the sealer and the dentin. This penetration improves the sealing ability, promotes micromechanical locking, and increases the retention of the root canal filling (2). Besides, the sealer can form a physical barrier and entomb any residual bacteria within the dentinal tubules, thereby reducing the risk of microbial leakage and preventing reinfection of the root canal (3).

AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) is a well-established root canal sealer that is considered the gold standard for using as a control endodontic sealer because of its efficient physicochemical and sealing ability (4). Recently developed calcium silicate-based sealers have been introduced with their sufficient sealing ability, good biocompatibility and bioactivity (5). iRoot SP (Innovative Bioceramix, Vancouver, BC, Canada) which is also one of the silicate-based sealers demonstrated excellent physicochemical properties (6) and demonstrates lower cytotoxic and genotoxic effects compared to traditional epoxy resin-based sealers (7). In addition, it has favorable flowability and small particle size which enable the sealer to penetrate deeper into dentinal tubules compared to AH Plus (8).

However, the depth and consistency of sealer penetration were influenced by the physical and chemical properties of the sealer such as flowability, particle size, solubility and viscosity (3,9) as well as the size and number of dentinal tubules (10). According to Carrigan et al (11), the number of dentinal tubules diminishes with advancing age and towards the apical region. Besides, the diameter of the dentinal tubules narrows with advancing age because of the formation of peritubular dentine or calcification (12). This formation of dentine occurred due to physiological changes (10,12,13) hence there might be a correlation between the tooth age and the sealer penetration of the root dentine (14).

The aim of this study was to compare dentinal penetration of iRoot SP and AH plus according to different ages of a tooth at cervical, middle and apical thirds of the root.

Materials and Methods

Tooth selection

Under ethical approval (SWUEC-661012), Single-rooted premolars extracted from <25 and >40-year-old patients were selected (n = 32). The extracted teeth were stored in a 0.12% thymol solution and were utilized within 3 months. All specimens were free of root caries, no cracks or fractures, closed apices and a curvature of less than 5 degrees (15).

Digital periapical radiographs were obtained in 2 orientations (buccolingual and mesiodistal) to confirm the existence of a single root canal. Only teeth with an IAF ranging from size #20 to #25 were included to standardize the initial canal dimensions prior to preparation. Selecting

root canals with a buccolingual to mesiodistal width ratio ranging from 1.5 to 2.0 at 5 mm from the root apex ensures consistency in the canal morphology of the selected specimens (16).

Tooth Preparation

All teeth were decoronated to achieve a standardized root length of 12 mm using a slow-speed diamond saw (Isomet 1000; Buhler, Lake Bluff, NY). The root canals were then prepared for their working lengths to be shorter than the root apex by 1 mm, using the ProTaper Next rotary nickel-titanium system (Dentsply Sirona, York, PA) up to size 40/.06. During the preparation of the root canals, a 2.5% sodium hypochlorite solution (M Dent, Bangkok, Thailand) was used for irrigation. The final irrigation involved 3 mL of 17% EDTA (Endo Clean; M Dent, Bangkok, Thailand), followed by 5 mL of 2.5% sodium hypochlorite. The prepared canal was subsequently dried using three size 40/.06 paper points (Dentsply Sirona, York, PA).

Treatment Procedures

The specimens were randomly assigned to 4 groups (n = 8) according to Tooth age and types of sealer as follows: (1) Tooth age <25 years/AH plus (2) Tooth age <25 years/iRoot SP (3) Tooth age >40 years/AH plus and (4) Tooth age >40 years/iRoot SP. Each of the sealers was labelled with 0.1% rhodamine B (Loba Chemie, Mumbai, India). The canal was filled using the single cone technique with ProTaper Next 40/.06 gutta-percha cones (Dentsply Sirona, York, PA). The specimens were kept at 37°C and 100% humidity for 7 days to ensure that the sealer is completely set.

Evaluation by Confocal Laser Scanning Microscopy Evaluation (CLSM)

The specimen was cross-sectioned in 1 mm at 2, 5 and 8 mm from the root apex using a slow-speed diamond saw. Each section was then polished for 10 seconds on wet abrasive papers with grits of 800, 1200, 1500, 2000, respectively. The samples were examined with CLSM (FV10i-DOC; Olympus, Tokyo, Japan) at 10x magnification. The mean of the maximum sealer penetration depth (μm) and circumferential sealer penetration depth (%) were measured and evaluated using the ImageJ software (National Institutes of Health, Bethesda, MD). After 7 days, 20% of the measurements were reanalyzed using the intraclass correlation coefficient (ICC) to assess intra-examiner reliability. Good agreement was achieved, with the correlation coefficient scoring 0.89.

Analysis of Sealer Penetrability

To evaluate the mean of the maximum sealer penetration depth (μm), the maximum penetration lengths of the sealers were measured at 8 points at 45° angles. The total value of the maximum penetration lengths was then divided by eight for each sample.

$$\text{The mean of the maximum sealer penetration depth } (\mu m) = \frac{(\text{Length (Buccal+Mesiobuccal+Mesial+Mesiolingual+Lingual+Distolingual+Distal+Distobuccal)})}{8}$$

The percentage of circumferential sealer penetration depth was determined by dividing the canal perimeter with sealer penetration by the total canal perimeter, and then multiplying the result by 100 (17).

$$\text{Percentage of circumferential sealer penetration depth } (\%) = \frac{(\text{The canal perimeter with sealer penetration})}{(\text{The total canal perimeter})} \times 100$$

Statistical Analysis.

Statistical analyses were conducted using SPSS (Statistics 20; SPSS Inc., Chicago, IL). The Kolmogorov-Smirnov test was utilized to evaluate normal distribution, while the Levene test was applied to assess homogeneity of variance.

A two-way analysis of variance was performed to analyze the mean maximum sealer penetration depth and circumferential sealer penetration depth. To identify significant differences between groups, a Tukey's HSD test was carried out.

Results

The study shows a mean of the maximum sealer penetration depth and the percentage of circumferential sealer penetration depth (Table 1). Fig 1 demonstrate representative samples of confocal images of the different groups and different levels of root.

Table 1 the mean of the maximum sealer penetration depth and the percentage of circumferential sealer penetration depth.

Group		The mean of the maximum sealer penetration depth (μm, mean ± SD)			The circumferential sealer penetration depth (%, mean ± SD)		
		C	M	A	C	M	A
< 25 years	AH plus	1072.39 ± 260.32^{A,a}	677.94 ± 168.73^{A,b}	208.72 ± 49.04^{A,c}	98.28 ± 2.83^{A,a}	86.98 ± 7.80^{A,a}	40.73 ± 17.02^{A,b}
	iRoot SP	1493.10 ± 279.41^{B,a}	1153.48 ± 236.61^{B,b}	527.17 ± 122.95^{B,c}	98.75 ± 2.74^{A,a}	88.08 ± 9.13^{A,a}	66.89 ± 17.87^{B,b}
> 40 years	AH plus	782.05 ± 154.82^{C,a}	437.33 ± 107.43^{C,b}	62.27 ± 14.82^{C,c}	89.61 ± 13.12^{B,a}	70.80 ± 16.36^{B,b}	21.81 ± 8.45^{C,c}
	iRoot SP	1351.30 ± 299.49^{B,a}	741.10 ± 109.40^{D,b}	87.70 ± 20.92^{C,c}	89.53 ± 9.95^{B,a}	74.08 ± 15.70^{B,b}	26.17 ± 9.30^{C,c}

A, apical level; C, coronal level; M, middle level

Different uppercase letters (A–D) within each root level (coronal, middle, apical) indicates statistically significant differences between the experimental groups ($p < 0.05$).

Different lowercase letters (a–c) within each experimental group indicates statistically significant differences among root levels (coronal vs. middle vs. apical) ($p < 0.05$).

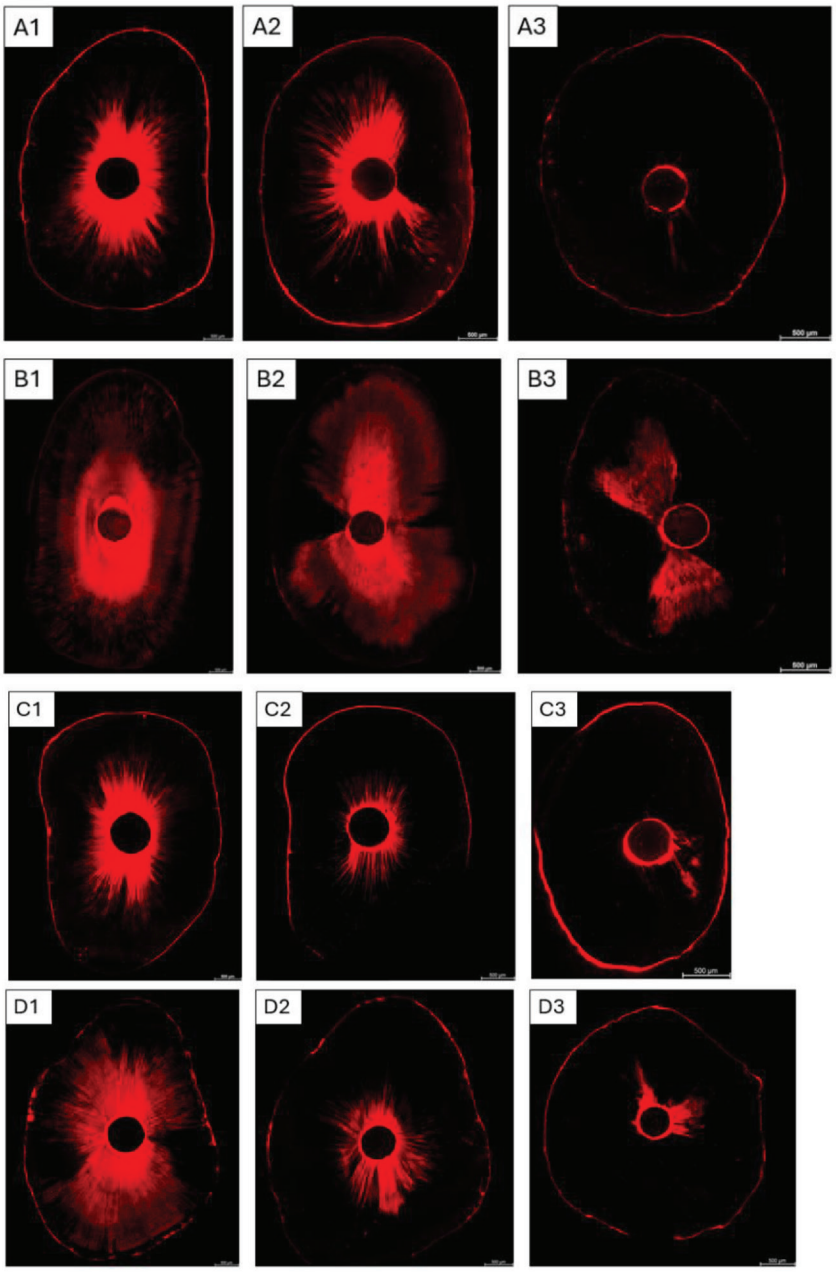


Fig 1. Representative CLSM images of sealer penetration of each of the experimental groups and levels of root (10x magnification). <25 years/AH plus: coronal (A1), middle (A2), and apical (A3) thirds; <25 years/iRoot SP: coronal (B1), middle (B2), and apical (B3) thirds; >40 years/AH plus: coronal (C1), middle (C2), and apical (C3) thirds; >40 years/iRoot SP: coronal (D1), middle (D2), and apical (D3) thirds.

Regarding results on different Tooth ages in this study, the mean of the maximum sealer penetration depth in Tooth age <25 years with iRoot SP sealer was significantly higher than Tooth age >40 years with iRoot SP sealer at middle and apical third of root. While Tooth age <25 years with AH plus sealer was significantly higher than Tooth age >40 years with AH plus sealer at all root levels ($p < 0.05$). Moreover, Tooth age <25 years with iRoot SP or AH plus had the circumferential sealer penetration depth significantly higher than the Tooth age >40 years with iRoot SP or AH plus at all root levels ($p < 0.05$).

Regarding the results on the same Tooth age groups, iRoot SP and AH plus have significantly different on the mean of the maximum sealer penetration depth for all the root levels except apical third of tooth age >40 years ($p < 0.05$). While the circumferential sealer penetration depth in iRoot SP and AH plus have significantly difference on only apical third of tooth age <25 years ($p < 0.05$). However, iRoot SP group had a mean of the maximum sealer penetration depth and the circumferential sealer penetration depth higher than AH plus at all root levels for each of the age groups.

Discussion

In this study, confocal laser scanning microscopy (CLSM) was used to evaluate sealer penetration, because of its several advantages over scanning electron microscopy (SEM), including non-destructive sample, optical sectioning, and 3D reconstruction capabilities (18,19). Additionally, this CLSM analysis was performed from the surface of the samples to a depth of 20–30 μm to avoid surface artifacts and smear layer (20). The acquired depth layers were subsequently superimposed to generate a 3D image that represents the sealer's penetration pathway. While CLSM offers excellent resolution and suitability for sealer penetration analysis, it does have limitations, such as a relatively small field of view and the need for fluorescent labeling. However, these drawbacks were unlikely to influence the current results, as the study's primary objective is quantifying the depth of sealer penetration into dentinal tubules which was well aligned with CLSM's strengths.

This study used 0.1% rhodamine B as a fluorophore to identify sealers within the dentinal tubules (21). This concentration was adequate for creating the clarity of the CLSM images, while not altering the physical properties of the sealers (22). In our pilot test, we observed that rhodamine B did not penetrate beyond the sealer. The reason might be because tooth preparation in this study did not remain enough moisture in the dentinal tubule, which lead the rhodamine B affinized to the sealer instead of moisture in the tubules (23). This finding is in agreement with the pilot test conducted by Patel et al (24), which reported that rhodamine B-non-labeled sealers exhibited penetration depths comparable to those of rhodamine B-labeled sealers.

Measuring sealer penetration is a surrogate measure of sealing ability, as it provides insight into the effectiveness of the sealer in filling voids and irregularities within the root canal system. This evaluation assesses the sealer's effectiveness in preventing bacterial ingress, which is crucial for the long-term success of endodontic treatment. Several techniques have been used to assess sealer penetration. However, there is no standard technique yet. In previous studies, the researchers usually measured the mean sealer penetration

depth by using the average of the deepest 4 points at the buccal, lingual, mesial and distal directions (25,26). Whereas, in teeth exhibiting the butterfly effect, there is a significantly greater number of dentinal tubules in the buccolingual direction compared to the mesiodistal direction. This variation in tubule orientation may influence the behavior of sealers within root canals, resulting in a significantly greater depth of sealer penetration in the buccolingual direction (27,28). To have more reliability on the results, more than 4 points should be measured. Thus, in this study, the sealer penetration depth was measured at 8 points. This study also measured the percentage of circumferential depth for every sample to confirm the results of the mean sealer penetration depth and demonstrate the penetration and distribution of sealer around the root canal. This measurement indicated the sealing effectiveness against microorganisms within the dentinal tubules, independent of the depth of sealer penetration (29).

Several factors may affect both the mean of the maximum penetration depth and percentage of circumferential sealer penetration. These factors include the physical and chemical properties of the sealer, including particle size, flowability, viscosity, and film thickness; the characteristics of the dentinal tubules; the effective elimination of the smear layer; and the technique used for obturation. This current study focused on sealer penetration into dentinal tubules. Obviously, age influences the changing diameter and density of dentinal tubules. Sclerotic dentin begins to develop in the apical root region during the third decade of life and progressively advances coronally with age (12,30). This phenomenon also increases with advancing age, even in impacted teeth that are not exposed to pathological or functional stimuli (31,32). Therefore, in the present study, age of tooth <25 and >40 years old were chosen to represent before and after sclerotic dentin occurring in the tooth.

This study demonstrated that Tooth age >40 years had mean of the maximum sealer penetration depth and circumferential sealer penetration depth lower than the age of the tooth <25 years. This reduction in the elderly tooth group is primarily attributed to the presence of advanced sclerotic dentin and calcification. This type of dentin, characterized by its dense and mineralized structure, acts as a barrier to sealer infiltration, making it more difficult for materials to effectively penetrate into the dentinal tubules and contributing to decreased dentin permeability (12,14). Besides, the distribution pattern of sclerosis was consistent across all teeth. In the transverse plane of the root, sclerosis changes first appeared on the mesial and distal sides, leading to the formation of sclerotic zones with a characteristic butterfly shape. This sclerotic zone widened with increasing age, further limiting the pathways available for sealer penetration (12). This result is in agreement with Thaler et al (14) which reported that the dye penetration significantly decreased with increasing the age of the patient. This suggests that the physiological changes associated with aging not only affect the structural integrity of the dentin but also impede the efficacy of root canal sealers, thereby impacting overall treatment outcomes. The implications of these results highlight the importance of considering patient age and associated dental changes when evaluating the effectiveness of endodontic treatments.

Our findings revealed that iRoot SP had sealer penetration depth higher than AH plus at both age groups and all root levels in agreement with Wang et al (8) and Akcay at al (33). Moreover, This was consistent with the findings of Muedra et al (34), which compared sealer penetration into dentinal tubule using tooth age 50–70 years old, and reported that EndoSequence BC sealer exhibited a significantly greater penetration compared to AH Plus. These results showed that iRoot SP still had better penetration in the elderly tooth age group. This probably related to a small particle size of iRoot SP (<1 μm) (35) which was smaller than AH plus (1.5-8 μm) (25) so iRoot SP had deeper penetration into the dentinal tubules (ranging between 2-3 μm (17)) than the other. Furthermore, the flow properties and viscosity of endodontic sealers might determine effectiveness of the sealer penetration into dentinal tubules. Zhou et al (36) showed that BC sealer exhibited a higher flow than AH plus.

Regarding root levels, we found that sealer penetration at the coronal and middle levels were significantly deeper than the apical level. This penetration decreased from the coronal to the apical third, regardless of the type of sealer used. This result was consistent with the findings of the previous studies (29,37,38). One explanation could be due to decreasing on diameter and density of dentinal tubule in apical levels and apical level occurred sclerosis more than coronal and middle levels (12). Moreover, the coronal level had more efficiency in delivery of irrigation and better on removal of smear layer. Hence, these explain sealer penetration trend decreasing from the coronal region towards the apical region. Although sealer penetration into dentinal tubules plays a role in improving the seal and entombing residual microorganisms, it is only one of several properties that contribute to the long-term success of root canal treatment. Other factors such as bond strength to dentin, sealing ability under functional conditions, and material stability are also critical. Future studies should consider evaluating these properties in parallel to determine their relative contributions to clinical outcomes. This will provide a more comprehensive understanding of the overall performance of endodontic sealers.

These findings suggest that tooth age is an important factor affecting the clinical performance of root canal sealers. In older patients, reduced sealer penetration due to dentinal sclerosis may compromise long-term sealing, especially in the apical region (12,14). Therefore, clinicians should carefully consider age-related dentin changes when selecting obturation techniques or materials. Calcium silicate-based sealers such as iRoot SP, which exhibit superior penetration even in sclerotic dentin, may be more advantageous in older populations.

Within the limitations of the present study, results indicate that calcium silicate-based sealers penetrated dentinal tubules better than AH plus. However, their effectiveness was diminished in the elderly group compared to the younger group. Therefore, future research should focus on comparing various calcium silicate-based sealers to determine which one provides better penetration into the dentinal tubules of elderly teeth. This will facilitate the selection of appropriate materials and techniques, ultimately enhancing treatment outcomes in endodontic procedures for older individuals.

Conclusion

Tooth age and types of sealer affected the mean of the maximum sealer penetration depth and circumferential sealer penetration depth.

Conflicts of Interest

The authors deny any conflicts of interest related to this study

Acknowledgments

This study was self-funded by authors.

Reference

1. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. 1967. J Endod. 2006;32(4):281-90.

2. White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. J Endod. 1984;10(12):558-62.

3. Mamootil K, Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. Int Endod J. 2007; 40(11):873-81.

4. Garrido AD, Lia RC, França SC, da Silva JF, Astolfi-Filho S, Sousa-Neto MD. Laboratory evaluation of the physicochemical properties of a new root canal sealer based on Copaifera multijuga oil-resin. Int Endod J. 2010;43(4):283-91.

5. Ersahan S, Aydin C. Solubility and apical sealing characteristics of a new calcium silicate-based root canal sealer in comparison to calcium hydroxide-, methacrylate resin- and epoxy resin-based sealers. Acta Odontol Scand. 2013;71(3-4):857-62.

6. Mendes AT, Silva PBD, Só BB, Hashizume LN, Vivan RR, Rosa RAD, et al. Evaluation of Physicochemical Properties of New Calcium Silicate-Based Sealer. Braz Dent J. 2018; 29(6):536-40.

7. Candeiro GT, Correia FC, Duarte MA, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. J Endod. 2012; 38(6):842-5.

8. Wang Y, Liu S, Dong Y. In vitro study of dentinal tubule penetration and filling quality of bioceramic sealer. PLoS One. 2018;13(2): e0192248. doi: 10.1371/journal.pone.0192248.

9. Grossman LI. Physical properties of root canal cements. J Endod. 1976;2(6):166-75.

10. Porter AE, Nalla RK, Minor A, Jinschek JR, Kisielowski C, Radmilovic V, et al. A transmission electron microscopy study of mineralization in age-induced transparent dentin. Biomaterials. 2005;26(36):7650-60.

11. Carrigan PJ, Morse DR, Furst ML, Sinai IH. A scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location. J Endod. 1984;10(8):359-63.

12. Vasiliadis L, Darling AI, Levers BG. The amount and distribution of sclerotic human root dentine. Arch Oral Biol. 1983;28(7):645-9.

13. Stavrianos C, Stavrianou I, Kafas P, Vasiliadis L, Diedrich MJ. Assessment of morphological changes on the pulpal wall of root dentine during growth. Research Journal of Medical Sciences. 2008;2(6):269-74.

14. Thaler A, Ebert J, Petschelt A, Pelka M. Influence of tooth age and root section on root dentine dye penetration. Int Endod J. 2008; 41(12):1115-22.

15. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1971;32(2):271-5.

16. Jou YT, Karabucak B, Levin J, Liu D. Endodontic working width: current concepts and techniques. Dent Clin North Am. 2004;48(1):323-35.

17. Eymirli A, Sungur DD, Uyanik O, Purali N, Nagas E, Cehreli ZC. Dentinal Tubule Penetration and Retreatability of a Calcium Silicate-based Sealer Tested in Bulk or with Different Main Core Material. J Endod. 2019;45(8):1036-40.

18. Tedesco M, Chain MC, Bortoluzzi EA, da Fonseca Roberti Garcia L, Alves AMH, Teixeira CS. Comparison of two observational methods, scanning electron and confocal laser scanning microscopies, in the adhesive interface analysis of endodontic sealers to root dentine. Clin Oral Investig. 2018;22(6):2353-61.

19. Tedesco M, Felippe MC, Felippe WT, Alves AM, Bortoluzzi EA, Teixeira CS. Adhesive interface and bond strength of endodontic sealers to root canal dentine after immersion in phosphate-buffered saline. Microsc Res Tech. 2014;77(12): 1015-22.

20. Bitter K, Paris S, Martus P, Schartner R, Kielbassa AM. A Confocal Laser Scanning Microscope investigation of different dental adhesives bonded to root canal dentine. Int Endod J. 2004;37(12):840-8.

21. Al-Haddad A, Abu Kasim NH, Che Ab Aziz ZA. Interfacial adaptation and thickness of bioceramic-based root canal sealers. Dent Mater J. 2015;34(4):516-21.

22. Thota MM, Sudha K, Malini DL, Madhavi SB. Effect of Different Irrigating Solutions on Depth of Penetration of Sealer into Dentinal Tubules: A Confocal Microscopic Study. Contemp Clin Dent. 2017;8(3):391-4.

23. Furtado TC, de Bem IA, Machado LS, Pereira JR, Só MVR, da Rosa RA. Intratubular penetration of endodontic sealers depends on the fluorophore used for CLSM assessment. Microsc Res Tech. 2021;84(2):305-12.

24. Patel DV, Sherriff M, Ford TR, Watson TF, Mannocci F. The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study. Int Endod J. 2007;40(1):67-71.

25. El Hachem R, Khalil I, Le Brun G, Pellen F, Le Jeune B, Daou M, et al. Dentinal tubule penetration of AH Plus, BC Sealer and a novel tricalcium silicate sealer: a confocal laser scanning microscopy study. Clin Oral Investig. 2019;23(4): 1871-6.

26. Jeong JW, DeGraft-Johnson A, Dorn SO, Di Fiore PM. Dentinal Tubule Penetration of a Calcium Silicate-based Root Canal Sealer with Different Obturation Methods. J Endod. 2017; 43(4):633-7.

27. Russell AA, Chandler NP, Hauman C, Siddiqui AY, Tompkins GR. The butterfly effect: an investigation of sectioned roots. J Endod. 2013;39(2):208-10.

28. Russell A, Friedlander L, Chandler N. Sealer penetration and adaptation in root canals with the butterfly effect. Aust Endod J. 2018; 44(3):225-34.

29. McMichael GE, Primus CM, Opperman LA. Dentinal Tubule Penetration of Tricalcium Silicate Sealers. J Endod. 2016;42(4):632-6.

30. Paqué F, Luder HU, Sener B, Zehnder M. Tubular sclerosis rather than the smear layer impedes dye penetration into the dentine of endodontically instrumented root canals. Int Endod J. 2006;39(1):18-25.

31. Azaz B, Michaeli Y, Nitzan D. Aging of tissues of the roots of nonfunctional human teeth (impacted canines). Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology. 1977;43(4):572-8.

32. Singhal A, Ramesh V, Balamurali P. A comparative analysis of root dentin transparency with known age. J Forensic Dent Sci. 2010;2(1): 18-21.

33. Akcay M, Arslan H, Durmus N, Mese M, Capar ID. Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study. Lasers Surg Med. 2016;48(1):70-6.

34. Muedra P, Forner L, Lozano A, Sanz JL, Rodríguez-Lozano FJ, Guerrero-Gironés J, et al. Could the Calcium Silicate-Based Sealer Presentation Form Influence Dentinal Sealing? An In Vitro Confocal Laser Study on Tubular Penetration. Materials (Basel).2021;14(3):659. doi: 10.3390/ma14030659.

35. Chang SW, Lee YK, Zhu Q, Shon WJ, Lee WC, Kum KY, et al. Comparison of the rheological properties of four root canal sealers. Int J Oral Sci. 2015;7(1):56-61.

36. Zhou H, Peng B, Zheng Y. An overview of the mechanical properties of nickel–titanium endodontic instruments. Endodontic Topics.2013; 29(1):42-54.

37. Osiri S, Banomyong D, Sattabanasuk V, Yanpiset K. Root Reinforcement after Obturation with Calcium Silicate-based Sealer and Modified Gutta-percha Cone. J Endod. 2018;44(12):1843-8.

38. Reynolds JZ, Augsburger RA, Svoboda KKH, Jalali P. Comparing dentinal tubule penetration of conventional and 'HiFlow' bioceramic sealers with resin-based sealer: An in vitro study. Aust Endod J. 2020;46(3):387-93.

Corresponding author

Dr. Peerapohn Chotvorrarak

Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, Wattana, Bangkok 10110, Thailand

Tel: (669) 0991 5125

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

Push-Out Bond Strength of Calcium Silicate-Based Sealer to Root Canal Walls After Three Retreatment Techniques

Worachai Malert[1] Suwit Wimonchit[1*]

Abstract

Objective: To compare the push-out bond strength of calcium silicate-based sealer to root canal walls after three retreatment techniques in teeth with initial treatment with gutta-percha/AH plus.

Materials and methods: Forty human single-rooted maxillary anterior teeth were decoronated to standardize with a root length of 16 mm. The roots were randomly divided into four groups of 10 roots each. The control group was performed without retreatment. The experimental groups were obturated with AH Plus® followed by retreatment using three retreatment techniques as follows; Mtwo R®, Mtwo R® with GuttaClear, and Mtwo R® with Xylene after 7 days of initial treatment. All samples were re-obturated with iRoot SP®and were stored for 7 days. Sections of 2 mm thickness was performed perpendicularly to the long axis to obtain 3 slices per root, and then loaded by a Universal Testing Machine until dislodgement. The maximum load was recorded in MPa and specimens were inspected for failure mode. The data were analyzed by One-way ANOVA and Tukey's Test with a significance level of 0.05.

Results: The highest bond strength was expressed in non-retreatment group followed by retreatment groups. From statistical analysis, at the coronal and middle levels, the bond strength between control group and Mtwo R group did not show significant differences, however, the Mtwo R group was superior to Mtwo R with both gutta-percha solvents. At the apical level, no statistically significant difference was noticed. The pattern of filling dislodgement as cohesive failures was predominantly observed.

Conclusion: The use of rotary instrument to remove gutta-percha/AH plus is appropriate for retreatment gutta-percha/calcium silicate in term of push-out bond strength.

Keywords: Adhesiveness, Biocompatible materials, Endodontics, Epoxy resin-based root canal sealer

Received Date: May 30, 2025
Revised Date: Jul 15, 2025
Accepted Date: Jul 16, 2025

[1]*Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, 114 Sukhumvit 23 Road, Bangkok, 10110, Thailand.*
*(*Corresponding author)*

Introduction

The removal of the existing root canal filling, which facilitates disinfection and instrumentation from the failed primary endodontic treatment, is one of the steps for non-surgical endodontic retreatment (1). Residual gutta-percha after root canal retreatment acts as a mechanical barrier to necrotic tissues or bacteria and to prevent irrigating solutions, intracanal dressings, and root canal filling material from attachment to the canal walls (2), The consequences may affect the success rate of root canal retreatment (3). Complete removal of root canal filling material appears to be essential role in retreatment procedures (4).

AH plus is one of the most common sealers used in the initial treatment. Although the treatment results of gutta-percha/AH plus are promising (5), some treated teeth need retreatment to correct the unsolved problems. Martins, et al. (6) demonstrated that either continuous or reciprocating rotary instruments were unable to clean the root filling of gutta-percha,/AH plus completely due to sealer penetration into dentinal tubules. This result was confirmed by the study of Simsek, et al.(7), which showed the number of debris free-dentinal tubules after retreatment in resin-based sealer group was still low due to presence of resin tag in dentinal tubules. These circumstances should be one of causes in failure of retreated cases, which imply the adaptation reduction of new root canal filling to dentinal walls.

Several reports showed that the quantity of the remaining root canal filling after filling removal varied from systems of NiTi rotary instruments used (8-10) and the size of the last instrument used (11). Madhu and his colleagues revealed that Mtwo R instruments had maximum efficacy for the removal of root filling materials over ProTaper® retreatment files, WaveOne® files, and Hedstrom files (12).NiTi rotary file selection, both type and size, may be the decisive factor for retreated canal preparation.

In retreatment procedure, the use of new endodontic sealer is aimed for the reconstruction the connection between root canal walls and root canal filling. Several endodontic sealers are used for endodontic retreatment such as zinc oxide eugenol sealer, epoxy resin sealer, calcium hydroxide-based sealer as well as calcium silicate-based sealer. Selection of appropriate root canal sealer may be one of important points for success rate increase (13-14), Veeramachaneni, et al (15) reported that push-out bond strength of bioceramic sealer is higher than epoxy sealer in various clinical situation. The results from previous studies showed good sealability in primary endodontic treatment, calcium silicate-based sealer may be the sealer of choice in retreatment. Push-out bond strength is generally used to evaluate interfacial bond strength between the materials and root canal walls (16-17) in the endodontic field. This method has the advantage of permitting the evaluation of low bond strength, even like root canal sealer (18).

As mentioned earlier, various gutta-percha removal techniques resulted in different root canal surface and eventually different bond strength which vary to the type of initial sealer and retreated sealer. Yavari et al. (19) showed that AH plus used as a initial and retreated sealer exhibited higher bond strength than MTA-based sealer with same situation. Da Rosa et al. (11) demonstrated that additional apical enlargement from initial apical size may increase the root

canal-free surface, which may create more bond strength of each sealer. Further studies are required to investigate the bond strength properties of calcium silicate-based sealer in retreatment in case of additional apical enlargement and gutta-percha solvent use.

The bond strength of calcium silicate sealer is generally created from the material reaction with humidity in dentinal tubules to form hydroxyapatite which grows both on the dentin sealer interface and deep inside the tubules (20). The study of Ersahan and Aydin (21) showed that iRoot SP® sealer had higher push-out strength than resilon/epiphany. Several studies showed that the use of gutta-percha solvent, both organic and inorganic solvent, led to more residual root filling or root canal walls than use of endodontic file only (12,22-23). No studies, involved additional apical enlargement combined with gutta-percha solvent, on push-out bond strength were performed. Thus the present study was intended to assess the push-out bond strength of calcium silicate-based sealer to the retreated root canal walls after three retreatment techniques in teeth with initial treatment with gutta-percha/AH plus.

Materials and Methods

The research was authorized by the Human and Research Ethics Committee of Srinakharinwirot University (SWUEC-661003). The study was conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki. A G*Power calculation (software version 3.1.9.4) was used to calculate the sample size based on a previous study done by Shokouhinejad et al. (24) using an effect size of 0.70 with a power of 0.80 at a statistical significance level of 0.05 to determine a minimum sample size of 10 in each group.

Forty extracted human single-rooted maxillary anterior teeth were chosen and kept in 0.1% thymol solution. Roots with an open apex, root curvature or root fracture were excluded. Digital periapical radiographs (Focus™ Intraoral x-ray, KaVo, Tuusula, Finland) were taken in buccolingual and mesiodistal views to confirm the presence of a single root canal with a normal root canal.

All of them had crown removed at or below CEJ to standardize a root length of 16 mm. The maximum diameter of the root canal at coronal end was measured using a digital vernier caliper (Mitutoyo; Absolute DIGIMAX, Kanagawa, Japan) and the initial apical file size (IAF) was confirmed by insertion 30 K-file (K-file: Dentsply Sirona, North Carolina, USA) to the apex. To standardize the size of the specimen, any root with a coronal diameter less than 1.40 mm or greater than 1.50 mm or IAF larger than size 30 K-file was excluded.

After selection, all of them were submerged in acrylic resin block and then established the working length at 1 mm short from the apex. The Mtwo rotary system (Mtwo® file, Vereinigte DentalWerke:VDW, Munich, Germany) was operated under torque control 2 N/cm torque. Sequentially, the Mtwo rotary system was used until apical size 40/.06 of the root canal was reached. The canals were irrigated between each instrument with 5 mL of 2.5% sodium hypochlorite (M-Dent, Mahidol University, Bangkok, Thailand).

All of them were randomly distributed into four groups of 10 roots each according to the retreatment techniques.

Group I: Control group (Root canal treated teeth without retreatment)

In the control group, the root canals were continuously instrumented to 45/.04 M two® file. and rinsed with 3 mL of 17% EDTA (M-Dent, Mahidol University, Bangkok, Thailand) for 1 minute, 5 mL of 2.5% sodium hypochlorite and finally irrigated with 5 mL of distilled water. The root canals were dried with paper point and then obturated with single-matched cone gutta-percha (VereinigteDentalWerke:VDW, Munich, Germany) with premixed calcium silicate-based sealer (iRoot SP®, Innovative BioCeramix Inc, Vancouver, Canada) by using a syringe with a suitable tip inserted into the canal and gently placed the sealer 2 millimeters far from the apex, followed by putting a sealer-coated gutta-percha cone into the canal. The periapical radiograph was taken in two directions, buccolingually and mesiodistally, to confirm the quality of root canal filling. end of the filling was heated to make 2 mm space and filled by Cavit-G® (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA) and stored in the container at 37°C and 100% humidity for 7 The coronal days.

Group II: Mtwo® (Retreatment with rotary Niti files)

Firstly, specimens in this group were rinsed with 3 mL of 17% EDTA for 1 minute followed by 5 mL of 2.5% sodium hypochlorite. The root canals were dried with paper points and initially obturated with single-matched cone with Epoxy resin-based sealer (AH Plus®, Dentsply DE Trey, Konstanz, Germany) under a warm vertical technique. The specimens were verified the quality of obturation and stored as group I.

After that period, the temporary stop was removed and gutta-percha underneath was removed using 25/.05 Mtwo® R instruments until reach the working length. To complete instrumentation, an additional 45/.04 Mtwo® file was used to remove residual materials. All of these procedures were performed under a dental operating microscope (Carl Zeiss OPMI ProErgo; Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany) at 10x magnification to prove no filling remnant inside the root canal. All of the prepared root canals were rinsed with 3 mL of 17% EDTA for 1 minute, 5 mL of 2.5% sodium hypochlorite and finally irrigated with 5 mL of distilled water.

Group III: Mtwo® plus organic solvent (Retreatment with rotary Niti files and D-limonene)

The root canals were obturated as described in group II. After 7 days of storage, the gutta-percha was removed by Mtwo® instruments in conjunction with 0.5 mL of D-limonene (GuttaClear, M-Dent, Mahidol University, Bangkok, Thailand). Final instrumentation was performed to remove residual materials with 45/.04 Mtwo® file. All of these procedures were performed under a dental operating microscope at 10x magnification to prove no filling remnant visible inside the root canal.

Group IV: Mtwo® plus inorganic solvent (Retreatment with rotary Niti files and xylene)

All procedures were done as described in group III and were prove under microscope at 10x magnification, but 0.5 mL of xylene (M-Dent, Mahidol University, Bangkok, Thailand) was used as gutta-percha solvent.

Finally, specimens in the group II, III, and IV were obturated with gutta-percha and iRoot SP® and kept as the protocol presented in group I.

Push-out bond strength testing procedures

Each obturated retreated root was sectioned with the precision saw (IsoMet 1000 Precision Saw, Buehler Ltd, Lake Bluff, Illinois, USA) into three 2 mm-thick root slices, representing the coronal, middle, and apical levels. The sections were performed as shown in Fig 1. Each slice was examined for the completeness of the obturating material and measured the diameter of the lumen as shown in representative image (Fig 2).

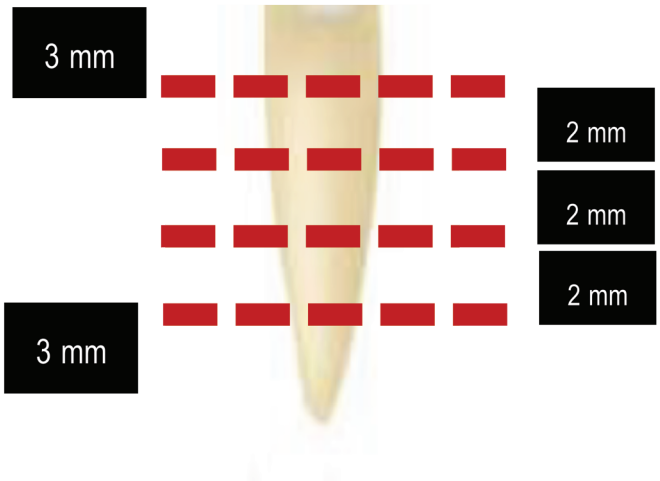


Fig 1. Slicing dentin thickness of the sample.

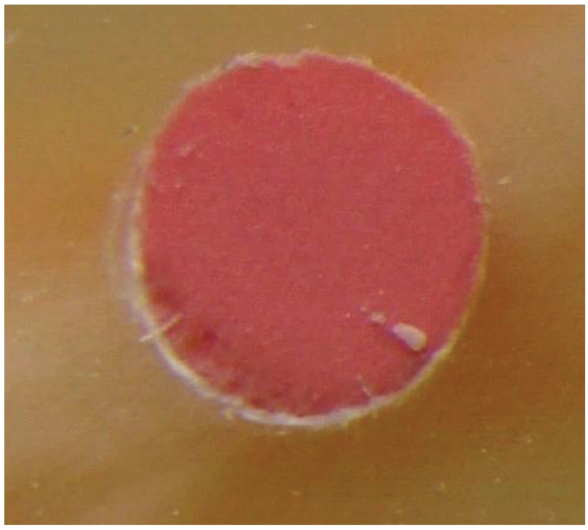


Fig 2. Representative images of root sliced specimens (x50).

Push-out test was performed by vertical loading with a Universal Testing Machine (EZ-Test; Shimadzu, Kyoto, Japan) at a crosshead speed of 0.5 mm/min as presented in Fig 3. The plunger sizes 1.0 mm, 0.8 mm, or 0.6 mm were assigned to different levels of slice to match the lumen diameter. The maximum load was recorded (N) and calculated into MPa.

$$\text{Push-out bond strength (MPa)} = \frac{\text{Maximum load (N)}}{\text{Area (mm}^2\text{)}}$$

$$\text{Push-out bond strength (MPa)} = \frac{\text{Maximum load (N)}}{\pi(R+r)h}$$

R = Mean radius of the coronal part in millimeter.

r = Mean radius of the apical part in millimeter.

h = Height relative to the tapered inverted cone in millimeter.

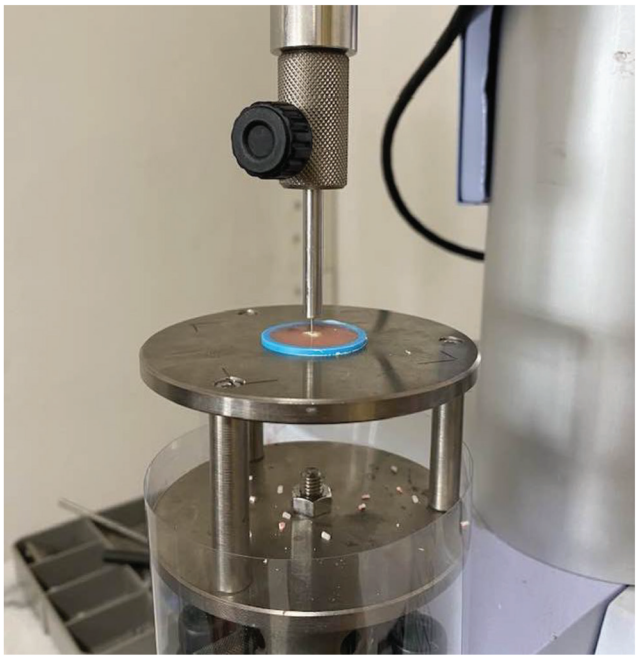


Fig 3. A vertical loading was delivered to the specimen using a Universal Testing Machine.

Determination of the mode of failure, the sample was examined under stereomicroscopy (Olympus EP50, Olympus optical Co., Tokyo, Japan) at x50 magnification as follows: adhesive failure, cohesive failure within the sealer, and mixed failure (25).

Statistical analysis

Statistical analysis of the push-out bond strength was performed using IBM SPSS Statistics 20 (SPSS Inc, Chicago, Illinois, USA), Normal distribution was determined using the Shapiro-Wilk test. Homogeneity of variance was checked using the Levene test and used one-way ANOVA and Multiple comparison test (Tukey's Test) for comparing the statistically significant difference with a 95% confidence interval.

Results

From Shapiro-Wilk's test and Levene test, they showed normal distribution and homogeneity of variance, respectively. Considering the level, no significant difference was found between only the control group and Mtwo R group in the coronal and middle level. However, push out bond strength in the apical level did not present significant difference among all experimental groups.

Considering the effect of solvents, the Mtwo R with both solvents group exhibited less bond strength compared to the group not use of solvents, control and Mtwo R group. Moreover, no statistically significant difference in bond strength could be observed between the two solvent groups.

At the middle level, the control group and Mtwo R alone group showed no significant difference in push-out bond strength, nevertheless, both groups surpassed observed in the Mtwo R with solvents groups. At the apical level, no significant difference was observed among all experimental groups.

The mean and standard deviation of the push-out bond strength of various retreatment techniques are presented in Table 1. The highest mean push-out bond strength was observed in the no retreatment group (group I).

Table 1. The push-out bond strength of the experimental groups

Experimental groups	Push-out bond strength (MPa, mean ± SD)		
	Coronal level	Middle level	Apical level
Group I	4.57 ± 0.82^{a}	3.47 ± 0.40*	2.12 ± 0.57$^{\alpha}$
Group II	4.01 ± 0.83^{ab}	3.02 ± 0.62*	2.00 ± 0.40$^{\alpha}$
Group III	3.56 ± 0.65bc	2.26 ± 0.54**	1.90 ± 0.66$^{\alpha}$
Group IV	3.31 ± 0.48c	2.12 ± 0.61**	1.75 ± 0.28$^{\alpha}$

Different superscript letters indicate a significant difference in the columns ($p < .05$).

All failure modes of all slices were presented in Fig 4. The majority type of failure was a cohesive failure which demonstrated some part of material remnants on the root canal wall.

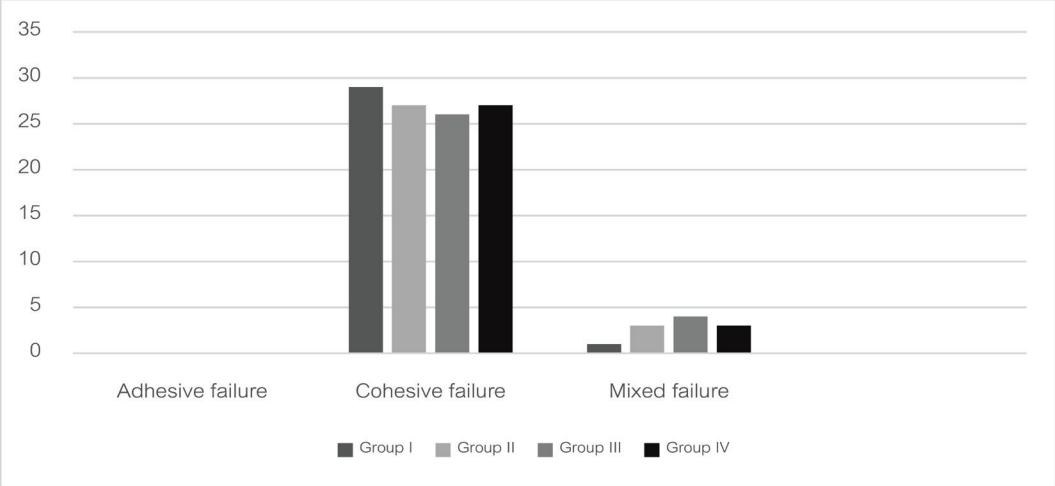


Fig 4. Graph presenting the analysis of failure modes for the experimented groups.

Discussion

Use of AH plus in initial treatment seem to have no effect on the push-pout bond strength of calcium silicate sealer (i rootSP) as a retreated sealer. One of these explanations is no interaction between both sealers while the other is effect of additional enlargement which made the close surface character between group I and group II in term of either smear layer or surface topography. Additional enlargement in group II should remove more resin tag extension in dentinal tubules as a described in Simsek, et al ‘s study (7).

These results confirmed the effect of additional enlargement of root canals, as shown in group II, which may allow more removal of both root canal dentin walls and residual root canal filling (26-28). This procedure resulted in the exposure more dentinal tubules and more cleaning of dentin (29), which facilitated the sealer penetration as presented in group I (30). These more intimacies in group I and II elevate the push-out bond strength by increasing frictional forces between the sealer and the root canal walls by ingrowth of hydroxyapatite crystal in the dentinal tubules (31). The results of the present study differ from Palhais and his colleagues’ study (32), which showed a higher push-out bond strength in the no retreatment group. These differences could be attributed to the presence of additional root canal enlargement in our study. Although the AH Plus sealer exhibits variable penetration depth into dentinal tubules (33). The additional enlargement just one size allows greater contact of the instrument and dentin walls reducing residual filling not only in the apical level but also in the middle and coronal levels (11,34). It confirmed by the observational study that success rate of 90.4% after 2 years was observed after apical enlargement from size 40 to 60 (35).

A reduction in push-out bond strength of retreatment with both organic and inorganic solvents was aligned with the outcomes of several studies (24,32). They have highlighted the solvent-induced formation of a thin layer of softened gutta-percha covered the root canal walls and dentinal tubules, which reduces the adaptability of calcium silicate sealer to root canal walls, which is difficult to remove even in additional apical enlargement condition, thus impeding effective sealer penetration (22) and finally reduced reaction of calcium silicate with humidity in dentin. In addition, the complex and variable anatomy of the root canal system also significantly impacts the effectiveness of removing root filling and cleaning during root canal retreatment (28). Moreover, the smear of softened gutta-percha should be covered the dentin wall during the treatment, These situations impeded both material adaptability and product reaction with root canal (22,30).

The decreasing bond strength from the coronal to apical direction in all specimens was observed. It could be explained by the higher number and the larger diameter of dentinal tubules presented in the cervical area than middle and apical areas, respectively. These characteristics facilitated penetration enhancement of the new filling material into the dentinal tubules (36-37), which accomplished mechanical lock, potentially augmenting the retention of the root filling (38). Additionally, the lowest bond strength in the apical level may be from dentin composition, the least number and also the least opening of dentinal tubules in apical third of root canal. The dentin in these situations is difficult to make dentin surface improvement and good bond as well (39).

The pattern of filling dislodgement as cohesive failure was predominantly observed in specimens following the push-out bond test to all experimental groups, which is similar to the results of various studies (24,32,36). The explanation of the cohesive failures within the sealer in the control group was the strong adhesion of the calcium silicate-based sealer to radicular dentin. Similarly, the retreatment specimens, it can be attributed to the weak interaction between the two different sealers (AH Plus and calcium silicate-based sealers) (40). Moreover, the occluded remnants of initial root canal filling materials did not affect to the refilling materials (32).

In surrogate outcome, several techniques have been proved to be an importance to reflect the ongoing success of the treatment, sealability or leakage studies frequently was studied, nowadays, the results varied due to many affected factors. The push-out test measures the shear stress between the sealer and the root canal walls which is similar to the stress produced under clinical circumstances (41). This method is efficient and reproducible, and also measurable even in conditions where the bond strength is low (42). Moreover, it is possible to evaluate the different adhesion values for each level of the root canal. Thereby, this study was selected to test the push-out bond strength of sealer due to its reliability and accuracy by applying a force parallel to the bonding surface causing failure from the actual shear test, as well as simulating clinical scenarios closely (17). The major drawback of push-out bond test is difficult to control either geometric form or diameter, which can lead to inaccurate results and to standardize test (43-44). However, in this study, the size and geometry

of each slice would be measured and confirmed before the test started.

This study focused on the impact of apical enlargement and use of different retreatment techniques on bondability of calcium silicate sealer in retreatment. Further research should be performed with new techniques for cleaning the retreated root canal walls, where difference in cleanliness was exhibited the bond strength may be increase and new protocol of retreated root canal cleaning may be developed.

Conclusion

The push-out bond strength between calcium silicate-based sealer and the root canal walls using various retreatment techniques was significantly different. The highest push-out bond strength was observed in the case of retreatment without solvent when using calcium silicate-based sealer.

Acknowledgement

No conflicts of interest

References

1. Torabinejad M, Corr R, Handysides R, Shabahang S. Outcomes of nonsurgical retreatment and endodontic surgery: a systematic review. J Endod. 2009;35(7):930-7.

2. Barletta FB, Mello Rahde N , Limongi O, Moura AAM , Zanesco C , Mazocatto G. In Vitro Comparative Analysis of 2 Mechanical Techniques for Removing Gutta-Percha during Retreatment. J Can Dent Assoc. 2007;73(1):65-70.

3. Nair P, Sjögren U, Figdor D, Sundqvist G. Persistent periapical radiolucencies of root-filled human teeth failed endodontic treatments, and periapical scars. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1999;87(5):617-27.

4. Trivedi S, Chhabra S, Bansal A, Kukreja N, Mishra N, Trivedi A, et al. Evaluation of Sealing Ability of Three Root Canal Sealers: An In Vitro Study. J Contemp Dent Prac. 2020;21(3):291-95.

5. Pontoriero DIK, Ferrari Cagidiaco E, Maccagnola V, Manfredini D, Ferrari M. Outcomes of Endodontic-Treated Teeth Obturated with Bioceramic Sealers in Combination with Warm Gutta-Percha Obturation Techniques: A Prospective Clinical Study. J Clin Med. 2023;12(8):2867. doi: 10.3390/jcm12082867.

6. Martins MP, Cavenago BC, Bueno CE, Martin AS, Kato AS, Vivan RR, et al. Penetrability of AH Plus sealer into dentinal tubes after retreatment procedure with rotary or reciprocating systems and two additional cleaning methods. Iran Endod J. 2022;17(2):72–7.

7. Simsek N, Keles A, Ahmetoglu F, Ocak MS, Yologlu S. Comparison of different retreatment techniques and root canal sealers: a scanning electron microscopic study. Braz Oral Res. 2014: 28:S1806-83242014000100221.doi:10.1590/1807-3107bor-2014.vol28.0006.

8. Schirrmeister JF, Wrbas KT, Meyer KM, Altenburger MJ, Hellwig E. Efficacy of different rotary instruments for gutta-percha removal in root canal retreatment. J Endod. 2006;32(5):469-72.

9. Reddy S, Neelakantan P, Saghiri MA, Lotfi M, Subbarao CV, Garcia-Godoy F, et al. Removal of gutta-percha/zinc-oxide-eugenol sealer or gutta-percha/epoxy resin sealer from severely curved canals: an in vitro study. I Int J Dent. 2011:2011:541831. doi: 10.1155/2011/541831.

10. Siotia J, Acharya SR, Gupta SK. Efficacy of ProTaper Retreatment System in Root Canals Obturated with Gutta-Percha Using Two Different Sealers and GuttaFlow. Int J Dent. 2011: 2011:676128. doi: 10.1155/2011/676128.

11. Da Rosa RA, Santini MF, Cavenago BC, Pereira JR, Duarte MA, So MV. Micro-CT Evaluation of Root Filling Removal after Three Stages of Retreatment Procedure. Braz Dent J. 2015;26(6):612-8.

12. Madhu K, Karade P, Chopade R, Jadhav Y, Chodankar K, Alane U. CBCT Evaluation of Gutta-Percha Removal Using Protaper and Mtwo Retreatment Files, Wave One, and Hedstrom Files: An Ex Vivo Study. Front Dent. 2021;18:19-26. doi: 10.18502/fid.v18i19.6326.

13. Wahbi E, Achour H, Alsayed Tolibah Y. Comparison between AH plus sealer and total fill bioceramic sealer performance in previously untreated and retreatment cases of maxillary incisors with large-sized periapical lesion: a randomized controlled trial. BDJ Open. 2024; 10(1):73. doi: 10.1038/s41405-024-00256-x.

14. Zamparini F, Lenzi J, Duncan HF, Spinelli A, Gandolfi MG, Prati C. The efficacy of premixed bioceramic sealers versus standard sealers on root canal treatment outcome, extrusion rate and post-obturation pain: A systematic review and meta-analysis. Int Endod J. 2024;57(8):1021-42.

15. Veeramachaneni H, Aravelli S, Dundigalla S. Comparative evaluation of push-out bond strength of bioceramic and epoxy sealers after using various final irrigants: An in vitro study. J Conserv Dent. 2022;25(2):145-50.

16. Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. J Endod. 2002;28(5):351-4.

17. Fisher MA, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push-out test design. J Endod. 2007;33(7):856-8.

18. Onay EO, Ungor M, Ari H, Belli S, Ogus E. Push-out bond strength and SEM evaluation of new polymeric root canal fillings. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009;107(6):879-85.

19. Yavari H, Shahi S, Galledar S, Samiei M, Janani M. Effect of retreatment on the push-out bond strength of MTA-based and epoxy resin-based endodontic sealers. J Dent Res Dent Clin Dent Prospects. 2017;11(1):43-7.

20. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. Dent Mater J. 2020;39(5):703-20.

21. Ersahan S, Aydin C. Dislocation resistance of iRoot SP, a calcium silicate-based sealer, from radicular dentine. J Endod. 2010;36(12):2000-2.

22. Horvath SD, Altenburger MJ, Naumann M, Wolkewitz M, Schirrmeister JF. Cleanliness of dentinal tubules following gutta-percha removal with and without solvents: a scanning electron microscopic study. Int Endod J. 2009;42(11):1032-8.

23. Hasija M, Meena B, Wadhwa D, Wadhwani K, Yadav V. Evaluation of gutta-percha removal from the dentinal tubules using different instrumentation techniques with or without solvent: An In vitro study. Journal of the International Clinical Dental Research Organization. 2020;12(1):27. doi:10.4103/jicdro.jicdro_46_19.

24. Shokouhinejad N, Sabeti MA, Hasheminasab M, Shafiei F, Shamshiri AR. Push-out bond strength of Resilon/Epiphany self-etch to intraradicular dentin after retreatment: a preliminary study. J Endod. 2010;36(3):493-6.

25. Osiri S, Banomyong D, Sattabanasuk V, Yanpiset K. Root Reinforcement after Obturation with Calcium Silicate-based Sealer and Modified Gutta-percha Cone. J Endod. 2018;44(12):1843-8.

26. Rossi-Fedele G, Ahmed HM. Assessment of Root Canal Filling Removal Effectiveness Using Micro-computed Tomography: A Systematic Review. J Endod. 2017;43(4):520-6.

27. Roggendorf MJ, Legner M, Ebert J, Fillery E, Frankenberger R, Friedman S. Micro-CT evaluation of residual material in canals filled with Activ GP or GuttaFlow following removal with NiTi instruments. Int Endod J. 2010;43(3):200-9.

28. Tavares KIMC, Pinto JC, Santos-Junior AO, Duarte MAH, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Effect of Additional Apical Preparation on Retreatment of Curved Root Canals Filled with Different Sealers. Eur J Dent. 2022;17(3):636-41.

29. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjör IA. Bonding to root canal: Structural characteristics of the substrate. Am J Dent. 2000; 13(5):255-60.

30. Jain M, Singhal A, Gurtu A, Vinayak V. Influence of Ultrasonic Irrigation and Chloroform on Cleanliness of Dentinal Tubules During Endodontic Retreatment-An Invitro SEM Study. J Clin Diagn Res. 2015;9(5):11-5.

31. Badawy MS, Alkhawas MB, Refai AS. Evaluation of the cleanliness of root canals and the adaptability of root canals filling material after using the XP Endo finisher and passive ultrasonic irrigation during retreatment. Al-Azhar J Dent Sci. 2018;21(3):285-91.

32. Palhais M, Sousa-Neto MD, Rached-Junior FJ, Amaral MC, Alfredo E, Miranda CE, et al. Influence of solvents on the bond strength of resin sealer to intraradicular dentin after retreatment. Braz Oral Res. 2017;31:e11. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0011.

33. Bolbolian M, Hamzei A, Mohammadi N, Tofangchiha M. Evaluation of dentin penetration of three different endodontic sealers in the presence and absence of the smear layer. Folia Med (Plovdiv). 2022;64(6):953-60.

34. Pinto JC, de Faria-Vasconcelos K, Leite AF, Pedano MS, Guerreiro-Tanomaru J, Jacobs R, et al. Effect of foraminal enlargement on microcrack formation and apical transportation: a nano-CT assessment. Sci Rep. 2023;13(1):4881. doi:10.1038/s41598-023-31595-8.

35. He J, White RK, White CA, Schweitzer JL, Woodmansey KF. Clinical and Patient-centered Outcomes of Nonsurgical Root Canal Retreatment in First Molars Using Contemporary Techniques. J Endod. 2017;43(2):231-7.

36. Rached-Junior FJ, Sousa-Neto MD, Souza-Gabriel AE, Duarte MA, Silva-Sousa YT. Impact of remaining zinc oxide-eugenol-based sealer on the bond strength of a resinous sealer to dentine after root canal retreatment. Int Endod J. 2014;47(5):463-9.

37. M jor IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human tetth. Int Endod J. 2001;34(5):346-53.

38. Mamootil K, Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. Int Endod J. 2007; 40(11):873-81.

39. Topcuoglu HS, Demirbuga S, Tuncay O, Arslan H, Kesim B, Yasa B. The bond strength of endodontic sealers to root dentine exposed to different gutta-percha solvents. Int Endod J. 2014;47(12):1100-6.

40. Vilanova WV, Carvalho-Junior JR, Alfredo E, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YT. Effect of intracanal irrigants on the bond strength of epoxy resin-based and methacrylate resin-based sealers to root canal walls. Int Endod J. 2012;45(1):42-8.

41. Deniz Sungur D, Purali N, Cosgun E, Calt S. Push-out bond strength and dentinal tubule penetration of different root canal sealers used with coated core materials. Restor Dent Endod. 2016;41(2):114-20.

42. Altmann AS, Leitune VC, Collares FM. Influence of Eugenol-based Sealers on Push-out Bond Strength of Fiber Post Luted with Resin Cement: Systematic Review and Meta-analysis. J Endod. 2015;41(9):1418-23.

43. Brichko J, Burrow MF, Parashos P. Design Variability of the Push-out Bond Test in Endodontic Research: A Systematic Review. J Endod. 2018;44(8):1237-45.

44. Chen WP, Chen YY, Huang SH, Lin CP. Limitations of push-out test in bond strength measurement. J Endod. 2013;39(2):283-7.

Corresponding author:
Asst. Prof. Suwit Wimonchit
Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, 114 Sukhumvit 23 Road, Bangkok, 10110, Thailand.
Tel: (662) 649 5212 ext. 15112
E-mail: suvit@m.swu.ac.th

การศึกษาฤทธิ์ในการต้านเชื้อ *S.mutans* และ *C.albicans* และการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดลิ้นจี่

ปภาอร เขียวสีมา[1] วัชรพล กีรติวิบูลย์[1] ฐิติกานต์ รื่นสุคนธ์[1] ธนัญญา จงเจริญกิจ[1] ทัศนีย์ เต็งรังสรรค์[2] อัจฉราภรณ์ ดวงใจ[3] จินตนา ลภิรัตนกุล[4] นัจชลี ศรีมณีกาญจน์[4] เกศรา พดุงฤกษ์[5] ยุพาภรณ์ โพธิ์นอก[1*]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อประเมินฤทธิ์ในการต้านเชื้อก่อโรคในช่องปากและการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดลิ้นจี่

วัสดุและวิธีการ: สกัดเนื้อลิ้นจี่ด้วยน้ำและผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย ส่วนเมล็ดลิ้นจี่สกัดด้วยน้ำและผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และการคั้นน้ำลิ้นจี่ ทดสอบประสิทธิภาพในการต้านเชื้อก่อโรคในช่องปากของสารสกัดเนื้อและเมล็ดลิ้นจี่ด้วยวิธี agar well diffusion และวิธี broth microdilution ทดสอบการต้านอนุมูลอิสระของของสารสกัดเนื้อและเมล็ดลิ้นจี่โดยวิธีการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ผลการศึกษา: สารสกัดเนื้อลิ้นจี่และเมล็ดลิ้นจี่ทั้งสายพันธุ์จักรพรรดิ์และฮงฮวยไม่มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* และเชื้อรา *C. albicans* อย่างไรก็ตามยังพบว่า สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่มีค่าการต้านอนุมูลอิสระที่ดีโดยมีค่าเท่ากับ 31.75 mg eq Ascorbic/g extract น้ำลิ้นจี่คั้นสด แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยมีค่าการต้านอนุมูลอิสระรวมเท่ากับ 0.02719 mg eq Ascorbic/g extract ตามลำดับ

สรุปผล: สารสกัดจากเนื้อลิ้นจี่และเมล็ดลิ้นจี่ไม่มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *S. mutans* และเชื้อรา *C. albicans* แต่สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่แสดงคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี

คำสำคัญ: สารสกัดลิ้นจี่ ต้านเชื้อจุลินทรีย์ ต้านอนุมูลอิสระ

วันที่รับ: 13 มกราคม 2568
วันที่แก้ไข: 11 มิถุนายน 2568
วันที่ตอบรับ: 17 กรกฎาคม 2568

[1]คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จ.พะเยา 56000
[2]คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร 10160
[3]คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา จ.พะเยา 56000
[4]คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10400
[5]มูลนิธิทันตนวัตกรรมในพระบรมราชูปถัมภ์ กรุงเทพฯ 10310
*(*ผู้ติดต่อบทความ)*

A Study on the Antimicrobial Activity Against *S. mutans* and *C. albicans* and the Antioxidant Activity of Litchi Extract

Paphaon Kheawseema[1] Watcharapol Keratiwibul[1] Titikan Ruensukon[1] Thananya Chongcharoenkit[1] Tasanee Tengrungsun[2] Acharaporn Duangjai[3] Jinthana Lapirattanakul[4] Natchalee Srimaneekarn[4] Ketsara Phadungrerk[5] Yupaporn Phonok[1*]

Abstract

Objective: This study aimed to evaluate the antimicrobial activity against oral pathogens and the antioxidant properties of lychee extracts.

Materials and Methods: The research methodology involved extracting lychee pulp with water and drying it using spray drying, as well as extracting lychee seeds with water and drying them using freeze drying. Lychee juice was also extracted for analysis. The antimicrobial activity of lychee pulp and seed extracts was tested using the agar well diffusion method and the broth microdilution method. Antioxidant activity was assessed using the DPPH radical scavenging assay.

Results: Extracts from both the pulp and seeds of Emperor and Hong Huay lychee cultivars showed no antibacterial activity against *S. mutans* or antifungal activity against *C. albicans*. However, the seed extracts demonstrated good antioxidant activity, with a value of 31.75 mg equivalent of ascorbic acid per gram of extract. Fresh lychee juice also exhibited antioxidant activity, with a total antioxidant value of 0.02719 mg equivalent of ascorbic acid per gram of extract, respectively.

Conclusion: Extracts from lychee flesh and seeds have no antibacterial activity against *S. mutans* and antifungal activity against C. albicans, but lychee seed extract shows good antioxidant properties.

Keywords: Lychee extract, Antimicrobial, Antioxidant

Received Date: Jan 13, 2025
Revised Date: Jun 11, 2025
Accepted Date: Jul 17, 2025

[1]*School of Dentistry, University of Phayao, Phayao, 56000, Thailand.*
[2]*Faculty of Dentistry, Siam University, Bangkok 10160, Thailand.*
[3]*School of Medical Science, University of Phayao, Phayao, 56000, Thailand.*
[4]*Faculty of Dentistry, Mahidol University, Bangkok, 10400, Thailand.*
[5]*Dental innovation foundation under royal patronage, Bangkok, 10310,Thailand.*
*(*Corresponding author)*

บทนำ (Introduction)

ลิ้นจี่ (Litchi Chinensis Sonn.) มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ไม่เพียงเป็นแหล่งอาหารเท่านั้น แต่ยังใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการแพทย์ ลิ้นจี่ประกอบด้วยเปลือก (pericarp) เนื้อ (pulp) และเมล็ด (seed) มีสารชีวภาพและเคมีที่อุดมสมบูรณ์และมีประโยชน์อย่างมีนัยสำคัญสำหรับมนุษย์ ทั้งด้าน อุตสาหกรรมอาหาร เภสัชกรรม เครื่องสำอาง และเคมีภัณฑ์ โดยเฉพาะส่วนของเนื้อและเมล็ด ซึ่งอุดมไปด้วยโพลีฟีนอล (polyphenol) ลิ้นจี่ถูกใช้มานานหลายศตวรรษเพื่อรักษาอาการท้องผูก เบาหวาน ไอ ท้องร่วง และโรคซึมเศร้า รวมทั้งฆ่าพยาธิในลำไส้ อีกทั้งยังมีฤทธิ์ต้านโรคอ้วน ต้านมะเร็ง ต้านภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง ป้องกันการตายของเซลล์ประสาทในสัตว์ทดลอง และกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (1-2)

งานวิจัยในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากลิ้นจี่มีองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีหลากหลาย เช่น โพลีแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) และโพลีฟีนอล ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นในการปกป้องสมอง ต้านการอักเสบ และต้านแบคทีเรีย (3-4) โดยการทดลองในสัตว์พบว่าสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่ สามารถลดความเสียหายของสมองและลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอัลไซเมอร์ ผ่านบทบาทของโพลีแซ็กคาไรด์ในการลดความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ประสาท (5) นอกจากนี้ ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ในเมล็ดลิ้นจี่ยังแสดงฤทธิ์ลดการอักเสบโดยการลดการผลิต ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบในร่างกาย (6) จากการค้นคว้าในปัจจุบัน งานวิจัยที่ระบุถึงสารออกฤทธิ์เฉพาะในลิ้นจี่ (Litchi chinensis Sonn.) ที่มีผลยับยั้งเชื้อ *S. mutans* และ *C. albicans* โดยตรงยังไม่แน่ชัด อย่างไรก็ตามมีการศึกษาที่พบว่าสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในพืชอื่น ๆ มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อเหล่านี้ได้ ซึ่งสารประกอบเหล่านี้อาจพบได้ในลิ้นจี่เช่นกัน การศึกษาของ พรรณนิภาและคณะ ปี 2024 พบว่าสารในกลุ่มโพลีฟีนอล เช่น กรดแกลลิก (gallic acid), กรดแทนนิก (tannic acid), เควอซิทิน (quercetin) และกรดซาลิไซลิก (salicylic acid) มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย *S. mutans* (7) นอกจากนี้การศึกษาสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่พบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (8) ซึ่งบ่งชี้ถึงการมีสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่อาจมีศักยภาพในการยับยั้งเชื้อจุลชีพ ดังนั้น การวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับสารออกฤทธิ์ในลิ้นจี่และผลต่อเชื้อ *S. mutans* และ *C. albicans* จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจและอาจนำไปสู่การค้นพบใหม่ในอนาคต

ฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากลิ้นจี่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียหลากหลายชนิด รวมถึง *S. mutans* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคฟันผุ และ *C. albicans* ที่เกี่ยวข้องกับรอยโรคในช่องปาก (3) ทั้งนี้ อนุมูลอิสระ (oxidants) ที่สะสมมากเกินไปในร่างกายอาจทำให้เซลล์เสียหายหรือกลายพันธุ์ ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคร้ายแรง เช่น โรคอัลไซเมอร์ โรคมะเร็งบางชนิด โรคหัวใจ และโรคข้ออักเสบ โดยอนุมูลอิสระเหล่านี้สามารถถูกลดทอนหรือกำจัดได้ด้วยสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (9)

คุณสมบัติทางชีวภาพเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าสารสกัดจากลิ้นจี่มีศักยภาพในการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพหรือใช้รักษาโรคต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (7) การศึกษาทั้งแบบ *in vitro* และ *in vivo* แสดงให้เห็นว่าลิ้นจี่มีสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (IC_{50} ตั้งแต่ 1.10 ถึง 9.60 มก./มล.) (8) ตามบัญชีรายชื่อส่วนประกอบที่อนุญาตให้ใช้ในอาหารกำหนดว่า ลิ้นจี่ *(Litchi chinensis Sonn.)* และเนื้อหุ้มเมล็ดเท่านั้นที่สามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องดื่มที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทได้ ยกเว้นเครื่องดื่มที่มีการผสมคาเฟอีน รวมถึงกาแฟ (10) อย่างไรก็ตามปัจจุบันข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของน้ำลิ้นจี่และเนื้อลิ้นจี่ยังคงมีอยู่อย่างจำกัด เน้นหนักไปที่เปลือกและเมล็ดของลิ้นจี่ (11)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงให้ความสนใจศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อและต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเนื้อลิ้นจี่ เมล็ดลิ้นจี่ และน้ำลิ้นจี่คั้นสด พัฒนาเทคนิคการสกัดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และขยายขอบเขตการใช้งานในด้านสุขภาพช่องปาก รวมไปถึงการดูแลรักษารอยโรคในช่องปากได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

1. กระบวนการเตรียมสารสกัดจากเนื้อลิ้นจี่และเมล็ดลิ้นจี่

1.1 ล้างลิ้นจี่ให้สะอาด

1.2 แกะเปลือกและแยกเนื้อออกจากเมล็ด

1.3 บดหรือปั่นเนื้อให้มีขนาดเล็กลงส่วนเมล็ดอบให้แห้งที่ 55°C และนำมาบดปั่นให้มีขนาดเล็กลง

1.4 กรองเนื้อบดผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น

1.5 นำน้ำที่กรองได้เข้าสู่กระบวนการทำแห้งด้วยวิธีพ่นฝอย (spray drying) ส่วนเมล็ดทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying)

1.6 เก็บสารสกัดเนื้อลิ้นจี่และสารสกัดเมล็ดแห้งไว้ในภาชนะที่ปิดสนิท และเก็บรักษาในอุณหภูมิ -20 °C

ความแตกต่างของสายพันธุ์ในการเตรียมสารสกัด ดังนี้

1. พันธุ์จักรพรรดิ์ ผลมีลักษณะทรงกลมเปลือกหนาสีแดงเข้ม ผิวหยาบและมีหนามเรียบ เนื้อหนาสีขาวขุ่น ฉ่ำน้ำ รสหวานและมีกลิ่นหอม เมล็ดมีขนาดใหญ่

%Yield ของสารสกัด พันธุ์จักรพรรดิ์ เนื้อลิ้นจี่ 40 กิโลกรัม สกัดเป็นน้ำได้ 30 ลิตร คิดเป็น 75%

2. พันธุ์ฮงฮวย ผลมีลักษณะทรงกลม เปลือกสีแดงสด ผิวเรียบและมีหนามสั้นห่าง เนื้อไม่หนามากสีขาวใส รสหวานอมเปรี้ยว เมล็ดมีขนาดเล็ก

%Yield ของสารสกัด พันธุ์ฮงฮวย เนื้อลิ้นจี่ 268 กก. สกัดเป็นน้ำได้ 140 ลิตร คิดเป็น 52.24%

2. การทดสอบประสิทธิภาพในการต้านเชื้อก่อโรคในช่องปากของสารสกัดเนื้อและเมล็ดลิ้นจี่

ละลายสารสกัดเนื้อและเมล็ดลิ้นจี่ที่ได้เตรียมได้โดยใช้ตัวทำละลายเป็นน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ สำหรับสารสกัดจากเนื้อลิ้นจี่ทั้งจากสายพันธุ์จักรพรรดิ์และสายพันธุ์ฮงฮวยเตรียมสารละลายที่ความเข้มข้น 400 mg/ml ส่วนสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่ (ผสมทั้งเมล็ดลิ้นจี่จากสายพันธุ์จักรพรรดิ์และสายพันธุ์ฮงฮวย) เตรียมสารละลายที่ความเข้มข้น 100 mg/ml โดยในส่วนของสารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่มีตัวอย่าง 2 ชนิด กล่าวคือ ตัวอย่างชนิดที่ 1 สารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่ซึ่งสกัดด้วยน้ำ ตัวอย่างที่ 2 สารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่ซึ่งสกัดด้วยเอทานอล สารละลายเนื้อและเมล็ดลิ้นจี่ทุกชนิด เมื่อทำละลายแล้วนำไปทำการฆ่าเชื้อด้วยแสง ultraviolet (UV) เป็นเวลา 10 นาที ก่อนที่จะใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

งานวิจัยนี้ทำการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดเนื้อและเมล็ดลิ้นจี่ต่อเชื้อก่อโรคในช่องปาก 2 ชนิด กล่าวคือ เชื้อ *S. mutans* สายพันธุ์มาตรฐาน UA159 และเชื้อ *C. albicans* สายพันธุ์มาตรฐาน ATCC1023 โดยเริ่มจากเชื้อโคโลนีของเชื้อ *S. mutans* และเชื้อ *C. albicans* จากอาหารเลี้ยงเชื้อ Brain heart infusion (BHI) agar (Difco, Detroit, MI, USA) และอาหารเลี้ยงเชื้อ Sabouraud dextrose agar (SDA; Difco) ใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI broth และอาหารเลี้ยงเชื้อ Sabouraud dextrose broth (SDB; Difco) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ สำหรับการเพาะเลี้ยงเชื้อ *S. mutans* เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 5% CO_2 ส่วนเชื้อ *C. albicans* เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเพาะเลี้ยง 16-18 ชั่วโมง สารละลายเชื้อที่ได้นำมาใช้ปรับปริมาณเชื้อเพื่อใช้การทดสอบขั้นต่อไป โดยการทดสอบประสิทธิภาพในการต้านเชื้อใช้ 2 วิธีทดสอบ คือ วิธี agar well diffusion และวิธี broth microdilution (12-13)

วิธี agar well diffusion ปรับปริมาณเชื้อ *S. mutans* และเชื้อ *C. albicans* ในสารละลายอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยปรับให้ความขุ่นเท่ากับค่าความขุ่นมาตรฐานแมคฟาแลนด์ 0.5 (*S. mutans* = 108 CFU/ml และ *C. albicans* = 106 CFU/ml) ตามลำดับ ป้ายลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI agar และ SDA agar ให้ทั่วโดยไม้พันสำลี แล้วเจาะหลุม (well) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm บนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ เพื่อหยอดสารละลายเนื้อและเมล็ดลิ้นจี่ที่ทดสอบ สำหรับสารละลายเนื้อลิ้นจี่ทดสอบที่ความเข้มข้น 400, 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25 mg/ml ส่วนสารละลายเมล็ดลิ้นจี่ทดสอบที่ความเข้มข้น 100, 50, 25, 12.5, 6.25 mg/ml ใช้ปริมาณของสารละลายที่ใส่ลงในหลุมเท่ากับ 30 µl แล้วนำไปเพาะบ่มเป็นเวลา 24 ชม. ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 5% CO_2 สำหรับเชื้อ *S. mutans* และที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส สำหรับเชื้อ *C. albicans* เมื่อครบเวลา

24 ชั่วโมง อ่านผลการต้านเชื้อของสารสกัดโดยวัดขนาด inhibition zone ที่เกิดขึ้นรอบหลุมที่ใส่สารสกัดนั้น ในการทดสอบด้วยวิธี agar well diffusion นี้ใช้สารละลาย 2% Chlorhexidine ปริมาณ 30 µl และน้ำกลั่นปริมาณ 30 µl เป็น positive control และ negative control ตามลำดับ

ส่วนวิธี broth microdilution ทำเพื่อหาค่าความเข้มข้นน้อยที่สุดที่สามารถทำลายเชื้อ (minimum bactericidal concentration; MBC) ของสารสกัดเนื้อและเมล็ดลิ้นจี่ โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ BHI broth สำหรับเชื้อ *S. mutans* และใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast Nitrogen Base medium (YNB; Difco) เสริมด้วยน้ำตาล 2% กลูโคส สำหรับเชื้อ *C. albicans* ใส่อาหารเลี้ยงเชื้อใน 96 well-microtiter plate (Thermo Fisher Scientific, Jiangsu, China) หลุมละ 100 µl จากนั้นทำการ เจือจางความเข้มข้นของสารสกัดเนื้อลิ้นจี่และสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ทีละ 2 เท่า (2-fold dilution) โดยหยดสารสกัดที่ทำการทดสอบ 100 µl ลงในหลุมที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ 100 µl ผสมให้เข้ากันแล้วดูดสารผสมดังกล่าว 100 µl ใส่หลุมถัดไป ทำการเจือจางต่อเนื่องเช่นนี้กับหลุมถัด ๆ ไป จากนั้นนำสารละลายเชื้อ *S. mutans* และเชื้อ *C. albicans* ปรับให้มีความขุ่นเท่ากับค่าความขุ่นมาตรฐานแมคฟาแลนด์ 0.5 มาทำเจือจางในอัตราส่วน 1:10 แล้วใช้ 10 µl ของเชื้อที่เจือจางได้ใส่ลงในสารละลายลิ้นจี่ (100 µl) ความเข้มข้นต่าง ๆ ซึ่งเตรียมไว้ในหลุมของ 96 well-microtiter plate (คิดเป็นปริมาณเชื้อในแต่ละหลุมของ 96 well-microtiter plate เท่ากับ 105 CFU ของเชื้อ *S. mutans* และ 103 CFU ของเชื้อ *C. albicans* ตามลำดับ) สำหรับ positive control และ negative control ใช้เป็น 1% Chlorhexidine และอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีสารสกัดลิ้นจี่ ภายหลังการบ่ม เพาะเชื้อ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจสอบการเจริญเติบโตของเชื้อในหลุมต่าง ๆ โดยดูความขุ่น ถ้าสารสกัดสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อได้ หลุมนั้นจะไม่มีความขุ่นของเชื้อ นำสารละลายในทุกหลุมที่ทดลองไปเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ BHI agar และ SDA agar แล้วบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กับเชื้อ *S. mutans* และเชื้อ *C. albicans* ตามลำดับ อ่านผลการทำลายเชื้อโดย ต้องไม่มีเชื้อขึ้น

ทั้ง วิธี agar well diffusion และวิธี broth microdilution ทำการทดสอบทุกชนิดของสารละลายโดยทำการทดลองแบบ duplicate ต่อครั้ง และทำการทดลองซ้ำอย่างน้อย 2 ครั้ง

3. การทดสอบการต้านอนุมูลอิสระของของสารสกัดเนื้อและเมล็ดลิ้นจี่โดยวิธีการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเบื้องต้น (DPPH radical scavenging assay)

การเตรียมสารละลายลิ้นจี่เริ่มจากการชั่งสาร 2 กรัมละลายในน้ำ 100 ml จากนั้นทำการ dilute ให้ได้ความเข้มข้นเท่ากับ 0, 15.625, 31.25, 62.5, 125, 250, 500, และ 1000 µg/ml สำหรับการเตรียม Control blank ใช้ตัวอย่าง 20 µl ผสมในน้ำ 10 µl และโซเดียมคาร์บอร์เนต 7.5% ปริมาตร 80 µl ส่วน Sample blank ใช้ตัวอย่าง 20 µl ผสมกับ Folin 100 µl และโซเดียมคาร์บอร์เนต 7.5% ปริมาตร 80 µl ในการเตรียมสต๊อคสาร Gallic acid มีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อน้ำ 1 มิลลิลิตร และ dilute ให้ได้ความเข้มข้น 100, 50, 25, 12.5, 6.5, 3.125, และ 1.5625 µg/ml จากนั้นเตรียม 96-Well plate โดยแบ่งเป็น A: Trolox 20 µl ผสมกับ DPPH 180 µl, B: สารสกัดลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย 20 µl ผสมกับ DPPH 180 µl, C: Sample blank, D: Control blank (2 well), และ E: Control DPPH (2 well) โดยหยดสารแต่ละชนิดตามตำแหน่งที่กำหนดแล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ในที่มืด ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Microplate Reader จากข้อมูลที่ได้คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การต้านอนุมูลอิสระ (% radical scavenging) และรายงานผลเป็นค่า IC50 โดยสารสกัดที่สามารถจับอนุมูล DPPH ได้จะทำให้สีของสารละลาย DPPH เปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเหลือง

ผลการทดลอง (Results)

1. ผลการต้านเชื้อก่อโรคในช่องปากและการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเนื้อลิ้นจี่

ผลการทดลองพบว่า สารสกัดเนื้อลิ้นจี่ทั้งสายพันธุ์จักรพรรดิ์และสายพันธุ์ฮงฮวยไม่มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* และเชื้อ *C. albicans* ไม่ว่าทดสอบด้วยวิธี agar well diffusion หรือวิธี broth microdilution (ตารางที่ 1) สำหรับผลด้านการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเนื้อลิ้นจี่นั้นการศึกษาการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH assay โดยการวัดค่าการ ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm เปรียบเทียบกับ Trolox ซึ่งเป็นสารมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่าสารมาตรฐาน Trolox แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าสารสกัดจากเนื้อลิ้นจี่ ซึ่งไม่พบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

2. ผลการต้านเชื้อก่อโรคในช่องปากและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่

ผลการทดลองสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ทั้ง 2 ชนิด (ตัวอย่างที่ 1 สกัดด้วยน้ำ ตัวอย่างที่ 2 สกัดด้วยเอทานอล ไม่มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* และเชื้อ *C. albicans* เช่นกัน (ตารางที่ 1) โดยการทดสอบด้วยวิธี agar well diffusion ไม่เกิด inhibition zone รอบหลุมที่ใส่สารสกัดทุกชนิด (รูปที่ 1 และรูปที่ 2) ในวิธี broth microdilution พบการเจริญเติบโตของทั้งเชื้อ *S. mutans* และเชื้อ *C. albicans* บนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบวุ้นแข็ง (agar) ได้ แม้ได้เพาะบ่มเชื้อดังกล่าวในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเหลว (broth) ที่มีส่วนประกอบของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ (รูปที่ 3 และรูปที่ 4) เมื่อเทียบกับการไม่พบทั้งเชื้อ *S. mutans* และ *C. albicans* โตบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบวุ้นแข็ง เมื่อเพาะบ่มเชื้อดังกล่าวในสารละลาย 1% chlorhexidine ซึ่งใช้เป็น positive control แม้ว่าใน รูปที่ 3 B การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ (ตัวอย่างที่ 2 ที่ความเข้มข้น 50 mg/ml) ต่อเชื้อ *S. mutans* ด้วยวิธี broth dilution จะแสดงแนวโน้มการลดลงของเชื้อ *S. mutans* ที่เจริญเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบวุ้นแข็ง เมื่อเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มอื่น ๆ แต่ความเข้มข้นดังกล่าวก็ยังไม่ถือว่าเป็นค่า MBC

สำหรับผลด้านการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่นั้น มีค่าการต้านอนุมูลอิสระรวมของสารสกัดตัวอย่าง 31.75 mg eq Ascorbic/g extract โดยวิธี DPPH Method บ่งบอกถึงมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่ดี (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการต้านเชื้อก่อโรคในช่องปากและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดลิ้นจี่

Table 1: Antimicrobial activity against oral pathogens and antioxidant activity of lychee extract.

สารสกัด	Agar well diffusion		broth microdilution		ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (mg eq Ascorbic /g extract)
	S. mutans Inhibition zone (mm)	*C. albicans* Inhibition zone (mm)	*S. mutans* MBC (mg/ml)	*C. albicans* MBC (mg/ml)	
เนื้อลิ้นจี่สายพันธุ์จักรพรรดิ์	0	0	No	No	-
เนื้อลิ้นจี่สายพันธุ์ฮงฮวย	0	0	No	No	-
เมล็ดลิ้นจี่ ตัวอย่างที่ 1	0	0	No	No	31.75
เมล็ดลิ้นจี่ ตัวอย่างที่ 2	0	0	No	No	-

No = ไม่มีฤทธิ์ทำลายเชื้อ; - = ไม่ได้ทำการทดสอบ

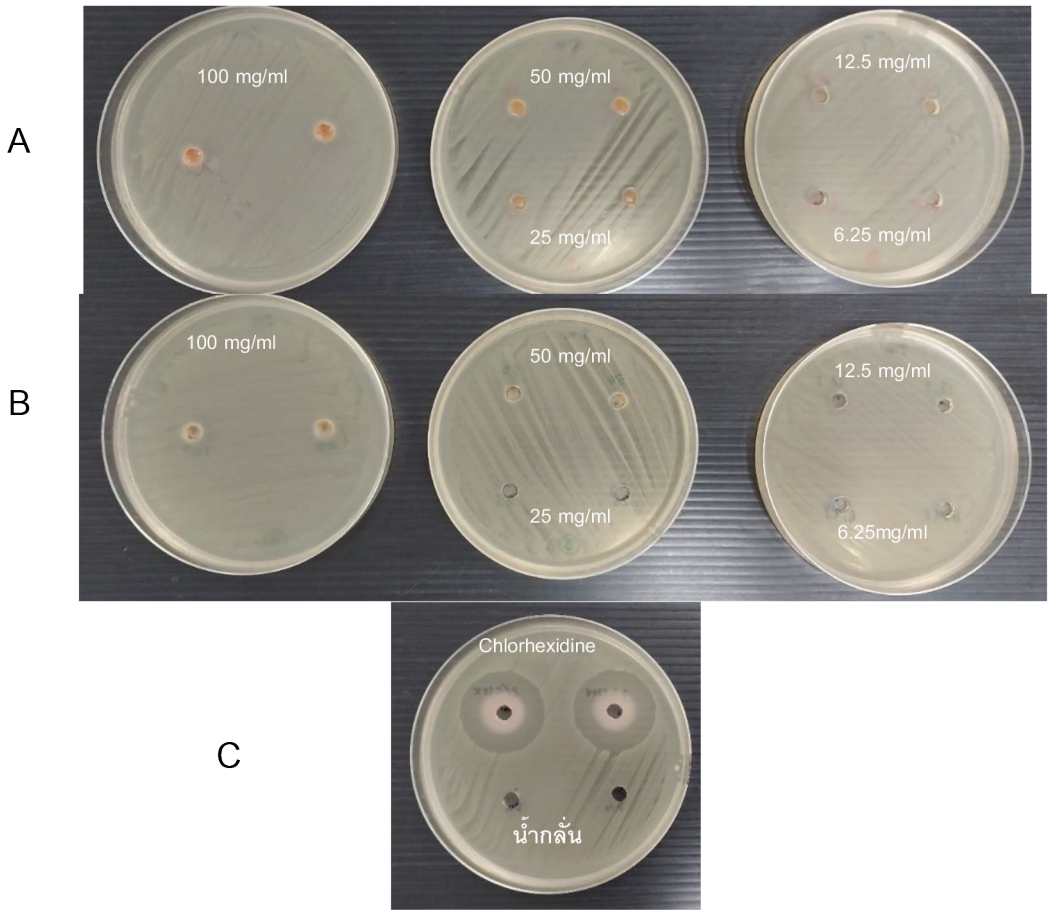
3. ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำลิ้นจี่

สำหรับผลด้านการต้านอนุมูลอิสระของน้ำลิ้นจี่คั้นสดโดยวิธี DPPH Method มีค่าการต้านอนูมูลอิสระรวมของตัวอย่างที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.02719 mg eq Ascorbic/g extract บ่งบอกถึงมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของของน้ำลิ้นจี่คั้นสด

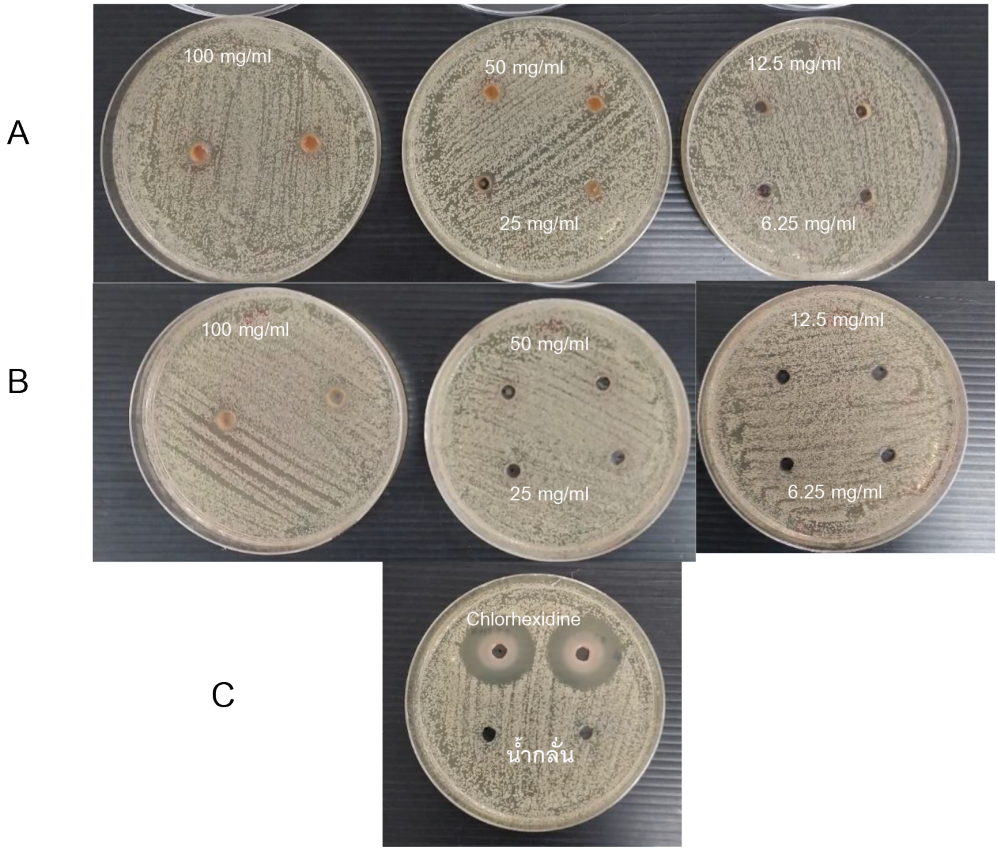
Table 2: Antioxidant activity of fresh lychee juice.

สารสกัด	ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (mg eq Ascorbic/g extract)
น้ำลิ้นจี่ตัวอย่างที่ 1	0.02719



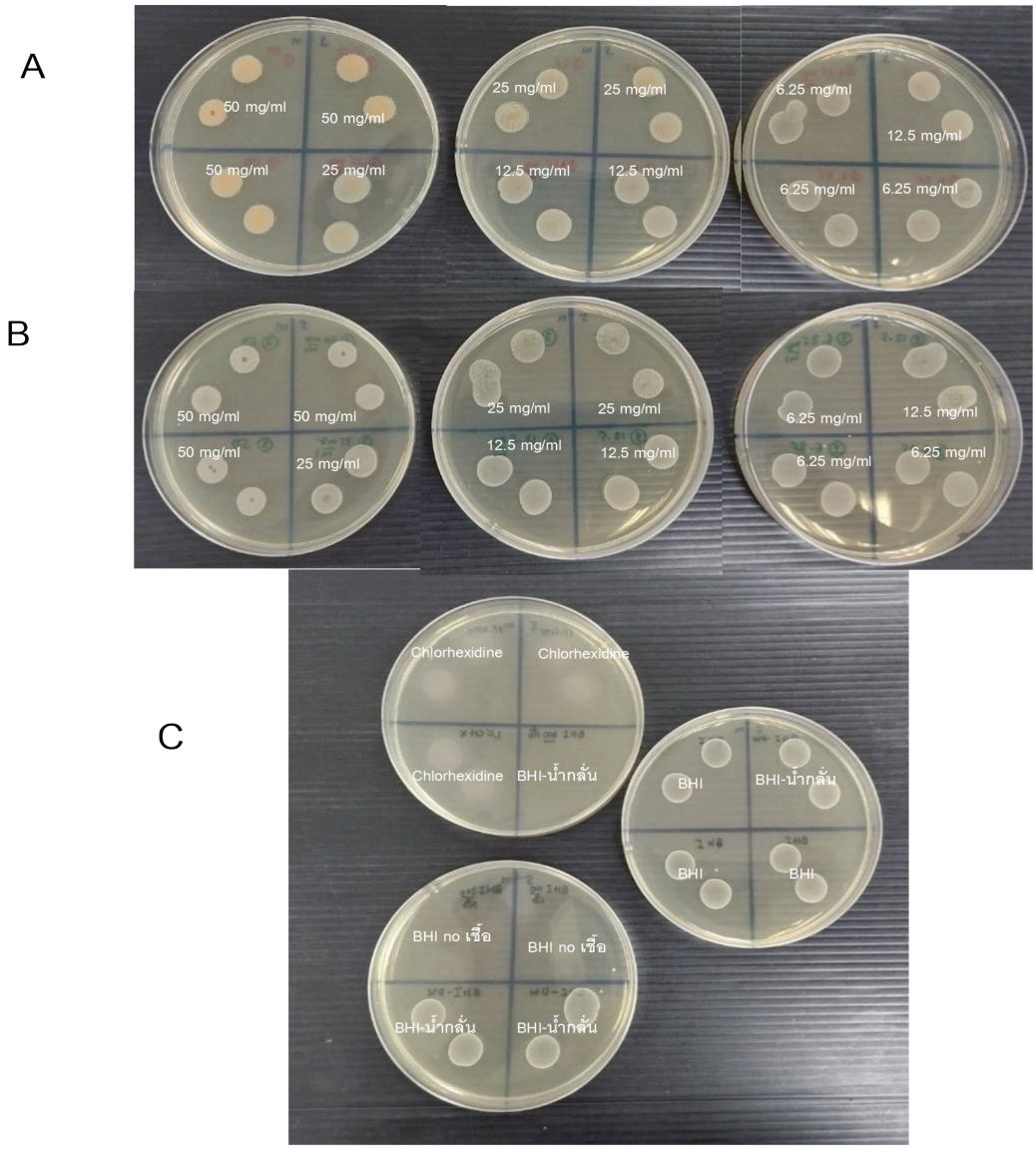
รูปที่ 1 การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ต่อเชื้อ *S. mutans* ด้วยวิธี agar well diffusion
A. สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ (ตัวอย่างที่ 1) B. สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ (ตัวอย่างที่ 2)
C. positive control และ negative control

Fig 1. Testing the effect of lychee seed extract on *S. mutans* using the agar well diffusion method. A. Lychee seed extract, (Sample 1) B. Lychee seed extract, (Sample 2)
C. Positive and negative controls.

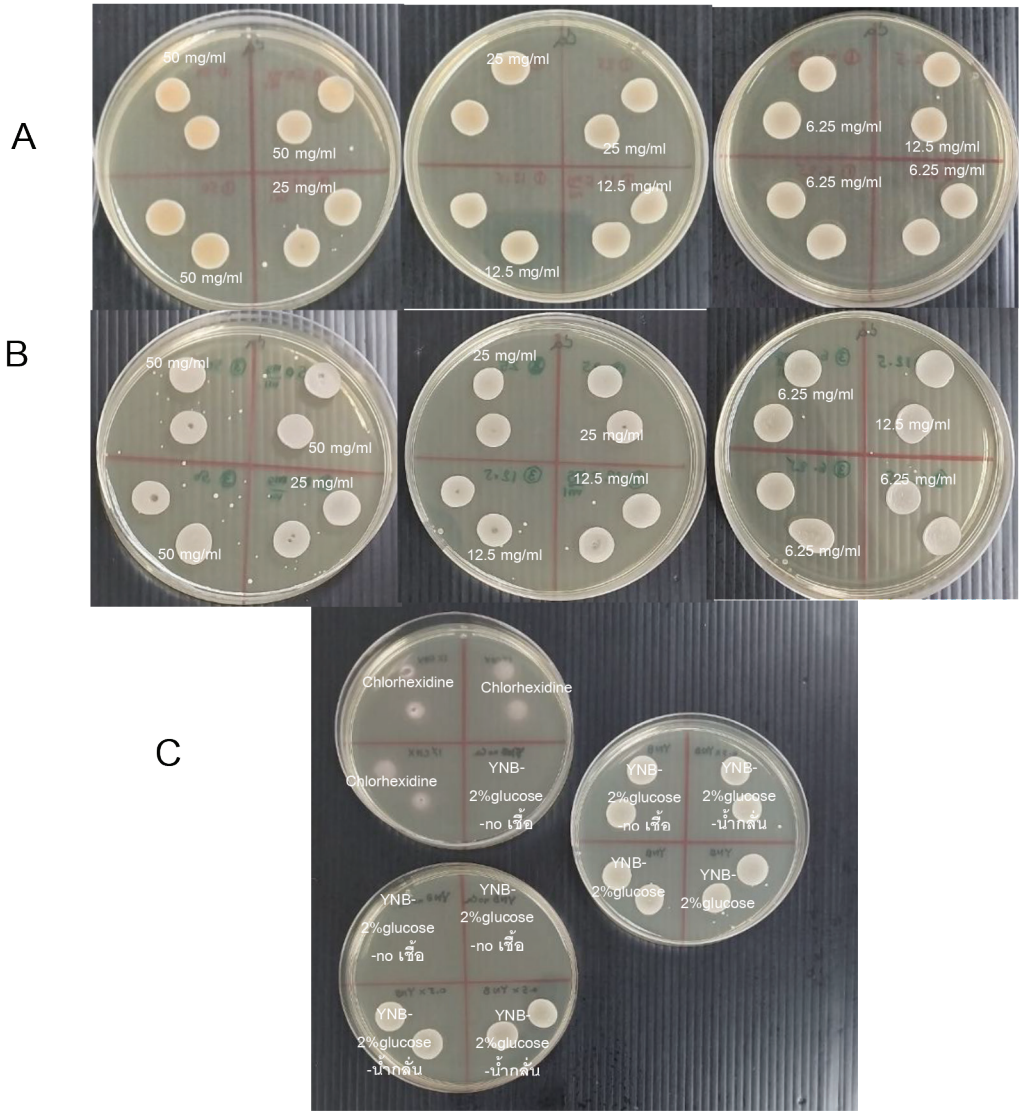


รูปที่ 2 การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ต่อเชื้อ *C. albicans* ด้วยวิธี agar well diffusion
A. สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ (ตัวอย่างที่ 1) B. สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ (ตัวอย่างที่ 2)
C. positive control และ negative control

Fig 2. Testing the effect of lychee seed extract on *S. mutans* using the agar well diffusion method. A. Lychee seed extract, (Sample 1) B. Lychee seed extract, (Sample 2)
C. Positive and negative controls.



รูปที่ 3 การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ต่อเชื้อ *S. mutans* ด้วยวิธี broth microdilution
A. สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ (ตัวอย่างที่ 1) B. สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ (ตัวอย่างที่ 2)
C. positive control (1% Chlorhexidine) และ negative control (BHI-น้ำกลั่น; BHI)
ใช้ BHI no เชื้อเป็น media เพื่อ monitor contamination
Fig 3. Testing the effect of lychee seed extract on *S. mutans*
using the broth microdilution method.
A. Lychee seed extract, (Sample 1) B. Lychee seed extract, (Sample 2) C. Positive control
(1% Chlorhexidine) and negative control (BHI-distilled water; BHI).
BHI without microorganisms is used as the medium to monitor contamination.



รูปที่ 4 การทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ต่อเชื้อ *C. albicans* ด้วยวิธี broth microdilution A. สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ (ตัวอย่างที่ 1) B. สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ (ตัวอย่างที่ 2) C. positive control (1% Chlorhexidine) และ negative control (YNB-2%glucose-น้ำกลั่น; YNB-2%glucose) ใช้ YNB-2%glucose no เชื้อ เป็น media เพื่อ monitor contamination

Fig 4. Testing the effect of lychee seed extract on *C. albicans* using the broth microdilution method. A. Lychee seed extract, (Sample 1) B. Lychee seed extract, (Sample 2) C. Positive control (1% Chlorhexidine) and negative control (YNB-2% glucose-distilled water; YNB-2% glucose). YNB-2% glucose without microorganisms is used as the medium to monitor contamination.

บทวิจารณ์ (Discussion)

ผลการทดลองพบว่า สารสกัดจากเนื้อลิ้นจี่ทั้งสายพันธุ์จักรพรรดิ์และสายพันธุ์ฮงฮวยไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. mutans* และ *C. albicans* ได้ทั้งในวิธี agar well diffusion และ broth microdilution (ตารางที่ 1) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปริมาณและชนิดของสารออกฤทธิ์ในเนื้อลิ้นจี่ที่ไม่เพียงพอ (14) งานวิจัยของ พรมเสนสา และคณะปี 2022 ระบุว่าลิ้นจี่ที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อส่วนใหญ่ใช้ใบลิ้นจี่มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* ได้ดีที่สุด โดยให้ค่าโซนยับยั้งเฉลี่ย 12 ± 0.02 มม. และมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งและฆ่าเชื้ออยู่ที่ 62.5 และ 125.0 มก./มล. ตามลำดับ (15) การปรับปรุงวิธีการสกัดอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านเชื้อ (16)

ในด้านฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ผลการทดลองพบว่าสารมาตรฐาน Trolox มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีกว่าสารสกัดจากเนื้อลิ้นจี่เมื่อทดสอบด้วยวิธี DPPH assay โดยวัดการดูดกลืนแสงที่ 517 nm (17) ซึ่งผลนี้สอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่า เนื้อลิ้นจี่มีปริมาณโพลีฟีนอลและฟลาโวนอยด์ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์อื่น ๆ จากลิ้นจี่ เช่น เปลือกหรือเมล็ด (18) ที่มีบทบาทในการต้านอนุมูลอิสระ (19) เมล็ดลิ้นจี่จึงเป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่มีศักยภาพ (20) การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาวิธีการสกัดหรือการใช้ส่วนอื่นของลิ้นจี่ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า (21) ผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิสูงและระยะเวลาการอบแห้งที่ยาวนานส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ทั้งหมดรวมถึงความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ลดลง (22) นอกจากนี้การสกัดแบบไม่ใช้ความร้อนได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีที่ดีกว่าการใช้ความร้อน เพราะสามารถรักษาสีธรรมชาติและสารอาหารได้ดี (8) ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า น้ำลิ้นจี่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีกว่าสารสกัดเนื้อลิ้นจี่ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของหัตถโกศล ปี 2019 (23) แม้ว่าลิ้นจี่จะมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ แต่สารสกัดจากเมล็ดลิ้นจี่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าสารสกัดจากเนื้อลิ้นจี่และน้ำลิ้นจี่ โดยพบว่าค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำลิ้นจี่คั้นสดและสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนมีค่าเท่ากับ 0.02719 และ 31.75 mg ascorbic acid equivalent/g extract ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ โดยทั่วไปจะถือว่าค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่า 20 mg ascorbic acid equivalent/g extract ขึ้นไป เป็นระดับที่มีศักยภาพดีในการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านเภสัชกรรมหรืออาหารสุขภาพ (24-25) ดังนั้นการเปรียบเทียบสารสกัดจากเนื้อลิ้นจี่ น้ำลิ้นจี่ และเมล็ดลิ้นจี่ พบว่าสารสกัดจากลิ้นจี่มีศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระผ่านกลไกต่าง ๆ ได้แก่ การดักจับอนุมูลอิสระ (Free Radical Scavenging) โดยสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในลิ้นจี่สามารถบริจาคอิเล็กตรอนหรือไฮโดรเจนให้กับอนุมูลอิสระ เช่น DPPH· และ ABTS+· เพื่อลดความเป็นพิษของอนุมูลอิสระเหล่านี้ การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Inhibition of Oxidation Reactions) โดยสารต้านอนุมูลอิสระในลิ้นจี่สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่นำไปสู่การสร้างอนุมูลอิสระเพิ่มเติม (26) อย่างไรก็ตาม ควรพิจารณาว่าในการเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระระหว่างสารสกัดเนื้อลิ้นจี่และเมล็ดลิ้นจี่นั้น ความเข้มข้นของสารละลายที่นำมาทดสอบอาจแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ได้ การใช้สารสกัดที่มีความเข้มข้นสูงกว่าจะมีแนวโน้มให้ผลต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น จึงควรควบคุมหรือรายงานค่าความเข้มข้นที่ใช้เพื่อให้เกิดความเทียบเคียงที่เหมาะสม (27) ทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้การแสดงผลในรูปของ IC50 หรือการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานอีกครั้ง

ในกรณี ของสารสกัดเมล็ดลิ้นจี่ พบว่าไม่มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* และ *C. albicans* ทั้งในการทดสอบด้วยวิธี agar well diffusion และ broth microdilution (8) อย่างไรก็ตาม สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่มีค่าการต้านอนุมูลอิสระที่ดี โดยได้ค่าการต้านอนุมูลอิสระรวมที่ 31.75 mg eq Ascorbic/g extract จากการทดสอบด้วยวิธี DPPH (8) ผลการทดลองยังพบว่า น้ำลิ้นจี่คั้นสดมีค่าการต้านอนุมูลอิสระรวมที่ดี (23) การศึกษาของ Emanuele et al. ปี 2017 ยืนยันว่าลิ้นจี่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี (28)

จากผลการทดลองนี้พบว่า น้ำลิ้นจี่คั้นสดมีศักยภาพในการเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีคุณค่าสำหรับการบริโภคเพื่อสุขภาพ ซึ่งเกิดจากกระบวนการคั้นน้ำที่ไม่ใช้ความร้อนสูงเกินไป จึงช่วยรักษาคุณค่าทางโภชนาการได้ดี (28) วิธีการสกัดยังมีผลต่อปริมาณและประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์การใช้วิธีการสกัดที่เหมาะสม เช่น การเติมกรดซิตริกร่วมกับการสกัดด้วยความดันสูง (HP) หรือการใช้ไมโครเวฟ (MW) สามารถเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในสารสกัดได้ ดังนั้น การเลือกใช้ส่วนของลิ้นจี่ที่มีปริมาณสารออกฤทธิ์สูง เช่น เปลือกหรือเมล็ดร่วมกับการปรับปรุงวิธีการสกัดที่เหมาะสม อาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านเชื้อจุลชีพได้ (6) นอกจากนี้แหล่งที่มาของลิ้นจี่อาจส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญและการออกฤทธิ์ของสารได้ เนื่องจากปัจจัยด้านภูมิประเทศ ฤดูกาล และการจัดการระหว่างการปลูกสามารถทำให้ส่วนประกอบทางเคมีในเนื้อลิ้นจี่แตกต่างกัน (29)

บทสรุป (Conclusion)

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสารสกัดเนื้อลิ้นจี่ทั้งสายพันธุ์จักรพรรดิ์และสายพันธุ์ฮงฮวยไม่มีฤทธิ์ต้านเชื้อ *S. mutans* และเชื้อ *C. albicans* อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่สารสกัดเมล็ดลิ้นจี่สายพันธุ์ฮงฮวยก็ไม่แสดงฤทธิ์ต้านเชื้อทั้งสองชนิดเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบด้านการต้านอนุมูลอิสระของน้ำลิ้นจี่สายพันธุ์ฮงฮวยคั้นสดโดยใช้วิธี DPPH Method พบว่าน้ำลิ้นจี่ดังกล่าวมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ช่วยลดความเสี่ยงจากอนุมูลอิสระได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบพระคุณ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยพะเยา มูลนิธิทันตนวัตกรรม ในพระบรมราชูปถัมภ์ สถาบันนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้ความอนุเคราะห์บุคลากรและสถานที่ในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Emanuele S, Lauricella M, Calvaruso G, D'Anneo A, Giuliano M. Litchi chinensis as a functional food and a source of antitumor compounds: An overview and a description of biochemical pathways. Nutrients. 2017;9(9):992. doi.org/10.3390/nu9090992.

2. Yamanishi R, Yoshigai E, Okuyama T, Mori M, Murase H, Machida T, et al. The anti-inflammatory effects of flavanol-rich lychee fruit extract in rat hepatocytes. PLoS One. 2014;9(4) .doi.org/10.1371/journal.pone.0093818.

3. Pham-Huy LA, He H, Pham-Huy C. Free radicals, antioxidants in disease and health. Int J Biomed Sci. 2008;4(2):89-96.

4. PH Li, CW Wang, WC Lu, TY Song, CCR Wang. Antioxidant, Anti-Inflammatory Activities, and Neuroprotective Behaviors of Phyllanthus emblica L. Fruit Extracts. Agriculture. 2022;12(5): 588.doi.org/10.3390/agriculture12050588.

5. Cör Andrejč D, Knez Ž, Knez Marevci M. Antioxidant, antibacterial, antitumor, antifungal, antiviral, anti-inflammatory, and neuro-protective activity of Ganoderma lucidum: An overview. Front. Pharmacol. 2022;13:934982. 1-14. doi.org/ 10.3389/fphar.2022.934982.

6. Dong X, Huang Y, Wang Y, He X. Anti-inflammatory and antioxidant jasmonates and flavonoids from lychee seeds. J Funct Foods. 2019;54:74-80. doi:10.1016/j.jff.2018.12.040.

7. Jeektaeng-paneaw P, Arkonimart R, Sriraj P. Total Phenolic Content, Total Flavonoid Content and Anti-Streptococcus mutantsActivity of Chan Tung Ha Extracts. J Sci Technol Ubon Ratchathani Univ. 2024; 26(3):114-121. (in Thai).

8. Daorueang D. Phenolic content and antioxidant activity of lychee seed extract. Naresuan Phayao J. 2019;12(2): 25-27. (in Thai).

9. Zhao L, Wang K, Wang K, Zhu J, Hu Z. Nutrient components, health benefits, and safety of litchi (Litchi chinensis Sonn.): A review. Compr Rev. Food Sci. Food Saf. 2020;19(4):2139-63.

10. Ministry of Public Health. List of ingredients allowed for use in food and beverages in sealed containers. (except drinks mixed with caffeine) and coffee; 2023 [cited 2024 October]. Available from: URL: https://food.fda.moph.go.th/media.php?id=513379281141899264&name=BeverageList.pdf. (in Thai)

11. Surinut P, Kaewsutthi S, Surakarnkul R. Radical scavenging activity in fruit extracts. In III WOCMAP Congress on Medicinal and Aromatic Plants-Volume 5: Quality, Efficacy, Safety, Processing and Trade in Medicinal. 2003;679:201-3.

12. Cocuaud C, Rodier MH, Daniault G, Imbert C. Anti-metabolic activity of caspofungin against Candida albicans and Candida parapsilosis biofilms. J Antimicrob Chemother. 2005;56(3):507-12.

13. Teanpaisan R, Senapong S, Puripattanavong J. In vitro Antimicrobial and Antibiofilm Activity of Artocarpus lakoocha (Moraceae) Extract against Some Oral Pathogens. Trop J Pharm Res. 2014;13(7):1149-55.

14. Visuthiwan S, Assatarakul K. Kinetic modeling of microbial degradation and antioxidant reduction in lychee juice subjected to UV radiation and shelf life during cold storage. Food Control. 2020;123(4):107770. doi:10.1016/j.foodcont.2020.107770.

15. Promsensa S, Hongwilai C, Pata C, Komkla W, Ngamsaeng T, Sritarut K, et al. Antioxidant and antibacterial activity of Litchi chinensis Sonn. extracts. Koch Cha Sarn J Sci. 2022;44(1):43-50. (in Thai).

16. Yao P, Gao Y, Simal-Gandara J, Farag MA, Chen W, Yao D, et al. Litchi (Litchi chinensis Sonn.): A comprehensive review of phytochemistry, medicinal properties, and product development. Food Funct. 2021;12(20):9527-48.

17. Saive M, Genva M, Istasse T, Frederich M, Maes C, Fauconnier ML. Identification of a Proanthocyanidin from Litchi Chinensis Sonn. Root with Anti-Tyrosinase and Antioxidant Activity. Biomolecules. 2020;10(9):1347. doi: 10.3390/biom10091347.

18. Oulkar D, Singh K, Narayan B. Characterization of different parts of litchi fruit using UHPLC-QExactive Orbitrap. J Food Sci Technol. 2022;59(12):4889–906.

19. Sayago-Ayerdi S, García-Martínez DL, Ramírez-Castillo AC, Ramírez-Concepción HR, Viuda-Martos M. Tropical Fruits and Their Co-Products as Bioactive Compounds and Their Health Effects: A Review. Foods. 2021;10(8):1952. doi: 10.3390/foods10081952.

20. Liu Y, Nie X, Wang J, Zhao Z, Wang Z, Ju F. Visualizing the distribution of flavonoids in litchi (Litchi chinensis) seeds through matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry imaging. Front Plant Sci. 2023;14:1144449. doi: 10.3389/fpls.2023.1144449.

21. Cano-Gómez CI, Alonso-Castro AJ, Carranza-Alvarez C, Wong-Paz JE. Advancements in Litchi chinensis Peel Processing: A Scientific Review of Drying, Extraction, and Isolation of Its Bioactive Compounds. Foods. 2024;13(10):1461. doi: 10.3390/foods13101461.

22. Chansuna S, Charoensap L, Jirakiatkul Y, Harakhot P. Effects of Drying Temperatures and Times on Antioxidant Contents and Their Activities of Centella asiatica (L.) Urb. Leaves. Thai Sci Technol J. 2020;2261-72.

23. Hattakoson C. Beautiful skin and shiny hair with lychee. Institute of Nutrition Mahidol University Column Food for Life magazine Gourmet & Cuisine; 2019 [cited 2024 October]. Available from: URL: https://www.gourmetandcuisine.com/stories/detail/605#google_vignette.(in Thai).

24. Thepthong P, Rattakarn K, Ritchaiyaphum N, Intachai S, Chanasit W. Effect of extraction solvents on antioxidant and antibacterial activity of Zingiber montanum Rhizomes. ASEAN J Sci Technol Rep. 2023;26(3):1-9.

25. Tantipaibulvut S, Sanuksaen W, Samaal A, Asavasanti S. Efficiency improvement of bioactive compounds extraction from cantaloupe and muskmelon by freeze-thawing and PEF. Res J Phranakhon Rajabhat Sci Technol. 2018;13(1):50-63.

26. Phansawan B. Free radicals, antioxidants, and the analysis of antioxidant activity. Thai Sci Technol J . 2013;21(3): 275-86.

27. Ruenwai R, Photisate Y. Bioactive compounds and physicochemical properties of lychee vinegar. Naresuan Phayao J. 2021;14(1): 88-95.

28. Thiraphatthanavong P, Phandech K. Comparison of the phenolic compounds and antioxidant activity in different extraction techniques of Allium ascalonicum L. UDRU Sci. Technol. J. 2023;11(1):31-46.

29. Potisate Y, Pintha K. Optimum extraction condition and dehydration of lychee seeds extracts. Health Sci Tech Rev. 2021;14(2):105-15.

ติดต่อบทความ :
ดร.ทพญ.ยุพาภรณ์ โพธิ์นอก
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา
ต.แม่กา อ.เมืองพะเยา จ.พะเยา 56000
โทรศัพท์ : 054-466666 ต่อ 4914
อีเมล์ : yupaporn.ph@up.ac.th

Corresponding author:
Dr.Yupaporn Phonok
School of Dentistry, University of Phayao,
Mae Ka Subdistrict, Mueang Phayao District,
Phayao Province 56000
Tel: (665) 446 6666 # 4914
E-mail: yupaporn.ph@up.ac.th

การศึกษาเปรียบเทียบการตอบสนองของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์ต่อวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟัน 3 ชนิด: การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

ขนิษฐา ผจญแกล้ว[1] ณินทร์นิตา ว่องวัฒนาศานติ[2*] ละอองทอง วัชราภัย[2] ฤดี สุราฤทธิ์[3] สุวรรณา ก่อสุวรรณวงศ์[4] ราชพร สีจันทร์[4]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: ประเมินสมบัติทางชีวภาพของวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟันที่มีขายในประเทศไทย คือ ไวท์โปรรูทเอ็มทีเอ (ไวท์เอ็มทีเอ) ไอรูทบีพีพลัส (ไอรูทบีพี) และ นิชิกะคาแนลซีลเลอร์บีจีมัลติ (นิชิกะ)

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: วัสดุทั้ง 3 ชนิดได้รับการเจือจางเป็น 4 ความเข้มข้น คือ ร้อยละ 20, 2, 0.2 และ 0.02 จากนั้น นำไปสัมผัสกับเซลล์เอ็นยึดปริทันต์ของมนุษย์ในถาดเพาะเลี้ยงเซลล์ 96 หลุมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ประเมินผลในห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธีเอ็มทีที เอสเซ (MTT assay; 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide assay, Sigma, St Louis, MO)

ผลการศึกษา: ร้อยละความมีชีวิตของเซลล์ทดสอบภายหลังสัมผัสวัสดุทดสอบมีค่า 67.44 ± 13.44 ถึง 107.72 ± 18.52 สำหรับไวท์เอ็มทีเอ 76.00 ± 12.70 ถึง110.05 ± 16.72 สำหรับไอรูทบีพี และ104.42 ± 11.65 ถึง 117.97 ± 13.74 สำหรับนิชิกะ ซึ่งนิชิกะมีความเป็นพิษน้อยกว่ากลุ่มควบคุมบวกในทุกระดับความเข้มข้น ($p < 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมลบ นิชิกะเป็นวัสดุชนิดเดียวที่มีพิษต่อเซลล์น้อยกว่าในทั้ง 4 ความเข้มข้น ($p < 0.05$) นอกจากนี้ ในทุกระดับความเข้มข้นของไวท์เอ็มทีเอมีความเป็นพิษมากกว่านิชิกะ ($p < 0.05$) ขณะที่ไอรูทบีพีในระดับความเข้มข้นร้อยละ 20 พบว่าร้อยละความมีชีวิตของเซลล์เหลือน้อยกว่านิชิกะ ($p < 0.05$)

สรุป: นิชิกะมีแนวโน้มทำให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์เอ็นยึดปริทันต์ต่ำที่สุด ซึ่งบ่งชี้ว่าอาจเป็นวัสดุที่มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับไวท์เอ็มทีเอ และไอรูทบีพี

คำสำคัญ: การทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ มิเนอรัลไตรออกไซด์แอกกรีเกต รอยทะลุรากฟัน วัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟัน เซลล์เอ็นยึดปริทันต์ แคลเซียมซิลิเกตซีเมนต์ ไบโอแอคทีฟกลาส

วันที่รับ: 12 มีนาคม 2568
วันที่แก้ไข: 8 กรกฎาคม 2568
วันที่ตอบรับ: 22 กรกฎาคม 2568

[1]หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตแพทยศาสตร์ (กลุ่มวิชาวิทยาเอ็นโดดอนต์) วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี 12000
[2]สาขาวิชาวิทยาเอ็นโดดอนต์ วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี 12000
[3]คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร 10160
[4]สำนักงานการวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร 10400
*(*ผู้ติดต่อบทความ)*

Comparative Study of Human Periodontal Ligament Fibroblasts Response to Three Different Perforation Repair Materials: An *In Vitro* Study

Kanitha Pajonklaew[1] Ninnita Wongwatanasanti[2*] La-ongthong Vajrabhaya[2] Rudee Surarit[3] Suwanna Korsuwannawong[4] Ratchaporn Srichan[4]

Abstract

Objective: To evaluate the cytocompatibility of three perforation repair materials available in Thailand: ProRoot® MTA, iRoot® BP+, and Nishika Canal Sealer BG Multi (CS-BG).

Materials and Methods: The three materials were diluted into four concentrations: 20%, 2%, 0.2%, and 0.02%. The materials were then exposed to human periodontal ligament fibroblasts in a 96-well cell culture plate for 24 hours. The evaluation was conducted in vitro using the MTT assay (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide assay, Sigma, St. Louis, MO).

Results: The percentage of cell viability after exposure ranged from 67.44 ± 13.44 to 107.72 ± 18.52 for ProRoot® MTA, 76.00 ± 12.70 to 110.05 ± 16.72 for iRoot® BP+, and 104.42 ± 11.65 to 117.97 ± 13.74 for CS-BG. All materials exhibited lower toxicity than the positive control group at all concentration levels ($p < 0.05$). However, when compared to the negative control group, CS-BG was the only material that demonstrated significantly lower cytotoxicity at all four concentrations ($p < 0.05$). Additionally, at all tested concentrations, ProRoot® MTA showed significantly higher toxicity than CS-BG ($p < 0.05$). For iRoot® BP+, the 20% concentration resulted in lower cell viability compared to CS-BG ($p < 0.05$).

Conclusions: The CS-BG exhibited the lowest cytotoxicity among the tested materials, suggesting that it may be the most biocompatible compared to ProRoot® MTA and iRoot® BP+.

Keywords: Bioactive glass, Calcium silicate cement, Cytotoxicity test, Human periodontal ligament fibroblasts, Mineral trioxide aggregate, Repair materials, Root canal perforation.

Received Date: Mar 12, 2025
Revised Date: Jul 8, 2025
Accepted Date: Jul 22, 2025

[1]*Master of science program in dentistry (Endodontics), College of Dental Medicine, Rangsit University, Pathumthani 12000, Thailand.*
[2]*College of Dental Medicine, Rangsit University, Pathumthani 12000, Thailand.*
[3]*Faculty of Dentistry, Siam University, Bangkok 10160, Thailand.*
[4]*Research Office, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand.*
*(*Corresponding author)*

บทนำ (Introduction)

การเกิดรอยทะลุรากฟัน (root perforation) เป็นปัญหาที่สามารถเกิดขึ้นได้จากการทำหัตถการ ส่งผลให้เกิดช่องทางติดต่อระหว่างระบบคลองรากฟัน (root canal system) และพื้นผิวภายนอกรากฟัน (external tooth surface) ซึ่งเป็นสาเหตุให้การรักษาคลองรากฟันล้มเหลว และอาจทำให้เกิดการถอนฟันในอนาคต (1) โดยตำแหน่งที่เกิดรอยโรคมักมีการพยากรณ์ที่แตกต่างกัน หากเกิดที่บริเวณง่ามรากฟัน (furcation perforation) การพยากรณ์ของโรคไม่ดี เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่เกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียได้ง่าย ซึ่งจะนำไปสู่การทำลายเนื้อเยื่อปริทันต์ และสูญเสียกระดูกบริเวณนั้น (2) จึงควรรักษารอยทะลุบริเวณดังกล่าวโดยเร็วด้วยวัสดุที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการหาย สมบัติของวัสดุที่ใช้ควรมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพกับเนื้อเยื่อบริเวณที่เกิดรอยทะลุ (biocompatibility) มีความคงตัว (stability) ไม่ละลายง่าย แนบสนิท (sealing ability) และสามารถต้านทานการหลุด (dislodgement resistance) เพื่อให้วัสดุสามารถยึดติดกับผนังคลองรากฟันและคงอยู่ในตำแหน่งเดิมได้ (2)

ในปัจจุบันวัสดุที่ได้รับความนิยมและใช้เป็นมาตรฐาน คือ มิเนอรัลไตรออกไซด์แอ็กกรีเกต (Mineral trioxide aggregate; MTA, Dentsply Tulsa, OK, USA) ซึ่งเป็นวัสดุในกลุ่มแคลเซียมซิลิเกตซีเมนต์ (Calcium silicate cement) เช่น โปรรูทเอ็มทีเอ (ProRoot®MTA, Dentsply Tulsa, OK, USA) โดย มี 2 สี คือ สีเทาเกรย์โปรรูทเอ็มทีเอ (Grey ProRoot®MTA) และสีขาวไวท์โปรรูทเอ็มทีเอ (White ProRoot®MTA) ซึ่งมีสมบัติที่เหมาะสมในการใช้งานหลายประการ เนื่องจากเมื่อก่อตัวจะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน (hydration) ของสารประกอบแอนไฮดรัสมิเนอรอลออกไซด์ (Anhydrous mineral oxide compound) ก่อให้เกิดแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (Calcium silicate hydrate) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์เฟส (Calcium hydroxide phases) ป้องกันการขยายตัว มีความแนบสนิทที่ดี (3) ป้องกันการรั่วซึม มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (4) ไม่กระตุ้นให้เกิดการอักเสบ นอกจากนี้ยังพบว่าการรักษาประสบความสำเร็จค่อนข้างสูง เอ็มทีเอจึงเป็นวัสดุที่เหมาะสม และเป็นวัสดุมาตรฐานในการเปรียบเทียบกับวัสดุที่ผลิตขึ้นมาใหม่สำหรับการซ่อมรอยทะลุรากฟัน (5) แต่มีข้อด้อย คือ ระยะเวลาในการแข็งตัวสมบูรณ์ค่อนข้างนาน (final setting time) ประมาณ 3 ชั่วโมง (6) ใช้งานค่อนข้างยาก และมีบิสมัทออกไซด์ (Bismuth oxide) เป็นส่วนประกอบทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของฟัน (7) ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาวัสดุในกลุ่มแคลเซียมซิลิเกตซีเมนต์เพื่อปรับปรุงข้อบกพร่องดังกล่าว แต่ยังคงสมบัติที่ดีของเอ็มทีเอไว้ นั่นคือ ไอรูทบีพีพลัส (iRoot® BP+; Innovative Bioceramix, Vancouver, Canada) มีองค์ประกอบหลัก คือ ฟอสเฟตแคลเซียมโมโนเบสิกและแคลเซียมซิลิเกต ซึ่งเมื่อสัมผัสกับความชื้นจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีและปล่อยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ช่วยส่งเสริมความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (8) อีกทั้งยังมีค่า pH มากกว่า 12 เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อแบคทีเรีย (9) นอกจากนี้ลักษณะเด่นของวัสดุที่ปรับปรุงจากเอ็มทีเอจะมีลักษณะเป็นวัสดุผสมสำเร็จรูปเนื้อพุตตี้ (putty consistency) สีขาวที่พร้อมใช้งานได้ทันที (10) โดยไม่เกิดการหดตัว ไม่ละลายน้ำ ปราศจากอะลูมิเนียม และมีระยะเวลาในการแข็งตัวสมบูรณ์เพียง 2 ชั่วโมง ซึ่งเร็วกว่าค่าเฉลี่ยของเอ็มทีเอถึง 2 เท่า (9)

ในปี ค.ศ. 2017 ได้มีการพัฒนาไบโอเซรามิกชนิดใหม่ คือ ไบโอแอกทีฟกลาส (Bioactive glass) ซึ่งพบในวัสดุนิชิกะคาแนลซีลเลอร์บีจีมัลติ (Nishika canal sealer BG® multi; Nippon Shika Yakuhin, Yamaguchi, Japan) มีความแตกต่างจากวัสดุที่กล่าวมาข้างต้น คือ ใช้ระยะเวลาในการแข็งตัวสมบูรณ์น้อยลงเหลือเพียง 1 ชั่วโมง เมื่อเกิดปฏิกิริยาระหว่างไบโอแอกทีฟกลาสกับของเหลวในชั้นเนื้อฟัน จะเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนของแคลเซียม (Ca^{2+}) ฟอสเฟต (PO_4^{3-}) โซเดียม (Na^+) และเกิดเป็นผลึกของไฮดรอกซีอะพาไทต์ (Hydroxyapatite tag-like structure) เข้าไปในท่อเนื้อฟัน (Dentinal tubule) ทำให้มีการยึดติดกับผนังคลองรากฟันได้ดี (11) รวมทั้งได้ส่วนประกอบของสารที่เป็นเกลือของกรดไขมันแมกนีเซียม (Fatty acid magnesium salts) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งช่วยส่งเสริมความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (12) เนื่องจากวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟันต้องสัมผัสกับเนื้อเยื่อรอบรากฟันได้แก่เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

(Connective tissues) หลอดเลือด (Blood vessel) เส้นประสาท (Nerve) กระดูก (Bone) และเอ็นยึดปริทันต์ (Periodontal ligament) โดยตรง หากไม่มีสมบัติความเข้ากันได้ทางชีวภาพ จะส่งผลให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อบริเวณข้างเคียง กระตุ้นให้เกิดการตอบสนองต่อกระบวนการอักเสบ ทำให้แผลหายช้า และมีผลต่ออัตราความสำเร็จของการซ่อมรอยทะลุรากฟัน (13) ดังนั้น ความเข้ากันได้ทางชีวภาพกับวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟันจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ควรพิจารณา

จากการศึกษาความเข้ากันได้ทางชีวภาพของวัสดุนิชิกะโดย Washio และคณะ (12) ในลักษณะของซีลเลอร์อุดคลองรากฟัน (root canal sealer) ที่ไม่มีส่วนผงผสม พบว่าวัสดุนิชิกะมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพดีกว่าซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีลเลอร์ (Zinc oxide eugenol-based sealer) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Murata และคณะ (14) ที่พัฒนาวัสดุนิชิกะเพื่อใช้เป็นวัสดุอุดย้อนปลายราก (retrograde filling materials) ด้วยการผสมส่วนผงในปริมาณต่าง ๆ กับส่วนของเหลวร่วมกับการเติมสารซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) แคลเซียม-เมตาฟอสเฟต ($Ca(PO_3)_2$) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เข้าไปพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของผงจะมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับไวท์เอ็มทีเอ และซูเปอร์อีบีเอ (SuperEBA; Bosworth, Chicago, IL, USA) แต่ในทางตรงกันข้ามกับการศึกษาของ Aka และคณะ (15) ที่ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการกับเซลล์เอ็นยึดปริทันต์ พบว่าวัสดุนิชิกะมีความเป็นพิษต่อเซลล์ทดสอบมากกว่าเอ็มทีเอรีแพร์เอ็ชพี (MTA Repair HP, Angelus, Londrina, Brazil) แต่น้อยกว่าเอ็มทีเอโฟลว์ไวท์ (MTA Flow White, Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, USA) นอกจากนี้อัตราส่วนของส่วนผงกับของเหลวที่เข้มข้นขึ้นของนิชิกะทำให้ความเป็นพิษต่อเซลล์ทดสอบลดลง จากความหลากหลายของการศึกษาด้านสมบัติทางชีวภาพของวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟัน ร่วมกับการที่วัสดุนิชิกะเริ่มเข้ามามีบทบาทในประเทศไทย จึงเกิดการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อประเมินความเป็นพิษของวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟันนิชิกะที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาดประเทศไทย โดยเปรียบเทียบกับวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟันดั้งเดิมที่นิยมใช้ 2 ชนิด คือ ไวท์เอ็มทีเอ และไอรูทบีพีในการทดสอบต่อเซลล์เอ็นยึดปริทันต์ของมนุษย์ในห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเซลล์

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

1. การเพาะเลี้ยงเซลล์

เซลล์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นเซลล์เอ็นยึดปริทันต์ (Human periodontal ligament fibroblasts: HPDLF, Sciencell Research Laboratories, USA, Cat. No. 2630, Lot number 5145, CA number 0001551) อาหารเลี้ยงเซลล์ คือ ดีเอ็มอีเอ็ม (DMEM; Dulbeco's Modified Eagle medium, Gibco® BRL, Grand Island Biological Co, Grand Island, NY) ที่มีซีรั่มของลูกวัวร้อยละ10 (FBS; 10% Fetal bovine serum) สารแอล กลูตามีน (L-glutamine) 4 mM/l ฟังจิโซน (fungizone) 2 μg/ml เพนนิซิลลิน (Penicillin) 200 μg/ml และสเตรปโตมัยซิน (Streptomycin) 200 μg/ml โดยเพาะเลี้ยงเซลล์ในตู้อบอุณหภูมิ 37 °C ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5 ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ซึ่งเป็นตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ เปลี่ยนอาหารเลี้ยงเซลล์ทุกวันเว้นวัน เมื่อเซลล์เจริญเติบโตจนครอบคลุมพื้นที่ในภาชนะเลี้ยงเซลล์ (Flask) ประมาณร้อยละ 90 ก็จะทำการย้ายไปเพาะเลี้ยงต่อในภาชนะอันใหม่ โดยใช้ทริปซิน ร้อยละ 0.2 (w/v) และเพาะเลี้ยงเซลล์จนได้ปริมาณที่เพียงพอในการศึกษาโดยเซลล์ที่ใช้เป็นรุ่นที่ 5 และ 6

2. วัสดุที่ใช้ทดสอบ

วัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟันที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ รวมทั้งส่วนประกอบต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

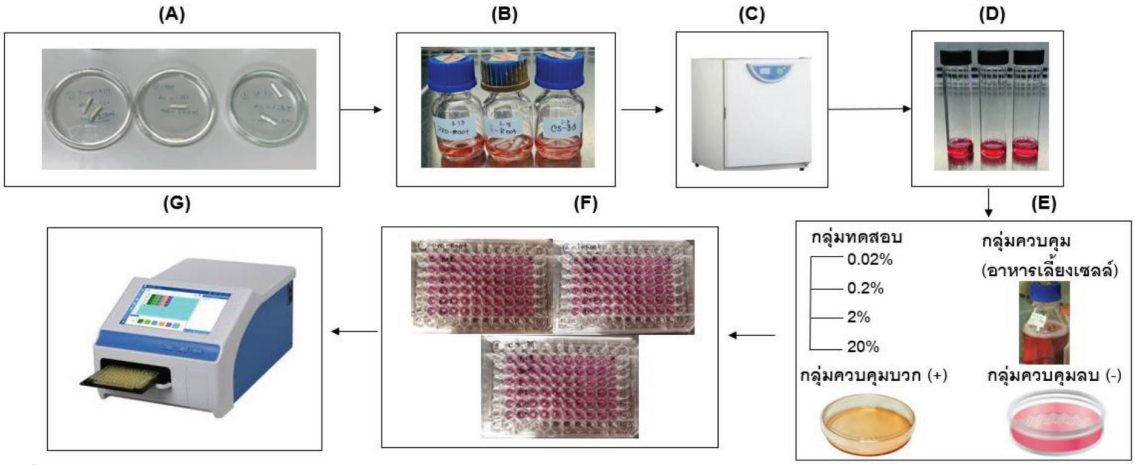
ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟันทั้ง 3 ชนิด

Table 1. The composition of three different root perforation repair materials.

วัสดุ	ส่วนประกอบของส่วนผง	ส่วนประกอบของส่วนของเหลว
ไวท์เอ็มทีเอ	ไตรแคลเซียมซิลิเกต (Tricalcium silicate) ไดแคลเซียมซิลิเกต (Dicalcium silicate) บิสมัทออกไซด์ (Bismuth oxide) ไตรแคลเซียมอลูมิเนต (Tricalcium aluminate) และแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต (Calcium sulfate dihydrate)	น้ำกลั่น (Distilled water)
ไอรูทบีพี	แคลเซียมซิลิเกต (Calcium silicate) เซอร์โคเนียมออกไซด์ (Zirconium oxide) แทนทาลัมออกไซด์ (Tantalum oxide) และแคลเซียมฟอสเฟตโมโนเบสิก (Calcium phosphate monobasic)	
นิชิกะ	แคลเซียมซิลิเกตกลาส ชนิดของไบโอแอกทีฟกลาส (Calcium silicate glass) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Calcium hydroxide)	เพสต์เอ (Paste a): กรดไขมัน (Fatty acid) บิสมัทซับคอร์บอเนต (Bismuth subcarbonate) และซิลิคอนไดออกไซด์ (Silicon dioxide) เพสต์บี (Paste b): แมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium oxide) น้ำกลั่น แคลเซียมซิลิเกตกลาส และซิลิคอนไดออกไซด์

เตรียมสารทดสอบแต่ละชนิดที่มีส่วนประกอบตามที่ผู้ผลิตแจ้งดังแสดงในตารางที่ 1 ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อในอัตราส่วนตามคำแนะนำของผู้ผลิต นำวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟันที่ผสมแล้วแยกใส่ในท่อไทกอน (Tygon tube) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 3.17 mm ความยาว 20 mm จำนวน 2 ท่อ/วัสดุ จากนั้นนำท่อไทกอนที่มีสารทดสอบบรรจุอยู่มาแช่ในขวดแก้ว ซึ่งมีอาหารเลี้ยงเซลล์ที่ผสมไว้ จำนวน 3.13 ml การเตรียมสารเพื่อแช่ในอาหารเลี้ยงเซลล์ปฏิบัติตามมาตรฐานไอเอสโอ/ไออีซี (ISO/IEC) 10993-12: 2021 (16) วิธีการเตรียมสารทดสอบสำหรับประเมินความเป็นพิษของวัสดุ โดยแยกเป็น 2 ท่อ/วัสดุ/ขวด นำภาชนะทั้ง 3 ใบที่มีสารทดสอบบรรจุอยู่ในท่อไทกอนไปใส่ตู้เพาะเลี้ยงเซลล์เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาดูดอาหารเลี้ยงเซลล์ส่วนใสด้านบนออกมา และแยกปั่นด้วยเครื่องเหวี่ยงสาร 3,000 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 5 นาที เพื่อให้สารตกตะกอน แล้วจึงดูดสารสกัด (extract) ซึ่งเป็นของเหลวใสเหนือตะกอนด้วยปิเปต (pipette) มาผ่านแผ่นกรองขนาด 0.2 μm และเก็บแยกสารทดสอบทั้ง 3 ชนิดไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C เพื่อใช้ในการประเมินความเป็นพิษต่อเซลล์ทดสอบต่อไป ในการประเมินความเป็นพิษจะเตรียมสารสกัดทั้ง 3 ชนิดที่ 4 ระดับความเข้มข้น คือ ร้อยละ 20, 2, 0.2 และ 0.02 ตามลำดับ และกลุ่มควบคุมตามมาตรฐานไอเอสโอ/ไออีซี 10993-5: 2009 (17) คือ กลุ่มควบคุม (Untreated blank control) เป็นกลุ่มที่ไม่มีสารทดสอบใส่เฉพาะอาหารเลี้ยงเซลล์ กลุ่มควบคุมบวก (Positive control) แนะนำให้ใช้โพลี่ยูรีเทน (Polyurethane, Hatano Research Institute, Food and Drug Safety Center, Kanagawa, Japan) โดยใช้ขนาด 3 cm^2 แช่ในอาหารเลี้ยงเซลล์ 2 ml

และเก็บในตู้เพาะเลี้ยงเซลล์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบ ส่วนกลุ่มควบคุมลบใช้เทอร์มานอกซ์ (Thermanox® Coverslips, NUNCTM, Naperville, IL, USA) ขนาด 6 cm^2 แช่ในอาหารเลี้ยงเซลล์ 2 ml และเก็บในตู้เพาะเลี้ยงก่อนการทดสอบกับเซลล์เช่นเดียวกับกลุ่มควบคุมบวกขั้นตอนการเตรียมสารทดสอบดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังการเตรียมตัวอย่างและวิธีการทดสอบ
(A) เตรียมวัสดุทดสอบทั้ง 3 ชนิดในท่อไทกอน (B) แช่ในอาหารเลี้ยงเซลล์
(C) อบในตู้เพาะเลี้ยงเซลล์ 72 ชั่วโมง (D) ดูดอาหารเลี้ยงเซลล์ส่วนใสด้านบน และกรองผ่านแผ่นกรองขนาด 0.2 ไมโครเมตร (E) เตรียมสารสกัดของสาร 3 ชนิดเจือจาง 4 ความเข้มข้น กลุ่มควบคุม กลุ่มควบคุมบวก และกลุ่มควบคุมลบ (F) ประเมินความเป็นพิษต่อเซลล์ในถาดเพาะเลี้ยงเซลล์ชนิด 96 หลุม (G) อ่านค่าความดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

Fig. 1 Schematic diagram of sample preparation and testing procedures:
(A) Preparation of the three test materials in Tygon® tubes.,
(B) Immersion in cell culture medium., (C) Incubation in an incubator for 72 hours.,
(D) Collection of the supernatant followed by filtration through 0.2 µm filter.,
(E) Preparation of extract dilutions at four concentrations for each material, along with the untreated blank control group (cell culture medium only), the positive control group, and the negative control group., (F) Evaluation of cytotoxicity using 96-well cell culture plates.,
(G) Measurement of optical density using a spectrophotometer.

3. การทดสอบความมีชีวิตของเซลล์

เมื่อได้จำนวนเซลล์มากเพียงพอสำหรับการทดสอบความเป็นพิษของสาร นำเซลล์มาทริปซิไนเซชั่น (trypsinization) และเพาะเลี้ยงในถาดเพาะเลี้ยงเซลล์ 96 หลุม (96-well culture plate) โดยใส่เซลล์จำนวน $1x10^4$ เซลล์/หลุม จำนวน 100 µl/หลุม และนำไปเข้าตู้เพาะเลี้ยงเซลล์เป็นเวลา24ชั่วโมงเมื่อครบกำหนดดูดอาหารเลี้ยงเซลล์ออกจากถาดเพาะเลี้ยง และเติมสารทดสอบทั้ง 3 ชนิด 4 ความเข้มข้น/สาร โดยใส่หลุมละ 100 µl จำนวน 8 หลุม/ความเข้มข้น สำหรับกลุ่มควบคุมบวก และ กลุ่มควบคุมลบ ใส่ปริมาตรสารละลายและจำนวนหลุมทดสอบเช่นเดียวกัน ส่วนกลุ่มควบคุม ใส่ปริมาตรเช่นเดียวกับกลุ่มอื่น ๆ ที่กล่าวข้างต้นจำนวน 12 หลุม พร้อมนำไปเข้าตู้เพาะเลี้ยงเซลล์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำถาดเพาะเลี้ยงเซลล์ออกมาเพื่อประเมินความมีชีวิตของเซลล์ภายหลังสัมผัสกับสารทดสอบ 4 ความเข้มข้น/สาร กลุ่มควบคุม กลุ่มควบคุมบวก และกลุ่มควบคุมลบ ตามลำดับ ด้วยวิธี MTT assay (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide assay, Sigma, St. Louis, MO) ในขั้นตอนการทดสอบความมีชีวิตของเซลล์จะทำซ้ำ 3 ครั้ง

4. การประเมินความมีชีวิตของเซลล์ด้วยวิธี MTT assay

ภายหลังนำสารทดสอบออกจากถาดเพาะเลี้ยงเซลล์แล้ว นำสารละลายเอ็มทีทีปริมาตร 100 µl (ความเข้มข้น 5 mg/ml) ใส่แทนที่แล้วนำไปเข้าตู้เพาะเลี้ยงเซลล์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ครบกำหนดดูดสารละลายเอ็มทีทีออก แล้วเติมไอโซโปพรานอล (Isopropanol) ปริมาตร 100 µl ในทุกหลุม พร้อมทั้งนำถาดเพาะเลี้ยงเซลล์ไปเขย่าบนเครื่องเขย่า เพื่อให้ตะกอนสีม่วงของฟอร์มาซาน (Formazan) ออกมาในสารละลาย เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำสารละลายฟอร์มาซานไปวัดค่าดูดกลืนแสง (OD; Optical density) ที่ความยาวคลื่น 570 nm ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer; BIO-TEK Instruments Inc, Winooski, VT, USA) ค่าร้อยละความมีชีวิตของเซลล์ในแต่ละกลุ่มของการทดลองคำนวณได้จากสูตร:

$$\text{ค่าร้อยละความมีชีวิตของเซลล์} = \frac{\text{ค่าดูดกลืนแสงเฉลี่ยในกลุ่มทดลอง}}{\text{ค่าดูดกลืนแสงเฉลี่ยในกลุ่มควบคุม}} \times 100$$

5. การทดสอบทางสถิติ

ค่าดูดกลืนแสงเฉลี่ยในกลุ่มควบคุม กำหนดให้ความมีชีวิตของเซลล์มีค่าร้อยละ 100 และนำค่าเฉลี่ยของค่าดูดกลืนแสงของกลุ่มวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟัน ทั้ง 3 ชนิด กลุ่มควบคุมบวก และกลุ่มควบคุมลบ ภายหลังสัมผัสสารมาเปรียบเทียบกันพร้อมทั้งวิเคราะห์สถิติ โดยตรวจสอบข้อมูลการแจกแจง (Normality test) ด้วยการทดสอบ Kolmogorov-Smirnov เพื่อตรวจลักษณะการแจกแจงของข้อมูลจากนั้นวิเคราะห์ค่าของสถิติโดยใช้วิธี Kruskal-Wallis เพื่อเปรียบเทียบร้อยละความมีชีวิตของเซลล์ในแต่ละกลุ่ม โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 ($p = 0.05$) จากนั้นทำการเปรียบเทียบรายคู่ (Pairwise comparison) โดยใช้การทดสอบของ Mann-Whitney U

ผลการทดลอง (Results)

การตอบสนองของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์ต่อวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟัน 3 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20, 2, 0.2 และ 0.02 พบว่าในกลุ่มที่สัมผัสกับไวท์เอ็มทีเอ เซลล์มีค่าความมีชีวิตเฉลี่ยร้อยละ 67.44 ± 13.44, 94.50 ± 16.88, 97.64 ± 17.33 และ 107.72 ± 18.52 ตามลำดับ สำหรับกลุ่มไอรูทบีพี ค่าความมีชีวิตเฉลี่ย

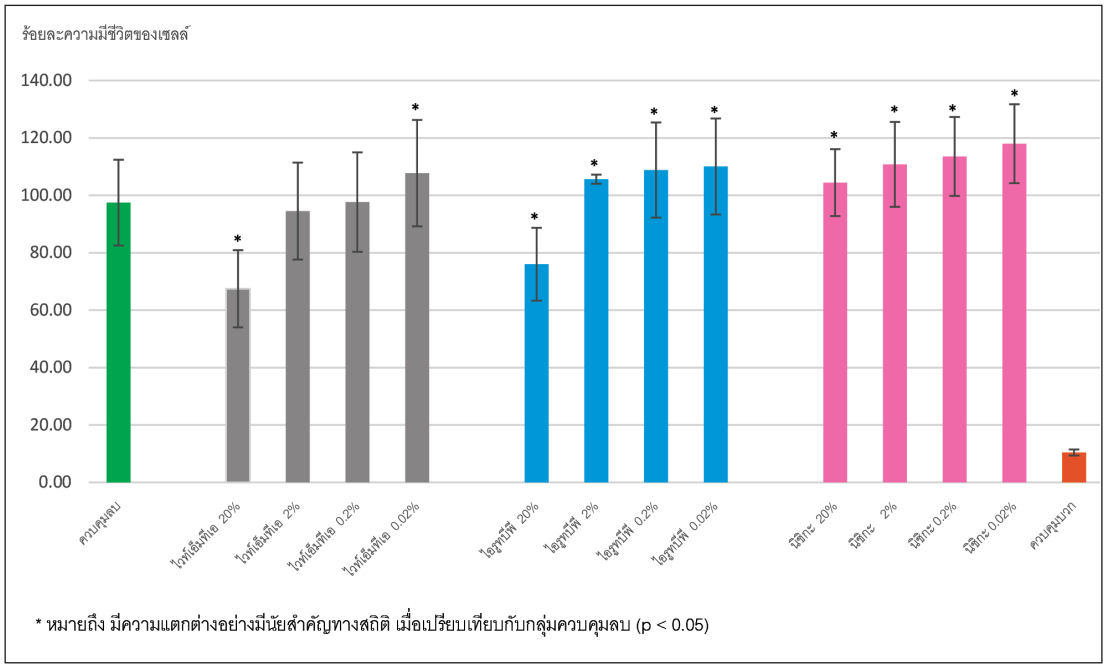
ของเซลล์อยู่ที่ร้อยละ 76.00 ± 12.70, 105.60 ± 1.60, 108.80 ± 16.58 และ 110.05 ± 16.73 ตามลำดับ ขณะที่กลุ่มนิชิกะแสดงค่าความมีชีวิตเฉลี่ยของเซลล์สูงที่สุดในทุกระดับความเข้มข้น ซึ่งพบค่าที่ 104.42 ± 11.65, 110.77 ± 14.79, 113.53 ± 13.74 และ 117.97 ± 13.74 ตามลำดับ โดยวัสดุทั้งสามชนิดแสดงความเป็นพิษน้อยกว่ากลุ่มควบคุมบวก (10.41 ± 1.05%) ในทุกระดับความเข้มข้น ($p < 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 2 หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ลักษณะของเซลล์ในกลุ่มควบคุม และกลุ่มควบคุมลบ พบว่ามีความคล้ายคลึงกับลักษณะเซลล์ก่อนการทดสอบ อย่างไรก็ตามในกลุ่มควบคุมบวก พบว่าเซลล์ส่วนใหญ่ มีการเปลี่ยนแปลงของรูปร่าง มีลักษณะรูปร่างกลม และมีจำนวนเซลล์ในแต่ละหลุมลดลง เมื่อพิจารณาวัสดุซ่อมรอยทะลุทั้งสามชนิด พบว่าเซลล์ในกลุ่มนิชิกะทุกระดับความเข้มข้นมีลักษณะไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม และกลุ่มควบคุมลบ ส่วนลักษณะของเซลล์กลุ่มไวท์เอ็มทีเอ และไอรูทบีพีที่ความเข้มข้นร้อยละ 2-0.02 มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 ทั้งกลุ่มไวท์เอ็มทีเอ และไอรูทบีพี พบการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์ อีกทั้งยังมีจำนวนเซลล์ที่ลดลง ดังแสดงในตารางที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมลบ (ร้อยละความมีชีวิตของเซลล์ 97.45 ± 14.94) ไวท์เอ็มทีเอที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 มีพิษต่อเซลล์น้อยกว่า ($p < 0.05$) ในขณะที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 มีความเป็นพิษมากกว่ากลุ่มควบคุมลบ ($p < 0.05$) สำหรับไอรูทบีพีที่ความเข้มข้นร้อยละ 2-0.02 มีพิษต่อเซลล์น้อยกว่ากลุ่มควบคุมลบ ($p < 0.05$) ในขณะที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 ส่งผลต่อความเป็นพิษต่อเซลล์มากกว่ากลุ่มควบคุมลบ ($p < 0.05$) ส่วนกลุ่มสุดท้ายนิชิกะทั้ง 4 ความเข้มข้น ส่งผลต่อความเป็นพิษต่อเซลล์น้อยกว่ากลุ่มควบคุมลบ ($p < 0.05$)

เมื่อวิเคราะห์วัสดุซ่อมรอยทะลุแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นต่างกัน ผลของการศึกษาพบว่า วัสดุซ่อมรอยทะลุชนิดแรกไวท์เอ็มทีเอที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 มีความเป็นพิษต่อเซลล์น้อยที่สุด ($p < 0.05$) ในขณะที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 ส่งผลให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 3 ระดับความเข้มข้นที่ทำการทดสอบ ($p < 0.05$) สำหรับวัสดุซ่อมรอยทะลุไอรูทบีพี และนิชิกะที่ความเข้มข้นร้อยละ 2-0.02 ส่งผลต่อความเป็นพิษต่อเซลล์น้อยกว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 ($p < 0.05$)

เมื่อนำวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟันทั้ง 3 ชนิดมาเปรียบเทียบรายคู่ พบว่า ไวท์เอ็มทีเอ กับ ไอรูทบีพีที่ความเข้มข้นร้อยละ 20-0.2 แต่ละระดับความเข้มข้นไวท์เอ็มทีเอส่งผลให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์มากกว่าไอรูทบีพี ($p < 0.05$) แต่ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.02 มีความเป็นพิษไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในการเปรียบเทียบไอรูทบีพีกับนิชิกะที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 พบว่านิชิกะไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ และเซลล์มีชีวิตร้อยละ 104.42 ในขณะที่ไอรูทบีพีเซลล์มีชีวิตเหลือเพียงร้อยละ 76 ($p < 0.05$) ส่วนความเข้มข้นอื่น ๆ ที่เหลือไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบความมีชีวิตของไวท์เอ็มทีเอกับนิชิกะในทุกระดับความเข้มข้นของไวท์เอ็มทีเอ มีร้อยละความมีชีวิตของเซลล์เหลือน้อยกว่านิชิกะ ($p < 0.05$)

ในการศึกษาครั้งนี้ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.02 ของนิชิกะ มีร้อยละความมีชีวิตของเซลล์มากที่สุดที่ร้อยละ 117.97 ± 13.74 ในขณะที่ไวท์เอ็มทีเอที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 มีร้อยละความมีชีวิตของเซลล์เหลือเพียงร้อยละ 67.44 ± 13.44 ภายหลังสัมผัสกับสารทดสอบ

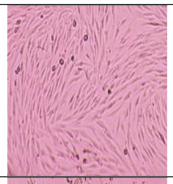
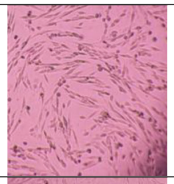
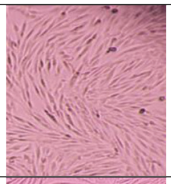
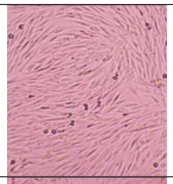
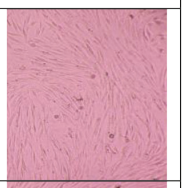
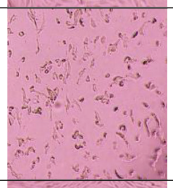
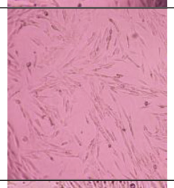
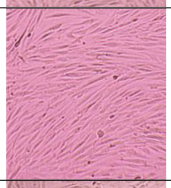
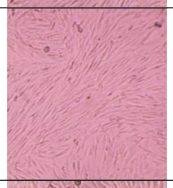
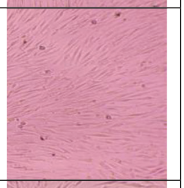
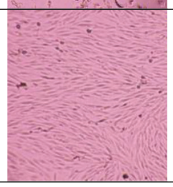
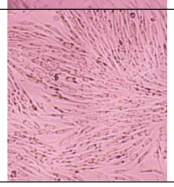
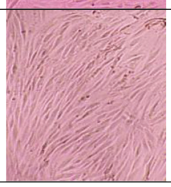
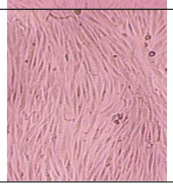
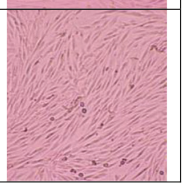


รูปที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยร้อยละความมีชีวิตของเซลล์และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ภายหลังการสัมผัสกับวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟัน ไวท์เอ็มทีเอ ไอรูทบีพี และนิซิกะที่ 4 ระดับความเข้มข้น รวมทั้งกลุ่มควบคุมบวกและกลุ่มควบคุมลบ

Fig. 2 The mean percentage and standard deviation of cell viability after exposure to the root perforation repair materials: ProRoot® MTA, iRoot® BP+, and CS-BG at four concentration levels, along with the positive and negative control groups.

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดหัวกลับ กำลังขยาย 40 เท่าของกลุ่มควบคุม กลุ่มควบคุมบวก กลุ่มควบคุมลบ และกลุ่มที่ได้รับสารทดสอบ 3 ชนิด ภายหลัง 24 ชั่วโมง ของการประเมินความมีชีวิตของเซลล์

Table 2. The morphology of HPDLF observed under an inverted microscope at 40x magnification. The images show the untreated blank control group, the positive control, the negative control, and the three test material groups after 24 hours of cell viability assessment.

กลุ่มควบคุม		สารทดสอบ	ความเข้มข้น 20%	ความเข้มข้น 2%	ความเข้มข้น 0.2%	ความเข้มข้น 0.02%
อาหารเลี้ยงเซลล์		ไวท์เอ็มทีเอ				
บวก		ไอรูทบีพี				
ลบ		นิชิกะ				

บทวิจารณ์ (Discussion)

สมบัติทางชีวภาพของวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟันเป็นปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลต่อความสำเร็จในการรักษา การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความเป็นพิษต่อเซลล์ของวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟันสามชนิด ได้แก่ ไวท์เอ็มทีเอ ไอรูทบีพี และนิชิกะ โดยใช้เซลล์เอ็นยึดปริทันต์ของมนุษย์ เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* study) ผลการทดลองพบว่าวัสดุนิชิกะแสดงความเป็นพิษต่อเซลล์ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอีกสองชนิด และมีแนวโน้มในการส่งเสริมความมีชีวิตของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์ได้ดีกว่าโดยเฉพาะที่ความเข้มข้นต่ำ ผลลัพธ์เหล่านี้มีความสำคัญในทางคลินิก เนื่องจากวัสดุที่มีความเป็นพิษต่ำจะช่วยลดโอกาสการเกิดปฏิกิริยาการอักเสบที่เนื้อเยื่อรอบรากฟัน และอาจช่วยเพิ่มอัตราความสำเร็จของการรักษาคลองรากฟันในระยะยาว

การศึกษาของ Aka และคณะ (15) สอดคล้องกับการศึกษาของ Murata และคณะ (14) ที่พบว่าอัตราส่วนของผงต่อของเหลวที่ใช้ในการผสมเป็นวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟันมีผลต่อเซลล์ทดสอบ โดยพบว่านิชิกะเมื่อเพิ่มปริมาณผงในส่วนผสม เพื่อลดความเหลวและเพิ่มความหนืด และความแข็งของวัสดุ เมื่อนำไปประเมินความเข้ากันได้กับเซลล์ (cytocompatibility) จำนวนเซลล์ที่มีชีวิตจะสูงขึ้นมากกว่าการผสมในลักษณะเหลว นอกจากนี้ ส่วนผงของสารทดสอบที่ใช้ในการศึกษาของ Murata และคณะ (14) คือ เอ็นเอสวาย 224 (NSY-224, Newly developed BG powder) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของแคลเซียมซิลิเกตกลาสและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ มีส่วนประกอบส่วนผงเช่นเดียวกับนิชิกะที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ผลของการศึกษาพบว่าจำนวนเซลล์ที่เหลือภายหลังจากสัมผัสวัสดุนิชิกะจะ

มากกว่าไวท์เอ็มทีเอในทุกระดับความเข้มข้น ($p < 0.05$) โดยวัสดุนิชิกะในการศึกษาครั้งนี้ถูกผสมให้มีลักษณะปั้นเป็นก้อนได้ เพื่อจำลองการใช้งานจริงในคลินิก ตามคำแนะนำของผู้ผลิต

การเตรียมวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟันทั้ง 3 ชนิด ภายหลังการผสมวัสดุตามคำแนะนำของแต่ละบริษัทผู้ผลิตแล้ว วัสดุทดสอบแต่ละชนิดถูกใส่ลงในท่อไทกอน จากนั้นนำไปแช่ในอาหารเลี้ยงเซลล์ทันที โดยน้ำหนักของวัสดุทดสอบและปริมาตรของอาหารเลี้ยงเซลล์ที่ใช้สำหรับแช่จะถูกปฏิบัติตาม ISO/IEC 10993-12: 2021 (16) ดังนั้นสารที่ปลดปล่อยออกมา (leachable substance) จากวัสดุทดสอบเริ่มตั้งแต่ทันทีที่ผสมวัสดุเสร็จจนกระทั่งวัสดุแข็งตัวเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ในอาหารเลี้ยงเซลล์ จากนั้นนำไปประเมินความเป็นพิษต่อเซลล์ ซึ่งเป็นการจำลองสภาวะการใช้งานในคลินิกในกรณีของวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟัน พบว่าวัสดุมีผลต่อเซลล์เอ็นยึดปริทันต์ตั้งแต่ช่วงที่นำวัสดุไปปิดบริเวณรอยทะลุรากฟันจนวัสดุแข็งตัว เปรียบเสมือนการปล่อยสารพิษจากวัสดุไปยังเนื้อเยื่อปริทันต์โดยรอบ ซึ่งจะสอดคล้องกับการศึกษาของ Murata และคณะ (14) ที่แนะนำให้ประเมินความเข้ากันได้กับเซลล์ของวัสดุทดสอบตั้งแต่หลังการผสมเสร็จทันที โดยวัสดุจะถูกนำไปใส่ถาดเพาะเลี้ยงเซลล์ และสารพิษที่ปลดปล่อยออกมาจากวัสดุทดสอบจะถูกส่งผ่านรูของทรานสเวลล์ (Transwell) ขนาด 8 μm ไปยังเซลล์ทดสอบ แต่การประเมินความเข้ากันได้ของเซลล์ทดสอบในการศึกษาครั้งนี้จะทำตามมาตรฐานของ ISO/IEC 10993-5: 2009 (17) โดยการนำสารละลายใสส่วนบน (eluent) ไปปั่นเพื่อได้สารสกัด (extract) ซึ่งเป็นสารที่ปลดปล่อยออกมาจากวัสดุทดสอบสู่เนื้อเยื่อโดยรอบบริเวณรอยทะลุในทางคลินิก แล้วจึงนำไปประเมินความเป็นพิษต่อเซลล์ตามข้อกำหนด ISO/IEC 10993-5: 2009 (17) ซึ่งเป็นหลักเกณฑ์สำหรับการเตรียมสารทดสอบ และสารที่ใช้เป็นวัสดุอ้างอิง (reference materials) ในการประเมินสมบัติความเข้ากันได้ทางชีวภาพ ดังนั้น สารสกัดที่เตรียมได้จากวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟันทั้ง 3 ชนิด จะได้รับการเจือจางเป็น 4 ระดับความเข้มข้นตามหลักเกณฑ์ของไอเอสโอดังที่กล่าวมาข้างต้น แล้วจึงนำไปประเมินความเป็นพิษกับเซลล์ทดสอบ

ส่วนเซลล์ทดสอบในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้เซลล์เอ็นยึดปริทันต์ของมนุษย์ เนื่องจากเป็นเซลล์ที่วัสดุจะสัมผัสโดยตรงเมื่อเกิดรอยทะลุในทางคลินิก แม้ว่าการใช้เซลล์สายพันธุ์ (Cell line) ในทางปฏิบัติจะมีข้อได้เปรียบในด้านความสะดวกในการเตรียมและเพาะเลี้ยงที่ง่ายกว่าเซลล์แบบปฐมภูมิ (Primary cell) แต่การเลือกใช้เซลล์ทดสอบที่มีความเฉพาะเจาะจงกับบริเวณที่วัสดุสัมผัสจริงในร่างกาย ย่อมได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับสภาวะทางคลินิกมากขึ้นในการประเมินสมบัติทางชีวภาพในห้องปฏิบัติการ (Initial test) อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาเปรียบเทียบผลของสารทดสอบต่อเซลล์สายพันธุ์และเซลล์แบบปฐมภูมิ พบว่า ให้ผลไม่ต่างกันภายใต้เงื่อนไขการวิจัยที่เหมาะสม (18-19)

นอกจากนี้ Jiang และคณะ (20) พบว่าไวท์เอ็มทีเอ และไอรูทบีพีเมื่อทดสอบกับเซลล์สร้างเส้นใย (L929, Murine fibroblast cell line) ของหนู และเซลล์สร้างกระดูกของมนุษย์ (MG63, human osteoblast-like cells) โดยการเตรียมสารสกัดใน 3 ระดับความเข้มข้น คือ ร้อยละ 100, 50 และ 25 พบว่า สารทั้ง 2 ชนิดมีความเป็นพิษต่อเซลล์ทดสอบไม่ต่างกัน โดยร้อยละ 95 ของเซลล์ยังคงมีชีวิตอยู่หลังจากสัมผัสกับวัสดุทดสอบ อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าในทุกความเข้มข้นของกลุ่มไอรูทบีพี จำนวนเซลล์ที่มีชีวิตหลังสัมผัสวัสดุทดสอบมากกว่าไวท์เอ็มทีเอ ($p < 0.05$) ยกเว้นที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 ซึ่งความมีชีวิตของเซลล์ในทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

จากผลของหลายการศึกษา (15,20-21) เป็นไปในทิศทางเดียวกันว่า วัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟันที่มีระยะเวลาการแข็งตัวสมบูรณ์สั้น จะมีความเป็นพิษต่อเซลล์ทดสอบน้อยกว่าวัสดุที่มีระยะเวลาในการแข็งตัวสมบูรณ์นาน ทั้งนี้การศึกษาของ Jiang และคณะ (20) ยังพบว่าไอรูทบีพีที่อยู่ในตู้อบต้องใช้เวลาถึง 7 วันในการแข็งตัวอย่างสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Modareszadeh และคณะ (22) ที่พบว่าวัสดุชนิดนี้จะค่อยๆ แข็งตัวและใช้เวลาอย่างน้อย 5 วัน ซึ่งตรงข้ามกับข้อมูลที่บริษัทผู้ผลิตระบุว่าใช้เวลาเพียง 2 ชั่วโมง โดยอาจสันนิษฐานได้ว่า สมบัติที่ไวต่อความชื้นขององค์ประกอบในวัสดุ เช่น แคลเซียมซิลิเกต อาจมีผลกระทบต่อการแข็งตัวของวัสดุ ในขณะเดียวกัน

สำหรับวัสดุทดสอบอีก 2 ชนิดมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่บริษัทผู้ผลิตกล่าวอ้าง โดยนิชิกะใช้เวลาในการแข็งตัวสมบูรณ์ประมาณ 3 ชั่วโมง หากไม่มีส่วนผงผสม (12,23-24) แต่หากเพิ่มปริมาณผงในส่วนผสมเพื่อเพิ่มความหนืด จะทำให้วัสดุแข็งตัวสมบูรณ์เร็วขึ้นเหลือเพียง 1 ชั่วโมง (14-15) ส่วนไวท์เอ็มทีเอใช้เวลาในการแข็งตัวสมบูรณ์ประมาณ 3 ชั่วโมง (7,25-26)

นอกจากนี้ หลายการศึกษา (11,14,27-29) แสดงให้เห็นว่า วัสดุไบโอเซรามิกซ์ (bioceramics) และไบโอแอกทีฟกลาส ได้ถูกนำมาใช้ในทางทันตกรรมและศัลยกรรมกระดูก เนื่องจากสมบัติที่สามารถกระตุ้นการสร้างเนื้อเยื่อแข็งและช่วยลดการอักเสบได้ดี (30) วัสดุทั้งสองชนิดนี้มีองค์ประกอบและกระบวนการทำงานที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในแง่ของการตกผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ ซึ่งเป็นแร่ธาตุหลักของกระดูกและฟัน รวมถึงความเข้ากันได้ทางชีวภาพ วัสดุไบโอเซรามิกซ์เป็นวัสดุที่มีแคลเซียมซิลิเกตเป็นองค์ประกอบ เมื่อสัมผัสกับของเหลวจะเกิดการตกผลึกของไฮดรอกซีอะพาไทต์ซึ่งปกคลุมบนพื้นผิวของวัสดุ และสามารถแทรกซึมเข้าไปในท่อเนื้อฟัน (Dentinal tubule) ช่วยลดการปลดปล่อยสารพิษ เนื่องจากวัสดุจะสร้างชั้นผลึกที่เสถียร นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มการยึดเกาะของเซลล์สร้างผิวรากฟัน (Cementoblast) และเซลล์สร้างกระดูก (Osteoblast) ในขณะที่ไบโอแอคทีฟกลาสที่พบในนิชิกะประกอบด้วยซิลิกา (SiO_2), แคลเซียมออกไซด์ (CaO), ฟอสเฟต (P_2O_5) และโซเดียมออกไซด์ (Na_2O) โดยมีส่วนประกอบหลักเป็นแคลเซียมซิลิเกตกลาส แมกนีเซียมออกไซด์และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ สามารถกระตุ้นการตกผลึกของไฮดรอกซีอะพาไทต์ได้ (31) จากการศึกษาของ Hoppe และ คณะ (32) พบว่ามีการละลายและปล่อยไอออนของซิลิกา แคลเซียม และฟอสเฟตเข้าสู่ของเหลวโดยรอบได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดการกระตุ้นปฏิกิริยาของเซลล์ ช่วยเพิ่มความเข้ากันได้ทางชีวภาพและสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเซลล์ นอกจากนี้ยังสามารถรักษาสภาพความเป็นด่างในระดับที่เสถียรอีกด้วย ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ จึงสันนิษฐานว่าน่าจะมีผลให้วัสดุนิชิกะมีความเป็นพิษต่อเซลล์น้อยกว่าวัสดุในกลุ่มไบโอเซรามิกซ์อีก 2 ชนิดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

เนื่องจากวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟันต้องสัมผัสกับเนื้อเยื่อรอบรากฟันอย่างใกล้ชิดและถาวร จึงต้องมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ อีกทั้งควรกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ในเนื้อเยื่อรอบรากฟัน รวมทั้งส่งเสริมให้มีการเคลื่อนที่ของเซลล์ไปยังบริเวณนั้น เพื่อช่วยสร้างเนื้อเยื่อใหม่ และซ่อมแซมบริเวณที่ได้รับความเสียหายจากการติดเชื้อหรือการอักเสบ ดังนั้นในอนาคตการประเมินการเพิ่มจำนวนเซลล์ (Proliferation test) และการเคลื่อนที่ของเซลล์ (Migration test) ไปยังบริเวณที่เกิดการทะลุของรากฟันเมื่อเซลล์สัมผัสกับวัสดุซ่อมรอยทะลุ จึงเป็นการศึกษาที่น่าสนใจและควรทำต่อไป

บทสรุป (Conclusion)

การศึกษาความเข้ากันได้ทางชีวภาพของเซลล์เอ็นยึดปริทันต์ภายหลังสัมผัสวัสดุซ่อมรอยทะลุรากฟัน 3 ชนิดพบว่าที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20 ทั้งไวท์เอ็มทีเอ และไอรูทบีพีพลัส ร้อยละความมีชีวิตของเซลล์มีจำนวนลดลงและเหลือน้อยกว่ากลุ่มควบคุมลบ ($p < 0.05$) แต่เมื่อสารสกัดมีความเข้มข้นที่เจือจางลงร้อยละความมีชีวิตของเซลล์มีจำนวนเพิ่มขึ้น สำหรับนิชิกะ ไม่พบความเป็นพิษต่อเซลล์ในทุกช่วงระดับความเข้มข้นและตลอดระยะเวลาในการทดสอบ ดังนั้นนิชิกะจึงเป็นวัสดุทางเลือกที่น่าสนใจในการใช้ซ่อมรอยทะลุรากฟัน

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต เอื้อเฟื้อทุนวิจัยในการทำการศึกษา และทำให้โครงการนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Fuss Z, Trope M. Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors. Endod Dent Traumatol. 1996;12(6):255-64.

2. Alhadainy HA. Root perforations. A review of literature. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1994;78(3):368-74.

3. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. J Endod. 1993;19(11):541-4.

4. Torabinejad M, Parirokh M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--part II: leakage and biocompatibility investigations. J Endod. 2010;36(2):190-202.

5. Main C, Mirzayan N, Shabahang S, Torabinejad M. Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: a long-term study. J Endod. 2004;30(2):80-3.

6. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. J Endod. 1999;25(3):197-205.

7. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part I: chemical, physical, and antibacterial properties. J Endod. 2010;36(1):16-27.

8. Öncel Torun Z, Torun D, Demirkaya K, Yavuz ST, Elçi MP, Sarper M, Avcu F. Effects of iRoot BP and white mineral trioxide aggregate on cell viability and the expression of genes associated with mineralization. Int Endod J. 2015;48(10):986-93.

9. Mahgoub N, Alqadasi B, Aldhorae K, Assiry A, Altawili ZM, Tao H. Comparison between iRoot BP Plus (EndoSequence Root Repair Material) and Mineral Trioxide Aggregate as Pulp-capping Agents: A Systematic Review. J Int Soc Prev Community Dent. 2019;9(6):542-52.

10. Tomer A, Kumari D, Rastogi D, Cecilia LL, Singh D, Tyagi A. Bioceramics in Endodontics-A Review. Int J Appl Dent Sci. 2020;6:588-94.

11. Profeta AC, Prucher GM. Bioactive-glass in Endodontic Therapy and Associated Microsurgery. Open Dent J. 2017;11:164-70.

12. Washio A, Morotomi T, Yoshii S, Kitamura C. Bioactive Glass-Based Endodontic Sealer as a Promising Root Canal Filling Material without Semisolid Core Materials. Materials (Basel). 2019;12(23):3967. doi: 10.3390/ma12233967.

13. Ricucci D, Siqueira JF, Jr. Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. J Endod. 2010;36(1):1-15.

14. Murata K, Washio A, Morotomi T, Rojasawasthien T, Kokabu S, Kitamura C. Physicochemical Properties, Cytocompatibility, and Biocompatibility of a Bioactive Glass Based Retrograde Filling Material. Nanomaterials (Basel). 2021;11(7):1828. doi: 10.3390/nano11071828.

15. Aka A, Matsuura T, Yoshimura A. An Evaluation of the Cytocompatibility of Endodontic Bioceramics in Human Periodontal-Ligament-Derived Cells. J Funct Biomater. 2024;15(8):231. doi: 10.3390/jfb15080231.

16. ISO. ISO 10993-12:2021 Biological evaluation of medical devices – Part 12: Sample preparation and reference materials. Geneva: International Organization for Standardization; 2021.

17. ISO. ISO 10993-5 Biological Evaluation of Medical Devices – Part 5: Tests for In vitro Cytotoxicity. Geneva: International Organization for Standardization; 2009.

18. Kettering JD, Torabinejad M. Cytotoxicity of root canal sealers: a study using HeLa cells and fibroblasts. Int Endod J. 1984;17(2):60-6.

19. Spångberg L. Biological effects of root canal filling materials. 5. Toxic effect *in vitro* of root canal filling materials on HeLa cells and human skin fibroblasts. Odontol Revy. 1969;20(4): 427-36.

20. Jiang Y, Zheng Q, Zhou X, Gao Y, Huang D. A comparative study on root canal repair materials: a cytocompatibility assessment in L929 and MG63 cells. ScientificWorldJournal. 2014:2014:463826. doi: 10.1155/2014/463826.

21. Ma X, Xu H, Chen X, Zou Q, Wang J, Da Y, et al. Modern methods and materials used to treat root perforation: effectiveness comparison. J Mater Sci Mater Med. 2024;35(1):1. doi: 10.1007/s10856-023-06770-y.

22. Modareszadeh MR, Di Fiore PM, Tipton DA, Salamat N. Cytotoxicity and Alkaline Phosphatase Activity Evaluation of EndoSequence Root Repair Material. J Endod. 2012;38(8):1101-5.

23. Jo SB, Kim H, Lee H, Kim Y-J, Patel K, Knowles J, et al. Physical Properties and Biofunctionalities of Bioactive Root Canal Sealers In Vitro. Nanomaterials (Basel). 2020;10(9):1750. doi: 10.3390/nano10091750.

24. Al-Sabawi NA, Al-Jubori SH. Physical-chemical properties and acellular bioactivity of newly prepared nano-tricalcium silicate-58s bioactive glass-based endodontic sealer. J Oral Biosci. 2023;65(4):305-15.

25. Islam I, Kheng Chng H, Jin Yap AU. Comparison of the Physical and Mechanical Properties of MTA and Portland Cement. J Endod. 2006;32(3):193-7.

26. Ber BS, Hatton JF, Stewart GP. Chemical Modification of ProRoot MTA to Improve Handling Characteristics and Decrease Setting Time. J Endod. 2007;33(10):1231-4.

27. De-Deus G, Canabarro A, Alves GG, Marins JR, Linhares AB, Granjeiro JM. Cytocompatibility of the ready-to-use bioceramic putty repair cement iRoot BP Plus with primary human osteoblasts. Int Endod J. 2012;45(6):508-13.

28. Tay FR, Pashley DH, Rueggeberg FA, Loushine RJ, Weller RN. Calcium phosphate phase transformation produced by the interaction of the portland cement component of white mineral trioxide aggregate with a phosphate-containing fluid. J Endod. 2007;33(11):1347-51.

29. Thomson TS, Berry JE, Somerman MJ, Kirkwood KL. Cementoblasts maintain expression of osteocalcin in the presence of mineral trioxide aggregate. J Endod. 2003;29(6):407-12.

30. Skallevold HE, Rokaya D, Khurshid Z, Zafar MS. Bioactive Glass Applications in Dentistry. Int J Mol Sci. 2019;20(23):5960. doi: 10.3390/ijms20235960.

31. Hench LL. The story of Bioglass. J Mater Sci Mater Med. 2006;17(11):967-78.

32. Hoppe A, Güldal NS, Boccaccini AR. A review of the biological response to ionic dissolution products from bioactive glasses and glass-ceramics. Biomaterials. 2011;32(11):2757-74.

ติดต่อบทความ:
อ.ทญ.ณินทร์นิตา ว่องวัฒนาศานติ
สาขาวิชาวิทยาเอ็นโดดอนต์ วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยรังสิต อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000
โทรศัพท์ : 062 642 9591
อีเมล์ : ninnita.w@rsu.ac.th

Corresponding author:
Dr. Ninnita Wongwatanasanti
College of Dental Medicine, Rangsit University,
Pathumthani 12000, Thailand
Tel: (662) 642 9591
E-mail: ninnita.w@rsu.ac.th

Impact of Sugar Content in Ready-to-Drink Green Tea and Exposure Duration on Cariogenic Biofilm pH

Lilinda Srisoontornthai[1] Ketsupar Jirakran[2] Thipawan Tharapiwattananon[1] Panida Thanyasrisung[3*]

Abstract

Objective: To explore the impact of sugar supplements in ready-to-drink green tea (GT) beverages on the pH levels of cariogenic biofilms over different exposure durations.

Material and Methods: *Streptococcus mutans* biofilms were exposed to GT categorized by sugar content: no-sugar (GT/NS), < 5% sugar (GT/S < 5%), >5% sugar (GT/S > 5%), and 5% sucrose (positive control). Biofilm pH was measured at baseline, 5, 20, 40, and 60 min. The impact of sugar content and exposure times on biofilm pH was assessed using the Generalized Estimating Equation and the least significant difference tests ($p < 0.05$).

Results: The mean biofilm pH at baseline was 4.28 ± 0.01. Sugar content and exposure duration significantly influenced biofilm pH, with a strong interaction effect observed ($p < 0.001$). Post-hoc analysis revealed that biofilm pH in all GT groups was significantly higher than 5% sucrose at all exposure times, surpassing the critical enamel demineralization pH threshold of 5.5. The biofilm pH in GT/NS and GT/S > 5% significantly increased until 40 min post-exposure, while in GT/S < 5%, the rise stabilized at 20 min. At 60 min, biofilm pH for GT/NS, GT/S < 5%, GT/S > 5%, and 5% sucrose was 6.25 ± 0.11, 5.91 ± 0.18, 5,70 ± 0.21, and 4.83 ± 0.05, respectively. Notably, pH in GT/S > 5% significantly decreased from 40 min ($p = 0.006$) and was significantly lower than in GT/NS ($p = 0.023$).

Conclusion: The pH of *S. mutans* biofilm exposed to GT with high sugar concentrations, even over extended periods, is unlikely to drop below the threshold for enamel demineralization. Nevertheless, adding sugar to GT may promote *S. mutans* growth, as suggested by a significant pH difference between high- and no-sugar GT.

Keywords: Beverages, Biofilms, Sugars, *Streptococcus mutans,* Tea

Received Date: Jul 6, 2025
Revised Date: Aug 4, 2025
Accepted Date: Aug 7, 2025

[1]*Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand.*
[2]*Center of Excellence for Maximizing Children's Developmental Potential, Department of Pediatrics, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand.*
[3]*Department of Microbiology and Center of Excellence on Oral Microbiology and Immunology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand.*
*(*Corresponding author)*

Introduction

Dental caries remains a significant oral health problems globally (1). The disease is caused by an imbalance between the enamel demineralization and remineralization processes. A key contributor to the demineralization of tooth enamel is *Streptococcus mutans (S. mutans),* recognized as one of the major cariogenic pathogens by virtue of its capacity to produce short chain carboxylic acids such as lactic and acetic acid as metabolites of sucrose metabolism (2). The accumulation of these acids within the biofilm leads to a decline in pH and once it falls below the critical level of 5.5, caries formation is initiated (3). Given this evidence, sucrose is widely recognized as a significant factor in the development of dental caries (4).

Currently, green tea stands as one of the most popular beverages globally, driven by health perceptions, and supported by evidence of its potential to lower the risk of various diseases (5-8) as well as its ability to hinder the development of dental caries (9-10). Indeed, the exploration of green tea's benefits on oral health dates back to the mid-1970s in Japan, where it was observed to decrease the caries increment among school children (11).

In many regions of the world, sweetened beverages, such as ready-to-drink green tea (GT), are extensively consumed and are readily accessible at various retail outlets. According to the Thailand Food Market Report 2018, it was observed that sweetened GT was the most favored choice among consumers, with a substantial market share of 56.6%. This was followed by sweetened ready-to-drink black tea, unsweetened GT, sweetened ready-to-drink white tea, and other flavors, with market shares of 18.5%, 10.7%, 13.3%, and 0.9%, respectively (12).

Research suggest that the anti-cariogenic effects of green tea primarily stem from its high concentration of polyphenols, particularly catechins, such as epigallocatechin gallate (EGCG) (13, 14). Additionally, it is known that green tea extracts reduce the number of *S. mutans* in plaque and saliva (15-16). This is likely to be due to the maintenance of high pH conditions within the biofilm milieu as it has been shown that green tea extracts increase the alkalinity of plaque biofilm and maintains it above pH 5.5 even after consumption of acidic food (15,17). Another *in vitro* study highlighted EGCG at 1 mg/mL inhibited the rate of glucose-induced acid production significantly impeding the growth of *S. mutans* (18).

Considering that green tea has the potential to mitigate the development of dental caries (15, 19), the addition of sugar to the beverage, a well-known caries risk factor, raises concerns about its impact on the beneficial anti-caries effect of green tea. The *in vitro* study had proved that the addition of sucrose to green tea infusion did not significantly alter the ability of green tea neither in reducing the biofilm biomass nor modifying biofilm architecture (20).

Additionally, the length of time the sweetened beverage is in contact with biofilms may influence pH levels and subsequently affect the risk of caries development. A previous study showed that one hour after tea consumption, salivary pH remained significantly lower than baseline only in the group that consumed tea containing jaggery—a traditional unrefined sugar made from sugarcane or palm sap. In contrast, salivary pH in the unsweetened tea group had returned to baseline (21).

However, to the best of our knowledge, no previous study has examined the combined effects of sugar content in GT and exposure time on the cariogenic attributes of *S. mutans* biofilm. Hence, the objective of this study was to investigate the impact of sugar content in ready-to-drink green tea (GT) and exposure duration on the pH levels of cariogenic biofilms.

Materials and Methods

Ready-to-drink green tea

Ready-to-drink green tea (GT) products from four different brands were categorized based on sugar content: no sugar (GT/NS), less than 5% sugar (GT/S < 5%), and more than 5% sugar (GT/S > 5%). These categories were used in this study (Table 1), with a 5% aqueous sucrose solution, the mean pH was 7.10 ± 0.20, serving as the positive control.

Table 1. The sugar content of ready-to-drink green tea used in this study.

Ready-to-drink green tea		Mean pH ± SD	Sugar	
			Amount	Type
No sugar	Brand 1	6.51 ± 0.06		
GT/NS	Brand 2	6.36 ± 0.09		
	Brand 3	6.33 ± 0.10		
	Brand 4	5.83 ± 0.35		
With sugar	Brand 1	6.34 ± 0.12	14g/400mL (3.5%)	fructose, sucrose
GT/S<5%	Brand 2	5.66 ± 0.42	19g/440mL (4.3%)	sucrose
GT/S>5%	Brand 3	6.34 ± 0.06	28g/500mL (5.6%)	sucrose
	Brand 4	5.78 ± 0.09	30g/500mL (6.0%)	sucrose

GT = ready-to-drink green tea, GT/NS = GT with no sugar, GT/S < 5% = GT containing less than 5% sugar, and GT/S > 5% = GT containing more than 5% sugar

Sucrose-containing artificial saliva

Sucrose-containing, sterilized, artificial saliva was prepared as described by Cavazana TP, et al (22), with minor modifications. In brief, one liter of artificial saliva was prepared with 2 g of yeast extract, 5 g of bacteriological peptone, 1 g of mucin-type III, 10 g of sucrose, 0.35 g of NaCl, 0.2 g of $CaCl_2$, and 0.2 g of KCl and was aliquoted as needed. The pH of the artificial saliva was adjusted to 6.8, using NaOH.

Biofilm formation

A single reference strain of *S. mutans* UA159 obtained from the archival collection of the Department of Microbiology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University was used in this study as representative cariogenic organism. *S. mutans* were cultured in Brain Heart Infusion (BHI) broth at 37°C, 5% CO_2 until reaching the log-phase ($OD_{600nm} \approx 0.5$). Cells were then collected (approximately $5x10^8$ CFU/mL) and

re-suspended in sterilized sucrose-containing artificial saliva. One mL of the latter bacterial suspension was added to each well of a 24-well plate in duplicate. The plates were incubated at 37°C, 5% CO_2 for 96 h to allow biofilm development, with sterilized sucrose-containing artificial saliva refreshed every 24 h (Fig. 1) (22).

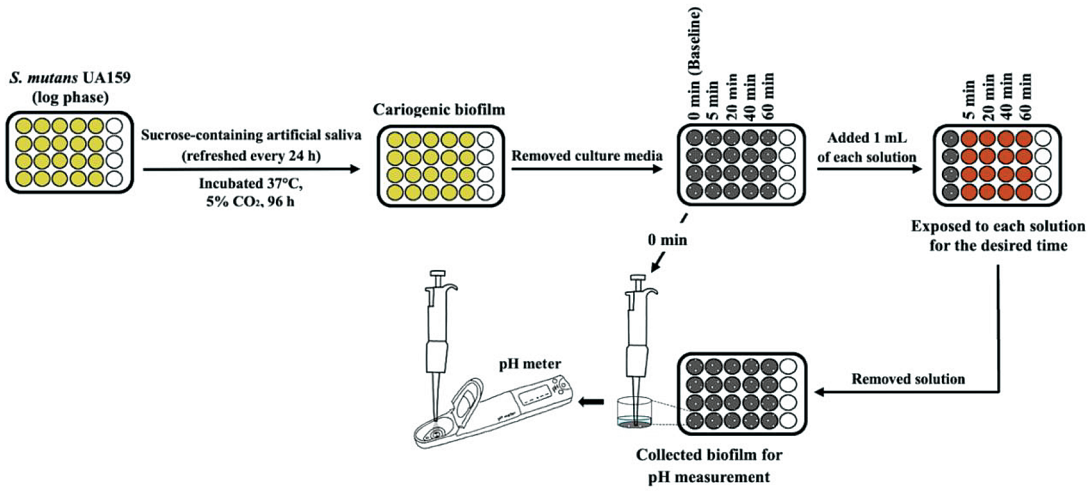


Fig. 1 Schematic flow chart of the study.

Ready-to-drink green tea treatment and pH measurement

The plaque pH measurement was performed according to the method of Garg D, et al. (23) with minor modifications. The pH of a 96-hour *S. mutans* biofilm was measured using a pH meter (LAQUAtwin pH-22, HORIBA Advanced Techno, Japan) at baseline (0 min), and then after treated with each GT beverage and a 5% sucrose solution for 5, 20, 40, and 60 min (Fig. 1). The experiments were performed independently on six occasions with duplicate determinations on each occasion to determine the mean value.

Statistical analysis

The statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics Version 28.0 software (IBM Corporation, Armonk, New York, USA). The difference in mean pH values between the groups and at different time intervals (repeated measures) was statistically analyzed using the Generalized Estimation Equation (GEE), followed by the least significant difference (LSD) test to assess the interaction between two factors and the difference in each pair. The significant difference was determined when the p-value was less than 0.05.

Results

The mean biofilm pH of *S. mutans* at baseline (0 min) was 4.28 ± 0.01. In GT/NS group, the pH value progressively increased from 6.01 ± 0.11 at the 5th min to 6.27 ± 0.11 at the 40th min, followed by a slight decrease to 6.25 ± 0.11 at the 60th min. Both sugar-containing green tea groups, GT/S < 5% and GT/S > 5%, exhibited a similar pH profile, gradually increasing until the 40th min. At the 60th min, the biofilm pH in all

GT groups decreased, with GT/S > 5% group was 5.70 ± 0.21 nearing the critical pH of enamel (pH = 5.5, Fig. 2). However, throughout the 5- to 60-min period, the biofilm pH in all GT groups remained above 5.5, unlike 5% sucrose (a positive control), which stayed below this criterion (Fig. 2).

The GEE analysis revealed that both sugar content and exposure time were statistically significant (χ^2 = 163.93, p-value < 0.001 and χ^2 = 92.19, p-value < 0.001, respectively), with a significant interaction effect observed between them (χ^2 = 68.89, p-value < 0.001).

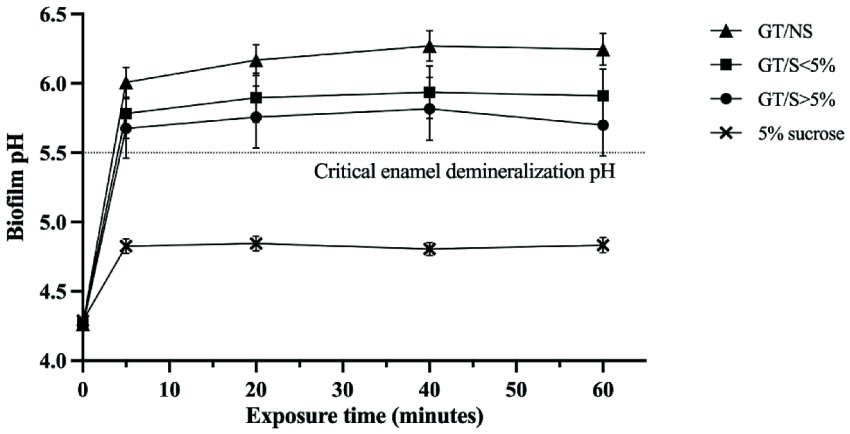


Fig. 2 Mean biofilm pH determined after exposure to each ready-to-drink green tea (GT) groups and 5% sucrose solution for 5, 20, 40, and 60 min. The experiment was repeated independently six times, each with duplicates. GT/NS = GT with no sugar, GT/S < 5% = GT containing less than 5% sugar, and GT/S > 5% = GT containing more than 5% sugar.

Pairwise comparisons using the least significant difference (LSD) revealed that the biofilm pH in all GT groups was significantly different from 5% sucrose (p-value < 0.001, Table 2). At the 60th min, the biofilm pH in the GT/NS was also significantly different from the GT/S > 5% group (p-value = 0.023, Table 2).

Table 2. Mean difference of biofilm pH in all beverage groups at each exposure group by time.

Group x Time		Mean Difference (SE)	p-value	95% CI	
				Lower	Upper
5 min	GT/NS vs GT/S < 5%	0.23 (0.20)	0.264	-0.169	0.619
	GT/NS vs GT/S > 5%	0.33 (0.23)	0.151	-0.122	0.787
	GT/NS vs 5% sucrose	**1.18 (0.12)**	**<0.001***	**0.953**	**1.412**
	GT/S < 5% vs GT/S>5%	0.11 (0.27)	0.689	-0.418	0.633
	GT/S<5% vs 5% sucrose	**0.96 (0.18)**	**<0.001***	**0.607**	**1.308**
	GT/S>5% vs 5% sucrose	**0.85 (0.21)**	**<0.001***	**0.434**	**1.266**
20 min	GT/NS vs GT/S<5%	0.27 (0.20)	0.179	-0.124	0.668
	GT/NS vs GT/S>5%	0.41 (0.24)	0.086	-0.059	0.882
	GT/NS vs 5% sucrose	**1.33 (0.12)**	**<0.001***	**1.088**	**1.562**
	GT/S<5% vs GT/S>5%	0.14 (0.27)	0.608	-0.395	0.675
	GT/S<5% vs 5% sucrose	**1.05 (0.18)**	**<0.001***	**0.705**	**1.401**
	GT/S>5% vs 5% sucrose	**0.91 (0.22)**	**<0.001***	**0.483**	**1.344**
40 min	GT/NS vs GT/S<5%	0.34 (0.21)	0.112	-0.078	0.748
	GT/NS vs GT/S>5%	0.45 (0.24)	0.061	-0.021	0.929
	GT/NS vs 5% sucrose	**1.47 (0.12)**	**<0.001***	**1.237**	**1.693**
	GT/S<5% vs GT/S>5%	0.12 (0.28)	0.674	-0.436	0.674
	GT/S<5% vs 5% sucrose	**1.13 (0.19)**	**<0.001***	**0.764**	**1.496**
	GT/S>5% vs 5% sucrose	**1.01 (0.22)**	**<0.001***	**0.576**	**1.446**
60 min	GT/NS vs GT/S<5%	0.34 (0.22)	0.120	-0.087	0.762
	GT/NS vs GT/S>5%	**0.55 (0.24)**	**0.023***	**0.075**	**1.019**
	GT/NS vs 5% sucrose	**1.42 (0.13)**	**<0.001***	**1.169**	**1.660**
	GT/S<5% vs GT/S>5%	0.21 (0.28)	0.456	-0.342	0.762
	GT/S<5% vs 5% sucrose	**1.08 (0.19)**	**<0.001***	**0.701**	**1.454**
	GT/S>5% vs 5% sucrose	**0.87 (0.22)**	**<0.001***	**0.438**	**1.297**

GT = ready-to-drink green tea, GT/NS = GT with no sugar, GT/S < 5% = GT containing less than 5% sugar, and GT/S > 5% = GT containing more than 5% sugar, Time = Exposure time, SE = standard error, *p < 0.001, CI = confidence interval

Within the GT/NS group, pairwise comparisons showed that the biofilm pH significantly increased until the 40th min (p-value < 0.001, Table 3). In contrast, for GT containing sugar, the biofilm pH in GT/S < 5% significantly increased up to 20 min (p-value < 0.001,Table 3), while in GT/S > 5%, the increase was significant up to 40 min (p-value < 0.001,Table 3). However, in the GT/S > 5% group, the biofilm pH significantly decreased after 40 min (p-value = 0.006, Table 3). No significant differences in biofilm pH were observed within the 5% sucrose group (Table 3). All these results may reflect the effect of the sugar content in the beverage on the changes in pH over time.

Table 3. Mean difference of biofilm pH in all beverage groups between each exposure group by time

Group x Time		Mean Difference (SE)	p-value	95% CI	
				Lower	Lower
GT/NS	**5 min vs 20 min**	**-0.16 (0.02)**	**< 0.001***	**-0.202**	**-0.120**
	5 min vs 40 min	**-0.26 (0.03)**	**< 0.001***	**-0.320**	**-0.205**
	5 min vs 60 min	**-0.24 (0.04)**	**< 0.001***	**-0.310**	**-0.170**
	20 min vs 40 min	**-0.10 (0.02)**	**< 0.001***	**-0.148**	**-0.055**
	20 min vs 60 min	**-0.08 (0.03)**	**0.006***	**-0.135**	**-0.022**
	40 min vs 60 min	0.02 (0.02)	0.328	-0.023	-0.070
GT/S < 5%	**5 min vs 20 min**	**-0.11 (0.02)**	**< 0.001***	**-0.163**	**-0.066**
	5 min vs 40 min	**-0.15 (0.02)**	**< 0.001***	**-0.193**	**-0.112**
	5 min vs 60 min	**-0.13 (0.03)**	**< 0.001***	**-0.188**	**-0.066**
	20 min vs 40 min	-0.04 (0.02)	0.093	-0.083	0.006
	20 min vs 60 min	-0.01 (0.04)	0.756	-0.091	0.066
	40 min vs 60 min	0.03 (0.02)	0.280	-0.021	0.073
GT/S > 5%	**5 min vs 20 min**	**-0.08 (0.03)**	**0.011***	**-0.145**	**-0.019**
	5 min vs 40 min	**-0.14 (0.03)**	**< 0.001***	**-0.209**	**-0.073**
	5 min vs 60 min	-0.02 (0.05)	0.609	-0.117	-0.069
	20 min vs 40 min	**-0.06 (0.01)**	**< 0.001***	**-0.082**	**-0.036**
	20 min vs 60 min	0.06 (0.05)	0.237	-0.038	0.153
	40 min vs 60 min	**0.12 (0.04)**	**0.006***	**0.034**	**0.199**
5% sucrose	5 min vs 20 min	-0.02 (0.03)	0.489	-0.070	0.034
	5 min vs 40 min	0.02 (0.03)	0.485	-0.036	0.076
	5 min vs 60 min	-0.01 (0.03)	0.845	-0.074	0.060
	20 min vs 40 min	0.04 (0.04)	0.334	-0.039	0.116
	20 min vs 60 min	0.01 (0.04)	0.760	-0.063	0.087
	40 min vs 60 min	-0.03 (0.03)	0.321	-0.079	0.026

GT = ready-to-drink green tea, GT/NS = GT with no sugar, GT/S< 5% = GT containing less than 5% sugar, and GT/S > 5% = GT containing more than 5% sugar, Time = Exposure time, SE = standard error, *p < 0.001, CI = confidence interval

Discussion

Green tea is widely recognized for its potential to reduce the risk of dental caries (15,16,19). Despite its popularity, there is a gap in research on the effects of sweetened GT on biofilm pH, which is crucial for caries development. Hence the focus of our study was whether the sugar content in GT and its exposure time to biofilms could influence the positive attributes of green tea.

Our methodology mirrors a practical scenario wherein GT is consumed during the day after biofilm has accumulated on the tooth enamel surface. According to the ecological plaque hypothesis, the cariogenic biofilm escalates the likelihood of caries initiation, particularly in the presence of dietary sugars as it harbors pathogens such as *S. mutans,* which utilize sugar to generate acids that demineralizes the enamel (24). In the model described, we successfully developed a *S. mutans* biofilm with a baseline pH of 4.28 ± 0.01 below the critical pH of enamel (pH = 5.5). Although the acidic environment in this *in vitro* model may be more pronounced than in the oral cavity due to limitations in replicating the complex microbial ecosystem, the findings indicate that both sugared and unsweetened GT maintained biofilm pH above the critical threshold for enamel demineralization. This suggests that under less acidic, real-life conditions, the effect may be even more favorable. Nevertheless, clinical studies are needed to confirm these findings.

In an *in vitro* study using green tea infusion, the addition of sugar did not significantly alter its effect on biofilm architecture (20). Similarly, a clinical study in children showed that rinsing with brewed green tea containing 5% sucrose resulted in consistently higher biofilm pH compared to 10% sucrose at all measured time points (5, 10, 20, and 30 min), with a gradual increase over time. The study also compared milk containing 5% sucrose and found that the tea group had higher biofilm pH than the milk group, and both groups had higher values than the 10% sucrose group (25). These findings match our study, which found that after 5 min of exposure to GT with or without sugar, the biofilm pH increased above 5.5 in both sugared GT groups (GT/S < 5% and GT/S > 5%), whereas the pH reached 6 in the GT without sugar group (GT/NS). This effect could be attributed to catechins, particularly EGCG, which are abundant in GT (26).

Several studies have shown the antibacterial potency EGCG as well its ability to mitigate acid production (13,27-28). For instance, Han S., et al. revealed that pH regulatory mechanisms of EGCG are linked its buffer capacity and blocking sugar transportation through a phosphoenolpyruvate-dependent phosphotransferase system (PEP-PTS). This leads to inhibition of sugar metabolism, resulting in inadequate energy production and consequently reduced bacterial growth which in turn suppresses acid production within the biofilm milieu (28).

Our GEE analysis study revealed a significant interaction between sugar content and exposure time. Moreover, at the 60 min exposure period, GT/S > 5% significantly lowered biofilm pH compared to GT/NS, while GT/S < 5% did not. These results suggest that even in the presence of EGCG, higher sugar concentrations, and prolonged exposure period that may have contributed to a reduction in biofilm pH (Fig. 2; Table 2). This finding may be attributed to the elevated concentration of sucrose coupled with extended

exposure time, permitting sucrose to effectively outcompete the EGCG effects, and also surpass the physical barrier posed by extracellular polysaccharides of *S. mutans.* Moreover, the smaller molecular size of sucrose (342.30 g/mol, (29)) compared to EGCG (458.4 g/mol, (30)) likely enables it to penetrate more deeply into the biofilm. This enhanced penetration increases the likelihood of sucrose reaching and being metabolized by larger numbers of *S. mutans,* leading to acid production.

The heat generated during the production of GT is likely to be a key factor affecting the characteristics of catechins in these commercially available products (31-33). A previous study has reported that catechin contents in bottled and canned GT (250 mL) ranges from 3 to 60 mg, contrasting with 400 to 500 mg typically found in a cup of brewed hot green tea extracts (400 mL) (32). Despite the lower EGCG content in GT compared to other formulations, we noted that even with added sugar, GT retained its ability to effectively regulate pH. However, further research is required to validate our findings and determine their clinical relevance.

Conclusions

Our data suggest that the pH of *S mutans.* biofilm exposed to GT with high sugar concentrations, even for extended periods, is unlikely to drop below the cariogenic pH threshold required for enamel demineralization. Nevertheless, there is a significant temporal pH differential between high and no sugar GT implying that addition of sugar to GT may foster the growth of acidophilic, cariogens such as *S. mutans.*

Acknowledgments

This study was supported by the Ratchadaphiseksomphot Endowment Fund (to the Center of Excellence on Oral Microbiology and Immunology), Chulalongkorn University. The authors thank Professor Lakshman Samaranayake, High Potential Professor at Chulalongkorn University for language editing, Professor Chutima Trairatvorakul for her valuable suggestions, Mr. Metanee Sangpitak, and Ms. Supamas Keawkrasaesin for their assistance in our study. ChatGPT (version 1.2025.084) and QuillBot were used to assist in refining the writing style and enhancing the clarity of the manuscript.

References

1. Jain N, Dutt U, Radenkov I, Jain S. WHO's global oral health status report 2022: Actions, discussion and implementation. Oral Dis. 2024;30(2):73-9.

2. Duguid R. *In-vitro* acid production by the oral bacterium *Streptococcus mutans* 10449 in various concentrations of glucose, fructose and sucrose. Arch Oral Biol 1985;30(4):319-24.

3. Hicks J, Garcia-Godoy F, Flaitz C. Biological factors in dental caries enamel structure and the caries process in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 2). J Clin Pediatr Dent. 2004;28(2):119-24.

4. Du Q, Fu M, Zhou Y, Cao Y, Guo T, Zhou Z, et al. Sucrose promotes caries progression by disrupting the microecological balance in oral biofilms: an *in vitro* study. Sci Rep. 2020;10(1):2961. doi: 10.1038/s41598-020-59733-6.

5. Deka A, Vita JA. Tea and cardiovascular disease. Pharmacol Res. 2011;64(2):136-45.

6. Antonello M, Montemurro D, Bolognesi M, Di Pascoli M, Piva A, Grego F, et al. Prevention of hypertension, cardiovascular damage and endothelial dysfunction with green tea extracts. Am J Hypertens. 2007;20(12):1321-8.

7. Choi C, Han J, Son Y, Joo S, Kwon S, Lee YH. Green tea extract exhibits antidiabetic effects partly through regulating dipeptidyl peptidase-4 expression in adipose tissue. J Nutr Biochem. 2023;111:109173. doi: 10.1016/j.jnutbio.2022.109173.

8. Thangapazham RL, Singh AK, Sharma A, Warren J, Gaddipati JP, Maheshwari RK. Green tea polyphenols and its constituent epigallocatechin gallate inhibits proliferation of human breast cancer cells *in vitro* and *in vivo.* Cancer Lett. 2007;245(1-2):232-41.

9. Otake S, Makimura M, Kuroki T, Nishihara Y, Hirasawa M. Anticaries effects of polyphenolic compounds from Japanese green tea. Caries Res. 1991;25(6):438-43.

10. Sakanaka S, Shimura N, Aizawa M, Kim M, Yamamoto T. Preventive effect of green tea polyphenols against dental caries in conventional rats. Biosci Biotechnol Biochem. 1992;56(4):592-4.

11. Onisi M, Shimura N, Nakamura C, Sato M. A field test on the caries preventive effect of tea drinking. J Dent Hlth. 1981;31(1):13–9.

12. Leelaviriyawong S. Thailand food market report: Ready-to-drink tea in Thailand. Bangkok: National Food Institute, Food Intelligence Center; 2018 [cited 2023 Jun]. Available from: https://fic.nfi.or.th/upload/market_overview/pdf182.pdf.

13. Xu X, Zhou XD, Wu CD. The tea catechin epigallocatechin gallate suppresses cariogenic virulence factors of *Streptococcus mutans.* Antimicrob Agents Chemother. 2011;55(3):1229-36.

14. Sakanaka S, Kim M, Taniguchi M, Yamamoto T. Antibacterial substances in Japanese green tea extract against *Streptococcus mutans,* a cariogenic bacterium. Agric Biol Chem. 1989;53(9):2307-11.

15. Awadalla HI, Ragab MH, Bassuoni MW, Fayed MT, Abbas MO. A pilot study of the role of green tea use on oral health. Int J Dent Hyg. 2011;9(2):110-6.

16. Ferrazzano GF, Roberto L, Amato I, Cantile T, Sangianantoni G, Ingenito A. Antimicrobial properties of green tea extract against cariogenic microflora: an *in vivo* study. J Med Food. 2011;14(9):907-11.

17. Hirasawa M, Takada K, Otake S. Inhibition of acid production in dental plaque bacteria by green tea catechins. Caries Res. 2006;40(3):265-70. doi: 10.1159/000092236.

18. Han S, Washio J, Abiko Y, Zhang L, Takahashi N. Green tea-derived catechins suppress the acid productions of *Streptococcus mutans* and enhance the efficiency of fluoride. Caries Res. 2023;57(3):255-64.

19. Neturi R, Srinivas R, Simha B, Sandhya S, Shekar TC, Kumar S. Effects of green tea on *Streptococcus mutans* counts- a randomised control trail. J Clin Diagn Res. 2014;8(11):Zc128-Zc30.

20. Fernández CE, Luo TL, González-Cabezas C, Rickard AH. Unsweetened and sucrose-sweetened black and green tea modifies the architecture of *in vitro* oral biofilms. Arch Oral Biol. 2022;135:105368. doi: 10.1016/j.archoralbio.2022.105368.

21. Pallepati A, Yavagal P, Veeresh DJ. Effect of consuming tea with stevia on salivary pH - an *in vivo* randomised controlled trial. Oral Health Prev Dent. 2017;15(4):315-9.

22. Cavazana TP, Pessan JP, Hosida TY, Monteiro DR, Botazzo Delbem AC. pH changes of mixed biofilms of *Streptococcus mutans* and Candida albicans after exposure to sucrose solutions *in vitro.* Arch Oral Biol. 2018;90:9-12. doi: 10.1016/j.archoralbio.2018.02.019.

23. Garg D, Karuna YM, Srikant N, Bhandary M, Nayak AP, Rao A, et al. Evaluation of plaque pH changes following consumption of health drinks by children: a pilot study. J Clin Diagn Res. 2017;11(5):Zc05-Zc8.

24. Marsh PD. Are dental diseases examples of ecological catastrophes?. Microbiology (Reading). 2003;149(Pt 2):279-94.

25. Talreja N, Devendrappa S, Singla S, Agrawal N, Mali S. An in vivo comparison of plaque pH changes in children aged 8-12 years after consumption of milk and green tea with sugar. Journal of International Oral Health. 2018; 10(1):10-5.

26. Oliveira R. Quantification of catechins and caffeine from green tea (Camellia sinensis) infusions, extract, and ready-to-drink beverages. Food Sci Technol (Campinas). 2012;32(1):163-6.

27. Bai L, Takagi S, Ando T, Yoneyama H, Ito K, Mizugai H, et al. Antimicrobial activity of tea catechin against canine oral bacteria and the functional mechanisms. J Vet Med Sci. 2016; 78(9):1439-45.

28. Han S, Abiko Y, Washio J, Luo Y, Zhang L, Takahashi N. Green tea-derived epigallocatechin gallate inhibits acid production and promotes the aggregation of *Streptococcus mutans* and non-mutans streptococci. Caries Res. 2021;55(3):205-14.

29. National Center for Biotechnology Information, Sucrose NF; 2025 [cited 2025 January]. Available from: URL: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sucrose-NF. .

30. National Center for Biotechnology Information. Epigallocatechin Gallate; 2025 [cited 2025 January]. Available from: URL: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Epigallocatechin-Gallate. .

31. Bazinet L, Araya-Farias M, Doyen A, Trudel D, Têtu B. Effect of process unit operations and long-term storage on catechin contents in EGCG-enriched tea drink. Food Res Int. 2010; 43(6):1692-701.

32. Chen Z, Zhu QY, Tsang D, Huang Y. Degradation of green tea catechins in tea drinks. J Agric Food Chem. 2001;49(1):477-82.

33. Kim ES, Liang YR, Jin J, Sun QF, Lu JL, Du YY, et al. Impact of heating on chemical compositions of green tea liquor. Food Chem. 2007;103(4):1263-7.

Corresponding author:
Assoc. Prof. Dr. Panida Thanyasrisung
Department of Microbiology and Center of Excellence on Oral Microbiology and Immunology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand.
Tel: (662) 218 8680
E-mail: panida.t@chula.ac.th

ประสิทธิผลในการลดปริมาณละอองลอยในอากาศของปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ (การวิจัยเชิงทดลอง)

วริษฐา อิ่มแสง[1*] จิตจิโรจน์ อิทธิชัยเจริญ[1]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาประสิทธิผลในการลดปริมาณละอองลอยในอากาศของปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ ที่ออกแบบเป็นแท่นกัดเพื่อให้ผู้ป่วยสามารถกัดได้เอง

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ ภายใต้การสร้างละอองลอยทางทันตกรรมจากเครื่องขูดหินปูนอุลตราโซนิคบนฟันหน้าบนด้านขวาของหัวหุ่นจำลองทางทันตกรรม เป็นเวลา 20 วินาที โดยทำการจำลองกระบวนการกำจัดละอองลอยทางทันตกรรมด้วยวิธีการต่าง ๆ 4 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มควบคุม คือ ไม่ใช้เครื่องมือใด ๆ 2) กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปอย่างเดียว 3) กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงแบบเดิม และ 4) กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ ทำการวัดปริมาณละอองลอยในอากาศด้วยการบันทึกภาพเป็นวิดีโอ แล้วเลือกภาพในวินาทีที่ 6-16 ขนาด 1920×1088 พิกเซล นำไปวิเคราะห์ปริมาณละอองลอยในอากาศเป็นค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพด้วยโปรแกรมอิมเมจเจ

ผลการทดลองหรือผลการศึกษา: ใช้สถิติ Two-Way ANOVA ด้วยการทดสอบ Tukey พบว่า กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ สามารถลดระดับปริมาณละอองลอยในอากาศได้มากที่สุด (มีค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ 27.68 ± 2.11 พิกเซล) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value = 0.05 รองลงมาคือ กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงแบบเดิม (มีค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ 30.74 ± 1.93 พิกเซล) และกลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปอย่างเดียว (มีค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ 34.03 ± 2.58 พิกเซล) ตามลำดับ แต่ที่เวลาต่างกันระดับปริมาณละอองลอยในอากาศที่วัดได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value = 0.05

สรุป: การใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ สามารถช่วยกำจัดละอองลอยที่เกิดขึ้นขณะทำหัตถการทางทันตกรรมก่อนการฟุ้งกระจายออกสู่ภายนอกช่องปากได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคจากผู้ติดเชื้อไปยังทันตบุคลากรหรือผู้ป่วยรายอื่นได้

คำสำคัญ: ปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปาก การลดละอองลอยทางทันตกรรม การวัดปริมาณละอองลอยทางทันตกรรม เครื่องดูดน้ำลายทั่วไป เครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูง

วันที่รับ: 25 เมษายน 2568
วันที่แก้ไข: 8 สิงหาคม 2568
วันที่ตอบรับ: 15 สิงหาคม 2568

[1]*คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200*
*(*ผู้ติดต่อบทความ)*

Effectiveness of Aerosol Quantity Reduction Using the New Model Intraoral High-Power Suction Tip (In Vitro Experimental Study)

Waritta Imsang[1*] Jitjiroj Ittichaicharoen[1]

Abstract

Objective: This study evaluates the effectiveness of reducing aerosol quantity with a newly designed intraoral high-power suction tip. This unique tip design allows patients to bite down during dental procedures, reducing the need for constant assistance from dental profes-sionals and potentially revolutionizing dental practice.

Materials and Methods: A controlled in vitro experimental design utilized a P5 ultrasonic scaler on maxillary right anterior teeth in a manikin head as a dental aerosol-generating source for 20 seconds. Simulating aerosol-mitigating procedures across four groups: 1) a control group (CT) that did not use any devices 2) only the saliva ejector (SE), 3) saliva ejector with a conventional high-power suction tip (Four-Hand Dentistry: FH), and 4) saliva ejector with the new model intraoral high-power suction tip (New Model: NM). The study assessed aerosol levels indirectly by capturing images from video recordings and analyzing them for average darkness of the image using the ImageJ program.

Results: Using two-way ANOVA with the Tukey test, the New Model group showed a sig-nificant reduction in aerosol levels (27.68 ± 2.11 pixels, p-value = 0.05), more than the Four-Handed Dentistry group (30.74 ± 1.93) and the Saliva Ejector group (34.03 ± 2.58), respective-ly. All groups did not change significantly over time (p-value = 0.05).

Conclusions: This study demonstrated that the new model intraoral high-power suction tip represents a practical and effective solution for managing dental aerosols, which can re-duce the spread of infection from an infected person to other patients and the dental team.

Keywords: Intraoral high-power suction tip, Dental aerosol reduction, Aerosol measurement, Saliva ejector, High-power suction

Received Date: Apr 25, 2025
Revised Date: Aug 8, 2025
Accepted Date: Aug 15, 2025

[1]*Faculty of Dentistry Chiangmai University, Chiang Mai, 50200, Thailand.*
*(*Corresponding author)*

บทนำ (Introduction)

เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าหัตถการทางทันตกรรม (dental procedure) เป็นกระบวนการที่เหนี่ยวนำให้เกิดการสร้างละอองลอยขนาดต่าง ๆ (Aerosol-Generating Procedures: AGPs) (1) ฟุ้งกระจายสู่สิ่งแวดล้อม

ละอองลอยขนาดเล็ก (aerosols) หรือละอองนิวเคลียส (droplet nuclei) มีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 5 ไมโครเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กเกินกว่าจะตกตะกอน จึงสามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานหลายชั่วโมงและเคลื่อนที่ไปตามกระแสอากาศได้ไกลมากกว่า 1 เมตร (1-3)

ฝอยละอองขนาดใหญ่ (droplets) หรือละอองทางเดินหายใจ (respiratory droplets) มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 5 ไมโครเมตร สามารถตกลงบนพื้นได้อย่างรวดเร็วภายในระยะ 1 เมตร จากแหล่งกำเนิด (1-3)

โดยกระบวนการที่เหนี่ยวนำให้เกิดการสร้างละอองลอยทางทันตกรรม ได้แก่ การใช้เครื่องขูดหินปูนอัลตราโซนิก (ultrasonic scalers), การใช้หัวกรอเร็ว (high-speed handpieces), การใช้หัวกรอผ่าตัด (surgical handpieces), การใช้หัวกรอช้า (slow-speed handpieces), การใช้กระบอกฉีด 3 ทาง (3-in-1/ triple/ air-water syringes) และการใช้เครื่องขัดด้วยลม (air polisher) ตามลำดับ (1,3,4)

จากการศึกษากลไกการเกิดละอองลอยจากหัวกรอทางทันตกรรมของ Sergis A. ในปี ค.ศ. 2020 พบว่า โดยทั่วไปแล้วในหัวเครื่องมือ อากาศ (chip air) ก่อนการผสมกับน้ำที่ใช้สำหรับหล่อเย็น (premist) ออกจากรูที่ฐานของหัวกรอด้วยความเร็วสูง มุ่งตรงไปยังเข็มกรอและเข้าไปในช่องปากในรูปแบบของละอองลอยขนาดเล็กที่หนาแน่นและละเอียด ซึ่งละอองลอยลักษณะนี้เกิดจากการแตกออกของหยดน้ำจากแรงดันอากาศสูง โดยละอองลอยที่หนาแน่นและมีความเร็วสูงนี้จะถูกปรับเปลี่ยนด้วยเข็มกรอที่กำลังหมุนอยู่อย่างรวดเร็ว เมื่อละอองลอยเหล่านี้ไม่ถูกกีดขวาง (unobstructed of the direct flow) จะมีความเร็วมากกว่า 12 เมตรต่อวินาที เกิดเป็นละอองลอยขนาดเล็กจำนวนมากซึ่งมีน้ำหนักน้อยและไม่ตกตะกอนตามแรงโน้มถ่วง (5)

อย่างไรก็ตาม การจำลองกระบวนการเกิดละอองลอยทางทันตกรรม ให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมาก เนื่องจากตำแหน่งของแหล่งกำเนิดละอองลอยแตกต่างกันไปตามตำแหน่งฟันในช่องปาก ร่วมกับผลกระทบของโครงสร้างภายในช่องปากที่ประกอบด้วยเยื่อเมือกและน้ำลายที่มีต่อละอองลอยนั้น โดยพบว่า ละอองลอยจะถูกรบกวนทันทีที่เข้าไปในช่องปาก ซึ่งละอองลอยที่มีสิ่งกีดขวาง (obstructed of the direct flow) จะมีความเร็วและการกระจายลดลงแต่ความละเอียดยังคงเหมือนกับละอองลอยที่ไร้สิ่งกีดขวาง ซึ่งความเร็ว ความหนาแน่นและทิศทางของละอองลอยขึ้นอยู่กับตำแหน่งของเครื่องมือ (5)

การแพร่กระจายของละอองลอยจะลดลงอย่างมากเมื่อความเร็วรอบต่อนาทีลดลง โดยละอองลอยขนาดเล็กเป็นหมอกละเอียดและฝอยละอองขนาดใหญ่ที่มีความเร็วสูง จะถูกสร้างขึ้นที่ความเร็วมากกว่า 100,000 รอบต่อนาที และเมื่อเข็มกรอสัมผัสของเหลวจะเกิดเป็นละอองลอยโดยรอบหัวกรอ (radial atomization) ซึ่งมีความเร็วลดลงและมีขนาดใหญ่ขึ้น นอกจากนี้ เมื่อเข็มกรอสัมผัสกับฟันจะสร้างละอองลอยเมื่อมีความเร็วมากกว่า 80,000 รอบต่อนาที โดยอาจเกิดจากผลของความหนาของ ของเหลวที่เคลือบอยู่บริเวณผิวฟัน และที่ความเร็ว 60,000 รอบต่อนาที จะประกอบด้วยฝอยละอองขนาดใหญ่ที่เคลื่อนที่ช้าเท่านั้น (5)

อนุภาคจะมีขนาดเล็กลงเมื่อฝอยละอองขนาดใหญ่ในอากาศเกิดการระเหยกลายเป็นละอองลอยขนาดเล็ก ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นของสภาพแวดล้อม ตลอดจนขนาดของอนุภาคของฝอยละอองโดยฝอยละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนเป็นละอองลอยก่อนที่จะตกตะกอน ซึ่งละอองลอยเหล่านี้จะยังคงลอยอยู่ในมวลของอากาศต่อไป ในส่วนของฝอยละอองขนาดเล็กกว่า 50 ไมโครเมตร คงอยู่ได้นานกว่าในมวลของอากาศโดยไม่มีการระเหยอย่างมีนัยสำคัญ และปนเปื้อนพื้นผิวในระยะไกลรวมถึงในระบบหมุนเวียนอากาศด้วย โดยละอองทุกขนาดสามารถเดินทางได้ไกลถึง 7-8 เมตร และคงอยู่ในอากาศเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 3 ชั่วโมง โดยมีครึ่งชีวิตประมาณ 1 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสม (6)

จากการทบทวนวรรณกรรมของ Salian VS. ในปี ค.ศ. 2021 พบเชื้อ SARS-CoV-2 (severe acute respiratory syndrome coronavirus 2) ในน้ำลายมากถึงร้อยละ 87 ของผู้ติดเชื้อ ซึ่งขนาดเฉลี่ยของเชื้อ SARS-CoV-2 อยู่ที่ประมาณ 0.1 ไมโครเมตร เช่นเดียวกันกับไวรัสส่วนใหญ่ ดังนั้น แม้แต่อนุภาคละอองลอย 1-10 ไมโครเมตร ก็มีขนาดใหญ่พอที่จะรองรับอนุภาคไวรัสได้ (6) ในปี ค.ศ. 2018 Vilarinho Oliveira AMA. และคณะ ได้ทำการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราในละอองลอยที่เกิดจากหัวกรอเร็วในคลินิกทันตกรรม โดยการเก็บตัวอย่างละอองลอยด้วย Sabouraud agar with Chloramphenicol plate พบเชื้อราในทุกตัวอย่าง โดยสามารถจำแนกสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจได้มากถึง 19 สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่พบมาก ได้แก่ *Curvularia clavate, Aspergillus niger* และ Phialemoni-um obovatum ตามลำดับ (7) นอกจากนั้นแล้ว ในปี ค.ศ. 2015 Holloman JL. และคณะ พบเชื้อแบคทีเรีย α-hemolytic streptococci ในทุกตัวอย่างขณะทำการขูดหินปูนด้วยเครื่องอุลตราโซนิค (8)

จึงได้มีความพยายามในการที่จะลดการปนเปื้อนจากเชื้อดังกล่าวด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ การนำเทคโนโลยีเลเซอร์มาใช้ในการทำหัตถการทางทันตกรรมเพื่อลดปริมาณละอองลอยจากแหล่งกำเนิดโดยตรง (9,10) การลดปริมาณเชื้อภายในช่องปากก่อนการทำหัตถการโดยการบ้วนปากด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ (4,11-19) การป้องกันการฟุ้งกระจายของเชื้อที่ปนเปื้อนในน้ำลายด้วยการแยกส่วนปนเปื้อนกับส่วนที่ไม่ปนเปื้อนด้วยแผ่นยางกันน้ำลาย (4,20,21) การลดปริมาณละลองลอยที่จะฟุ้งกระจายสู่สิ่งแวดล้อมด้วยการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูง (10,15,16,20-22) การใช้เครื่องดูดละอองภายนอกช่องปากเพื่อกำจัดละอองลอยที่ฟุ้งกระจายสู่สิ่งแวดล้อม (23-25) การใช้แผ่นกรองอากาศที่มีคุณสมบัติในการกรองอนุภาคขนาดเล็ก ร่วมกับการปรับอัตราการหมุนเวียนอากาศให้เหมาะสมกับปริมาณของการเกิดละอองลอย (26,27) เพื่อกำจัดละอองลอยที่ปนเปื้อนเชื้อในน้ำลายภายในห้องทันตกรรมให้ได้มากที่สุด เพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อจากผู้รับบริการที่ติดเชื้อไปยังบุคลากรทางทันตกรรมหรือผู้รับบริการรายอื่น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

โดยการศึกษาในปี 2015 Sawhney A. และคณะ (16) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการลดการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในละอองลอยในการขูดหินปูนด้วยเครื่องอุลตราโซนิค พบว่า การใช้เครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงมีประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในละอองลอยจากการขูดหินน้ำลายด้วยเครื่องอัลตราโซนิกได้มากกว่าการไม่ใช้เครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Clementini M. และคณะ ในปี 2020 (3) และ Robertson C. และคณะ ในปี 2021 (4) โดยการทบทวนวรรณกรรมด้วยการสืบค้นแนวปฏิบัติทางทันตกรรมจากฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ พบว่าแนวปฏิบัติแนะนำให้ทันตแพทย์ใช้เครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูง (ร้อยละ 73) ในการลดการสร้างละอองลอยหรือฝอยละอองขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับการทดลองทางคลินิกในการลดละอองลอยชีวภาพ (bio-aerosol) โดย Samaranayake LP. และคณะ ในปี 2021 (15) ที่แนะนำให้ใช้เครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงขณะทำหัตถการทางทันตกรรมเกือบทั้งหมด โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูง คือ ระยะระหว่างตำแหน่งที่ทำหัตถการกับปลายของที่ดูดน้ำลาย และจำนวนของเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงที่ถูกใช้ในการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงแบบเดิม เพื่อกำจัดละอองลอยและฝอยละอองขนาดใหญ่ที่จะกระจายออกมาภายนอกช่องปากสู่สิ่งแวดล้อมนั้น ผู้ช่วยทันตแพทย์จะต้องใช้มือทั้งสองข้างในการจับเครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูง ในลักษณะของ Four-hand dentistry ซึ่งทำให้การทำงานของผู้ช่วยทันตแพทย์มีความยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้น จึงได้มีความพยายามที่จะนำเครื่องมือต่าง ๆ มาช่วยในการดูดน้ำลายและละอองลอยโดยไม่ต้องให้ผู้ช่วยทันตแพทย์จับเครื่องมือ ยกตัวอย่างเช่น Isolite, Dryfiled และ EasyPrep ที่มีรูปร่างและวิธีการใช้งานคล้ายคลึงกัน แต่มีราคาสูงและต้องเตรียมไว้ใช้หลายขนาดเพื่อให้เหมาะสมกับขนาด

ช่องปากของผู้ป่วยแต่ละราย อีกทั้งยังต้องเตรียมไว้ใช้สำหรับด้านซ้ายและขวาแยกออกจากกันอีกด้วย คณะทันตแพทยศาสตร์ ร่วมกับ อุทยานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จึงได้ออกแบบปลายของเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ ที่สามารถใช้ในการทำหัตถการได้หลายตำแหน่ง โดยที่ไม่ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์หรือเตรียมไว้หลายขนาด โดยมีแนวคิดหลัก 2 ประการ คือ 1) สามารถลดปริมาณละอองลอยที่จะฟุ้งกระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้มากที่สุด โดยออกแบบให้มีระยะห่างระหว่างเครื่องมือกับแหล่งกำเนิดละอองลอยน้อยที่สุด และ 2) สามารถวางในช่องปากได้โดยไม่ต้องให้ผู้ช่วยทันตแพทย์ถือเครื่องมือเอง โดยออกแบบให้เป็นแท่นกัดเพื่อให้ผู้ป่วยสามารถกัดเครื่องมือไว้ได้เอง ทั้งนี้เครื่องมือยังช่วยในการอ้าปากของผู้ป่วยขณะทำหัตถการได้อีกด้วย ทำให้ผู้ป่วยรู้สึกสบาย ลดความเมื่อยล้า สามารถทนต่อการทำหัตถการที่ยุ่งยากซับซ้อนได้นานยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อทดสอบประสิทธิผลในการลดปริมาณละอองลอยในอากาศของปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ เปรียบเทียบกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากเดิมและเครื่องดูดน้ำลายทั่วไป

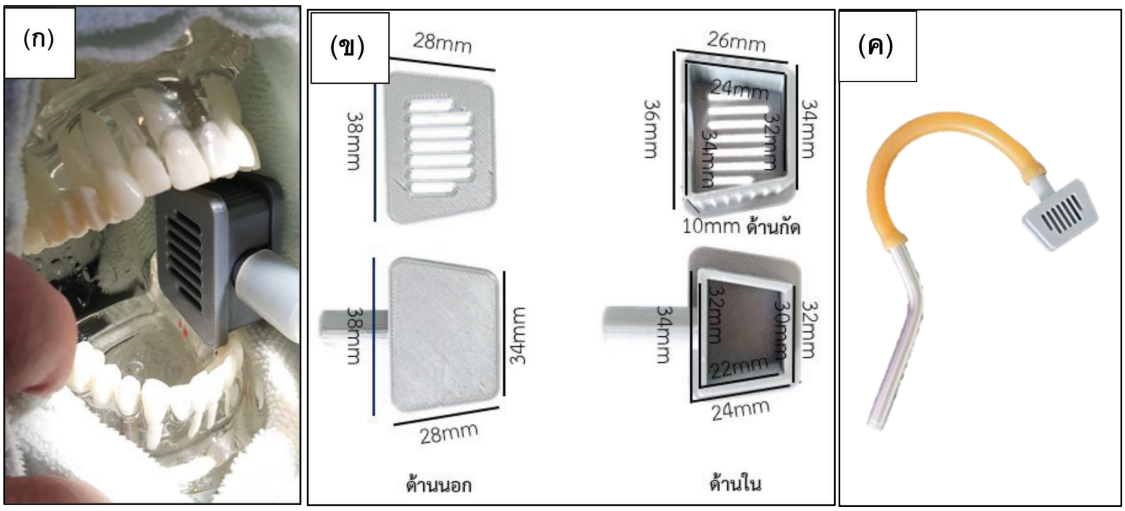
ขอบเขตการวิจัย

เป็นการศึกษานำร่องในห้องปฏิบัติการ (controlled *in-vitro* experimental design) โดยการจำลองหัตถการทางทันตกรรมในหัวหุ่นจำลอง ด้วยผู้วิจัยคนเดียว ภายในคลินิกทันตกรรมพร้อมมูล คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

การออกแบบปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ (The new model intraoral high-power suction tip design)

ปลายของเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ ถูกออกแบบให้มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมคางหมูตามลักษณะทางกายวิภาคของช่องปากขณะอ้าปาก โดยสามารถสลับด้านซ้ายและขวาได้อย่างอิสระ ดังรูปที่ 1(ก) นอกจากนี้ยังออกแบบเป็นสองชิ้นส่วนเพื่อให้สามารถถอดออกมาทำความสะอาดได้ง่าย โดยมีชิ้นหนึ่งสำหรับวางชิดด้านลิ้น ออกแบบให้เป็นช่องเจาะทะลุในแนวนอนตามความกว้างของเครื่องมือ สำหรับการดูดละอองลอยที่เกิดขึ้นภายในช่องปากขณะทำหัตถการ และอีกชิ้นหนึ่งสำหรับวางชิดด้านกระพุ้งแก้ม ออกแบบให้มีผิวเรียบเพื่อป้องกันอันตรายกับเนื้อเยื่อในช่องปาก ด้านกัดออกแบบให้มีรอยบากเพื่อป้องกันการลื่นไถล กว้าง 10 มิลลิเมตร โดยมีรายละเอียดขนาดของแต่ละชิ้นส่วน ดังแสดงในรูปที่ 1(ข) ชิ้นส่วนที่ใช้สำหรับวางชิดกระพุ้งแก้ม ออกแบบให้มีข้อต่อทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 10 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 9 มิลลิเมตร โดยเป็นชิ้นเดียวกันกับเครื่องมือ เพื่อความแข็งแรง ป้องกันการหลุดและการสูญหาย โดยที่ขณะใช้งานสามารถต่อกับเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงได้โดยตรงหรือสามารถต่อกับสายยางทางการแพทย์เพื่อเพิ่มระยะของเครื่องมือกับเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงได้อีกด้วย ดังรูปที่ 1(ค) ทำให้สามารถทำหัตถการได้สะดวกมากยิ่งขึ้นโดยไม่มีสิ่งกีดขวางบริเวณด้านในและด้านหน้าช่องปากขณะทำหัตถการ



รูปที่ 1. แสดงปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่
(ก) แสดงการออกแบบเครื่องมือตามลักษณะทางกายวิภาคของช่องปากขณะอ้าปาก และแสดงการวางตำแหน่งเครื่องมือในช่องปาก โดยสามารถสลับด้านซ้ายและขวาได้อย่างอิสระ
(ข) แสดงส่วนประกอบและขนาดของเครื่องมือ รูปบนแสดงชิ้นส่วนสำหรับวางชิดด้านลิ้น และรูปล่างแสดงชิ้นส่วนสำหรับวางชิดด้านกระพุ้งแก้ม
(ค) แสดงตัวอย่างการต่อปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่กับสายยางทางการแพทย์
Fig 1. Shows the new model intraoral high-power suction tip.
(ก) Illustrates the design of the instrument, which conforms to the anatomical structure of the oral cavity when the mouth is open.
It also demonstrates the positioning of the instru-ment within the oral cavity, with the capability to switch freely between the left and right sides.
(ข) Presents the components and dimensions of the instrument.
The upper image de-picts the part designed to be positioned adjacent to the lingual side, while the lower image shows the part intended to be placed adjacent to the buccal side.
Fig. (ค) Provides an example of connecting the newly designed high-suction saliva ejector tip to a standard medical-grade suction hose.

การจัดสภาพแวดล้อมทางห้องปฏิบัติการ (Laboratory Setting)

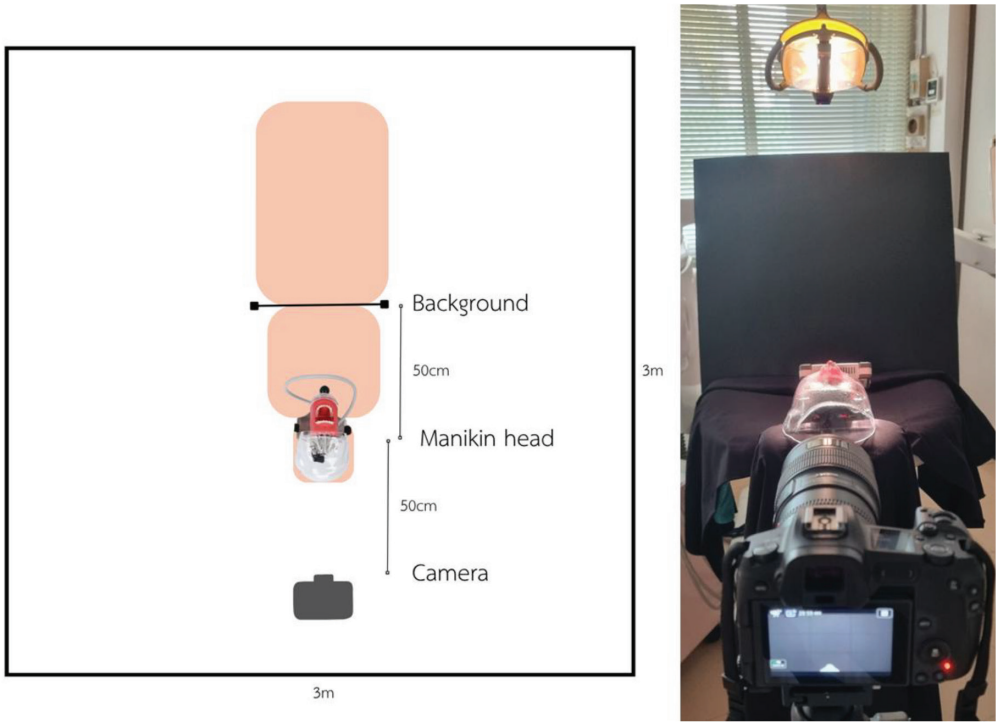
ดัดแปลงการจัดสภาพแวดล้อมทางห้องปฏิบัติการมาจากวิธีการทดสอบประสิทธิภาพในการลดปริมาณละอองลอยและฝอยละอองขนาดใหญ่ของ Abdelkarim-Elafifi H. และคณะ (9) และ Villa A. และคณะ (28) ในปี 2021 โดยทำการทดสอบในห้องทันตกรรมระบบปิดขนาด กว้าง 3 เมตร ยาว 3 เมตร สูง 2.5 เมตร โดยปิดเครื่องปรับอากาศ เครื่องหมุนเวียนอากาศ และเครื่องฟอกอากาศ ควบคุมคุณภาพอากาศก่อนเริ่มทำการทดสอบแต่ละครั้งให้มีอุณหภูมิ 23.4 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 74% (อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในฤดูหนาวของภาคเหนือตอนบนประเทศไทย) (29)

จัดวางหัวหุ่นจำลองของบริษัท ฮาร์เบอร์ เดนท์ (HARBOR DENT®) ประเทศจีน บนพนักพิงศีรษะของยูนิททันตกรรมรุ่น SX3000II TYPE R2 ของบริษัท เจ โมริตา (J. Morita) ประเทศญี่ปุ่น ที่ปรับระดับนอนเป็นแนวราบขนานกับพื้น มีระยะความสูงจากพื้น 60 เซนติเมตร โดยให้ระนาบบดเคี้ยวของฟันบนในหัวหุ่นจำลองตั้งฉากกับพื้น ดังรูปที่ 2.

รูปที่ 2. แสดงการจัดวางตำแหน่งของหัวหุ่นจำลองให้ระนาบบดเคี้ยวของฟันบนตั้งฉากกับพื้น
Fig 2. Shows the position of a manikin head where its upper occlusal plane is perpendicular to the floor.

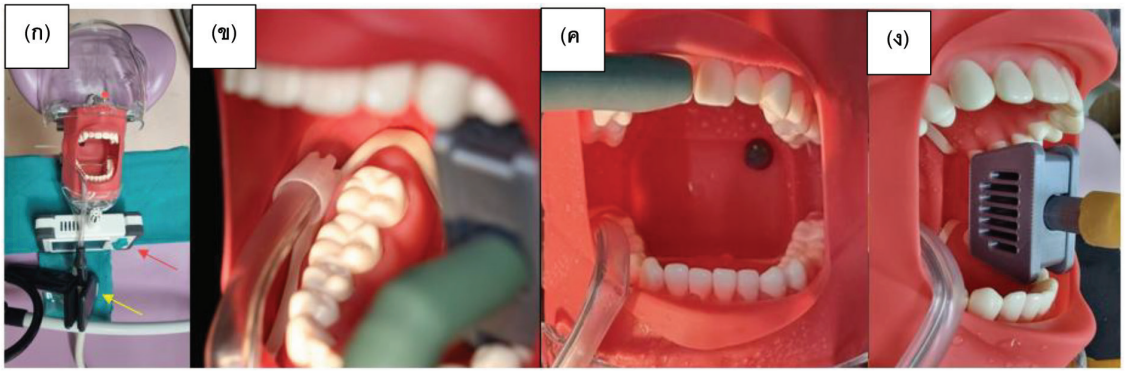
วางกล้องถ่ายรูปรุ่น EOS RP ของบริษัทแคนนอน (Cannon) ประเทศญี่ปุ่น ในระนาบเดียวกันกับปลายจมูกของหัวหุ่นจำลอง บริเวณเหนือศีรษะของหัวหุ่นจำลองที่ระยะห่าง 50 เซนติเมตร จากปลายจมูกของหัวหุ่นจำลอง และวางฉากรับภาพสีดำให้ขนานกับเลนส์ของกล้องถ่ายรูป ในบริเวณด้านตรงกันข้ามกับกล้องถ่ายรูปที่ระยะห่าง 50 เซนติเมตร จากปลายจมูกของหัวหุ่นจำลอง เปิดไฟจากโคมไฟที่ติดตั้งมาพร้อมกับยูนิททันตกรรมให้แสงสว่างส่องไปยังปลายฟันซี่ 11 ของหัวหุ่นจำลอง ดังรูปที่ 3.

วางเครื่องวัดปริมาณอนุภาครุ่น ทีซี-700 (7 in 1 multifunctional TC-700 Air Quality Detector) ประเทศจีน บริเวณปลายคางของหัวหุ่นจำลองตำแหน่งกึ่งกลางริมฝีปากล่าง เพื่อวัดระดับอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณอนุภาคให้อยู่ในระดับที่ควบคุมก่อนเริ่มทำการทดสอบ ดังรูปที่ 4(ก) ลูกศรสีแดง



รูปที่ 3. แสดงการจัดวางตำแหน่งกล้องถ่ายรูป หัวหุ่นจำลอง และฉากรับภาพ ในห้องปฏิบัติการ

Fig 3. Shows a laboratory setting (the location of the camera, manikin head, and back-ground).



รูปที่ 4. แสดงการวางตำแหน่งเครื่องวัดปริมาณอนุภาคและตำแหน่งของปลายเครื่องดูดน้ำลาย

(ก) ลูกศรสีแดง แสดงการวางเครื่องวัดปริมาณอนุภาค และ ลูกศรสีเหลือง แสดงการยึดเครื่องมือด้วยก้านจับ

(ข) แสดงตำแหน่งปลายเครื่องดูดน้ำลายทั่วไป

(ค) แสดงตำแหน่งปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงแบบเดิม

(ง) แสดงตำแหน่งปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงแบบใหม่

Fig 4. Shows the position of the particle counter and the tips used in this study.

(ก) The red arrow indicates the placement of the particle counter, while the yellow arrow shows the instrument secured with a holder.

(ข) Position of the conventional saliva ejector tip.

(ค) Position of the conventional high-power suction tip.

(ง) Position of the new model intraoral high-power suction tip.

ใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปและเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงที่ติดตั้งมาพร้อมกับยูนิททันตกรรม โดยวางตำแหน่งปลายของเครื่องดูดน้ำลายทั่วไปด้านกระพุ้งแก้มของฟันกรามล่างขวาซี่ที่สอง (ฟันซี่ 47) ดังรูปที่ 4(ข) วางตำแหน่งของปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงแบบเดิมบริเวณปลายฟันหน้าบน ดังรูปที่ 4(ค) และวางตำแหน่งปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ด้านซ้ายของหัวหุ่นจำลองบริเวณระหว่างฟันกรามน้อยบนและล่าง (left premolar area) ดังรูปที่ 4(ง) และวางตำแหน่งของปลายเครื่องขูดหินปูนอัลตราโซนิกบริเวณกึ่งกลางฟันด้านเพดานปาก ให้ตั้งฉากกับผิวฟัน ดังรูปที่ 2. ทำเครื่องหมายเพื่อระบุตำแหน่งของปลายเครื่องมือ จับเครื่องมือด้วยก้านจับแล้วยึดตำแหน่งให้คงที่ ดังรูปที่ 4(ก) ลูกศรสีเหลือง

จำลองกระบวนการลดปริมาณละอองลอยทางทันตกรรมด้วยเครื่องมือดังแสดงในตารางที่ 1.

1) กลุ่มควบคุม (Control: CT) คือ ไม่ใช้เครื่องมือใดๆ

2) กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปอย่างเดียว (Saliva Ejector: SE)

3) กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงแบบเดิม (Conventional high power suction tip: Four-Handed Dentistry: FH)

4) กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ (New model high power suction tip: NM)

ตารางที่ 1. แสดงเครื่องดูดน้ำลายที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิผลในการลดปริมาณละอองลอยในอากาศในแต่ละกลุ่ม

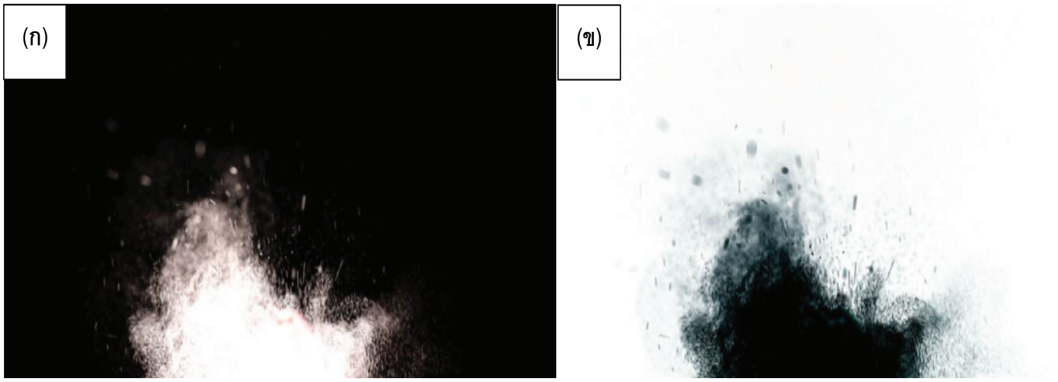
Table 1. Shows the aerosol mitigating procedure and equipment used in this study.

กลุ่มที่	กระบวนการลดปริมาณละอองลอยในอากาศ	เครื่องดูดน้ำลายทั่วไป	เครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูง
1.	กลุ่มควบคุม (Control: CT) ไม่ใช้เครื่องมือใดๆ	x	x
2.	กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปอย่างเดียว (Saliva Ejector: SE)	/	x
3.	กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงแบบเดิม (Conventional high power suction tip: Four-Handed Dentistry: FH)	/	/ ปลายแบบเดิม
4.	กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ (New model high power suction tip: NM)	/	/ ปลายแบบใหม่

วิธีทดสอบ

ทำการทดสอบในยูนิตทันตกรรมและเครื่องขูดหินปูนอัลตราโซนิกตัวเดียว โดยเติมน้ำถึงปริมาณเต็มความจุก่อนเริ่มทำการทดสอบทุกครั้ง บันทึกค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณอนุภาคที่วัดได้จากเครื่องวัดปริมาณอนุภาค และทดสอบอัตราการดูดของเครื่องดูดน้ำลายทั่วไปและเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร บันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการดูดน้ำจดหมดเป็นวินาที

ขณะทดสอบ จำลองการสร้างละอองลอยทางทันตกรรมด้วยเครื่องขูดหินปูนอัลตราโซนิก (P5 ultrasonic scaler) รุ่น UDS-P LED ของบริษัทวูดเปกเกอร์ (Woodpecker) ประเทศจีน ที่มีแรงดันน้ำ 0.1-5 บาร์ ตรงตำแหน่งกึ่งกลางฟันด้านเพดานปากของฟันซี่ 11 เป็นระยะเวลา 20 วินาที โดยยังไม่ใช้เครื่องมือใดๆ ในการลดละอองลอย (กลุ่มควบคุม) ถ่ายภาพละอองลอยที่ฟุ้งกระจายออกนอกช่องปากเป็นภาพถ่ายวิดีโอ รอจนค่าฝุ่นละอองลดลงใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น แล้วจึงเปลี่ยนตำแหน่งของฟันเป็นฟันซี่ 12 และ 13 ตามลำดับ ทำซ้ำ 3 ครั้ง (โดยคำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรม SurveyMonkey Sample Size Calcula-tor ที่ระดับความเชื่อมั่น (Confidence level) 95% และค่าความคลาดเคลื่อน (Margin of error) ± 5%) แล้วจึงทำการเปลี่ยนวิธีการจำลองกระบวนการลดละอองลอยทางทันตกรรม ด้วยการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปอย่างเดียว (Saliva Ejector: SE) การใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงแบบเดิม (Four-Handed Dentistry: FH) และการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ (New Model: NM) ตามลำดับ ดังรูปที่ 6. ทำการเลือกภาพจากวิดีโอ ในวินาทีที่ 6, 7, 8, ... , 16 บันทึกเป็นภาพละอองลอยในวินาทีที่ 0, 1, 2, ... ,10 ตามลำดับ ได้ภาพขนาด 1920 x 1088 พิกเซล (pixels) นำไปปรับให้เป็นภาพขาวดำด้วยการคอนเวิร์ด (convert) ในโปรแกรมอิมเมจเจ ได้ภาพที่มีละอองลอยสีดำบนพื้นสีขาว ดังรูปที่ 5 (ข) นำไปคำนวณปริมาณละอองลอยในอากาศจากค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ (พิกเซล) (30) หากค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพมากแสดงว่ามีปริมาณละอองลอยในอากาศมาก



รูปที่ 5. แสดงภาพปริมาณละอองลอยในอากาศ
(ก) แสดงภาพถ่ายจากกล้องถ่ายรูปก่อนนำเข้าโปรแกรมอิมเมจเจ
(ข) แสดงภาพถ่ายหลังการปรับด้วยโปรแกรมอิมเมจเจ
Fig 5. Shows the quantity of aerosol particles in the air.
(ก) Photograph captured using a digital camera before processing with the Im-ageJ software.
(ข) Processed image after conversion to grayscale using ImageJ,
highlighting aerosol dispersion as dark particles against a light background.

จำลองการสร้างละอองลอยทางทันตกรรมด้วยเครื่องขูดหินปูนอัลตราโซนิค

ตรงตำแหน่งกึ่งกลางฟันด้านเพดานปากของฟันซี่ 11

เป็นระยะเวลา 20 วินาที

+

ไม่ใช้เครื่องมือใดๆในการลดละอองลอย (กลุ่มควบคุม: Control: CT)

ถ่ายภาพละอองลอยที่ฟุ้งกระจายออกนอกช่องปากเป็นภาพถ่ายวิดีโอ

เปลี่ยนตำแหน่งของฟันเป็นฟันซี่ 12 และ 13 ตามลำดับ

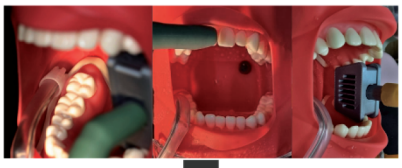
ทำซ้ำ 3 ครั้ง

เปลี่ยนกระบวนการลดละอองลอยดังต่อไปนี้ ตามลำดับ

กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปอย่างเดียว (Saliva Ejector: SE)

กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงแบบเดิม (Conventional high power suction tip: Four-Handed Dentistry: FH)

กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ (New model high power suction tip: NM)



เลือกภาพจากวิดีโอ ในวินาทีที่ 6, 7, 8, ... , 16

บันทึกเป็นภาพละอองลอยในวินาทีที่ 0, 1, 2, ... ,10 ตามลำดับ

ได้ภาพขนาด 1920 x 1088 พิกเซล

นำไปวิเคราะห์ระดับปริมาณละอองลอยในอากาศด้วยโปรแกรมอิมเมจเจ

- คำสั่ง convert เพื่อเปลี่ยนรูปภาพให้เป็นสีดำพื้นหลังสีขาว
- คำสั่ง Measure เพื่อคำนวนค่าความเข้มเฉลี่ยของภาพ (พิกเซล)

ปริมาณละอองลอยในอากาศที่ฟุ้งกระจายออกนอกช่องปากของหัวหุ่นจำลอง

รูปที่ 6. แสดงผังงานวิธีการทดสอบประสิทธิผลในการลดปริมาณละอองลอยในอากาศ

Fig 5. Shows the flow chart for the method used in this study.

ผลการทดลอง (Result)

ภายใต้การควบคุมสิ่งแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการก่อนเริ่มทำการทดสอบในแต่ละครั้ง ด้วยเครื่องวัดปริมาณอนุภาค มีอุณหภูมิเฉลี่ย 23.86 ± 1.10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 72.85 ± 0.57 และปริมาณฝุ่นละอองขนาด PM2.5 เฉลี่ย 23 ± 8.49 μM/0.1L อัตราการดูดของเครื่องดูดน้ำลายแบบปกติและเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงเฉลี่ย 11.50 ± 1.91 และ 23.72 ± 3.65 มิลลิลิตรต่อวินาที ตามลำดับ

ภายหลังการคำนวณปริมาณละอองลอยในอากาศจากค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ (พิกเซล) ด้วยโปรแกรมอิมเมจเจพบว่ากลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่มีค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ 27.68 ± 2.11 พิกเซล กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงแบบเดิม 30.74 ± 1.93 พิกเซล กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปอย่างเดียว 34.03 ± 2.58 พิกเซล และกลุ่มควบคุม 36.73 ± 4.25 พิกเซล ดังตารางที่ 2.

ใช้สถิติ Two-Way ANOVA ด้วยการทดสอบ Tukey พบว่า กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่สามารถลดระดับปริมาณละอองลอยในอากาศได้มากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value < 0.05 รองลงมาคือ กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูง และกลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปอย่างเดียว ตามลำดับ ดังตารางที่ 2. และ รูปที่ 7.

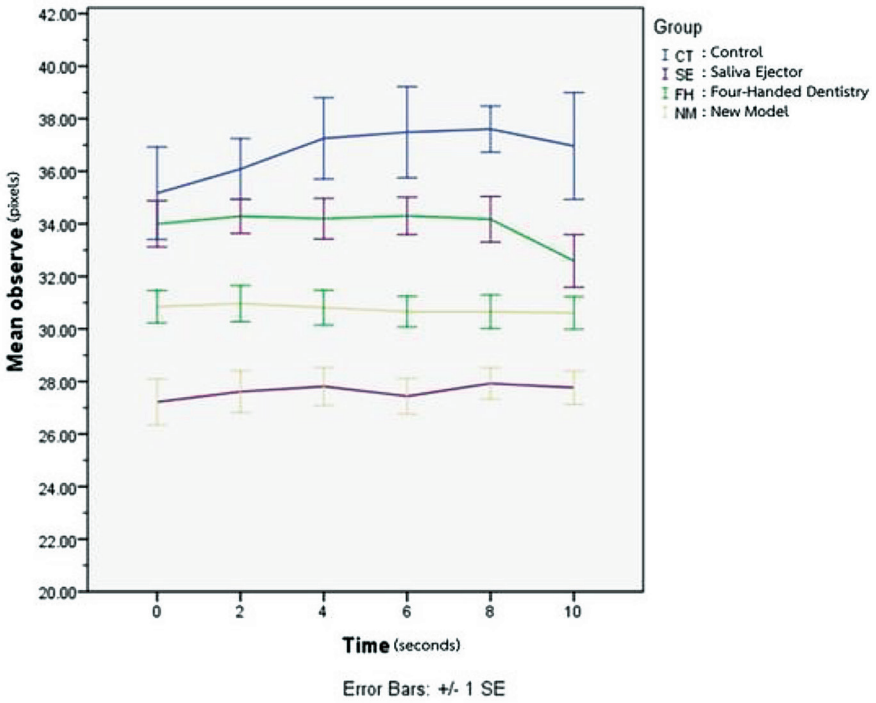
ตารางที่ 2. แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ (พิกเซล) ในแต่ละกลุ่ม

Table 2. Presents the average pixel intensity values in each experimental group.

กลุ่มที่	กระบวนการลดปริมาณละอองลอยในอากาศ	ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ (พิกเซล)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ผลต่างขอค่าเฉลี่ย	ระดับนัยสำคัญ	ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	
						ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
1.	CT	36.73	4.25				
2.	SE	34.03	2.58	2.8356*	.000	1.3647	4.3064
3.	FH	30.74	1.93	6.0017*	.000	4.5308	7.4725
4.	NM	27.68	2.11	9.1309*	.000	7.6601	10.6018

*ผลต่างของค่าเฉลี่ยมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.5

CT	Control	กลุ่มควบคุม
SE	Saliva Ejector	กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปอย่างเดียว
FH	Four-Handed Dentistry	กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับการใช้ปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงแบบเดิม
NM	Nem Mode	กลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับการใช้ปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่



รูปที่ 7. แสดงแผนภูมิแสดงปริมาณละอองลอยในอากาศที่เวลาต่างกัน บนฟันหน้าบนด้านขวาของกระบวนการลดละอองลอย 4 กลุ่ม

Fig 7. Time-based graph illustrating the quantity of aerosol particles measured on the upper right anterior region during four different aerosol mitigation procedures.

บทวิจารณ์ (Discussion)

จากผลการศึกษาการจำลองกระบวนการลดละอองลอยในอากาศทางทันตกรรม 4 กลุ่ม ภายใต้การจำลองกระบวนการสร้างละอองลอยทางทันตกรรมด้วยเครื่องขูดหินปูนอัลตราโซนิก ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น พบว่ากลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงทั้งแบบใหม่และแบบเดิมสามารถลดปริมาณละลองลอยในอากาศที่เกิดขึ้นได้มากกว่ากลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sawhney A. และคณะ ในปี 2015 (16) และ Samara-nayake LP. และคณะ ในปี 2021 (15) โดยการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงนั้น มีประสิทธิภาพในการลดละอองลอยในอากาศได้มากกว่าการใช้เครื่องดูดน้ำลายอย่างเดียว เนื่องจากมีจำนวนของเครื่องดูดน้ำลายมากกว่า (15) โดยกลุ่มการใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่สามารถลดปริมาณละลองลอยในอากาศที่เกิดขึ้นได้มากที่สุดแม้ว่าระยะห่างระหว่างตำแหน่งที่ทำหัตถการกับปลายของเครื่องดูดน้ำลายจะอยู่ไกลจากแหล่งกำเนิดละอองลอยมากกว่าตำแหน่งของปลายแบบเดิมก็ตาม ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Grzech-Leśniak K และ Matys J. ในปี 2021 (10) และ Samaranayake LP. และคณะ ในปีเดียวกัน (15) อาจเนื่องมาจากปลายของเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ถูกออกแบบให้มีพื้นที่หน้าตัดกว้างกว่า จึงมีประสิทธิผลในการลดละอองลอยได้มากกว่าปลายเครื่องดูดน้ำลายแบบเดิม ซึ่งในการศึกษานี้ใช้ปลายขนาด 10 มิลลิเมตร จึงควรศึกษาเพิ่มเติมด้วยการทดสอบด้วยปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงแบบ

เดิมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางแตกต่างกัน และในการศึกษานี้ ทำการทดสอบบนผิวฟันด้านเพดานของฟันหน้าบน ขณะที่ละอองลอยตกกระทบลงบนผิวฟันละอองลอยอาจจะหักเหตกลงไปในช่องปากมากกว่าที่จะฟุ้งกระจายออกนอกช่องปาก การจำลองหัตถการทางทันตกรรมบนผิวฟันตำแหน่งอื่น เช่น บริเวณผิวฟันด้านแก้ม อาจให้ผลการศึกษาที่แตกต่างออกไปได้ ทั้งนี้ละอองลอยที่ตกกระทบผิวฟันนั้นไม่สามารถทำนายทิศทางได้เนื่องจากปัจจัยด้านตำแหน่งของฟันและสิ่งแวดล้อมบริเวณช่องปาก เช่น ริมฝีปาก เป็นต้น (5) นอกจากนี้ การศึกษานี้ยังเป็นเพียงการศึกษานำร่องในห้องปฏิบัติการบนฟันของหัวหุ่นจำลอง ที่ยังไม่มีปัจจัยจากปริมาณน้ำลายหรือขนาดของช่องปากในผู้ป่วยแต่ละราย มาเป็นตัวแปรเพิ่มเติม ซึ่งอาจส่งผลต่อผลการศึกษาได้ (5) จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในทางคลินิกต่อไป ดังเช่นในการศึกษาประสิทธิภาพในการลดละอองลอยของปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงระบบ Isolite ทางห้องปฏิบัติการของ Dahlke WO. และคณะในปี 2012 (20) และ Ravenel TD. และคณะ ในปี 2020 (21) ที่ให้ผลแตกต่างกับการศึกษาทางคลินิกของ Holloman JL. และคณะ ในปี 2015 (8) และในการศึกษานี้ยังไม่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากทางการค้าที่ผลิตและวางจำหน่ายมาก่อนแล้ว จึงควรมีการศึกษาเปรียบเทียบทั้งในแง่ของประสิทธิภาพของเครื่องมือ ความสะดวกในการใช้งานของทันตแพทย์และผู้ช่วยข้างเก้าอี้ ความสบายและความพึงพอใจของผู้ป่วย รวมถึงค่าใช้จ่ายต่อครั้งของอุปกรณ์ เพิ่มเติมต่อไป

ทั้งนี้การศึกษานี้เป็นการศึกษานำร่องในห้องปฏิบัติการซึ่งไม่ได้เป็นห้องปราศจากฝุ่น (clean room) แม้ว่าจะมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่มีผลต่อขนาดอนุภาคของละอองลอยในอากาศ แต่ไม่สามารถควบคุมปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นภายในห้องปฏิบัติการขณะทำการทดสอบได้ อีกทั้งการศึกษานี้ยังสนใจแต่ปริมาณละอองลอยในอากาศที่ฟุ้งกระจายออกมาภายนอกช่องปากขณะทำหัตถการ จึงไม่เลือกใช้การวัดปริมาณละอองลอยในอากาศโดยตรงจากเครื่องนับปริมาณอนุภาค เนื่องจากตัวเครื่องจะนับปริมาณอนุภาคที่เกิดขึ้นภายในห้องปฏิบัติการทั้งหมด รวมถึงละอองลอยที่เกิดขึ้นภายในช่องปากของหัวหุ่นจำลองด้วย แต่ก็ยังพอเป็นที่สังเกตได้ว่า ขณะทำหัตถการปริมาณของละอองลอยขนาดเล็กจะค่อนข้างคงที่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของละอองลอยขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งละอองลอยขนาดใหญ่จะสะสมเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจที่ควรจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

นอกจากนี้ ในการบันทึกภาพถ่ายปริมาณละอองลอยในอากาศในการศึกษานี้ เป็นเพียงภาพถ่าย 2 มิติที่บันทึกในแนวหน้าหลัง (coronal plane) ไม่ได้บันทึกภาพถ่ายในแนวด้านข้าง (sagittal plane) เนื่องจากมีการกีดขวางของเครื่องมือ จึงอาจเกิดการคลาดเคลื่อนในผลการวิเคราะห์ปริมาณละอองลอยในอากาศที่เกิดขึ้นได้ อีกทั้งการวัดปริมาณละอองลอยในอากาศด้วยค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพเป็นการเฉลี่ยความหนาแน่นร่วมกับการกระจายของละอองลอยในอากาศบนภาพถ่ายขนาด1920 x 1088 พิกเซล ดังนั้นในกรณีที่ละอองลอยมีความหนาแน่นมากแต่มีการฟุ้งกระจายน้อยอาจพบได้ว่าค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพมีค่าต่ำได้

ผลการทดสอบประสิทธิผลในการลดละอองลอยในอากาศของปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการยืนยันมาตรฐานของแนวปฏิบัติทางทันตกรรมที่แนะนำให้ใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส SAR-CoV-II ในช่วงสถาณการณ์การแพร่ระบาดของโรค COVID-19 (3-4) แม้ว่าสถาณการณ์การแพร่ระบาดและความรุนแรงของเชื้อจะลดลงแล้ว แต่ผู้ติดเชื้อยังสามารถแพร่เชื้อไปยังผู้อื่นและบุคลากรทางทันตกรรมได้ การใช้ปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่สามารถช่วยให้ทันตแพทย์สามารถทำหัตถการตามแนวปฏิบัติทางทันตกรรมต่อไปได้อย่างถาวร โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหัตถการที่ก่อให้เกิดละอองลอยทางทันตกรรมอื่น ๆ เช่น การใช้หัวกรอเร็ว หัวกรอช้า หรือ

เครื่องฉีดน้ำ 3 ทาง เป็นต้น

การที่ปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ เป็นเครื่องมือที่มีการออกแบบเรียบง่าย สามารถใช้งานได้ง่าย และดูแลรักษาทำความสะอาดได้ง่าย ประกอบกับในปัจจุบัน เครื่องพิมพ์สามมิติเป็นที่แพร่หลายมากขึ้น สามารถนำต้นแบบของปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่มาปรับขนาดตามขนาดช่องปากของผู้ป่วยแต่ละราย ใช้เป็นปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงเฉพาะบุคคลและแท่นกัดเฉพาะบุคคลได้ โดยหากจะนำมาใช้ภายในช่องปากมีความจำเป็นต้องเลือกใช้วัสดุที่ปลอดภัย ไม่เป็นพิษ และสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมในช่องปากได้ เช่น ความชื้น อุณหภูมิ และแรงกัด ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมของ HongXin Cai และคณะ ในปี 2023 ได้แนะนำให้ใช้วัสดุในกลุ่ม พอลีเมอร์ (poly-mers), โลหะ (metals), เซรามิค (ceramics), และ วัสดุชีวภาพ (biomaterials) ในการขึ้นรูปแบบ 3 มิติ (31)

บทสรุป (Conclusion)

การใช้เครื่องดูดน้ำลายทั่วไปร่วมกับปลายเครื่องดูดน้ำลายแรงดูดสูงในช่องปากแบบใหม่ สามารถช่วยกำจัดละอองลอยที่เกิดขึ้นขณะทำหัตถการทางทันตกรรมก่อนการฟุ้งกระจายออกสู่ภายนอกช่องปากได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคจากผู้ติดเชื้อไปยังทันตบุคลากรหรือผู้ป่วยรายอื่นได้

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานวิจัย ผศ.ดร.ทพ. จิตจิโรจน์ อิทธิชัยเจริญ และ ผศ.ทพญ. พัชนี ชูวิระ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รวมถึงคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ เพื่อนนักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาทันตกรรมทั่วไป สาขาวิชาทันตกรรมครอบครัวและชุมชน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนผู้วิจัยให้สามารถดำเนินโครงงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดีทุกประการ

เอกสารอ้างอิง (References)

1. Innes N, Johnson IG, Al-Yaseen W, Harris R, Jones R, KC S, et al. A systematic review of droplet and aerosol generation in dentistry. J Dent. 2021;105:103556. doi: 10.1016/j.jdent.2020.103556.

2. Meyerowitz EA, Richterman A, Gandhi RT, Sax PE. Transmission of SARS-CoV-2: A Review of Viral, Host, and Environmental Factors. Ann Intern Med. 2021;174(1):69-79.

3. Clementini M, Raspini M, Barbato L, Bernardelli F, Braga G, Di Gioia C, et al. Aerosol transmission for SARS-CoV-2 in the dental practice. A review by the SIdP Covid-19 task force. Oral Diseases. 2022;28(Suppl 1):852–7.

4. Robertson C, Clarkson JE, Aceves-Martins M, Ramsay CR, Richards D, Colloc T. A Review of Aerosol Generation Mitigation in International Dental Guidance. Int Dent J. 2022; 72(2):203-10.

5. Sergis A, Wade WG, Gallagher JE, Morrell AP, Patel S, Dickinson CM, et al. Mechanisms of Atomization from Rotary Dental Instruments and Its Mitigation. J Dent Res. 2021;100(3):261-7.

6. Salian VS, Wright JA, Vedell PT, Nair S, Li C, Kandimalla M, et al. COVID-19 Transmission, Current Treatment, and Future Therapeutic Strategies. Mol Pharm. 2021;18(3):754-71.

7. Vilarinho Oliveira AMA, de Alencar RM, Santos Porto JC, Fontenele Ramos IRB, Noleto IS, Santos TC, et al. Analysis of fungi in aerosols dispersed by high speed pens in dental clinics from Teresina, Piaui, Brazil. Environ Monit Assess. 2018;190(2):56. doi: 10.1007/s10661-017-6436-y.

8. Holloman JL, Mauriello SM, Pimenta L, Arnold RR. Comparison of suction device with saliva ejector for aerosol and spatter reduction during ultrasonic scaling. J Am Dent Assoc. 2015;146(1):27-33.

9. Abdelkarim-Elafifi H, Arnabat-Artés C, Parada-Avendaño I, Polonsky M, Arnabat-Domínguez J. Aerosols generation using Er,Cr:YSGG laser compared to rotary instruments in conservative dentistry: A preliminary study. J Clin Exp Dent. 2021;13(1):e30-6. doi: 10.4317/jced.57731.

10. Grzech-Leśniak K, Matys J. The Effect of Er:YAG Lasers on the Reduction of Aerosol Formation for Dental Workers. Materials (Basel). 2021;14(11):2857. doi: 10.3390/ma14112857.

11. Davies K, Buczkowski H, Welch SR, Green N, Mawer D, Woodford N, et al. Effective *in vitro* inactivation of SARS-CoV-2 by commercially available mouthwashes. J Gen Virol. 2021;102(4): 001578. doi: 10.1099/jgv.0.001578.

12. Hassandarvish P, Tiong V, Mohamed NA, Arumugam H, Ananthanarayanan A, Qasuri M,et al. In vitro virucidal activity of povidone iodine gargle and mouthwash against SARS-CoV-2: implications for dental practice. Br Dent J. 2020:1-4. doi: 10.1038/s41415-020-2402-0.

13. Moosavi MS, Aminishakib P, Ansari M. Antiviral mouthwashes: possible benefit for COVID-19 with evidence-based approach. J Oral Microbiol. 2020;12(1):1794363. doi: 10.1080/20002297.2020.1794363.

14. Spagnuolo G, De Vito D, Rengo S, Tatullo M. COVID-19 Outbreak: An Overview on Dentistry. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020;17(6):2094. doi: 10.3390/ijerph17062094.

15. Samaranayake LP, Fakhruddin KS, Buranawat B, Panduwawala C. The efficacy of bio-aerosol reducing procedures used in dentistry: a systematic review. Acta Odontol Scand. 2021; 79(1):69-80.

16. Sawhney A, Venugopal S, Babu GR, Garg A, Mathew M, Yadav M, et al. Aerosols how dangerous they are in clinical practice. J Clin Diagn Res. 2015;9(4):ZC52-7. doi: 10.7860/JCDR/2015/12038.5835.

17. Joshi AA, Padhye AM, Gupta HS. Efficacy of Two Pre-Procedural Rinses at Two Different Temperatures in Reducing Aerosol Contamination Produced During Ultrasonic Scaling in a Dental Set-up - A Microbiological Study. J Int Acad Periodontol. 2017;19(4):138-44.

18. Retamal-Valdes B, Soares GM, Stewart B, Figueiredo LC, Faveri M, Miller S, et al. Effectiveness of a pre-procedural mouthwash in reducing bacteria in dental aerosols: randomized clinical trial. Braz Oral Res. 2017;31:e21. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0021.

19. Mohd-Said S, Mohd-Dom TN, Suhaimi N, Rani H, McGrath C. Effectiveness of Pre-procedural Mouth Rinses in Reducing Aerosol Contamination During Periodontal Prophylaxis: A Systematic Review. Front Med (Lausanne). 2021;8:600769. doi: 10.3389/fmed.2021.600769.1.

20. Dahlke WO, Cottam MR, Herring MC, Leavitt JM, Ditmyer MM, Walker RS. Evaluation of the spatter-reduction effectiveness of two dry-field isolation techniques. J Am Dent Assoc. 2012;143(11):1199-204.

21. Ravenel TD, Kessler R, Comisi JC, Kelly A, Renne WG, Teich ST. Evaluation of the spatter-reduction effectiveness and aerosol containment of eight dry-field isolation techniques. Quintessence Int. 2020;51(8):660-70.

22. Suprono MS, Won J, Savignano R, Zhong Z, Ahmed A, Roque-Torres G, et al. A clinical investigation of dental evacuation systems in reducing aerosols. J Am Dent Assoc. 2021; 152(6):455-62.

23. Shahdad S, Patel T, Hindocha A, Cagney N, Mueller JD, Seoudi N, et al. The efficacy of an extraoral scavenging device on reduction of splatter contamination during dental aerosol generating procedures: an exploratory study. Br Dent J. 2020;11:1-10.

24. Chavis SE, Hines SE, Dyalram D, Wilken NC, Dalby RN. Can extraoral suction units minimize droplet spatter during a simulated dental procedure? J Am Dent Assoc. 2021;152(2): 157-65.

25. Graetz C, Düffert P, Heidenreich R, Seidel M, Dörfer CE. The efficacy of an extraoral scavenging device on reducing aerosol particles ≤ 5 μm during dental aerosol-generating procedures: an exploratory pilot study in a university setting. BDJ Open. 2021;7(1):19. doi: 10.1038/s41405-021-00074-5.

26. Capparè P, D'Ambrosio R, De Cunto R, Darvizeh A, Nagni M, Gherlone E. The Usage of an Air Purifier Device with HEPA 14 Filter during Dental Procedures in COVID-19 Pandemic: A Randomized Clinical Trial. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(9):5139. doi: 10.3390/ ijerph19095139.

27. Sang-in, S. & Khongkhunthian. An Experimental Study of High Efficiency Particulate Air Type (HEPA-type) Filter for Microbial Reduction in Aerosol Contaminated in Periodontal Clinic, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University. CM Dent J. 2024;23(1):61-6.

28. Villa A, Grenon M. The Cupola: an additional layer of protection for providers working in the oropharyngeal region. BMC Res Notes. 2021;14(1):115. doi: 10.1186/s13104-021-05524-9.

29. Thai Meteorological Department. Climate of Thailand [Internet]. Bangkok: Local Meteorology Division, Meteorological Department. Available from: URL: https://www.tmd.go.th/info/ Cli-mate of Thailand. (in Thai).

30. Chen, Ying & Yu, Qi & Xu, Cang-Bao. A convenient method for quantifying collagen fibers in atherosclerotic lesions by ImageJ software. Int J Clin Exp Med. 2017;10:14927-35.

31. Cai H, Xu X, Lu X, Zhao M, Jia Q, Jiang H-B, Kwon J-S. Dental Materials Applied to 3D and 4D Printing Technologies: A Review. Polymers. 2023;15(10):2405. doi: 10.3390/ polym15102405.

ติดต่อบทความ:
ทพญ.วริษฐา อิ่มแสง
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ถ.สุเทพ ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์: 064 497 9191
อีเมล์: waritta_imsang@cmu.ac.th

Corresponding author:
Dr. Waritta Imsang
Faculty of Dentistry Chiangmai University
Suthep Rd, Tambon Su Thep, Mueang
Chiang Mai District, Chiang Mai 50200, Thailand.
Tel: (666) 4497 9191
E-mail: waritta_imsang@cmu.ac.th

ใบแจ้งความจำนงลงโฆษณาในวิทยาสารทันตแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เขียนที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เรียน บรรณาธิการวิทยาสารทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ข้าพเจ้า..... ตำแหน่ง.....

บริษัท/ห้าง/ร้าน..... โทรศัพท์.....

ที่อยู่.....

.....

มีความประสงค์ลงโฆษณาในหนังสือ "วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ" ประจำปี พ.ศ. ..... (ปีละ 1 ฉบับ)

เนื้อที่ที่ต้องการโฆษณา จำนวน ..... หน้า (โปรดดูรายละเอียดและทำเครื่องหมายด้านล่าง)

พร้อมกันนี้ได้มอบ สไลด์ ..... อัน เพลท ..... ชิ้น

ภาพ ..... ชิ้น ใบแทรก ..... แผ่น

อื่น ๆ (โปรดระบุ) .....

มาเพื่อดำเนินการต่อไปด้วย

ลงชื่อ .....

(.....)

อัตราค่าโฆษณา (ต่อวิทยาสาร 1 ฉบับ)

- ☐ ปกหน้าด้านใน (4 สี) 12,000 บาท
- ☐ ปกหลังด้านใน (4 สี) 12,000 บาท
- ☐ หน้าในเต็มหน้า (ขาว-ดำ) 6,000 บาท
- ☐ หน้าในครึ่งหน้า (ขาว-ดำ) 4,000 บาท
- ☐ ใบแทรก 7,000 บาท