

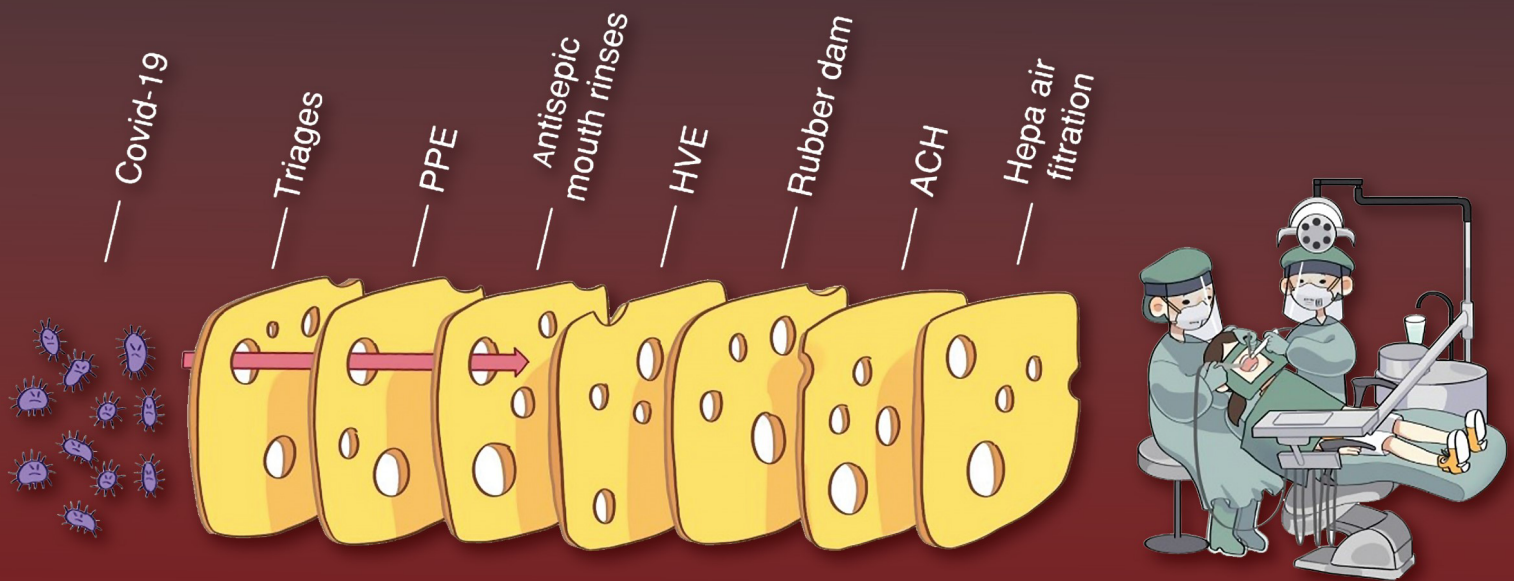
# JDAT



Journal of The Dental Association of Thailand

[www.jdat.org](http://www.jdat.org)

Journal of The Dental Association of Thailand | Volume 71 Number 4 October - December 2021 | e-ISSN 2730 - 4280



## CE Quiz

*Efficiency of Different Functional Monomers in Self-adhesive Resin Cements on Base Metal Alloy Bond Strengths*



วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์  
ปีที่ 71 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2564 | e-ISSN 2730-4280



# ทันตแพทยสมาคมแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

## Advisor President

## Advisory Board

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

## Board of Directors 2019 - 2021

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

THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

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



# ทันตแพทยสมาคมแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

## Advisory Board

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

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

## Editor

Dr. Ekamon Mahapoka

## Associate Editors

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

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

## Editorial Board

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

## Editorial Staff

Tassapol Intarasomboon  
Pimpanid Laomana  
Anyamanee Kongcheepa

## Manager

Assoc. Prof. Poranee Berananda

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

Publisher and artwork: Rungsilp Printing Co., Ltd

Please send manuscripts to Dr. Ekamon Mahapoka

Address: 71 Ladprao 95 Wangtonglang Bangkok 10310, Thailand E-mail: [dateditor@thaidental.or.th](mailto:dateditor@thaidental.or.th)



## Instruction for Authors

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

### » Categories of the Articles «

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

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

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

### » Manuscript Submission «

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

### » Scope of Article «

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

### » Manuscript Preparation «

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

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

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

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

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

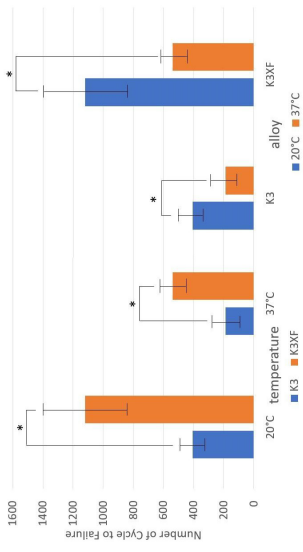
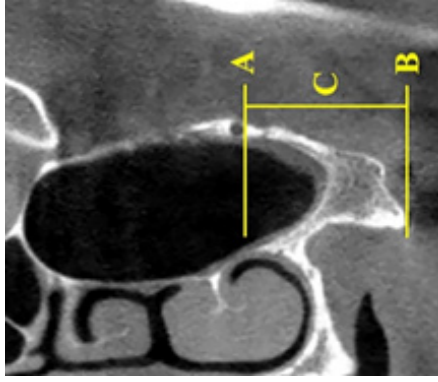
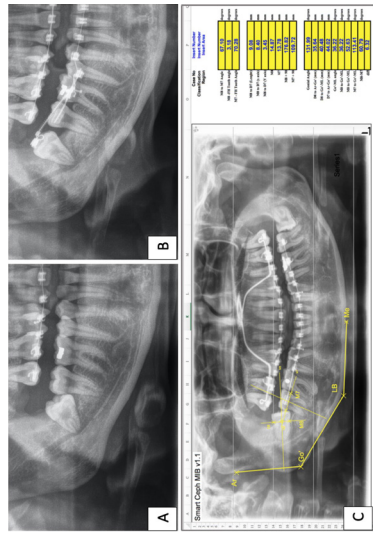
5. Standard abbreviation must be used for abbreviation and symbols. The abbreviation should not be used in the title and abstract. Full words of the abbreviation should be referred at the end of the first abbreviation in the content except the standard measurement units.

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

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

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

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

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

## » Contact Address «

### Editorial Staff of JDAT

The Dental Association of Thailand

71 Ladprao 95, Wangtonglang, Bangkok 10310, Thailand.

Email: [jdateditor@thaidental.or.th](mailto:jdateditor@thaidental.or.th) Tel: +669-7007-0341

## » Preparation of the Research Articles «

### 1. Title Page

The first page of the article should contain the following information

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

### 2. Abstract

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

### 3. Text

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## » Writing the References «

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

### Sample of references from articles in Journals

#### - Authors

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

#### - Institutional authors

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

#### - No author

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

## Sample of references from books and other monographs

### - Authors being writers

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

### - Authors being both writer and editor

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

### - Books with authors for each separate chapter

### - Books with authors for each separate chapter

## and also have editor

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

### - Institutional authors

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

## Samples of references from academic conferences

### - Conference proceedings

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

### - Conference paper

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

### - Documents from scientific or technical reports

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

## Samples of reference from thesis

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

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

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

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

### - Online only article (without doi)

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

## Samples of references from patents/petty patents

### - Patent

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

### - Petty patent

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

## » Preparation of the Review articles and Case reports «

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

## » The Editorial and Peer Review Process «

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

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

## » Copyright «

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

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

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

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

» Updated January, 2021 «



# วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์

## JOURNAL OF THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

### สารบัญ

ปีที่ 71 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม พ.ศ. 2564

#### บทความปริทัศน์

##### Clear Aligner: Effectiveness, Limitations and Considerations

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

##### Effects of Head and Neck Radiotherapy on the Oral Cavity and Direct Restorative Materials

Apinya Limvisitsakul  
Anussara Prayongrat  
Pisol Senawongse

##### การควบคุมการติดเชื้อทางอากาศในคลินิกทันตกรรม รัชนี อัมพรอร่ามเวทย์

#### รายงานผู้ป่วย

##### เทคนิคการผ่าตัดเย็บริมฝีปากและจมูกระยะแรกภายหลัง การใช้โคราชแนม 2 ด้านในผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ ด้านเดียวชนิดสมบูรณ์: รายงานผู้ป่วยและการติดตาม ผลภายหลังการรักษา 5 ปี

พินัย นรินทร์รุ่งเรือง  
ปองใจ วิรารัตน์  
วิภาพรรณ ฤทธิธกุล  
กวิยา กนกพงศ์ศักดิ์

### Contents

Volume 71 Number 4 October - December 2021

#### Review Article

##### 231 Clear Aligner: Effectiveness, Limitations and Considerations

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

##### 237 Effects of Head and Neck Radiotherapy on the Oral Cavity and Direct Restorative Materials

Apinya Limvisitsakul  
Anussara Prayongrat  
Pisol Senawongse

##### 247 Control of Airborne Infection in Dental Clinics Ruchanee Ampornaramveth

#### Case Report

##### 258 Primary Lip and Nose Repair Technique After Using 2 Sides of Korat NAM in Unilateral Complete Cleft Lip and Palate Patient: A 5 Years Follow Up Case Report

Pinai Nirunrungreng  
Pongjai Virarat  
Wipapun Ritthagol  
Kaviya Kanokpongsak



# วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์

## JOURNAL OF THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

### สารบัญ

ปีที่ 71 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม พ.ศ. 2564

#### บทวิทยาการ

ประสิทธิภาพของฟังก์ชันมอนอเมอร์ต่างชนิดในเซลฟ์  
แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ต่อกำลังแรงยึด

อวิรุทธ์ คล้ายศิริ

ศุภย์ ศรีอัมพร

นิยม อารังค่อนันต์สกุล

นันทวรรณ กระจำงตา

ความเจ็บปวดที่เกิดจากแรงทางทันตกรรมจัดฟันเพิ่ม  
การแสดงออกของตัวรับทรานเซียร์พเตอร์โพเทนเชียล  
วานิลลอยด์ 1 และสารสื่อประสาทซัสแตนซ์ พี

เพ็งเฉลย ธรรมาณิชาชนนท์

อันวैया แก้วพิทักษ์

ชิดชนก ลีธนะกุล

Osteoconductivity Evaluation of 3-Dimensional  
Dual-leached Polycaprolactone Scaffold

Pratchayaporn Aksorn

Daneeya Chaikiawkeaw

Panunn Sastravaha

Pitt Supaphol

Prasit Pavasant

Prevalence of Maxillary Sinus Septum and  
Investigation of Morphology in Thai Population by  
Cone-beam Computed Tomography; Comparative  
Study between Dentate Partial Edentate and Edentate

Chananchida Cheangcharoon

Thanakrit Naiyawat

Prathomporn Chuchawengwong

Wareeratn Chengprapakorn

Pisha Pittayapat

### Contents

Volume 71 Number 4 October - December 2021

#### Original Article

265 Efficiency of Different Functional Monomers in  
Self-adhesive Resin Cements on Base Metal Alloy  
Bond Strengths

Awiruth Klaisiri

Tool Sriamporn

Niyom Thamrongananskul

Nantawan Krajangta

273 Pain induced by orthodontic force upregulates  
Transient Receptor Potential subtype 1 and  
Substance P expressions

Peungchaleoy Thammanichanon

Aunwaya Kaewpitak

Chidchanok Leethanakul

283 Osteoconductivity Evaluation of 3-Dimensional  
Dual-leached Polycaprolactone Scaffold

Pratchayaporn Aksorn

Daneeya Chaikiawkeaw

Panunn Sastravaha

Pitt Supaphol

Prasit Pavasant

292 Prevalence of Maxillary Sinus Septum and  
Investigation of Morphology in Thai Population by  
Cone-beam Computed Tomography; Comparative  
Study between Dentate Partial Edentate and Edentate

Chananchida Cheangcharoon

Thanakrit Naiyawat

Prathomporn Chuchawengwong

Wareeratn Chengprapakorn

Pisha Pittayapat





# วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์

## JOURNAL OF THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

### สารบัญ

### Contents

ปีที่ 71 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม พ.ศ. 2564

Volume 71 Number 4 October - December 2021

#### บทความวิชาการ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมในการพัฒนา  
ความตระหนักรู้ต่อการสูบบุหรี่ของสามเณรผ่านกระบวนการ  
โฟโต้วอยซ์ ในโรงเรียนพระปริยัติธรรมแห่งหนึ่งในจังหวัด  
เชียงใหม่

อรพรรณ จันทรา

ทรงวุฒิ ดวงรัตนพันธ์

การวิจัยแบบมีส่วนร่วมโดยใช้ชุมชนเป็นฐาน: การพัฒนา  
รูปแบบบูรณาการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างเสริมพฤติกรรม  
การบริโภคอาหารร่วมกับพัฒนาการด้านความคิดเชิง  
บริหารในเด็กปฐมวัย อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

วนิดา มากกลิ่น

อดิศักดิ์ จีงพัฒน์วดี

Comparison of *Andrographis paniculata* and  
Chlorhexidine Mouthwash on Anti-plaque,  
Anti-gingivitis and Side Effects

Jananya Plianrungrasi

Promphakkon Kulthanaamondhita

Model Fabrication for Practicing Manual Reduction  
of Temporomandibular Joint Dislocation

Sutatta Prajeeyachart

Panu Supatraviwat

Srisurang Suttapreyasri

#### Original Article

301 Participatory Action Research to Develop Awareness  
of Smoking in the Novitiate, via the Photovoice  
Method, in the Phrapariyattidhamma School in  
the Province of Chiang Mai

Orapan Chanthra

Songvuth Tuongratanaphan

309 Community Based Participatory Research: Development  
of an Integrated Learning Program for Dietary Behavior  
and Executive Function Promotion of Early Childhood  
in Wangthong District, Phitsanulok Province

Wanita Maklon

Atisak Chuengpattanawadee

321 Comparison of *Andrographis paniculata* and  
Chlorhexidine Mouthwash on Anti-plaque,  
Anti-gingivitis and Side Effects

Jananya Plianrungrasi

Promphakkon Kulthanaamondhita

331 Model Fabrication for Practicing Manual Reduction  
of Temporomandibular Joint Dislocation

Sutatta Prajeeyachart

Panu Supatraviwat

Srisurang Suttapreyasri

**Front cover image:** adepted from Risk mitigation of COVID-19 transmission in dental clinic by swiss cheese model. Even the utilizing of multiple layers of protection to alleviate the risk, every single protocol has defect, still the risks were not completely gone. Strengthen every single protocol is therefore important to mitigation the risks.  
(see Ampornaramveth, page 256 for details)



## Clear Aligner: Effectiveness, Limitations and Considerations

Pimsiri Kanpittaya<sup>1</sup>, Chidsanu Changsiripun<sup>1</sup>, Tanan Jaruprakorn<sup>1</sup>, Ruangrat Komolpis<sup>1</sup>,  
Somsak Chengprapakorn<sup>1</sup>, Vudhibhong Laoamata<sup>1</sup>, Preeya Suwanwitid<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

### Abstract

Clear aligner has been an alternative appliance in orthodontic treatment to conventional fixed appliances in adult and teen patients. There are advantages in terms of hygiene, comfort and esthetics, however, clinician expertise and patient compliance are critical for satisfactory treatment results. Lower incisor intrusion, mandibular arch expansion and upper molar distalization are the predictable movements with clear aligner while extrusion and rotation are the movements that require auxiliaries and additional technique to reach the designated position. To achieve the best treatment results, clinicians must consider movement limitations, considerations and recommendations for clear aligner therapy.

**Keywords :** Clear aligner, Effectiveness, Fixed appliance, Orthodontic treatment

**Received Date:** Dec 2, 2020

**Revised Date:** Jan 8, 2021

**Accepted Date:** Mar 19, 2021

**doi:** 10.14456/jdat.2021.25

### Correspondence to :

Preeya Suwanwitid, Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Henri-Dunant Road, Wangmai, Pathumwan, Bangkok 10330 Thailand. Email : Mino\_tosung@hotmail.com Tel: 02-2188930 Fax: 02-2188953

### Introduction

Increasing demand for adult orthodontic treatment has resulted in clear aligners gaining popularity as a treatment option. Clear aligners offer a better experience in terms of hygiene, comfort, esthetics, number of visits and duration compared with conventional fixed appliances.<sup>1</sup> Thus, clinicians consider them as an alternative to conventional fixed appliances.

Clear aligner was first used in orthodontics as a tooth positioner by Kesling<sup>2</sup> in 1946. In 1993, Sheridan<sup>3</sup> suggested using a clear aligner with interproximal reduction

to create tooth movement. However, each clear aligner needed to be manually set up to achieve tooth movement until Invisalign was launched in 1998 (System for incrementally moving teeth with clear aligner. Santa Clara, California Align Technology; 1998) using computer-aided design (CAD) and a computer-aided manufacturing (CAM) process known as stereolithography to produce the appliances.

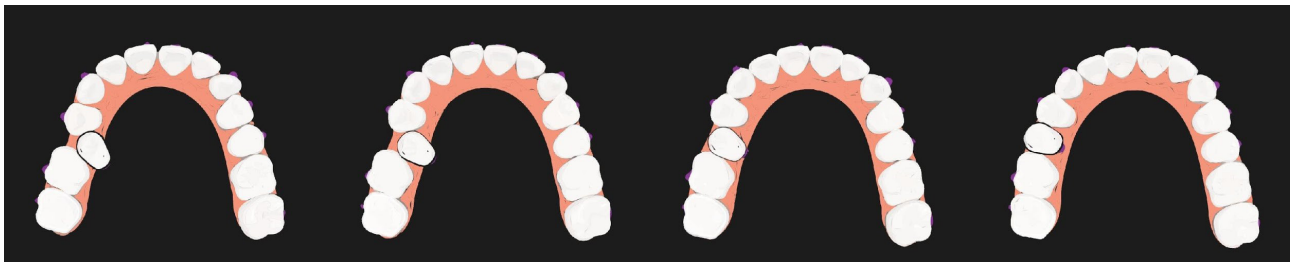
Initially, clear aligner could only be used to correct simple malocclusions.<sup>4</sup> However, as the company invested in research and development, the limitations of Invisalign

have been reduced by company innovations such as material innovation, various types of attachments, and the amount of movement per aligner, as well as clinicians gaining expertise in using the appliance.

This review summarizes the effectiveness of clear aligners for different types of tooth movement and the clinical limitations of the appliance.

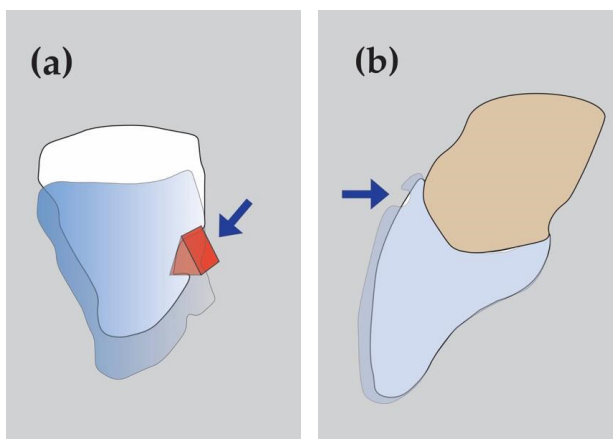
### Clear aligner biomechanics

The mechanism of tooth movement using a clear aligner is classified into two systems.<sup>5</sup> There is the shape driven system (displacement system), where the shape of the plastic aligner is changed incrementally into each upcoming stage of tooth alignment to move each tooth into the designated position (Fig. 1).



**Figure 1** Shape driven system: tooth displacement as changing of aligner's shape

Each tooth is moved based on the plastic aligner's shape. This system can only control simple movements, such as tipping or slight rotation. There is also the force driven system, in which the aligner's plastic is shaped using digital treatment plan software in which the clinician can set the parameters of tooth movement by the aligner combined with other attachments to apply force to the tooth (Fig. 2a., 2b.).



**Figure 2** Force driven system : (a) movement from force application: Plastic indentation create force (arrow) to torque root lingually, (b) Force driven system: movement from force application: Tooth extrusion from force (arrow) applied on attachment surface

This system allows for more complicated movement, such as root movement. Biomechanically, aligners produce a pushing force from the plastic to the tooth surfaces or attachments. In contrast, conventional fixed appliances generate a pulling force by ligating the wire and brackets using an elastomeric ring. The predictability of movement with two armamentariums is different because of dissimilar force application concept. Aligners cannot generate a pulling force because they disengage from the tooth. Tipping and intrusion are the most easily accomplished movements for clear aligners.<sup>6</sup>

Plastic is not as rigid as metal wires and brackets so that the aligner may distort when placed on malaligned teeth. Moreover, the plastic edge of the aligner cannot deliver force at the gingival level.<sup>6</sup> In contrast, force is always applied directly on the occlusal part resulting in intrusion, which is an undesirable movement. Attachments and other auxiliaries are recommended to make specific movements possible. (Fig. 2b.)

### Effectiveness of tooth movement

#### Intrusion/Extrusion

Movement in the vertical plane is challenging when using clear aligners. Kravitz *et al.*<sup>7</sup> reported a 41 %

accuracy for anterior intrusion and 30 % for extrusion. Khosravi *et al.*<sup>8</sup> demonstrated good deep bite management with Invisalign appliances; however, the result occurred predominantly due to incisor proclination and relative intrusion, not true intrusion. In contrast, an open bite was successfully treated using incisor extrusion with attachments and posterior intrusion.<sup>8</sup>

A subsequent study<sup>9</sup> reported a higher accuracy for lower incisors intrusion at 73 %. The improved results could be from a new aligner material called SmartTrack (available after 2013) that the manufacturer claims to give a more gentle and constant force, together with the routine incorporation of overcorrection in the clinicians' digital treatment plan.<sup>8</sup>

To improve the accuracy of vertical movement, the use of horizontal attachments on premolars for retention, bite ramps, or vertical elastics, is recommended. Besides, additional aligners or overbite overcorrection should be used to achieve accurate results.<sup>10</sup>

#### **Arch expansion**

Two studies demonstrated that maxillary arch expansion using clear aligners occurred via tooth tipping rather than bodily movement<sup>11,12</sup> with the lowest bodily expansion efficiency found on the maxillary first molar (37 %).<sup>12</sup> The amount of transverse change decreased from anterior to posterior due to multiple factors, such as cortical bone thickness, soft tissue resistance, masticating force, and root anatomy. Moreover, the mechanical efficiency of the force delivered from an aligner decreases from the anterior to posterior region, which might be another concern for effective expansion.<sup>12</sup>

In the mandible, the accuracy of overall arch expansion is 88 %.<sup>11</sup> The highest accuracy of bodily movement measurement at the gingival level was found at the premolar and the lowest at the canine. There was no statistical difference between the digital plan prediction and the clinical outcome, which indicated that transverse movement in the mandibular region with clear aligner was predictable.<sup>11</sup> However, the authors suggested that the mandible achieved higher accuracy for expansion because

the amount of change required in treatment planning was lower compared to the maxilla.

Crossbite elastics may be used to obtain a better transverse tooth relationship. Overcorrection of maxillary arch expansion is recommended to be prescribed into the digital plan for predictable bodily movement, especially in the posterior region.<sup>11</sup> Moreover, appropriate attachments for buccal root torque is important for bodily movement control during arch expansion.

#### **Rotation**

Tooth rotation is another challenging movement for clear aligners. Studies demonstrated low accuracy when derotating canines and premolars, 36 % and 40 % respectively, which had round clinical crowns, while higher accuracy was found at the incisors.<sup>13,14</sup> Interproximal reduction, proper attachment design and staging (amount of movement per aligner) improve rotation accuracy since tooth movement with clear aligner requires sufficient tooth surface area to engage with and enough space with an optimum rate of movement to achieve the predicted rotation.<sup>13,15</sup> In contrast, in poor compliant patients, attachments in an unfitted aligner may create a counter moment which leads to rotation in the opposite direction. That is the reason why a study showed poor compliance caused a lower mean accuracy of premolar derotation in tooth surface with attachment rather than without attachment.<sup>13</sup> However attachment selection is a clinician-based decision. For canine derotation, the accuracy of movement is significantly reduced for rotation greater than 15°.<sup>13</sup> Proper staging for premolar derotation is <1.5° per aligner.<sup>7</sup>

#### **Molar distalization**

Molar distalization, translational movement, with clear aligners is predictable. Simon *et al.* reported 87 % accuracy for molar distalization of >1.5 mm on upper molars without using Class II elastics for anchorage.<sup>13</sup> The accuracy of molar distalization was similar in the attachment-supported group compared with the no attachment group.<sup>13</sup> These findings agreed with those of another study. Using Class II elastics and attachments, upper first molars could be distalized 2.25 mm without tipping.<sup>16</sup> Class II elastics were

recommended as anchorage preservation during distalization to prevent anterior tooth proclination. Rectangular and vertical attachments were needed on the buccal surface of distalizing molars to create moment resisting undesirable tipping movements.<sup>17</sup>

Molar distalization is a common strategy to correct Class II malocclusion without extraction in an adult whose further growth is not anticipated. When using this protocol in hyperdivergent patients, the vertical dimension must be controlled to prevent increasing the lower facial height, which may cause mandibular clockwise rotation and worsen the desired result. Clear aligner is an effective appliance for molar distalization in hyperdivergent patients because there is no significant crown tipping and no significant change in vertical facial height.<sup>16</sup>

#### Premolar extraction site closure

In first premolar extraction cases using clear aligners, tooth movement predictability of upper first molars and upper central incisors were studied. At the maxillary first molars, greater mesial tipping, mesial translation, and intrusion were found than predicted.<sup>18</sup> However, at the central incisors, less retraction, greater lingual crown torque, and extrusion were found than predicted.<sup>18</sup> The predicted tooth move-

ments were not achieved due to anchorage loss. Anchorage tooth preparation was recommended to reach the anticipated tooth movement. Distal crown tipping of the first molars with attachments should be prescribed to maintain the normal angulation and bodily tooth movement.<sup>18</sup> Power ridges, attachments, and greater labial crown torque should be planned in aligner fabrication software to obtain the optimal clinical incisal torque at the end.

The study showed no significant difference in alignment, marginal ridges, occlusal relations, overjet, interproximal contacts, and root angulation in the final result in an extraction case compared with conventional fixed appliances.<sup>19</sup> Although significant differences were found at the occlusal contacts and buccolingual inclination between systems, these were not clinically meaningful. Moreover, good root angulation was well managed with the appropriate attachments. The overall results indicated that with good control, clear aligner is as effective as fixed appliances to treat class I extraction cases.<sup>19</sup>

The effectiveness of clear aligner and recommendation for each type of tooth movements are summarized in Table 1.

**Table 1** Clear aligner effectiveness and recommendations

	Movement accuracy	Recommendations
Intrusion <sup>7-10</sup>	- 73% lower incisors intrusion	- SmartTrack material - Overcorrection
Extrusion <sup>7-10</sup>	- 30% incisor extrusion	- Extrusion attachment
Arch expansion <sup>11,12</sup>	- 37% bodily buccal expansion for maxillary first molar  - 88% overall mandibular arch expansion	- Preset for sufficient buccal root torque - Overcorrection - Crossbite elastics
Rotation <sup>4,13-15</sup>	- 40% premolar rotation - 36% canine rotation	- Interproximal reduction - Attachments - Staging with derotation <1.5° per aligner - Total rotation <15°

**Table 1** Clear aligner effectiveness and recommendations (cont.)

	Movement accuracy	Recommendations
<b>Molar distalization</b> <sup>11,13,16,17</sup>	- 87% upper molar distalization	- Vertical rectangular attachment on distalized molar with Class II elastics
<b>Premolar extraction site closure</b> <sup>18,19</sup>	- No significant difference in alignment, marginal ridges, occlusal relations, overjet, interproximal contacts, and root angulation compared with braces. - Significant difference in occlusal contacts and buccolingual inclination compared with braces.	- Preset with distal tipping of upper first molars - Power ridges, attachment, and greater labial crown torque for incisors

### Treatment duration

Treatment with clear aligners occurs more rapidly compared to treatment with fixed appliances.<sup>20,21</sup> Additional aligners can be prescribed for finishing and detailing the treatment results. Patients who choose clear aligners did so based on esthetics and a shorter treatment time. Many patients rejected extended treatment time to complete difficult tooth movement.<sup>21</sup> In addition to total treatment duration, clear aligner treatment time is shorter compared with fixed appliances in the number of visits, the number of emergency visits, chairtime per visit, and total chairtime.<sup>22</sup> However malocclusion improvement from fixed appliances is better than clear aligner as shown with PAR index (quantitative index to assess an orthodontic outcome).<sup>21</sup> Pretreatment PAR score of fixed appliances is higher than of clear aligners while post-treatment score is lower which represents the ability of fixed appliances in achieving better clinical results.

### Considerations

Clear aligner is an effective alternative for orthodontic treatment. Because it is a removable appliance, patient compliance (proper placement and removal, adequate wearing time) is a crucial factor to achieve the designed tooth movement. Alteration of tooth morphology, such as tooth fracture or new restorations, will result in unfitted aligners thus re-scanning or PVS impression is required. Posterior open bite is a common side effect of clear aligner therapy which is caused by multiple factors that include

anterior interferences due to inadequate anterior intrusion, posterior teeth intrusion from aligner thickness<sup>19</sup>, inadequate anterior lingual root torque during anterior retraction, crown tipping during posterior teeth expansion or speedy arch length reduction. Adequate crown torque and anterior intrusion can help prevent a posterior open bite. Posterior vertical elastic or reducing aligner wearing time can simply correct the issue. Tooth movement in a clear aligner is limited only inside the plastic frame, if there is not enough space for alignment or if the tooth is moving slower than the aligner's shape, the tooth will be intruded. Therefore, proper staging of tooth movement and space preparation can prevent a posterior open bite from concurrent movement of the tooth and the aligner.

## Conclusion

Clear aligner has gained popularity as a treatment option for adult treatment. The studies showed the effectiveness of clear aligner for distalization of upper molar, expansion of lower molar and intrusion of lower incisor. Limitation of movement stated on incisor extrusion, canine derotation, bodily expansion of upper molar and premolar derotation. Effectiveness and limitation were affected by the quality of the aligner material, clinician expertise, clinician-technician communication, the attitude and cooperation of the patient. All of the considerations are important in achieving successful clinical results.

## References

1. Miller KB, McGorray SP, Womack R, Quintero JC, Perelmuter M, Gibson J, *et al.* A comparison of treatment impacts between Invisalign aligner and fixed appliance therapy during the first week of treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131(3):302 e1-9.
2. Kesling HD. Coordinating the predetermined pattern and tooth positioner with conventional treatment. *Am J Orthod Oral Surg* 1946;32:285-93.
3. Sheridan JJ, LeDoux W, McMinn R. Essix retainers: fabrication and supervision for permanent retention. *J Clin Orthod* 1993;27(1):37-45.
4. Chang MJ CC, Chang CY, Lin JSY, Chang CH, Roberts WE. Introduction to Invisalign® Smart Technology: Attachments Design, and Recall-Checks. *J Digital Orthod* 2019;54:80-95.
5. Tamer I, Oztas E, Marsan G. Orthodontic Treatment with Clear Aligners and The Scientific Reality Behind Their Marketing: A Literature Review. *Turk J Orthod* 2019;32(4):241-6.
6. Brezniak N. The clear plastic appliance: a biomechanical point of view. *Angle Orthod* 2008;78(2):381-2.
7. Kravitz ND, Kusnoto B, BeGole E, Obrez A, Agran B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135(1):27-35.
8. Khosravi R, Cohanin B, Hujuel P, Daher S, Neal M, Liu W, *et al.* Management of overbite with the Invisalign appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2017;151(4):691-9 e2.
9. Glassick A, Joel Gluck A, Kottelman W, Messersmith M. ALIGNER CORNER. *J Clin Orthod* 2017; 51(4):233-9.
10. Krieger E, Seifert H, Saric I, Jung BA, Wehrbein H. Accuracy of Invisalign(R) treatments in the anterior tooth region. First results. *J Orofac Orthop* 2011;72(2):141-9.
11. Houle JP, Piedade L, Todescan R, Jr., Pinheiro FH. The predictability of transverse changes with Invisalign. *Angle Orthod* 2017;87(1):19-24.
12. Zhou N, Guo J. Efficiency of upper arch expansion with the Invisalign system. *Angle Orthod* 2020;90(1):23-30.
13. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique--regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC Oral Health* 2014;14:68.
14. Nguyen C, Chen J. Three-Dimensional Superimposition Tool; In: Tuncay O, editor. The Invisalign System. 1st ed. New Malden: Quintessence Publishing; 2006. p. 121-32.
15. Kravitz ND, Kusnoto B, Agran B, Viana G. Influence of attachments and interproximal reduction on the accuracy of canine rotation with Invisalign. A prospective clinical study. *Angle Orthod* 2008; 78(4):682-7.
16. Ravera S, Castrolforio T, Garino F, Daher S, Cugliari G, Deregibus A. Maxillary molar distalization with aligners in adult patients: a multicenter retrospective study. *Prog Orthod* 2016;17:12.
17. Paquette D. Extraction Treatment with Invisalign; In: Tuncay O, editor. The Invisalign System. 1st ed. New Malden: Quintessence Publishing; 2006. p. 195-205.
18. Dai FF, Xu TM, Shu G. Comparison of achieved and predicted tooth movement of maxillary first molars and central incisors: First premolar extraction treatment with Invisalign. *Angle Orthod* 2019;89(5):679-87.
19. Li W, Wang S, Zhang Y. The effectiveness of the Invisalign appliance in extraction cases using the ABO model grading system: a multicenter randomized controlled trial. *Int J Clin Exp Med* 2015; 8(5):8276-82.
20. Lanteri V, Farronato G, Lanteri C, Caravita R, Cossellu G. The efficacy of orthodontic treatments for anterior crowding with Invisalign compared with fixed appliances using the Peer Assessment Rating Index. *Quintessence Int* 2018;49(7):581-7.
21. Gu J, Tang JS, Skulski B, Fields HW, Jr., Beck FM, Firestone AR, *et al.* Evaluation of Invisalign treatment effectiveness and efficiency compared with conventional fixed appliances using the Peer Assessment Rating index. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2017; 151(2):259-66.
22. Buschang PH, Shaw SG, Ross M, Crosby D, Campbell PM. Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces. *Angle Orthod* 2013.

# Effects of Head and Neck Radiotherapy on the Oral Cavity and Direct Restorative Materials

Apinya Limvisitsakul<sup>1</sup>, Anussara Prayongrat<sup>2</sup>, Pisol Senawongse<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Operative Dentistry and Endodontics, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Bangkok, Thailand

<sup>2</sup>King Chulalongkorn Memorial Hospital, Department of Radiation Oncology, Bangkok, Thailand

## Abstract

Many intraoral complications that result from high-energy electromagnetic waves of radiation can occur in patients undergoing head and neck cancer therapy. Information about the impact of radiation therapy on the oral cavity and restorative materials is important and enables patient assessments, evaluations, and management as well as treatment planning. Therefore, this article aims to highlight the current understanding and management of dental needs in patients after radiation therapy. This report discusses radiation-induced mucositis, salivary gland hypofunction, alveolar bone changes, trismus, dentition breakdown, and radiation caries. Moreover, the impact of radiotherapy on the properties and clinical efficacy of restorative materials are included in this report.

**Keywords :** Head and neck cancer, Management, Radiotherapy, Restoration

**Received Date:** Dec 9, 2020

**Revised Date:** Jan 18, 2020

**Accepted Date:** Mar 24, 2021

**doi:** 10.14456/jdat.2021.26

### Correspondence to :

Pisol Senawongse, Department of Operative Dentistry and Endodontics Faculty of Dentistry, Mahidol University 6 Yothi Street, Rajthevi Bangkok 10400, Thailand Email: pisol.sen@mahidol.ac.th

## Introduction

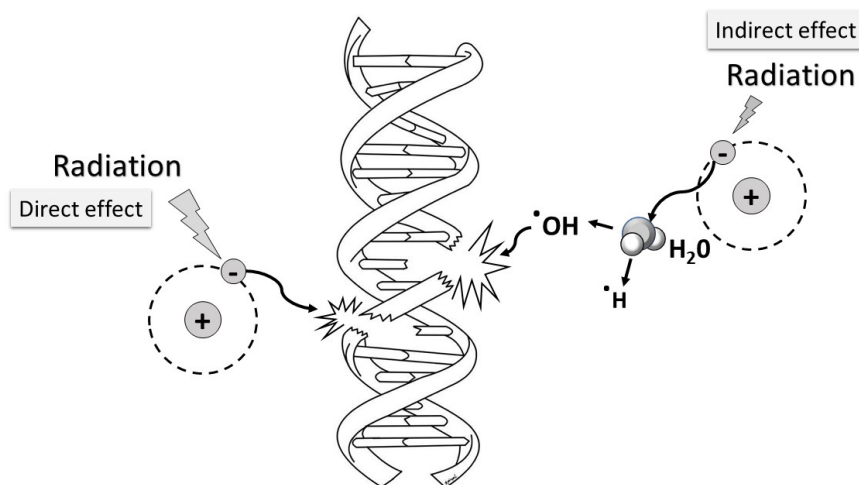
Head and neck cancer is one of the most common cancers in Thailand. According to a report of the National Cancer Registry and findings from local and international publications, head and neck cancer is among the top ten leading types of cancers in the Thai population. The risk factors associated with head and neck cancer include tobacco use, alcohol consumption, human papillomavirus (HPV) infection and Epstein-Barr virus (EBV) infection.<sup>1</sup> Surgical resection, chemotherapy, radiation therapy, and immunotherapy, either as a single modality or combination, are used for head and neck cancer treatment.<sup>2</sup>

Radiation treatment (radiotherapy or irradiation) uses high-energy particles (e.g., electrons and protons) or electromagnetic waves (photon beams such as X-rays or gamma rays) to destroy cancer cells. Dividing cancer cells are more sensitive to radiation than normal tissue such as the salivary gland, or the spinal cord.<sup>3,4</sup> The radiobiological effect of radiation is mainly related to DNA damage and occurs by two mechanisms. First, ionizing radiation directly interacts with nuclear DNA, causing damage to the nucleotide bases, single-strand breaks (SSBs), and double-strand breaks (DSBs); these are known as direct effects. Moreover,



radiation induces the ionization of water (75 % of cell components and other molecules), leading to an increased production of free radicals within the cells, which further

damages the DNA; this is known as an indirect effect, as shown in Figure 1.



**Figure 1** The direct and indirect effects of radiotherapy (modified from Ito A et al., 2006)<sup>5</sup>

The destruction of DNA interferes with the cellular ability to pass on genetic information, replicate and repair, resulting in cell death.<sup>2,6</sup>

Radiotherapy can be categorized by the type of delivery as external radiation (teletherapy), internal radiation (brachytherapy), and systemic radiation. Teletherapy refers to radiation treatment given by an external radiation source at a distance from the body. Teletherapy is the most common type of radiotherapy used in cancer treatment, especially for head and neck cancers. Brachytherapy is a cancer treatment that places radioactive material directly inside or close to the tumor. This approach is suitable for treating a smaller area with a higher dose and requires a shorter treatment time than teletherapy. Systemic radiation refers to the use of radiation in a liquid form, which is injected into a vein or swallowed by the patient into the body to target the tumor.<sup>7</sup>

There are many oral adverse effects of head and neck radiotherapy, such as sore mouth (oral mucositis), ulceration, intraoral infection, dry mouth (xerostomia), taste change (dysgeusia), radiation caries, stiff jaw (trismus), progressive periodontal attachment loss, and osteoradionecrosis (ORN). These conditions affect the quality of life of a patient. The degree and progression of the complications

are related to the irradiated dose, volume of normal tissues and maturity of affected cells. This review summarizes the radiation-induced effects on oral structures.

In total, 65 reports were included in this study. There were seven reports about radiation therapy and 32 reports about oral adverse effects such as trismus, alveolar bone changing, salivary hypofunction, dentition breakdown. There were 16 reports used in discussion about the effect of radiation on restorative material and bonding performance. In addition, there were ten reports used in discussion about oral management.

A selection of 65 electronic searches were conducted for scientific reports that discussed the effect of head and neck radiation therapy on oral tissue structures and restoration materials based on *in vivo* and *in vitro* studies without any restrictions on publication year. Medline, PubMed, and Google Scholar were screened. The following keywords were used: head and neck cancer, radiation, radiotherapy, oral effect and complication. The search process was repeated in each database.

#### **Radiation-induced mucositis**

Mucositis is an acute side effect of head and neck radiotherapy and usually occurs approximately three weeks after the start of treatment.<sup>8</sup> Common symptoms reported

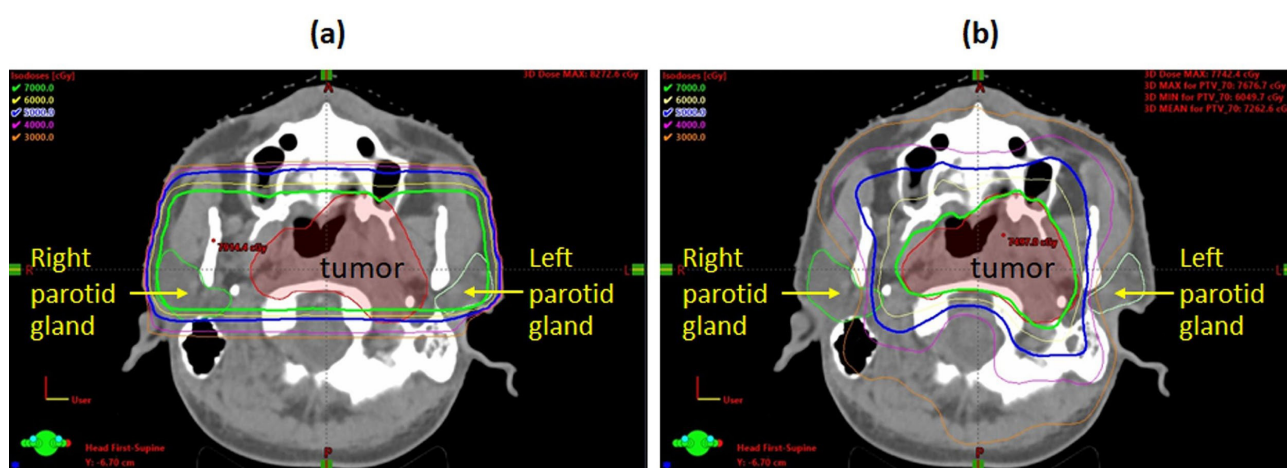
by patients include pain, burning sensations and swallowing discomfort. The mucous membrane or mucosa consists of an epithelial cell layer overlying the connective tissue, which is more susceptible to radiotherapy because of its rapid cellular division. Therefore, epithelial cell loss and reduced cell renewal induced by radiotherapy cause mucosal atrophy, ulceration and mucositis.<sup>9</sup>

### Radiation-induced xerostomia/dry mouth/salivary gland hypofunction

Saliva is an exocrine solution consisting of 99 % water and 1 % of a variety of electrolytes and proteins. Ninety percent of saliva is secreted from three pairs of major salivary glands: parotid, submandibular, and sublingual glands. The average total flow of saliva ranges from 1-1.5 L per day. In unstimulated situations, the percentage contributions to salivary flow are as follows: 20 % from the parotid glands, 65 % from the submandibular glands, 7-8 % from the sublingual glands, and less than 10 % from the minor salivary glands. In simulated situations, the parotid gland is responsible for more than 50 % of the secretions.<sup>10</sup> Saliva plays a role in maintaining oral health and is involved in protection, digestion, lubrication, facilitating oral processing, maintaining a neutral pH, and preventing tooth demineralization.<sup>11</sup> Radiation causes damage to salivary gland cells, resulting in salivary fibrosis, a reduced salivary flow rate, altered salivary

composition, and xerostomia. There are two mechanisms of radiotherapy-induced salivary gland hypofunction. The first mechanism is the direct effect on the DNA of acinar cells of the salivary gland, leading to cell death. The second mechanism is the radiation-induced changes in microvascular endothelial cells within the salivary gland. Ionizing radiation increases the permeability of endothelial cells, leading to interstitial edema. High pressure in the interstitial area causes compression of the gland's channels and progressive ductal obstruction. Because radiation induces hypocellularity, hypovascularity, and hypoxia, the salivary glands become atrophied and fibrotic.<sup>12,13</sup> As a result, oral dryness (xerostomia) occurs as an early symptom of radiation therapy and lasts for several months. The severity of radiation-induced salivary hypofunction depends on the irradiated dose and volume of salivary gland tissues.<sup>11</sup>

In an attempt to increase tumor control and decrease toxicity from cancer therapy, advanced radiotherapy technology, such as intensity-modulated radiotherapy (IMRT), has been developed. IMRT is a treatment planning algorithm that maximizes dose conformity to tumors and minimizes unnecessary dose to surrounding normal tissues. In head and neck irradiation, IMRT allows for a decreased dose to the parotid gland compared to conventional techniques, as shown in Figure 2.



**Figure 2** Radiation dose distribution with the conventional radiation technique (a) and intensity-modulated radiotherapy (IMRT) technique (b). Radiation doses of 50 Gy (green line) and 70 Gy (blue line) to the microscopic (subclinical) and gross tumor volumes, respectively. The recommended median dose to the parotid glands is <30 Gy (orange line), and these glands are better spared by the use of the IMRT technique

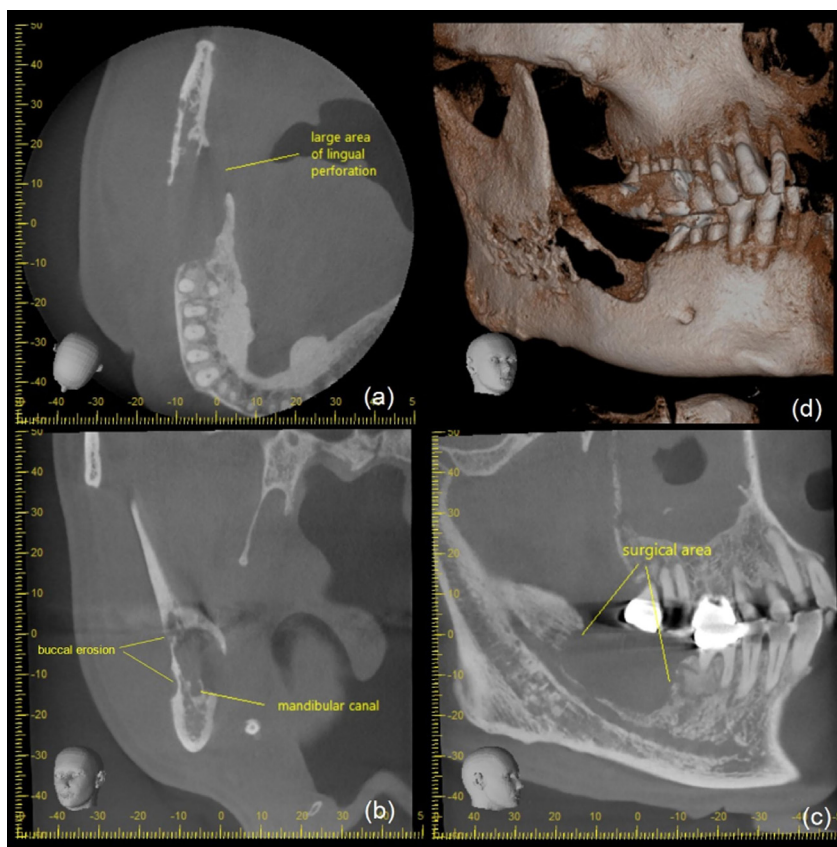
Clinical studies involving nasopharyngeal carcinoma patients reported that the xerostomia rate was significantly reduced with IMRT treatment compared to with conventional techniques (39 % versus 82 %), leading to an improved xerostomia rate and better quality of life for patients.<sup>14-16</sup> Currently, IMRT is considered a standard radiotherapy technique for nasopharyngeal carcinoma and is widely accepted in other types of head and neck cancers.<sup>17</sup>

#### Radiation-induced alveolar bone changes and osteoradionecrosis

Radiation treatment has detrimental effects on osteocytes and the microvascular system. The severity of the bone response depends on the maturity status of the bone and radiation dose. If the bone is affected in the early dividing stage, growth retardation occurs.<sup>18,19</sup> Three common terms of radiation-induced changes in the irradiated bone are bone loss (atrophy), radiation osteitis, and ORN.<sup>20</sup> Radiation-induced microvascular impairment contributes to the

hypocellular, hypovascular, and hypoxic conditions of bone tissues. Alterations in the remodeling cycle also lead to bone loss and loss of healing potential. However, the effects of radiation on the remodeling process are still controversial. Some studies have reported that radiation directly disturbs proliferation and damages osteoblast cells, which are responsible for the bone forming process.<sup>19,21</sup> In contrast, some reported that osteoclasts were more sensitive to radiation than osteoblasts.<sup>22</sup> Wright *et al.* demonstrated that irradiated bone had increased osteoclast cell volume but there was no difference in osteoblast volume compared to non irradiated control bone at one-week post radiotherapy. The radiation-induced proliferation of osteoclasts is responsible for the bone matrix resorbing process, leading to bone atrophy.<sup>23</sup>

ORN is a term describing the death of exposed bone that results from radiation-induced failure of the healing process, as shown in Figure 3.

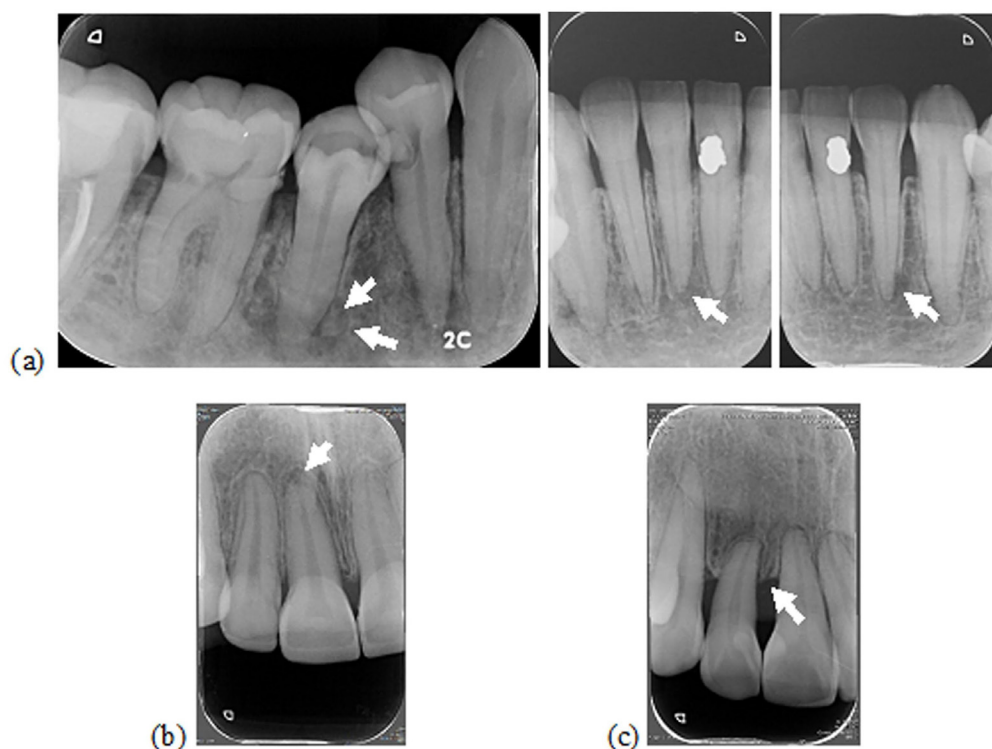


**Figure 3** Shows the Cone beam computed tomography (CBCT) images of ill-defined bone destruction. The patient had a history of radiation therapy for nasopharyngeal cancer and sequestrectomy of osteoradionecrosis at the right posterior region of the mandible: axial view (a), coronal view (b), sagittal view (c), and 3D volume rendering view (d)

This complication occurs more commonly in the mandible than in the maxilla due to the poorer blood supply and higher bone density of the mandibular bone.<sup>24</sup> ORN can occur with or without infection or injury.<sup>25</sup> Orofacial fistulas, pain, ulceration and necrotic bone exposure for longer than three months are clinical symptoms of ORN. There are many risk factors associated with ORN progression. Local risk factors include the tumor site, tumor stage, radiation field, radiation dose, poor oral hygiene, and trauma (such as dental extraction, implant placement, biopsy, and periodontal surgery before or after radiotherapy). Systemic factors associated with the development of ORN are advanced

age, smoking, alcohol consumption, immunodeficiency, and the underlying medical conditions of the patient.<sup>20,24,26</sup>

The alteration of alveolar bone after radiotherapy depends on the severity of bone destruction. Radiograph images can show a widening periodontal ligament followed by bone sclerosis, periodontal disease-like bone loss, and bone resorption.<sup>18</sup> The widening of the periodontal ligament (PDL) space is commonly observed within three years after radiation, especially in patients who receive radiation doses greater than 45 Gy. The difference between radiation-induced widening of the PDL with resorption and periodontal disease or periapical infection is the epicenter position, as shown in Figure 4.



**Figure 4** Periapical radiograph of the combination of bone sclerosis and bone destruction around the teeth and alveolar crest and the widening of the PDL space in patients who had a history of radiation therapy for cancer in the base of the tongue (a). The periapical film of patients with periapical disease in the anterior maxillary teeth due to accidental trauma showing a radiolucent and widening PDL at the apex of the root (b). In another case, the periapical film of a patient with periodontal disease in the right lateral maxillary teeth due to traumatic occlusion showed horizontal bone loss of the alveolar crest (c)

Periodontal disease causes alveolar crest bone resorption, whereas periapical disease shows lesions at the apex of the root. When there are radiation effects, radiographs show no definite initiating point with no clinical manifestation of periodontal or periapical disease.<sup>20</sup>

### Radiation-induced trismus

Trismus refers to restricted mouth opening due to a tonic contraction of the mastication muscle.<sup>27</sup> Trismus is a complication of head and neck radiation therapy. The prevalence of trismus after radiotherapy is dependent

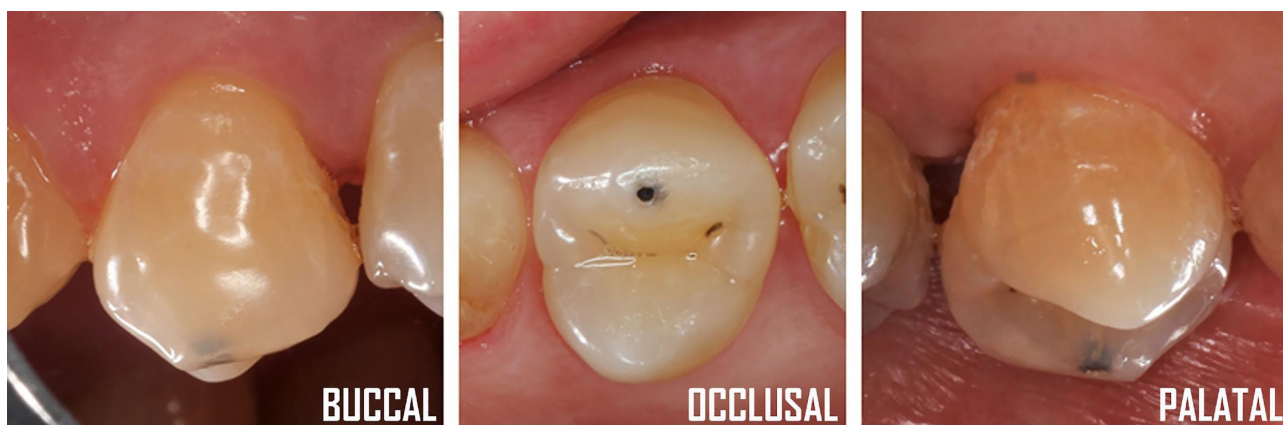


on the radiation dose and treatment technique.<sup>28</sup> A study by Bensadoun reported that the prevalence of trismus in the conventional radiotherapy group was 25.2 %, while it was 5 % in the IMRT group. In a study of patients who received both radiotherapy and chemotherapy, it was found that the trismus prevalence was 30.7 %. Greater radiation doses, especially those exceeding 60 Gy, may be related to the higher severity and prevalence of trismus.<sup>29,30</sup> Radiotherapy may have detrimental effects on the masticatory muscle which can lead to the abnormal proliferation of fibroblasts, which causes fibrosis of the skin and muscle. Impaired mandibular motion significantly affects quality of life. Limited mouth opening results in difficulties with eating and speaking, and compromises oral hygiene. There are various methods for treating and managing trismus, such as drugs, devices, exercise and physiotherapy.<sup>30</sup>

Moreover, radiotherapy of the head and neck muscle affects not only the masticatory muscle but also the neck muscle. High-dose radiation induces neck muscle spasms with or without pain. The motions associated with head turning, lifting and yawning may be affected.<sup>31</sup> Therefore, the tightness of the neck muscles may disturb the motions needed for teeth brushing, which affects the oral hygiene of the patient.

#### **Radiation-induced dentition breakdown and radiation caries**

Radiotherapy increases the likelihood of dentition breakdown, especially in the cervical area, cuspal region, incisal edge, and loading area. Tooth destruction originates from an enamel microcrack and then progresses to localized enamel delamination, generalized delamination and dentin exposure, as shown in Figure 5.



**Figure 5** Tooth destruction in the cuspal region in patients who had undergone head and neck radiation therapy

The severity of dentition breakdown depends on the radiation dose.<sup>32</sup> Radiation-induced alterations to the microstructures of enamel and dentin were demonstrated by a reduction in microhardness and elastic modulus.<sup>33,34</sup> In contrast to a previous study, Brauer *et al.* did not find a significant dose-response relationship between radiation dose and elastic modulus and hardness.<sup>35</sup> In an *in vivo* study, there were significant differences in optical retardation values of birefringence at the cervical region of enamel between teeth extracted from irradiated head and neck cancer patients versus those extracted from the control group. Irradiated teeth presented slight morphologic alterations

in enamel with evident interprismatic space, cracks in the dentinal structure, dentinal tubule obstructions, and increased destruction of the collagen network with fragmented fibers on scanning microscope images.<sup>36,37</sup> Furthermore, several studies reported the effects of radiation on the organic matrix of tooth structure. Reed *et al.* reported that radiation decreased the protein/mineral ratio of dentin and increased the stiffness of the tooth structure.<sup>33</sup> In contrast, Springer *et al.* found no direct effects of radiation on the collagen and extracellular matrix of dental tissue.<sup>38</sup> Collagen and protein-based organic matrix is a major component of the dentin-enamel junction (DEJ), which is

referred to as a boundary structure between enamel and dentin. An *in vivo* study revealed that radiation induced activation of the MMP collagenase enzyme, leading to collagen destruction in the DEJ.<sup>39,40</sup> Both DEJ destruction and increased stiffness of the tooth structure cause enamel delamination and dentin exposure.

After radiation treatment, dental caries rapidly occur and progress. This is a multifactorial condition that is related to radiation effects and includes hyposalivation, postradiation microbial changes, dentition impairment, and oral pain. As previously mentioned, saliva is a necessary substance that has buffering, cleansing and protective abilities and can reduce the progression of caries and maintain oral health.<sup>41</sup> Hyposalivation due to radiation therapy plays a major role in caries development. The critical pH of dentin is higher than that of enamel (approximately 6.7 and 5.5, respectively). Therefore, the effects of radiation-induced alterations to tooth microstructures, enamel delamination, and dentin exposure promote more susceptibility to dental caries in irradiated patients.

#### **Radiation effects on direct restorative dental materials**

Restorative dental materials are substances that are used to reconstruct or enhance the patient's teeth. The direct restorative materials include amalgam, glass ionomer cement and resin composite.

Amalgam is a material that has a strong buffering capacity and antibacterial effect.<sup>42</sup> It requires cavity preparation for mechanical retention. There are no reports about the adverse effects of radiation on the properties of amalgam. However, artifacts from amalgam restoration adversely affect the image quality of computed tomography scans (CT scans), leading to little information for the radiation treatment planning process. Moreover, amalgam results in an inaccurate dose calculation to the tumor and nearby normal tissues. Therefore, it has been suggested that resin composite should be used before radiation treatment instead of amalgam filling.<sup>43</sup>

Glass ionomer cement is a fluoride-releasing material that has a buffering capacity and antibacterial effect. This material marginally inhibited caries in the clinic

in a two-year observation of xerostomic irradiated head and neck cancer patients.<sup>44-46</sup> Glass ionomer cement easily loses anatomical form and marginal adaptation.<sup>44</sup> Although glass ionomer cement has a chemical bond to the tooth structure, material dislodgement has been reported.<sup>46</sup> There was no clarification on how irradiation can effect the retention loss of glass ionomer cement. Yesilyurt *C et al.* examined the FTIR spectroscopy on irradiated and non-irradiated set glass ionomer cement specimens and reported that the irradiation did not have any effect on material structure.<sup>47</sup> However, Reed et al. explained that the irradiation altered the dentin microstructure.<sup>33</sup> So, it might be assumed that the altered substrate is the reason for the retention loss of glass ionomer cements.

Resin composite is the material of choice for a minimal intervention concept that does not require extra tooth preparation during the restoration procedure. Radiation can cause minimal chemical changes to resin composites.<sup>48,49</sup> However, there are many reports showing that radiotherapy does not have a significantly negative effect on the mechanical properties of resin composites.<sup>49-52</sup> With no buffering capacity or antimicrobial effect, resin composites led to a higher susceptibility to marginal caries than glass ionomer cement during a two-year observation.<sup>44,45</sup> The effects of radiation on the bond strength properties of resin composites are controversial. Several *in vitro* studies showed a lower bond strength in irradiated teeth, especially with the etch-and-rinse adhesive system.<sup>53-57</sup> In contrast, Da cunha *et al.* reported no significant radiation effect on the bond strength in irradiated teeth.<sup>58</sup> Moreover, an *in vivo* irradiation study by Galetti *et al.* showed no significant difference in bond strength between the irradiated and control groups.<sup>59</sup> Radiotherapy showed no negative effects when restoration was performed prior to the radiation procedure.<sup>53-55</sup>

#### **Intraoral management in radiotherapy patients**

The adverse effects of radiotherapy result in diminished long-term quality of life for patients. Oral mucositis and hyposalivation can impair the ability of patients to swallow, speak, and sleep. Oral biological changes and infection are often experienced by irradiated head and

neck cancer patients. Moreover, radiation effects on tooth microstructure induce dentition breakdown. Therefore, dental caries commonly occur in xerostomic patients and rapidly progresses. Post radiotherapy patients are classified in the high or extremely high-risk group for caries.<sup>60,61</sup> Comprehensive care with an emphasis on preventive treatment is essential for these patients. Routine monitoring every three months, neutral fluoride, and chlorhexidine solution are recommended to prevent and reduce caries risk in irradiated patients.<sup>44,45,62</sup> Xerostomia is a long-term late effect because radiotherapy causes irreversible damage to the salivary glands. Pharmacologic treatment with sialagogues shows no significant improvement in the saliva flow rate, but sialagogues lead to subjective quality of life improvements.<sup>63</sup> Palliative treatment with saliva substitutes such as gels, sprays, oils, and mucin substances can reduce the symptoms of dry mouth.<sup>64</sup> Because of the critical pH of dentin, the use of oral moisturizers with a pH of 6.7 or higher is helpful in preventing dentin demineralization.<sup>65</sup> The reduction in alveolar bone healing ability due to radiation effects leads to a higher incidence of ORN; therefore, patients should pay attention to potential oral infections and avoid any procedures that cause injury to irradiated bone. Additionally, radiation-induced alveolar bone alterations can be seen on radiographs and lead to misdiagnosis and inappropriate treatment. In this regard, information about the radiation treatment field and dose is helpful for an accurate interpretation of the imaging results and proper management. Oral and dental management for post radiotherapy patients requires a multidisciplinary approach to improve long-term quality of life.

## Conclusions

Patients undergoing radiation therapy for head and neck malignancies are prone to a variety of intraoral complications, including mucositis, xerostomia, dry mouth, salivary gland hypofunction, alveolar bone changes, osteoradionecrosis, dentition breakdown, radiation caries and effects on restorative materials. Strategies for preventing and treating these complications may be required.

## Acknowledgments

The authors would like to thank Assoc. Prof. Dr. Suchaya Damrongsri for the CBCT images of osteoradionecrosis.

**Conflicts of interests** - The authors of this report have no conflicts of interests to declare.

## References

1. Tangjaturonrasme N, Vatanasapt P, Bychkov A. Epidemiology of head and neck cancer in Thailand. *Asia Pac J Clin Oncol* 2018; 14(1):16-22.
2. Baskar R, Lee KA, Yeo R, Yeoh KW. Cancer and radiation therapy: current advances and future directions. *Int J Med Sci* 2012;9(3):193-9.
3. Haber AH, Rothstein BE. Radiosensitivity and rate of cell division: "law of Bergonié and Tribondeau". *Science* 1969;163 (3873):1338-9.
4. Hall EJ, Giaccia AJ. Radiosensitivity and cell age in the mitosis cycle. In: Radiobiology for the radiologist, 7th edition; 2012: pp 54-66.
5. Ito A, Nakano H, Kusano Y, Hirayama R, Furusawa Y, Murayama C, Mori T, Katsumura Y, Shinohara K. Contribution of indirect action to radiation-induced mammalian cell inactivation: dependence on photon energy and heavy-ion LET. *Radiat Res* 2006 Jun;165(6):703-12.
6. Kassim N, Sirajuddin S, Biswas S, Rafiuddin S, Apine A. Suppl 1: M2: Iatrogenic Damage to the Periodontium Caused by Radiation and Radiotherapy. *Open Dent J* 2015;9:182.
7. Zhang L, Chen H, Wang L, Liu T, Yeh J, Lu G, *et al.* Delivery of therapeutic radioisotopes using nanoparticle platforms: potential benefit in systemic radiation therapy. *Nanotechnol Sci Appl* 2010;3:159-70.
8. Hancock PJ EJ, Sadler GR. Oral and dental management related to radiation therapy for head and neck cancer. *J Can Dent Assoc* 2003;69(9):585-90.
9. Tolentino EdS, Centurion BS, Ferreira LHC, Souza APd, Damante JH, Rubira-Bullen IRF. Oral adverse effects of head and neck radiotherapy: literature review and suggestion of a clinical oral care guideline for irradiated patients. *J Appl Oral Sci* 2011;19(5):448-54.
10. Humphrey SP, Williamson RT. A review of saliva: Normal composition, flow, and function. *J Prosthet Dent* 2001;85(2):162-9.
11. Plemons JM, Al-Hashimi I, Marek CL. Managing xerostomia and salivary gland hypofunction: executive summary of a report from the American Dental Association Council on Scientific Affairs. *J Am Dent Assoc* 2014;145(8):867-73.
12. Mizrahi A, Cotrim AP, Katabi N, Mitchell JB, Verheij M, Haimovitz-Friedman A. Radiation-Induced Microvascular Injury as a Mechanism of Salivary Gland Hypofunction and Potential Target for Radioprotectors. *Radiat Res* 2016;186(2):189-95.



13. Stramandinoli-Zanicotti RT, Sassi LM, Schussel JL, Torres MF, Funchal M, Smaniotto GH, *et al.* Effect of fractionated radiotherapy on the parotid gland: an experimental study in Brazilian minipigs. *Int Arch otorhinolaryngol* 2013;17(02):163-7.
14. Kam MK, Chau RM, Suen J, Choi PH, Teo PM. Intensity-modulated radiotherapy in nasopharyngeal carcinoma: dosimetric advantage over conventional plans and feasibility of dose escalation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003;56(1):145-57.
15. Pow EH, Kwong DL, McMillan AS, Wong MC, Sham JS, Leung LH, *et al.* Xerostomia and quality of life after intensity-modulated radiotherapy vs. conventional radiotherapy for early-stage nasopharyngeal carcinoma: initial report on a randomized controlled clinical trial. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006;66(4):981-91.
16. Kam MK, Leung SF, Zee B, Chau RM, Suen JJ, Mo F, *et al.* Prospective randomized study of intensity-modulated radiotherapy on salivary gland function in early-stage nasopharyngeal carcinoma patients. *J Clin Oncol* 2007;25(31):4873-9.
17. Peng G, Wang T, Yang K-y, Zhang S, Zhang T, Li Q, *et al.* A prospective, randomized study comparing outcomes and toxicities of intensity-modulated radiotherapy vs. conventional two-dimensional radiotherapy for the treatment of nasopharyngeal carcinoma. *Radiotherapy and oncology* 2012;104(3):286-93.
18. white SC. Oral Radiology : Principles and Interpretation 7th edition; 2013.
19. Mitchell MJ, Logan PM. Radiation-induced changes in bone. *Radiographics* 1998;18(5):1125-36.
20. Chan KC. Jaw bone changes on panoramic imaging after head and neck radiotherapy: University of Toronto; 2012.
21. Hopewell JW. Radiation-therapy effects on bone density. *Medical and Pediatric Oncology* 2003;41(3):208-11.
22. Zhang J, Wang Z, Wu A, Nie J, Pei H, Hu W, *et al.* Differences in responses to X-ray exposure between osteoclast and osteoblast cells. *J Radiat Res* 2017;58(6):791-802.
23. Wright LE, Buijs JT, Kim H-S, Coats LE, Scheidler AM, John SK, *et al.* Single-Limb Irradiation Induces Local and Systemic Bone Loss in a Murine Model. *J Bone Miner Res* 2015;30(7):1268-79.
24. Reuther T, Schuster T, Mende U, Kübler A. Osteoradionecrosis of the jaws as a side effect of radiotherapy of head and neck tumour patients—a report of a thirty year retrospective review. *Int J Oral Max Surg* 2003;32(3):289-95.
25. Owosho AA, Tsai CJ, Lee RS, Freymiller H, Kadempour A, Varthis S, *et al.* The prevalence and risk factors associated with osteoradionecrosis of the jaw in oral and oropharyngeal cancer patients treated with intensity-modulated radiation therapy (IMRT): The Memorial Sloan Kettering Cancer Center experience. *Oral oncology* 2017;64:44-51.
26. Marciani RD, Ownby HE. Osteoradionecrosis of the jaws. *J Oral Maxillofac Surg* 1986;44(3):218-23.
27. Tveteras K, Kristensen S. The aetiology and pathogenesis of trismus. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 1986;11(5):383-7.
28. Van Daele DJ, Finnegan EM, Rodnitzky RL, Zhen W, McCulloch TM, Hoffman HT. Head and Neck Muscle Spasm After Radiotherapy: Management with Botulinum Toxin A Injection. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2002;128(8):956-9.
29. Teguh DN, Levendag PC, Voet P, van der Est H, Noever I, de Kruijff W, *et al.* Trismus in patients with oropharyngeal cancer: Relationship with dose in structures of mastication apparatus. *Head Neck - J Sci Spec* 2008;30(5):622-30.
30. Bensadoun R-J, Riesenbeck D, Lockhart PB, Elting LS, Spijkervet FK, Brennan MT. A systematic review of trismus induced by cancer therapies in head and neck cancer patients. *Support Care Cancer* 2010;18(8):1033-8.
31. Zhang LL, Zhou GQ, Qi ZY, He XJ, Li JX, Tang LL, *et al.* Patient- and treatment-related risk factors associated with neck muscle spasm in nasopharyngeal carcinoma patients after intensity-modulated radiotherapy. *BMC Cancer* 2017;17(1):788.
32. Walker MP, Wichman B, Cheng AL, Coster J, Williams KB. Impact of radiotherapy dose on dentition breakdown in head and neck cancer patients. *Pract Radiat Oncol* 2011;1(3):142-8.
33. Reed R, Xu C, Liu Y, Gorski J, Wang Y, Walker M. Radiotherapy effect on nano-mechanical properties and chemical composition of enamel and dentine. *Arch Oral Biol* 2015;60(5):690-7.
34. Gonçalves LMN, Palma-Dibb RG, Paula-Silva FWG, de Oliveira HF, Nelson-Filho P, da Silva LAB, *et al.* Radiation therapy alters microhardness and microstructure of enamel and dentin of permanent human teeth. *J Dent* 2014;42(8):986-92.
35. Brauer DS, Saeki K, Hilton JF, Marshall GW, Marshall SJ. Effect of sterilization by gamma radiation on nano-mechanical properties of teeth. *Dent Mater* 2008;24(8):1137-40.
36. Madrid CC, de Pauli Paglioni M, Line SR, Vasconcelos KG, Brandão TB, Lopes MA, *et al.* Structural Analysis of Enamel in Teeth from Head-and-Neck Cancer Patients Who Underwent Radiotherapy. *Caries Res* 2017;51(2):119-28.
37. Arid J, Palma-Dibb RG, de Oliveira HF, Nelson-Filho P, de Carvalho FK, da Silva LAB, *et al.* Radiotherapy impairs adhesive bonding in permanent teeth. *Support Care Cancer* 2020;28(1):239-47.
38. Springer IN, Niehoff P, Warnke PH, Böcek G, Kovács G, Suhr M, *et al.* Radiation caries—radiogenic destruction of dental collagen. *Oral Oncology* 2005;41(7):723-8.
39. McGuire J, Gorski J, Dusevich V, Wang Y, Walker M. Type IV collagen is a novel DEJ biomarker that is reduced by radiotherapy. *J Dent Res* 2014;93(10):1028-34.

40. McGuire J, Mousa A, Zhang BJ, Todoki L, Huffman N, Chandrababu K, *et al.* Extracts of irradiated mature human tooth crowns contain MMP-20 protein and activity. *J Dent* 2014;42(5):626-35.
41. Cunha-Cruz J, Scott J, Rothen M, Mancl L, Lawhorn T, Brossel K, *et al.* Salivary characteristics and dental caries: evidence from general dental practices. *J Am Dent Assoc* 2013;144(5):e31-e40.
42. Nedeljkovic I, De Munck J, Slomka V, Van Meerbeek B, Teughels W, Van Landuyt K. Lack of buffering by composites promotes shift to more cariogenic bacteria. *J Dent Res* 2016;95(8):875-81.
43. Richard P, Sandison G, Dang Q, Johnson B, Wong T, Parvathaneni U. Dental amalgam artifact: Adverse impact on tumor visualization and proton beam treatment planning in oral and oropharyngeal cancers. *Pract Radiat Oncol* 2015;5(6):e583-e8.
44. De Moor RJ, Stassen IG, van't Veldt Y, Torbeyns D, Hommez GM. Two-year clinical performance of glass ionomer and resin composite restorations in xerostomic head-and neck-irradiated cancer patients. *Clin Oral Investig* 2011;15(1):31-8.
45. McComb D, Erickson R, Maxymiw W, Wood R. A clinical comparison of glass ionomer, resin-modified glass ionomer and resin composite restorations in the treatment of cervical caries in xerostomic head and neck radiation patients. *Oper Dent* 2002;27(5):430-7.
46. Hu JY, Li YQ, Smales R, Yip KK. Restoration of teeth with more-viscous glass ionomer cements following radiation-induced caries. *Int Dent J* 2002;52(6):445-8.
47. Yesilyurt C, Bulucu B, Sezen O, BULUT G, Celik D. Bond strengths of two conventional glass-ionomer cements to irradiated and non-irradiated dentin. *Dent Mater J* 2008;27:695-701.
48. Cruz AD, Almeida SM, Rastelli ANS, Bagnato VS, Byscolo FN. FT-IR spectroscopy assessment of aesthetic dental materials irradiated with low-dose therapeutic ionizing radiation. *Laser Phys* 2009;19(3):461-7.
49. Brandeburski SBN, Della Bona A. Effect of ionizing radiation on properties of restorative materials. *Dent Mater* 2018;34(2):221-7.
50. von Fraunhofer JA, Curtis P, Sharma S, Farman AG. The effects of gamma radiation on the properties of composite restorative resins. *J Dent* 1989;17(4):177-83.
51. Curtis Jr P, Farman A, Von Fraunhofer J. Effects of gamma radiation on the in vitro wear of composite restorative materials. *J Dent* 1991;19(4):241-4.
52. Catelan A, Padilha A, Salzedas L, Coclete GA, dos Santos PH. Effect of radiotherapy on the radiopacity and flexural strength of a composite resin. *Acta Odontol Latinoam* 2008;21(2):159-62.
53. Aggarwal V. An *in vitro* evaluation of effect of ionizing radiotherapy on push-out strength of fiber posts under cyclic loading. *J Endod* 2009;35(5):695-8.
54. Bulucu B, Yesilyurt C, Cakir S, Meydan AD. Influence of radiation on bond strength. *J Adhes Dent* 2006;8(4):217-21.
55. Naves LZ, Novais VR, Armstrong SR, Correr-Sobrinho L, Soares CJ. Effect of gamma radiation on bonding to human enamel and dentin. *Support Care Cancer* 2012;20(11):2873-8.
56. Santin GC, Palma-Dibb RG, Romano FL, de Oliveira HF, Nelson Filho P, de Queiroz AM. Physical and adhesive properties of dental enamel after radiotherapy and bonding of metal and ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015;148(2):283-92.
57. Yamin PA, Pereira RD, Lopes FC, Queiroz AM, Oliveira HF, Saquy PC, *et al.* Longevity of bond strength of resin cements to root dentine after radiation therapy. *Int Endod J* 2018;51(11):1301-12.
58. de Barros da Cunha SR, Ramos MM, Augusto P, Kalil Haddad CM, Fernandes da Silva JL, Fregnani ER, *et al.* Effects of Different Radiation Doses on the Bond Strengths of Two Different Adhesive Systems to Enamel and Dentin. *J Adhes Dent* 2016;18(2).
59. Galetti R, Santos-Silva AR, Nogueira da Gama Antunes A, de Abreu Alves F, Lopes MA, de Goes MF. Radiotherapy does not impair dentin adhesive properties in head and neck cancer patients. *Clin Oral Investig* 2014;18(7):1771-8.
60. American Dental Association Councils on Scientific Affairs and Dental Practice : Caries Risk Assessment Form (Age >6). American Dental Association: Chicago. 2009.
61. CAMBRA HM. Best practices in dental caries management. Academy of Dental Therapeutics and Stomatology, Chesterland: Peer Review Publications. 2011.
62. Hong CHL, Napeñas JJ, Hodgson BD, Stokman MA, Mathers-Stauffer V, Elting LS, *et al.* A systematic review of dental disease in patients undergoing cancer therapy. *Support Care Cancer* 2010;18(8):1007-21.
63. Gorsky M, Epstein JB, Parry J, Epstein MS, Le ND, Silverman Jr S. The efficacy of pilocarpine and bethanechol upon saliva production in cancer patients with hyposalivation following radiation therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;97(2):190-5.
64. Momm F, Volegova-Neher NJ, Schulte-Mönting J, Guttenberger R. Different saliva substitutes for treatment of xerostomia following radiotherapy. *Strahlentherapie und Onkologie* 2005;181(4):231-6.
65. Delgado AJ, Olafsson VG. Acidic oral moisturizers with pH below 6.7 may be harmful to teeth depending on formulation: a short report. *Clin Cosmet Investig Dent* 2017;9:81-3.

# การควบคุมการติดเชื้อทางอากาศในคลินิกทันตกรรม

## Control of Airborne Infection in Dental Clinics

รัชณี อัมพรอร่ามเวทย์<sup>1</sup>

Ruchanee Ampornaramveth<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประเทศไทย

<sup>1</sup>Department of Microbiology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Thailand

### บทคัดย่อ

จากสถานการณ์การระบาดของไวรัส SARS-CoV2 ได้สร้างความตื่นตระหนกให้ทันตบุคลากรหันมาให้ความสนใจกับการป้องกันการติดเชื้อทางอากาศในคลินิกทันตกรรมมากขึ้น งานทันตกรรมนั้นจัดเป็นวิชาชีพที่มีความเสี่ยงสูงในการเผชิญต่อโรคที่มีการติดเชื้อทางอากาศ เนื่องจากการให้การรักษาทันตกรรมในทุกกรณีจำเป็นต้องให้การรักษาในระยะประชิดและทำให้เกิดการในช่องปากผู้ป่วย และทำให้เกิดการในช่องปากผู้ป่วยด้วยเครื่องมือที่ก่อให้เกิดละอองฝอย การป้องกันการแพร่กระจายของโรคติดเชื้อผ่านทางละอองฝอยและอากาศนั้นไม่สามารถทำได้ด้วยมาตรการพื้นฐานที่ใช้ในการควบคุมการติดเชื้อในคลินิกเพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องมีมาตรการเสริมที่ใช้ควบคุมการแพร่เชื้อทางละอองและอากาศโดยเฉพาะ ในบทความนี้จะสรุปหลักการของการควบคุมการติดต่อของโรคที่แพร่เชื้อทางละอองและอากาศที่ใช้ในคลินิกทันตกรรม เพื่อส่งเสริมให้เกิดความตระหนักและนำหลักการที่จะกล่าวถึงนี้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดความปลอดภัยสูงสุดต่อทันตบุคลากรและผู้ป่วยที่มารับบริการ

**Keywords:** การแพร่เชื้อทางอากาศ, คลินิกทันตกรรม, การควบคุมการติดเชื้อ, โรคระบบทางเดินหายใจ

### Abstract

SAR-CoV2 pandemic alarmingly introduce concerns of airborne infection control in dental clinic. Dentistry has been categorized as the highest risk group among other health care personals to expose to airborne diseases. Dental treatment has to be done in proximity contact, performing operation in the oral cavity of the patient together with aerosol generating devices. Standard precautions those had been routinely implement as infection control protocol alone were not sufficient for preventing the spread of diseases via droplets and airborne in dental clinics. Droplet and airborne precautions must be additionally implemented. This review will summarize droplets and airborne precautions and strategies to control diseases those transmit via droplets or airborne in dental clinic in order to raise concerns and provide the highest safety for dental staffs and the patients.

**Keywords:** Airborne Droplets, Dental clinic, Infection control, Respiratory diseases

Received Date: Feb 25, 2021

Revised Date: Mar 19, 2021

Accepted Date: Mar 29, 2021

doi: 10.14456/jdat.2021.27

#### ติดต่อเกี่ยวกับบทความ :

รัชณี อัมพรอร่ามเวทย์, ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 34 ถนนอังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330 ประเทศไทย โทร: 02-218-8682 โทรสาร: 02-218-8680 อีเมล: ruchanee.a@chula.ac.th

#### Correspondence to :

Ruchanee Ampornaramveth, Department of Microbiology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University 34 Henry-Dunant Rd., Patumwan, Bangkok, 10330 Thailand. Tel: 02-218-8682 Fax: 02-218-8680 E-mail: ruchanee.a@chula.ac.th

## บทนำ

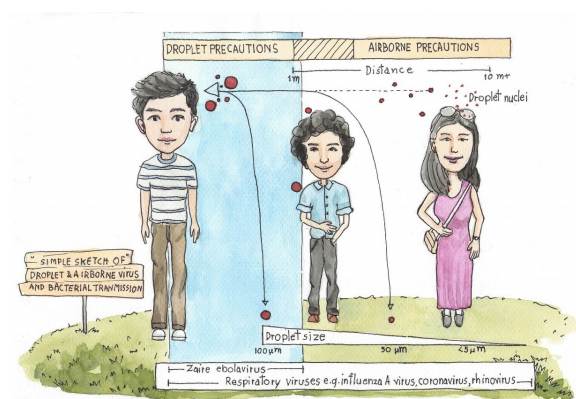
ในอดีตที่ผ่านมามาตรการการควบคุมการติดเชื้อในคลินิกทันตกรรมนั้นใช้มาตรการพื้นฐาน standard precautions ซึ่งมาตรการการนี้มุ่งเน้นที่จะป้องกันโรคติดเชื้อที่ติดต่อผ่านทางสัมผัส เลือด น้ำลาย และสารคัดหลั่งทั้งโดยทางตรงหรือทางอ้อมเป็นหลัก ไม่ได้ครอบคลุมไปถึงโรคที่แพร่ทางอากาศ การควบคุมการติดต่อของโรคที่แพร่ทางอากาศในคลินิกทันตกรรมนั้นที่ผ่านมาใช้มาตรการหลักคือ การคัดกรองผู้ป่วยที่สงสัยว่าจะติดเชื้อ ร่วมกับการแนะนำให้เลื่อนการรักษาทางทันตกรรมออกไปก่อนจนกว่าจะอยู่ในระยะไม่แพร่เชื้อ หรือทำเฉพาะหัตถการที่ไม่ฟุ้งกระจายเพื่อบรรเทาภาวะเร่งด่วนฉุกเฉินทางทันตกรรมด้วยหัตถการที่ไม่ฟุ้งกระจายเท่านั้น ภายหลังการระบาดของไวรัส SARS-CoV2 ซึ่งเป็นโรคติดเชื้ออุบัติใหม่ในช่วงต้นปี พ.ศ. 2563 จนปัจจุบันเป็นที่ประจักษ์แล้วว่าไวรัส SARS-CoV2 นั้นมีความสามารถในการทำให้เกิดโรคได้รุนแรงกว่าเชื้อที่พบในอดีต นอกจากนี้ยังพบกรณีผู้ติดเชื้อที่ไม่แสดงอาการ แต่สามารถแพร่เชื้อได้<sup>1-2</sup> และเป็นที่ยืนยันแล้วว่าเชื้อ SARS-CoV2 สามารถแพร่ได้ทั้งทางละอองฝอย (Droplet) การสัมผัสละอองฝอยที่ตกลงบนพื้นผิว (Contact) และ ทางอากาศ (Airborne)<sup>3-4</sup> ข้อมูลดังกล่าวส่งผลให้การให้บริการทันตกรรมในวิถีเก่าที่ปฏิบัติกันนั้นมีความเสี่ยงและเป็นการยากที่จะควบคุมหากมีผู้ป่วยที่ด้วยโรคนี้เข้ามารับบริการ การจะให้บริการทันตกรรมได้อย่างปลอดภัยภายหลังจากพบการระบาดของไวรัส SARS-CoV2 จึงมีความจำเป็นต้องนำหลักการการควบคุมการติดเชื้อทางอากาศในคลินิกทันตกรรมมาพิจารณาอย่างจริงจังจนนำไปสู่การปฏิบัติได้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งเป็นที่มาของมาตรฐานการควบคุมการติดเชื้อในคลินิกทันตกรรมวิธีใหม่ที่จะกล่าวถึงในบทความฉบับนี้

#### ละอองและละอองลอย (Droplets and aerosols)

โรคที่แพร่เชื้อทางละอองฝอย (Droplets) หมายถึงโรคที่เชื้อที่เป็นสาเหตุในการก่อโรคนั้นแพร่กระจายจากคนหนึ่งไปยังอีกคนหนึ่งโดยผ่านทางละอองฝอยเสมหะหรือน้ำลาย ซึ่งมีขนาดใหญ่ โดยละอองฝอยเหล่านี้เมื่อออกจากแหล่งกำเนิดจะลอยไปได้ไม่ไกลมากและตกลงตามแรงโน้มถ่วง ส่วนเชื้อโรคที่แพร่ทางละอองลอย

(Aerosols) หรือที่เรียกว่าโรคที่แพร่เชื้อทางอากาศ (Airborne diseases) เป็นเชื้อโรคที่สามารถแพร่ไปกับละอองลอยที่มีขนาดเล็ก ฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานานและเป็นระยะทางที่ไกลกว่าละอองฝอย เชื้อโรคที่สามารถติดต่อผ่านทางละอองลอยได้จึงยากมากที่จะป้องกัน ขนาดของอนุภาคที่เป็นจุดแบ่งระหว่างละอองฝอยและละอองลอยนั้นมีหลายความเห็น มีหลายการศึกษาที่เสนอให้กำหนดขนาดของละอองฝอยไว้ที่ขนาดใหญ่กว่า 10 ไมโครเมตร<sup>5-7</sup> อย่างไรก็ตามองค์การอนามัยโลกกำหนดให้ขนาดอนุภาคที่แบ่งแยกระหว่างละอองฝอยและละอองลอยอยู่ที่ 5 ไมโครเมตร<sup>8</sup> อย่างไรก็ตามละอองฝอยเสมหะและน้ำลายที่ออกมาขณะไอหรือจามจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดได้อย่างรวดเร็วจากการระเหยของน้ำในอนุภาคละออง ทำให้ละอองฝอยที่มีขนาดใหญ่ที่ออกมาในครั้งแรกลดขนาดลงอย่างรวดเร็วและกลายเป็นละอองลอยนำพาเชื้อก่อโรคทางอากาศได้ระยะทางที่ละอองฝอยเสมหะและน้ำลายขนาดใหญ่เหล่านี้ลอยไปไกลจากแหล่งกำเนิดเท่าไรนั้นเดิมทีถูกกำหนดให้อยู่ในระยะไม่เกิน 3 ฟุต หรือ 1 เมตร จากแหล่งกำเนิด (รูปที่ 1) ซึ่งอ้างอิงจากงานวิจัยเริ่มแรกของ Jennison และคณะ ในปี ค.ศ.1942<sup>9</sup> ต่อมาองค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) และ กรมควบคุมโรคของประเทศสหรัฐอเมริกา (Center for Diseases Control and Prevention, CDC) ได้กำหนดระยะปลอดภัยต่อการติดเชื้อทางละอองฝอยไว้ที่มากกว่า 1-2 เมตร<sup>10</sup> แต่หลังจากนั้นมีงานวิจัยหลายชิ้นที่แสดงให้เห็นว่าละอองฝอยเสมหะและน้ำลายขนาดใหญ่ที่เกิดจากการไอหรือจามนั้นสามารถกระเด็นไปได้ไกลกว่าระยะ 1 เมตร และอาจจะไกลถึง 2-8 เมตร<sup>11</sup> ตัวอย่างของโรคติดเชื้อที่แพร่ได้ทางละอองฝอยเสมหะและน้ำลายเป็นช่องทางหลัก ได้แก่ ไข้หวัดใหญ่ (Influenza virus) ไข้หวัด (Adenovirus, Rhinovirus) คางทูม (Mumps) หัดเยอรมัน (Rubella) ปอดอักเสบจากเชื้อไมโครพลาสมา (*Mycoplasma pneumoniae*) ไบโอริน (*Bordetella pertussis*) การติดเชื้อสเตรปโตคอคคัสกรุปเอ (Group A Streptococcus) เยื่อหุ้มสมองอักเสบจากเชื้อไนซีเรีย (*Neisseria meningitidis*) ตัวอย่างของโรคที่ติดต่อทางละอองลอย ได้แก่ โรคหัด (Measles, *Rubeola virus*) โรคอีสุกอีใส (Chickenpox,

*Varicella zoster virus*) วัณโรค (*Mycobacterium tuberculosis*) และล่าสุดโรคปอดอักเสบจากเชื้อ SAR-CoV2 ก็ได้รับการยืนยันว่าสามารถติดต่อทางละอองลอยได้ 12-13 โรคติดต่อชนิดหนึ่งอาจติดต่อได้หลายช่องทาง ตัวอย่างเช่นโรค COVID-19 เชื้อที่ออกมาจากน้ำมูก น้ำลาย และสารคัดหลั่งจากทางเดินหายใจของผู้ป่วยสามารถปนเปื้อนไปบนพื้นผิว หรือฟุ้งกระจายไปในลักษณะของละอองฝอยขนาดใหญ่ หรือละอองลอยขนาดเล็ก และเข้าสู่ร่างกายของผู้รับเชื้อทางการสัมผัส (Contact) และเข้าสู่เยื่อเมือกของผู้รับเชื้อทางจุกปากหรือตา หรือทางการสูดดมละอองฝอยหรือละอองลอย



รูปที่ 1 ความแตกต่างของระยะปลอดภัยของโรคที่แพร่ทางละอองฝอยและละอองลอยกับขนาดอนุภาค ยิ่งอนุภาคที่มีขนาดเล็กจะยิ่งลอยไปได้ไกลและลอยอยู่ในอากาศได้นานขึ้น<sup>14</sup>

Figure 1 The difference in safe zone between diseased transmitted via droplets and airborne. The smaller the particles size the farther and longer its suspended in air.<sup>14</sup>

**มาตรการพื้นฐานในการควบคุมการติดเชื้อในคลินิกทันตกรรม**  
มาตรการพื้นฐานที่ใช้ในการควบคุมการติดเชื้อในคลินิกทันตกรรมคือ standard precautions มาตรการนี้อ้างอิงจากหลักการ

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของมาตรการพื้นฐานในการควบคุมการติดเชื้อในคลินิกทันตกรรม<sup>17</sup>

Table 1 Element of standard precautions in dental clinic<sup>17</sup>

มาตรการพื้นฐาน	หลักการเบื้องต้น
การดูแลสุขอนามัยของมือ	<ol style="list-style-type: none"> <li>ล้างมืออย่างสม่ำเสมอ ควรล้างมือทันทีเมื่อพบว่ามือสกปรก หรือเมื่อสัมผัสกับเครื่องมือหรือพื้นผิวที่ปนเปื้อนด้วยเลือด น้ำลาย หรือสารน้ำจากตัวผู้ป่วย ก่อนและหลังให้การรักษากับผู้ป่วย ก่อนใส่ถุงมือและหลังถอดถุงมือทันที</li> <li>หากพบว่ามือสกปรกมากควรล้างมือด้วยน้ำและสบู่ การใช้แอลกอฮอล์ล้างมือสามารถใช้แทนได้ในกรณีที่มือสกปรกไม่มาก</li> </ol>
การใส่อุปกรณ์ป้องกันตนเองอย่างเหมาะสม	<ol style="list-style-type: none"> <li>จัดเตรียมอุปกรณ์ป้องกันตนเองที่เหมาะสมและอบรมวิธีการใช้งานที่ถูกต้องให้บุคลากร</li> <li>ใส่ถุงมือเมื่อทำงานที่มีโอกาสสัมผัสเลือดหรือสารน้ำจากร่างกายผู้ป่วยหรือสัมผัสเยื่อเมือกหรือผิวหนังที่ไม่สมบูรณ์ หรือเครื่องมือที่ปนเปื้อน ไม่ควรใส่ถุงมือคู่เดียวกันให้การดูแลผู้ป่วยมากกว่า 1 คน ไม่ล้างถุงมือ ห้ามใช้ถุงมือซ้ำ และควรล้างมือทันทีหลังถอดถุงมือ</li> <li>ใส่เสื้อคลุมกันเปื้อนที่ปกคลุมผิวหนังและเสื้อผ้าปิดระหว่างทำหัตถการหรือกิจกรรมที่มีโอกาสสัมผัสกับเลือดหรือสารน้ำจากร่างกายผู้ป่วย</li> <li>ใส่อุปกรณ์ป้องกันจุก ปาก ตา ระหว่างทำหัตถการที่ก่อให้เกิดละอองฝอยของเลือดและสารน้ำจากร่างกายผู้ป่วย</li> <li>ถอดอุปกรณ์ป้องกันตนเองก่อนออกจากบริเวณที่ให้การรักษ</li> </ol>

ที่ว่าผู้ป่วยทุกคนที่เข้ามารับการรักษาในคลินิกทันตกรรมมีโอกาสนำพาโรคติดต่อเข้ามาในคลินิก จึงให้ถือว่าสารน้ำในร่างกาย (body fluids) ทุกชนิดของผู้ป่วย ยกเว้นเหงื่อ สามารถก่อให้เกิดการติดต่อของโรคได้ หากสารน้ำนั้นมาสัมผัสกับผิวหนังของร่างกายที่ไม่สมบูรณ์ (non-intact skin) หรือเยื่อเมือก (mucous membrane) ในการปฏิบัติงานจึงจำเป็นต้องมีมาตรการเพื่อป้องกันการติดต่อของโรคด้วย มาตรการพื้นฐานอันประกอบไปด้วย<sup>14-18</sup> 1) การดูแลสุขอนามัยของมือ 2) การใส่อุปกรณ์ป้องกันตนเองอย่างเหมาะสม 3) สุขอนามัยของทางเดินหายใจและการไอจามอย่างถูกวิธี 4) การป้องกันอุบัติเหตุจากของมีคม 5) การฉีดยาอย่างปลอดภัย 6) การทำความสะอาด และทำปราศจากเชื้อเครื่องมือทันตกรรม 7) การทำความสะอาดฆ่าเชื้อพื้นผิวสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังรวมถึงคุณภาพของน้ำที่ออกมาจากยูนิตรักษาฟัน การจัดการกับขยะ และการจัดการกับผ้าใช้แล้วในคลินิกทันตกรรม หลักการสำคัญของมาตรการพื้นฐานเหล่านี้ได้สรุปไว้ในตารางที่ 1 หากพิจารณาองค์ประกอบหลักของมาตรการพื้นฐานเหล่านี้จะเห็นว่าสามารถป้องกันโรคที่ติดต่อจากเลือดและ Ta น้ำลายผ่านทางสัมผัส (Contact) หรือละอองลอยขนาดใหญ่ที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจหรือเยื่อเมือกของบุคลากรได้ แต่ไม่สามารถป้องกันโรคที่ติดต่อทางอากาศที่นำพาไปกับละอองลอยขนาดเล็กได้ เนื่องจากในมาตรการพื้นฐานนี้ไม่ได้กำหนดถึงแนวทางในการจัดการกับอากาศในคลินิก นอกจากนี้ อุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจที่แนะนำให้ใช้ในมาตรการพื้นฐานนี้ก็ไม่เพียงพอที่จะป้องกันการสูดดมละอองลอยขนาดเล็กได้ ภายหลังจากการอุบัติขึ้นของโรค COVID-19 ซึ่งเป็นโรคอุบัติใหม่ที่สามารถติดต่อได้ทางอากาศ การใช้มาตรการพื้นฐานเพียงอย่างเดียวในการควบคุมการติดเชื้อในคลินิกทันตกรรมจึงไม่เพียงพอในการป้องกันโรคที่เกิดการติดเชื้อทางอากาศ



ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของมาตรการพื้นฐานในการควบคุมการติดเชื้อในคลินิกทันตกรรม<sup>17</sup> (ต่อ)

Table 1 Element of standard precautions in dental clinic<sup>17</sup> (cont.)

มาตรการพื้นฐาน	หลักการเบื้องต้น
สุขอนามัยของทางเดินหายใจและการไอจามอย่างถูกวิธี	<ol style="list-style-type: none"> <li>มีมาตรการลดหรือจำกัดการแพร่กระจายของสารคัดหลั่งจากทางเดินหายใจของผู้ที่มีอาการของโรคติดต่อของระบบทางเดินหายใจตั้งแต่ผู้ป่วยเดินเข้ามาในคลินิกและตลอดเวลาที่ผู้ป่วยอยู่ในคลินิก เช่น มีป้ายแนะนำวิธีปฏิบัติตนที่ถูกต้องในกรณีผู้ป่วยที่มีการของโรคระบบทางเดินหายใจ ให้ปิดปากและจมูกขณะไอหรือจามอย่างถูกวิธี การใช้และทิ้งทิชชู และการล้างมือหลังจากไอสัมผัสสารคัดหลั่งทางเดินหายใจของตนเองภายหลังการไอหรือจาม จัดเตรียมทิชชู หรือบริเวณให้ผู้ป่วยได้ล้างมือ ให้ผู้ป่วยที่มีอาการใส่หน้ากากอนามัยตลอดเวลา และจัดให้ผู้ป่วยที่มีอาการของโรคติดต่อของระบบทางเดินหายใจนั่งห่างจากผู้ป่วยรายอื่นมากที่สุดเท่าที่จะทำได้</li> <li>ให้ความรู้บุคลากรถึงความสำคัญของมาตรการควบคุมการติดเชื้อในกรณีที่ให้การรักษาสภาพที่แสดงอาการของโรคติดต่อของระบบทางเดินหายใจและปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและเคร่งครัด</li> </ol>
การป้องกันอุบัติเหตุจากของมีคม	<ol style="list-style-type: none"> <li>ให้ถือว่าของมีคมทุกชนิดที่ปนเปื้อนด้วยเลือดและน้ำลายสามารถนำพาโรคได้ และมีมาตรการควบคุมอย่างเคร่งครัดในการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากของมีคมเหล่านี้ในขณะปฏิบัติงาน</li> <li>ห้ามใส่กลับปลอกเข็มด้วยสองมือหรือวิธีอื่น ๆ ที่ชี้ปลายเข็มเข้าหาส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย ควรใช้การใส่ปลอกเข็มกลับด้วยเทคนิคมือเดียว หรือใช้อุปกรณ์อื่นช่วยจับปลอกเข็มขณะใส่กลับ</li> <li>เข็มใช้แล้ว ใบมีดผ่าตัด หลอดยาชาที่สามารถแตกเป็นของมีคมได้ และของมีคมทุกชนิด ควรทิ้งในภาชนะที่ป้องกันการแทงทะลุ ใกล้กับจุดใช้งานที่สุด</li> </ol>
การฉีดยาอย่างปลอดภัย	<ol style="list-style-type: none"> <li>เตรียมอุปกรณ์ในการฉีดยาอย่างปลอดภัย ฆ่าเชื้อจุกยางของหลอดด้วยแอลกอฮอล์ก่อนเจาะ</li> <li>ไม่ควรใช้ syringes ฉีดยาซ้ำกันเดียวกันกับผู้ป่วยหลายคน ใช้เข็มใหม่เสมอในการนำยาออกจากภาชนะบรรจุในทุกกรณี</li> <li>สำหรับยาที่ให้ทางหลอดเลือดควรเลือกบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้ครั้งเดียว (single-dose vials) และไม่ควรใช้ยาที่บรรจุมาสำหรับใช้ครั้งเดียวกับผู้ป่วยมากกว่า 1 คน และไม่รวมยาที่เหลือจากหลายหลอดไว้สำหรับใช้ครั้งถัดไป</li> <li>หากเป็นบรรจุภัณฑ์แบบใช้ได้หลายครั้งพึงปฏิบัติดังนี้ หากเป็นไปได้ควรใช้ยาในบรรจุภัณฑ์นั้นกับคนไข้คนเดียว หากจำเป็นต้องใช้ยาในบรรจุภัณฑ์นั้นกับผู้ป่วยหลายคนบรรจุภัณฑ์ของยานั้นควรเก็บที่ส่วนกลางไม่ควรนำบรรจุภัณฑ์นั้นไปยังบริเวณที่ให้การรักษาคอนไซเพื่อป้องกันการปนเปื้อนโดยไม่ตั้งใจ หากเผลอนำบรรจุภัณฑ์นั้นไปในบริเวณที่ให้การรักษาสภาพใดแล้วให้ใช้ยาในบรรจุภัณฑ์นั้นกับผู้ป่วยรายนั้นเท่านั้นและทิ้งส่วนที่เหลือใช้ไปเขียนวันที่เปิดใช้ลงบนบรรจุภัณฑ์เสมอ และทิ้งเมื่อเลยวันหมดอายุหรือภายใน 28 วันหลังเปิดใช้งาน</li> </ol>
การทำความสะอาดและทำปราศจากเชื้อเครื่องมือทันตกรรม	<ol style="list-style-type: none"> <li>ทำความสะอาดและฆ่าเชื้อหรือทำปราศจากเชื้อเครื่องมือหรืออุปกรณ์ทันตกรรมอย่างถูกวิธีก่อนนำกลับมาใช้กับผู้ป่วยรายถัดไป โดยควรปฏิบัติตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด</li> <li>มีผู้รับผิดชอบที่ผ่านการอบรมมาแล้ว</li> <li>บุคลากรผู้ปฏิบัติหน้าที่ควรใส่อุปกรณ์ป้องกันตนเองอย่างเหมาะสม</li> <li>มีการตรวจสอบประสิทธิภาพของกระบวนการทำให้ปราศจากเชื้ออย่างสม่ำเสมอ ทั้งด้วยวิธีทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตและตามข้อกำหนดของท้องถิ่น</li> </ol>
การทำความสะอาดฆ่าเชื้อพื้นผิวสิ่งแวดล้อม	<ol style="list-style-type: none"> <li>กำหนดมาตรการที่ชัดเจนในการทำความสะอาดฆ่าเชื้อพื้นผิวในคลินิกทันตกรรม เช่น จัดให้มีการคลุมพื้นผิวในบริเวณที่yakต่อการทำความสะอาดหรือบริเวณที่เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (ปุ่มกดของเก้าอี้ทำฟัน) และเปลี่ยนวัสดุห่อหุ้มทุกครั้งระหว่างเปลี่ยนผู้ป่วย รวมทั้งทำความสะอาดและฆ่าเชื้อพื้นผิวที่ไม่ได้ห่อหุ้มด้วยน้ำยาเคมีฆ่าเชื้อที่ผ่านการรับรองมาตรฐานว่าสามารถใช้ในทางการแพทย์ได้ พื้นผิวที่ปนเปื้อนด้วยเลือดควรใช้น้ำยาเคมีฆ่าเชื้อที่มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อวันโรคได้ หรือเป็นน้ำยาเคมีฆ่าเชื้อระดับกลาง</li> <li>ในการใช้น้ำยาเคมีฆ่าเชื้อควรปฏิบัติตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด เช่น การผสมน้ำยา ความเข้มข้น ระยะเวลาในการออกฤทธิ์ ข้อพึงระวังถึงความปลอดภัยในการใช้งาน และการทิ้งน้ำยา</li> </ol>
คุณภาพของน้ำที่ออกมาจากยูนิตทำฟัน	<ol style="list-style-type: none"> <li>น้ำที่ออกมาจากสายส่งน้ำของยูนิตทำฟันควรมีคุณภาพเทียบเคียงได้กับมาตรฐานน้ำดื่ม หรือมีเชื้อแบคทีเรียน้อยกว่า 500 โคโลนีฟอร์มมิงยูนิตต่อมิลลิลิตร</li> <li>ควรปรึกษาบริษัทผู้ผลิตยูนิตทำฟันถึงวิธีการทำความสะอาดระบบน้ำอย่างถูกต้อง และควรมีการตรวจติดตามคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอ</li> <li>การทำการผ่าตัดให้ใช้น้ำเกลือปราศจากเชื้อในการฉีดหล่อเย็นแทนน้ำที่ออกมาจากสายส่งน้ำของยูนิตทำฟัน</li> </ol>

## มาตรการการควบคุมการติดเชื้อที่ใช้ในการป้องกันการติดต่อของโรคที่แพร่ทางละอองและละอองลอยในคลินิกทันตกรรม

มาตรการที่ใช้ในการควบคุมการติดเชื้อในคลินิกทันตกรรมที่สำคัญอีกมาตรการหนึ่งคือ Transmission-based precautions มาตรการนี้ใช้ในกรณีที่สงสัยหรือยืนยันว่าผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาในคลินิกมีโรคติดเชื้อ ซึ่งมาตรการนี้จะแบ่งเป็น 3 ระดับ<sup>18</sup> ตามช่องทางของการแพร่เชื้อเป็นหลัก ได้แก่ มาตรการป้องกันโรคที่ติดต่อทางการสัมผัส (Contact precautions) มาตรการป้องกันโรคที่ติดต่อทางละอองฝอย (Droplets precautions) และ มาตรการป้องกันโรคที่ติดต่อทางอากาศ (Airborne precautions) โดยมาตรการหลักในแต่ละระดับได้สรุปไว้ในรูปที่ 2 โดยมาตรการป้องกันโรคที่ติดต่อทางการสัมผัสจะเน้นป้องกันไม่ให้เกิดการสัมผัสโดยตรงกับผู้ป่วย เช่น การแยกบริเวณที่ผู้ป่วยนั่งรอให้ห่างจากผู้ป่วยรายอื่นอย่างน้อย 3 ฟุต บุคลากรควรใส่อุปกรณ์ป้องกันตนเองโดยเฉพาะเสื้อกาวน์และถุงมือทุกครั้งที่เข้าไปสัมผัสใกล้ชิดหรือให้การรักษาผู้ป่วย และควรถอดทันทีและทำอย่างถูกวิธีเมื่อเสร็จสิ้นการรักษา มาตรการป้องกันโรคที่ติดต่อทางละอองจะเน้นในการป้องกันละอองเสมหะและน้ำลายที่ออกจากตัวผู้ป่วย เช่นการแยกบริเวณที่ผู้ป่วยนั่งรอให้ห่างจากผู้ป่วยรายอื่นอย่างน้อย 3 ฟุต รวมทั้งการใส่หน้ากากอนามัยและใส่อุปกรณ์ป้องกันตนเองที่เหมาะสมขณะให้การรักษารักษาผู้ป่วย ส่วนมาตรการป้องกันโรคที่ติดต่อทางอากาศในคลินิกทันตกรรมนั้น ในทางปฏิบัติสามารถป้องกันได้ยากมาก จึงควรเน้นไปที่การคัดกรองค้นหาผู้ต้องสงสัยว่าติดเชื้อ ประเมินภาวะเร่งด่วนฉุกเฉินทางทันตกรรม หากไม่ใช่กรณีเร่งด่วนฉุกเฉินแนะนำให้เลื่อนการรักษาไปก่อนจนกว่าผู้ป่วยจะหายจากโรคหรืออยู่ในระยะไม่แพร่เชื้อแล้วจึงนัดกลับมาทำการรักษา หากจำเป็นต้องให้การรักษามีการเตรียมสิ่งแวดล้อมเพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน เช่น หากเป็นไปได้ควรทำการรักษาในห้อง

แยกโรคติดเชื้อทางอากาศ (Airborne infection isolation room, AIIR) หรืออย่างน้อยควรเป็นห้องที่มีการถ่ายเทของอากาศที่ดี มากกว่าหรือเท่ากับ 12 ACH (Air change per hour) เป็นอย่างน้อย และบุคลากรควรมีมาตรการในการป้องกันระบบทางเดินหายใจ เช่น การใส่หน้ากากที่มีประสิทธิภาพในการกรองระดับ N95 ขึ้นไป และควรทำการทดสอบความกระชับของหน้ากากเสมอ ในการป้องกันการติดต่อของโรคบางโรคอาจจำเป็นต้องใช้มาตรการเหล่านี้หลายมาตรการร่วมกัน เพราะโรคบางโรคสามารถติดต่อได้มากกว่า 1 ช่องทาง<sup>19</sup> โรคติดต่อที่สำคัญและมาตรการที่ใช้ในการควบคุมการติดต่อของโรคเหล่านี้แสดงในตารางที่ 2 นอกจากนี้พึงระลึกเสมอว่ามาตรการ Transmission-based precautions นี้ใช้เป็นมาตรการเสริมซึ่งยังจำเป็นต้องใช้ร่วมกับมาตรการพื้นฐานเสมอ

## Transmission Base precautions



รูปที่ 2 สรุปมาตรการสำคัญในการป้องกันการแพร่กระจายของโรคที่ต่อทางการสัมผัส ทางละอองฝอย และทางอากาศ ตามหลักการ Transmission-based precautions

Figure 2 Prevention of diseases transmitted via contact, droplet and airborne routes according to the concept of transmission-based precautions

ตารางที่ 2 โรคติดต่อที่สำคัญและมาตรการ Transmission-based precautions ระดับต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุมการติดต่อของโรค<sup>18</sup>

Table 2 Important infectious diseases and transmission-based precautions need to contain diseases transmission<sup>18</sup>

โรค	Contact Precautions	Droplet Precautions	Airborne Precautions	Duration of Precautions
แผลติดเชื้อคลอสติเดียม เดฟิซิล (Clostridium difficile)	✓	NA	NA	ตลอดระยะเวลาที่มีอาการ
เริม (Herpes simplex)	✓	NA	NA	จนกว่าแผลจะแห้งและตกสะเก็ด
ไข้หวัดใหญ่ตามฤดูกาล	NA	✓	NA	ห้าวัน หรือจนกว่าจะหายจากโรคในกรณีผู้ป่วยภูมิคุ้มกันบกพร่อง
ไข้หวัดใหญ่ 2009 (H1N1)	✓	✓	✓	7 วันนับจากเริ่มมีอาการ หรือจนกว่าอาการจะหาย
หัด (Measles, Rubella)	NA	NA	✓	4 วันหลังจากปรากฏผื่น หรือจนกว่าจะหายจากโรคในกรณีผู้ป่วยภูมิคุ้มกันบกพร่อง
Methicillin-resistant Staphylococcus aureus	✓	NA	NA	ยังไม่มีข้อตกลง



ตารางที่ 2 โรคติดต่อที่สำคัญและมาตรการ Transmission-based precautions ระดับต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุมการติดต่อของโรค<sup>18</sup> (ต่อ)

Table 2 Important infectious diseases and transmission-based precautions need to contain diseases transmission<sup>18</sup> (cont.)

โรค	Contact Precautions	Droplet Precautions	Airborne Precautions	Duration of Precautions
คางทูม (Mumps)	NA	✓	NA	9 วันนับจากวันที่เริ่มได้รับการรักษาที่เหมาะสม
ไอกรน (Pertussis)	NA	✓	NA	5 วันนับจากวันที่เริ่มได้รับการรักษาที่เหมาะสม
หัดเยอรมัน (Rubella)	NA	✓	NA	7 วันนับจากวันที่เริ่มได้รับการรักษาที่เหมาะสมหรือวันที่ปรากฏผื่น
ภาวะติดเชื้อเฉียบพลันของระบบทางเดินหายใจแบบรุนแรง (Severe Acute Respiratory Syndrome)	✓	✓	✓	ตลอดระยะเวลาที่มีอาการ บวก 10 วันหลังจากไม่มีไข้และไม่ปรากฏอาการของระบบทางเดินหายใจ
ไข้ฝีดาษ (Smallpox, Variola)	✓	NA	✓	จนกว่าสะเก็ดหลุดหมด (3-4 สัปดาห์)
วัณโรคปอดหรือคอหอย (Tuberculosis)	NA	NA	✓	จนกว่าผู้ป่วยจะได้รับการรักษาที่มีประสิทธิภาพและการทางคลินิกที่ดีขึ้นและตรวจไม่พบเชื้อทางเสมหะติดต่อกัน 3 ครั้ง
อีสุกอีใส (Varicella Zoster, Chicken Pox)	✓	NA	✓	จนกว่ารอยโรคจะแห้งและตกสะเก็ด

✓: ให้ใช้มาตรการที่กำหนด

NA: Not applicable

### มาตรการการป้องกันการติดต่อของโรคที่แพร่เชื้อทางอากาศในคลินิกทันตกรรม (Infection control protocols for airborne diseases in dental clinic)<sup>19-22</sup>

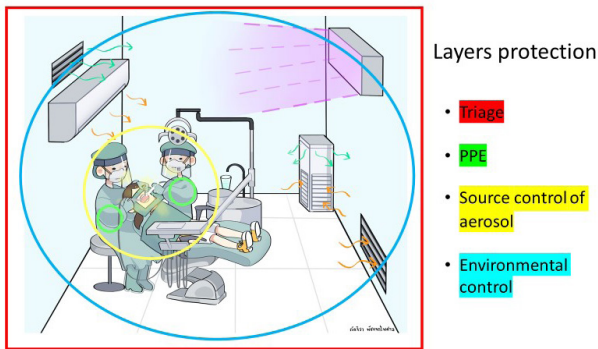
การควบคุมการติดต่อของโรคติดต่อที่แพร่ทางอากาศในคลินิกทันตกรรมนั้นสามารถทำได้ภายใต้มาตรการที่เข้มงวด ซึ่งต้องใช้ทรัพยากรและอุปกรณ์ทางการแพทย์จำนวนมากโดยเฉพาะอุปกรณ์ป้องกันตนเองของบุคลากร การจะตัดสินใจใช้มาตรการระดับไหนจำเป็นต้องเลื่อนการรักษาที่ไม่เร่งด่วนฉุกเฉินออกไปและให้การรักษาเฉพาะกรณีเร่งด่วนฉุกเฉินหรือไม่นั้นควรคำนึงถึงหลายปัจจัยประกอบกัน อาทิเช่น สถานการณ์การระบาดในชุมชน ความพร้อมในด้านทรัพยากร

ของคลินิกในการให้บริการได้อย่างปลอดภัย รวมทั้งประกาศจากหน่วยงานสาธารณสุขที่เกี่ยวข้อง การให้บริการโดยไม่มีความพร้อมในเรื่องการป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อที่เหมาะสมนั้นมีความเสี่ยงสูงมากที่คลินิกทันตกรรมจะเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดการระบาดในชุมชน อนึ่งมาตรการที่ใช้ในการป้องกันการติดต่อของโรคที่แพร่เชื้อทางอากาศในคลินิกทันตกรรมนั้น ไม่มีมาตรการใดมาตรการหนึ่งที่ได้ผลดีที่สุด หากแต่ควรใช้หลาย ๆ มาตรการร่วมกันเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อจากคนหนึ่งไปสู่อีกคนหนึ่ง เปรียบได้กับการป้องกันหลายชั้นดังแสดงในรูปที่ 3 - 4

Layer of protection					
1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>	6 <sup>th</sup>
<b>Triage</b>	<b>Personal protection</b>	<b>Local source control</b>			<b>Environmental control</b>
Onsite vs. Tele	PPE	Antiseptic pre-procedural rinse	Rubber dam	HVE	A tool to scale back aerosol that escapes from operating area
<ul style="list-style-type: none"> <li>Body temperature</li> <li>Symptoms</li> <li>Travel History</li> <li>Contact History</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Masks</li> <li>Gloves</li> <li>Gown</li> <li>Safety goggles</li> <li>Hair nets</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peroxy</li> <li>povidone-iodine</li> <li>Chlorhexidine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>If possible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>By an assistant</li> <li>Hand-free</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HEPA filter</li> <li>Negative-pressure airflow</li> <li>UV air disinfection</li> <li>Diluted time between Patient</li> </ul>

รูปที่ 3 แสดงมาตรการหลายชั้นในการป้องกันการแพร่เชื้อทางอากาศในคลินิกทันตกรรม

Figure 3 Layers of protection protocols to prevent airborne diseases transmission in dental clinic



**รูปที่ 4** การจัดให้มีมาตรการป้องกันหลายชั้นจะช่วยลดความเสี่ยงในการติดเชื้อที่แพร่ทางอากาศของบุคลากรและผู้มารับบริการ การป้องกันชั้นต่าง ๆ ได้แก่ การคัดแยกผู้ป่วย (สีแดง) การใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองของบุคลากรอย่างถูกต้อง (สีเขียว) การควบคุมละอองลอยจากแหล่งกำเนิด (สีเหลือง) และการควบคุมสิ่งแวดล้อมด้วยหลักการทางวิศวกรรมระบายอากาศ (สีฟ้า)

**Figure 4** Providing multiple layers of protection will help alleviation the risk of airborne infection in both dental personnel and patients. The layers of protection include triages (Red), Correct use of PPE (Green), Source control of dental aerosols (Yellow) and Environmental management with proper engineering-controlled ventilation (Blue)

การคัดกรองผู้ป่วยเป็นการประเมินเบื้องต้นเพื่อค้นหาผู้ที่มีอาการของโรคหรือมีประวัติเดินทางไปในพื้นที่เสี่ยงหรือสัมผัสใกล้ชิดกับผู้ป่วย ผู้ป่วยที่ถูกประเมินแล้วมีความเสี่ยงหากไม่ใช้ภาวะฉุกเฉินทางทันตกรรมจริง ๆ จะแนะนำให้เลื่อนการรักษาออกไปก่อนจนกว่าจะอยู่ในระยะปลอดภัยจากโรค สำหรับผู้ป่วยกลุ่มนี้หากจำเป็นต้องบำบัดภาวะฉุกเฉินทางทันตกรรมควรให้การรักษาในสถานที่ที่มีความพร้อมในการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อที่ติดต่อทางอากาศ นอกจากนี้การคัดกรองเบื้องต้นหากสามารถทำได้ควรทำตั้งแต่ผู้ป่วยยังมาไม่ถึงคลินิก เช่นการคัดกรองทางโทรศัพท์ล่วงหน้าก่อนถึงวันนัดโดยไม่ควรห่างจากวันนัดนานเกินไป ในช่วงที่มีการระบาดเป็นวงกว้างของโรคในชุมชนควรให้ความสำคัญกับการคัดกรองหรือการให้คำปรึกษาทางทันตกรรมระยะไกล (Tele-dentistry) เป็นพิเศษ นอกจากนี้จะช่วยลดความแออัดในคลินิกและลดความเสี่ยงของบุคลากรและผู้ป่วยในคลินิกแล้ว ยังช่วยลดความเสี่ยงในการเดินทางมาโรงพยาบาลโดยไม่จำเป็นของผู้ป่วยได้ ณ จุดให้บริการควรจัดให้มีการคัดกรองโดยการตรวจวัดอุณหภูมิ ตรวจอาการของโรคระบบทางเดินหายใจ และซักประวัติทุกคนที่เข้ามาในคลินิก นอกจากนี้ในคลินิกควรจัดให้มีป้ายคำแนะนำถึงมาตรการที่ใช้ในคลินิกและแนะนำการปฏิบัติตนขณะไอหรือจามและการใส่หน้ากากอนามัยตลอดเวลาที่อยู่ในคลินิก รวมถึงจัดสถานที่หรืออุปกรณ์ให้เอื้อต่อการทำความสะอาดมือได้ทันที จัดให้มีฉากกั้นระหว่างเจ้าหน้าที่และผู้ป่วยในบริเวณต้อนรับอย่างเหมาะสม

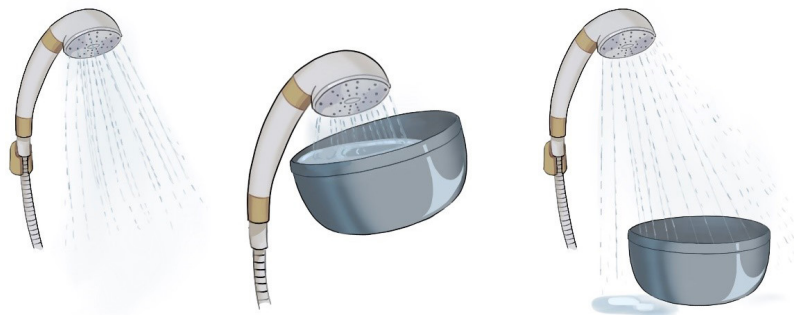
รวมถึงไม่ควรจัดให้มีของใช้ที่ต้องสัมผัสร่วมกันในบริเวณนั่งรอของคลินิกเช่นของเล่นเด็กหรือนิตยสาร หากตรวจพบว่าผู้ป่วยมีอาการไข้ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากการติดเชื้อที่ฟันและไม่มีอาการของโรคระบบทางเดินหายใจอื่น ๆ ร่วมด้วย สามารถให้การรักษาผู้ป่วยได้โดยใช้มาตรการการป้องกันที่เข้มงวด ควรแจ้งผู้ป่วยที่มารับบริการทุกคนให้ทราบว่าภายใน 2 วันหลังจากมารับบริการที่คลินิกแล้วมีอาการป่วยด้วยโรคติดเชื้อทางเดินหายใจให้แจ้งกลับมายังคลินิกด้วย

การใส่อุปกรณ์ป้องกันตนเองอย่างเหมาะสม โดยปฏิบัติตามมาตรฐานการพื้นฐานอย่างเคร่งครัด และเสริมด้วยมาตรการ Transmission-based precautions หากสงสัยว่าผู้ป่วยมีโรคติดเชื้อและจำเป็นต้องทำหัตถการที่มีการกระเด็นของละอองของเลือดหรือน้ำจากร่างกายผู้ป่วยอุปกรณ์ป้องกันตนเองที่จำเป็นต้องใส่ได้แก่ เลือกกาว ที่ป้องกันตา (goggles) หรือ แผ่นบังหน้าที่ปกปิดด้านหน้าและด้านข้างของใบหน้า โดยควรให้ตาจุกและปากของบุคลากรได้รับการปกปิดอย่างมิดชิด หากจำเป็นต้องปฏิบัติงานที่ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของละอองลอย (Aerosol generating procedure) ให้บุคลากรใส่หน้ากากป้องกันทางเดินหายใจชนิด N95 หรือดีกว่า ตัวอย่างเช่น หน้ากากกรองอากาศแบบอัดแรงดัน (powered air-purifying respirators (PAPRs) หรือ หน้ากาก อีลาสโตเมอร์ (elastomeric respirators) การใช้หน้ากากที่มีประสิทธิภาพสูงเหล่านี้ควรใช้ให้ถูกต้องตามหลักการที่แนะนำโดยบริษัทผู้ผลิต และควรทำการทดสอบความพอดีของหน้ากากขณะใช้งานเสมอเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการป้องกันทางเดินหายใจสูงสุด หน้ากากที่มีวาล์วเปิดให้หายใจออกได้สะดวกขึ้นนั้นไม่แนะนำให้บุคลากรทางการแพทย์ใส่ขณะทำหัตถการเนื่องจากลมหายใจออกของบุคลากรจะทำให้เกิดการปนเปื้อนไปยังบริเวณที่ทำหัตถการได้ หากจำเป็นต้องใส่ให้ปิดทับหน้ากากแบบมีวาล์วด้วยหน้ากากอนามัยอีกชั้นหนึ่ง

การควบคุมการฟุ้งกระจายของละอองจากแหล่งกำเนิด การลดหรือกำจัดละอองฝอยหรือละอองลอยที่ออกมาขณะทำหัตถการให้มีประสิทธิภาพที่สุดจะต้องทำ ณ แหล่งกำเนิดของละอองหรือใกล้แหล่งกำเนิดให้มากที่สุด โดยวิธีที่สามารถทำได้ได้แก่ การใช้น้ำยาบ้วนปากที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ (Antiseptic mouth rinse) ถึงแม้ว่ายังไม่มีหลักฐานโดยตรงว่าการบ้วนปากด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อเหล่านี้สามารถลดการติดต่อของไวรัสก่อโรคของระบบทางเดินหายใจได้ แต่มีการศึกษามากมายที่แสดงให้เห็นว่าการบ้วนปากด้วยน้ำยาที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อสามารถลดปริมาณเชื้อในช่องปากให้เหลือน้อยลงและลดเชื้อที่ฟุ้งกระจายออกมากับละอองลอยขณะทำหัตถการได้<sup>20</sup> น้ำยาบ้วนปากที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อที่แนะนำให้ใช้ได้แก่ คลอเฮกซิดีนกลูโคเนต (0.12% chlorhexidine gluconate, CHX), ไซทิลไพริดีเนียมคลอไรด์ (0.05% cetylpyridinium chloride, CPC), โพวิโดนไอโอดีน (0.2-0.5%

povidone-iodine, PVP-I), และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (1.5-3% hydrogen peroxide,  $H_2O_2$ ) โดยน้ำยาเหล่านี้มีการศึกษาที่สนับสนุนว่าสามารถฆ่าเชื้อไวรัสชนิดมีเปลือกหุ้ม (enveloped virus) ได้นำนํ้าให้อมบ้วนปากและกลั้วในลำคองาน 30 วินาที การใส่แผ่นยางกันน้ำลายเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการป้องกันไม่ให้นํ้าลายและสารนํ้าจากช่องคอของผู้ป่วยกระเด็นออกมาขณะทำหัตถการ อย่างไรก็ตามในบางหัตถการไม่สามารถใส่แผ่นยางกันน้ำลายได้ จึงจำเป็นต้องใช้มาตรการอื่นแทนในการลดการฟุ้งกระจายของละอองและละอองลอยเช่น การใช้เครื่องดูดความแรงสูง (High-power suction หรือ High-volume evacuator) การใช้เครื่องดูดละอองนอกช่องปาก (Extraoral suction) นั้นถึงแม้จะมีรายงานว่าสามารถช่วยลดการฟุ้งกระจายของละอองที่ออกมา

ระหว่างทำหัตถการได้ก็จริง แต่ประสิทธิภาพในการลดการฟุ้งกระจายจะแปรผกผันกับระยะห่างของตำแหน่งที่วางเครื่องดังกล่าวกับแหล่งกำเนิดละออง เปรียบเสมือนการใช้ขันรองนํ้าจากฝักบัวที่ระยะใกล้ขันจะเก็บนํ้าจากฝักบัวได้มากกว่า หากวางขันในตำแหน่งไกลออกไปจากหัวฝักบัวขันก็จะเก็บนํ้าจากหัวฝักบัวได้น้อยลง หากเปรียบว่านํ้าที่ออกมาจากฝักบัวคือละอองที่เกิดจากการทำหัตถการ ขันเปรียบเสมือนอุปกรณ์ที่จะใช้ในการดักจับละออง อุปกรณ์ที่อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดละอองมากกว่าย่อมดักจับละอองได้ดีกว่า (รูปที่ 5) และนอกจากนี้เนื่องจากละอองที่ออกมาจากการทำหัตถการมีโอกาสปนเปื้อนด้วยเชื้อโรคจึงควรคำนึงถึงการทำความสะอาดฆ่าเชื้ออุปกรณ์ดังกล่าวหลังใช้งานด้วย



**รูปที่ 5** แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดักจับละอองที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดกับการใช้ขันรองนํ้าจากฝักบัว การเพิ่มระยะห่างจากแหล่งกำเนิดละอองจะทำให้ประสิทธิภาพในการดักจับละอองจะน้อยลง

**Figure 5** Comparing the efficiency of aerosols capture from the source with shower and bowl. The increase in distance from the source, the reduce in efficiency of aerosols capture

การควบคุมสิ่งแวดล้อม การจัดให้มีการระบายอากาศในคลินิกอย่างเหมาะสม เนื่องจากหัตถการทางทันตกรรมส่วนใหญ่ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของละอองฝอยและละอองลอยของนํ้าลาย จึงโดยควรแยกห้องที่ให้การรักษากลับจากบริเวณสำนักงานหรือบริเวณนั่งรอของผู้ป่วยอย่างชัดเจน ในกรณีที่ภายในห้องที่ให้การรักษามีหลายเก้าอี้ทำฟันแนะนำให้จัดให้เก้าอี้ทำฟันแต่ละตัวห่างกันอย่างน้อย 6 ฟุต และจัดให้มีฉากกั้นระหว่างเก้าอี้แต่ละตัวที่สูงจากพื้นถึงเพดาน ควรจัดวางเก้าอี้ทำฟันในลักษณะขนานกับทิศทางการไหลของอากาศให้ได้มากที่สุด ไม่ควรจัดให้ศีรษะของผู้ป่วยไปอยู่ใกล้กับทิศใกล้กับช่องระบายอากาศ และจัดให้มีการระบายอากาศ (ventilation) ภายในห้องที่ให้การรักษาที่เหมาะสม โดยควรมีการระบายอากาศอย่างน้อย 6-12 อัตราการเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมง (Air change rate per hour; ACH) และควรให้ความสำคัญกับทิศทางการไหลของอากาศให้มีการไหลจากบริเวณที่สกปรกมากไปยังที่ที่สกปรกน้อยกว่า (clean-

to-less-clean) หากสามารถปรับปรุงให้ภายในห้องให้การรักษามีการระบายอากาศได้มากขึ้นเท่าใด ระยะเวลาที่ใช้ในการเจือจางอากาศปนเปื้อนที่ตกค้างมาจากการรักษาก่อนหน้านี้จะยิ่งสั้นลง<sup>23</sup> ตามตารางที่ 3 ในการออกแบบระบบระบายอากาศภายในคลินิกควรจัดให้มีการเติมอากาศบริสุทธิ์ (fresh air) เข้ามาภายในคลินิกอย่างน้อย 2 ACH<sup>24-25</sup> ร่วมกับการใช้เครื่องฟอกอากาศที่มีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคติดเชื้อในอากาศได้ เช่นเครื่องฟอกอากาศที่มีแผ่นกรองชนิด HEPA (high-efficiency particulate air) การจัดวางเครื่องฟอกอากาศชนิดนี้ควรวางใกล้เก้าอี้ทำฟัน แต่ไม่ควรวางไว้หลังบุคลากรที่จะให้การรักษาส่งผู้ป่วย และควรมั่นใจว่าตำแหน่งที่วางเครื่องฟอกนั้นไม่ดึงอากาศผ่านเข้ามาในบริเวณหายใจ (breathing zone) ของบุคลากร การเลือกเครื่องฟอกอากาศให้ประเมินจากค่าอัตราการนำส่งอากาศสะอาด (Clean Air Delivery Rate; CADR) ของเครื่อง ซึ่งจะอยู่ในหน่วย ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (cubic feet per minute;

CFM) ซึ่งสามารถนำมาคำนวณเป็นอัตราการเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมง ภายในคลินิกได้ขึ้นกับปริมาตรของห้องที่ให้การรักษายังเครื่องที่มีค่าอัตราการนำส่งอากาศสะอาดยิ่งสูงก็จะสามารถเจือจางอากาศปนเปื้อนได้เร็ว การจะให้การรักษาลูกป่วยรายต่อไปได้อย่างปลอดภัย

จึงควรเว้นระยะให้เชื้อจากอากาศปนเปื้อนออกไปได้อย่างน้อยร้อยละ 99 โดยทั่วไปจะแนะนำให้เว้นระยะระหว่างเปลี่ยนผู้ป่วยเพื่อทำความสะอาดและเจือจางอากาศเสียประมาณ 15 นาที<sup>19</sup>

**ตารางที่ 3** อัตราการเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมง (ACH) และระยะเวลาที่ใช้ในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ<sup>23, 25</sup>

**Table 3** Rate of air change per hour and required time to remove airborne contaminant efficiently<sup>23,25</sup>

อัตราการเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมง (ACH) ในบริเวณที่ให้การดูแลผู้ป่วย	ระยะเวลาที่ใช้ในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศ ให้ได้ประสิทธิภาพร้อยละ 99 (นาที)	ระยะเวลาที่ใช้ในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในอากาศ ให้ได้ประสิทธิภาพร้อยละ 99.9 (นาที)
2	138	207
4	69	104
6	46	69
8	35	52
10	28	41
12	23	35
15	18	28
20	14	21
50	6	8

การนำอากาศจากภายนอกเข้ามาเติมภายในคลินิกจำเป็นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของอากาศภายนอก โดยอากาศที่จะนำมาเติมจำเป็นต้องได้มาตรฐาน โดยมีค่าการปนเปื้อนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้<sup>24</sup> ดังแสดงในตารางที่ 4 หากอากาศจากภายนอกไม่สะอาดจำเป็นต้องได้รับการบำบัดก่อนนำเข้ามาเติมในอาคารด้วยการกรอง โดยอาจใช้แผ่นกรองขั้นแรก (prefilter) ที่มีประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นหรืออนุภาคขนาดใหญ่ออกไปร้อยละ 25–30 ร่วมกับแผ่นกรองสุดท้าย (final filter) ซึ่งควรมีประสิทธิภาพในการกรองอย่างน้อยร้อยละ 90 ซึ่งจะสามารถกรองสปอร์ของเชื้อราที่มีขนาด 2–5 ไมครอนเมตร (µm) และแบคทีเรียที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับ 1 ไมครอนเมตร

การใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ตในการฆ่าเชื้อในอากาศชนิดฉายด้านบน (upper-room ultraviolet germicidal irradiation) นั้นสามารถนำมาใช้เสริมกับการปรับปรุงระบบระบายอากาศและการกรองอากาศได้<sup>19</sup> แต่ไม่แนะนำให้ใช้การฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตรา

ไวโอเล็ตเป็นมาตรการหลักเพียงมาตรการเดียวในการควบคุมการแพร่เชื้อทางอากาศ

การใช้มาตรการหลายชั้นในการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อที่ติดต่อทางละอองฝอยและอากาศในคลินิกทันตกรรมนั้นช่วยลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อของบุคลากรและผู้ป่วยลงได้ แต่อย่างไรก็ตามมาตรการทุกมาตรการนั้นไม่ได้มีประสิทธิภาพเต็มร้อยในการป้องกันการติดเชื้อทุกมาตรการมีจุดไหวซึ่งเปรียบเสมือนรูบนชีสในสวิสชีสโมเดล ถึงแม้เราจะใส่มาตรการหลายชั้นซึ่งเปรียบเสมือนการเพิ่มจำนวนแผ่นของชีส ความเสี่ยงในการติดเชื้อก็ยังไม่หมดไปโดยสิ้นเชิง ดังนั้นสิ่งที่เราทำได้ในการลดความเสี่ยงให้น้อยที่สุดคือการใช้มาตรการหลายชั้นและลดข้อบกพร่องของแต่ละมาตรการให้น้อยที่สุด ซึ่งเปรียบเสมือนการเพิ่มแผ่นชีสและการทำรูบนชีสให้เล็กหรือน้อยที่สุดก็จะช่วยลดความเสี่ยงที่จะมาถึงตัวบุคลากรและผู้ป่วยให้น้อยลงจนถึงระดับที่ปลอดภัยได้ (รูปที่ 6)

**ตารางที่ 4** คุณภาพขั้นต่ำของอากาศภายนอกอาคารที่ใช้ในการเติมเข้าภายในอาคารได้อย่างปลอดภัย<sup>24</sup>

**Table 4** Minimum requirement of outside air to be used safely to fill inside building<sup>24</sup>

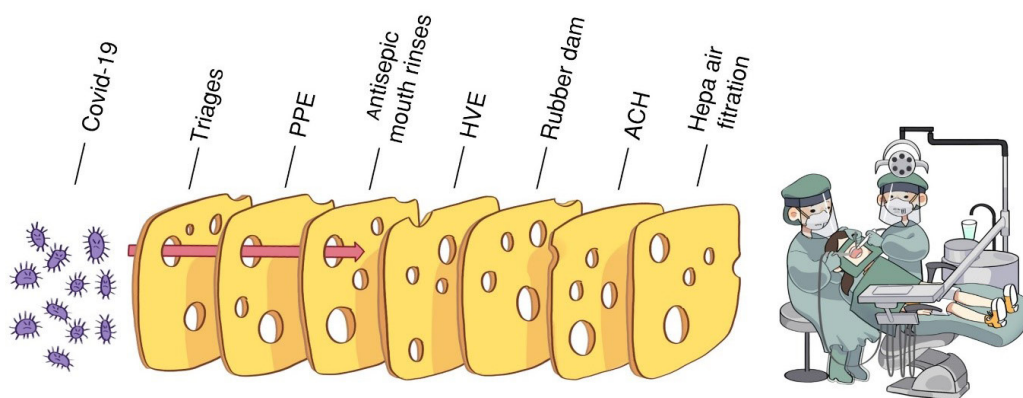
สิ่งปนเปื้อน	ความเข้มข้นเฉลี่ย		
	ppm	µg/m <sup>3</sup>	period
อนุภาค PM10	-	50	1 ปี
	-	150	24 ชั่วโมง
คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	9	10,000	8 ชั่วโมง
	35	40,000	1 ชั่วโมง



ตารางที่ 4 คุณภาพขั้นต่ำของอากาศภายนอกอาคารที่ใช้ในการเติมเข้าภายในอาคารได้อย่างปลอดภัย<sup>24</sup> (ต่อ)

Table 4 Minimum requirement of outside air to be used safely to fill inside building<sup>24</sup> (cont.)

สิ่งปนเปื้อน	ความเข้มข้นเฉลี่ย		
	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	period
ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO <sub>2</sub> )	0.055	100	1 ปี
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO <sub>2</sub> )	0.03	80	1 ปี
	0.14	365	24 ชั่วโมง
โอโซน (O <sub>3</sub> )	0.12	235	1 ชั่วโมง
ตะกั่ว (Pb)	-	1.5	3 เดือน



รูปที่ 6 การจัดการกับความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ COVID-19 ในคลินิกทันตกรรมตามสวิสชีสโมเดล โดยใช้มาตรการหลายชั้นเพื่อลดความเสี่ยง หากแต่ทุกมาตรการมีโอกาสมีรูรั่วหรือจุดบอดจึงยังคงมีโอกาที่ความเสี่ยงในการติดเชื้อจะมาถึงตัวบุคลากรและผู้ป่วยบริการ การส่งเสริมให้มีการใช้ทุกมาตรการอย่างเข้มงวดจึงสามารถช่วยลดความเสี่ยงลงได้

Figure 6 Risk mitigation of COVID-19 transmission in dental clinic by swiss cheese model. Even the utilizing of multiple layers of protection to alleviate the risk, every single protocol has defect, still the risks were not completely gone. Strengthen every single protocol is therefore important to mitigation the risks

## บทสรุป

มาตรการในการป้องกันการติดต่อของโรคที่ติดต่อทางอากาศในคลินิกทันตกรรมนั้นมีการกล่าวถึงในหลักการมานานแล้ว แต่การนำไปปฏิบัตินั้นมีข้อจำกัดเนื่องจากต้องใช้ทรัพยากรมากยากต่อการปฏิบัติเป็นกิจวัตร การระบาดของโรค COVID-19 ทำให้บุคลากรทางทันตกรรมได้มีโอกาสในการทบทวนแนวปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการติดต่อของโรคที่ติดต่อทางอากาศและมีการนำแนวปฏิบัติเหล่านั้นมาใช้จนเกิดเป็นมาตรฐานใหม่ของการให้บริการทันตกรรมอย่างปลอดภัย

## เอกสารอ้างอิง

1. Rivett L, Sridhar S, Sparkes D, Routledge M, Jones NK, Forrest S, et al. Screening of healthcare workers for SARS-CoV-2 highlights the role of asymptomatic carriage in COVID-19 transmission. *Elife* 2020;11(9):e58728.
2. Kronbichler A, Kresse D, Yoon S, Hwa Lee K, Effenberger M, IL

- Shin J. Asymptomatic patients as a source of COVID-19 infections: A systematic review and meta-analysis. *Int J Infect Dis* 2020;98: 180-6.
3. Morawska L, Milton DK. It Is Time to Address Airborne Transmission of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Clin Infect Dis* 2020;71 (9):2311-13.
4. Setti L, Passarini F, De Gennaro G, Barbieri P, Perrone MG, Borelli M. Airborne Transmission Route of COVID-19: Why 2 Meters/6 Feet of Inter-Personal Distance Could Not Be Enough. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17(8):2932
5. Zhu SW, Kato S, Yang JH. Study on transport characteristics of saliva droplets produced by coughing in a calm indoor environment. *Build Environ* 2006;41(12):1691-702.
6. Xie X, Li Y, Chwang ATY, Ho PL, Seto WH. How far droplets can move in indoor environments - revisiting the Wells evaporation-falling curve. *Indoor Air* 2007;17(3):211-25.
7. Liu L, Wei J, Li Y, Ooi A. Evaporation and dispersion of respiratory droplets from coughing. *Indoor Air* 2017;27(1):179-90.
8. World Health Organization. Infection prevention and control

of epidemic- and pandemic-prone acute respiratory diseases in health care. WHO Guideline. 2007; [cited 2021 Jan 30] .

9. Jennison MW. Atomizing of mouth and nose secretions into the air as revealed by high-speed photography. *Aerobiology*. 17th ed. American Assn. for the Advancement of Science; 1942. p. 106–128.

10. World Health Organization. Management of ill travelers at points of entry - international airports, seaports and ground crossings - in the context of COVID-19 outbreak: interim guidance, 16 February 2020. World Health Organization; 2020. [Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331003>]

11. Bahl P, Doolan C, Silva C, Chughtai AA, Bourouiba L, MacIntyre CR. Airborne or droplet precautions for health workers treating COVID-19? *J Infect Dis* 2020;jiaa189. doi: 10.1093/infdis/jiaa189.

12. Wilson N, Corbett S, Tovey E. Airborne transmission of covid-19. *BMJ* 2020;370:m3206. doi: 10.1136/bmj.m3206.

13. Morawska L, Milton DK. It is Time to Address Airborne Transmission of COVID-19. *Clin Infect Dis* 2020:ciaa939. doi: 10.1093/cid/ciaa939.

14. Ampornaramveth R. Infection Control and Sterilization in Dentistry 2Ed, Bangkok: Parppim; 2019. p. 5

15. Guidelines for Infection Control in Dental Health-Care Settings - 2003 [Available from: <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/rr5217a1.htm>]

16. Standard Precautions. [Available from: <https://www.cdc.gov/oralhealth/infectioncontrol/summary-infection-prevention-practices/standard-precautions.html>]

17. Centers for Disease Control and Prevention. Summary of Infection

Prevention Practices in Dental Settings: Basic Expectations for Safe Care. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention, US Dept of Health and Human Services; October 2016. [Available from: <https://www.cdc.gov/oralhealth/infectioncontrol/summary-infection-prevention-practices/index.html>]

18. Jennifer A Harte. Standard and transmission-based precautions: an update for dentistry. *J Am Dent Assoc* 2010;141(5):572-81.

19. Interim Infection Prevention and Control Guidance for Dental Settings During the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic. [Available from: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/dental-settings.html>]

20. Vergara-Buenaventura A, Castro-Ruiz C. Use of mouthwashes against COVID-19 in dentistry. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2020;58(8):924-7.

21. Peng X, Xu X, Li Y, Cheng L. Transmission routes of 2019-nCoV and controls in dental practice. *Int J Oral Sci* 2020;12(1):9. doi: 10.1038/s41368-020-0075-9.

22. Villani FA, Aiuto R, Paglia L, Re D. COVID-19 and Dentistry: Prevention in Dental Practice, a Literature Review. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17(12):4609. doi: 10.3390/ijerph17124609.

23. Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities (2003), Appendix B. Air. [Available from: <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/environmental/appendix/air.html>]

24. Michael Leung, Alan H.S. Chan. Control and management of hospital indoor air quality. *Med Sci Monit* 2006;12(3):SR17-23

25. Issues to Plan for and Address. [Available from: [ashrae.org](http://ashrae.org)]



## รายงานผู้ป่วย

เทคนิคการผ่าตัดเย็บริมฝีปากและจมูกระยะแรกภายหลังการใช้โคราชแนม 2 ด้านในผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ด้านเดียวชนิดสมบูรณ์: รายงานผู้ป่วยและการติดตามผลภายหลังการรักษา 5 ปี

Primary Lip and Nose Repair Technique after Using 2 Sides of Korat NAM in Unilateral Complete Cleft Lip and Palate Patient: A 5 Years Follow Up Case Report

พินัย นิรันดร์รุ่งเรือง<sup>1</sup>, ปองใจ วิรารัตน์<sup>1</sup>, วิภาพรรณ ฤทธิธกุล<sup>2</sup>, กวิยา กนกพงศ์ศักดิ์<sup>1</sup>

Pinai Nirunrungreng<sup>1</sup>, Pongjai Virarat<sup>1</sup>, Wipapun Ritthagol<sup>2</sup>, Kaviya Kanokpongsak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ศูนย์ปากแหว่งเพดานโหว่ โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ประเทศไทย

<sup>1</sup>Cleft center Maharat Nakhon Ratchasima Hospital, Nakhon Ratchasima, Thailand

<sup>2</sup>สาขาวิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา ประเทศไทย

<sup>2</sup>Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkla, Thailand

## บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าในการรักษาทารกปากแหว่งเพดานโหว่การใช้เทคนิคจัดเรียงสันกระดูกขากรรไกรบนร่วมกับการยืดจมูกในระยะก่อนการผ่าตัดเย็บริมฝีปาก จะให้ผลการรักษาที่ดี เครื่องมือที่ใช้ในเทคนิคนี้ประกอบด้วยแผ่นเพดานเทียมเพื่อจัดสันกระดูกร่วมกับเครื่องมือปรับโครงสร้างจมูกเครื่องมือดังกล่าวจะทำให้ช่องว่างของรอยแยกแคบลงร่วมกับการทำให้โครงสร้างกระดูกอ่อนของจมูกตั้งตรงขึ้นทำให้ช่วยลดแรงดึงรั้งของเนื้อเยื่อในขณะที่ยึดแผลทำการผ่าตัดเย็บริมฝีปาก ซึ่งทำให้ผลการรักษาดีกว่าการไม่ใช้เครื่องมือนี้ อย่างไรก็ตามวิธีการผ่าตัดและการคงสภาพภายหลังการผ่าตัดที่ดีจะมีผลต่อการรักษาเช่นกัน บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรายงานวิธีการรักษาและผลภายหลังการรักษาผู้ป่วยที่เป็นปากแหว่งเพดานโหว่ด้านเดียวที่ได้รับการรักษาที่ศูนย์ผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมาโดยการใช้โคราชแนมใส่ในจมูกทั้งสองด้านร่วมกับวิธีการผ่าตัดริมฝีปากและจมูกที่ดัดแปลงจากวิธีการปกติ

**คำสำคัญ:** โคราชแนมชนิด2ด้าน, เทคนิคการผ่าตัดริมฝีปากและจมูกแบบประยุกต์ในระยะแรก, ปากแหว่งเพดานโหว่ด้านเดียว

## Abstract

In new born cleft lip and palate treatment, it is now gained wide acceptance and evidence the good result both at lip and nose appearance by using a non-surgical nasoalveolar molding technique in presurgical phase treatment. This technique is comprised in two parts appliances, obturator for maxillary alveolar bone segment aligning combined with nasal molding part. By this appliance, the cleft space is significantly reduced and alar cartilage is more uprighted. With a smaller cleft, there is less tension when the surgeon closes the cleft space. The treatment result is better than in case without using this appliance. Moreover, surgical technique and maintain the treatment result after surgery are also an importance role of considerations. The objective of these case report is to demonstrate how to treat unilateral cleft lip and palate patient by modified using 2 sides of Korat Nam combined with a modify surgical technique use at Nakhonratchasima Hospital Cleft Center.

**Keywords:** 2 sides Korat Nam, Primary repair cleft lip and nose, Unilateral cleft lip and palate

**ติดต่อเกี่ยวกับบทความ :**

พินัย นิรันดร์รุ่งเรือง ศูนย์ผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ รพ.มหาราชนครราชสีมา 49 ถนนช้างเผือก อำเภอเมือง จ.นครราชสีมา 30000 ประเทศไทย โทร. 044-232041, 081-9660509 อีเมล cleftmhrh@gmail.com

**Correspondence to :**

Pinai Nirunrungreng, Maharat Nakhon Ratchasima Hospital Cleft Center, 49 Changpueak Road, Amphoe Mueang Nakhon Ratchasima 30000, Thailand Office number: 044-232041 Mobile phone: 081-9660509 E-mail: cleftmhrh@gmail.com

**บทนำ**

ภาวะปากแหว่งร่วมกับเพดานโหว่ชนิดสมบูรณ์ด้านเดียวเป็นความผิดปกติที่พบบากที่สุดในกลุ่มผู้ป่วยปากแหว่งและ/หรือเพดานโหว่ทั้งหมด จากการสำรวจที่โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา ระหว่างปีพ.ศ.2548-2552 พบว่าจำนวนผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ชนิดสมบูรณ์ด้านเดียวร้อยละ 64.4 ของจำนวนผู้ป่วยปากแหว่งและเพดานโหว่ทั้งหมด<sup>1</sup>

เป้าหมายของการรักษาเพื่อแก้ไขความผิดปกติของส่วนประกอบต่าง ๆ ให้กลับมาสมดุลใกล้เคียงกับด้านปกติที่ไม่แหว่งให้มากที่สุด ให้มีริมฝีปากและจมูกที่สวยงาม โดยการรักษามุ่งเน้นได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการรักษาก่อนการผ่าตัด (presurgical orthopedic treatment) ขั้นตอนการเย็บริมฝีปากและจมูกแบบปฐมภูมิ(primary repair of cleft lip and nose) และขั้นตอนการคงสภาพจมูกภายหลังการผ่าตัด

ในขั้นตอนการรักษาก่อนการผ่าตัด ผู้ป่วยจะได้รับการรักษาโดยใช้เครื่องมือโคราชแนมซึ่งเป็นเครื่องมือที่ประยุกต์จากหลักการของ Grayson<sup>2</sup> โดยการใช้เพดานเทียมชนิดมีแรง เพื่อช่วยในการจัดเรียงแนวของสันกระดูกขากรรไกรบนและลดขนาดช่องว่างของรอยแยกร่วมกับการปรับโครงสร้างจมูกในขณะเดียวกันโคราชแนมมี 3 ชนิด ได้แก่ โคราชแนม I โคราชแนม II และโคราชแนม III ซึ่งแต่ละชนิดมีวัตถุประสงค์ในการใช้ที่แตกต่างกัน<sup>3</sup> (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 โคราชแนม I II III

Figure 1 Korat NAM I II III

ในขั้นตอนการผ่าตัด การผ่าตัดริมฝีปากและจมูกในปัจจุบันนิยมทำพร้อมกันแบบปฐมภูมิ(primary repair cleft lip and nose) เทคนิคการผ่าตัดริมฝีปาก มีเทคนิคพื้นฐานที่ศัลยแพทย์นิยมนำมาพัฒนาตามความเหมาะสมและความชำนาญของศัลยแพทย์แต่ละคน<sup>4</sup> การผ่าตัดจมูกพร้อมกับริมฝีปากแบบปฐมภูมิ (primary nasal repair) มีแนวความคิดการผ่าตัดแก้ไขความผิดปกติของจมูกและริมฝีปากในครั้งเดียวกัน ซึ่งการผ่าตัดแก้ไขความผิดปกติของโครงสร้างของกระดูกอ่อนบริเวณปลายจมูกและปีกจมูกให้ตั้งตรงขึ้นจากที่มีความผิดปกติโดย Henry C. และคณะ<sup>5</sup> ได้รวบรวมวิธีต่าง ๆ แยกเป็นกลุ่ม ในการใช้แผลผ่าตัดเพื่อเข้าไปแก้ไขกระดูกอ่อนโดย

1. ผ่าตัดผ่านแผลผ่าตัดริมฝีปากแหว่ง (ผ่านทางแผลผ่าตัดริมฝีปากแหว่งบริเวณฐานคอลัมเมลลา (columella) และฐานปีกจมูก) เช่น วิธีของแมคคอมบ์ (Mc comb's technique)<sup>6,7</sup>
2. ผ่าตัดทางแผลผ่าตัดขอบริมปีกจมูก และภายในเยื่อจมูกเช่น วิธีของทาจิมา(Tajima inverted U incision)<sup>8</sup>
3. ผ่าตัดทางแผลภายนอกจมูก (external incision and open rhinoplasty) เช่นวิธีของ Thomas<sup>9,10</sup> หรือDibbell<sup>11</sup>

ในขั้นตอนการคงสภาพจมูกภายหลังการผ่าตัด โดยใช้โคราชแนม II ภายหลังการผ่าตัดจมูกและริมฝีปากและโคราชแนม III ภายหลังการเย็บเพดาน

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการรักษาเด็กปากแหว่งด้านเดียว โดยการประยุกต์ใช้โคราชแนมในจมูกทั้งสองข้างร่วมกับการผ่าตัดด้วยวิธีดัดแปลงจากวิธีโรเซนแอตวอนซ์เมนต์ของมิลลาร์ดและการผ่าตัดแก้ไขจมูกชนิดปฐมภูมิด้วยวิธีของทาจิมาในการผ่าตัดครั้งเดียวในผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ชนิดสมบูรณ์ด้านเดียว และนำเสนอรายงานผู้ป่วยที่ได้ติดตามผลการรักษา 5 ปี จำนวน 1 ราย

## รายงานผู้ป่วย

ผู้ป่วยเด็กชายไทย อายุ 7 วัน (รูปที่ 2) ถูกส่งต่อมาพบทันตแพทย์ด้วยปัญหาปากแหว่งเพดานโหว่เพียงอย่างเดียว และไม่พบปัญหาในกลุ่มอาการโรคอื่น ๆ จากการตรวจพบลักษณะของปากแหว่งเพดานโหว่ชนิดสมบูรณ์ด้านซ้ายและมีความกว้างของรอยโหว่ 10 มม.



รูปที่ 2 ภาพภายนอกช่องปากผู้ป่วย

Figure 2 Extraoral photograph

### ขั้นตอนก่อนการผ่าตัด

โดยทั่วไปในผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ด้านเดียว จะใช้เครื่องมือปรับโครงสร้างของจมูกเฉพาะด้านที่เป็นรอยโหว่เพียงด้านเดียวเท่านั้น แต่จากประสบการณ์ในการรักษาพบว่าภายหลังการรักษา แนวแกนของจมูกยังคงมีการเอียงเล็กน้อย จึงเกิดแนวคิดในการใช้โคราชแนม ในด้านที่ปกติเพื่อช่วยในการพยุงให้แนวแกนจมูกตั้งตรงขึ้นโดยเพิ่มส่วนแขนและปุ่มอะคริลิกขนาดเล็กในจมูกด้านปกติ ปุ่มอะคริลิกในรูจมูกด้านปกติมีขนาดเล็กมาก อยู่ในตำแหน่งที่อยู่ชิดกับคอลัมเมลลาและไม่มีแรงยึดที่ปลายจมูก ส่วนแขนลวดที่ยื่นจากเพดานเทียม จะโค้งไปตามรูริมฝีปากจนเข้าไปในรูจมูก โดยไม่มีคอยล์สปริง วิธีการการพันปลายเชือกจะพันเชือกจากเพดานเทียมเฉพาะในด้านผิดปกติที่มีคอยล์สปริง และให้ปลายเชือกที่พันสุดท้ายออกจากแนวกลางของจมูก (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 โคราชแนม I

Figure 3 Korat NAM I

ผู้ป่วยถูกส่งไปเพื่อเย็บริมฝีปากภายหลังรอยแยกบริเวณกระดูกเบ้าฟันเคลื่อนมาชิดกันแล้วเมื่ออายุ 5 เดือน 18 วัน

### ขั้นตอนการผ่าตัดเย็บริมฝีปากและจมูกระยะแรก

วิธีการผ่าตัดริมฝีปากที่ศูนย์ปากแหว่งเพดานโหว่ รพ.มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิร ได้มีการพัฒนาผสมผสานการผ่าตัดและ

เย็บจมูกจากเทคนิคมาตรฐานที่นิยมใช้หลายเทคนิคเพื่อให้ได้ผลภายหลังการรักษาคือมีวิธีการในรายละเอียดดังนี้

1. กำหนดจุดที่จะเย็บสร้างจุดปากกระจับ (cupid bow) บริเวณรอยต่อของเวอร์มิลเลียน (Vermillion) ของริมฝีปากด้านใน และด้านนอกของช่องแหว่งโดยจุดที่กำหนดสร้างจุดยอดปากกระจับของริมฝีปากด้านนอกให้พิจารณาจากองค์ประกอบ 3 อย่าง ต่อไปนี้เรียงลำดับจากมากไปน้อยตามความสำคัญ เพราะในผู้ป่วยแต่ละรายความผิดปกติของรูปร่างของริมฝีปากไม่เหมือนกันดังนั้นจะไม่สามารถให้ผลลัพธ์ทั้ง 3 อย่างพร้อมกันได้ให้พิจารณาตามความเหมาะสมในแต่ละรายเป็นสำคัญ (ตามรูปที่ 4 (1))

- ความยาวจากมุมปากมาถึงจุดปากกระจับ
- ความหนาของริมฝีปากส่วนเวอร์มิลเลียน (vermillion) ซึ่งจะต้องนำไปสร้างร่วมกับด้านใน รวมกันแล้วให้มีความเต็มอิมใกล้เคียงกับด้านที่เป็นปกติ
- ความยาวของริมฝีปากคือจุดจากฐานปีกจมูกมาถึงจุดยอดปากกระจับ

2. การผ่าตัดซ่อมสร้างริมฝีปากใช้วิธีโรเทน แอดวานซ์เมนต์ของมิลลาร์ด (millard rotation advancement) (รูปที่ 4 (2)) เป็นหลัก โดยใช้การผ่าตัดเป็นแนวโค้งจากจุดยอดปากกระจับ (cupid bow) ของริมฝีปากด้านในมาถึงจุดกลางของฐานคอลัมเมลลาลแล้วต่อตั้งตรงขึ้นกลางสันกลางจมูกอีกประมาณ 2 มิลลิเมตร (รูปที่ 4 (3)) ร่วมกับการผ่าตัดแนวนอนเหนือจุดปากกระจับประมาณ 2 มิลลิเมตร (รูปที่ 4 (4)) เพื่อรองรับแฟลปสามเหลี่ยมจากด้านนอกคล้ายวิธีของฟิชเชอร์ (Fisher submit)<sup>12</sup> เพื่อสร้างริมฝีปากให้ยาวเท่ากับด้านปกติและลดการเกิดแผลเป็นหลัง

3. ใช้แฟลปของผิวหนังและริมฝีปากส่วนแดงของริมฝีปากด้านในของช่องแหว่งโยกไปสร้างเยื่อบุด้านในส่วนพื้นล่างและผนังด้านนอกของโพรงจมูก (รูปที่ 4 (5))

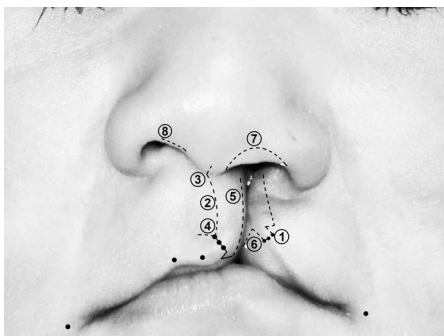
4. ใช้แฟลปสามเหลี่ยมขนาดใหญ่จากริมฝีปากด้านนอกส่วนแดงมาเติมริมฝีปากด้านในส่วนแดงให้มีขนาดหนาขึ้น (lateral V nordhoff flap)<sup>13</sup> (รูปที่ 4(6))

5. การซ่อมสร้างชั้นกล้ามเนื้อ ต้องแยกกล้ามเนื้อริมฝีปากด้านนอกที่ยึดติดกับกระดูกกรามบนโยกมาเย็บติดกับกล้ามเนื้อริมฝีปากด้านในให้เต็มตามความยาวของริมฝีปากตั้งแต่ใต้คอลัมเมลลาลจนถึงใต้ริมฝีปากส่วนแดงโดยให้มีความตึงน้อยที่สุด และให้ความสำคัญของการเย็บชั้นกล้ามเนื้อด้านบนใต้ฐานจมูก (รูปที่ 5 (4)) เป็นตัวกำหนดความกว้างของฐานรูจมูกมากกว่าชั้นผิวหนังด้วย และจะให้แคบกว่าด้านปกติประมาณร้อยละ 10 เพราะหลังจากแผลหายจะมีแรงดึงทำให้เกิดการขยายออกตามรายงานของ Betty และคณะ<sup>14</sup>

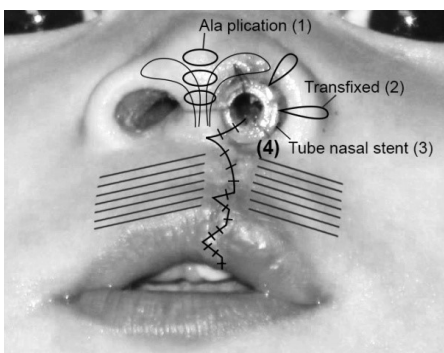
6. ทำการผ่าตัดแก้ไขจมูกผิดปกติพร้อมกับริมฝีปากในครั้งเดียว (one unit) โดยเริ่มจากแผลผ่าตัดเป็นรูปตัวยูลกลับหรือระฆังคว่ำ

(reverse U-incision) ตามวิธีของ Tajima<sup>8</sup> (รูปที่ 4 (7)) ในด้านผิปกติ และแผลผ่าตัดขอบจมูกด้านใน (Rim incision) ในด้านปกติ (ตามรูปที่ 4 (8)) เพื่อเข้าไปและแยกกระดูกอ่อนออกจากผิวหนังปลายจมูก และเย็บกระดูกอ่อนทั้ง 2 ด้าน เข้ายึดกันให้ตั้งสูงขึ้น (lower lateral cartilage plication) โดยผู้เขียนจะใช้ไหมละลายพิดิเอส (polydioxanone synthetic) เย็บผ่านเยื่อในโพรงจมูกทั้ง 2 ด้านจำนวน 3 เข็ม (รูปที่ 5(1)) โดยเน้นที่เข็มแรกบริเวณมุมสามเหลี่ยมใต้ยอดจมูก (soft triangle) เข็มที่สองได้เข็มแรกลงมาทางด้านหลังส่วนบนของคอลัมเมลล่าและเข็มที่สามสูงกว่าเข็มแรกขึ้นไปทางศีรษะ การใช้แผลผ่าตัดรูปตัวยูกลับหัวจะช่วยให้มีการแก้ไขให้ปีกจมูกด้านผิปกติสูงกว่าด้านปกติประมาณร้อยละ 10 เพื่อลดการคั่นกลับหลังจากแผลหาย<sup>14</sup> ในบางรายอาจจะมีการตัดเล็มผิวหนังบางส่วนออกอีกด้วย

7. หลังผ่าตัดแก้ไขจมูกและเย็บปิดแผลแล้ว การคงสภาพรูจมูกเพื่อลดการบวมหนาของเยื่อภายในรูจมูก ทำโดยเย็บเยื่อภายในรูจมูกบริเวณผนังด้านนอกแบบฝังปมอยู่ภายในรูจมูกให้แนบบางจำนวน 2 เข็มด้วยไหมละลายตาม (รูปที่ 5 (2)) และเอาท่อช่วยหายใจ (endotracheal tube) ชนิดไม่มีคัพในขนาดที่พอดี มาตัดใส่เป็นตัวตามกภายในรูจมูก และเย็บตรึงไว้นาน 3 สัปดาห์ (รูปที่ 5 (3))



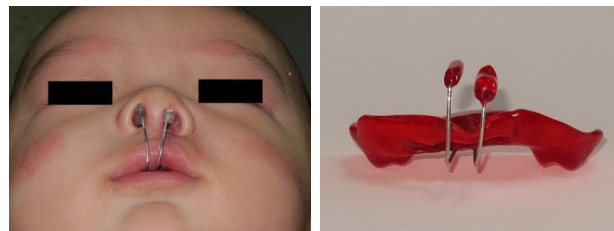
รูปที่ 4 ก่อนเย็บริมฝีปาก  
Figure 4 Before cheiloplasty



รูปที่ 5 หลังเย็บริมฝีปาก  
Figure 5 After cheiloplasty

### ขั้นตอนการคงสภาพจมูกภายหลังการผ่าตัด

ภายหลังการผ่าตัด 3 สัปดาห์ ผู้ป่วยจะได้รับการใส่เครื่องมือโคราชแนม II (รูปที่ 6) ซึ่งทำโดยดัดลวดและติดตั้งขาลวดพร้อมปุ่มอะคริลิกในด้านผิปกติคล้ายโคราชแนม I แต่ไม่มีคอยล์สปริงจุดสูงสุดของปุ่มอะคริลิกในรูจมูกด้านผิปกติสัมผัสหรือมีแรงเล็กน้อยกับด้านในปลายจมูก ส่วนด้านปกติมีรูปร่างและการติดตั้งเหมือนกับด้านปกติในโคราชแนม I การใช้โคราชแนม II ในเด็กที่เย็บริมฝีปากและจมูกแล้วจะใช้ครีมนวดฟันปลอมจำนวนพอเหมาะยึดส่วนของเพดานเทียมและเนื้อเยื่อเพดานในช่องปากโดยมีตำแหน่งของปุ่มอะคริลิกในรูจมูกที่ถูกต้องทั้งสองด้านให้คนไข้ใส่ตลอดเวลาเพื่อคงสภาพจมูกหลังเย็บริมฝีปากและจมูกไปถึงก่อนเย็บเพดานเป็นเวลา 1 ปี<sup>14</sup>



รูปที่ 6 โคราชแนม II  
Figure 6 Korat NAM II

โคราชแนม III (รูปที่ 7) จะถูกเตรียมสำหรับผู้ป่วยก่อนการผ่าตัดเย็บเพดาน เพื่อคงสภาพจมูกภายหลังเย็บเพดานแล้ว หรือในกรณีที่ฟันกรามน้ำนมเริ่มขึ้น ทำให้การใส่โคราชแนม II ชนิด 2 ด้านหลวมไม่แน่นแรงยึดเพดานเทียมไม่เพียงพอ โดยให้คนไข้ใส่อย่างน้อยวันละ 1 ชั่วโมง<sup>15</sup> นัดเช็คเครื่องมือทุก ๆ 3 เดือนเพื่อดูแลสุขภาพในช่องปากและติดตามพัฒนาการการขึ้นของฟันในระยะฟันน้ำนม



รูปที่ 7 โคราชแนม III  
Figure 7 Korat NAM III

ผู้ป่วยได้รับการผ่าตัดเย็บเพดานเมื่อ อายุ 1 ปี 6 เดือน และได้รับการติดตามผลการรักษาไปจนกระทั่งอายุ 5 ปี 8 เดือน ผลการติดตามการรักษาพบว่ารูปร่างของจมูกทั้งสองด้านมีความ



สมมาตรและคงสภาพเช่นเดียวกับภายหลังการผ่าตัดตั้งรูปที่ 8 และ 9 แสดงการเปรียบเทียบรูปร่างของจมูกตั้งแต่เริ่มทำการรักษา จนกระทั่งผู้ป่วยอายุ 5 ปี 8 เดือน

โดยสรุป ผู้ป่วยได้รับการรักษาในขั้นตอนต่างตามอายุ และเครื่องมือที่ใช้ตั้งรูปที่ 10



อายุ 7 วัน      อายุ 5 เดือน 18 วัน      อายุ 6 เดือน 15 วัน      อายุ 1 ปี 6 เดือน      อายุ 5 ปี 8 เดือน

รูปที่ 8 ภาพหน้าตรง

Figure 8 Frontal view



อายุ 7 วัน      อายุ 5 เดือน 18 วัน      อายุ 6 เดือน 15 วัน      อายุ 1 ปี 6 เดือน      อายุ 5 ปี 8 เดือน

รูปที่ 9 ภาพหน้าหงาย

Figure 9 Submentovertex view



รูปที่ 10 การรักษาผู้ป่วยในระยะเวลาต่าง ๆ

Figure 10 Treatment sequence in each age

## บทวิจารณ์

ในกรณีที่ปากแหว่งเพดานโหว่ด้านเดียวแบบสมบูรณ์ที่มีสันกระดูกขากรรไกรในช่องโหว่ห่างกันมากกว่า 10 มิลลิเมตร จะใส่เพดานเทียมชนิดมีแรง (active obturator) โดยการใช้สกรูชนิด

ปิดร่วมกับเรียงสันกระดูกขากรรไกรชิ้นใหญ่ (greater segment) ที่เบี่ยงเบนจากแนวปกติให้เคลื่อนที่เข้าสู่แนวปกติจนเหลือรอยแยกอย่างน้อย 2-3 มิลลิเมตร จะทำให้ลดระยะเวลาและเปลี่ยน

เครื่องมือในการปิดช่องว่างลงในผู้ป่วยรายนี้ความกว้างของรอยโหว่มีมากถึง 10 มิลลิเมตร จึงจำเป็นต้องใช้เทคนิคเย็บชนิดมีแรง โดยมีสกรูชนิดปิดร่วมด้วย<sup>3</sup> ในการใช้เทคนิคเย็บชนิดมีแรง จะช่วยให้การจัดสันเหงือกมีช่องแคบลงและระดับของเหงือกส่วนด้านในและด้านนอกของช่องเหงือกมีการเรียงรูปทรงที่ดีขึ้น ร่วมกับการใช้โคราชแนม I ชนิด 2 ด้านในเวลาต่อมาเพื่อจัดโครงสร้างจมูก จะเป็นโครงสร้างหลักให้ผ้าตัดซ่อมสร้างริมฝีปากและจมูกง่ายและได้ผลดี

การเลือกใช้วิธีผ่าตัดจะใช้วิธีพื้นฐานของมิลลาร์ดโรเทชัน แอดวานซ์เมนต์ มาดัดแปลงเพิ่มเติมผสมผสานกับแฟลปสามเหลี่ยมตามวิธีของฟิชเชอร์ และการเติมส่วนริมฝีปากด้วยนอร์คอฟแฟลปมีข้อดีดังต่อไปนี้

1. วิธีโรเทชัน แอดวานซ์เมนต์ของมิลลาร์ด จะช่วยยึดริมฝีปากส่วนที่สั้นให้ยาวขึ้นได้ดีกว่าวิธีของฟิชเชอร์ และแนวแผลเป็นที่สวยเข้ารูปของสันริมฝีปากบน (philtrum) ได้ดีกว่าของเทนิสัน ซึ่งเป็นวิธีที่ศัลยแพทย์ในอเมริกาและแคนาดานิยมใช้กันมากที่สุดจากการสำรวจของซิสแมนและคณะ<sup>4</sup> และต่อมาได้มีการปรับเปลี่ยนเล็กน้อยต่อยอดจากวิธีเดิมตามความเห็นที่หลากหลายของศัลยแพทย์ดังที่มีการรวบรวมไว้ของลอเรนและคณะ<sup>16</sup>

2. แฟลปสามเหลี่ยมเล็ก ๆ เหนือขอบริมฝีปากขาว (white roll) ในแบบของฟิชเชอร์จะช่วยลดการเกิดแผลเป็นหดรั้งที่ทำให้เกิดการสูงขึ้นของจุดยอดปากกระชับ (cupid bow) ของด้านที่ผ่าตัดได้ ซึ่งเคยมีผู้เริ่มใช้และนำเสนอคือ โอนิซูกะ<sup>4</sup> และฟิชเชอร์<sup>12</sup>

3. แฟลปสามเหลี่ยมของริมฝีปากแดงจากส่วนนอกของริมฝีปากแดงตามแบบของนอร์คอฟ จะช่วยเติมแก้ไขในความบางของริมฝีปากแดงส่วนในของปากแดงได้ดี และทำให้เวอร์มิลเลียนส่วนกลางริมฝีปากบน (tubercle) เติบโตขึ้นได้<sup>4,13,16</sup>

4. การเพิ่มแนวผ่าตัดตั้งตรงขึ้นจากกลางฐานคอดล้มเกล้า จะเพิ่มมุมป้านให้กับฐานคอดล้มเกล้าที่เชื่อมต่อกับพื้นของรูจมูกให้มีความสวยงามคล้ายด้านที่เป็นปกติมากขึ้น ซึ่งคล้ายกับวิธีของโมเลอร์ที่ดัดแปลงมาจากมิลลาร์ด (Mohler's Millard modification)<sup>4,16</sup> ที่มีการขยายแผลผ่าตัดขึ้นไปพื้นฐานของคอดล้มเกล้า

5. การใช้แฟลปผิวหนังและเยื่อเมือกจากด้านในของริมฝีปากแดงเพียงด้านเดียว โยกไปสร้างเป็นฐานรูจมูก ก็ทำให้การวางแผนการผ่าตัดและวิธีการผ่าตัดง่ายขึ้น

6. การเย็บซ่อมสร้างกล้ามเนื้อบริเวณฐานรูจมูกผู้เขียนใช้ส่วนนี้เป็นตัวกำหนดความกว้างของฐานรูจมูก โดยจะให้ความสำคัญมากกว่าการเย็บซ่อมในชั้นผิวหนัง และคำนึงถึงแรงดึงให้น้อยที่สุดเพื่อลดการยืดขยายของความกว้างของรูจมูก หลังการหายของแผลผ่าตัด แรงดึงของกล้ามเนื้อสามารถลดได้ด้วยการผ่าตัดเลาะกล้ามเนื้อออกจากกระดูกกรามบนบริเวณขอบโพรงจมูก (nasal aperture) และด้านหน้าของกระดูกกรามบน ซึ่งมีลิ้นแค้นได้นำเสนอการผ่าตัดในลักษณะคล้ายกันนี้<sup>16</sup>

7. การตัดเลาะยกฐานจมูกและกล้ามเนื้อออกจากกระดูกกรามบนบริเวณขอบด้านโพรงจมูกและด้านหน้าของกระดูกกรามบน จะช่วยลดแรงดึง ทั้งบริเวณขอบด้านล่างของรูจมูกและยอดจมูก ทำให้การดึงกลับของกระดูกอ่อนบริเวณปลายจมูกน้อยลง ไม่ทำให้อุดจมูกต่ำลงหลังจากการหายของแผลผ่าตัดแนวคิดการผ่าตัดจมูกและริมฝีปากเป็นส่วนเดียวกันเพราะแรงดึงของกล้ามเนื้อและผิวหนังบริเวณฐานจมูกจะส่งผลต่อการคืนกลับของความผิดปกติของจมูกภายหลังการผ่าตัดด้วย ซึ่งการผ่าตัดส่วนนี้ศัลยแพทย์หลายท่านแนะนำให้ใช้วิธีเย็บพื้นฐานปีกจมูก (ala base cinch suture) แต่ผู้เขียนให้ความสำคัญของการเย็บซ่อมกล้ามเนื้อมากกว่าชั้นผิวหนังและการเย็บพื้นฐานปีกจมูก

8. การผ่าตัดเพื่อแก้ไขความผิดปกติของจมูกเป็นการจัดรูปทรงของกระดูกอ่อนบริเวณปลายจมูกเป็นส่วนหลัก ด้วยการเย็บไปยึดกับด้านมีโครงสร้างด้านปกติ ซึ่งการผ่าตัดผู้เขียนเลือกใช้วิธีของ ทาจิม่า เพราะสามารถทำให้เกิดการแก้ไขได้มากกว่าปกติ (over correction) เพราะอัตราการดึงกลับของโครงสร้างของกระดูกอ่อนสูงมาก โดยหวังว่าเมื่อการแก้ไขมากกว่าปกติแล้วเกิดการดึงกลับก็จะได้ผลสุดท้ายที่ใกล้เคียงกับด้านปกติ<sup>8,10,14</sup>

9. หลังการผ่าตัดในระยะสั้น ได้มีการพยายามคงสภาพภายในของรูจมูกด้วยการใช้ท่อที่ตัดจากปลายท่อช่วยหายใจ ขนาดเดียวกับที่ใส่ดมยาสลบมาตามด้านในของรูจมูกเย็บยึดไว้กับสันกลางจมูกด้านใน นาน 3 สัปดาห์ ร่วมกับการเย็บแนบ (Transfix) ผนังด้านนอกของรูจมูก เพื่อหวังผลในการลดบวมของเยื่อภายในรูจมูกและคงสภาพรูจมูกไม่ให้ตีบแคบ ภายหลังการผ่าตัดประมาณ 3 สัปดาห์เมื่อแผลผ่าตัดหายดีแล้ว จึงใช้เครื่องมือโคราชแนม II เพื่อคงสภาพจมูกไปจนถึง 1 ปี 6 เดือนก่อนเย็บเพดานหลังจากเย็บเพดานแล้วจะใช้โคราชแนม III เพื่อคงสภาพต่อไปอีก

## บทสรุป

การรักษาผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่ชนิดด้านเดียวแบบสมบูรณ์โดยใช้โคราชแนมชนิด 2 ด้านทั้งในด้านที่ปกติและด้านที่เป็นรอยแหว่ง ร่วมกับเทคนิคการผ่าตัดที่ประยุกต์ใช้ในการรักษาผู้ป่วยที่โรงพยาบาลมหาราชานครราชสีมา ทำให้ได้ผลการรักษาที่ดีอย่างไรก็ตามรายงานผู้ป่วยในรายงานฉบับนี้เป็นเพียงตัวอย่างศึกษา ควรจะมีการศึกษาวิจัยในกลุ่มที่ให้การรักษามีการวัดความเปลี่ยนแปลง ที่เป็นรูปธรรมและชัดเจน

## เอกสารอ้างอิง

1. Wirarat P, Ritthagol W, Limpattamapane K. Epidemiologic study of Oral Cleft in Maharatnakornratchasima Hospital between 2005-2009 *J Thai Assoc Orthod* 2010;9: 3-13.
2. Grayson BH1, Santiago PE, Brecht LE, Cutting CB. *Cleft Palate Craniofac J* 1999;36(6):486-98.



3. Wirarat P, Nirunrungrueng P, Ritthagol W, Keinprasit C. Korat Nam. *J Thai Assoc Orthod* 2010;9: 33-42.
4. Thomas J.: Current surgical practices in cleft case : Unilateral cleft lip repair. *Plast Reconstr Surg* 2008;121(5):261-270
5. Henry C, Samson T, Macky D. Evidence –Based Medicine: The Cleft Lip Nasal Deformity. *Plast Reconstr Surg* 2014;133(5):1276-88.
6. McComb H. Treatment of the unilateral cleft lip nose. *Plast Reconstr Surg* 1975;55(5):596-601.
7. McComb HK, Coghlan BA. Primary repair of the unilateral cleft nose: Completion of a longitudinal study. *Cleft Palate Craniofac J* 1996;33(1):23-30.
8. Tajima S. Follow up results of the unilateral primary cleft lip operation with special reference to primary nasal correction by the author's method. *Facial Plast Surg* 1990;7:97-104.
9. Thomas C. Primary rhinoplasty by open approach with repair of unilateral complete cleft lip. *J Craniofac Surg* 2009;20(Suppl2): 1711-1714.
10. Tajima S, Maruyama M. Reverse-U incision for secondary repair of cleft lip nose. *Plastic Reconst Surgery* 1977;60(2):256-261.
11. Dibbell D.G. Cleft lip nasal reconstruction: Correcting the classic unilateral defect. *Plastic Reconst Surgery*.1982;69(2):256-271.
12. Fischer DM. Unilateral cleft lip repair: An Anatomical subunit approximation technique. *Plast Reconstr Surg* 2005 ;116(1):61-71.
13. Noordhoff MS. Reconstruction of vermilion in unilateral and bilateral cleft lips. *Plastic Reconstr Surg* 1984;73(1):52-61
14. Betty Chien-Jung Pai, Ellen Wen-Chinglo, Chiung-ShingHuang, Eric Jen-Wein Liou. Symmetry of The Nose After Presurgical nas-alveolar molding in infants with unilateral cleft lip and palate. A preliminary study. *Cleft Palate Craniofac J* 2005;42(6):658-63.
15. พันัย รุ่งเรือง และคณะฯ .คู่มือการดูแลผู้ป่วยปากแหว่งเพดานโหว่แรกเกิด-3ปี.พิมพ์ครั้งที่1. นครราชสีมา สมบูรณ์การพิมพ์.2558: หน้า3-31.
16. Lauren OR, Rene PM, John AG. The Millard Rotation Advancement Cleft Lip and Palate Repair: 50 Years of Modification. *Cleft Palate Craniofac J*.2015;52(6):188-195.

บทวิทยากร

ประสิทธิภาพของฟังก์ชันอลมอโนเมอร์ต่างชนิดในเซลฟ์แอตทิงซ์เรซินซีเมนต์ต่อกำลังแรงยึดบนโลหะผสมพื้นฐาน

Efficiency of Different Functional Monomers in Self-adhesive Resin Cements on Base Metal Alloy Bond Strengths

อวิรุทธิ์ คล้ายศิริ<sup>1,2</sup>, ตุลย์ ศรีอัมพร<sup>3</sup>, นิยม อารังค่อนันต์สกุล<sup>4</sup>, นันทวรรณ กระจำงตา<sup>1</sup>

Awiruth Klaisiri<sup>1,2</sup>, Tool Sriamporn<sup>3</sup>, Niyom Thamrongananskul<sup>4</sup>, Nantawan Krajangta<sup>1</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี, ประเทศไทย

<sup>1</sup>Division of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Thammasat University, Pathumthani, Thailand

<sup>2</sup>แผนกทันตกรรมผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ, ปทุมธานี, ประเทศไทย

<sup>2</sup>Out patient dental department, Thammasat University Hospital, Pathumthani, Thailand

<sup>3</sup>ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต, ปทุมธานี, ประเทศไทย

<sup>3</sup>Department of Prosthodontics, College of Dental Medicine, Rangsit University, Pathumthani, Thailand

<sup>4</sup>ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

<sup>4</sup>Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาลำดับความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโลหะผสมพื้นฐานกับเซลฟ์แอตทิงซ์เรซินซีเมนต์ 3 ผลิตภัณฑ์ที่มีสารฟังก์ชันอลมอโนเมอร์ต่างชนิด ใช้เซลฟ์แอตทิงซ์เรซินซีเมนต์ 3 ผลิตภัณฑ์ (แม็กซีเอ็มอีลิต พานาเวียเอสเอลูตติงพลัส และจีเอ็ม) ร่วมกับสารไพรเมอร์ 1 ผลิตภัณฑ์ (เคลียร์ฟิลเซรามิกไพรเมอร์พลัส) เตรียมแท่งโลหะผสมพื้นฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตรหนา 4 มิลลิเมตร ผึงลงในยิปซัมทางทันตกรรม จากนั้นนำไปพ่นด้วยอนุภาคอะลูมินาขนาด 50 ไมครอนเมตร เป็นเวลา 10 วินาที ที่ความดัน 3 บาร์ ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร ทำการแบ่งกลุ่มแบบสุ่มออกเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 10 ชิ้นทดสอบตามเรซินซีเมนต์ กลุ่มที่ 1 แม็กซีเอ็มอีลิต (MC) กลุ่มที่ 2 พานาเวียเอสเอลูตติงพลัส (SA) กลุ่มที่ 3 จีเอ็ม (GC) กลุ่มที่ 4 เคลียร์ฟิลเซรามิกไพรเมอร์พลัส+แม็กซีเอ็มอีลิต (P+MC) กลุ่มที่ 5 เคลียร์ฟิลเซรามิกไพรเมอร์พลัส+พานาเวียเอสเอลูตติงพลัส (P+SA) กลุ่มที่ 6 เคลียร์ฟิลเซรามิกไพรเมอร์พลัส+จีเอ็ม (P+GC) ใช้แม่แบบซิลิโคนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ลึก 4 มิลลิเมตร วางบนผิวหน้าของชิ้นงาน นำเรซินซีเมนต์ฉีดลงในแม่แบบ ฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที แกะแม่แบบออกและนำชิ้นงานแช่ในน้ำกลั่นในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นงานไปวัดค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องทดสอบสากลระบบไฮดรอลิกที่ความเร็วหัวกดเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ความแปรปรวนสองทาง และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทุกวิถีที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มที่ 1-6 คือ  $8.15 \pm 1.26$   $14.74 \pm 2.51$   $15.08 \pm 1.47$   $20.83 \pm 1.63$   $21.57 \pm 1.93$  และ  $20.69 \pm 2.41$  เมกะพาสกาลตามลำดับ ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มที่ 4-6 มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 1-3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มที่ 1 มีค่าต่ำสุด โดยแตกต่างจากกลุ่มที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงสรุปได้ว่า เซลฟ์แอตทิงซ์เรซินซีเมนต์ที่มี MPD หรือ 4-MET จะให้ค่าการยึดติดที่สูงเมื่อยึดติดกับโลหะผสมพื้นฐาน ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของเซลฟ์แอตทิงซ์เรซินซีเมนต์จะให้ค่าที่สูงขึ้นเมื่อทำการปรับสภาพผิวโลหะผสมพื้นฐานด้วยสารไพรเมอร์ก่อนการยึดติดด้วยเซลฟ์แอตทิงซ์เรซินซีเมนต์

**คำสำคัญ:** กำลังแรงยึด, เซลฟ์แอตทิงซ์เรซินซีเมนต์, ฟังก์ชันอลมอโนเมอร์, โลหะผสมพื้นฐาน

## Abstract

The purpose of this study was to evaluate the efficiency of different functional monomers in three self-adhesive resin cements on bond strength to base metal alloy. Three self-adhesive resin cements [Maxcem elite (MC), Panavia SA luting plus (SA), G-Cem (GC)] and one primer [Clearfil ceramic primer plus (P)] were used in this study. Sixty base metal alloy discs (10 mm diameter, 4 mm thick) were prepared and embedded in dental gypsum. All specimens were sandblasted with 50  $\mu$ m of alumina for 10 seconds under 3 bar pressure and 10 mm distance. The samples were randomly divided into six groups (N=10 each) according to different resin cements and either with or without primer application: Group1 (MC), Group2 (SA), Group3 (GC), Group4 (P+MC), Group5 (P+SA) and Group6 (P+GC). A silicone template (2 mm diameter, 4 mm high) was placed on the top of base metal alloy surface. The resin cement was filled into the mold and then light-cured for 40 seconds. All bonded specimens were kept in distilled water at 37°C for 24 hours and subjected to shear bond strength measurement using a universal testing machine at a crosshead speed of 0.5 mm/min. The data were statistically analyzed using two-way ANOVA and Tukey's test ( $\alpha=0.05$ ). The shear bond strengths of Group 1 to Group 6 were  $8.15\pm1.26$ ,  $14.74\pm2.51$ ,  $15.08\pm1.47$ ,  $20.83\pm1.63$ ,  $21.57\pm1.93$  and  $20.69\pm2.41$  MPa, respectively. The bond strengths of Group 4-6 were significantly higher than those of Group 1-3 ( $p<0.05$ ). However, Group 1 showed the lowest bond strength ( $p<0.05$ ) and significantly different from Group 2 and 3. In conclusion, MDP/4MET-containing self-adhesive resin cement showed increased bonding values in base metal alloy interface. The shear bond strength of self-adhesive resin cement was also positively affected by prior application of primer.

**Keywords:** Bond strength, Self-adhesive resin cement, Functional monomer, Base metal alloy

**Received Date:** Dec 23, 2020

**Revised Date:** Jan 14, 2021

**Accepted Date:** Apr 27, 2021

**doi:** 10.14456/jdat.2021.29

### ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

อวิรุทธิ์ คล้ายศิริ สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 99 หมู่ 18 ถ.พหลโยธิน อ. คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 ประเทศไทย โทรศัพท์: 02-9869051 โทรสาร: 02-9869205 อีเมล: Dentton@staff.tu.ac.th

### Correspondence to:

Awiruth Klaisiri Division of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Thammasat University 99 M.18 Klongluang, Pathumthani, 12120, Thailand. Tel: 02-9869051 Fax: 02-9869205 E-mail: Dentton@staff.tu.ac.th

## บทนำ

การประสมผลสำเร็จของการบูรณะฟันทางอ้อม (Indirect restoration) เช่น ครอบฟัน (Crown) สะพานฟัน (Bridge) ออนเลย์ (Onlay) เป็นต้น ขึ้นอยู่กับหลาย ๆ ปัจจัย เช่น ความชำนาญของทันตแพทย์ ความร่วมมือในการรักษาของผู้ป่วย ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการบูรณะฟัน ชนิดของซีเมนต์ทางทันตกรรม (Dental cement) ตลอดจนขั้นตอนการยึดติดชิ้นงาน<sup>1</sup> แม้ว่าซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม (Conventional cement)

เช่น ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ (Zinc phosphate cement) จะเป็นที่ยอมรับใช้กันมาอย่างยาวนานในทางทันตกรรม แต่ยังมีข้อจำกัดบางประการที่ส่งผลกระทบต่อความสำเร็จทางคลินิก เช่น มีการละลายตัวสูง มีค่าความแข็งแรงต่ำ และมีความสวยงามน้อย เป็นต้น<sup>2</sup> จากข้อจำกัดของซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมจึงได้มีการพัฒนาปรับปรุงเป็นเรซินซีเมนต์ (Resin cement) ขึ้นมา โดยเรซินซีเมนต์จะมีสมบัติที่ดีขึ้น เช่น มีค่าความ

แข็งแรงสูง มีการละลายตัวต่ำ มีการยึดติดที่ดี และมีความสวยงามสูง<sup>3</sup> ดังนั้นเรซินซีเมนต์จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้งานบูรณะฟันทางอ้อมประสบความสำเร็จในทางคลินิกที่ดี

เรซินซีเมนต์แบ่งได้ออกเป็น 3 ระบบ<sup>4</sup> คือ 1. เอตช์แอนด์รินส์เรซินซีเมนต์ (Etch and rinse resin cement) 2. เซลฟ์เอตช์เรซินซีเมนต์ (Self-etch resin cement) และ 3. เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ (Self-adhesive resin cement) โดยเซลล์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์เป็นซีเมนต์ระบบที่ไม่ต้องมีการปรับสภาพผิวฟัน สามารถใช้ยึดชิ้นงานได้ทันทีเนื่องจากในซีเมนต์มีสารฟังก์ชันนอลมอนอเมอร์ (Functional monomer) อยู่ จึงทำให้สามารถปรับสภาพผิวฟันด้วยตัวซีเมนต์เองได้ ทั้งนี้วัสดุอุปกรณ์เพื่อลดขั้นตอนการทำงาน ลดความผิดพลาดทางเทคนิคในการยึดติดชิ้นงาน (Technique sensitivity) ทำให้ทันตแพทย์สามารถใช้งานได้อย่างง่ายขึ้น รวมทั้งมีแรงยึดติดที่เพียงพอต่อการใช้งานในช่องปาก<sup>4</sup> แม้ว่าจะให้ค่าแรงยึดติดที่ต่ำกว่าอีก 2 ระบบของเรซินซีเมนต์ที่กล่าวมาข้างต้นก็ตาม<sup>4,5</sup>

เซลล์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มีฟังก์ชันนอลมอนอเมอร์เป็นสารสำคัญทำให้เกิดการยึดติดทั้งแบบเชิงกลระดับจุลภาค (Micro-mechanical bond) และการยึดติดทางเคมี (Chemical bond) โดยสารฟังก์ชันนอลมอนอเมอร์เหล่านี้จะมีกลุ่มฟอสเฟต (Phosphate group) หรือกลุ่มคาร์บอกซิเลต (Carboxylate group) เป็นหมู่ฟังก์ชันทำให้เกิดการยึดติดทางเคมีกับโครงสร้างของฟัน<sup>6,7</sup> และวัสดุฟันธรรมชาติที่มีชั้นออกไซด์ (Oxide layer) เช่น เซอร์โคเนีย (Zirconia)<sup>8,9</sup> โลหะผสมพื้นฐาน (Base metal alloy)<sup>10-14</sup> เป็นต้น มีรายงานหลายการศึกษาพบว่าสารฟังก์ชันนอลมอนอเมอร์ที่อยู่ในเซลล์แอดฮีซีฟ

เรซินซีเมนต์สามารถเกิดการยึดติดทางเคมีกับโลหะผสมพื้นฐาน<sup>15-17</sup> โดยสารฟังก์ชันนอลมอนอเมอร์ดังกล่าวมีสมบัติความชอบน้ำ (Hydrophilicity) ทำให้มีผิวสัมผัสที่ดี รวมทั้งเกิดการยึดติดทางเคมีกับชั้นออกไซด์ที่ผิวโลหะผสมพื้นฐานได้<sup>15</sup> นอกจากนี้การทาสารไพรเมอร์ที่มีฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชัน (Phosphate functional monomer primer) ก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์จะให้ค่าแรงยึดติดที่สูงขึ้น<sup>17</sup> โดยมีรายงานการศึกษาที่พบฟอสเฟตที่ผิวโลหะภายหลังการทาสารไพรเมอร์ ทำให้สามารถเพิ่มความสามารถในการยึดติดของเรซินซีเมนต์ได้<sup>18</sup> เพื่อเป็นการยืนยันถึงประสิทธิภาพของเซลล์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ที่มีองค์ประกอบของสารฟังก์ชันนอลมอนอเมอร์ชนิดต่าง ๆ กับโลหะผสมพื้นฐาน รวมไปถึงการใช้สารไพรเมอร์ในการปรับสภาพผิวโลหะผสมพื้นฐานก่อนการยึดติดกับเรซินซีเมนต์ จึงเป็นที่น่าสนใจเกี่ยวกับการศึกษาในครั้งนี้ โดยมีคำถามการวิจัยคือ เซลล์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ที่มีสารฟังก์ชันนอลมอนอเมอร์ต่างชนิดกัน ร่วมกับการใช้สารไพรเมอร์ จะมีประสิทธิภาพในการยึดติดกับผิวโลหะผสมพื้นฐานต่างกันหรือไม่ และมีสมมติฐานการวิจัยคือ การเตรียมผิวโลหะผสมพื้นฐานเพื่อการยึดติดโดยการทาด้วยสารไพรเมอร์ที่มีฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชัน และการใช้เซลล์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ที่มีสารฟังก์ชันนอลมอนอเมอร์ต่างชนิดกัน จะมีประสิทธิภาพในการยึดติดกับผิวโลหะผสมพื้นฐานไม่แตกต่างกัน

## วัตถุประสงค์และวิธีการ

เรซินซีเมนต์และสารไพรเมอร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เรซินซีเมนต์และสารไพรเมอร์ที่ใช้ในการศึกษา

Table 1 Resin cements and primer used in this study

Material	Composition
Maxcem elite (Kerr Corporation, California, USA) Shade: Clear Lot: 7056081	GPDM, methacrylate ester monomers, proprietary self-curing redox activator, camphorquinone, fluoroaluminosilicate glass filler, barium glass filler, silica, activators, stabilizers
Panavia SA luting plus (Kuraray Noritake Dental Inc., Okayama, Japan) Shade: Translucent Lot: 4C0173	10-MDP, Bis-GMA, TEGDMA, hydrophobic aromatic dimethacrylate, hydrophobic aliphatic dimethacrylate dl-camphorquinone, benzoyl peroxide, initiator, silanated barium glass filler, silanated colloidal silica, accelerators, pigments, surface treated sodium fluoride
G-cem (GC Corporation, Tokyo, Japan) Shade: Translucent Lot: 1905072	4-MET, phosphoric acid ester monomer, UDMA, water, dimethacrylate, silica powder, stabilizers, initiator, glass filler, calcium hydroxide, pigments
Clearfil ceramic primer plus (Kuraray Noritake Dental Inc., Okayama, Japan) Lot: 9G0048	Ethanol, 10-MDP, 3-trimethoxysilylpropyl methacrylate

Abbreviations: GPDM; glycerol phosphate dimethacrylate, 10-MDP; 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate, Bis-GMA; bisphenol A-glycidyl methacrylate, TEGDMA; triethylene glycol dimethacrylate, 4-MET; 4-methacryloyloxyethyl trimellitic acid, UDMA; urethane dimethacrylate

## การเตรียมชิ้นงานโลหะผสมพื้นฐาน

ชิ้นงานโลหะผสมพื้นฐานจำนวน 60 ชิ้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร (Millimetre) และสูง 4 มิลลิเมตร เตรียมโดยเด็นทัลอาร์ตแล็บ ประเทศไทย (Dental art lab, Bangkok, Thailand) โดยมีส่วนประกอบของโลหะผสมพื้นฐานดังนี้ เหล็ก (Iron) ซิลิกอน (Silicon) และคาร์บอน (Carbon) น้อยกว่าร้อยละ 3 แบเรียม (Barium) ร้อยละ 1.8 อะลูมิเนียม (Aluminium) ร้อยละ 2 โมลิบดีนัม (Molybdenum) ร้อยละ 9 โครเมียม (Chromium) ร้อยละ 15 และนิกเกิล (Nickel) ร้อยละ 72 นำโลหะผสมพื้นฐานฝังลงในท่อพีวีซีแล้วยึดด้วยยิปซัมทางทันตกรรมชนิดที่ 4 (Type 4 dental gypsum) โดยให้ชิ้นโลหะผสมพื้นฐานสูงจากผิวของยิปซัมไม่เกิน 1 มิลลิเมตร<sup>19</sup> จากนั้นนำชิ้นงานไปขัดผิวหน้าด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ (Silicon carbide) ที่ความหยาบ 600 กริต (Grit) (3M Wetordry abrasive sheet, 3M, Minnesota, USA) ภายใต้น้ำหล่อเลี้ยงด้วยเครื่องขัดอัตโนมัติ (Nano 2000 grinder-polisher with a FEMTO 1000 polishing head, Pace Technologies, Arizona, USA) ใช้เวลาขัด 2 นาทีต่อชิ้นงาน โดยให้มีผิวหน้าโลหะเรียบเสมอยิปซัมโมลด์ จากนั้นนำชิ้นงานไปพ่นด้วยอนุภาคอะลูมินา (Alumina) ขนาด 50 ไมโครเมตร (Micrometre) เป็นเวลา 10 วินาที ที่ความดัน 3 บาร์ (Bar) ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร เพื่อเตรียมโลหะผสมพื้นฐานสำหรับการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาคในทุกชิ้นงาน จากนั้นนำไปทำความสะอาดด้วยเครื่องล้างความถี่สูง (Ultrasonic cleaner VI, Yoshida dental trade distribution Co., Tokyo, Japan) เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นแบ่งชิ้นงานออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น ตามผลิตภัณฑ์เรซินซีเมนต์ และการใช้สารไพรเมอร์ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์แม็กเซ็มอีลิท (MC)

กลุ่มที่ 2 เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์พานาเวียเอสเอลูตติงพลัส (SA)

กลุ่มที่ 3 เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์จีเซ็ม (GC)

กลุ่มที่ 4 สารไพรเมอร์ผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิลเซรามิกไพรเมอร์พลัส +เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์แม็กเซ็มอีลิท (P+MC)

กลุ่มที่ 5 สารไพรเมอร์ผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิลเซรามิกไพรเมอร์พลัส +เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์พานาเวียเอสเอลูตติงพลัส (P+SA)

กลุ่มที่ 6 สารไพรเมอร์ผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิลเซรามิกไพรเมอร์พลัส +เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์จีเซ็ม (P+GC)

## การเตรียมขึ้นทดสอบ

กลุ่มที่ 1-3: นำแม่แบบซิลิโคน (Silicone mold) ทิบบาง (Elite HD, Zhermack, Badia Polesine, Italy) ที่มีรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ลึก 4 มิลลิเมตร วางลงบนตำแหน่งกึ่งกลาง

ผิวหน้าของโลหะผสมพื้นฐาน จากนั้นฉีดเรซินซีเมนต์ลงในแม่แบบ ฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที เพื่อให้เกิดการบ่มตัวด้วยเครื่องฉายแสง (Elipar Freelight 2 LED curing light, 3M ESPE, Minnesota, USA) ที่ความเข้มแสง 1000 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (Milliwatt/cm<sup>2</sup>) โดยให้ปลายท่อนำแสงตั้งฉากและแนบชิดกับผิวหน้าของแม่แบบ โดยเรซินซีเมนต์ที่ใช้ทุกผลิตภัณฑ์เป็นชนิดที่มีสีใส (Translucent) เพื่อให้แสงผ่านได้ จากนั้นค่อย ๆ แกะแม่แบบออกด้วยความระมัดระวัง ฉายแสงซ้ำอีกครั้งเป็นเวลา 40 วินาที ทิ้งไว้อีก 10 นาทีเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (Polymerization) อย่างสมบูรณ์

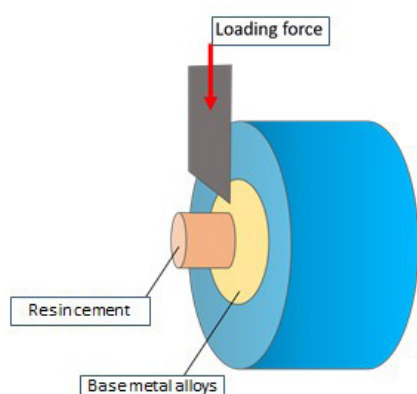
กลุ่มที่ 4-6: ใช้พู่กันไมโครบรัช (Microbrush) ขนาดเล็ก (Applicator Tips, Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany) ชุบเคลียร์ฟิลเซรามิกไพรเมอร์พลัสแล้วทาที่ผิวของโลหะผสมพื้นฐาน ให้ทั่วทั้งผิวหน้าของโลหะ แล้วใช้พู่กันไมโครบรัชตามใหม่ซับสารไพรเมอร์ส่วนเกินออก จากนั้นเป่าด้วยลมจากทริปปิเลไซริง (Triple syringe) ที่ปราศจากละอองน้ำและน้ำมัน ด้วยแรงดัน 40-50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (Pound/inch<sup>2</sup>) ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร นาน 5 วินาที ฉายแสงไพรเมอร์บนผิวหน้าโลหะแห้งสนิท จากนั้นนำแม่แบบซิลิโคนที่มีรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ลึก 4 มิลลิเมตร วางลงบนตำแหน่งกึ่งกลางผิวหน้าของโลหะผสมพื้นฐาน จากนั้นฉีดเรซินซีเมนต์ลงในแม่แบบ ฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที เพื่อให้เกิดการบ่มตัว โดยให้ปลายท่อนำแสงตั้งฉากและแนบชิดกับผิวหน้าของแม่แบบ จากนั้นค่อย ๆ แกะแม่แบบออกด้วยความระมัดระวัง ฉายแสงซ้ำอีกครั้งเป็นเวลา 40 วินาที ทิ้งไว้อีก 10 นาทีเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันสมบูรณ์

นำชิ้นทดสอบในทุกกลุ่มแช่ในน้ำกลั่น โดยเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator; Humanlab instrument Co., Suwon, Korea) ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

## การทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน (Shear bond strength test)

นำชิ้นทดสอบยึดเข้ากับอุปกรณ์เพื่อทดสอบกำลังแรงยึดเฉือน โดยให้แนวระนาบของปลายมีดที่จะใช้ทดสอบแรงเฉือน (Shearing blade) ขนานกับรอยต่อระหว่างโลหะผสมพื้นฐานกับเรซินซีเมนต์ และสัมผัสกับบริเวณที่จะทำการทดสอบ (รูปที่ 1) ทำการทดสอบกำลังแรงยึดเฉือนระหว่างโลหะผสมพื้นฐานกับเรซินซีเมนต์ด้วยเครื่องทดสอบสากลระบบไฮดรอลิก (Universal testing machine; AGS-X 500N, Shimadzu corporation, Kyoto, Japan) ที่ความเร็วของหัวกด (Crosshead speed) เท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที คำนวณค่ากำลังแรงยึดเฉือนโดยนำแรงเฉือนสูงสุดหารด้วยพื้นที่ของเรซินซีเมนต์ที่สัมผัสกับโลหะผสมพื้นฐาน ซึ่งค่าที่ได้มีหน่วยเป็นเมกะพาสคาล (Megapascal, MPa)





รูปที่ 1 ภาพแผนผังการทดสอบกำลังแรงยึดเหนี่ยว  
Figure 1 Schematic of shear bond strength test

### การศึกษารูปแบบความล้มเหลว (Mode of failure)

การศึกษารูปแบบความล้มเหลวภายหลังการแตกหัก โดยนำชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereomicroscope; ML 9300, Meiji Techno Co. Ltd., Saitama, Japan) กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อศึกษารูปแบบความล้มเหลวของแรงยึดระหว่างโลหะผสมพื้นฐานกับเรซินซีเมนต์ สามารถแบ่งเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

1. การยึดไม่อยู่ (Adhesive failure) เกิดความล้มเหลวระหว่างรอยต่อของโลหะผสมพื้นฐานกับเรซินซีเมนต์ เมื่อดูบนผิวโลหะผสมพื้นฐานจะไม่พบเรซินซีเมนต์หลงเหลืออยู่เลย (โดยมีพื้นที่ของการยึดไม่อยู่ร้อยละ 80 ขึ้นไป)
2. การเชื่อมแน่นล้มเหลว (Cohesive failure) เกิดความล้มเหลวในเนื้อวัสดุเรซินซีเมนต์ เมื่อดูบนผิวโลหะผสมพื้นฐานจะพบเรซินซีเมนต์อยู่ทั้งหมด (โดยมีพื้นที่ของการเชื่อมแน่นล้มเหลวร้อยละ 80 ขึ้นไป)
3. การล้มเหลวแบบผสม (Mixed failure) เกิดความล้มเหลวทั้งแบบการยึดไม่อยู่และการเชื่อมแน่นล้มเหลว เมื่อดูผิว

ตารางที่ 2 ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละรูปแบบความล้มเหลว

Table 2 Mean shear bond strength, standard deviation, and percentage of failure mode

Group	Mean bond strength and standard deviation	Mode of failure (%)		
		Adhesive	Mixed	Cohesive
1. (MC)	8.15±1.26 <sup>A</sup>	100	0	0
2. (SA)	14.74±2.51 <sup>B</sup>	100	0	0
3. (GC)	15.08±1.47 <sup>B</sup>	100	0	0
4. (P+MC)	20.83±1.63 <sup>C</sup>	80	20	0
5. (P+SA)	21.57±1.93 <sup>C</sup>	70	30	0
6. (P+GC)	20.69±2.41 <sup>C</sup>	80	20	0

The value with the same superscript letters indicates no statistically significant difference

โลหะผสมพื้นฐานจะพบเรซินซีเมนต์ติดบนผิวโลหะผสมพื้นฐานอยู่เป็นหย่อม ๆ

### สถิติที่ใช้ทดสอบ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ความแปรปรวนสองทาง (Two-way analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูกีย์ (Tukey's multiple comparisons) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### ผลการศึกษา

การทดลองนี้ไม่พบการแตกหักของชิ้นงานก่อนการทดสอบกำลังแรงยึดเหนี่ยว (Prematurely failed specimen) ในทุกกลุ่มการทดสอบ

ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ย (Mean shear bond strengths) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviations) แสดงไว้ในตารางที่ 2 การวิเคราะห์ทางสถิติพบอิทธิพลของการทาสารไพรเมอร์ต่อค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยของเซลฟ์แอตทิงซ์เรซินซีเมนต์ที่ใช้กับผิวโลหะผสมพื้นฐาน และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยแต่ละกลุ่มพบว่า ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยของกลุ่มที่ 4-6 มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 1-3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) โดยกลุ่ม 4-6 มีค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน และพบว่ากลุ่มที่ 1 มีค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) โดยแตกต่างจากกลุ่มที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบความล้มเหลวที่พบภายหลังจากการทดสอบกำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโลหะผสมพื้นฐานกับเรซินซีเมนต์ (ตารางที่ 2) โดยพบว่ากลุ่มการทดสอบที่ไม่ได้ใช้สารไพรเมอร์ที่มีหมู่ฟอสเฟตทา ก่อนยึดด้วยเรซินซีเมนต์ จะพบการล้มเหลวแบบยึดไม่อยู่ร้อยละ 100 และพบว่ากลุ่มที่ใช้สารไพรเมอร์ที่มีหมู่ฟอสเฟตทา ก่อนยึดด้วยเรซินซีเมนต์ จะพบการล้มเหลวแบบยึดไม่อยู่ร้อยละ 70-80 และแบบผสมร้อยละ 20-30

## บทวิจารณ์

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การใช้สารไพรเมอร์ที่มีฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันเตรียมผิวโลหะผสมพื้นฐานเพื่อการยึดติด รวมไปถึงการใช้เซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ที่มีสารฟังก์ชันนอลมอนอเมอร์ต่างชนิดมีประสิทธิภาพในการยึดติดกับผิวโลหะผสมแตกต่างกัน ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้

การเตรียมพื้นผิวของโลหะผสมพื้นฐานเพื่อการยึดติดสามารถทำได้ 2 ลักษณะคือ 1. เตรียมพื้นผิวเพื่อเพิ่มการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาค 2. เตรียมพื้นผิวเพื่อเพิ่มการยึดติดทางเคมี โดยการเตรียมพื้นผิวเพื่อการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาคโดยการเป่าผงอะลูมินาจะทำให้เกิดความขรุขระบนพื้นผิวของโลหะผสมพื้นฐาน เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว (Surface area) และเพิ่มการไหลแผ่ (Wettability) ของเรซินซีเมนต์ ทำให้สามารถเกิดการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาคและการยึดติดทางเคมีที่ระหว่างเรซินซีเมนต์และโลหะผสมพื้นฐานได้<sup>20,21</sup> Shafiei และคณะ<sup>17</sup> แนะนำให้ใช้อุณหภูมิขนาด 50 ไมโครเมตร ที่ความดัน 3 บาร์ เป็นเวลา 10 วินาที ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร ในการเตรียมพื้นผิวเพื่อการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาคของโลหะผสมพื้นฐานจากการศึกษาของ Shafiei และคณะ<sup>17</sup> และ Sarafianou และคณะ<sup>22</sup> พบว่าการพ่นอนุภาคอะลูมินาเพื่อให้เกิดความขรุขระบนพื้นผิวโลหะผสมพื้นฐาน ซึ่งเป็นการส่งเสริมการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาคจะสามารถเพิ่มค่ากำลังแรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์กับโลหะผสมพื้นฐานได้

ชั้นออกไซด์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโลหะผสมพื้นฐานในการเกิดการยึดติดทางเคมีกับสารที่มีหมู่ฟอสเฟต/คาร์บอกซิเลตเป็นหมู่ฟังก์ชัน<sup>10-14</sup> เช่น สารเคลียร์ฟิลเซรามิกไพรเมอร์พลัส สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอล (Universal adhesive) หรือเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ เป็นต้น โดยเมื่อทาสารที่มีหมู่ฟอสเฟต/คาร์บอกซิเลตเป็นหมู่ฟังก์ชันลงบนผิวของโลหะผสมพื้นฐาน ปลายข้างที่มีหมู่ฟอสเฟต/คาร์บอกซิเลตจะเกิดการยึดติดทางเคมีกับชั้นออกไซด์ของโลหะผสมพื้นฐาน ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งเป็นเมทาโครเลตที่มีคาร์บอนพันธะคู่ (C=C) จะเกิดปฏิกิริยาการบ่มตัวเป็นพอลิเมอร์กับสารก่อพอลิเมอร์ได้

เซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์เป็นเรซินซีเมนต์ที่มีส่วนประกอบของสารที่มีหมู่ฟอสเฟต/คาร์บอกซิเลตเป็นหมู่ฟังก์ชันรวมอยู่ในส่วนผสมของเรซินซีเมนต์<sup>4</sup> โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้เซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ 3 ผลิตภัณฑ์คือ 1. แม็กเซ็มอีลิท มีสารกลีเซอรอลฟอสเฟตไดเมทาโครเลตหรือจีพีดีเอ็ม (Glycerol phosphate dimethacrylate, GPDM) ซึ่งเป็นสารที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชัน 2. พานาเวียเอสเอลูตติงพลัส มีสารเท็น-เมทาโครโลอิลออกไซด์ซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟตหรือเอ็มดีพี (10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate,

MDP) ซึ่งเป็นสารที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชัน 3. จีเซ็ม มีกรดโพรเมทาโครโลอิลออกไซด์เอทิลไตรเมลลิติกแอโนไฮโดรด์หรือโพรเมต (4-methacryloyloxyethyl trimellitic acid, 4-MET) ซึ่งเป็นสารที่มีหมู่คาร์บอกซิเลตเป็นหมู่ฟังก์ชันและมีเอสเทอร์ของกรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid ester) ซึ่งเป็นสารที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันร่วมด้วย โดยพบว่าค่ากำลังแรงยึดของแม็กเซ็มอีลิทมีค่าต่ำกว่าพานาเวียเอสเอลูตติงพลัสและจีเซ็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทำการยึดติดกับโลหะผสมพื้นฐาน เมื่อพิจารณาถึงโครงสร้างโมเลกุลของจีพีดีเอ็มพบว่าหมู่สเปซเซอร์ (Spacer) ที่สั้นกว่าเอ็มดีพีและโพรเมต อาจส่งผลทำให้ความคงทน (Durability) ของการยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์และโลหะผสมพื้นฐานมีค่าต่ำได้ นอกจากนี้จีพีดีเอ็มยังมีสมบัติความชอบน้ำ (Hydrophilicity) ที่ค่อนข้างสูงกว่าสารที่มีหมู่ฟังก์ชันตัวอื่น ๆ และมีความเสถียรของการเกิดการยึดติดกับชั้นออกไซด์ที่ค่อนข้างต่ำกว่าสารที่มีหมู่ฟังก์ชันตัวอื่น ๆ ด้วยเช่นกัน<sup>23-26</sup> ยิ่งไปกว่านั้นได้มีการศึกษาถึงสมบัติอื่น ๆ ของเรซินซีเมนต์โดย Zorzin และคณะ<sup>27</sup> พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของแม็กเซ็มอีลิทมีค่าต่ำถึง 3.9 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้ไม่สามารถเกิดความเป็นกลางได้อย่างเพียงพอ จึงส่งผลต่อสมบัติของเรซินซีเมนต์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ferracane และคณะ<sup>28</sup> พบว่าการมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำ จะทำให้เรซินซีเมนต์มีสมบัติที่ชอบน้ำ เป็นสาเหตุของการดูดน้ำและการบวมตัวของเรซินซีเมนต์ได้ ยิ่งไปกว่านั้น Go และคณะ<sup>29</sup> พบว่าเมื่อนำชิ้นทดสอบของแม็กเซ็มอีลิทไปผ่านการเร่งอายุ (Aging) ด้วยวิธีเทอร์โมไซคลิง (Thermocycling) 5000 รอบ จะมีอัตราการสูญเสียเนื้อเรซินซีเมนต์ไปร้อยละ 90 จึงเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้แม็กเซ็มอีลิทมีค่ากำลังแรงยึดต่ำกว่าพานาเวียเอสเอลูตติงพลัสและจีเซ็มอย่างมีนัยสำคัญ

ค่ากำลังแรงยึดของพานาเวียเอสเอลูตติงพลัสและจีเซ็มมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าสูงกว่าแม็กเซ็มอีลิทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากพานาเวียเอสเอลูตติงพลัสมีสารเอ็มดีพีซึ่งปลายข้างหนึ่งมีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชัน ทำให้สามารถเกิดการยึดติดทางเคมีกับชั้นออกไซด์บนผิวโลหะผสมพื้นฐานได้<sup>12,13,30</sup> และปลายอีกข้างหนึ่งเป็นเมทาโครเลตที่มีคาร์บอนพันธะคู่สามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันกับสารก่อพอลิเมอร์ได้ โดยจะเกิดพอลิเมอร์แบบร่างแห (Cross-link polymerization) เพิ่มความแข็งแรงเชิงกลของเรซินซีเมนต์ได้อีกด้วย<sup>17</sup> ยิ่งไปกว่านั้นสารเอ็มดีพีที่มีหมู่สเปซเซอร์ที่ยาว (Long chain spacer) ทำให้มีความคงทนของการยึดติดที่สูง<sup>23,31</sup> จึงส่งผลทำให้พานาเวียเอสเอลูตติงพลัสมีค่ากำลังแรงยึดที่สูง ในขณะที่จีเซ็มมี 4-MET ซึ่งเป็นสารที่มีหมู่คาร์บอกซิเลตเป็นหมู่ฟังก์ชันและมีเอสเทอร์ของกรดฟอสฟอริกซึ่งเป็นสารที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็น

หมู่ฟังก์ชัน 4-META (4-Methacryloxyethyl trimellitate anhydride) เป็นสารมอนอเมอร์ตัวแรกที่สามารถเกิดการยึดติดทางเคมีกับชั้นออกไซด์บนผิวโลหะผสมพื้นฐานได้<sup>14</sup> โดยเมื่อ 4-META ทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) กับน้ำจะเกิดเป็น 4-MET ที่สามารถเกิดการยึดติดทางเคมีกับชั้นออกไซด์ได้<sup>32</sup> มีรายงานการศึกษามากมายพบว่า 4-META/4-MET สามารถเกิดการยึดติดทางเคมีกับชั้นออกไซด์บนผิวโลหะผสมพื้นฐานได้<sup>10,11,14,32</sup> จึงส่งผลทำให้จึงเชื่อมั่นว่าค่ากำลังแรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์กับโลหะผสมพื้นฐานที่สูงขึ้นจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า เมื่อทาสารไพรเมอร์ที่มีฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันก่อนการยึดด้วยเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์จะทำให้ค่ากำลังแรงยึดของเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์กับโลหะผสมพื้นฐานมีค่าสูงขึ้นในทุกผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kapoor และคณะ<sup>33</sup> โดยพบว่าสารไพรเมอร์ปลายข้างที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันจะเกิดการยึดติดทางเคมีกับชั้นออกไซด์ของโลหะผสมพื้นฐาน ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งเป็นเมทาโครเลตที่มีคาร์บอนพันธะคู่จะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันกับเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์ ยิ่งไปกว่านั้นสารไพรเมอร์ที่มีฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันจะช่วยเพิ่มการไหลผ่านของเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์บนผิวโลหะผสมพื้นฐานได้อีกด้วย จากเหตุผลข้างต้นทั้ง 2 ประการ จึงทำให้ค่ากำลังแรงยึดของเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์กับโลหะผสมพื้นฐานมีค่าสูงขึ้นในทุกผลิตภัณฑ์ แต่ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์จากการศึกษาของ Shafiei และคณะ<sup>17</sup> กลับพบว่าการใช้สารไพรเมอร์ที่มีฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันทาาก่อนการยึดติดด้วยซีเมนต์ไม่มีผลทำให้ค่ากำลังแรงยึดเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ทาสารไพรเมอร์ก่อนการยึดติด เนื่องจากซีเมนต์มีปริมาณวัสดุอุดแทรกที่ต่ำ ทำให้เรซินซีเมนต์มีความหนืดต่ำ จึงสามารถไหลผ่านผิวโลหะผสมพื้นฐานได้เป็นอย่างดี

รูปแบบความล้มเหลวที่พบภายหลังจากการทดสอบกำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโลหะผสมพื้นฐานกับเรซินซีเมนต์ พบว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใช้สารไพรเมอร์ที่มีหมู่ฟอสเฟตทาาก่อนยึดด้วยเรซินซีเมนต์ จะพบการล้มเหลวแบบแบบยึดไม่อยู่ร้อยละ 100 และพบว่ากลุ่มที่ใช้สารไพรเมอร์ที่มีหมู่ฟอสเฟตทาาก่อนยึดด้วยเรซินซีเมนต์ จะพบการล้มเหลวแบบยึดไม่อยู่ร้อยละ 70-80 และแบบผสมร้อยละ 20-30 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Shafiei และคณะ<sup>17</sup> ที่รายงานว่า การใช้สารไพรเมอร์ที่มีหมู่ฟอสเฟตทาาก่อนยึดด้วยเรซินซีเมนต์จะพบรูปแบบความล้มเหลวแบบผสมที่เพิ่มขึ้น

ข้อจำกัดของงานวิจัยในครั้งนี้คือการกระตุ้นให้เซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยแสงเป็นหลัก แม้ว่าเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์จะเป็นวัสดุที่สามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันได้ด้วยการบ่มตัวสองรูปแบบ (Dual-cured resin

cement) แต่ก็มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้นของวัสดุภายหลังการฉายแสง<sup>34</sup> อันอาจส่งผลให้เกิดความสมบูรณ์ที่ขอบของชิ้นงานที่ดีขึ้นภายหลังการยึดติดได้<sup>35</sup> อย่างไรก็ตาม การศึกษาต่อไปในอนาคตควรออกแบบงานวิจัยในการกระตุ้นให้เซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมีเป็นหลัก เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้งานทางคลินิกในการยึดติดกับโลหะผสมพื้นฐาน

## บทสรุป

เซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์ที่มีส่วนประกอบของสารเอมัลดีฟหรือโพรเมตให้ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวกับโลหะผสมพื้นฐานที่สูงกว่าเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์ที่ไม่มีส่วนประกอบของสารเอมัลดีฟหรือโพรเมต ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์จะให้ค่าที่สูงขึ้นเมื่อทำการปรับสภาพผิวโลหะผสมพื้นฐานด้วยสารไพรเมอร์ที่มีฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันก่อนการยึดติดด้วยเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์

## เอกสารอ้างอิง

- Hickel R, Manhart J. Longevity of restorations in posterior teeth and reasons for failure. *J Adhes Dent* 2001;3(1):45-64.
- Dias-Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1999;81(2):135-41.
- Stamatacos C, Simon JF. Cementation of indirect restorations: An overview of resin cements. *Compend Contin Educ Dent* 2013;34(1):42-6.
- Klaisiri A, Krajangta N. Self-adhesive resin cements. *J Dent Assoc Thai* 2015;65(1):11-20.
- Klaisiri A, Oonsombat C, Thamrongananskul N. Effect of dentin dryness on shear bond strengths of self-adhesive resin cements. *J Dent Assoc Thai* 2015;65(3):167-80.
- Amaral M, Belli R, Cesar PF, Valandro LF, Petschelt A, Lohbauer U. The potential of novel primers and universal adhesives to bond to zirconia. *J Dent* 2014;42(1):90-8.
- Yokota Y, Nishiyama N. Determination of molecular species of calcium salts of MDP produced through decalcification of enamel and dentin by MDP-based one-step adhesive. *Dent Mater J* 2015;34(2):270-9.
- Klaisiri A, Krajangta N, Sriamporn T, Thamrongananskul N. Shear bond strengths of zirconia/resin cement using different adhesives. *J Dent Assoc Thai* 2019;69(3):353-60.
- Klaisiri A, Krajangta N, Sriamporn T, Thamrongananskul N. The effects of universal adhesives on zirconia/resin composite shear bond strengths. *Khon kaen Dent J* 2019;22(2):135-43.
- Matsumura H, Tanaka T, Taira Y, Atsuta M. Bonding of a cobalt-chromium alloy with acidic primers and tri-n-butylborane-initiated luting agents. *J Prosthet Dent* 1996;76(2):194-9.
- Canay S, Hersek N, Tulunoglu I, Uzun G. Effect of 4-META adhesive

on the bond strength of different metal framework designs and acrylic resins. *J Oral Rehabil* 1997;24(12):913-9.

12. Yoshida K, Tanagawa M, Atsuta M. *In-vitro* solubility of three types of resin and conventional luting cements. *J Oral Rehabil* 1998;25(4):285-91.

13. Mansour A, Ercoli C, Graser G, Tallents R, Moss M. Comparative evaluation of casting retention using the ITI solid abutment with six cements. *Clin Oral Impl Res* 2002;13(4):343-8.

14. Minami H, Tanaka T. History and current state of metal adhesion systems used in prosthesis fabrication and placement. *J Oral Sci* 2013;55(1):1-7.

15. Hattar S, Hatamleh M, Khraisat A, Al-Rabab'ah M. Shear bond strength of self-adhesive resin cements to base metal alloy. *J Prosthet Dent* 2014;111(5):411-5.

16. Falcão Filho HBL, Ribeiro RF, Souza RF, Macedo AP, Almeida RP. Tensile strength of resin cements used with base metals in a simulating passive cementation technique for implant-supported prostheses. *Braz Dent J* 2016;27(6):739-43.

17. Shafiei F, Behroozibakhsh M, Abbasian A, Shahnavaizi S. Bond strength of self-adhesive resin cement to base metal alloys having different surface treatments. *Dent Res J (Isfahan)* 2018;15(1):63-70.

18. Tsuchimoto Y, Yoshida Y, Mine A, Nakamura M, Nishiyama N, Van Meerbeek B, *et al.* Effect of 4-MET- and 10-MDP-based primers on resin bonding to titanium. *Dent Mater J* 2006;25(1):120-4.

19. International Organization for Standardization. ISO/TR 11405 Dental materials-Guidance on testing of adhesion to tooth structure. Geneva:ISO;2003.

20. Yun JY, Ha SR, Lee JB, Kim SH. Effect of sandblasting and various metal primers on the shear bond strength of resin cement to Y-TZP ceramic. *Dent Mater* 2010;26(7):650-8.

21. Marshall SJ, Bayne SC, Baier R, Tomsia AP, Marshall GW. A review of adhesion science. *Dent Mater* 2010;26(2):e11-6.

22. Sarafianou A, Seimenis I, Papadopoulos T. Effectiveness of different adhesive primers on the bond strength between an indirect composite resin and a base metal alloy. *J Prosthet Dent* 2008;99(5):377-87.

23. Feitosa VP, Ogliari FA, Van Meerbeek B, Watson TF, Yoshihara K, Ogliari AO, *et al.* Can the hydrophilicity of functional monomer affect chemical interaction? *J Dent Res* 2014;93(2):201-6.

24. Wang R, Shi Y, Li T, Pan Y, Cui Y, Xia W. Adhesive interfacial

characteristics and the related bonding performance of four self-etching adhesives with different functional monomers applied to dentin. *J Dent* 2017;62:72-80.

25. Arai M, Takagaki T, Takahashi A, Tagami J. The role of functional phosphoric acid ester monomers in the surface treatment of yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystals. *Dent Mater J* 2017;36(2):190-4.

26. Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Okihara T, Yoshida Y, Van Meerbeek B. Chemical interaction of glycerophosphate dimethacrylate (GPDM) with hydroxyapatite and dentin. *Dent Mater* 2018;34(7):1072-81.

27. Zorzin J, Petschelt A, Ebert J, Lohbauer U. pH neutralization and influence on mechanical strength in self-adhesive resin luting agents. *Dent Mater* 2012;28(6):672-9.

28. Ferracane JL, Stansbury JW, Burke FJ. Self-adhesive resin cements - chemistry, properties and clinical considerations. *J Oral Rehabil* 2011;38(4):295-314.

29. Go EJ, Shin Y, Park JW. Evaluation of the microshear bond strength of MDP-containing and non-MDP-containing self-adhesive resin cement on zirconia restoration. *Oper Dent* 2019;44(4):379-85.

30. NaBadalung DP, Powers JM, Connelly ME. Comparison of bond strengths of denture base resins to nickel-chromium-beryllium removable partial denture alloy. *J Prosthet Dent* 1997;78(6):566-73.

31. Feitosa VP, Sauro S, Ogliari FA, Ogliari AO, Yoshihara K, Zanchi CH, *et al.* Impact of hydrophilicity and length of spacer chains on the bonding of functional monomers. *Dent Mater* 2017;30(12):e317-23.

32. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, *et al.* Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials* 2007;28(26):3757-85.

33. Kapoor S, Prabhu N, Balakrishnan D. Comparison of the effect of different surface treatments on the bond strength of different cements with nickel chromium metal alloy: An *in vitro* study. *J Clin Exp Dent* 2017;9(7):e912-8.

34. Ilie N, Simon A. Effect of curing mode on the micro-mechanical properties of dual-cured self-adhesive resin cements. *Clin Oral Investig* 2012;16(2):505-12.

35. Irie M, Suzuki I. Current luting cements: marginal gap formation of composite inlay and their mechanical properties. *Dent Mater* 2001;17(4):347-53.



## ความเจ็บปวดที่เกิดจากแรงทางทันตกรรมจัดฟันเพิ่มการแสดงออกของตัวรับทรานเซียนทีรีเซปเตอร์โพเทนเซียลวานิลลอยด์ 1 และสารสื่อประสาทซัสแตนซ์ พี

## Pain induced by orthodontic force upregulates Transient Receptor Potential subtype 1 and Substance P expressions

เพ็งเฉลย ธรรมานิชาณนท์<sup>1</sup>, อันวยา แก้วพิทักษ์<sup>2</sup>, ชิดชนก ลิธนะกุล<sup>1</sup>

Peungchaleoy Thammanichanon<sup>1</sup>, Aunwaya Kaewpitak<sup>2</sup>, Chidchanok Leethanakul<sup>1</sup>

<sup>1</sup>อนุสาขาวิชาทันตกรรมจัดฟัน สาขาวิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา ประเทศไทย

<sup>1</sup>Section of Orthodontics, Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand

<sup>2</sup>อนุสาขาวิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก สาขาวิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา ประเทศไทย

<sup>2</sup>Section of Pediatric Dentistry, Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand

### บทคัดย่อ

เพื่อศึกษาลักษณะของตัวรับทรานเซียนทีรีเซปเตอร์โพเทนเซียลวานิลลอยด์ 1 (Transient receptor potential vanilloid subtype 1, TRPV1) ในเซลล์ประสาทของเส้นประสาทคู่ที่ 5 และความสัมพันธ์ของตัวรับทรานเซียนทีรีเซปเตอร์โพเทนเซียลวานิลลอยด์ 1 กับซัสแตนซ์ พี (Substance P, SP) ระหว่างการได้รับแรงทางทันตกรรมจัดฟัน หนูทดลองสายพันธุ์วิสตา (Wistar) เพศผู้ 8 สัปดาห์ จำนวน 25 ตัว ได้รับแรงทางทันตกรรมจัดฟันต่อเนื่องขนาด 50 กรัมเป็นเวลา 12 ชั่วโมง, 24 ชั่วโมง, 3 วัน และ 7 วัน ส่วนกลุ่มควบคุมไม่ได้รับแรงกระตุ้นค่าความเจ็บปวดที่แสดงออกของใบหน้า (Rat Grimace Scale Scores, RGS scores) ใช้เพื่อวัดพฤติกรรมความเจ็บปวด ความสัมพันธ์ของตัวรับทรานเซียนทีรีเซปเตอร์โพเทนเซียลวานิลลอยด์ 1 และซัสแตนซ์ พี ประเมินด้วยวิธีทางอิมมูโนฟลูออเรสเซนซ์ คะแนนค่าความเจ็บปวดที่แสดงออกของใบหน้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่เวลา 24 ชั่วโมง และ 3 วัน การวัดขนาดเซลล์พบว่าเซลล์ที่แสดงออกของตัวรับทรานเซียนทีรีเซปเตอร์โพเทนเซียลวานิลลอยด์ 1 ประมาณ 75 - 84 เปอร์เซ็นต์ เป็นเซลล์ขนาดเล็กถึงกลาง ร้อยละของเซลล์ที่แสดงออกของตัวรับทรานเซียนทีรีเซปเตอร์โพเทนเซียลวานิลลอยด์ 1 และสารสื่อประสาทซัสแตนซ์ พี และร้อยละการแสดงออกร่วมกันระหว่างตัวรับทรานเซียนทีรีเซปเตอร์โพเทนเซียลวานิลลอยด์ 1 และซัสแตนซ์ พี เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญใน 24 ชั่วโมงและวันที่ 3 เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ความสัมพันธ์ของคะแนนค่าความเจ็บปวดที่แสดงออกของใบหน้าที่ตัวรับทรานเซียนทีรีเซปเตอร์โพเทนเซียลวานิลลอยด์ 1 และซัสแตนซ์ พี กับตัวรับทรานเซียนทีรีเซปเตอร์โพเทนเซียลวานิลลอยด์ 1 เป็นความสัมพันธ์เชิงบวก แรงทางทันตกรรมจัดฟันกระตุ้นให้เกิดความเจ็บปวดโดยการกระตุ้นการแสดงออกของตัวรับทรานเซียนทีรีเซปเตอร์โพเทนเซียลวานิลลอยด์ 1 ซึ่งชักนำให้หลังซัสแตนซ์ พี ตัวรับทรานเซียนทีรีเซปเตอร์โพเทนเซียลวานิลลอยด์ 1 เป็นเป้าหมายหนึ่งในการรักษาที่สำคัญเพื่อลดความเจ็บปวด

**คำสำคัญ :** ตัวรับความรู้สึกเจ็บปวด, การเคลื่อนฟัน, เซลล์ประสาทของเส้นประสาทคู่ที่ 5

### Abstract

To evaluate the characteristics of TRPV1 receptor in trigeminal ganglion neurons and the interaction of TRPV1 with SP after orthodontic force application. Twenty five 8-week-old Wistar rats were applied continuous orthodontic force (50 g) on both maxillary first molars at 12 hours, 24 hours, 3 days, and 7 days. Control group received any no intervention. Rat grimace scale scores (RGS scores) was used to measure orthodontic pain. The relationship of TRPV1 with SP was evaluated using double immunofluorescence staining. Application of orthodontic force increased the



RGS score at 24 hours and 3 days, compared to control group. Cell size measurements showed that TRPV1 expressing trigeminal neurons is derived from of small and medium diameter. Moreover, the percentages of TRPV1- and SP-positive cells relative to the total number of cells and the percentages of trigeminal neurons co-expressing TRPV1/SP significantly increased at 24 hours and 3 days. Correlation coefficients indicated RGS scores correlated positively with the levels of TRPV1. TRPV1 was also correlated positively with the levels of SP. Orthodontic force activates orthodontic pain via stimulation of expressed TRPV1, which induce SP releasing. TRPV1 serves as one of important therapeutic target to decrease orthodontic pain.

**Keywords :** Nociceptors, Tooth movement, Trigeminal neuron

**Date:** Jan 15, 2021      **Revised Date:** Feb 11, 2021      **Accepted Date:** Mar 9, 2021

**doi:** 10.14456/jdat.2021.30

**ติดต่อเกี่ยวกับบทความ :**

ชิดชนก ลีธนะกุล, อนุสาขาวิชาทันตกรรมจัดฟัน สาขาวิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90112 ประเทศไทย โทรศัพท์: 0-7428-7600 อีเมล: chidchanok.l@psu.ac.th or nokleethanakul@yahoo.com

**Correspondence to :**

Chidchanok Leethanakul, Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112, Thailand.Tel: 0-7428-7600 Email: chidchanok.l@psu.ac.th or nokleethanakul@yahoo.com

## บทนำ

ความเจ็บปวดทางทันตกรรมจัดฟันเป็นปัญหาหนึ่งของ การรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ส่งผลให้ผู้ป่วยไม่ต้องการเข้ารับการรักษาหรือรับการรักษานี้ต่อเนื่อง แม้ว่าความเจ็บปวดนี้มีระดับน้อยถึงปานกลางแต่อย่างไรก็ตามอาจส่งผลถึงคุณภาพชีวิตด้านสุขภาพได้ ความเจ็บปวดทางทันตกรรมจัดฟันเกิดจากการให้แรงทางทันตกรรมจัดฟันสู่ตัวฟันเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของฟันไปในตำแหน่งใหม่ แรงนี้กระตุ้นให้เกิดการตอบสนองและการเปลี่ยนแปลงทางชีวโมเลกุลภายในช่องว่างเนื้อเยื่อปริทันต์ (Periodontal ligament space) รวมถึงกระตุ้นปลายประสาทรับความรู้สึก (Sensory nerve ending) ที่อยู่ในเนื้อเยื่อปริทันต์<sup>1</sup> หลังสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบและทำให้เกิดความเจ็บปวดในระยะแรกของการได้รับแรง<sup>2</sup> ความเจ็บปวดทางทันตกรรมจัดฟันนี้เริ่มเกิดขึ้นหลังจากได้รับแรงทางทันตกรรมจัดฟันเป็นเวลา 12 ชั่วโมง และสูงสุดในเวลา 1 วัน จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงในวันที่ 3 ถึง 74 และกลับสู่ระดับปกติใน 1 เดือน ตัวรับทรานเซียนทีรีเซปเตอร์โพเทนเซียลวานิลลอยด์ 1 (Transient receptor potential vanilloid subtype 1, TRPV1) เป็นตัวรับความรู้สึกเจ็บปวดที่มาจากหลายทาง (Polymodal receptor) เช่น ความร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 52 องศาเซลเซียส กรดที่มีค่าความเป็นกรดต่างน้อยกว่า 6.9 กระแสไฟฟ้าและสารแคปไซซิน ตัวรับความ

รู้สึกนี้พบมากในเซลล์ประสาทนำเข้าความรู้สึก (Sensory afferent neuron) เช่น ปมประสาทไขสันหลัง (Dorsal root ganglion, DRG) ปมประสาทของประสาทสมองคู่ที่ 5 (Trigeminal ganglion, TG)<sup>3</sup> การศึกษาของ SHIMIZU และคณะ<sup>4</sup> พบการย้อมติด TRPV1 (TRPV1-immunoreactivity) ในเส้นใยประสาทส่วนเยื่อหุ้มสมองชั้นนอกที่ส่งมาจากปมประสาทของประสาทสมองคู่ที่ 5 นอกจากนี้การกระตุ้น TRPV1 จะเกิดขบวนการฟอสฟอริเลชัน (Phosphorylation) จากการกระตุ้นของโปรตีนไคเนส (Protein kinase) นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงความไวต่อการกระตุ้นของความรู้สึกเจ็บปวด (Pain sensitivity)<sup>7</sup> ปมประสาทของประสาทสมองคู่ที่ 5 ประกอบด้วยเซลล์ประสาทตัวที่หนึ่ง (First order neuron) ของระบบกายสัมผัสทั่วไป (Somatosensory system) ที่ส่งมาจากตัวรับและปลายประสาทที่ไม่มีเปลือกหุ้มในเนื้อเยื่อบริเวณใบหน้าและช่องปาก แสดงว่า TRPV1 มีบทบาทสำคัญต่อการส่งสัญญาณความเจ็บปวดจากช่องปากและใบหน้า<sup>8</sup> นอกจากนี้ การศึกษาที่ผ่านมาในหนูทดลองพบว่า เมื่อให้แรงทางทันตกรรมจัดฟัน พบความสัมพันธ์ของ TRPV1 กับการหลั่งสารสื่อประสาทชนิดแคลซิโทนิน ยีน รีเลทเตด เปปไทด์ (Calcitonin gene-related peptide, CGRP) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทที่มีบทบาทสำคัญในระยะแรกของการเคลื่อนฟันในการตอบสนองต่อการอักเสบ โดยเพิ่ม

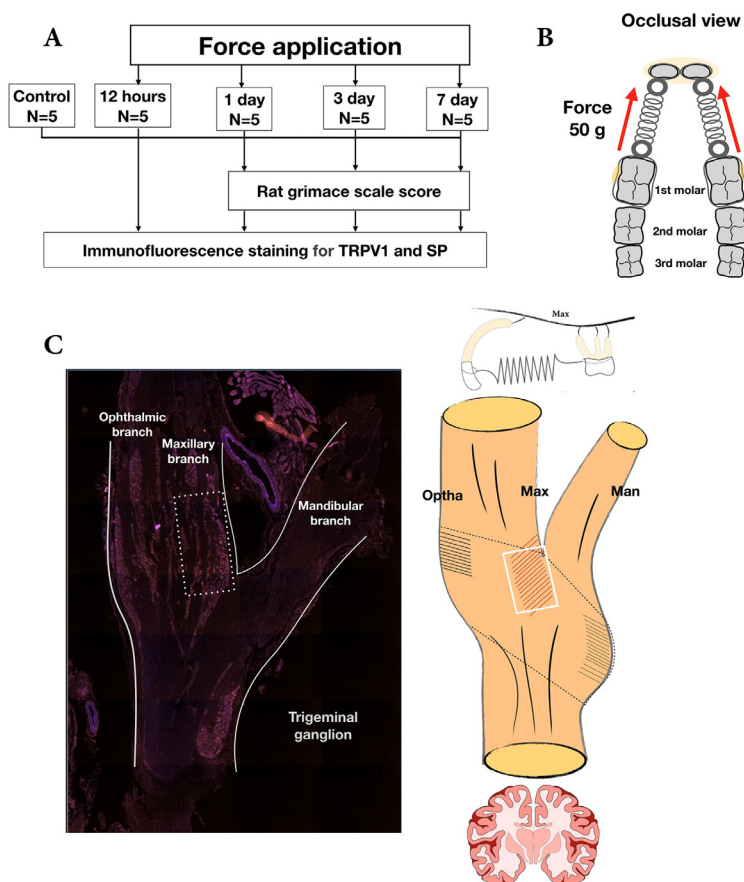
การไหลเวียนของหลอดเลือดและการซึมผ่านของเซลล์ที่ผนังหลอดเลือดกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันและชักนำเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ เช่น เซลล์แมโครฟาจ (Macrophage) และโมโนไซต์ (Monocyte) เข้ามายังบริเวณที่ได้รับแรงเค้นฟืนนั้น อย่างไรก็ตามสารสื่อประสาทเหล่านี้ยังมีส่วนในการควบคุมการปรับปรุงกระดูกทั้งการสร้างและการละลายกระดูกอีกด้วย<sup>9</sup>

ซับสแตนซ์ พี (Substance P, SP) เป็นหนึ่งในสารสื่อประสาทของความเจ็บปวดและทำหน้าที่ในระบบภูมิคุ้มกันโดย SP กระตุ้นการสร้างสารไซโตไคน์และคีโมไคน์ ทำให้เกิดการกระตุ้นการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดขาวมาบริเวณที่มีการอักเสบ<sup>10,11</sup> อย่างไรก็ตามการศึกษาที่ผ่านมายังไม่พบการศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ของ TRPV1 กับการหลั่งสารสื่อประสาทชนิด SP ในทางทันตกรรมจัดฟัน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ เพื่อดูผลของแรงทางทันตกรรมจัดฟันที่ทำให้เกิดความเจ็บปวดต่อการแสดงออกของ TRPV1 และสารสื่อประสาท SP

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

### สัตว์ทดลอง (Animal)

หนูขาวใหญ่สายพันธุ์วิสตา เพศผู้ น้ำหนัก 200–250 กรัม อายุ 2 เดือน จากบริษัท โนมูระ สยาม อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ขั้นตอนการทดลองได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการเลี้ยงและใช้สัตว์จากคณะกรรมการจริยบรรณสัตว์ทดลองมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เลขที่ ศร 0521.11/139 สัตว์ทดลองถูกเลี้ยงก่อนการทดลองอย่างน้อย 1 สัปดาห์ ระหว่างการทดลองสัตว์ทดลองถูกเลี้ยงในสถานที่สะอาด ได้รับอาหารสำเร็จรูปอัดเม็ดใส่ภาชนะสำหรับให้อาหารแขวนในกรง และน้ำผ่านเครื่องกรองชนิด reverse osmosis เพียงพอตลอดทั้งวัน มีการควบคุมเวลากลางวันกลางคืนโดยการกำหนดเปิด-ปิดไฟฟ้าทุก 12 ชั่วโมง และอยู่ในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิ กลุ่มการทดลองแบ่งออกตามช่วงเวลา คือ กลุ่มควบคุมไม่ได้รับแรงและกลุ่มให้แรงเคลื่อนที่ฟัน 12 ชั่วโมง 1 วัน 3 วัน และ 7 วันดังแสดงตามรูปที่ 1A



**รูปที่ 1** A. แผนผังแสดงเวลาการทดลอง B. ภาพการติดสปริงนิกลไกไทเทเนียมชนิด close coil ระหว่างฟันกรามซี่ที่หนึ่งบนไปยังฟันตัดหน้าเพื่อให้แรงในการเคลื่อนฟัน 50 กรัม C. แผนภาพแสดงพื้นที่การวิเคราะห์ผลบริเวณแขนงเส้นประสาทแมกซิลลารี (Maxillary branch) ของปมประสาทของประสาทสมองคู่ที่ 5 ในพื้นที่สี่เหลี่ยมสีขาว

**Figure 1** A. Timeline of the experiment. B. Coil-springs were inserted between the incisors and maxillary first molars the springs were activated to exert 50 g force. C. Representative analysis area of the maxillary branch of the trigeminal ganglion (white rectangle)

## ขั้นตอนการติดเครื่องมือ (Force application)

หนูที่ได้รับการให้แรงเคลื่อนฟันที่จะถูกทำให้สลบโดยการให้ยาเคตามีน (Ketamine) ปริมาณ 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมร่วมกับไซลาซีน (Xylazine) ปริมาณ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเข้าทางช่องท้อง การให้แรงเคลื่อนฟันทำโดยการติดสปริงนิกเกิลไทเทเนียมชนิด close coil ระหว่างฟันกรามซี่ที่หนึ่งบนไปยังฟันตัดหน้าทั้งสองข้าง ตัวสปริงยึดกับฟันโดยใช้ลวดลิกเจอร์ (Ligature wire) ขนาด 0.008 นิ้ว พันรอบตัวฟันและใช้เรซินคอมโพสิตที่ไหลแห้งได้ที่มีการบ่มตัวด้วยแสง (Flowable light cure resin composite) ฉีดบนลวดทั้งด้านแก้มและด้านเพดานเพื่อกันไม่ให้ลวดเคลื่อนที่หลุดออกจากฟัน แรงสปริงที่ให้แก่ฟันกรามซี่ที่หนึ่งในการเคลื่อนที่ไปทางใกล้กลางมีขนาด 50 กรัม<sup>12</sup> ดังแสดงตามรูปที่ 1B

## การวิเคราะห์พฤติกรรมความเจ็บปวด (Pain behavior analysis)

การวิเคราะห์พฤติกรรมความเจ็บปวดในการศึกษานี้ใช้วิธีประเมินค่าความเจ็บปวดที่แสดงออกของใบหน้า (Rat Grimace Scale, RGS)<sup>13</sup> โดยนำหนูทดลองใส่กล่องพลาสติกใสขนาด 10 x 10 x 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในสิ่งแวดล้อมที่สงบ ทำการเก็บข้อมูลในช่วง active phase คือ 12 dark phase ในวันที่ 1 3 และ 7 ด้วยกล้องวิดีโอสองตัววางอยู่ด้านหน้าและหลังกล่อง เป็นเวลา 30 นาที และนำมาแปลงเป็นรูปภาพจำนวน 10 ภาพ มีระยะห่างทุก ๆ 3 นาที รวมเป็น 20 ภาพต่อหนู 1 ตัว การวิเคราะห์คะแนนค่าความเจ็บปวดที่แสดงออกของใบหน้าอ้างอิงจากการศึกษาของ Sotocinal และคณะ<sup>14</sup> คะแนนค่าความเจ็บปวดของแต่ละภาพพิจารณาจาก

การเฉยเคแสนของ 4 ลักษณะของใบหน้าส่วนตา หู จมูก และหนวด โดยแต่ละส่วนมีค่าคะแนน 0 ถึง 2 ดังแสดงตามรูปที่ 2 โดยไม่รวมระยะเวลาที่หนูเกลื่อนหน้าหรือหลับ

### 1. ลักษณะการเปิดตา

คะแนน 0 คือ เปิดตาปกติ

คะแนน 1 คือ หรีตาไม่เกินครึ่งหนึ่ง

คะแนน 2 คือ หรีตาเกินครึ่งหนึ่ง

### 2. ลักษณะสันจมูกและร่องระหว่างจมูกกับแก้ม

คะแนน 0 คือ พบสันจมูกและมีร่องระหว่างจมูกกับแก้มชัดเจน

คะแนน 1 คือ พบสันจมูกและมีร่องระหว่างจมูกกับแก้มไม่ชัดเจน

คะแนน 2 คือ ไม่พบพบสันจมูกและมีร่องระหว่างจมูกกับแก้ม

### 3. ลักษณะรูปร่างและตำแหน่งหู

คะแนน 0 คือ ใบหูรูปร่างกลมตั้งตรงกับหัว

คะแนน 1 คือ ใบหูลู่และเอียงออกจากหัวไม่เกิน 45 องศา

คะแนน 2 คือ ใบหูลู่และเอียงออกจากหัวเกินกว่า 45 องศา


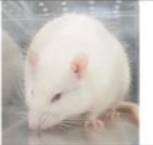
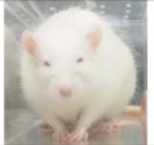




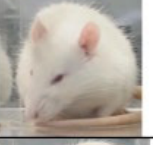




### 4. ลักษณะหนวด

คะแนน 0 คือ หนวดปกติจะกระจายและไม่เกร็งและเอียงต่ำเข้าหาใบหน้า

คะแนน 1 คือ หนวดเกร็งและลู่ออก

คะแนน 2 คือ หนวดเกร็งและลู่ออกชัดเจนและเอียงตั้งฉากใบหน้า

หลังจากนั้นทำการเฉลี่ยคะแนนจาก 20 ภาพของหนู 1 ตัว ทำการวิเคราะห์หนูทดลองกลุ่มควบคุมและกลุ่มให้แรงเคลื่อนที่ฟัน 1 วัน 3 วัน และ 7 วัน กลุ่มละ 5 ตัว

	0	1	2
ลักษณะการเปิดตา			
ลักษณะสันจมูกและแก้ม			
ตำแหน่งและรูปร่างของหู			
ลักษณะหนวด			

รูปที่ 2 การให้คะแนนค่าความเจ็บปวดที่แสดงออกของใบหน้า

Figure 2 Rat Grimace Scale scoring

### การเตรียมตัวอย่างและการย้อมอิมมูโนฟลูออเรสเซนซ์ (Histological procedure and immunofluorescence staining)

หลังจากเก็บข้อมูลพฤติกรรมความเจ็บปวด หนูทดลอง กลุ่มควบคุมและกลุ่มให้แรงเคลื่อนที่ฟัน 12 ชั่วโมง 1 วัน 3 วัน และ 7 วัน ถูกวางยาสลบและทำการฉีดยาด้วยวิธี perfusion โดยสารน้ำ Phosphate Buffer Saline (PBS) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 400 มิลลิลิตร ตามด้วย paraformaldehyde (PFA) ความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 400 มิลลิลิตร จากนั้นจึงผ่าเปิดกะโหลกเพื่อเก็บส่วน ปมประสาทของประสาทสมองคู่ที่ 5 นำชิ้นเนื้อเยื่อแช่สาร PFA ร้อยละ 4 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เพื่อป้องกันการเสื่อมสลายและคงสภาพของเนื้อเยื่อด้วยตามด้วยสารซูโครส (Sucrose) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 เพื่อป้องกันการอันตรายจากการเกิดผืนน้ำแข็ง (Cryoprotection) เนื้อเยื่อปมประสาทของประสาทสมองคู่ที่ 5 ถูกแช่ในน้ำยาดักกลางช่วยยึดตัวอย่างเนื้อเยื่อ (Tissue freezing medium) และตัดที่ความหนา 5 ไมโครเมตร มีระยะห่าง 50 ไมโครเมตรตามแนว sagittal ด้วยเครื่องตัดเย้น

จากนั้นทำการคืนสภาพแอนติเจน (Antigen retrieval technique) โดยนำสไลด์แช่สารน้ำ Citrate Buffer ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ที่มีค่า pH เท่ากับ 6.0 เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ล้างด้วย PBS 10 นาที 3 ครั้ง บ่มใน 10% normal donkey serum ใน PBS ที่มีส่วนผสมของ Triton X-100 ร้อยละ 0.25 เป็นเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ตามลำดับ หลังจากนั้นบ่มไว้ข้ามคืนด้วยแอนติบอดี ชนิดที่ 1 (Primary antibody) คือ polyclonal rabbit anti-TRPV1 และ polyclonal guinea pig anti-Substance P โดยใช้อัตราส่วน 1:500 ละลายกับ normal donkey serum ร้อยละ 5 ใน PBS ที่ผสม Triton X-100 ร้อยละ 0.25 ล้างด้วย PBS 10 นาที 3 ครั้ง บ่มด้วยแอนติบอดี ชนิดที่ 2 (Second antibody) donkey anti-guinea pig IgG-Brilliant Violet 421 และ donkey anti-rabbit IgG- Cyanine (Cy3) เป็นเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิห้อง นำตัวอย่างสไลด์ดูผลผ่านกล้องจุลทรรศน์ฟลูออเรสเซนซ์ กลุ่มควบคุมเชิงลบ (Negative control) ทำการย้อมเช่นเดียวกันกับกลุ่มอื่นแต่ไม่ย้อมด้วยแอนติบอดี ชนิดที่ 1

### การเก็บข้อมูล (Data collection)

การเก็บผลการทดลองของทุกกลุ่มทำการกำหนดกรอบตำแหน่งที่สนใจ (Regions of interest) คือ บริเวณจากจุดแยก (Bifurcation) ของแขนงเส้นประสาทแมกซิลลารี (Maxillary branch) และเส้นประสาทแมนดิบูลาร์ (Mandibular branch) ของปมประสาทของประสาทสมองคู่ที่ 5 ขนานตามแนวของแขนงเส้นประสาทแมกซิลลารี ขนาด 500 × 1000 ตารางไมโครเมตร

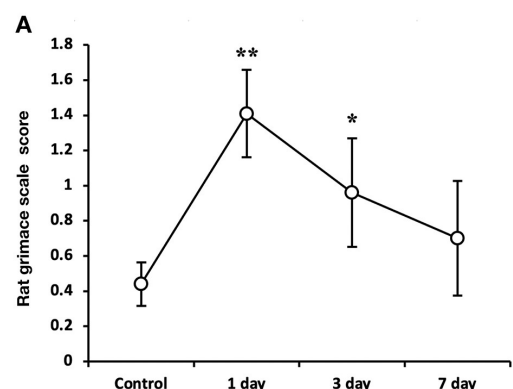
ดังแสดงตามรูปที่ 1C การวิเคราะห์จำนวนเซลล์ประสาทในกรอบตำแหน่งที่สนใจมีจำนวนแต่ละกลุ่มการทดลองอยู่ที่ 2360 – 2885 เซลล์ แบ่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเซลล์ตามการศึกษาของ Messlinger และ Russo<sup>15</sup> ออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก (ขนาดเล็กกว่า 20 ไมโครเมตร) ขนาดกลาง (ขนาด 20 - 35 ไมโครเมตร) และขนาดใหญ่ (ขนาดใหญ่กว่า 35 ไมโครเมตร) และการวิเคราะห์จำนวนเซลล์ประสาทที่แสดงออกของ TRPV1 และ SP ทั้งหมดในตำแหน่งที่สนใจ โดยใช้โปรแกรม Zen software version 2.6 blue edition (Carl Zeiss, Oberkochen, Germany)

### สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล (statistical analysis)

ข้อมูลการทดลองวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสถิติ SPSS (version 17.0, SPSS Inc.) ข้อมูลของผลพฤติกรรมความเจ็บปวดและการย้อมพิเศษทางอิมมูโนฟลูออเรสเซนซ์แสดงเป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พิจารณาการแจกแจงแบบปกติด้วยสถิติ Shapiro-Wilk test ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มของข้อมูลพฤติกรรมความเจ็บปวด และค่าการย้อมพิเศษทางอิมมูโนฟลูออเรสเซนซ์ในแต่ละช่วงเวลาหลังจากการได้รับแรงทางทันตกรรมจัดฟันโดยใช้สถิติ One way analysis of variance (One-way ANOVA) การทดสอบสมมติฐานกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05

### ผลการศึกษาของการให้แรงการเคลื่อนฟันต่อคะแนนค่าความเจ็บปวดที่แสดงออกของใบหน้า

คะแนนค่าความเจ็บปวดที่แสดงออกของใบหน้าหลังรับแรงทางทันตกรรมจัดฟันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและมีค่าสูงสุดที่ 24 ชั่วโมงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และยังคงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3 จากนั้นมีค่าลดลงถึงระดับปกติในวันที่ 7 (รูปที่ 3) ผลการศึกษานี้บ่งบอกการให้แรงทางทันตกรรมจัดฟันกระตุ้นความเจ็บปวดขึ้น



รูปที่ 3 กราฟแสดงคะแนนค่าความเจ็บปวดที่แสดงออกของใบหน้าหลังรับแรงทางทันตกรรมจัดฟัน

Figure 3 Line graph showing rat grimace scale score following the application of orthodontic force

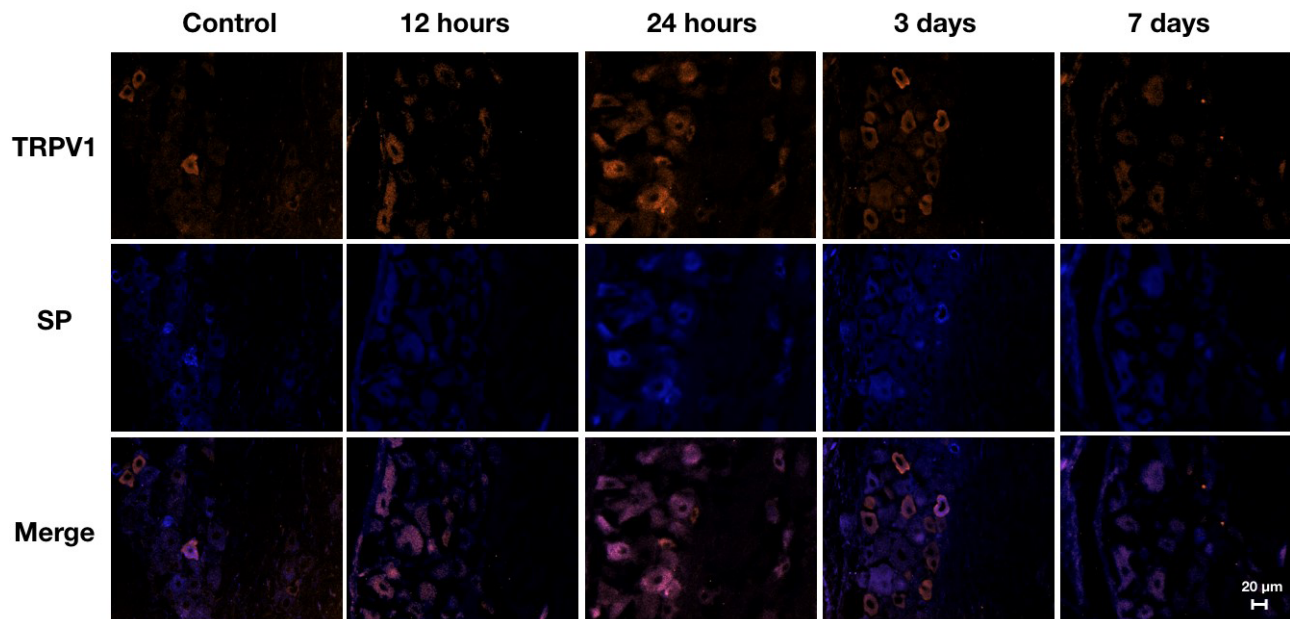


ผลการศึกษาของการให้แรงกระตุ้นต่อการแสดงออกของ TRPV1 และ SP ทางการย้อมอิมมูโนฟลูออเรสเซนซ์

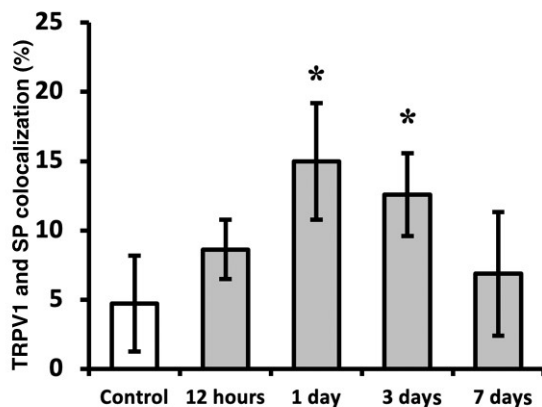
เมื่อให้แรงทางทันตกรรมจัดฟันบนตัวฟันร้อยละของเซลล์ที่แสดงออกของ TRPV1 และสารสื่อประสาท SP เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 1 และ 3 ( $p < 0.05$ ) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

(รูปที่ 4B) นอกจากนี้ค่าร้อยละของการแสดงออกร่วมกันในเซลล์เดียวกัน (Percentages of cells co-expressing) ของ TRPV1 และสารสื่อประสาท SP เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 1 และ 3 ( $p < 0.05$ ) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (รูปที่ 4C)

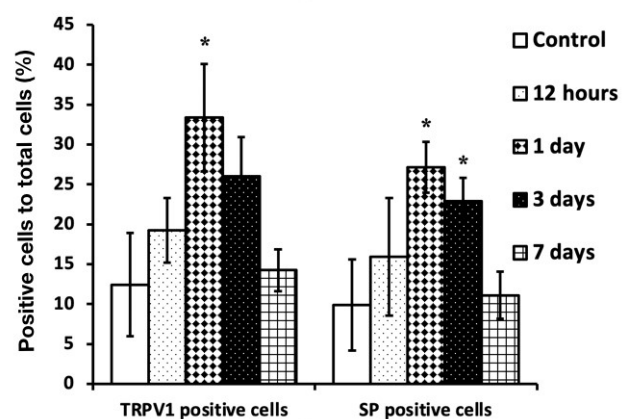
**A**



**B**



**C**



รูปที่ 4 A. รูปการย้อมอิมมูโนฟลูออเรสเซนซ์ แถวบน คือ การย้อม TRPV1 แถวกลาง คือ การย้อมสารสื่อประสาท SP แถวล่าง คือ การย้อมร่วมกันของ TRPV1 และ SP B. กราฟแสดงร้อยละของเซลล์ที่แสดงออกของ TRPV1 และร้อยละของเซลล์ที่แสดงออกของ SP C. ร้อยละของการแสดงออก ร่วมกันในเซลล์เดียวกันของ TRPV1 และ SP

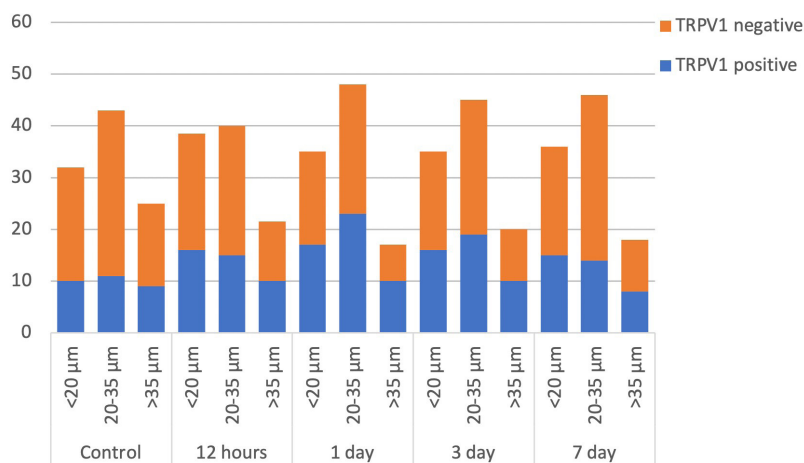
Figure 4 A. Images of trigeminal neurons stained for TRPV1 (Top panel), SP (middle panel) and merged images (Bottom panel). B. Bar graph of the percentage of TRPV1 positive cells and SP positive cells relative to total cells. C. Bar graph of the percentage of TRPV1/SP co-expressing cells



## ผลการศึกษาขนาดเซลล์ประสาทที่แสดงออกของ TRPV1 หลังจากการให้แรงการเคลื่อนฟัน

ผลการศึกษาพบว่า TRPV1 มีการแสดงออกเซลล์ประสาทในเซลล์ประสาทขนาดเล็กถึงขนาดกลาง (ขนาดเล็กกว่า 35 ไมโครเมตร) คิดเป็นร้อยละ 75 - 84 ของเซลล์ที่มีการแสดงออกของ TRPV1 เมื่อให้แรงทางทันตกรรมจัดฟันเป็นเวลาวันที่ 1 พบการแสดงออกของ

TRPV1 ในเซลล์ประสาทขนาดเล็กถึงขนาดกลางเพิ่มขึ้น 19 % และในเซลล์ประสาทขนาดใหญ่ (มากกว่า 35 ไมโครเมตร) เพิ่มขึ้น 1% และพบว่าในวันที่ 3 เซลล์ประสาทขนาดเล็กถึงกลางมีการแสดงออกของ TRPV1 เพิ่มขึ้น 14 % และเซลล์ประสาทขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น 1% เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (รูปที่ 5)



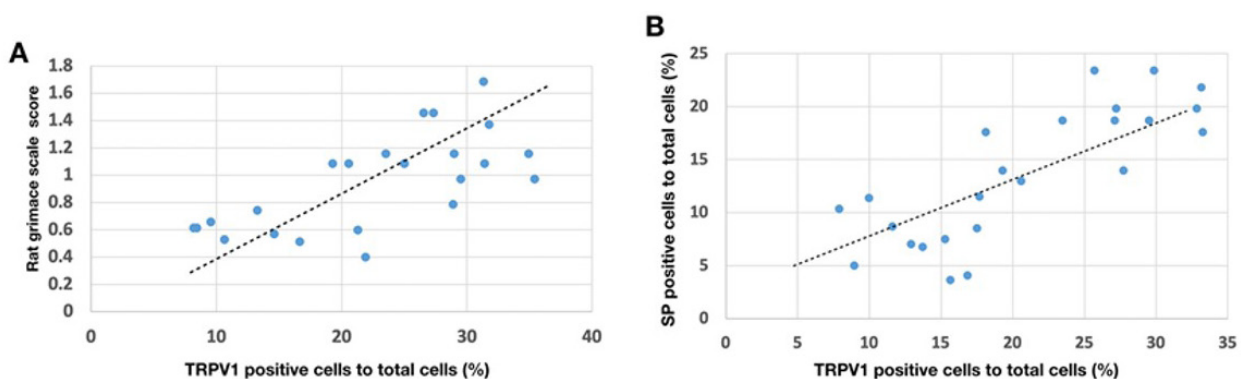
รูปที่ 5 กราฟแสดงขนาดเซลล์ประสาทที่มีการแสดงออกของ TRPV1 หลังได้รับแรงทางทันตกรรมจัดฟัน

Figure 5 Bar graph of cell size distribution analysis of TRPV1 expressing trigeminal neurons following the application of orthodontic force

## ผลการศึกษาของความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของเซลล์ที่แสดงออกของ TRPV1 กับพฤติกรรมความเจ็บปวดและร้อยละของเซลล์ที่แสดงออกของสารสื่อประสาท SP

ผลการศึกษาพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างร้อยละของเซลล์ที่แสดงออกของ TRPV1 กับคะแนนค่าความเจ็บปวดที่แสดง

ออกของใบหน้า ( $p < 0.05$ ,  $r = 0.625$ ) ดังแสดงตามรูปที่ 6A และความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างร้อยละของเซลล์ที่แสดงออกของ TRPV1 กับร้อยละของเซลล์ที่แสดงออกของสารสื่อประสาท SP ( $p < 0.05$ ,  $r = 0.545$ ) ดังแสดงตามรูปที่ 6B



รูปที่ 6 A. ความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างร้อยละของเซลล์ที่แสดงออกของ TRPV1 กับคะแนนค่าความเจ็บปวดที่แสดงออกของใบหน้า B. ความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างร้อยละของเซลล์ที่แสดงออกของ TRPV1 กับร้อยละของเซลล์ที่แสดงออกของสารสื่อประสาท SP

Figure 6 A. Positive correlation between the percentages of TRPV1- positive cells and rat grimace scale score. B. Positive correlation between the percentages of TRPV1- positive cells and the percentages of SP- positive cells

## บทวิจารณ์

ผลการศึกษา พบว่า การให้แรงทางทันตกรรมจัดฟันกระตุ้นให้เกิดความเจ็บปวดทางพฤติกรรมและการเพิ่มขึ้นของร้อยละของเซลล์ที่แสดงออกของ TRPV1 และสารสื่อประสาท SP รวมถึงร้อยละของการแสดงออกร่วมกันในเซลล์เดียวกัน (Percentages of cells co-expressing) ของ TRPV1 และสารสื่อประสาท SP นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างร้อยละของเซลล์ที่แสดงออกของ TRPV1 กับพฤติกรรมความเจ็บปวดและความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างร้อยละของเซลล์ที่แสดงออกของ TRPV1 กับร้อยละของเซลล์ที่แสดงออกของสารสื่อประสาท SP ผลการศึกษานี้แสดงถึงการกระตุ้น TRPV1 ส่งผลต่อการหลั่งของสารสื่อประสาท SP ที่เกี่ยวข้องกับการส่งสัญญาณความเจ็บปวดภายหลังการให้แรงทางทันตกรรมจัดฟัน

เนื่องจากการรับรู้ความเจ็บปวดเป็นข้อมูลของแต่ละบุคคลที่มีผลมาจากประสบการณ์ความเจ็บปวดที่ได้รับ สภาวะร่างกาย และชนิดของการเคลื่อนฟัน การทดลองนี้จึงเลือกใช้หนูขาวใหญ่สายพันธุ์วิสตาห์ เพื่อลดผลจากปัญหาเหล่านี้ การใช้แรงมาก (Heavy force) คือ ขนาด 50 กรัม เพื่อกระตุ้นให้เกิดการเจ็บปวดฟัน<sup>12</sup> การศึกษานี้ใช้วิธีประเมินค่าความเจ็บปวดที่แสดงออกของใบหน้าเนื่องจากเป็นวิธีที่ปฏิบัติง่าย ทำซ้ำได้ มีความน่าเชื่อถือและไม่ก่อให้เกิดอันตราย<sup>14</sup>

การให้แรงทางทันตกรรมจัดฟันสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดความเจ็บปวดในช่วง 1 ถึง 3 วันแรกหลังการให้แรงทางทันตกรรมจัดฟัน คิดเป็นร้อยละ 94 ของผู้ป่วยทั้งหมด<sup>22</sup> และลดลงใน 7 วัน<sup>4,16,17</sup> ผลของการศึกษานี้ พบว่า ค่าความเจ็บปวดที่แสดงออกทางใบหน้าของหนูขาวใหญ่สายพันธุ์วิสตาห์ สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 1 และลดลงแต่ยังสูงอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 3 หลังจากได้รับแรงสอดคล้องกับการศึกษาของ Erdinc และ Dincer<sup>17</sup> พบว่า ผู้ป่วยให้ค่ามาตรวัดความปวดด้วยสายตา (Visual analog scale, VAS) สูงอย่างมีนัยสำคัญหลังจากได้รับแรงทางทันตกรรมจัดฟัน 6 ชั่วโมงถึง 4 วันและมีค่าสูงที่สุดในวันที่ 1

นอกจากนี้การศึกษานี้ผ่านมา พบว่า การเกิดความเจ็บปวดดังกล่าวสัมพันธ์กับการกระตุ้นการทำงานและการเพิ่มการแสดงออกของตัวรับความเจ็บปวด TRPV1 ที่เส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 โดยการศึกษาของ Qiao และคณะ<sup>19</sup> ที่กระตุ้น TRPV1 ด้วยแรงทางทันตกรรมจัดฟัน พบว่า การให้แรงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการแสดงออกของ TRPV1 และมีการแสดงออกแบบขึ้นกับขนาดแรงที่ให้ (dose dependent) นอกจากนี้การศึกษานี้ของ Gao และคณะ<sup>20</sup> ยังพบว่า เมื่อใช้สารยับยั้ง TRPV1 หลังจากให้แรงทางทันตกรรมจัดฟันสามารถลดพฤติกรรมความเจ็บปวดของหนูตามการลดลงของ TRPV1 อีกด้วย

อย่างไรก็ตาม แรงทางทันตกรรมจัดฟันเป็นตัวกระตุ้นเชิงกล การตอบสนองของเซลล์ประสาทต่อตัวกระตุ้นเชิงกลนั้นพบ

ในเส้นใยประสาทขนาดใหญ่ (A-beta) แต่ตัวรับความรู้สึกปวด (nociceptors) นั้นอยู่ในเซลล์ที่มีเส้นใยประสาทขนาดเล็ก คือ เส้นใยประสาทเอ เดลต้า (A delta fiber) และ ซี (C fiber) จากผลการศึกษาพบว่า การแสดงออกของ TRPV1 ส่วนใหญ่นั้นพบในเซลล์ประสาทขนาดเล็กถึงกลาง<sup>15</sup> เป็นไปได้ว่าการกระตุ้น TRPV1 นั้นอาจเป็นผลทางอ้อมจากการเกิดด้วยแรงทางทันตกรรมจัดฟันจากการศึกษาของ Guo และคณะ<sup>23</sup> พบว่า TRPV1 ถูกกระตุ้นได้จากการเหนี่ยวนำให้เกิดกระบวนการอักเสบ (inflammation) ซึ่งผลของการให้แรงเคลื่อนฟันนั้นจะทำให้เกิดการอักเสบในบริเวณรอบของฟันที่ได้รับแรง การศึกษานี้ด้วยการให้ตัวยับยั้งที่มีความจำเพาะกับตัวรับ TRPV1 รวมถึงการยับยั้งการแสดงออกของ proinflammatory gene สามารถลดความเจ็บปวดที่เกิดจากการให้แรงทางทันตกรรมได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าความเจ็บปวดที่เกิดขึ้นจากการให้แรงทางทันตกรรมจัดฟันนั้นถูกควบคุมด้วยการกระตุ้นตัวรับ TRPV1 ผ่านการเหนี่ยวนำให้เกิดกระบวนการอักเสบ ซึ่งกระบวนการอักเสบนั้นเกิดขึ้นภายใน 24 ชั่วโมงและตามด้วยการตอบสนองทางระบบภูมิคุ้มกัน กระบวนการอักเสบจึงลดลงและหายไปที่สุด<sup>24</sup> และการให้การกระตุ้น TRPV1 ยังส่งผลต่อการลดลงของขีดจำกัดการกระตุ้น (Activation threshold) ของ TRPV1 ทำให้เกิดการเปิดของตัวรับเพิ่มขึ้น และพบการเคลื่อนของแคลเซียมไอออนเข้าเซลล์ (Calcium ion influx) ส่งผลให้เกิดการหลั่งสารสื่อประสาทเพิ่มขึ้น

สารสื่อประสาทที่มีบทบาทสำคัญตัวหนึ่ง คือ SP ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทในกลุ่มเทคิไคนิน (tachykinins family) ทำหน้าที่ควบคุมการอักเสบและการส่งสัญญาณความเจ็บปวด การศึกษาที่ผ่านมาพบระดับของ SP ยังคงมีระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญ หลังได้รับการกระตุ้นเป็นเวลา 3 วัน และพบการแสดงออกร่วมกันในเซลล์เดียวกันของ TRPV1 และสารสื่อประสาท SP ที่ประสาทในคอเคลีย (cochlear) และหลอดเลือดเวทโทโรบาสิลาร์ (vertebro-basilar arteries vessel)<sup>21</sup> SP พบทั้งที่สมองและเนื้อเยื่อประสาทส่วนปลาย (peripheral nerve tissue) มักพบการแสดงออกร่วมกันในเซลล์เดียวกันกับสารสื่อประสาท CGRP การทำงานของ SP และ CGRP มีส่วนที่คล้ายคลึงกัน เช่น ทำให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือด (vasodilation) และเกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบรวมถึงการทำให้เกิดความเจ็บปวด<sup>25,26</sup> การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า แรงทางทันตกรรมจัดฟันสามารถเพิ่มการแสดงออกของ CGRP เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 1<sup>27</sup> อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ พบว่า SP เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 1 และ 3 หลังจากให้แรงทางทันตกรรมจัดฟัน ซึ่งสัมพันธ์กันกับค่าความเจ็บปวดที่แสดงออกของใบหน้า แสดงให้เห็นการทำงานของ SP

มีฤทธิ์อยู่นาน (long lasting action) กลไกที่เป็นไปได้ของการหลั่งสารสื่อประสาท SP ผ่านการกระตุ้น TRPV1 คือ เมื่อ TRPV1 ถูกกระตุ้นจะทำให้เกิดแคลเซียมไอออนเข้าสู่เซลล์ส่งผลโดยตรงต่อการกระตุ้นโปรตีน Synaptosomal-Associated Protein, 25 (Calcium dependent synaptosome formation) ซึ่งเป็นโปรตีนส่วนประกอบของโครงสร้าง SNARE complex ที่มีความสำคัญในการเชื่อมของเยื่อหุ้มถุงสารสื่อประสาทกับเยื่อหุ้มเซลล์ประสาทก่อนซินแนปส์ (Presynaptic membrane) ส่งผลให้สารสื่อประสาทที่อยู่ภายในถุงเกิดการแพร่กระจายออกสู่นอกเซลล์ (Exocytosis)

จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า SP เป็นสารสื่อประสาทอีกหนึ่งตัวที่สำคัญและมีความเกี่ยวข้องกับ TRPV1 ซึ่งมีบทบาทต่อความเจ็บปวดในระหว่างการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ดังนั้นเป็นไปได้ว่าการหาวิธีการเพื่อลดการแสดงออกของ TRPV1 ที่ส่งผลต่อการลดลงของ SP สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการลดความเจ็บปวดระหว่างการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ถ้าทำการลดการแสดงออกของ TRPV1 ที่ส่งผลต่อการลดลงของ SP สำหรับแนวทางในการทำงานวิจัยต่อไป (further study) ผู้วิจัยเห็นว่าควรมีการย้อม isolectin B4 และการเก็บข้อมูลจากกล้องจุลทรรศน์แบบคอนโฟคอล (Confocal microscope) เพื่อการศึกษาแบบสามมิติให้ได้ผลชัดเจนยิ่งขึ้น และควรมีการศึกษาเพื่อดูผลโดยตรงจากแรงทางทันตกรรมจัดฟันกับเซลล์ประสาทและผลทางอ้อมผ่านการกระตุ้นด้วยสารชักนำการอักเสบ (Inflammatory mediator) เพื่อดูการแสดงออกของ TRPV1

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนงบประมาณงานวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

1. Masella RS, Meister M. Current concepts in the biology of orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129(4):458-68.
2. Kvinnsland I, Kvinnsland S. Changes in CGRP-immunoreactive nerve fibres during experimental tooth movement in rats. *Eur J Orthod* 1990;12(3): 320-9.
3. Long H, Liao L, Gao M, Ma W, Zhou Y, Jian F, *et al.* Periodontal CGRP contributes to orofacial pain following experimental tooth movement in rats. *Neuropeptides* 2015;52:31-7.
4. Wang J, Jian F, Chen J, Ye N, Huang Y, Wang S, *et al.* Cognitive behavioral therapy for orthodontic pain control: a randomized trial. *J Dent Res* 2012;91(6):580-5.
5. Ichikawa H, Sugimoto T. VR1-immunoreactive primary sensory neurons in the rat trigeminal ganglion. *Brain Res* 2001;890(1):184-8.

6. Shimizu T, Toriumi H, Sato H, Shibata M, Nagata E, Gotoh K, *et al.* Distribution and origin of TRPV1 receptor-containing nerve fibers in the dura mater of rat. *Brain Res* 2007;1173:84-91.
7. Wang Y. The functional regulation of TRPV1 and its role in pain sensitization. *Neurochem Res* 2008;33(10):2008-12.
8. Eriksson J, Jablonski A, Persson AK, Hao JX, Kouya PF, Wiesenfeld-Hallin Z, *et al.* Behavioral changes and trigeminal ganglion sodium channel regulation in an orofacial neuropathic pain model. *Pain* 2005;119(1-3):82-94.
9. Deguchi T, Takano-Yamamoto T, Yabuuchi T, Ando R, Roberts WE, Garetto LP. Histomorphometric evaluation of alveolar bone turnover between the maxilla and the mandible during experimental tooth movement in dogs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:889-97.
10. Harrison S, Geppetti P. Substance p. *Int J Biochem Cell Biol* 2001;33(6):555-76.
11. Davidovitch Z, Nicolay OF, Ngan PW, Shanfeld JL. Neurotransmitters, cytokines, and the control of alveolar bone remodeling in orthodontics. *Dent Clin North Am* 1988;32(3):411-35.
12. Kraiwattanapong K, Samruajbenjakun B. Effects of different force magnitudes on corticotomy-assisted orthodontic tooth movement in rats. *Angle Orthod* 2018;88(5):632-7.
13. Deuis JR, Dvorakova LS, Vetter I. Methods used to evaluate pain behaviors in rodents. *Front Cell Neurosci* 2017;10:284.
14. Sotocinal SG, Sorge RE, Zaloum A, Tuttle AH, Martin LJ, Wieskopf JS, *et al.* The Rat Grimace Scale: a partially automated method for quantifying pain in the laboratory rat via facial expressions. *Mol Pain* 2011;7(1):55.
15. Messlinger K, Russo AF. Current understanding of trigeminal ganglion structure and function in headache. *Cephalalgia* 2019;39(13):1661-74.
16. Long H, Wang Y, Jian F, Liao LN, Yang X, Lai WL. Current advances in orthodontic pain. *Int J Oral Sci* 2016;8(2): 7-75.
17. Marković E, Fercec J, Šćepan I, Glišić B, Nedeljković N, Juloski J, *et al.* The correlation between pain perception among patients with six different orthodontic archwires and the degree of dental crowding. *Srp Arh Celok Lek* 2015;143:134-40.
18. Erdinç AM, Dinçer B. Perception of pain during orthodontic treatment with fixed appliances. *Eur J Orthod* 2004;26(1):79-85.
19. Qiao H, Gao Y, Zhang C, Zhou H. Increased expression of TRPV1 in the trigeminal ganglion is involved in orofacial pain during experimental tooth movement in rats. *Eur J Oral Sci* 2015;123(1):17-23.
20. Gao Y, Liu Y, Zhu K, Zhang Z, Qiao H, Lu Z, *et al.* Blocking of TRPV-1 in the parodontium relieves orthodontic pain by inhibiting the expression of TRPV-1 in the trigeminal ganglion during experimental tooth movement in rats. *Neurosci Lett* 2016;628:67-72.

21. Vass Z, Dai C, Steyger P, Jancso G, Trune D, Nuttall A. Co-localization of the vanilloid capsaicin receptor and substance P in sensory nerve fibers innervating cochlear and vertebro-basilar arteries. *Neuroscience* 2004;124(4):919-27.
22. Campos MJdS, Fraga MR, Raposo NRB, Ferreira AP, Vitral RWF. Assessment of pain experience in adults and children after bracket bonding and initial archwire insertion. *Dental Press J Orthod* 2013; 18(5):32-7.
23. Guo R, Zhou Y, Long H, Shan D, Wen J, Hu H, *et al.* Transient receptor potential Vanilloid 1-based gene therapy alleviates orthodontic pain in rats. *Int J Oral Sci* 2019;11(1):11.
24. Milošević-Jovčić N, Vujačić A, Konić A, Pavlović J, Todorović V, Glibetić M. The role of cytokines in orthodontic tooth movement. *Srp Arh Celok Lek* 2012;140(5-6):371-8.
25. Cao YQ, Mantyh PW, Carlson EJ, Gillespie AM, Epstein CJ, Basbaum AI. Primary afferent tachykinins are required to experience moderate to intense pain. *Nature* 1998;392(6674):390-4.
26. Guo TZ, Wei T, Shi X, Li WW, Hou S, Wang L, *et al.* Neuropeptide deficient mice have attenuated nociceptive, vascular, and inflammatory changes in a tibia fracture model of complex regional pain syndrome. *Mol Pain* 2012;8:85.
27. Thammanichanon P, Kaewpitak A, Binlateh T, Leethanakul C. Interval vibration reduces orthodontic pain via a mechanism involving down-regulation of TRPV1 and CGRP. *In Vivo* 2020;34(5):2389-99.

# Osteoconductivity Evaluation of 3-Dimensional Dual-leached Polycaprolactone Scaffold

Pratchayaporn Aksorn<sup>1</sup>, Daneeya Chaikiawkeaw<sup>2</sup>, Panunn Sastravaha<sup>1</sup>, Pitt Supaphol<sup>3</sup>, Prasit Pavasant<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

<sup>2</sup>The Center of Excellence in Regenerative Dentistry (CERD), Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

<sup>3</sup>The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

## Abstract

Recently, the dual-leached polycaprolactone (DL-PCL) scaffold for bone tissue engineering had been fabricated using sodium salt and polyethylene glycol as porogens. This novel scaffold showed good porous interconnectivity and did not have any cytotoxicity as judged by SEM analysis and MTT assay. The purpose of this study was to evaluate the *in vitro* biocompatibility and osteogenic conductive potential of this DL-PCL scaffold on the bone formation *in vivo*. Periodontal ligament stem cells were seeded on the DL-PCL scaffold for 16 hours and the morphology of cells on the scaffold was assessed by SEM analysis. The expression of osteogenic related genes was also determined by real-time reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR). The ability of the DL-PCL scaffold to support new bone formation was examined in a rat calvarial defect model. The total IgG from blood serum was measured after scaffold implantation at two, four and eight weeks. The amount and quality of new bone formation were monitored by micro-computed tomography and histological analysis, respectively. The results showed that periodontal ligament stem cells attached and spread on the DL-PCL scaffold and expressed the markers of osteogenic differentiation including ALP, RUNX2 and OSX. There were no significant changes in the level of serum IgG after the scaffolds were implanted. Micro-computed tomography and histological analysis in a rat calvarial model showed a significantly greater amount of new bone formation. These results indicated the ability of DL-PCL for the use of bone tissue engineering.

**Keywords:** Bone tissue engineering, Calvarial defect, Dual-leaching scaffold, Polycaprolactone, Solvent casting/Particulate leaching method, Three-dimensional porous scaffold

**Grants:** This study was supported by the 2012 Research Chair Grant from the National Science and Technology Development Agency (NSTDA). The Center of Excellence for Regenerative Dentistry was supported by the Chulalongkorn Academic Advancement into Its 2<sup>nd</sup> Century Project.

**Received Date:** Jan 18, 2021      **Revised Date:** Feb 9, 2021      **Accepted Date:** Mar 19, 2021

**doi:** 10.14456/jdat.2021.31

## Correspondence to :

Prasit Pavasant, Center of Excellence in Regenerative Dentistry (CERD), Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Henri-Dunant Road, Wangmai, Pathumwan, Bangkok 10330 Thailand. E-mail: prasit.pav@chula.ac.th



## Introduction

Large bone defects resulting from tumor resection, trauma, non-union of fractures, and congenital malformations are common clinical problems in maxillofacial surgery. Several methods have been used for bone reconstruction in the maxillofacial region to solve the previously mentioned problems, which include autogenous bone grafts, allografts, alloplasts and xenografts.<sup>1,2</sup> Autogenous bone graft has been the gold standard of bone replacement for many years because it provides osteogenic cells as well as essential osteoinductive factors needed for bone healing and regeneration. However, this practice is limited by donor-site morbidity and the limited amount of bone that can be obtained. These limitations have inspired a search for innovative techniques for bone bioengineering and developing more suitable biomaterials.<sup>3-5</sup>

The concept of tissue engineering can be defined as the use of a combination of cells, engineering material or scaffold to support the growth and differentiation of cells and the proper biochemical factors to improve or replace biological functions.<sup>6,7</sup> The main principle for bone tissue engineering strategy is to use an osteoconductive porous scaffold in combination with osteogenic cells or osteoinductive biochemical factors that can improve or replace the biological function of the bone.<sup>6-8</sup> The scaffold is the first requirement needed to facilitate the tissue integration into the bone defect; a three-dimensional (3D) porous scaffold will function as a template for cell attachment, proliferation and differentiation of bone cells.<sup>9-11</sup>

Several natural and synthetic polymers have been used to fabricate tissue engineering scaffolds. Aliphatic polyesters such as polycaprolactone (PCL), polylactic acid (PLA), polyglycolic acid and related copolymers are most extensively used in biodegradable scaffolds. PCL is a semicrystalline polyester that is degraded by the hydrolysis of its ester linkages under physiological conditions, such as in the human body. This polymer has received FDA approval and is currently used in clinical practice. Its excellent mechanical, slow biodegradation rate and biocompatibility characteristics were previously highlighted. Moreover, it

is significantly less expensive, readily available in large quantities and can be molded into porous structures to allow for osteoconduction.<sup>12,13</sup>

During the past year, many techniques have been applied for making porous scaffolds. These include solvent casting combined with particulate leaching, freeze drying, electrospinning, phase separation, melt molding, and combinations of these techniques. Solvent casting combined with particulate leaching is a technique that results in highly porous structures.<sup>10</sup>

In our previous research<sup>14</sup>, a three dimensional PCL scaffold was fabricated using a modified solvent casting, particulate leaching. By using both sodium chloride and polyethylene glycol (PEG) powders as porogens, a newly synthesized dual-leached (DL) PCL scaffold has been fabricated. The *in vitro* analysis reported that this DL-PCL scaffold exhibited highly interconnected pore networks, equally distributed pores, and a relatively uniform pore size of 378–435  $\mu\text{m}$ , further leading to high water absorption capacity of the materials tested. An indirect cytotoxicity evaluation using mouse calvaria-derived preosteoblastic cells (MC3T3-E1) revealed that the scaffolds were not harmful to the cells. The cells cultured on DL-PCL scaffolds also yielded better mineral deposition values compared to the original PCL scaffold. However, the effectiveness of this scaffold to promote new bone formation is still unclear.

The purpose of this work was to evaluate the potential of the DL-PCL scaffold as bone scaffolding material. The scaffold was assessed *in vitro* in terms of the ability of the scaffolds to support the adhesion and differentiation, as judged by the expression of osteogenic related genes by primary human periodontal ligament (PDL) cells. Finally, the scaffolds were assessed *in vivo* based on the calvarial defect model in rats. The interaction between scaffold and immune response was assessed by the serum IgG of rats. Bone regeneration in the calvarial defects was evaluated by micro-computed tomography (micro-CT) and histological analysis four weeks and eight weeks after implantation.

## Materials and Methods

### Materials

PCL (Molecular weight (MV) 80,000 g/mol) was purchased from Sigma-Aldrich (St. Louis, MO), and PEG (MW 200, 600, and 1,000 g/mol) was purchased from Merck (Germany). Chloroform (Labscan Asia, Thailand) was used as a solvent for these polyesters, whereas sodium chloride (NaCl; Ajax Finechem, Australia) was used as a porogen.

### Preparation of 3D DL-PCL scaffolds

The three-dimensional scaffolds were fabricated as previously reported.<sup>14</sup> Briefly, polymer solution was prepared by mixing a PCL pellet with PEG (PCL/PEG = 1/1 (w/w)) and chloroform at a concentration of 28% (w/v). The solution was then stirred at room temperature for two to three hours. Next, NaCl particles ranging in diameter from 400 to 500  $\mu\text{m}$  (polymer/NaCl = 1/30 (w/w)) were added. The mixture was packed into petri dishes, creating cylindrical scaffolds that were 10 cm in diameter and 0.5 mm in thickness. Scaffolds were placed in a ventilation hood overnight to allow for solvent evaporation. After evaporation, the porogens were leached out by immersing the scaffold in deionized (DI) water for 48 hours, with repeated changes of the DI water every eight hours. The scaffolds were then air-dried for 24 hours and vacuum-dried overnight.

### Isolation and culture of the primary human periodontal ligament cells

Human PDL cells were isolated from periodontal ligament tissues obtained from the third molars extracted for orthodontic reasons. The protocol was approved by the Human Ethical Committee from the Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University (HREC-DCU-2012-079). All patients gave informed consent. Third molars from three healthy young individuals without systemic and oral infection, age between 18-25 years old, were obtained. The periodontal ligament tissue from the middle one-third was scraped off with a surgical blade. The tissue explants were cultured in Growth Medium [GM; Dulbecco Modified Eagle medium (DMEM) supplemented with 10% FBS, 1% L-Glutamine, 0.5 mg/ml gentamicin and 3 mg/ml amphotericin B] and

grew at 37°C humidified atmosphere with 5% CO<sub>2</sub>. The medium and all the supplements were obtained from Gibco (Life Technologies Corporation, Grand Island, NY). After the outgrowing cells reached confluence, cells were subcultured at the ratio 1:3 and cells at the 3rd–5th passages were used for the experiments.

### Reverse-transcription polymerase chain reaction

Human PDL cells were seeded in 12-well at a density of 100,000 cells/well and grew for two days in either growth medium (GM) or osteogenic media [OM; GM supplemented with ascorbic acid (50 mg/ml) and  $\beta$ -glycerophosphate (10 mM)]. The same density of cells was also seeded in DL-PCL scaffold and cultured in OM medium for two days. The scaffolds were prepared in circular shape (5 mm in diameter and 1 mm thickness). Total cellular RNA was extracted with TRI Reagent (Roche Diagnostics) according to the manufacturer's instructions. The RNA pellet was washed with 70% ethanol, air dried, and reconstituted in RNase free water.

Each RNA sample (1  $\mu\text{g}$ ) was converted to cDNA by avian myeloblastosis virus (AMV) reverse transcriptase (Promega, WI) for 1.5 hours at 42°C. Subsequently, semi-quantitative PCR was performed. Cycling conditions were set at 95°C for 30 seconds followed by 40 cycles of 95°C for three seconds and 60°C for 30 seconds. The amount of PCR product was calculated based on the quantitation cycle and normalization to the expression of glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase (GAPDH) gene. The primers were prepared following the reported sequences from GenBank. The oligonucleotide sequences of the primers for alkaline phosphatase (ALP: forward 5' CGA GAT ACA AGC ACT CCC ACT TC 3', reverse 5' CTG TTC AGC TCG TAC TGC ATG TC 3'), runt-related transcription factor 2 (RUNX2: forward 5' ATG ATG ACA CTG CCA CCT CTG A 3', reverse 5' GGC TGG ATA GTG CAT TCG TG 3'), osterix (OSX: forward 5' GCC AGA AGC TGT GAA ACC TC 3', and reverse 5' GCT GCA AGC TCT CCA TAA CC 3') and GAPDH (forward 5'-TGA AGG TCG GAG TCA ACG GAT-3'

and reverse 5'-TCA CAC CCA TGA CGA ACA TGG-3'). The real-time PCR was performed in a LightCycler instrument (Roche Diagnostics, USA) using the LightCycler 480SYBR Green-I Master Kit according to the manufacturer's recommendations.

#### **Morphological observation of cultured cells**

Cells were seeded in the DL-PCL scaffold as described above for 16 hours in GM and fixed with 2.5% glutaraldehyde solution (Sigma, USA) for 30 min. The samples were extensively washed with PBS and dehydrated in ethanol solutions of increasing concentration (30, 50, 70, 90, and 100%) for approximately two minutes at each concentration. The specimens were dried in 100% hexamethyldisilazane (HMDS; Sigma, USA) for five minutes and air-dried after removal of the HMDS. Once completely dry, the specimens were mounted on an SEM stub, coated with gold, and observed under SEM (JSM-5200, JEOL model, Tokyo)

#### **Rat calvarial defect model**

The experiment was carried out on six-week-old wistar rats. The protocol was approved by the Animal Care and Use Ethical Committee, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University (Animal Use Protocol No. 1773019). Bilateral circular calvarial defects (5 mm in diameter) were created under general anesthesia with xylazine and ketamine intraperitoneal injection. A total of ten rats were used and divided into two groups; for the DL-PCL group (n=5), the defect was implanted with DL-PCL scaffold and for the SHAM group (n=5), the defect was left empty. The wound was closed with a 4-0 nylon suture. The DL-PCL scaffolds were prepared as a circular disk as described above in the culture section.

#### **Quantitative analysis of immunoglobulin G (IgG) with enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)**

Whole blood was collected via rat tail before performing the implantation (0 week), two, four and eight

weeks after implantation. The blood centrifugation is made with 10,000 rpm to separate the red blood cells. Then, quantitative detection of rat IgG was done using the Rat IgG ELISA Kit (abcam, MA, USA) with a spectrophotometer at 450 nm. Serum IgG was compared between the SHAM and the DL-PCL groups.

#### **Micro-Computed Tomography (Micro-CT)**

Bone formation in the calvarial defect at 4 and 8 weeks were analyzed using micro-CT imaging. After being euthanized using pentobarbital intraperitoneal injection, the calvarial bones were carefully excised, cleaned and fixed immediately with 10% (v/v) formaldehyde for 24 hours and kept in PBS. Then, the samples were assessed using 35 SCANCO MEDICAL Micro-CT (70 kVp, 114  $\mu$ A, 8 W with 15  $\mu$ m Voxel; SCANCO, Switzerland) for bone mineral density and bone morphology in the defect area. The analyses were performed using 3D analysis software from Scanco Medical (SCANCO Medical AG, Switzerland).

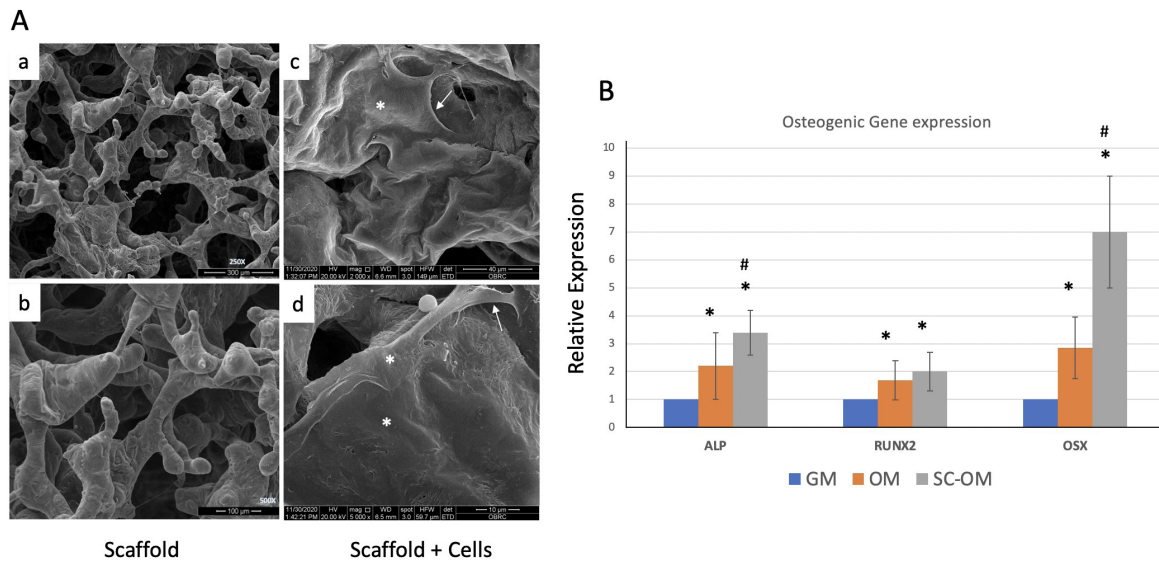
#### **Histological examination**

After micro-CT analysis, the specimens were dehydrated in graded ethanol solutions, embedded in paraffin, coronal sectioned (5  $\mu$ m in thickness), and stained with Masson's Trichrome to demonstrate osteon and cellular detail. The digital images of the sections were obtained by a visual slide microscope (Mirax desk, Carl Zeiss, Germany).

### **Statistical Analysis**

Statistical analysis was performed using the independent *t*-test for mineral density of micro-CT data. Differences at  $p < 0.05$  were considered statistically significant. All statistical analyses were performed using Statistical Package for the Social Science (SPSS) Statistics software package version 22 (IBM, New York, USA).

## Results



**Figure 1** (A) SEM images at 250x (a) and 500x (b) magnification illustrating the microstructures of the DL-PCL scaffold. Representative SEM images illustrating the morphology of PDL cells cultured for 16 hours on DL-PCL scaffolds (c and d with the magnification of 2000x and 5000x, respectively). Note the well spread cells (\*) on the surface of the scaffold. White arrow showed the border of cells that extended over the attached cells. (B) Graph showed the results from real-time RT-PCR analysis to examine the expression of osteogenic markers ALP, RUNX2, and OSX cultured for 2 days. In growth medium (GM) or osteogenic medium (OM) and in DL-PCL scaffold using OM medium (DL-PCL) \* indicated the significance when compared to GM, # indicated the significance when compared to OM at  $p < 0.5$

### Cell adhesion and differentiation

The biocompatibility of DL-PCL scaffold was evaluated in terms of its ability to support cell attachment and differentiation. Fig. 1(A) shows SEM images of DL-PCL with and without PDL cells. Cells were seeded onto the DL-PCL scaffolds for 16 hours and then processed by SEM analysis. The image of the DL-PCL 3D-scaffold showed good interconnected porosity and the appearance of a polymeric network (Fig.1A; a and b). The figure also showed well-spread PDL cells after 16 hours seeded on the scaffold. The majority of cells showed evidence of the extension and expansion over the area of the scaffolds.

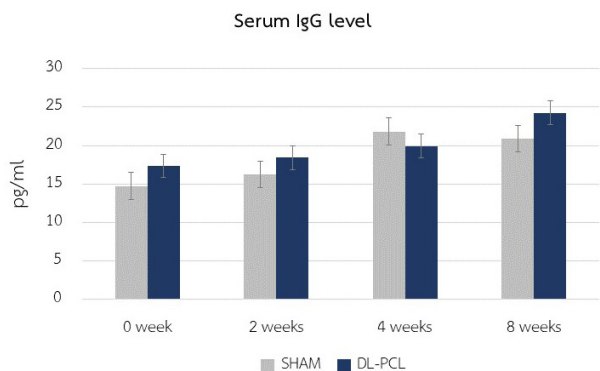
### Comparison of osteogenic gene expression by RT-PCR analysis

The osteogenic differentiation was monitored based on the expression of three key osteogenic related genes including ALP an early marker of osteogenic differentiation, RUNX2 and OSX, the key transcription factors that induced osteogenic differentiation. The results in

Fig.1B showed upregulation of ALP, RUNX2 and OSX mRNAs expression in cells cultured with OM medium for two days compared to the cells cultures in GM. The results also indicated that cell culture on the DL-PCL scaffold showed the increased expression of these three genes compared to those in the OM medium as analysed by real-time RT-PCR.

### Quantitative analysis of IgG levels in rat

The scaffold was implanted in the rat calvarial defect model. Fig. 2 showed the schematic of calvarial defects and the implant of the scaffold in the defects. The defects were created with 5 mm diameter trephine bur within the temporal bone. The defects were left empty (SHAM) or filled with the DL-PCL scaffold for up to 8 weeks. To evaluate the specific-immune response, the amount of total IgG from the serum was measured. The results did not show any significant differences between the level of serum IgG in both the SHAM and the DL-PCL groups at all time points (0-8 weeks).



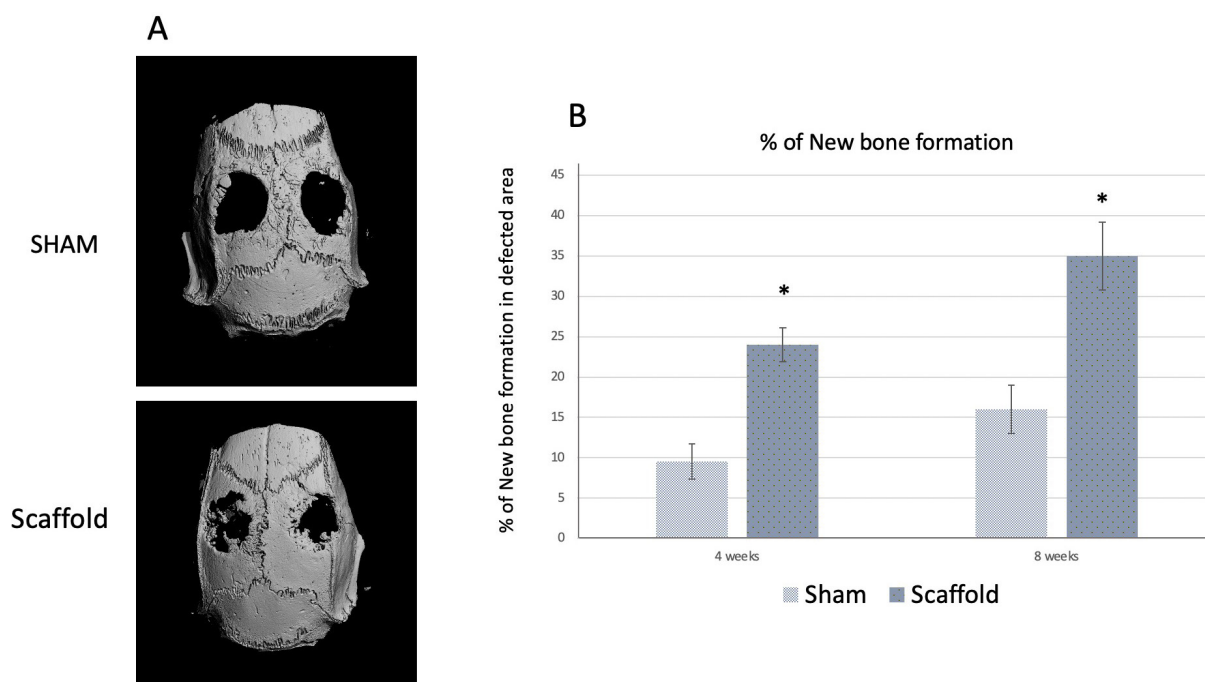
**Figure 2** Graph showed the level of serum IgG of the rat in the SHAM and DL-PCL groups. No significant difference was detected

### **In vivo bone formation of DL-PCL scaffolds in rat calvarial model**

The amount of new bone formation in the defect was assessed by micro-CT analysis after four and eight

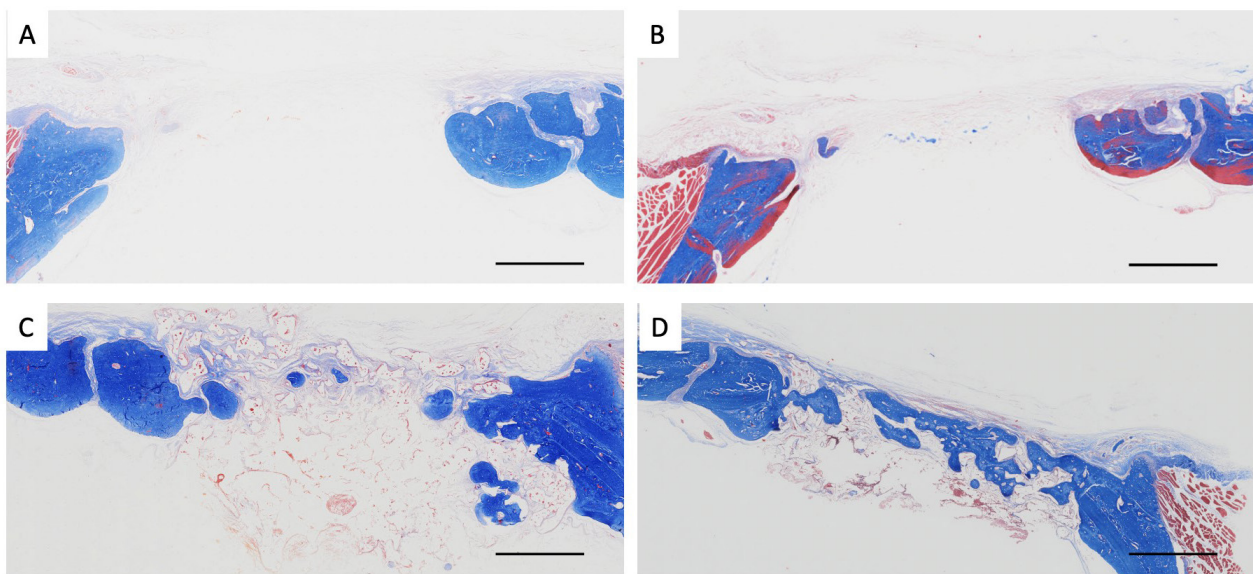
weeks of implantation. Quantification of bone volume/total volume (BV/TV) showed the amount of new bone formation at four and eight weeks of DL-PCL group was significantly higher than the SHAM group ( $P < 0.05$ ) [Fig. 3].

Histological analysis of specimens at four and eight weeks after implantation were shown in Fig. 4. At four weeks, the DL-PCL group was found to have an increase in the amount of collagen, osteoid formation and vascularization inside the scaffold. At eight weeks, woven bone structures, osteocytes and lacunae structures were prominent and the newly formed bone in the center of the defect was seen. In contrast, the defects in the SHAM group were filled with loose connective tissue and minimal mineralization at either time point.



**Figure 3** (A) Picture from micro-CT analysis showed the amount of new bone formation compared between SHAM and DL-PCL groups after 4 and 8 weeks implantation. (B) Graph showed the quantitative amount of new bone formation as calculated by bone volume/total defect volume (BV/TV). \* indicated the significance when compared to SHAM at  $p < 0.5$





**Figure 4** Decalcified histological sections of rat calvarial at 4 and 8 weeks in the SHAM and the DL-PCL groups. a and b showed the section from SHAM after 4 and 8 weeks, respectively. Fibrous tissue was found in the center of the defect. New bone formation could be observed at the edge of the defect. c and d showed the section from the DL-PCL group at 4 and 8 weeks, respectively. New bone formation could be observed within the implanted scaffold. Black bars represented 1 mm

## Discussion

The data from this present study showed the ability of three-dimensional DL-PCL scaffold to support cell adhesion and differentiation both *in vitro* and *in vivo*. The use of PCL scaffold for bone tissue engineering had been report in several studies, however, the majority of bone grew outside the scaffold.<sup>15,16</sup> On the contrary, using our fabrication method, i.e., improve the connectivity between porous, can find the ossification centre that occurred within the scaffold, indicating the enhance ability of the scaffold to support the de novo bone formation.

In terms of cell adhesion, the SEM showed the well spreading of PDL cells on DL-PCL scaffold within 16 hours. The flatten of the cells on the surface of the scaffold indicated the good biocompatibility of the scaffold. This may be due to not only the high porosity and highly interconnected pore networks of the scaffold that allowed the cells to penetrate the scaffold<sup>17,18</sup> but also to the architecture of the scaffold that is similar to the fibrous network.

Not only supporting cell adhesion, cell culture on the DL-PCL scaffold could undergo osteogenic differentiation as judged by the increased expression of ALP, RUNX2 and OSX. ALP is the enzyme that provides to increase the local concentration of inorganic phosphate, a mineralization promoter, and to decrease the concentration of extracellular pyrophosphate, an inhibitor of mineral formation.<sup>19</sup> ALP has been considered to be one of the markers that represent the osteogenic differentiation.<sup>20</sup> RUNX2 and OSX are the key transcription factors that regulate osteogenic differentiation.<sup>21,22</sup> An increase of these two genes have been considered as cell undergoes osteogenic differentiation. The higher level of expression of ALP and OSX in cells cultured on the DL-PCL with the OM group compared to cells cultured with OM alone suggested the possibility that the DL-PCL architecture might help promote the cells differentiation. Similar to the present results, Chuenjitkuntaworn *et al.*<sup>23</sup>, reported the significant increase in the expression of type I collagen and osteocalcin mRNAs for the primary

human bone cells cultured on the PCL/HAp and the PCL scaffolds fabricated by combined solvent casting and particulate leaching techniques using sucrose as the porogen.

The ability to support bone cell adhesion and differentiation of DL-PCL scaffold is the key issue determining the success in new bone formation. In order to explore the potential of clinical applications, an *in vivo* study of the scaffold to repair a calvarial defect was performed. The interaction between the scaffold and specific-immune response was analyzed through the serum IgG of rats. Increased serum IgG level at four and eight weeks post-operatively from baseline was probably due to surgical trauma which lead to endogenous upregulation of IgG.<sup>24</sup> There was no significant difference when comparing the IgG levels the of SHAM and DL-PCL groups at all time points, suggesting that B-lymphocyte activity or adaptive immune response was in a range expected for the calvarial defect. Furthermore, an histological analysis saw no foreign body reaction around DL-PCL scaffolds. Thus, the DL-PCL scaffold may become the biocompatible option for tissue engineering. Similarly, Nisbet *et al.*<sup>25</sup> reported the extent of microglial and astrocytic responses following the implantation of an electrospun PCL scaffold on the rat brain. The inflammatory microglia peaked at around four days and persisted for 28 days. Astrocytes displayed a similar pattern of activation. However, 60 days after implantation, there were no scars or foreign body reactions detected surrounding the scaffolds.

Finally, bone regeneration in the calvarial defects of rats was assessed. During the operation, good retention of the DL-PCL scaffolds on the implant site was observed. This may be due to ample drainage of the exudate through the pore structure of the scaffold prevents the accumulation of exudate beneath the scaffold, which may dislodge the scaffold due to the pressure build-up.<sup>23</sup> From a histological view, new blood vessels with red blood cells were formed in the groups receiving DL-PCL scaffold implantation. This suggests the regeneration of vascularized bone tissue by the scaffold. Vascularization is critical for bone regeneration and persistence of newly formed bone tissue mass.<sup>26</sup>

Furthermore, micro-CT data demonstrated a significant increase in BV/TV in the defects of the DL-PCL group at four and eight weeks post-surgery and from histological analysis, the degradation of scaffold and the newly formed bone in the center of the defect in the DL-PCL group at eight weeks after implantation were identified. Interestingly, the appearance of new bone area both at the center and edge of the DL-PCL scaffold group made them significantly increased bone volume greater than the SHAM group and indicate the excellent osteoconductivity of the DL-PCL scaffolds, when implanted *in vivo*. This ability might come from the highly interconnected pore networks of the scaffolds to facilitate cells ingrowth<sup>10</sup> as well as the fibrous like structure of the scaffold.

Regarding the degradation rate of PCL, there was a report showing that the degradation time for the PCL scaffold ranged between 21 days to two years.<sup>16</sup> Generally, a scaffold was designed to allow the seeded cells to proliferate and secrete extracellular matrix, therefore the gradual degradation of the scaffold will provide space for new cell growth.<sup>10</sup> In addition, the water absorption ability of the DL-PCL scaffold may facilitate specific adsorption of serum proteins that could help regulate the adhesion and proliferation of the cells.<sup>23,27</sup> Consider the amount of scaffold left in the affected area between four and eight weeks; approximately half of the scaffold already had degraded. Therefore, the degradation of the scaffold should be within three to six months, which would be the reasonable time frame in craniomaxillofacial applications.<sup>28</sup>

In conclusion, this study suggests that the DL-PCL scaffold was suitable for bone defect repair in a critical size rat calvarial defect model. The novel DL-PCL scaffold could serve as a carrier for repairing bone defects. This scaffold has enormous potential to develop as material for bone tissue engineering applications. Further experimental and clinical studies should be conducted to confirm these results.

## Acknowledgement

This study was supported by the 2012 Research Chair Grant from the National Science and Technology

Development Agency (NSTDA). The Center of Excellence for Regenerative Dentistry was supported by the Chulalongkorn Academic Advancement into Its 2nd Century Project.

## References

1. Wan DC, Nacamuli RP, Longaker MT. Craniofacial bone tissue engineering. *Dental Clinics* 2006;50(2):175-190.
2. Ayoub A, Al-Fotawei R. Biomaterials in the reconstruction of the oral and maxillofacial region. *Front Oral Biol* 2015;17:101-14.
3. Liu Y, Lim J, Teoh SH. Development of clinically relevant scaffolds for vascularised bone tissue engineering. *Biotechnol Adv* 2013; 31(5):688-705.
4. Mobini S, Ayoub A. Bone tissue engineering in the maxillofacial region: The state-of-the-art practice and future prospects. *Regeneration, Reconstruction, & Restoration* 2016;1(1):8-14.
5. Wu S, Liu X, Yeung KW, Liu C, Yang X. Biomimetic porous scaffolds for bone tissue engineering. *Mater Sci Eng R* 2014;80:1-36.
6. Murphy CM, O'Brien FJ, Little DG, Schindeler A. Cell-scaffold interactions in the bone tissue engineering triad. *Eur Cell Mater* 2013;26:120-32.
7. O'Brien FJ. Biomaterials & scaffolds for tissue engineering. *Materials today* 2011;14(3):88-95.
8. Burg KJ, Porter S, Kellam JF. Biomaterial developments for bone tissue engineering. *Biomaterials* 2000;21(23):2347-2359.
9. De Witte T-M, Fratila-Apachitei LE, Zadpoor AA, Peppas NA. Bone tissue engineering via growth factor delivery: from scaffolds to complex matrices. *Regen Biomater* 2018;5(4):197-211.
10. Hutmacher DW. Scaffolds in tissue engineering bone and cartilage. In: *The Biomaterials: Silver Jubilee Compendium*. Elsevier; 2000: 175-189.
11. Salgado AJ, Coutinho OP, Reis RL. Bone tissue engineering: state of the art and future trends. *Macromol Biosci* 2004;4(8):743-765.
12. Marletta G, Ciapetti G, Satriano C, Perut F, Salerno M, Baldini N. Improved osteogenic differentiation of human marrow stromal cells cultured on ion-induced chemically structured poly- $\epsilon$ -caprolactone. *Biomaterials* 2007;28(6):1132-1140.
13. Sinha V, Bansal K, Kaushik R, Kumria R, Trehan A. Poly- $\epsilon$ -caprolactone microspheres and nanospheres: an overview. *Int J Pharm* 2004; 278(1):1-23.
14. Thadavirul N, Pavasant P, Supaphol P. Development of polycaprolactone porous scaffolds by combining solvent casting, particulate leaching, and polymer leaching techniques for bone tissue engineering. *J Biomed Mater Res A* 2014;102(10):3379-3392.
15. Williams JM, Adewunmi A, Schek RM, Flanagan CL, Krebsbach PH, Feinberg SE, *et al*. Bone tissue engineering using polycaprolactone scaffolds fabricated via selective laser sintering. *Biomaterials* 2005; 26(23):4817-4827.
16. Roosa SMM, Kempainen JM, Moffitt EN, Krebsbach PH, Hollister SJ. The pore size of polycaprolactone scaffolds has limited influence on bone regeneration in an *in vivo* model. *J Biomed Mater Res A* 2010;92(1):359-368.
17. Karageorgiou V, Kaplan D. Porosity of 3D biomaterial scaffolds and osteogenesis. *Biomaterials* 2005;26:5474-5491.
18. Takahashi Y, Tabata Y. Effect of the fiber diameter and porosity of non-woven PET fabrics on the osteogenic differentiation of mesenchymal stem cells. *Biomater Sci Polym* 2004;15:41-57.
19. Golub EE, Boesze-Battaglia K. The role of alkaline phosphatase in mineralization. *Current Opinion in Orthopaedics* 2007;18(5):444-448.
20. Endres M, Hutmacher DW, Salgado AJ, C Kaps, J Ringe, R L Reis, *et al*. Osteogenic Induction of Human Bone Marrow-Derived Mesenchymal Progenitor Cells in Novel Synthetic Polymer-Hydrogel Matrices. *Tissue Eng* 2003;9(4):689-702.
21. Liddo R, Paganin P, Lora S, Dalzoppo D, Giraudo C, Miotto D, *et al*. Poly- $\epsilon$ -caprolactone composite scaffolds for bone repair. *Int J Mol Med* 2014;34:1537-1546.
22. Sinha KM, Zhou X. Genetic and molecular control of osterix in skeletal formation. *J Cell Biochem* 2013;114(5):975-84.
23. Chuenjitkuntaworn B, Inrung W, Damrongsri D, Mekaapiruk K, Supaphol P, Pavasant P. Polycaprolactone/hydroxyapatite composite scaffolds: preparation, characterization, and *in vitro* and *in vivo* biological responses of human primary bone cells. *J Biomed Mater Res A* 2010;94(1):241-251.
24. Fishman JM, Wiles K, KJ W. CHAPTER 8 - The Acquired Immune System Response to Biomaterials, Including Both Naturally Occurring and Synthetic Biomaterials. *Host Response to Biomaterials* 2015: 151-187.
25. Nisbet DR, Rodda AE, Horne MK, Forsythe JS, DI F. Neurite infiltration and cellular response to electrospun polycaprolactone scaffolds implanted into the brain. *Biomaterials* 2009:4573-4580.
26. Santos M, Reis R. Vascularization in Bone Tissue Engineering: Physiology, Current Strategies, Major Hurdles and Future Challenges. *Macromol Biosci* 2010;10:12-27.
27. Hariraksapitak P, Suwantong O, Pavasant P, Supaphol P. Effectual drug-releasing porous scaffolds from 1,6-diisocyanatohexane extended poly(1,4-butylene succinate) for bone tissue regeneration. *Polymer Elsevier* 2008;49:2678-2685.
28. Bose S, Roy M, Bandyopadhyay AJTib. Recent advances in bone tissue engineering scaffolds. *Trends Biotechnol* 2012;30(10):546-554.

# Prevalence of Maxillary Sinus Septum and Investigation of Morphology in Thai Population by Cone-beam Computed Tomography; Comparative Study between Dentate Partial Edentate and Edentate

Chananchida Cheangcharoon<sup>1</sup>, Thanakrit Naiyawat<sup>1</sup>, Prathomporn Chuchawengwong<sup>1</sup>, Wareeratn Chengprapakorn<sup>2</sup>, Pisha Pittayapat<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

<sup>2</sup>Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

<sup>3</sup>Department of Radiology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

## Abstract

The aim of this study was to investigate and compare the maxillary sinus septa and morphology in the Thai population by using cone-beam computed tomography (CBCT) between dentate, partially edentate and edentate patients. CBCT scans from 300 Thai patients: 209 females and 91 males with a mean age of 49.22 years old, were retrospectively collected from the hospital database of the Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. All CBCT images were viewed and evaluated on Infinitt<sup>®</sup> software. The evaluation of maxillary sinus septa (type, maxillary sinus wall, location, completion) was performed by two observers. Sixty CBCT scans were randomly selected for re-evaluation after four weeks. Patients' demographic data were recorded. Descriptive analysis of the data was done. A total of 567 maxillary sinuses were included in this study and 241 septa were found. The majority of dentate (60%), partial edentate (59.63%) and edentate (85.71%) groups were found without septa in maxillary sinus. The correlation between dentition and septa was not found. Most septa were located on the medial wall of the maxillary sinus (85.06%), and commonly found in the region of the first and second molars (41.49%). Most maxillary sinuses contained only one septum (88.38%). The septa is mostly attached to the walls of the maxillary sinus (73.03%). Almost 43% (42.74%), of the three-wall-septa attached to the floor, lateral wall and medial wall of the maxillary sinus. The major orientation of the septa was not parallel to sagittal, coronal or horizontal planes (48.96%). The majority of septa completely separated sinus compartments (83.83%). Maxillary sinus septa are common anatomical structures that showed at around 60 – 85% among dentate, partial edentate and edentate patients of the Thai population in this study. They are most often found in the first or second molar region on the floor of the maxillary sinus. These findings are useful information for dentists to prevent possible complications during sinus augmentation procedures.

**Keywords:** Cone-beam computed tomography, Dental implant, Maxillary sinus, Septum

**Received Date:** Jan 22, 2021

**Revised Date:** Feb 9, 2021

**Accepted Date:** Mar 19, 2021

**doi:** 10.14456/jdat.2021.32

**Correspondence to :**

Wareeratn Chengprapakorn, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, 34 Henri-Dunant Road, Pathumwan, Bangkok, 10330 Thailand Tel: 081-755-7558 Email: Wchengprapakorn@gmail.com

## Introduction

Maxillary sinus is a pyramidal shaped cavity extending anteriorly to the canine and premolar area and inferiorly to the first molar region. The size of the sinus increases with age, starting from an insignificant size to an average of 25-35 mm in width, 36-45 mm in height and 38-45 mm in length.<sup>1</sup> The blood supply comes from the infra-orbital artery, the posterior superior alveolar artery and the greater palatine artery.<sup>2</sup> Some anastomoses of the posterior superior alveolar artery and the greater palatine artery can be found at the lateral antral walls. These arteries also supply the Schneiderian membrane of the maxillary sinus.<sup>3</sup> Following tooth extraction, there is a dimensional change of the edentulous area.<sup>4,5</sup> In the posterior maxillary region, there is not only a deficiency in the width and height of the alveolar ridge, but also there is usually the pneumatization of the maxillary sinus which was found to be varied according to tooth type and region. Research showed pneumatization occurs in an area without previous pneumatization. Moreover, previous pneumatization did not favor more pneumatization after tooth extraction.<sup>6</sup> Septa is contained inside some of the maxillary sinuses. Maxillary septa were first described by Underwood in 1910.<sup>7</sup> These septa normally arise from between adjacent teeth and can be found to originate from the floor, the wall or the roof of the sinus.

Nowaday, an osseointegrated dental implant has become readily available for replacing missing teeth. The treatment procedure includes osteotomy of the edentulous area for placement of a dental implant. The common complication found in a dental implant procedure is inadequate bone both in width and height. In order to achieve optimum bone height and width for dental implant placement, a bone augmentation procedure is required. Sinus floor elevation and augmentation is one of the widely used procedures to obtain bone height in the maxillary posterior region. This procedure was first described by Tatum in 1986.<sup>8</sup> The sinus wall is opened at the antral wall and the Schneiderian membrane is lifted to create spaces in between for bone

grafting materials. During the step of exposing the maxillary sinus, perforation of the sinus membrane may occur. This complication is usually associated with the presence of a maxillary sinus septum.<sup>9</sup> Furthermore, there were other intraoperative or postoperative sinus complications such as excessive bleeding, infection, wound dehiscence, sinusitis or loss of bone graft.<sup>9</sup> Therefore, it is necessary to investigate the maxillary sinus septa morphology and pathology by radiographic images prior to the procedure.

Patients with a complete or partial edentulous area are more likely to get dental implant treatment. As a result, the anatomical complication during sinus augmentation surgery will be frequently found in these patients. The correlation between the status of dentition in the posterior maxilla and the presence of sinus septa were not found in the Caucasian population<sup>10</sup> nor in the Taiwanese population.<sup>11</sup> However, this type of data is not available in the Thai population.

Panoramic radiography and cone-beam computed tomography (CBCT) are generally used in dental practice for a preoperative evaluation before placing dental implants.<sup>12</sup> Due to the image geometry and superimposition of anatomical structures, panoramic radiograph may lead to false-positive and false-negative findings in the visualization of septa in almost half of the case studies. False diagnosis of finding maxillary sinus may occur if only panoramic radiography is used.<sup>13,14</sup> CBCT is therefore recommended to obtain a precise preoperative evaluation and three-dimensional visualization of the maxillary sinus.

When using CBCT to investigate maxillary sinus morphology, various orientations and locations of the sinus septa were found in different group populations.<sup>15,16</sup> Nevertheless, there has been no published research on 3D information of maxillary sinus morphology in the Thai population. Therefore, the aim of this study was to investigate the maxillary sinus septum and morphology between dentate, partial edentate and edentate in Thai population by using CBCT.



## Materials and Methods

### *Study design and patient selection*

The study protocol was reviewed and approved by the ethics committee of the Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University (No.064/2019). CBCT images from 1 January 2017- 31 December 2018 were retrospectively collected from the hospital database at the Radiology clinic, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. All CBCT images were screened based on the inclusion and exclusion criteria. CBCT images with a minimum 8x8 mm field of view to cover at least one complete maxillary sinus were included. The exclusion criteria are patients who had a history of surgical intervention or trauma to the maxillary sinus, pathology of the maxillary sinus and the maxillary posterior teeth involving the maxillary sinus (Fig. 1), insufficient image quality. Moreover, the sinuses that exhibited mucosal thickening of more than 4 mm were excluded.

A total of 300 cases were selected with 209 females and 91 males. From these samples, 567 maxillary sinuses (399 sinuses from females and 168 sinuses from males) were included. The maxillary sinuses were divided into three groups (dentate, partial edentate and edentate). Dentate patients include patients with all the teeth present in the selected field of view, partial edentate included

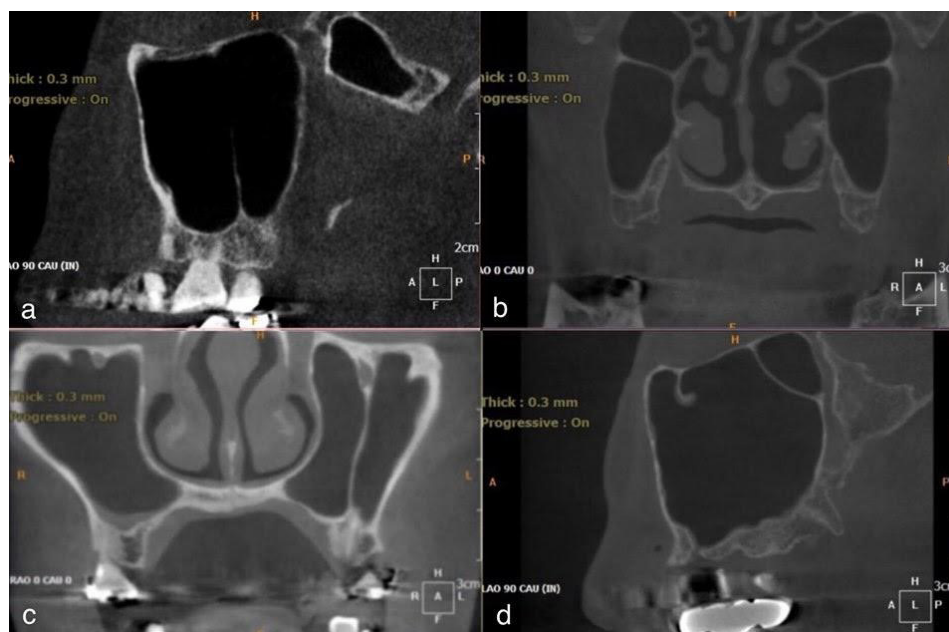
patients with some missing teeth and edentate included patients with no teeth in the field of view. The age group ranged in four groups: 0-20 years old, 21-40 years old, 41-60 years old and more than 60 years old.

### **Radiographic and analysis**

All CBCT images were viewed and evaluated on the picture archiving and communication system (PACS) software (Infinit® software, Infinit Healthcare Co. Ltd., Seoul, Korea). The parameters regarding patient's data (age, sex, status of dentition of the investigated side: dentate, partial edentulous, edentulous), maxillary sinus septum of more than 2.5 mm in height, type of septa (sagittal, coronal, axial, others) (Fig. 2), the maxillary sinus wall that the septum originated from (floor, roof, medial, lateral, anterior, posterior), the number of septa in the sinus, the location of the septa (anterior: premolar, middle: first and second molar, posterior: third molar) (Fig. 3) and the completion of the sinus (complete: cross one wall to the opposing wall, incomplete) were reviewed from the software by two observers. Prior to the observation, a calibration session to be familiar with the software and the collecting data was performed. Twenty percent of the included CBCT scans were randomly re-evaluated after four weeks.



**Figure 1** An axial CBCT image showed an example of a non-investigated left sinus due to pathology



**Figure 2** Types of maxillary sinus septa: (a) A sagittal CBCT image showed an example of a complete coronal septum in the left maxillary sinus (b) A coronal CBCT image showed an example of a complete axial septum in the left and right maxillary sinus (c) A coronal CBCT image showed an example of a complete sagittal septum in the left maxillary sinus (d) A sagittal CBCT image showed an example of a complete other septum in the left maxillary sinus



**Figure 3** Locations of septa: (a) A sagittal CBCT image showed an example of sinus septa in the anterior region in the left maxillary sinus. (b) A sagittal CBCT image showed an example of sinus septa in the middle region in the left maxillary sinus. (c) A sagittal CBCT image showed an example of sinus septa in the posterior region in the left maxillary sinus

## Statistical analysis

IBM SPSS Statistics software version 22.0 (IBM, Armonk, NY, USA) was used to perform statistical analysis. Descriptive analysis and the frequency of maxillary sinus septa was performed. Any correlation regarding age, dentition, type, location and the present of the sinus septa was calculated using Pearson chi-square tests. Cohen's kappa statistic was performed to evaluate interobserver agreement. The significant level was set at  $p < 0.05$ .

## Results

In this study of 300 patients, 209 patients were females (69.67%) and 91 were males (30.33%) with an average age of 49.22 years old. From these patients, 162 (54%) had at least one septum, and 64 (24%) of the 267 bilateral sinus scan showed septa in both sides. In the 567 maxillary sinuses evaluated, a total of 241 septa were present, and 226 sinuses presented with at least one septum (39.9%). The frequency of sinus presented with at least

one septum for the left and right sides were 38.8% (n = 111) and 40.9% (n = 115), respectively. This finding was statistically significant ( $p < 0.001$ ). Of the total evaluated sinuses, 37.6% (n = 213) had one septum, 2.3% (n = 13) had more than one septum (Table 1).

The samples were categorized into three groups according to the types of dentition on the side that maxillary sinus was investigated. The number of maxillary sinuses with absence and presence of septum in the dentate, the partial edentate and the edentate groups are presented in Table 1. Of the 290 sinuses with dentate (100%), 270 sinuses with partially edentulous (100%) and seven sinuses with completely edentulous (100%), the frequency of sinus presented with at least one septum were 116 sinuses (40%), 109 sinuses (40.37%) and one sinus (14.29%) respectively (Table 3).

Regarding the distribution of sinus septa in relation to the status of the dentition in the left posterior maxilla, septa were present in 49.5% of dentate regions, 50.5% of partially edentulous, and 0% of completely edentulous. For the right posterior maxilla, septa were present in 53% of dentate regions, 46.1% of partially edentulous, and 0.9% of completely edentulous. No significant difference was found for the frequency of septa based on the type of dentition ( $p = 0.358$  and  $p = 0.788$  for the left and right sides, respectively). When comparing between male and female, no statistically significant difference was found ( $p = 0.590$ ). The frequencies of septa in males and females were 51.3% and 55%, respectively (Table 2). Patients were assigned into four age groups. There was also no significant difference in the frequency of septa in relation to the age of a patient ( $p = 0.392$ ) (Table 4).

**Table 1** Frequency sinus septa with regards to types of dentition and sex

Dentition	Total sinus By dentition (%)	Sex	Age range (y)	Total sinus by sex (%)	Number of maxillary sinus		
					No septum (%)	1 (%)	More than 1 (%)
Dentate	290 (51.1)	F	10.24 – 84.45 (43.95)	198 (34.9)	113 (19.9)	79 (13.9)	6 (1.1)
		M	11.57 – 70.85 (36.25)	92 (16.2)	61 (10.8)	29 (5.1)	2 (0.3)
Partial edentate	270 (47.6)	F	14.06 – 87.19 (57.21)	196 (34.6)	121 (21.3)	70 (12.4)	5 (0.9)
		M	22.51 – 85.18 (56.07)	74 (13.0)	40 (7.0)	34 (6.0)	0
Edentate	7 (1.2)	F	62.36-64.33 (62.93)	5 (0.9)	4 (0.7)	1 (0.2)	0
		M	69.91 – 69.91 (69.91)	2 (0.3)	2 (0.3)	0	0
Total	567 (100)				341 (60.1)	213 (37.6)	13 (2.3)

**Table 2** Frequency of patients who have sinus septa with regards to sex

Sex	Total patients by sex	Number of patients who have septa (%)
Male	91	47(51.6)
Female	209	115(55)

**Table 3** Frequency of the maxillary sinus with regards to the number of septa by the dentition

Dentition	Total sinus (%)	Number of maxillary sinus (%)	
		No septum	≥1
Dentate	290 (100)	174 (60)	116 (40)
Partial edentate	270 (100)	161 (59.63)	109 (40.37)
Edentate	7 (100)	6 (85.71)	1 (14.29)

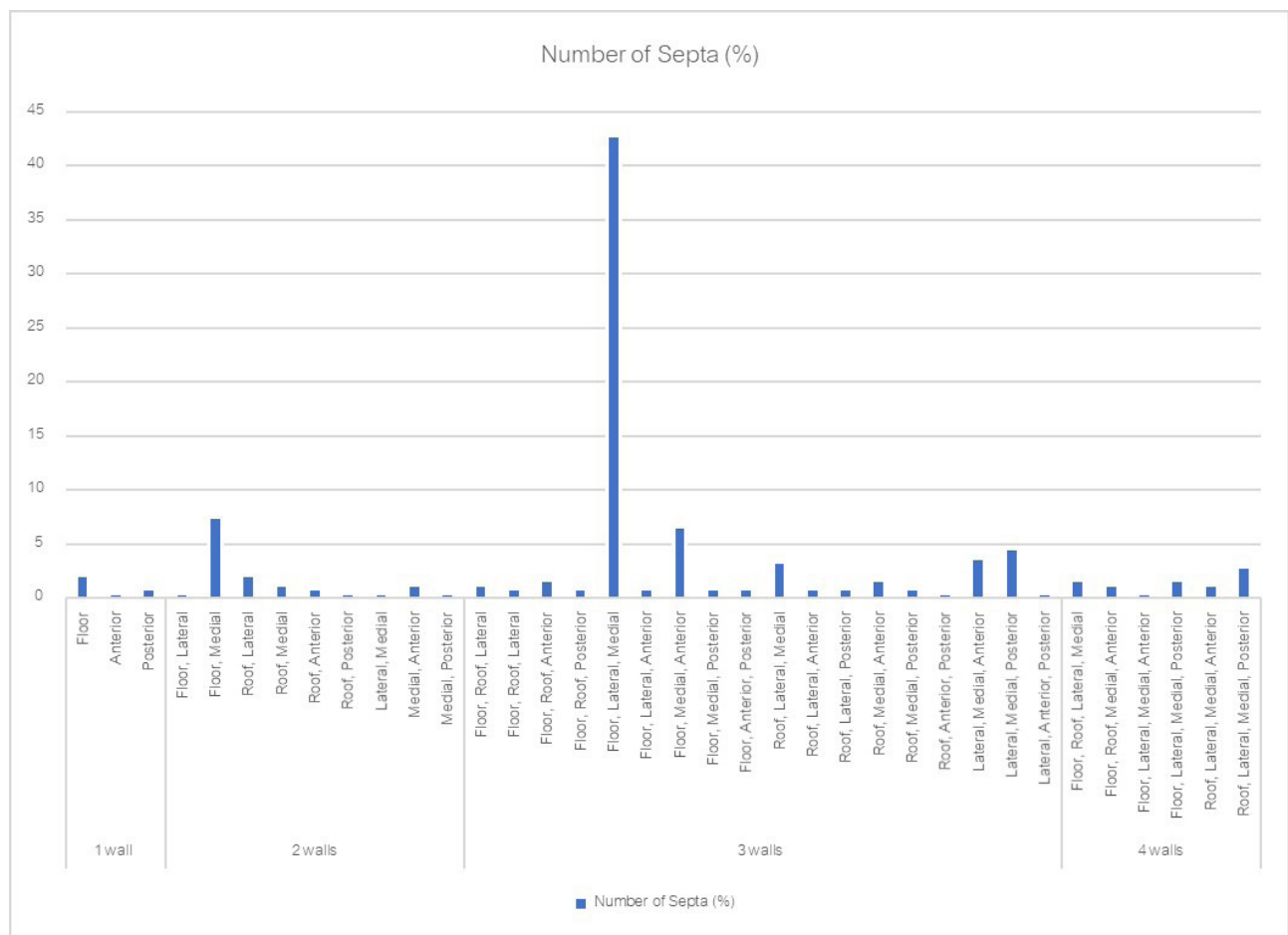
**Table 4** Frequency of sinus septa with regards to age group

	Age group				Total
	0-20 years old	21-40 years old	41-60 years old	More than 60 years old	
No Septa	10	40	42	46	138
Septa	7	38	52	65	162
Total	17	78	94	111	300

#### Types, morphology and locations of maxillary sinus septa

Of the 241 included septa, the most common orientation of septa was coronal (44%; n = 106), followed by axial (4.1%; n = 10) and sagittal (2.9%; n = 7). More than one-third of the septa (49%; n = 118) could not be classified as coronal, sagittal, or axial and were designated as “other”. The most frequently found origin of septa was medial (29.5%; n = 205), followed by floor (24.8%; n = 172), lateral

(24.1%; n = 167), roof (8.4%; n = 58), anterior (7.8%; n = 54) and posterior (5.5%; n = 38) (Figure 4). The majority of septa were found in the region of the first or second maxillary molars (41.5%; n = 100), 32.8% (n = 79) were located in the retromolar (posterior) area, and 25.7% (n = 62) were in the premolar area. Of the 241 septa identified, 83.8% (n = 202) were complete and 16.2% (n = 39) were incomplete.



**Figure 4** Frequency of sinus septa with regards to origin

The differences in the orientation of the septa in relation to the type of dentition (dentate, partially edentate and edentate) were not statistically significant ( $p=0.571$  and  $p=0.588$  for the left and right sides, respectively). The differences in the location of the septa in relation to the type of dentition were not statistically significant ( $p=0.685$  and  $p=0.614$  for the left and right sides, respectively). In addition, the differences in the completion of the septa

in relation to the type of dentition were not statistically significant ( $p=0.833$  and  $p=0.490$  for the left and right sides, respectively).

#### Observer reliability

The kappa values for both observers were excellent, ranging from 0.983 to 1.00. Substantial interobserver reliability for the type of septa (classified into coronal, sagittal, axial and others) was observed (Cohen's kappa value = 0.983) (Table 5).

**Table 5** Intraobserver reliability (Cohen's kappa values)

Measurement	Reliability test	Values
Presence of septa	Cohen's kappa coefficient	1.000
Dentition	Cohen's kappa coefficient	1.000
Type of septa	Cohen's kappa coefficient	0.983
Septa completion	Cohen's kappa coefficient	1.000
Septa location	Cohen's kappa coefficient	1.000
Number of septa	Intraclass correlation coefficient	1.000

## Discussion

This study aimed to investigate the maxillary sinus septa and morphology in the Thai population by using CBCT scans from 300 Thai patients collected from the hospital database of the Faculty of Dentistry. In this investigation, 54 % of the patients had at least one septum and 39.9 % of the sinuses had at least one septum. These findings were lower than results reported by Bornstein *et al*<sup>17</sup>, with septa present in 66.5 % of the patients; 56.5 % of the sinuses, using a similar threshold of 2.5 mm height of sinus septum as our study. However, a systematic review by Pommer, *et al* which included at least 2-4 mm height of sinus septum demonstrated that septa present in 28.4 % of the sinuses.<sup>18</sup> Different methods have been used to investigate the maxillary sinus septa and morphology in previous studies such as panoramic radiographs, computed tomographic imaging and direct assessment in sinus surgery patients and cadaveric heads.<sup>19-21</sup> Gandhi and others conducted a study of cadaveric heads with at least 2.5 mm in height as a minimal height of maxillary sinus septa and found that 28.1 % of the maxillary sinuses have sinus septa.<sup>22</sup>

Lee and colleagues conducted a study using CBCT images for posterior maxilla with at least 2.5 mm in height as a minimal height of maxillary sinus septa found that 24.6 % of the maxillary sinuses and in 27 % of the total patients have maxillary sinus septa.<sup>19</sup> Park *et al.* and others conduct a study using CT scans with at least 3 mm in height as a minimal height of maxillary sinus septa found that frequency of 37 % of patients and 27.7 % of maxillary sinuses have sinus septa.<sup>20</sup> From the study of Park *et al.*, they reported a higher percentage of maxillary sinus septa even with a higher threshold than Lee *et al.* and Gandhi *et al.* but the frequency was still lower than the current study<sup>19</sup> (9,10). The higher threshold may explain the lower frequency of sinus septa compared to the results of this study.

The results of this study was similar to a study conducted by Koymen *et al.*<sup>21</sup> Dental CT images were used to assess 410 sinus segments, it was found that 35.4 % of maxillary sinus had sinus septa.<sup>21</sup> Another study by Qian *et al.* used reconstructed CBCT images of 1,012 sinuses



with at least 2.5 mm in height. It was revealed that the prevalence of septa was 48.2 % based on the number of patients and 32.6 % based on sinuses.<sup>15</sup> In this study, there were no significant differences between the frequency of septa and sex or age and type of dentition (dentate, partially edentulous, edentulous) of the patients. These findings were similar to previous reports.<sup>10,11</sup> However, Pommer *et al.* showed that there was a significant difference of septa between edentulous and dentate ridges. The authors explained that there might be a recruitment bias because radiographic images were collected from a specific patient group who were referred for implant treatment.<sup>17</sup>

The current study revealed that the most common orientation of septa was coronal plane (44 %). These results were in concordance with the study published by Bornstein *et al.*<sup>17</sup>. In this report, the most frequently found origin of septa was the medial wall (29.5 %). In contrast, Bornstein *et al.* showed that most septa were located on the floor of the maxillary sinus (58.6 %). This might be because of the pyramidal shape of the maxillary sinus; therefore, it was hard to identify the exact boundaries between each wall<sup>17</sup>. The first or second maxillary molars region was the area that the majority of the septa was found (41.5 %) and most of the septa were complete (83.8 %). The results also agree with what was reported by Bornstein *et al.*<sup>17</sup> During a lateral window sinus augmentation procedure, the operator has to perform an osteotomy at the lateral of the maxillary sinus. Our study showed a second frequently found origin of septa at the floor and the lateral of the maxillary sinus, therefore, this area should be operated with caution. Sinus perforation is the main complication found during the sinus augmentation procedure especially when replacing a single tooth.<sup>23</sup> Moreover, the most frequent sinus orientation found in our study was in the coronal plane which is perpendicular to the osteotomy site of the sinus augmentation procedure. Without prior information from CBCT, dentists could create a sinus membrane perforation when opening the wall of the sinus.

Prior studies reported data from mostly a Caucasian population, some reports from South Korea and Taiwan

showed prevalence of maxillary septa in the East Asian population.<sup>11,19,24</sup> However, a prevalence of the sinus septa in the South East Asian population was not described previously. Further studies with a larger sample size among a South East Asians population is needed.

Regarding how the number of maxillary sinus septa correlates to sex, our study showed 51.6 % of male and 55 % of female were presented with sinus septa. However, in the Taiwanese population, men have more chances to have septa than women.<sup>11</sup> In a study of edentulous patients, age did not correlate with the presence of sinus septa.<sup>25</sup> Our report showed similar results to the study by Orhan, *et al* in a Turkish population where significant difference was not found among age groups.<sup>26</sup>

The limitations in this research are all radiographic images come from a patient group who were referred for any specific reason such as implant or investigate sinus anomaly so there might be a recruitment bias and some radiographic images have only one side so in this research, we can't collect data of left and right side equally. Moreover, due to the small sample size of the edentate group, our report showed 85.7 % without sinus septa while 14.3 % or one person was found with septa. A larger group of edentulous patients is needed to evaluate the significance of edentulous to the presence of sinus septa. Nevertheless, based on the findings of this study, the reliability of CBCT image analysis was very high. The clinical applications can be drawn from this research that CBCT is recommended for investigation of maxillary sinus before a sinus augmentation procedure.

## Conclusions

Maxillary sinus septa are common anatomical structures and in this study, the Thai population are most often found in the first or second molar region which originated from the medial wall of the maxillary sinus. They are usually completed and parallel to the coronal plane. The majority of the population who have septa showed more than one wall septa. These findings are useful information for dentists to prevent possible complications during sinus augmentation procedures.

## References

1. van den Bergh JP, ten Bruggenkate CM, Disch FJ, Tuinzing DB. Anatomical aspects of sinus floor elevations. *Clin Oral Implants Res* 2000;11(3):256-65.
2. Chanavaz M. Maxillary sinus: anatomy, physiology, surgery, and bone grafting related to implantology—eleven years of surgical experience (1979-1990). *J Oral Implantol* 1990;16(3):199-209.
3. Solar P, Geyerhofer U, Traxler H, Windisch A, Ulm C, Watzek G. Blood supply to the maxillary sinus relevant to sinus floor elevation procedures. *Clin Oral Implants Res* 1999;10(1):34-44.
4. Pietrovski J, Massler M. Alveolar ridge resorption following tooth extraction. *J Prosthet Dent* 1967;17(1):21-7.
5. Hansson S, Halldin A. Alveolar ridge resorption after tooth extraction: A consequence of a fundamental principle of bone physiology. *J Dent Biomech* 2012;3:1758736012456543.
6. Cavalcanti MC, Guirado TE, Sapata VM, Costa C, Pannuti CM, Jung RE, et al. Maxillary sinus floor pneumatization and alveolar ridge resorption after tooth loss: a cross-sectional study. *Braz Oral Res* 2018;32:e64.
7. Underwood AS. An Inquiry into the Anatomy and Pathology of the Maxillary Sinus. *J Anat Physiol* 1910;44(Pt 4):354-69.
8. Tatum H, Jr. Maxillary and sinus implant reconstructions. *Dent Clin North Am* 1986;30(2):207-29.
9. Lee HW, Lin WS, Morton D. A retrospective study of complications associated with 100 consecutive maxillary sinus augmentations via the lateral window approach. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013;28(3):860-8.
10. Schriber M, von Arx T, Sendi P, Jacobs R, Suter VG, Bornstein MM. Evaluating Maxillary Sinus Septa Using Cone Beam Computed Tomography: Is There a Difference in Frequency and Type Between the Dentate and Edentulous Posterior Maxilla? *Int J Oral Maxillofac Implants* 2017;32(6):1324-32.
11. Shen EC, Fu E, Chiu TJ, Chang V, Chiang CY, Tu HP. Prevalence and location of maxillary sinus septa in the Taiwanese population and relationship to the absence of molars. *Clin Oral Implants Res* 2012;23(6):741-5.
12. Wen SC, Lin YH, Yang YC, Wang HL. The influence of sinus membrane thickness upon membrane perforation during transcrestal sinus lift procedure. *Clin Oral Implants Res* 2015;26(10):1158-64.
13. Maestre-Ferrin L, Carrillo-Garcia C, Galan-Gil S, Penarrocha-Diago M, Penarrocha-Diago M. Prevalence, location, and size of maxillary sinus septa: panoramic radiograph versus computed tomography scan. *J Oral Maxillofac Surg* 2011;69(2):507-11.
14. Kasabah S, Slezak R, Simunek A, Krug J, Lecaro MC. Evaluation of the accuracy of panoramic radiograph in the definition of maxillary sinus septa. *Acta Medica (Hradec Kralove)* 2002;45(4):173-5.
15. Qian L, Tian XM, Zeng L, Gong Y, Wei B. Analysis of the Morphology of Maxillary Sinus Septa on Reconstructed Cone-Beam Computed Tomography Images. *J Oral Maxillofac Surg* 2016;74(4):729-37.
16. Neugebauer J, Ritter L, Mischkowski RA, Dreiseidler T, Scherer P, Ketterle M, et al. Evaluation of maxillary sinus anatomy by cone-beam CT prior to sinus floor elevation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010;25(2):258-65.
17. Bornstein MM, Seiffert C, Maestre-Ferrin L, Fodich I, Jacobs R, Buser D, et al. An Analysis of Frequency, Morphology, and Locations of Maxillary Sinus Septa Using Cone Beam Computed Tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2016;31(2):280-7.
18. Pommer B, Ulm C, Lorenzoni M, Palmer R, Watzek G, Zechner W. Prevalence, location and morphology of maxillary sinus septa: systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2012;39(8):769-73.
19. Lee WJ, Lee SJ, Kim HS. Analysis of location and prevalence of maxillary sinus septa. *J Periodontal Implant Sci* 2010;40(2):56-60.
20. Park YB, Jeon HS, Shim JS, Lee KW, Moon HS. Analysis of the anatomy of the maxillary sinus septum using 3-dimensional computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 2011;69(4):1070-8.
21. Koymen R, Gocmen-Mas N, Karacayli U, Ortakoglu K, Ozen T, Yazici AC. Anatomic evaluation of maxillary sinus septa: surgery and radiology. *Clin Anat* 2009;22(5):563-70.
22. Gandhi KR, Wabale RN, Siddiqui AU, Farooqui MS. The incidence and morphology of maxillary sinus septa in dentate and edentulous maxillae: a cadaveric study with a brief review of the literature. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 2015;41(1):30-6.
23. Krennmaier G, Krainhofner M, Schmid-Schwap M, Piehslinger E. Maxillary sinus lift for single implant-supported restorations: a clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22(3):351-8.
24. Kim MJ, Jung UW, Kim CS, Kim KD, Choi SH, Kim CK, et al. Maxillary sinus septa: prevalence, height, location, and morphology. A reformatted computed tomography scan analysis. *J Periodontol* 2006;77(5):903-8.
25. Shibli JA, Faveri M, Ferrari DS, Melo L, Garcia RV, d'Avila S, et al. Prevalence of maxillary sinus septa in 1024 subjects with edentulous upper jaws: a retrospective study. *J Oral Implantol* 2007;33(5):293-6.
26. Orhan K, Kusakci Seker B, Aksoy S, Bayindir H, Berberoglu A, Seker E. Cone beam CT evaluation of maxillary sinus septa prevalence, height, location and morphology in children and an adult population. *Med Princ Pract* 2013;22(1):47-53.



## บทวิทยากร

การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมในการพัฒนาความตระหนักรู้ต่อการสูบบุหรี่ของสามเณรผ่านกระบวนการโฟโต้วอยซ์ ในโรงเรียนพระปริยัติธรรมแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่

Participatory Action Research to Develop Awareness of Smoking in the Novitiate, via the Photovoice Method, in the Phrapariyattidhamma School in the Province of Chiang Mai

อรพรรณ จันทรา<sup>1</sup>, ทรงวุฒิ ดวงรัตนพันธ์<sup>1</sup>

Orapan Chanthra<sup>1</sup>, Songvuth Tuongratanaphan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาทันตกรรมครอบครัวและชุมชน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ ประเทศไทย

<sup>1</sup>Department of Family and Community Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

## บทคัดย่อ

โฟโต้วอยซ์เป็นกิจกรรมที่ใช้ในการวิจัยเชิงปฏิบัติการอย่างมีส่วนร่วม อันนำไปสู่ความตระหนักรู้ถึงความสำคัญของปัญหาในสังคมสามเณรในโรงเรียนพระปริยัติธรรมส่วนมากเป็นเยาวชนชายขอบ ซึ่งสังคมผลักดันให้เข้าสู่วงจรของการสูบบุหรี่ ส่งผลให้เกิดปัญหาการสูบบุหรี่ตามมา การวิจัยนี้ทำการศึกษาในแกนนำจำนวน 13 คน ประกอบด้วยสามเณรแกนนำจำนวน 11 รูป และครูจำนวน 2 คน ที่ศึกษาหรือปฏิบัติงานในโรงเรียนพระปริยัติธรรมแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่ ทำการศึกษาในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 ถึง เมษายน พ.ศ. 2564 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความตระหนักรู้ต่อการสูบบุหรี่ของสามเณรแกนนำในโรงเรียนพระปริยัติธรรมแห่งนี้ ในจังหวัดเชียงใหม่ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ การสังเกตแบบมีส่วนร่วมและการสนทนากลุ่มผ่านกระบวนการโฟโต้วอยซ์ ผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมโฟโต้วอยซ์ทำให้เกิดการระบุปัญหาการสูบบุหรี่ในวัด โรงเรียน และชุมชน ส่งผลให้สามเณรแกนนำเกิดความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาของการสูบบุหรี่ ได้แก่ ปัญหาต่อสุขภาพผู้สูบบุหรี่ ปัญหาควันบุหรี่มือสองที่มีต่อสังคม ปัญหาความเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ จึงนำไปสู่การจัดกิจกรรมรณรงค์การไม่สูบบุหรี่ซึ่งจัดขึ้นโดยกลุ่มแกนนำ หลังจากจัดกิจกรรมสามเณรนักเรียนเลิกสูบบุหรี่ร้อยละ 30.8 ลดปริมาณการสูบบุหรี่ร้อยละ 26.9 และไม่มีผู้เริ่มต้นสูบบุหรี่หรือกลับมาสูบใหม่ โดยสรุปกิจกรรมโฟโต้วอยซ์ทำให้เกิดความตระหนักรู้ต่อปัญหาการสูบบุหรี่ของสามเณรแกนนำ ส่งผลให้เกิดกิจกรรมรณรงค์การไม่สูบบุหรี่ และเกิดการลด ละ เลิกการสูบบุหรี่ของสามเณรนักเรียนตามมา

คำสำคัญ: ความตระหนักรู้, สามเณร, โฟโต้วอยซ์, การสูบบุหรี่

## Abstract

Photovoice is an activity used in Participatory Action Research. It helps lead to an awareness of social problems. The group of novices at the Phrapariyattidhamma school consists mostly of marginalized youths who are socially pressured into participating in smoking. As a consequence, smoking-related problems ensue. This research involved 13 group-leaders, consisting of 11 of the novitiate's leaders and 2 of their teachers, all of whom were either studying or working at the Phrapariyattidhamma school in the province of Chiang Mai. This research took place between October of 2020 and April of 2021. The goal was to promote awareness of these problems among the novitiate's leaders at that school. We incorporated focus groups and participant observations by way of the photovoice. The results revealed that photovoice correctly identified smoking-related problems in temples, schools and communities.

Accordingly the novitiate leaders learned to recognize problems related to smoking, particularly health-related problems for smokers, the negative effects of second-hand smoke and the various other deleterious economic effects. These realizations led to a non-smoking campaign being organized by the leaders group. After the campaign 30.8% of the novice students had quit smoking, and a further 26.9% had reduced their daily intake. Furthermore, no new smokers were created, nor were recidivists noted. In summation: the photovoice method as applied here increased awareness of smoking-related problems amongst the novitiate leaders, caused the creation of a non-smoking campaign, and either a reduction or cessation of smoking amongst the novice students themselves ensued.

**Keywords:** (Raising) Awareness, Novitiate, Photovoice, Smoking

Received Date: May 16, 2021

Revised Date: Jun 14, 2021

Accepted Date: Aug 2, 2021

doi: 10.14456/jdat.2021.33

#### ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

อรพรรณ จันทรา ภาควิชาทันตกรรมครอบครัวและชุมชน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200 ประเทศไทย โทรศัพท์: 085-8700829  
โทรสาร: 053-222844 อีเมล: orapan8mpts88@gmail.com

#### Correspondence to:

Orapan Chanthra, Department of Family and Community Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200 Thailand  
Tel: 085-8700829 Fax: 053-222844 E-mail: orapan8mpts88@gmail.com

## บทนำ

ในปัจจุบันการสูบบุหรี่เป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพช่องปาก เนื่องจากการสูบบุหรี่เพิ่มความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งช่องปากและลิ้นโคเพลเคีย (leukoplakia) 5-6 เท่า ทั้งยังเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคปริทันต์อักเสบ 2 เท่า นอกจากนี้การสูบบุหรี่มือสองซึ่งผู้ได้รับควันบุหรี่ไม่ได้เป็นผู้สูบบุหรี่เอง แต่ได้รับควันบุหรี่เข้าไปในร่างกายจากผู้อื่นที่สูบบุหรี่ ยังเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดฟันผุทั้งฟันแท้และฟันน้ำนม 1.5-2 เท่า รวมทั้งการสูบบุหรี่เพิ่มความเสี่ยงของการสูญเสียฟัน 1.5 เท่า<sup>1</sup> โดยผู้สูบบุหรี่ในปัจจุบันจำนวนมากเริ่มต้นสูบบุหรี่ตั้งแต่วัยรุ่น จากข้อมูลในระดับโลก พบว่า วัยรุ่นอายุ 13-15 ปี มีจำนวนไม่ต่ำกว่า 1 ใน 10 ที่สูบบุหรี่<sup>2</sup> จากรายงานการศึกษาเกี่ยวกับการสูบบุหรี่ในวัยรุ่น พบว่า กลุ่มวัยรุ่นที่สูบบุหรี่พบความชุกของโรคปริทันต์อักเสบชนิดรุนแรง (aggressive periodontitis) ที่สูง ซึ่งการสูบบุหรี่เพิ่มความเสี่ยงของการทำลายอวัยวะปริทันต์ในกลุ่มวัยรุ่นอย่างมีนัยสำคัญ แม้จะไม่มีอาการของคราบจุลินทรีย์ก็ตาม<sup>3</sup>

ในด้านพฤติกรรมการสูบบุหรี่ของวัยรุ่น จากการวิจัยเกี่ยวกับพฤติกรรมสุขภาพช่องปากของสามเณรในโรงเรียนพระปริยัติในพื้นที่ชายแดนในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า สามเณรเคยสูบบุหรี่ร้อยละ 22.4 และสูบบุหรี่จนถึงปัจจุบันร้อยละ 16.8 ซึ่งถือว่ามีความเสี่ยงสูง เนื่องจากสามเณรกลุ่มดังกล่าวไม่มีความตระหนักรู้เกี่ยวกับการสูบบุหรี่ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เข้าสู่วงจรการสูบบุหรี่ โดยโรงเรียนพระปริยัติธรรม

ที่ผู้วิจัยสนใจศึกษาเป็นหนึ่งโรงเรียนในการวิจัยครั้งนี้ด้วย ซึ่งผู้ที่สูบบุหรี่มีทั้งเริ่มสูบตั้งแต่ก่อนเข้ามาศึกษาในโรงเรียนแห่งนี้ คือ ก่อนเป็นสามเณร และเริ่มสูบในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น คือ หลังจากบรรพชาเป็นสามเณรแล้ว โดยแต่เดิมโรงเรียนมีมาตรการตรวจตราการสูบบุหรี่ในโรงเรียนโดยครูปกครองและสรวัดนักเรียน<sup>4</sup>

ในการจะสร้างความตระหนักรู้เกี่ยวกับการสูบบุหรี่ในสามเณรกลุ่มดังกล่าว จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับบริบททางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการสูบบุหรี่ โดยจากการวิจัยเกี่ยวกับพฤติกรรมสุขภาพช่องปากของสามเณรในโรงเรียนพระปริยัติธรรมในพื้นที่ดังกล่าว พบว่า สามเณรกลุ่มนี้ส่วนมากมีฐานะยากจนและเป็นกลุ่มชายขอบ ดังนั้นด้วยความยากจนจึงผลักดันให้สามเณรเข้าเรียนในโรงเรียนที่มีสภาพแวดล้อมไม่ดีเท่าใดนัก<sup>4</sup> ดังนั้นการใช้แนวคิดการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมที่มาจากฐานคิดเกี่ยวกับการสร้างความตระหนักรู้ของ Freire<sup>5</sup> จึงมีความน่าสนใจ โดย Smith และคณะได้ออกแบบกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมอันเกี่ยวข้องกับการพัฒนาความตระหนักรู้ที่พัฒนามาจากแนวคิดของ Freire<sup>6</sup> รวมทั้ง Wang และ Burris ได้นำเสนอกระบวนการไฟว์วอยซ์ใช้ในการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม เนื่องจากกระบวนการไฟว์วอยซ์เป็นการใช้ภาพถ่ายในการสร้างหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อส่งเสริมให้เกิดการมีส่วนร่วม ทำให้คนในชุมชนเกิดความตระหนักรู้รวมทั้งสามารถระบุ

ปัญหาในชุมชน และร่วมกันคิดหาแนวทางแก้ไขปัญหา อันจะกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสังคมตามมา<sup>7</sup> และที่สำคัญมีรายงานการวิจัยที่พบว่ากระบวนการโฟโตวอยซ์เป็นกระบวนการที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวัยรุ่นในการสร้างความตระหนักรู้ในการสูบบุหรี่ได้เป็นอย่างดี<sup>8,9</sup> โดยกระบวนการโฟโตวอยซ์ประกอบด้วย การถ่ายภาพ การหาข้อมูลจากภาพ การคิดคำบรรยายใต้ภาพ (caption) การอภิปราย การสนทนากลุ่ม การสร้างหัวข้อ รวมทั้งการเผยแพร่ผลงาน<sup>7-9</sup> ซึ่งกระบวนการโฟโตวอยซ์จะสามารถดำเนินไปสู่เป้าหมายได้ดียิ่งขึ้นหากดำเนินการร่วมกับหลักการ SHOWeD (1. What do you See here? 2. What is really Happening here? 3. How does this relate to Our lives? 4. Why does this condition Exist? 5. What can we Do about it?) ที่เป็นแนวทางในการตั้งคำถามและอภิปรายเกี่ยวกับรูปภาพ ทำให้เกิดแนวทางในการการบรรยายเหตุการณ์ และการสนทนากลุ่มต่อไป<sup>8,10,11</sup>

ดังนั้นเพื่อให้เกิดความตระหนักรู้เกี่ยวกับการสูบบุหรี่ในสามเณรที่ศึกษาในโรงเรียนพระปริยัติธรรมแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีหลักการที่ทำให้เกิดความตระหนักรู้ คือ การใช้ภาพถ่ายในการสร้างหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อให้เกิดการร่วมกันระบุปัญหา การวิเคราะห์ และสังเคราะห์เหตุการณ์ อันจะนำไปสู่ความเข้าใจและเกิดสำนึกต่อพฤติกรรมการสูบบุหรี่ ผู้วิจัยจึงใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม รวมทั้งกระบวนการโฟโตวอยซ์ และหลักการ SHOWeD มาทำการวิจัยในครั้งนี้ โดยเริ่มต้นที่สามเณรแกนนำก่อน ซึ่งมีผู้ที่สูบบุหรี่และเคยสูบบุหรี่รวมอยู่ด้วย อันมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความตระหนักรู้ต่อการสูบบุหรี่ของสามเณรแกนนำในโรงเรียนพระปริยัติธรรมแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่

## วัตถุประสงค์และวิธีการ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2563 ถึง 30 เมษายน 2564 เครื่องมือในการวิจัย คือ การสนทนากลุ่ม (focus group) และการสังเกตแบบมีส่วนร่วม

ลำดับขั้นตอนของการวิจัยประยุกต์มาจากแนวคิดของ Smith และคณะ<sup>6</sup> ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัย เป็นการคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยแบบเฉพาะเจาะจงจำนวน 13 คน โดยในการวิจัยนี้จะเรียกผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 13 คนว่ากลุ่มแกนนำ ประกอบด้วยสามเณรแกนนำ 11 รูป ที่ถูกคัดเลือกมาจากคณะกรรมการนักเรียนและตัวแทนแต่ละระดับชั้น และครูแกนนำ 2 คน ซึ่งถูกคัดเลือกมาจากครูที่มีบทบาทเป็นครูฝ่ายปกครองและครูสอนวิชาสุขศึกษา ในกลุ่มแกนนำให้มีผู้ที่สูบบุหรี่และเคยสูบบุหรี่รวม 7 คน เนื่องจากบุคคลกลุ่มนี้มี

ประสบการณ์เกี่ยวกับการสูบบุหรี่ ซึ่งสามารถสะท้อนภาพโฟโตวอยซ์จากประสบการณ์ได้ และการดำเนินการในกลุ่มนี้จะเป็นจุดเริ่มต้นเพื่อให้เกิดการขยายผลไปยังสามเณรนักเรียนในการลด ละ เลิกการสูบบุหรี่ต่อไป ทั้งนี้สามเณรแกนนำที่ถูกคัดเลือกเข้าร่วมการวิจัยมาจากครอบครัวที่บิดาหรือมารดามีลักษณะดังต่อไปนี้อย่างน้อยหนึ่งลักษณะ คือ ประกอบอาชีพเกษตรกร ประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไป เสียชีวิต หย่าร้าง หรือไม่มีสัญชาติไทย

2. การสร้างความเข้าใจกับกลุ่มแกนนำได้แก่ ค้นข้อมูลเกี่ยวกับการสูบบุหรี่ อธิบายกระบวนการวิจัยและกระบวนการโฟโตวอยซ์ โดยให้ทดลองฝึกถ่ายภาพและอภิปรายภาพตามหลักการ SHOWeD (ท่านเห็นอะไรจากภาพนี้ เกิดอะไรขึ้นในภาพนี้ สิ่งที่เราเห็นในภาพนี้เกี่ยวข้องกับพวกเรายังไร ทำไมสถานการณ์ในภาพนี้จึงยังมีอยู่ต่อไป พวกเราสามารถแก้ไขหรือพัฒนาสถานการณ์นี้ให้ดีขึ้นได้อย่างไร)

3. กระบวนการโฟโตวอยซ์ โดยให้กลุ่มแกนนำถ่ายภาพในหัวข้อ “บุหรี่ยังมีอยู่ในโรงเรียน วัด และชุมชน” คนละ 3 ภาพ และสร้างคำบรรยายใต้ภาพแต่ละภาพ นำเสนอภาพถ่ายตามหลักการ SHOWeD จากนั้นกลุ่มแกนนำร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์เกี่ยวกับการสูบบุหรี่ร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา และร่วมกันตั้งเป้าหมายในการจัดการปัญหาดังกล่าวโดยใช้การสนทนากลุ่ม

4. กระบวนการปฏิบัติ ในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย 1) ผู้วิจัยทำการสำรวจพฤติกรรมการสูบบุหรี่ของสามเณรนักเรียนก่อนจัดกิจกรรมรณรงค์การสูบบุหรี่โดยใช้แบบสอบถาม 2) กลุ่มแกนนำร่วมกันศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลการสูบบุหรี่ของสามเณรนักเรียนและวางแผนจัดกิจกรรมรณรงค์แก้ไขปัญหการสูบบุหรี่โดยใช้การสนทนากลุ่ม 3) กลุ่มแกนนำจัดกิจกรรมรณรงค์แก้ไขปัญหการสูบบุหรี่ 4) กลุ่มแกนนำสรุปและวิเคราะห์กิจกรรมที่ดำเนินการทั้งหมด จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ไปปรับปรุงกระบวนการดำเนินการที่ผ่านมา 5) ผู้วิจัยเก็บข้อมูลการสูบบุหรี่ของสามเณรนักเรียนหลังจัดกิจกรรมรณรงค์การไม่สูบบุหรี่

5. กระบวนการปลูกความตระหนักรู้ กลุ่มแกนนำอภิปรายและสะท้อนคิดเกี่ยวกับความตระหนักรู้จากกระบวนการโฟโตวอยซ์และการจัดกิจกรรมรณรงค์การไม่สูบบุหรี่ โดยใช้การสนทนากลุ่ม คำสำคัญหรือประโยคที่บ่งบอกว่าเกิดความตระหนักรู้ คือ ความตระหนักจิตสำนึก วิจารณ์ฐาน มีความรู้สึกในเชิงหาเหตุผลในสิ่งที่ได้กระทำ และการแสดงออกด้วยความรู้สึกรับผิดชอบต่อปัญหาการสูบบุหรี่

งานวิจัยนี้ผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการพิทักษ์สิทธิสวัสดิภาพ และป้องกันอันตรายของผู้ถูกวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เลขที่ 72/2563



## ผลการศึกษา

ในการวิจัยนี้มีผู้เข้าร่วมการวิจัย ประกอบด้วย ครู 2 คน เป็นครูฆราวาสเพศชาย 1 คน ซึ่งเป็นครูฝ่ายปกครองปฏิบัติงานด้านการควบคุมพฤติกรรมการสูบบุหรี่ในโรงเรียน และครูพระสงฆ์ 1 รูป ซึ่งเป็นครูสอนวิชาสุขศึกษาที่ให้ความรู้เกี่ยวกับโทษของ บุหรี่ รวมทั้งสามเณรแกนนำจำนวน 11 รูป ประกอบด้วย คณะกรรมการนักเรียน 6 รูป และตัวแทนของสามเณรในแต่ละระดับชั้นจำนวน 5 รูป มีอายุ 13-19 ปี ศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 มาจากครอบครัวที่บิดาหรือมารดามีลักษณะต่อไปอย่างน้อยหนึ่งลักษณะ ได้แก่ ประกอบอาชีพเกษตรกร รับจ้างทั่วไป เสียชีวิต หย่าร้าง หรือไม่มีสัญชาติไทย ซึ่งผู้เข้าร่วมการวิจัยจะถูกเรียกรวมว่ากลุ่มแกนนำ โดยในกลุ่มแกนนำมีผู้ที่สูบบุหรี่ก่อนเข้าร่วมการวิจัย 5 คน และมีผู้ที่เคยสูบบุหรี่ 2 คน

โรงเรียนพระปริยัติธรรมที่ศึกษานี้รับนักเรียนจากวัดต่าง ๆ ในอำเภอนี้และอำเภอข้างเคียง ไม่ได้รับนักเรียนมาอยู่ประจำ นักเรียนเดินทางไปกลับวัดและโรงเรียนโดยรถรับส่งนักเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 67 รูป มีผู้เข้าร่วมกิจกรรมรณรงค์ตั้งแต่เริ่มต้นจนสุดสิ้นกระบวนการจำนวน 49 รูป คิดเป็นร้อยละ 73.1

### กิจกรรมโฟโต้วอยซ์

หลังจากที่ได้รับการคืนข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการสูบบุหรี่ของสามเณรนักเรียนในโรงเรียนที่ทำการวิจัยและโรงเรียนข้างเคียงจากงานวิจัยในการศึกษาที่ผ่านมา<sup>4</sup> ทำให้สามเณรแกนนำเริ่มรับรู้จำนวนสามเณรนักเรียนที่สูบบุหรี่มีปริมาณมาก ดังนั้นการถ่ายภาพโฟโต้วอยซ์เกี่ยวกับการสูบบุหรี่ในวัด โรงเรียน และชุมชน จึงเป็นการเริ่มต้นให้สามเณรแกนนำค้นหาปัญหาเกี่ยวกับการสูบบุหรี่ด้วยตนเอง ซึ่งจากภาพโฟโต้วอยซ์ พบว่ามีเศษบุหรี่และซองบุหรี่ที่ถูกทิ้งไว้ในวัด โรงเรียน และชุมชน ดังรูปที่ 1 และ 2



รูปที่ 1 ภาพโฟโต้วอยซ์ในโรงเรียนจากสามเณรแกนนำ

Figure 1 Photovoice photo in school from novice leader



รูปที่ 2 ภาพโฟโต้วอยซ์ในวัดจากสามเณรแกนนำ

Figure 2 Photovoice photo in temple from novice leader

จากการบรรยายภาพตามหลักการ SHOWeD ของกลุ่มแกนนำเกี่ยวกับการสูบบุหรี่ในโรงเรียน พบว่า มีการทิ้งเศษบุหรี่และก้นกรองบุหรี่ในโรงเรียน ซึ่งบุหรี่ที่ถูกทิ้งไว้เหล่านี้มาจากสามเณรและญาติโยมจากภายนอกที่มาร่วมงานบุญในวัดข้างโรงเรียน ทำให้เกิดความสกปรกและเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการสูบบุหรี่ยังทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ส่วนการสูบบุหรี่ในวัด ภาพโฟโต้วอยซ์แสดงให้เห็นถึงซองบุหรี่หรือก้นกรองบุหรี่ที่ตกอยู่บนพื้นในบริเวณวัด สาเหตุเกิดมาจากพุทธศาสนิกชนที่มาร่วมงานบุญมีการสูบบุหรี่แล้วทิ้งก้นกรองหรือซองบุหรี่ไม่ถูกที่ ส่วนในชุมชนภาพโฟโต้วอยซ์ที่ได้รับการถ่ายก็เป็นไปในทิศทางเดียวกับภาพจากโรงเรียนและวัด คือมีการทิ้งเศษซากบุหรี่ตามท้องถนนหรือสถานที่สาธารณะ ซึ่งการสูบบุหรี่ส่งผลกระทบต่อผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ชุมชนนั้นเนื่องจากการได้รับควันบุหรี่มือสอง

“เห็นภาพก้นกรองบุหรี่ทิ้งเรี่ยราดในบริเวณโรงเรียน” สามเณรแกนนำรูปที่ 4

“เห็นภาพบุหรี่ปนพื้นในบริเวณวัด เนื่องจากญาติโยมที่มาร่วมงานบุญสูบบุหรี่ในวัด” สามเณรแกนนำรูปที่ 6

“เห็นภาพบุหรี่ยกทิ้งตามถนนในชุมชน การสูบบุหรี่ในชุมชนส่งผลให้ผู้คนรอบข้างในชุมชนทั้งเด็กและผู้ใหญ่ได้รับผลกระทบต่อสุขภาพจากควันบุหรี่” สามเณรแกนนำรูปที่ 3

จากการบรรยายภาพของกลุ่มแกนนำ นำไปสู่การร่วมกันสร้างคำบรรยายได้ภาพสั้น ๆ เพื่อกระตุ้นเตือนเกี่ยวกับการสูบบุหรี่ โทษภัยของการสูบบุหรี่ต่อผู้สูบและคนรอบข้าง ประโยชน์ของการไม่สูบบุหรี่ รวมทั้งการดำรงตนที่เหมาะสมของสามเณรในฐานะสมณะเพศที่มีต่อการสูบบุหรี่ซึ่งถือว่าเป็นอบายมุขรูปแบบหนึ่ง ดังรูปที่ 1 และ 2

จากการจัดกิจกรรมโฟโต้วอยซ์ของกลุ่มแกนนำ นำไปสู่การร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาการสูบบุหรี่ของสามเณรที่ศึกษาอยู่ใน

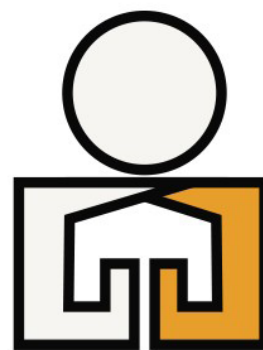
โรงเรียนแห่งนี้ พบว่า สาเหตุที่ทำให้หลักสามเณรเข้าสู่วงจรการสูบบุหรี่คือการอยู่ในสภาวะแวดล้อมและโครงสร้างทางสังคมที่ไม่ดีนัก คือ เป็นลูกหลานแรงงานอพยพ การมีครอบครัวหย่าร้าง บิดาหรือมารดาเสียชีวิต หรือมีฐานะยากจน เมื่อเข้าสู่วงจรการสูบบุหรี่ก็เริ่มสูบมากขึ้น จนทำให้สามเณรหลายรูปเสพติดบุหรี่ซึ่งมีความเสี่ยงในการเกิดปัญหาสุขภาพทั้งต่อตนเอง และผู้ที่อยู่รอบข้างจากการได้รับควันบุหรี่มือสองตามมา รวมทั้งเกิดปัญหาภาระค่าใช้จ่าย ดังนั้นจากการอภิปรายและวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพโฟโตวอยซ์ร่วมกัน จึงทำให้กลุ่มแกนนำตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาการสูบบุหรี่ในสามเณรนักเรียน ดังนั้นโฟโตวอยซ์จึงเป็นจุดเริ่มต้นของการรณรงค์ไม่สูบบุหรี่ นอกจากนี้สามเณรแกนนำที่มีประวัติการสูบบุหรี่ในปริมาณมาก จะถ่ายทอดภาพโฟโตวอยซ์ออกมาได้ดี เนื่องจากทราบที่มาของภาพบุหรืนั้น และคิดคำบรรยายภาพที่ถ่ายทอดอารมณ์ความรู้สึกของภาพได้อย่างตรงใจผู้พบเห็น ส่งผลให้กิจกรรมโฟโตวอยซ์สามารถก่อกระแสรณรงค์การไม่สูบบุหรี่ได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้สามเณรแกนนำผู้ถ่ายรูปที่มีประสบการณ์ตรงจากการสูบบุหรี่ หากกลับมามองตนเอง แล้วเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับชีวิตตน ย่อมเกิดความตระหนักและมีวิจารณญาณขึ้น นำไปสู่การลดปริมาณการสูบบุหรี่

“จากผลงานโฟโตวอยซ์ของสามเณรแกนนำ สามเณรแกนนำที่มีประวัติการสูบบุหรี่ในปริมาณมาก จะถ่ายรูปที่ถ่ายทอดออกมาได้ดี เนื่องจากรู้ที่มาของภาพบุหรืนั้น และคิดแคปชั่นที่สะกิดใจ เพราะมีประสบการณ์ตรง ดังนั้นการได้ทำภาพโฟโตวอยซ์ด้วยตนเองนี้ จึงทำให้สามเณรแกนนำกลับมามองตนเอง เห็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับชีวิตตน เกิดความตระหนักและมีวิจารณญาณขึ้น จึงนำไปสู่การลดปริมาณการสูบบุหรี่ลง” ครูคนที่ 1

#### การจัดกิจกรรมรณรงค์การไม่สูบบุหรี่

เมื่อกลุ่มแกนนำตระหนักถึงความสำคัญของการไม่สูบบุหรี่แล้ว จึงนำไปสู่การที่กลุ่มแกนนำร่วมกันจัดกิจกรรมรณรงค์การลด ละ เลิกการสูบบุหรี่ขึ้น ซึ่งมีเป้าหมายหลักที่สามเณรนักเรียน โดยมีการจัดกิจกรรม ดังนี้ 1) จัดทำโลโก้ของการรณรงค์ ที่มีชื่อว่า “ปริยัติสไตส์ทางไกลคว้นบุหรื” รวมทั้งออกแบบและจัดทำป้ายสติ๊กเกอร์รณรงค์การไม่สูบบุหรี่ ดังรูปที่ 3 และ 4 เพื่อสร้างภาพลักษณ์และความรู้สึกเป็นเจ้าของภายในกลุ่มแกนนำ 2) ติดป้ายและแจกสติ๊กเกอร์ในงานบุญภายในวัด และทำคลิปรณรงค์การลด ละ เลิกบุหรืในงานบุญ เนื่องจากในกิจกรรมโฟโตวอยซ์พบว่าภาพการสูบบุหรี่ในวัดมาจากญาติโยมนำบุหรืมาสูบบนงานบุญ รวมทั้งในการรณรงค์การไม่สูบบุหรี่ในโรงเรียนจะใช้แนวคิดในเชิงการมองชุมชนเชิงบวกที่ไม่เพ่งเล็งและกล่าวโทษผู้สูบบุหรี่ อันจะทำให้ไม่เกิดแรงต่อต้านจากสามเณรที่สูบบุหรี่ในโรงเรียน ดังนั้นก่อนที่จะดำเนินการจัดการเกี่ยวกับการสูบบุหรี่ในโรงเรียน จะเริ่มต้นในวัดก่อน เพื่อให้เกิดภาพที่กลุ่มแกนนำ

เป็นตัวแทนการรณรงค์ในภาคสังคมวงกว้าง ไม่ได้เพ่งเล็งไปที่สามเณรนักเรียนเท่านั้น 3) ทำการอบรมสามเณรนักเรียนเกี่ยวกับโทษของการสูบบุหรี่ โดยสามเณรแกนนำเป็นผู้ดำเนินการอบรมด้วยตนเองทั้งหมด หัวข้อทำการอบรม คือ โทษภัยของบุหรื และควันบุหรืมือสอง 4) จัดการประกวดโฟโตวอยซ์เกี่ยวกับการสูบบุหรี่ในสามเณรนักเรียนดังรูปที่ 5 ซึ่งเป็นรูปที่ชนะเลิศในการประกวด 5) ค้นหาพื้นที่เสี่ยงต่อการสูบบุหรี่รอบบริเวณโรงเรียนและทำกิจกรรม 5ส 6) ติดป้ายจากภาพโฟโตวอยซ์ของสามเณรแกนนำและจากการประกวดของสามเณรนักเรียน และติดสติ๊กเกอร์ห้ามสูบบุหรี่ในพื้นที่เสี่ยง รวมทั้งพื้นที่ต่าง ๆ ภายในโรงเรียน 7) จัดกิจกรรมวอร์คแรลลีรณรงค์การไม่สูบบุหรี่ ซึ่งในกิจกรรมนี้จะมีการจัดกิจกรรมฐานจำนวน 4 ฐาน ได้แก่ ฐานสัญลักษณ์ห้ามสูบบุหรี่ ฐานบุหรืกับโควิด ฐานอบายมุข 6 และฐานสามัคคีเขียนคำ



### ปริยัติ สไตส์ ทางไกล คว้นบุหรื

รูปที่ 3 โลโก้ของกิจกรรมรณรงค์การไม่สูบบุหรี่

Figure 3 Logo of non-smoking campaign



รูปที่ 4 สติ๊กเกอร์ในการรณรงค์การไม่สูบบุหรี่

Figure 4 sticker in non-smoking campaign



รูปที่ 5 ภาพโฟโต้วอยซ์จากสามเณรนักเรียน

Figure 5 Photovoice photo from novice student

นอกจากนี้กลุ่มแกนนำยังวิเคราะห์กิจกรรมที่ดำเนินการทั้งหมด จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ไปปรับปรุงกระบวนการดำเนินการที่ผ่านมา โดยผลการวิเคราะห์การดำเนินการ พบว่าปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ คือ มีเวลาในการเตรียมจัดกิจกรรมไม่มากนัก

ตารางที่ 1 พฤติกรรมการสูบบุหรี่ของสามเณรนักเรียนก่อนและหลังการรณรงค์ (n=49)

Table 1 Smoking behavior of novice student before and after campaign (n=49)

Survey	Smoking behavior		
	Never Smoke	Used to smoke	Smoke until now
Before campaign	21 (42.9%)	2 (4.1%)	26 (53.1%)
After campaign	21 (42.9%)	10 (20.4%)	18 (36.7%)

ตารางที่ 2 พฤติกรรมการสูบบุหรี่ของสามเณรนักเรียนหลังการรณรงค์ (ในกลุ่มที่สูบบุหรี่ก่อนการรณรงค์ n=26)

Table 2 Smoking behavior of novice student after campaign (in smoking group before campaign; n=26)

Smoking behavior	Amount (%)
Quit smoking	8(30.8%)
Decrease smoking	7(26.9%)
Non-change smoking	11(42.3%)
Increase smoking	0(0.0%)

### ความตระหนักรู้ต่อการสูบบุหรี่หลังจากจัดกิจกรรมรณรงค์การไม่สูบบุหรี่

เนื่องจากกิจกรรมโฟโต้วอยซ์นำไปสู่การจัดกิจกรรมรณรงค์การไม่สูบบุหรี่ขึ้น โดยหลังจากจัดกิจกรรมรณรงค์การไม่สูบบุหรี่เกิดความตระหนักรู้ของสามเณรแกนนำเกี่ยวกับการสูบบุหรี่ ดังนี้

ก่อนทำการวิจัยสามเณรแกนนำมีความรู้เกี่ยวกับการสูบบุหรี่ไม่มากนัก สืบเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมโฟโต้วอยซ์ นำไปสู่การจัดกิจกรรมการอบรมให้แก่สามเณรนักเรียน จึงทำให้สามเณรแกนนำต้องหาความรู้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับการสูบบุหรี่มากขึ้นทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ ๆ เรื่องการสูบบุหรี่ นำไปสู่การคิดวิเคราะห์ และ

เนื่องจากข้อค้นพบกับคาบเรียน ทางครูแกนนำจึงวางแผนที่จะบูรณาการการดำเนินการรณรงค์ไม่สูบบุหรี่เข้าในหลักสูตรการเรียนการสอนในรูปแบบกิจกรรมชุมนุมซึ่งมีเวลาเรียนสองคาบต่อสัปดาห์

จากการสำรวจพฤติกรรมการสูบบุหรี่ของกลุ่มแกนนำพบว่า กลุ่มแกนนำจำนวน 5 รูป ที่สูบบุหรี่ก่อนเริ่มการวิจัยเลิกสูบบุหรี่ 2 รูป ลดปริมาณการสูบบุหรี่ 3 รูป ผู้ที่เคยสูบไม่มีการกลับมาสูบใหม่ และผู้ไม่สูบบุหรี่ไม่พบการเริ่มสูบบุหรี่ ส่วนสามเณรนักเรียนจำนวน 49 รูป พบว่าก่อนเริ่มทำการรณรงค์มีผู้สูบบุหรี่จนถึงปัจจุบันร้อยละ 53.1 หลังจากรณรงค์มีผู้สูบบุหรี่จนถึงปัจจุบันร้อยละ 36.7 ดังตารางที่ 1 มีผู้ที่เลิกสูบบุหรี่ร้อยละ 30.8 ลดปริมาณการสูบบุหรี่ร้อยละ 26.9 และไม่พบผู้ที่สูบบุหรี่เพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 2 ทั้งนี้ไม่พบผู้ที่เริ่มต้นสูบบุหรี่หรือผู้ที่กลับมาสูบบุหรี่ใหม่

เกิดความตระหนักเพิ่มขึ้นว่าการสูบบุหรี่เป็นสิ่งที่ไม่ดีต่อสุขภาพนำมาซึ่งโรคภัยต่าง ๆ

“ไม่เคยศึกษาเรื่องบุหรี่ปีก่อนเพราะไม่เคยสูบ จากการจัดกิจกรรมได้ความรู้เรื่องบุหรี่ปีก่อนเพราะต้องศึกษาค้นคว้าเอง เพื่อที่จะนำความรู้ไปใช้อบรมนักเรียนในโรงเรียน รวมทั้งได้พัฒนาทักษะเรื่องการวิเคราะห์และสังเคราะห์ นำไปสู่ความตระหนักว่าพฤติกรรมการสูบบุหรี่มีผลเสียต่อสุขภาพ” สามเณรแกนนำรูปที่ 3

แต่เดิมก่อนจะมีการจัดกิจกรรมรณรงค์ สามเณรแกนนำไม่ได้คำนึงว่าการสูบบุหรี่มีผลเสียต่อสังคมและผู้คนรอบข้าง มีเพียงความคิดว่าการสูบบุหรี่เป็นสิทธิส่วนบุคคล มีผลเสียต่อสุขภาพผู้สูบ แต่หลังจาก



จัดกิจกรรมเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับโทษของบุหรี่มือสอง สามเณรแกนนำเกิดความตระหนักถึงผลเสียจากควันบุหรี่มือสองที่มีต่อสังคมและผู้คนรอบข้าง ส่งผลให้สามเณรแกนนำที่สูบบุหรี่เลิกสูบบุหรี่หรือลดปริมาณการสูบบุหรี่ลง รวมทั้งสามเณรแกนนำที่ไม่สูบบุหรี่ ยังคงตั้งใจที่จะไม่สูบบุหรี่ต่อไป และเป็นแรงผลักดันให้สามเณรแกนนำดำเนินกิจกรรมการลด ละ เลิก การสูบบุหรี่อย่างต่อเนื่อง

“ก่อนทำกิจกรรมไม่ได้คิดว่าการสูบบุหรี่ของเราส่งผลเสียต่อสังคมและคนรอบข้าง แต่หลังทำกิจกรรมจึงรู้ว่าบุหรี่เป็นอันตรายต่อผู้คนรอบข้างและสังคมจากการได้รับควันบุหรี่มือสอง ดังนั้นด้วยการที่เป็นห่วงสุขภาพของคนรอบข้าง ทุกวันนี้นั่นเองสูบบุหรี่ลดลงมาก และอนาคตคิดว่าน่าจะเลิกสูบบุหรี่ได้” สามเณรแกนนำรูปที่ 10

กิจกรรมโฟโตวอยซ์ในกลุ่มแกนนำ นำไปสู่การจัดทำสติ๊กเกอร์ห้ามสูบบุหรี่โดยกลุ่มแกนนำ และมีการจัดกิจกรรมฐานเกี่ยวกับสัญลักษณ์ห้ามสูบบุหรี่ แล้วให้สามเณรแกนนำและสามเณรนักเรียนนำสติ๊กเกอร์ดังกล่าวไปติดในจุดที่คิดว่าไม่ควรสูบบุหรี่ในโรงเรียน วัด หรือชุมชน ก่อให้สามเณรแกนนำและสามเณรนักเรียนเกิดความตระหนักถึงสถานที่ใดบ้างไม่ควรสูบบุหรี่ นอกจากนี้จากหลังจากมีการจัดกิจกรรม 5ส ในบริเวณจุดเสี่ยงต่อการสูบบุหรี่รอบบริเวณโรงเรียน แล้วนำสติ๊กเกอร์ห้ามสูบบุหรี่ไปติดในบริเวณดังกล่าว การสูบบุหรี่ในโรงเรียนทั้งของสามเณรแกนนำและสามเณรนักเรียนก็ลดลง

“หลังจากจัดกิจกรรม สามเณรแกนนำและสามเณรนักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของสถานที่ซึ่งห้ามสูบบุหรี่ เมื่อได้รับแจกสติ๊กเกอร์พวกเขานำไปติดที่หน้าห้องของตน สถานที่ต่าง ๆ ในวัด โรงเรียน และสถานที่ซึ่งพวกเขาตระหนักว่าห้ามสูบบุหรี่” ครูคนที่ 1

## บทวิจารณ์

การจัดกิจกรรมโฟโตวอยซ์ในการวิจัยนี้ ทำให้สามเณรแกนนำเกิดการเปิดประตูการเรียนรู้โลกกว้างเกี่ยวกับการค้นหาปัญหาการสูบบุหรี่ รวมทั้งทำให้ได้เรียนรู้ว่าปัญหาการสูบบุหรี่เป็นปัญหาที่สำคัญในวัด โรงเรียน และชุมชนของตน และสร้างให้สามเณรแกนนำเป็นผู้นำด้านการให้ความรู้ด้านโทษภัยของบุหรี่ในสังคมของตน นอกจากนี้โฟโตวอยซ์ยังทำให้สามเณรแกนนำที่ไม่ได้สนใจปัญหาการสูบบุหรี่ในโรงเรียน เกิดการตื่นตัวต่อปัญหาดังกล่าว เนื่องจากภาพโฟโตวอยซ์สะท้อนให้เห็นภาพถ่ายที่มาจากสังครอบตัวอย่างชัดเจน เป็นไปในลักษณะเดียวกับการศึกษาของ Petteway และคณะที่ใช้โฟโตวอยซ์ในการระบุปัญหาการสูบบุหรี่ในชุมชน<sup>9</sup> โดยเฉพาะอย่างยิ่งโฟโตวอยซ์ทำให้เกิดการรับรู้ถึงอำนาจและศักยภาพในตน และเกิดการตื่นตัวในการจัดการปัญหาในสังคม ดังเช่น Freire เรียกว่าความตระหนักรู้

อย่างมีวิจารณ์ฐาน<sup>9</sup> ดังนั้นความตระหนักรู้จึงเกิดขึ้นหลังจากที่สามเณรแกนนำสามารถระบุปัญหาการสูบบุหรี่ ที่มีรากมาจากปัญหาทางโครงสร้างสังคมที่สะท้อนผ่านภาพถ่าย คือ รับรู้ว่าผู้ที่สูบบุหรี่ สูบบุหรี่เนื่องจากโครงสร้างทางสังคม คือ การเป็นลูกหลานแรงงานอพยพ การมีครอบครัวที่ย่ำแย่ บิดาหรือมารดาเสียชีวิตและการมีฐานะยากจนผลักดันให้เข้าสู่วงจรการสูบบุหรี่ ซึ่งถือว่าเป็นการถูกกดขี่ทางสังคม โดยการร่วมกันอภิปรายสภาพการถูกกดขี่นั้น ทำให้เกิดความต้องการเปลี่ยนแปลงสังคมเพื่อแก้ปัญหาการสูบบุหรี่ จึงนำไปสู่การร่วมกันจัดการปัญหาสุขภาพด้านการสูบบุหรี่ของสามเณรนักเรียน ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกับการศึกษาของ Lee และคณะที่ใช้โฟโตวอยซ์เป็นจุดเริ่มต้นในการแก้ปัญหาการสูบบุหรี่ที่มีวัยรุ่นเป็นกลุ่มแกนนำ<sup>8</sup> นอกจากนี้กิจกรรมโฟโตวอยซ์ยังทำให้เกิดการเสริมสร้างพลังอำนาจและพัฒนาศักยภาพแก่สามเณรแกนนำ ซึ่งนำไปสู่การจัดการปัญหาการสูบบุหรี่ในโรงเรียน จึงเกิดการการป้องกันสามเณรนักเรียนไม่ให้เข้าสู่วงจรการสูบบุหรี่ ลดปริมาณการสูบบุหรี่ หรือเลิกสูบบุหรี่ ซึ่งพบเห็นลักษณะเดียวกันนี้ในการศึกษาของ Petteway และคณะ<sup>9</sup>

นอกจากนี้โฟโตวอยซ์เป็นกระบวนการที่มีการถ่ายภาพและมีการบรรยายใต้ภาพ ซึ่งสอดคล้องกับวัยของสามเณร คือวัยรุ่นที่เติบโตมาพร้อมกับการสื่อสารและเทคโนโลยีที่ก้าวล้ำนำสมัย รวมทั้งสามเณรแกนนำมีโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งสามารถถ่ายรูปได้อย่างงดงามและสามารถถ่ายทอดอารมณ์ความรู้สึกของภาพถ่ายได้อย่างตรงใจผู้พบเห็น<sup>12</sup> ส่งผลให้กิจกรรมโฟโตวอยซ์สามารถก่อกระแสการรณรงค์การไม่สูบบุหรี่ได้

หลักการ SHOWeD ที่ใช้บรรยายภาพโฟโตวอยซ์ในการวิจัยนี้เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการค้นหาปัญหาการสูบบุหรี่เป็นขั้นตอน และทำให้เกิดการอธิบายรายละเอียดของภาพและแนวทางในการจัดการปัญหา ซึ่งสนับสนุนให้เกิดความตระหนักรู้ตามมา โดยความตระหนักรู้ทำให้เกิดความต้องการแก้ปัญหา จึงทำให้กลุ่มแกนนำมีส่วนร่วมอย่างแท้จริง รู้สึกเป็นเจ้าของกิจกรรม และได้รับการเสริมสร้างพลังอำนาจ ส่งผลให้ผู้วิจัยย่อยบทบาทของตนเองไปเป็นผู้กระตุ้น ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมของ Lee และคณะ ที่ใช้โฟโตวอยซ์ร่วมกับหลักการ SHOWeD จัดการเกี่ยวกับพฤติกรรมสูบบุหรี่<sup>8</sup>

การวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวคิดการส่งเสริมสุขภาพตามแนว Ottawa charter คือ การพัฒนาทักษะส่วนบุคคลในกลุ่มแกนนำ และการสร้างสิ่งแวดล้อมให้เอื้อต่อการมีสุขภาพดี กล่าวคือ โครงการนี้สร้างสามเณรแกนนำให้เกิดภาวะผู้นำ กล่าวคือ กล้าแสดงออก มีความรอบรู้ด้านสุขภาพเกี่ยวกับบุหรี่ รวมทั้งเกิดการเติบโตทางด้านความคิด

โดยเฉพาะกระบวนการคิดเชิงวิเคราะห์และการมีวิจารณญาณส่งผลให้เกิดความตระหนักถึงโทษภัยของการสูบบุหรี่ จึงทำให้เกิดการดูแลสุขภาพของสามเณรนักเรียนและของตนเองให้ลด ละ เลิกการสูบบุหรี่ สำหรับการสร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการมีสุขภาพดี คือ การร่วมกันค้นหาจุดเสี่ยงต่อการสูบบุหรี่ และจัดกิจกรรม 5ส ในพื้นที่นั้น รวมทั้งมีการติดสติ๊กเกอร์ห้ามสูบบุหรี่ที่แกนนำจัดทำขึ้นเองในพื้นที่ดังกล่าว นอกจากนี้ยังมีการติดภาพโปสเตอร์ และสติ๊กเกอร์ห้ามสูบบุหรี่ในบริเวณโรงเรียนและพื้นที่โดยรอบ<sup>13</sup>

งานวิจัยนี้เบื้องต้นไม่ได้มุ่งหวังการลด ละ เลิก การสูบบุหรี่ มุ่งหวังเพียงการพัฒนาศักยภาพและความตระหนักรู้ต่อการสูบบุหรี่ในสามเณรแกนนำ เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านระยะเวลา แต่อย่างไรก็ตามด้วยการมีส่วนร่วมอย่างแท้จริง รับรู้ถึงอำนาจตนเอง และศักยภาพของกลุ่มแกนนำ รวมทั้งการให้ความสนใจของครูและสามเณรนักเรียนจึงนำไปสู่การลด ละ เลิกการสูบบุหรี่ของสามเณรนักเรียนในที่สุด

จากการวิจัยนี้ การนำแนวทางการปฏิบัติเกี่ยวกับโปสเตอร์ไปใช้ในการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อรณรงค์เกี่ยวกับการไม่สูบบุหรี่ในกลุ่มชายขอบอื่น ๆ ที่ไม่ใช่สามเณรและวัยรุ่นเป็นสิ่งที่มีควรมีการศึกษาและประยุกต์ใช้ต่อไป

## บทสรุป

กิจกรรมโปสเตอร์ทำให้กลุ่มแกนนำเกิดการระบุดูปัญหาการสูบบุหรี่ในวัด โรงเรียน และชุมชนขึ้น นำไปสู่การวิเคราะห์และอภิปรายรากเหง้าของปัญหาร่วมกัน ส่งผลให้สามเณรแกนนำเกิดความตระหนักรู้ต่อปัญหาการสูบบุหรี่ จึงเกิดกิจกรรมรณรงค์การไม่สูบบุหรี่ ทำให้สามเณรแกนนำและสามเณรนักเรียนเกิดการลด ละ เลิกการสูบบุหรี่ตามมาในที่สุด

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสามเณร ครู และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่สละเวลาและเอื้อเฟื้อข้อมูลในการวิจัยนี้ รวมทั้งอาจารย์และเจ้าหน้าที่ในคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่เกี่ยวข้องทุกท่านซึ่งให้ความเอื้อเฟื้อในการให้คำปรึกษา และสนับสนุนในทุกด้าน รวมไปถึงผู้สนับสนุนทุนวิจัย ได้แก่ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization [Homepage on the Internet]. Geneva: WHO monograph on tobacco cessation and oral health integration Online Resources, 2017 [cited 2019 Aug 15]. Available from: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255692/9789241512671eng.pdf;jsessionid=20F7659C295EAB02658688F50EA55230?sequence=1>.
2. World Health Organization [Homepage on the Internet]. Geneva: Adolescents: health risks and solutions Online, 2018 [cited 2019 Aug 25]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/adolescents-health-risks-and-solutions>.
3. Mullally BH. The influence of tobacco smoking on the onset of periodontitis in young persons. *Tob Induc Dis* 2004;2(2):53-65.
4. Chanthra O, Tuongratanaphan S, Nirunsittirat A. Socio-cultural aspect of smoking among novices in Phrapariyattidhamma schools in the border districts in Chiang Mai Province. *Thaksin Procedia* 2020;1(HS17).
5. Freire P. Pedagogy of the oppressed. 30th anniversary ed. New York: The continuum International Publishing Group Inc; 2005. p. 87-124.
6. Smith S, Wilms D, Johnson N. Nurtured by knowledge: Learning to do participatory action research. New York: apex place; 1997. p. 197-225
7. Wang C, Burris MA. Photovoice: concept, methodology, and use for participatory needs assessment. *Health Educ Behav* 1997; 24(3):369-87.
8. Lee JP, Pagano A, Kirkpatrick S. Using photovoice to develop critical awareness of tobacco environments for marginalized youth in *California*. *Action Research* 2017;17(4):510-27.
9. Petteway RJ, Sheikhattari P, Wagner F. Toward an Intergenerational Model for Tobacco-Focused CBPR: Integrating Youth Perspectives via Photovoice. *Health Promot Pract* 2019;20(1):67-77.
10. Wang C. Photovoice: a participatory action research strategy applied to women's health. *J Womens Health* 1999;8(2):185-92.
11. Wallerstein N, Sanchez-Merki V. Freirian praxis in health education: research results from an adolescent prevention program. *Health Educ Res* 1994;9(1):105-18.
12. Strack RW, Magill C, McDonagh K. Engaging youth through photovoice. *Health Promot Pract* 2004;5(1):49-58.
13. World Health Organization [Homepage on the Internet]. Ottawa: Ottawa Charter for Health Promotion Online Resources, 1986 [cited 2021 May 1]. Available from: [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0004/129532/Ottawa\\_Charter.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/129532/Ottawa_Charter.pdf).





## บทวิทยากร

การวิจัยแบบมีส่วนร่วมโดยใช้ชุมชนเป็นฐาน: การพัฒนารูปแบบบูรณาการจัดการเรียนรู้เพื่อ  
สร้างเสริมพฤติกรรมอาหารร่วมกับพัฒนาการด้านความคิดเชิงบริหารในเด็กปฐมวัย  
อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

Community Based Participatory Research: Development of an Integrated  
Learning Program for Dietary Behavior and Executive Function Promotion of  
Early Childhood in Wangthong District, Phitsanulok Province

วนิตา มากลัน<sup>1</sup>, อติศักดิ์ จิ๊งพัฒนาวดี<sup>1</sup>

Wanita Maklon<sup>1</sup>, Atisak Chuengpattanawadee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาทันตกรรมครอบครัวและชุมชน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ ประเทศไทย

<sup>1</sup>Department of Family and Community Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

## บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบมีส่วนร่วมโดยใช้ชุมชนเป็นฐาน มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบของการบูรณาการกิจกรรมสร้างเสริม  
พฤติกรรมอาหารร่วมกับการพัฒนาทักษะด้านการคิดเชิงบริหารในเด็กปฐมวัย โดยมีขั้นตอนการวิจัยครอบคลุมตั้งแต่  
การศึกษาบริบทของชุมชน กระบวนการสร้างหุ้นส่วน (partnership) กำหนดเป้าหมายและการวางแผนอย่างมีส่วนร่วม การปฏิบัติตามแผน  
และการประเมินผล ผลจากโครงการทำให้เกิดกิจกรรมในชุมชนดังนี้ 1) การปรับเปลี่ยนสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเสริมสร้างพฤติกรรม  
อาหาร 2) การประเมินพัฒนาการและปัญหาทักษะด้านการคิดเชิงบริหารในเด็กโดยครูประจำชั้น และหาแนวทางแก้ไขร่วมกัน 3) การ  
ส่งเสริมพฤติกรรมอาหารและทักษะด้านการคิดเชิงบริหารในห้องเรียน 4) การกระตุ้นให้ผู้ปกครองเห็นความสำคัญและมีส่วนร่วม  
ในการพัฒนาเด็ก 5) การอ่านนิทานเพื่อเสริมสร้างพฤติกรรมอาหารและทักษะด้านการคิดเชิงบริหาร โดยผู้ปกครอง 6) กิจกรรม  
เสริมประสบการณ์เพื่อเสริมสร้างพฤติกรรมอาหารและทักษะด้านการคิดเชิงบริหาร ภายใต้ระยะเวลาจำกัดของการวิจัย ทำให้มี  
บางกิจกรรมไม่เกิดผลตามที่คาดหวัง แต่การเกิดขึ้นของกิจกรรมในภาพรวมเป็นการทำงานที่ขับเคลื่อนโดยชุมชนอย่างแท้จริง รวมถึงมีการเกิดขึ้น  
ของภาคีเครือข่ายและการสนับสนุนจากคนในชุมชนที่นอกเหนือจากขอบเขตที่วางไว้ตอนต้น จึงนับเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีต่อการพัฒนาการทำงาน  
ที่จะขยายไปยังประเด็นสุขภาพอื่น ๆ และการมีส่วนร่วมของกลุ่มบุคคลอื่นในชุมชนต่อไป

**คำสำคัญ:** การวิจัยแบบมีส่วนร่วมโดยใช้ชุมชนเป็นฐาน, พฤติกรรมอาหาร, เด็กปฐมวัย, ทักษะด้านการคิดเชิงบริหาร

## Abstract

This project aimed to develop an integrated model to foster dietary behavior and executive function skills among preschool children in Wangthong District, Phitsanulok Province through community based participatory research process. A partnership between school, health care workers, and researchers used multiple methods to examine the context and environmental health risks in the community. A school health program was also implemented through this collaboration. An action working group was established to facilitate structured involvement of partners in the design, implementation, and evaluation phase of the project. Results of this project were emerging concerted activities as follows: (a) environmental modifications to promote positive dietary behavior practices; (b) assessment of development and problem behaviors of executive function in children and subsequently determining the potential solutions; (c)

promoting healthy dietary behavior and executive function skills in the classroom setting; (d) cultivating parent involvement to facilitate improved child care; (e) storytelling through parents with their children to influence positive dietary behavior and executive function skills; and (f) developing additional activities towards betterment of dietary behavior and executive function skills. Despite the brief duration and limitations of the project, the newly nurtured partnerships, emerging concerted activities, and unforeseen community support were fundamental to forge organizational participation focused towards growth and addressing other health-related issues.

**Keywords:** Community based participatory research, Dietary behavior, Early childhood, Executive function skills

Received Date: May 16, 2021

Revised Date: Jun 14, 2021

Accepted Date: Jul 27, 2021

doi: 10.14456/jdat.2021.34

#### ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

วนิดา มากกลิ่น ภาควิชาทันตกรรมครอบครัวและชุมชน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200 ประเทศไทย โทรศัพท์: 081-8871034 อีเมล: wanitasomchun@gmail.com

#### Correspondence to:

Wanita Maklon, Department of Family and Community Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Huay Kaew Road, Muang District, Chiang Mai, 50200 Thailand. Tel: 081-8871034 E-mail: wanitasomchun@gmail.com

## บทนำ

โครงการส่งเสริมสุขภาพช่องปากในปัจจุบันให้ความสำคัญกับการส่งเสริมสุขภาพช่องปากโดยการควบคุมปัจจัยเสี่ยงร่วม (Common risk factor approach) หรือพฤติกรรมบางชนิดที่ส่งผลกระทบต่อโรคภัยไข้เจ็บหลาย ๆ โรค<sup>1</sup> เช่น “โครงการรณรงค์เพื่อเด็กไทยไม่กินหวาน” แต่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารนั้นไม่ใช่เรื่องง่าย โดยเฉพาะในเด็กที่สมองส่วนควบคุมพฤติกรรมและสมองส่วนตอบสนองด้านอารมณ์ยังพัฒนาไม่เต็มที่ เป็นเรื่องยากที่จะทำให้เด็กสามารถยับยั้งชั่งใจในการกินตามความอยากซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพ<sup>2,3</sup> จึงเกิดแนวความคิดการทำงานส่งเสริมสุขภาพที่บูรณาการการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารร่วมกับพัฒนาการของทักษะด้านการคิดเชิงบริหาร (Executive Functions: EF) ซึ่งเป็นศักยภาพของสมองที่ใช้ในการบริหารจัดการชีวิต การควบคุมตนเอง เพื่อให้สามารถแสดงพฤติกรรมและอารมณ์ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ ทักษะนี้จะมีพัฒนาการมากที่สุดในช่วงอายุ 3-6 ปี<sup>4</sup> ปฐมวัยจึงเป็นช่วงสำคัญหากเด็กมีพัฒนาการของทักษะนี้ที่เหมาะสมจะส่งผลต่อการมีพฤติกรรมสุขภาพและสถานะสุขภาพที่ดีในช่วงวัยผู้ใหญ่ รวมถึงการเป็นผู้ใหญ่ที่มีคุณภาพในอนาคต<sup>5</sup>

การคิดเชิงบริหารสำหรับเด็กปฐมวัย ประกอบด้วยทักษะ 5 ด้าน ได้แก่ 1) ความจำที่นำมาใช้งาน (Working memory) 2) การยับยั้งคิด (Inhibitory Control) 3) การยืดหยุ่นทางความคิด (Shift หรือ Cognitive Flexibility) 4) การควบคุมอารมณ์ (Emotional

Control) 5) การวางแผนและการจัดระบบดำเนินการ (Planning and Organizing)<sup>4</sup> มีงานวิจัยที่พบว่าความคิดเชิงบริหารมีความสัมพันธ์อย่างมากกับการกำกับตนเองด้านการบริโภคอาหาร โดยเป็นความสัมพันธ์แบบสองทาง คือ การกินอาหารที่ดีต่อสุขภาพช่วยรักษาทักษะการคิดเชิงบริหารให้คงอยู่จนถึงวัยรุ่น และทักษะการคิดเชิงบริหารก็มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหาร ตั้งแต่การคิดตัดสินใจว่าเลือกกิน การลงมือปฏิบัติ และการต้านทานต่อการดึงดูดจากอาหารที่ส่งผลเสียกับสุขภาพ ช่วยให้เกิดพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารที่คำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการ และคงอยู่จนกลายเป็นนิสัย<sup>6-8</sup> เด็กมีศักยภาพที่จะพัฒนาการคิดเชิงบริหารบนพื้นฐานของพัฒนาการทั้ง 4 ด้าน และประสบการณ์ที่เด็กได้รับตั้งแต่เป็นทารก ทั้งการเลี้ยงดูสภาพแวดล้อมและการฝึกฝน เมื่อเด็กเข้าสู่โรงเรียนก็ยังคงต้องได้รับการพัฒนาต่อเนื่อง เพื่อให้สมองพัฒนาได้เต็มตามศักยภาพ ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะด้านการบริหารจัดการ เช่น กิจกรรมโครงงาน ศิลปะที่เน้นกระบวนการ การเล่นอิสระ การเล่นนิทาน การเล่นเกมบทบาทสมมติ รวมถึงกิจกรรมอื่นๆที่เปิดโอกาสให้เด็กได้คิด เลือก ตัดสินใจ ลงมือทำ โดยอยู่บนพื้นฐานความสัมพันธ์ที่ระหว่างเด็กและผู้ใหญ่<sup>9</sup>

งานวิจัยนี้ใช้กระบวนการของการวิจัยแบบมีส่วนร่วม โดยใช้ชุมชนเป็นฐาน (Community based participatory research: CBPR) ซึ่งเป็นการวิจัยร่วมกับการปฏิบัติการในการสร้างองค์ความรู้

และนำผลที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในการปฏิบัติงานพร้อมไปกับการสร้างความร่วมมือของชุมชน แนวคิดการทำงานมี 4 องค์ประกอบหลัก คือ บริบทของชุมชน กระบวนการสร้างหุ้นส่วน การแทรกแซงและการทำวิจัย และสุดท้ายคือผลลัพธ์ ทุกองค์ประกอบจะมีความพลวัต (dynamic) คือเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา<sup>10,11</sup> กระบวนการของการวิจัยแบบมีส่วนร่วมโดยใช้โรงเรียนเป็นฐานครั้งนี้เพื่อให้เกิดการดำเนินการอย่างเป็นระบบและสอดคล้องกับสภาพจริงของเด็กในโรงเรียน ร่วมกับครูปฐมวัยและทีมสหวิชาชีพที่ดูแลเกี่ยวกับพัฒนาการเด็ก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการส่งเสริมพฤติกรรมกรรมการบริหารโภชนาการและการพัฒนาการคิดเชิงบริหารของเด็กปฐมวัยในโรงเรียนแห่งหนึ่ง จังหวัดพิษณุโลก

### วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบมีส่วนร่วมโดยใช้ชุมชนเป็นฐาน คัดเลือกกลุ่มเป้าหมายแบบจำเพาะเจาะจงจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเด็กปฐมวัย ได้แก่ ผู้อำนวยการโรงเรียน ครูอนามัยประจำโรงเรียน ครูปฐมวัย จำนวน 10 คน และเจ้าหน้าที่สาธารณสุขที่มีบทบาทด้านพัฒนาการเด็ก จำนวน 1 คน รวมจำนวน 13 คน ระยะการดำเนินการวิจัย 6 เดือน (ตุลาคม 2563-มีนาคม 2564) โดยแบ่งเป็น 2 ระยะดังนี้

**ระยะที่ 1 การศึกษาบริบทของชุมชนและกระบวนการสร้างหุ้นส่วน** แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนย่อยดังนี้

ขั้นที่ 1 จัดประชุมร่วมกันระหว่างผู้อำนวยการโรงเรียน ตัวแทนครูปฐมวัย (หัวหน้าและรองหัวหน้าปฐมวัย) ครูอนามัย เจ้าหน้าที่สาธารณสุข เพื่อนำเสนอแนวคิดการวิจัย ชี้แจงเป้าหมายและวิธีการดำเนินงาน แสดงให้เห็นถึงความสำคัญและประโยชน์ที่จะได้รับร่วมกันในการส่งเสริมพฤติกรรมกรรมการบริหารโภชนาการและการคิดเชิงบริหารในเด็กปฐมวัย พร้อมขออนุญาตผู้อำนวยการโรงเรียนในการเก็บข้อมูลและสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ตลอดจนรับฟังข้อเสนอแนะในการทำงาน

ขั้นที่ 2 การสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายโดยใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งมีโครงสร้าง (Semi-structured Interview) แนวทางในการสัมภาษณ์ประกอบด้วย คำถามปลายเปิดเกี่ยวกับความสำคัญของเด็กปฐมวัย ประเด็นเกี่ยวกับเด็กที่ครูให้ความสำคัญ แนวคิดในการทำงาน นโยบายและสิ่งที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับเด็กปฐมวัย ความพร้อม ปัญหาอุปสรรคในการทำงาน ความร่วมมือระหว่างครูภายในโรงเรียน และระหว่างครูกับผู้ปกครองและชุมชน พร้อมกับบันทึกสิ่งที่พบเห็นตามสภาพจริงในโรงเรียนสภาพแวดล้อมในโรงเรียน และพฤติกรรมกรรมการแสดงออกของผู้เข้าร่วมวิจัย

ขั้นที่ 3 การสร้างความสนใจร่วมกันโดยการจัดการประชุมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการส่งเสริมพฤติกรรมกรรมการบริหารโภชนาการที่ดี

และการพัฒนาทักษะด้านการคิดเชิงบริหารในเด็กปฐมวัย โดยเชิญวิทยากรภายนอกที่มีความเชี่ยวชาญ มีความรู้ความสามารถมาจัดกระบวนการเพื่อสร้างความเข้าใจ

**ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบกิจกรรมที่บูรณาการสร้างเสริมพฤติกรรมกรรมการบริหารโภชนาการและพัฒนาทักษะด้านการคิดเชิงบริหารในเด็กปฐมวัย** แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน

ขั้นที่ 1 ขั้นการวางแผน เป็นขั้นตอนที่คณะครูปฐมวัย ผู้วิจัย วิทยากรภายนอก และเจ้าหน้าที่สาธารณสุขร่วมกันวางแผนผ่านการใช้กระบวนการวางแผนอย่างมีส่วนร่วม (Appreciation Influence Control: AIC)<sup>12</sup> มี 3 ขั้นตอน คือ

**ขั้นตอนการสร้างความรู้ (Appreciation : A)** คือขั้นตอนการเรียนรู้ และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ แบ่งเป็น 2 ส่วน

A1 : เข้าใจสถานการณ์ สภาพความเป็นจริงร่วมกัน วิเคราะห์สภาพการของโรงเรียน/เด็กปฐมวัยในปัจจุบัน

A2 : การกำหนดอนาคตหรือวิสัยทัศน์อันเป็นภาพพึงประสงค์ในการพัฒนาว่าต้องการอย่างไร

**ขั้นตอนการสร้างแนวทางการพัฒนา (Influence : I)** คือขั้นตอนที่จะต้องช่วยกันหามาตรการ วิธีการ และค้นหาเหตุผลเพื่อกำหนดทางเลือกในการพัฒนา กำหนดเป้าหมาย กำหนดกิจกรรม และ จัดลำดับความสำคัญของกิจกรรม โครงการ โดยแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ

I1 : การคิดเกี่ยวกับกิจกรรมโครงการที่จะทำให้เกิดบรรลุวัตถุประสงค์ ตามภาพพึงประสงค์

I2 : การจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมโครงการ โดย

- (1) กิจกรรมหรือโครงการที่ผู้เข้าร่วมทำเองได้เลย
- (2) กิจกรรมหรือโครงการที่บางส่วนต้องการความร่วมมือ หรือการสนับสนุนจากหน่วยงานอื่น
- (3) กิจกรรมที่ผู้เข้าร่วมไม่สามารถดำเนินการได้เอง ต้องขอความร่วมมือ

**ขั้นตอนการสร้างแนวทางปฏิบัติ (Control : C)** คือยอมรับและทำงานร่วมกันโดยนำเอาโครงการหรือกิจกรรมต่าง ๆ มาสู่การปฏิบัติ โดยขั้นตอนกิจกรรมประกอบด้วย

C1 : การแบ่งความรับผิดชอบ

C2 : การตกลงใจในรายละเอียดของการดำเนินการจัดทำแผนปฏิบัติ

หลังจากนั้นตัวแทนได้แก่ ผู้วิจัย หัวหน้าและรองหัวหน้าฝ่ายปฐมวัย นำแผนงานที่ได้ไปเสนอแก่ผู้อำนวยการ รับฟังข้อเสนอแนะและปรับแก้ไขก่อนจะนำไปปฏิบัติ

ขั้นที่ 2 ขั้นการปฏิบัติตามแผน

ขั้นที่ 3 ขั้นการสะท้อนการปฏิบัติและการประเมินผล แบ่งเป็นการประเมินผลทั้งจากกิจกรรม การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของผู้เข้าร่วม ผลกระทบที่เกิดขึ้นในชุมชน กลวิธีที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้คือการเขียนสะท้อนตนเอง (self-reflection) และการอภิปรายกลุ่ม (focus group discussion)

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยระเบียบวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมด ทั้งจากการสังเกตแบบบันทึก การสัมภาษณ์ กึ่งโครงสร้างของกลุ่มตัวอย่าง และการอภิปรายกลุ่ม มาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) เพื่อหาประเด็นสำคัญที่ปรากฏในเนื้อหา ร่วมกับการจำแนกประเภทข้อมูล จัดเป็นหมวดหมู่และอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลเหล่านั้น จากนั้นจึงสรุปประเด็นสำคัญของข้อมูล

## ผลการศึกษา

### 1. บริบทของชุมชนและกระบวนการสร้างหุ่นส่วน

โรงเรียนที่เป็นพื้นที่วิจัย เป็นโรงเรียนประจำอำเภอ ตั้งอยู่ในเขตเทศบาล โรงเรียนมีนโยบายห้ามขายขนมกรุบกรอบและน้ำอัดลมในโรงเรียน แต่เนื่องจากโรงเรียนอยู่ในเขตเทศบาล จึงมีร้าน

สะดวกซื้อและร้านค้าอีกมากกว่า 10 ร้านอยู่ใกล้ ๆ โรงเรียน มีเด็กนักเรียนอนุบาล 2 ระดับชั้น จำนวน 232 คน แบ่งเป็น 8 ห้อง นักเรียนส่วนใหญ่มาจากนอกเขตเทศบาลและมีบางส่วนมาจากอำเภออื่นที่อยู่ใกล้เคียง ส่วนใหญ่เด็กอาศัยอยู่กับบิดามารดา ผู้ปกครองส่วนใหญ่จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า โดยส่วนใหญ่ประกอบอาชีพรับจ้าง รายได้ของครอบครัวส่วนใหญ่อยู่ที่ 15,000-30,000 บาท/เดือน (ตามตารางที่ 1) มีครูทั้งสิ้น 10 คน แบ่งเป็นหัวหน้าฝ่ายปฐมวัย รองหัวหน้าฝ่ายปฐมวัยและครูประจำชั้น 8 คน เป็นเพศหญิงทั้งหมด อายุระหว่าง 24-57 ปี อายุเฉลี่ย 37 ปี จบการศึกษามัธยมศึกษา 7 คน ปริญญาโท 3 คน สอนตรงตามวิชาเอก (การศึกษาปฐมวัย) 7 คน มีประสบการณ์การทำงานกับเด็กปฐมวัยตั้งแต่ 1-36 ปี มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 13.1 ปี การชี้แจงหรือประสานงานกับผู้ปกครองจะใช้วิธีการบอกผ่านไลน์กลุ่มเป็นช่องทางหลักในการติดต่อกับผู้ปกครอง ซึ่งมีผู้ปกครองที่เข้าร่วมไลน์กลุ่มร้อยละ 96.6 และส่วนใหญ่เข้าร่วมมากกว่า 1 คนต่อเด็ก 1 คน ผู้ปกครองส่วนน้อยที่ไม่มีจะใช้วิธีการโทรบอก

ตารางที่ 1 ลักษณะทั่วไปของเด็กนักเรียนและผู้ปกครอง

Table 1 General characteristic of children and parents

ลักษณะ/ปัจจัย	ระดับชั้นอนุบาล 2		ระดับชั้นอนุบาล 3	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
เพศของเด็ก				
ชาย	53	49.1	61	49.2
หญิง	55	50.9	63	50.8
ที่อยู่อาศัย				
ในเขตเทศบาล	41	38.0	54	43.5
นอกเขตเทศบาล	67	62.0	70	56.5
ผู้ปกครองมีความเกี่ยวข้องเป็น				
บิดามารดา	64	59.3	82	66.1
อื่นๆ	44	40.7	42	33.9
สถานภาพของบิดามารดา				
อยู่ด้วยกัน	80	74.1	99	79.8
แยกกันอยู่/หย่าร้าง/หม้าย	28	25.9	25	20.2
จำนวนบุตร				
≤2	80	74.1	101	81.5
>2	28	25.9	23	18.5
การศึกษาของผู้ปกครอง				
ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า	20	18.5	17	13.7
มัธยมศึกษาตอนต้น	18	16.7	36	29.0
มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	46	42.6	40	32.3
ปวส./ปริญญาตรี	24	22.2	31	25.0

ตารางที่ 1 ลักษณะทั่วไปของเด็กนักเรียนและผู้ปกครอง (ต่อ)

Table 1 General characteristic of children and parents (cont.)

ลักษณะ/ปัจจัย	ระดับชั้นอนุบาล 2		ระดับชั้นอนุบาล 3	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
อาชีพของผู้ปกครอง				
ไม่ได้ทำงาน/แม่บ้าน	22	20.4	25	20.2
เกษตรกร	20	18.5	16	12.9
รับจ้าง	38	35.2	38	30.6
ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	12	11.1	27	21.8
รับราชการ/พนักงานของรัฐ/รัฐวิสาหกิจ	16	14.8	18	14.5
รายได้ของครอบครัว				
<15,000	35	32.4	49	39.5
15,000-30,000	61	56.5	56	45.2
>30,000	12	11.1	19	15.3

จากการสัมภาษณ์และการสังเกตของผู้วิจัยพบว่าหัวหน้าและรองหัวหน้าของระดับปฐมวัยได้รับการยอมรับจากครูทุกคนเป็นอย่างดี และมีแนวคิดที่ดีในการที่จะส่งเสริมพัฒนาการเด็ก มีความเท่าเทียมในการแสดงความคิดเห็นระหว่างครูทุกคน บุคลากรของโรงเรียนมีทัศนคติในการทำงานที่ดี ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน พร้อมจะยอมรับสิ่งใหม่ ๆ แต่มีข้อจำกัดด้านการแบ่งปันประสบการณ์ร่วมกัน เห็นได้จากการจัดอบรมหลายครั้งในหลายเรื่อง พบว่าเมื่อใครไปประชุมอบรมเรื่องอะไรคนนั้นก็มักจะกลับมาทำในชั้นเรียนที่ตนรับผิดชอบ ครูปฐมวัยเกือบทั้งหมดพูดถึงปัญหาอุปสรรคในการทำงานที่เหมือน ๆ กันคือ ภาระงานโดยเฉพะงานเอกสาร และครูส่วนมากรู้สีกว่านโยบายต่างๆ มักถูกจำกัดด้วยการประเมินตามเกณฑ์ที่เหมือนกันในขณะที่เด็กมีความแตกต่างกันและมาจากครอบครัวที่แตกต่างกันหลายหลาย นโยบายเกี่ยวกับการส่งเสริมพฤติกรรม การบริโภคอาหารและพัฒนาการคิดเชิงบริหารในเด็กปฐมวัยถึงแม้จะเป็นนโยบายระดับประเทศ แต่เป็นนโยบายที่แยกขาดจากกันในโรงเรียนเองก็มีนโยบายเรื่องการบริโภคอาหาร ส่วนเรื่องพัฒนาการ

คิดเชิงบริหารก็มีประเด็นเหล่านี้สอดแทรกในหลายกิจกรรม แต่คุณครูเกือบทั้งหมดไม่ทราบและไม่เข้าใจเรื่องนี้มาก่อน มีเพียงครู 1 คนเป็นตัวแทนไปอบรมในประเด็นนี้ แต่ไม่เคยมีกิจกรรมที่บูรณาการทั้ง 2 ประเด็นนี้ร่วมกัน

ผลผลิตจากกระบวนการสร้างหุ้นส่วน (ตามตารางที่ 2) ได้แก่ การดึงให้หุ้นส่วนเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัย จากการจัดประชุมชี้แจงแนวคิดโครงการ ทำให้ผู้อำนวยการยอมรับและสนับสนุนให้เกิดการทำงานร่วมกัน ประกอบกับหัวหน้าฝ่ายปฐมวัยที่มีมุมมองว่าการส่งเสริมและพัฒนาเด็กเป็นหน้าที่ของครู การมีบุคลากรอื่น ๆ มาช่วยก็จะเกิดประโยชน์กับเด็กมาก ซึ่งเป็นการสร้างความไว้วางใจและความมั่นใจในการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการของหุ้นส่วนทุกคน นอกจากนี้หัวหน้าและรองหัวหน้าฝ่ายปฐมวัยยังเป็นผู้ที่ประสานและดึงให้ครูปฐมวัยคนอื่น ๆ เข้าร่วมในโครงการ และการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ เป็นกระบวนการเพิ่มขีดความสามารถของผู้เข้าร่วมให้มีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น และมีแนวทางในการจัดกิจกรรม ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 2 ผลผลิตจากกระบวนการสร้างหุ้นส่วน

Table 2 Output from partnership process

กระบวนการ	วิธีดำเนินงาน	ผลผลิต
การดึงผู้มีส่วนร่วมเข้าร่วมการวิจัย (Partnership synergy)	จัดประชุมกลุ่มเป้าหมาย เพื่อนำเสนอแนวคิดการวิจัยชี้แจงเป้าหมาย และวิธีการดำเนินงาน แสดงให้เห็นถึงความสำคัญและประโยชน์ที่จะได้รับร่วมกันในการส่งเสริมพฤติกรรมบริโภคอาหารและทักษะการคิดเชิงบริหารในเด็กปฐมวัย	การตอบรับเข้าร่วมการวิจัย
เพิ่มขีดความสามารถของหุ้นส่วน (Empowering process)	จัดประชุมเชิงปฏิบัติการ “การส่งเสริมพฤติกรรมบริโภคอาหารที่ดีและการพัฒนาการคิดเชิงบริหาร ในเด็กปฐมวัย” โดยผู้วิจัยและวิทยากรภายนอก	ผู้เข้าร่วมมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น และมีแนวทางในการจัดกิจกรรม



## 2. ผลการพัฒนารูปแบบการส่งเสริมพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหาร และการพัฒนาการคิดเชิงบริหารในเด็กปฐมวัย

ผลจากขั้นตอนการวางแผนอย่างมีส่วนร่วมระหว่างคณะครูปฐมวัย ผู้วิจัย วิทยากรภายนอก และเจ้าหน้าที่ผ่านการใช้กระบวนการ

AIC เพื่อให้เกิดแนวทางการปฏิบัติงานที่มีความเป็นไปได้และเหมาะสม กับบริบทของชุมชนอย่างแท้จริง กระบวนการนี้แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ผลสรุปของกระบวนการตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปผลผลิตจากกระบวนการวางแผนอย่างมีส่วนร่วม (AIC)

Table 3 Summary of output from participatory planning (AIC) process

ภาพพึงประสงค์	แนวทางในการพัฒนา	กิจกรรม
“เด็กได้รับการปลูกฝังเกี่ยวกับพฤติกรรม การบริโภคอาหารทั้งผลเสียของการรับประทาน อาหารที่ส่งผลเสียต่อสุขภาพและประโยชน์ จากการรับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพไป พร้อม ๆ กับการส่งเสริมทักษะสมรรถด้านการ บริหารจัดการ”	1. จัดหาอาหารที่ดีและลดการบริโภคอาหารที่ส่งผลเสีย ต่อสุขภาพในโรงเรียน 2. ให้ข้อมูลและกระตุ้นให้ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการ ส่งเสริมพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารและการพัฒนาการ คิดเชิงบริหารในเด็กปฐมวัย 3. โรงเรียนมีหลักสูตรที่ช่วยส่งเสริมพฤติกรรมกรรมการบริโภค อาหารและการพัฒนาการคิดเชิงบริหารในเด็กปฐมวัย	กิจกรรมที่ 1 การประเมินพัฒนาการและปัญหา พฤติกรรม และหาแนวทางแก้ไขร่วมกัน กิจกรรมที่ 2 กิจกรรมในห้องเรียน กิจกรรมที่ 3 กิจกรรมเสริมประสบการณ์ กิจกรรมที่ 4 การปรับเปลี่ยนสิ่งแวดล้อม กิจกรรมที่ 5 ให้ข้อมูล กระตุ้นให้ผู้ปกครองเห็น ความสำคัญและมีส่วนร่วม กิจกรรมที่ 6 การอ่านนิทานโดยผู้ปกครอง

โดยมีรายละเอียดของกระบวนการดังต่อไปนี้

### ขั้นตอนการสร้างความรู้ (Appreciation : A)

A1 : เข้าใจสถานการณ์ สภาพความเป็นจริง ร่วมกันวิเคราะห์ ความเป็นไปของโรงเรียนและเด็กปฐมวัยในปัจจุบัน ผลการวิเคราะห์ สถานการณ์และปัญหาของชุมชนร่วมกัน โดยวิเคราะห์ใน 4 องค์ประกอบ คือ ตัวเด็ก ครูและโรงเรียน ครอบครัว สภาพแวดล้อม ขั้นตอนนี้ในด้านหนึ่ง ก็เพื่อให้เกิดความเข้าใจในสถานการณ์ที่เป็นอยู่ แต่ด้วยกระบวนการ ของการมีส่วนร่วม การที่ครูมีโอกาสร่วมกันขบคิด และอภิปรายถึง ปัญหาาร่วมกัน โดยปริยายก็เป็นการยกระดับความตระหนักของครู ให้เพิ่มขึ้น

A2 : การกำหนดอนาคตหรือวิสัยทัศน์อันเป็นภาพพึงประสงค์ ในการพัฒนาว่าต้องการอย่างไร

โดยเป้าหมายที่ตกลงร่วมกันคือ “เด็กได้รับการปลูกฝังเกี่ยวกับ พฤติกรรมการบริโภคอาหาร ทั้งผลเสียของการรับประทานอาหารที่ ส่งผลเสียต่อสุขภาพและประโยชน์จากการรับประทานอาหารที่ดีต่อ สุขภาพไปพร้อม ๆ กับการส่งเสริมทักษะสมรรถด้านการบริหารจัดการ”

แนวทางในการพัฒนาจากความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมมี ดังต่อไปนี้

1. จัดหาอาหารที่ดีและลดการบริโภคอาหารที่ส่งผลเสีย ต่อสุขภาพในโรงเรียน

2. ให้ข้อมูลและกระตุ้นให้ผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการ ส่งเสริมพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารและการพัฒนาการคิดเชิงบริหาร ในเด็กปฐมวัย

3. โรงเรียนมีหลักสูตรที่ช่วยส่งเสริมพฤติกรรมกรรมการบริโภค อาหารและการพัฒนาการคิดเชิงบริหารในเด็กปฐมวัย

ขั้นตอนการสร้างแนวทางการพัฒนา (Influence : I) แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ

I1 : การคิดเกี่ยวกับกิจกรรมโครงการที่จะทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ ตามภาพพึงประสงค์

I2 : การจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรม โครงการผลผลิต จากขั้นตอนนี้ทำให้เกิด 6 กิจกรรมโครงการที่จะทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ ซึ่งมีการจัดลำดับความสำคัญตามสิ่งที่ชุมชนคิดว่าสามารถ ทำได้เลย ซึ่งกิจกรรมที่ 1- 3 เป็นกิจกรรมที่เน้นบทบาทของครูและ โรงเรียน ส่วนกิจกรรมที่ 4-6 เป็นกิจกรรมที่ต้องอาศัยความร่วมมือ ของผู้ปกครอง โดยมีรายละเอียดของแต่ละกิจกรรมดังต่อไปนี้

1) การประเมินพัฒนาการและปัญหาทักษะด้านการคิด เชิงบริหารในเด็กโดยครูประจำชั้น และหาแนวทางแก้ไขร่วมกัน

2) กิจกรรมในห้องเรียนเพื่อส่งเสริมพัฒนาการของทักษะด้าน การคิดเชิงบริหาร และพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหาร ผ่านการอ่านนิทาน การท่องบทกลอน/เพลง และการเรียนรู้ผ่านโครงงาน (project approach)

3) กิจกรรมเสริมประสบการณ์เพื่อเสริมสร้างพฤติกรรม การบริโภคอาหารและทักษะด้านการคิดเชิงบริหาร กิจกรรมเสริม ประสบการณ์ซึ่งได้แบ่งกลุ่มให้คิดและนำเสนอตั้งแต่จัดอบรมเชิง ปฏิบัติการ และได้ตกลงที่จะนำมาใช้จริง มี 2 กิจกรรม “ไข่เจียว แสนอร่อย” และ “หนูน้อยนักซ้อป” (ตามตารางที่ 4) เริ่มตั้งแต่การ ตั้งวัตถุประสงค์ของกิจกรรมโดยเน้นที่พฤติกรรมที่เป็นองค์ประกอบ ของทักษะด้านการคิดเชิงบริหาร เป็นกิจกรรมที่พัฒนาทักษะการ เรียนรู้ของเด็กโดยใช้วิธีการที่หลากหลายร่วมกัน เช่น การอ่านนิทาน ร้องเพลง แสดงบทบาทสมมุติ การลงมือปฏิบัติจริง การทัศนศึกษา

ตารางที่ 4 ตัวอย่างกิจกรรมเสริมประสบการณ์

Table 4 Example of practice-experience activities

กิจกรรม “ไข่เจียวแสนอร่อย”	กิจกรรม “หนูน้อยนักช้อป”
<b>วัตถุประสงค์</b> 1. เด็กสามารถบอกอุปกรณ์ในการทำไข่เจียวได้ (ความจำใช้งาน) 2. เด็กสามารถบอกวัตถุดิบและขั้นตอนในการทำไข่เจียวได้ (ความจำใช้งาน,วางแผนดำเนินการ) 3. เด็กสามารถใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย (ยังคิดไตร่ตรอง) 4. เด็กสามารถบอกคุณค่าของสารอาหารได้ (ความจำใช้งาน,ยืดหยุ่นความคิด)	<b>วัตถุประสงค์</b> 1. สามารถจำเพื่อนำไปใช้งานได้ 2. สามารถยังคิดไตร่ตรองในการเลือกซื้ออาหาร 3. เด็กสามารถควบคุมอารมณ์ในการตัดสินใจในการเลือกซื้อสินค้า อาหาร 4. เด็กสามารถริเริ่มลงมือทำ วางแผน และดำเนินการเลือกซื้ออาหารที่มีประโยชน์
<b>ขั้นตอน/กระบวนการ</b> ขั้นนำ ร้องเพลง “egg song” ขั้นสอน 1. แนะนำวัตถุดิบและอุปกรณ์ในการทำไข่เจียว 2. บอกขั้นตอนและสาธิตการทำไข่เจียว 3. เด็กทำไข่เจียวตามขั้นตอน (ริเริ่มลงมือทำ) ขั้นสรุป ครูและเด็กสนทนาเกี่ยวกับคุณค่าของสารอาหาร (ความจำใช้งาน,ยืดหยุ่นความคิด)	<b>ขั้นตอน/กระบวนการ</b> ขั้นนำ 1. เด็กและครูร่วมกันท่องคำคล้องจองหรือนิทานเกี่ยวกับขนม/อาหาร 2. เด็กและครูสนทนาเกี่ยวกับคำคล้องจอง โดยใช้คำถาม “มีขนม/อาหารอะไรบ้าง” ขั้นสอน 1. ครูและเด็กร่วมกันสร้างข้อตกลงในการเลือกซื้อขนม/อาหารที่ร้านสะดวกซื้อ 2. เด็กและครูเลือกอาหารที่สนใจคนละ 1 อย่าง 3. เด็กและครูร่วมกันสนทนาเกี่ยวกับของที่ซื้อมา โดยใช้คำถาม “เด็กๆคิดว่าอาหารชนิดใดมีประโยชน์และไม่มีประโยชน์” “ถ้าเลือกรับประทานอาหารที่ไม่มีประโยชน์จะเกิดอะไรขึ้น” ขั้นสรุป เด็กและครูร่วมกันหาแนวทางในการเลือกซื้ออาหารที่มีประโยชน์ เช่นสะอาด มีคุณค่าสารอาหาร ไม่เป็นอันตราย ราคาเหมาะสม

4) การปรับเปลี่ยนสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเสริมสร้างพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหาร โดยการขอความร่วมมือผู้ปกครอง งดนำขนมกรุบกรอบใส่กระเป๋ามาให้เด็กนำมาโรงเรียน โดยทางโรงเรียน มีการจัดขนม ผลไม้ และนมจืดให้เด็กได้รับประทาน และขอความร่วมมือจดจำหน่ายนมเปรี้ยวในโรงเรียน

5) การกระตุ้นให้ผู้ปกครองเห็นความสำคัญและมีส่วนร่วมในการพัฒนาเด็ก มีการชี้แจงโครงการให้กับผู้ปกครอง นำสื่อออนไลน์ ให้ความรู้และกระตุ้นผู้ปกครองผ่านไลน์กลุ่มในแต่ละห้อง (ตัวอย่างตามรูปที่ 1) และจัดทำแผ่นพับการเสริมสร้างทักษะด้านการคิดเชิงบริหารและพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารผ่านการอ่านนิทาน (ตามรูปที่ 2)



รูปที่ 1 ตัวอย่างสื่อออนไลน์ที่ใช้ในกิจกรรม

Figure 1 Example of online media in project



รูปที่ 2 แผ่นพับที่จัดทำขึ้นโดยผู้เข้าร่วมวิจัย ที่ใช้ในโครงการ  
Figure 2 Brochure of the project made by research partnership

6) ส่งเสริมให้ผู้ปกครองอ่านนิทานที่เกี่ยวข้องกับการเสริมสร้างทักษะด้านการคิดเชิงบริหารและพฤติกรรมอาหารบริโภคอาหารให้เด็กฟัง โดยครูและผู้วิจัยได้ร่วมกันคัดเลือกหนังสือนิทานที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์จำนวน 384 เล่ม (มีทั้งหมด 118 เรื่อง เป็นนิทานส่งเสริมพฤติกรรมอาหารบริโภคอาหาร 6 เรื่อง เรื่องละ 8 เล่ม เช่น อาหารที่มีประโยชน์ หนูดีไม่กินผัก ตูต๊ะกินอะไรดีนะ ป่องแปงไม่ยอมกิน เป็นต้น ที่เหลือจะเป็นนิทานส่งเสริมทักษะสมรรถนะด้านการคิดเชิงบริหารและส่งเสริมลักษณะนิสัยที่ดี เช่น บ้านเรามาใจประหลาด เอ๊ะ!นั่นเสียงใคร ลูกหมีทำได้ กะทิเป็นหวัด แแน่ใจหรือว่ามือสะอาด เป็นต้น) กระจายไปในชั้นอนุบาลทั้ง 8 ห้อง ห้องละ 48 เล่ม มีการทำแบบบันทึกการยืมนิทานโดยให้เด็กเป็นคนเลือกนิทานในแต่ละวัน ประเมินโดยให้เด็กวาดรูปลงแบบบันทึกการอ่าน และประเมินผลผู้ปกครองหลังเสร็จสิ้นโครงการโดยใช้แบบสอบถาม

จากนั้นมีการลงมือปฏิบัติตามแผนโดยใช้เวลาดำเนินการต่อเนื่องทั้งสิ้น 4 เดือน (เดือนธันวาคม 2563-มีนาคม 2564) และมีการแต่งตั้งผู้ติดตามการดำเนินการกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ ผู้วิจัย ครูหัวหน้า และรองหัวหน้าฝ่ายปฐมวัย และมีการประชุมติดตามงานทุก 2 สัปดาห์

### 3. ผลการสะท้อนการปฏิบัติและการประเมินผล

หลังจากการลงมือปฏิบัติตามแผน ได้มีการสะท้อนผลการปฏิบัติงานและประเมินผลตามแผนที่ผ่านมา ผ่านจัดการอภิปรายกลุ่มร่วมกันระหว่างผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคน โดยพบประเด็นต่าง ๆ ที่น่าสนใจดังต่อไปนี้

#### 3.1 ผลลัพธ์จากกิจกรรม

กิจกรรมที่ประสบความสำเร็จ ได้แก่ กิจกรรมการอ่านนิทาน ซึ่งครูมองว่าเป็นกิจกรรมที่เด็กทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่าการ

สอนโดยตรง เนื่องจากมีเรื่องราวสนุกและภาพประกอบสวยงามสามารถดึงดูดความสนใจและความตั้งใจของเด็กได้ และเด็กสามารถจดจำเรื่องราวในนิทานได้ว่าใครทำอะไรและผลจะเป็นอย่างไร

“การอ่านนิทานมีประโยชน์มากเพราะเด็กๆชอบ สามารถใช้ปรับพฤติกรรมเด็กได้เกือบทุกเรื่อง ดิฉันว่าการพูดบอก เรียบอกว่าอะไรดีอะไรไม่ดี ควรทำไม่ควรทำบางทีเค้าไม่รู้เรื่อง แต่ถ้าเป็นนิทานเค้าจะตั้งใจฟัง และเค้าจะเรียนรู้ได้จากตัวละครว่าทำแบบนี้แล้วมันจะเป็นอย่างไร” (ครูอนุบาล 3.1)

“อ่านนิทานเด็กใจจดจ่อแน่นอน ครูต้องมีเทคนิคการเล่า และต้องถามย้อนว่าเค้าได้อะไร มีใคร ใครทำอะไรตรงไหน เป็นอย่างไร อีเอฟมันได้หมดนะในการเล่านิทาน แต่เด็กต้องได้ตอบด้วย” (ครูอนุบาล 3.2)

ทั้งนี้ครูมองว่าควรต้องปรับกิจกรรมการประเมินผลให้ยืดหยุ่นมากขึ้น เนื่องจากเด็กบางคนไม่ชอบวาดรูป และรู้สึกว่ามีการบ้านเพิ่ม ผู้ปกครองบางคนวาดรูปให้เด็ก

นอกจากนี้ได้ทำการประเมินผลโดยการส่งแบบสอบถามให้ผู้ปกครองตอบกลับ มีผู้ปกครองส่งแบบสอบถามกลับมา 202 คน จากนักเรียนทั้งหมด 232 คน คิดเป็นร้อยละ 87.1 (ตามตารางที่ 5) มีผู้ปกครองที่ตอบว่าอ่านนิทานให้เด็กฟังร้อยละ 99.0 มีตอบว่าไม่ได้อ่าน 2 คน คนที่อ่านนิทานให้เด็กฟังส่วนใหญ่เป็นพ่อแม่ร้อยละ 72.8 ทั้งนี้ข้อมูลจากครูประจำชั้นพบว่าผู้ปกครองที่ไม่ได้อ่านนิทาน 8 คน โดยก่อนมีโครงการมีผู้ปกครองตอบว่าอ่านนิทานให้เด็กฟังอยู่ แล้วร้อยละ 48.0 แสดงว่ามีการอ่านนิทานโดยผู้ปกครองเพิ่มขึ้นร้อยละ 51.0 ผู้ปกครองเห็นว่าการอ่านนิทานมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น ได้ใช้เวลาว่างกับผู้ปกครอง ฝึกนิสัยรักการอ่าน เป็นการกระตุ้นจินตนาการของเด็ก เด็กได้ข้อคิดจากการอ่านนิทาน เป็นต้น นอกจากนี้ผู้ปกครอง

ตอบว่าเด็กมีหนังสือนิทานเป็นของตัวเองอยู่แล้วร้อยละ 54.5 ส่วนใหญ่อ่านนิทานช่วงก่อนนอนร้อยละ 67.8 มีการต่อยอดหลังการอ่านนิทานร้อยละ 94.1 ความถี่ในการอ่านนิทานส่วนใหญ่อยู่ที่

1-3 วัน/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 47.0 และผู้ปกครองตอบว่าเด็กมีความสนใจในการฟังนิทานร้อยละ 96.0

ตารางที่ 5 ผลการประเมินจากแบบสอบถาม “กิจกรรมการอ่านนิทานโดยผู้ปกครอง”

Table 5 Results of questionnaires from “family reading activities”

หัวข้อที่ประเมิน	ระดับชั้นอนุบาล 2		ระดับชั้นอนุบาล 3		รวม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ผู้อ่านเกี่ยวข้องกับเด็กเป็น						
พ่อแม่	62	30.7	85	42.1	147	72.8
อื่นๆ	25	12.4	30	14.9	55	27.2
การอ่านนิทาน						
อ่าน	86	42.6	114	56.4	200	99.0
ไม่ได้อ่าน*	1	0.5	1	0.5	2	1.0
ก่อนมีโครงการทำอ่านนิทานให้เด็กฟังอยู่ก่อนแล้ว**						
ใช่	41	20.3	56	27.7	97	48.0
ไม่ใช่	43	21.3	57	28.2	100	49.5
นิทานมีประโยชน์						
ฝึกนิสัยรักการอ่าน	62	30.7	97	48.0	159	78.7
ส่งเสริมพัฒนาการด้านภาษา	56	27.7	81	40.1	137	67.8
ได้ใช้เวลาร่วมกับผู้ปกครอง	68	33.7	93	46.0	161	79.7
เด็กได้ข้อคิดจากการอ่านนิทาน	62	30.7	89	44.1	151	74.8
กระตุ้นจินตนาการของเด็ก	69	34.2	86	42.6	155	76.8
พัฒนาความจำ	58	28.7	82	40.6	140	69.3
สร้างสมาธิ	60	29.7	83	41.1	143	70.8
เรียนรู้คำศัพท์	43	21.3	66	32.7	109	54.0
เด็กมีหนังสือนิทานเป็นของตัวเองที่บ้าน						
ใช่	47	23.3	63	31.2	110	54.5
ไม่ใช่	39	19.3	50	24.8	89	44.1
ช่วงเวลาในการอ่านนิทาน						
เช้า	1	0.5	0	0	1	0.5
เย็น	23	11.4	30	14.9	53	26.3
ก่อนนอน	57	28.2	80	39.6	137	67.8
ไม่แน่นอน	6	3.0	4	2.0	10	5.0
การต่อยอดหลังการอ่านนิทาน**						
ใช่	82	40.6	108	53.5	190	94.1
ไม่ใช่	4	2.0	6	3.0	10	5.0
ความถี่ในการอ่านนิทาน**						
1-3 วัน/สัปดาห์	35	17.3	60	29.7	95	47.0
4-5 วัน/สัปดาห์	32	15.8	33	16.3	65	32.2
6-7 วัน/สัปดาห์	13	6.4	22	10.9	35	17.3
เด็กมีความสนใจในการฟัง**						
ใช่	85	42.1	109	54.0	194	96.0
ไม่ใช่	1	0.5	3	1.5	4	2.0
รวมจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม	87	43.1	115	56.9	202	100

\*ข้อมูลจากครูมีเด็กที่ผู้ปกครองไม่ได้อ่าน 8 คน

\*\*บางข้อผู้ปกครองกรอกข้อมูลไม่ครบถ้วน



นอกจากนี้เสียงสะท้อนจากผู้ปกครองที่พบว่าเด็กมีพฤติกรรมที่ดีขึ้น

“เด็กจะจำพฤติกรรมจากตัวเองในนิทานเรื่องนั้น ๆ ยิ่งเป็นตัวเดิม ๆ แต่ทำพฤติกรรมในแต่ละเรื่องเปลี่ยนไปทำให้ได้คิดตาม จากที่อ่านและให้บทวนเรื่องราว ลูกสามารถตอบได้ว่าอันไหนดี ไม่ดี ควรทำหรือไม่ควรทำ สำหรับคนเป็นแม่ก็หวังลึก ๆ ว่าสิ่งที่ได้จากพฤติกรรมที่เค้าได้รับจากนิทานเค้าจะเอาเป็นตัวอย่างได้” (ผู้ปกครองอนุบาล 3.2)

“อยากให้เด็ก ๆ มีความคิดสร้างสรรค์จากการเล่านิทาน และจินตนาการตามนิทานที่เราได้อ่านหรือเล่าให้เด็ก ๆ ฟังและสามารถสื่อถึงเรื่องราวต่างๆที่ได้ฟังหรือได้ยินมาได้มากที่สุดเพื่อที่เราจะได้รู้ถึงพัฒนาการด้านความคิดและสติปัญญาของเด็ก ๆ” (ผู้ปกครองอนุบาล 2.1)

“เด็กมีพัฒนาการที่ดีขึ้นและมีความรับผิดชอบหน้าที่”  
ความคิดเห็นจากผู้ปกครองอนุบาล 2.2

“ทำให้เด็กได้ใกล้ชิดผู้ปกครองมากขึ้น” (ผู้ปกครองอนุบาล 2.4)  
แต่ก็มีผู้ปกครองส่วนหนึ่งที่ยังไม่สามารถดึงเด็กให้สนใจกับนิทานได้

“เด็กตั้งใจฟังเป็นบางครั้ง แต่ส่วนมากจะติดเล่น” (ผู้ปกครองอนุบาล 2.1)

กิจกรรมที่ควรปรับปรุง มี 2 ประเด็นหลัก คือ 1.การใช้แบบประเมินทักษะด้านการคิดเชิงบริหารในเด็กมีข้อจำกัด เนื่องจากเป็น การใช้ประเมินพฤติกรรมเด็กย้อนหลัง ซึ่งครูที่จะสามารถประเมินได้ ต้องดูแลเด็กมาแล้วอย่างน้อย 3 เดือน และครูยังสะท้อนว่าแบบประเมินนี้ ใช้เวลาในการประเมินค่อนข้างมากและไม่สามารถวัดปัญหาพฤติกรรมเด็กได้ทุกด้านและทุกคน เด็กที่ได้รับการประเมินว่ามีปัญหาจะ สอดคล้องกับการประเมินคุณภาพผู้เรียนทั้ง 4 ด้านและการประเมิน คุณลักษณะที่พึงประสงค์ 12 มาตรฐานอยู่แล้ว ซึ่งการประเมินที่ทำ อยู่แล้วจะครอบคลุมมากกว่า แต่มีข้อดีที่ชัดเจน คือ เป็นแนวทาง ให้ครูสังเกตพฤติกรรมเด็กด้านการคิดเชิงบริหารได้ละเอียดขึ้น 2.การกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้ปกครองผ่านการใช้สื่อสังคมออนไลน์ และแผ่นพับ พบว่าอาจยังไม่ได้ผลเท่าที่ควร เนื่องจากผู้ปกครอง บางคนไม่ได้อ่านหรืออ่านแต่ไม่ได้ให้ความสนใจมากพอ มีผู้ปกครอง จำนวนหนึ่งที่ไม่ได้ใช้สื่อสังคมออนไลน์ และยังคงมีผู้ปกครองส่วน น้อยที่อ่านหนังสือไม่ออก

อุปสรรค/ข้อจำกัด กิจกรรมที่ต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ปกครอง ยังไม่สำเร็จตามที่คาดหวัง เช่นการขอความร่วมมือจด นำขนมหรือของหวานทุกชนิดใส่กระเป๋ามาให้เด็กมาโรงเรียน ผู้ปกครอง บางส่วนก็ยังนำใส่กระเป๋ามาอยู่แต่ครูก็จะไม่ให้มาออกมากินเวลา อยู่ที่โรงเรียน กิจกรรมอ่านนิทานมีผู้ปกครองที่ไม่ได้อ่านนิทาน 8 คน จากจำนวนผู้ปกครองทั้งหมด 232 คน บางคนยังอ่านได้เพียงสัปดาห์ละ

1-2 วัน เนื่องจากไม่มีเวลาหรือเลิกงานดึก นอกจากนี้การปรับเปลี่ยน พฤติกรรมเด็กนั้นผู้ปกครองบางส่วนยังไม่ค่อยให้ความสนใจ กิจกรรม ส่งเสริมพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารและทักษะด้านการคิดเชิงบริหาร ในห้องเรียนและกิจกรรมเสริมประสบการณ์นั้นเป็นกิจกรรมที่สามารถ สอดแทรกกับหน่วยการเรียนรู้ปกติและทำให้เด็กได้เรียนรู้ที่หลากหลาย มากขึ้นซึ่งปกติแผนการเรียนจะเปิดกว้างอยู่แล้ว แต่หนังสือนิทาน ยังมีน้อยเกินไปและควรจะมีสื่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมพฤติกรรม การบริโภคอาหารและทักษะด้านการคิดเชิงบริหารเพิ่ม ครูบางคนรู้สึกว่า อยากพัฒนาเทคนิคการเล่านิทาน กิจกรรมเสริมประสบการณ์ที่วาง แผนไว้ 2 กิจกรรม “ไข่เจียวแสนอร่อย” และ “หนูน้อยนกกินข้าว” ได้ ลองทำเพียงกิจกรรมเดียวคือกิจกรรมไข่เจียวแสนอร่อย ส่วนกิจกรรม “หนูน้อยนกกินข้าว” จะต้องพาเด็ก ๆ ไปที่ร้านสะดวกซื้อจึงถูกเลื่อน ออกไปเนื่องจากการแพร่ระบาดของโควิด 19 แต่ครูก็สามารถนำ แนวคิดไปใช้กับกิจกรรมเสริมประสบการณ์อื่น ๆ ที่ทำอยู่แล้วได้

ข้อเสนอแนะสำคัญในการพัฒนาโครงการ สมาชิกทุกคน มีความเห็นตรงกันว่าผู้ปกครองเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญมากในการ พัฒนาเด็ก และเห็นร่วมกันว่าควรจะมีการสร้างโปรแกรมการฝึกอบรม ผู้ปกครองเพื่อส่งเสริมพัฒนาทักษะการคิดเชิงบริหารในเด็กและ พฤติกรรมการบริโภคอาหาร และควรเปิดโอกาสให้ผู้ปกครองมีส่วนร่วม ในกระบวนการคิดกิจกรรมร่วมกันเช่นเดียวกับกระบวนการ การมีส่วนร่วมของครูที่ได้ดำเนินการมา

### ผลลัพธ์จากผู้เข้าร่วมวิจัย

ความรู้สึก ในขณะที่ครูส่วนหนึ่งมีความกังวลใจและอัด ใจ จากกิจกรรมบางอย่างที่รู้สึกว่าจะเกิดประโยชน์น้อยและใช้เวลา มาก เช่น การใช้แบบประเมินพฤติกรรมเด็ก แต่ในอีกด้านหนึ่งก็มี ความรู้สึกภูมิใจที่ทำให้เด็กมีลักษณะนิสัยและพัฒนาการที่ดีและได้รับ คำชื่นชมจากผู้ปกครอง มีผู้ปกครองส่วนหนึ่งที่แสดงความจำนงค์ อยากสนับสนุนนิทานและช่วยเหลือด้านอื่น ๆ

ความเปลี่ยนแปลง ครูได้สะท้อนความเปลี่ยนแปลงใน 2 ประเด็นสำคัญ คือ 1. กระบวนการที่ผ่านมาทำให้ได้ความรู้และ พัฒนาตัวเองในกระบวนการวิจัย และ 2. เกิดความเปลี่ยนแปลง ในพฤติกรรมของตนเอง ใน 2 ด้าน คือ ครูมีการสังเกตพฤติกรรม เด็กมากขึ้น และ ปรับพฤติกรรมกรรมการบริโภคของตนเองเพื่อเป็นแบบ อย่างที่ดีให้กับเด็ก

สิ่งที่ต้องการพัฒนาต่อ สมาชิกในกลุ่มเห็นว่าควรมีการ สะท้อนผลการปฏิบัติให้ผู้บริหารโรงเรียนได้รับทราบ ทุกคนเห็นว่า ควรจะมีการดำเนินกิจกรรมต่อไป และขยายให้ผู้ปกครองมีส่วนร่วม ด้วย รวมถึงการพัฒนาต่อยอดในการพัฒนาเด็กด้านอื่น ๆ ต่อไป

### ผลกระทบที่เกิดขึ้นในชุมชน

การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของเด็ก ถึงแม้ว่าจะมีระยะ เวลาในการดำเนินโครงการที่ค่อนข้างสั้น แต่จากการสังเกตตอน



รับประทานอาหารกลางวัน พบว่าเด็กมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ดีขึ้น รับประทานอาหารที่หลากหลายมากขึ้น เช่นเดียวกับการสะท้อนจากผู้ปกครอง ที่พบว่าเด็กบางคนเริ่มกินผักมากขึ้นด้วย มีการบริโภคขนมเครื่องดื่มรสหวานในโรงเรียนลดลง เด็กมีพฤติกรรมที่ดีขึ้น แต่ก็ยังมีเด็กที่มีปัญหาอยู่บ้าง โดยครูให้คำอธิบายว่าเนื่องจากผู้ปกครองบางคน ยังมีส่วนร่วมในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเด็กค่อนข้างน้อย

การเกิดขึ้นของผู้มีส่วนร่วมที่อยู่นอกเหนือขอบเขตของการดำเนินโครงการ คือผู้ปกครองเด็กที่มีส่วนร่วมในกิจกรรมที่ 4-6 และเกิดเครือข่ายที่สนใจในประเด็นเหล่านี้ คือเทศบาล ที่มีโอกาสได้รับรู้การทำโครงการและเกิดความสนใจนำแนวทางไปใช้ในหน่วยงานที่ดูแลเด็กปฐมวัยเทศบาล

## บทวิจารณ์

การทำงานส่งเสริมสุขภาพนั้นการมีส่วนร่วมคนในชุมชนเป็นสิ่งสำคัญในการที่จะแก้ไขปัญหาหรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสังคม การส่งเสริมสุขภาพในชุมชนจึงควรตั้งเป้าหมายที่สอดคล้องกับเป้าหมายของชุมชนนั้น เพื่อให้สามารถดึงดูดผู้เกี่ยวข้องให้มีส่วนร่วมได้ง่าย<sup>13,14</sup> เป้าหมายของการวิจัยในครั้งนี้คือ “การพัฒนารูปแบบในการจัดการเรียนรู้เพื่อการพัฒนาทักษะด้านการคิดเชิงบริหาร และพฤติกรรมการบริโภคอาหารของเด็ก” เป็นเป้าหมายที่ได้รับการยอมรับและสอดคล้องกับความต้องการของชุมชน จึงทำให้สามารถดึงดูดให้สมาชิกในชุมชนเข้าร่วมได้และแนวคิดโครงการได้รับการยอมรับจากผู้เข้าร่วมโดยง่าย

การวิจัยแบบมีส่วนร่วมโดยใช้ชุมชนเป็นฐานเป็นงานวิจัยที่ควบคู่ไปกับการลงมือปฏิบัติการเพื่อแก้ปัญหาในชุมชนหรือเปลี่ยนแปลงสังคม ในงานวิจัยประเภทนี้นั้นกระบวนการสร้างหุ้นส่วนหรือความสัมพันธ์ของหุ้นส่วนเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดที่จะทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ ส่วนใหญ่จึงใช้เวลากับกระบวนการนี้มากที่สุด<sup>11,13,15</sup> ในงานวิจัยครั้งนี้ถึงแม้ว่าจะใช้เวลาดำเนินโครงการเพียง 6 เดือน แต่ผู้วิจัยก็เคยร่วมงานและเคยทำวิจัยเชิงปริมาณในโรงเรียนแห่งนี้มากกว่า 2 ปีและสมาชิกทุกคนก็มีความสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน นอกจากนี้การมีส่วนร่วมความมุ่งมั่นของบุคลากรหลัก (key person) เป็นสิ่งสำคัญ งานวิจัยครั้งนี้บุคลากรหลักก็คือหัวหน้าและรองหัวหน้าครูปฐมวัยซึ่งกระตุ้นให้ครูคนอื่นเข้าร่วมและแสดงความคิดเห็น รวมถึงประสานงานและคอยติดตามงาน

การออกแบบการวิจัยและการแทรกแซงก็เป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากการวิจัยแบบมีส่วนร่วมโดยใช้ชุมชนเป็นฐานจะเปิดกว้างในการออกแบบ สามารถเลือกใช้วิธีการที่หลากหลาย โดยเน้นที่การมีส่วนร่วมของคนในชุมชน การออกแบบการวิจัยที่ตายตัวมากเกินไปจะไม่สามารถรองรับกิจกรรมละขีดความสามารถที่อาจจะมีมากขึ้นสำหรับการทำงานร่วมกันที่มีความซับซ้อนมากขึ้น<sup>11,13,16</sup>

โครงการนี้มีการกำหนดรูปแบบล่วงหน้าโดยผู้วิจัยซึ่งเลือกใช้กระบวนการ AIC ที่มีความยืดหยุ่น เปิดกว้างให้ชุมชนได้แสดงศักยภาพ ร่วมออกแบบและกำหนดวิธีการที่ชุมชนประเมินแล้วว่าทำได้ มีการจัดระเบียบและบูรณาการชุมชนเข้ากับภารกิจที่เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การมีส่วนร่วมของชุมชนเติบโตและลดลงได้ตลอดเวลา ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหุ้นส่วนหลักและมีอิทธิพลต่อทิศทางของโครงการ กระบวนการของการวิจัยแบบมีส่วนร่วมโดยใช้ชุมชนเป็นฐานนั้นมีความพลวัตในทุกองค์ประกอบ ทั้งการเปลี่ยนแปลงของบริบทชุมชน ในชุมชนที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การวิจัยก็ต้องมีการปรับตัวให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนไปหรือความคิดของคนในชุมชนที่ได้ค้นพบสิ่งใหม่ การเปลี่ยนแปลงของหุ้นส่วนและความสัมพันธ์ของหุ้นส่วนก็ส่งผลต่อโครงการได้ ไม่จำเป็นต้องดำเนินการตามระเบียบวิธีวิจัยตามมาตรฐานเสมอไป เช่น การปรับลดภาระงานเอกสารจากการประเมินผล เนื่องจากความกังวลของผู้เข้าร่วมเกี่ยวกับงานเอกสารที่มากเกินไป และการปรับเปลี่ยนกิจกรรมให้เข้ากับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น การกระตุ้นผู้ปกครองใช้สื่อออนไลน์ซึ่งเป็นผลกระทบจากการแพร่ระบาดของโควิด19 ผู้วิจัยเองก็ต้องลดระดับความต้องการและเหตุผลของตัวเอง เพราะอาจจะสร้างความกังวลและความอึดอัดให้กับหุ้นส่วน และมีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างหุ้นส่วนได้

การส่งเสริมสุขภาพโดยใช้กระบวนการการวิจัยแบบมีส่วนร่วมโดยใช้ชุมชนเป็นฐาน สามารถดึงให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมได้อย่างเป็นขั้นตอน และเป็นระบบ เริ่มจากการศึกษาบริบทของชุมชน การทำความเข้าใจกับหุ้นส่วน กระบวนการสร้างหุ้นส่วนเพื่อดึงให้หุ้นส่วนเข้ามาสู่การวิจัย ซึ่งมีความเปิดกว้างในส่วนวิธีการที่จะเลือกใช้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์คือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในชุมชน ถ้ากระบวนการสร้างหุ้นส่วนและการวิจัยสำเร็จ กิจกรรมจะเกิดขึ้นและสำเร็จได้ไม่ยาก ซึ่งความพึงพอใจในการมีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัยนั้นเป็นสิ่งที่นำไปสู่ความสำเร็จของกิจกรรมและเป็นตัวชี้วัดถึงความสำเร็จที่สำคัญของผลการวิจัยเชิงปฏิบัติการ<sup>11,13,15</sup> ในงานวิจัยครั้งนี้ อาจจะพอสรุปได้ว่าครูมีความพึงพอใจในการเข้าร่วม จากการสังเกตของผู้วิจัยเอง ความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม การรายงานผลการปฏิบัติเป็นระยะโดยไม่ต้องร้องขอ และจากการสะท้อนตนเองของผู้เข้าร่วมที่ยังอยากให้อีกกิจกรรมดำเนินและขยายการทำงานต่อไป อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดอีกหลายอย่าง เช่น การประเมินผลแต่ละกิจกรรมยังไม่มีหลักฐานเชิงประจักษ์เพียงพอ การระบาดของโรคโควิด 19 ที่ทำให้ไม่สามารถดำเนินกิจกรรมบางอย่างได้ รวมถึงไม่สามารถดึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมดให้มีส่วนร่วมได้อย่างแท้จริง ในระยะเวลาอันสั้นของโครงการครั้งนี้ กิจกรรมที่เกิดขึ้นอาจจะมีทั้งสิ่งที่ดีและข้อผิดพลาด แต่สิ่งสำคัญคือสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกันในกระบวนการของการวิจัย กิจกรรมใหม่ ๆ เกิดขึ้นจากการคิดและ

ลงมือทำของคนในชุมชน รวมถึงการขยายขอบเขตของการทำงาน ไปยังพันธมิตรอื่น ๆ ที่อยู่นอกเหนือขอบเขตที่กำหนดไว้แต่ต้น การที่คนในชุมชนเริ่มให้ความสนใจ ซึ่งง่ายต่อการขยายไปยังประเด็น สุขภาพอื่น ๆ หรือการมีส่วนร่วมกลุ่มบุคคลอื่นในชุมชนต่อไป

## บทสรุป

การทำงานส่งเสริมสุขภาพนั้นการมีส่วนร่วมคนในชุมชน เป็นสิ่งสำคัญในการที่จะแก้ไขปัญหาหรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ในสังคม การส่งเสริมสุขภาพช่องปากในชุมชนที่ตั้งเป้าหมายที่ซ้อนทับกับเป้าหมายของชุมชนนั้น ทำให้สามารถดึงผู้เกี่ยวข้องให้มีส่วนร่วมได้ง่าย และสามารถนำไปสู่การสร้างขีดความสามารถของชุมชน “การพัฒนาแบบในการจัดการเรียนรู้เพื่อการพัฒนาทักษะด้านการคิดเชิงบริหารและพฤติกรรมโภชนาการของเด็ก” ซึ่งเป็นประเด็นที่สามารถดึงให้ชุมชนเข้าร่วมได้หลายภาคส่วน เนื่องจากทั้งสองประเด็นนี้เป็นนโยบายที่หลายภาคส่วนให้ความสำคัญเนื่องจากเป็น การพัฒนาเด็กปฐมวัยที่ครอบคลุมพัฒนาการทั้ง 4 ของเด็ก ทั้งสุขภาพ ร่างกาย จิตใจ สังคมและสติปัญญา ทำให้สามารถเชื่อมโยงหลายฝ่าย ให้มาทำงานร่วมกันได้ง่าย เริ่มต้นจากหน่วยงานที่เข้าถึงได้ไม่ยาก นั่นคือโรงเรียนโดยใช้กระบวนการวิจัยแบบมีส่วนร่วมโดยใช้ชุมชน เป็นฐาน เปิดโอกาสให้คนในชุมชนได้เข้ามามีบทบาท ร่วมคิดร่วมตัดสินใจ ร่วมทำ ทำให้เกิดกิจกรรมที่หลากหลายตั้งแต่การจัดการสิ่งแวดล้อม ให้เด็กเข้าถึงอาหารที่ดีต่อสุขภาพมากขึ้นและลดการเข้าถึงอาหารที่ ส่งผลเสียต่อสุขภาพ การปลูกฝังให้เด็กมีพฤติกรรมการกินที่ดีตั้งแต่ ช่วงปฐมวัย โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลายร่วมกับการส่งเสริมทักษะ การคิดเชิงบริหาร การทำกิจกรรมหรือการอ่านนิทานกระตุ้นให้เด็ก จดจ่อใส่ใจฟัง จดจำเรื่องราวและสามารถนำไปใช้ได้ การสอนผ่าน หน่วยการเรียนรู้ในห้องเรียนและกิจวัตรประจำวัน การสอนผ่านการ ทำโครงการและกิจกรรมเสริมประสบการณ์ที่เปิดโอกาสให้เด็กได้ ร่วมคิด วางแผนและลงมือปฏิบัติจริงทำให้เด็กเกิดทักษะ รวมถึงการ ส่งเสริมให้ผู้ปกครองมีส่วนร่วมส่งเสริมที่บ้านยังเป็นการต่อยอดให้ เด็กมีพฤติกรรมที่ดีจนเกิดเป็นนิสัย ถึงแม้ว่าในระยะเวลานานสั้นของ โครงการครั้งนี้ กิจกรรมที่เกิดขึ้นอาจจะยังมีข้อผิดพลาดหรือไม่เห็นผล ตามที่คาดหวัง แต่หัวใจสำคัญของการวิจัยครั้งนี้คือ กิจกรรมต่าง ๆ ที่ เกิดขึ้นใหม่นี้เป็นการทำงานที่ขับเคลื่อนโดยคุณครูอย่างแท้จริง ซึ่งถือเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีและสร้างความยั่งยืนในการทำงานของชุมชนต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

1. Sheiham A, Watt RG. The common risk factor approach: a rational basis for promoting oral health. *Community Dent Oral Epidemiol* 2000;28(6):399-406.

2. Russell CG, Russell A. “Food” and “non-food” self-regulation in childhood: a review and reciprocal analysis. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2020;17(1):33.
3. Gray-Burrows K, Taylor N, O’Connor D, Sutherland E, Stoet G, Conner M. A systematic review and meta-analysis of the executive function-health behaviour relationship. *Health Psychol Behav* 2019;7(1):253-68.
4. Sherman E, Brooks B. Behavior Rating Inventory of Executive Function – Preschool Version normal and abnormal development in childhood and adolescence; In: Child Neuropsychology. 1<sup>st</sup> ed. London: Motimur house; 2010 p.1-17.
5. Craigie AM, Lake AA, Kelly SA, Adamson AJ, Mathers JC. Tracking of obesity-related behaviours from childhood to adulthood: A systematic review. *Maturitas* 2011;70(3):266-84.
6. Allan JL, McMinn D, Daly M. A Bidirectional Relationship between Executive Function and Health Behavior: Evidence, Implications, and Future Directions. *Front Neurosci* 2016;10:386.
7. Dohle S, Diel K, Hofmann W. Executive functions and the self-regulation of eating behavior: A review. *Appetite* 2017;124.
8. Riggs NR, Spruijt-Metz D, Sakuma K-L, Chou C-P, Pentz MA. Executive cognitive function and food intake in children. *J Nutr Educ Behav* 2010;42(6):398-403.
9. Thai Health Promotion Foundation. Handbook of Executive Function for Primary School Teacher. 1st ed. Bangkok: Matichon; 2018 p.172-255.
10. Viswanathan M, Ammerman A, Eng E, Garlehner G, Lohr KN, Griffith D, et al. Community-based participatory research: assessing the evidence. *Evid Rep Technol Assess (Summ)* 2004(99):1-8.
11. Belone L, Lucero JE, Duran B, Tafoya G, Baker EA, Chan D, et al. Community-Based Participatory Research Conceptual Model: Community Partner Consultation and Face Validity. *Qual Health Res* 2016;26(1):117-35.
12. Technique and conceptual tools for community study. TSDF-TRF Sustainability Forum; 2014.
13. Johnson-Shelton D, Moreno-Black G, Evers C, Zwink N. A Community-Based Participatory Research Approach for Preventing Childhood Obesity: The Communities and Schools Together Project. *Prog Community Health Partnersh* 2015;9(3):351-61.
14. Minkler M, Blackwell AG, Thompson M, Tamir H. Community-based participatory research: implications for public health funding. *Am J Public Health* 2003;93(8):1210-3.
15. Wright M, Hartung S, Bach M, Brandes S, Gebhardt B, Jordan S, et al. Impact and Lessons Learned from a National Consortium for Participatory Health Research: PartKommPlus—German Research Consortium for Healthy Communities (2015–2018). *Biomed Res Int* 2018;2018:5184316.
16. Chimberengwa PT, Naidoo M. A description of community-based participatory research of hypertension awareness, prevention and treatment in a district of Matabeleland South Province, Zimbabwe. *Afr J Prim Health Care Fam Med* 2019;11(1):1839.



## Original article

# Comparison of *Andrographis paniculata* and Chlorhexidine Mouthwash on Anti-plaque, Anti-gingivitis and Side Effects

Jananya Plianrunsi<sup>1</sup> and Promphakkon Kulthanaamondhita<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Oral Diagnostic Science, College of Dental Medicine, Rangsit University, Pathum Thani, Thailand

## Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effects of *Andrographis paniculata* (Ap) mouthwash compared with chlorhexidine (chx) mouthwash on anti-plaque, anti-gingivitis, tooth staining, and burning sensation. This study was a double-blind, randomized two group experiments. Thirty-four healthy volunteers were enrolled in this study. Participants were assigned into two groups and mouthwash was given according to the group. Gingival index, plaque index, stain index and visual analog scale for burning sensation were recorded at baseline and three weeks after the experiment. Then, participants were switched between groups and the data were recorded. The results had shown that the baseline data were not significantly different between the groups. Both mouthwashes can reduce the gingival index but were not significantly different from baseline and between the groups. Both mouthwashes can significantly reduce plaque index but were not statistically significant between the groups. Chx significantly caused more staining on the teeth compared to Ap and the burning sensation reflected as VAS score was significantly lower in Ap. It can be concluded that Ap mouthwash can effectively reduce plaque accumulation, produce less staining and discomfort. This herbal mouthwash can be used as an adjunctive to mechanical oral hygiene procedures and as an alternative to chlorhexidine mouthwash.

**Keywords:** *Andrographis paniculata*, Chlorhexidine, Dental plaque, Gingivitis, Staining

**Received Date:** May 16, 2021

**Revised Date:** Jun 14, 2021

**Accepted Date:** Aug 3, 2021

**doi:** 10.14456/jdat.2021.35

## Correspondence to:

Promphakkon Kulthanaamondhita, Department of Oral Diagnostic Science, College of Dental Medicine, Rangsit University, Pathum Thani, 12000 Thailand Tel: 0863747157 Email: promphakkon.k@rsu.ac.th

## Introduction

Dental plaque removal is an important issue in oral health promotion. Dental plaque is the mass of bacteria that starts accumulating on the surface of a tooth as a sticky biofilm. Plaque deposition brings about the inflammatory changes on the periodontium that can lead to the destruction of periodontal tissues and loss of periodontal attachment. If adequate control measures are not undertaken, the

gradual build-up of plaque over time will lead to tooth decay and gingival diseases.<sup>1</sup>

Gingivitis is one of the most common oral diseases which can occur with every individual.<sup>2</sup> Normally, the mechanical and chemical plaque controls are used to remove the plaque. Chemical plaque control like mouthwash is widely used for adjunctive therapy. The most widely

prescribed anti-plaque and anti-gingivitis chemical agent is chlorhexidine gluconate (chx) containing mouthwashes.<sup>3</sup> Chx has been reported to be the gold standard antiplaque and antigingivitis agent and its effects in combination with or without mechanical plaque control measures have been widely discussed in the literature.<sup>4-9</sup> However, the long-term use of chlorhexidine gluconate mouthwash has been found to be associated with several side effects including teeth discoloration, staining, and a burning sensation, mucous membrane irritation, and taste disturbance.<sup>3,4,10-12</sup>

Nowadays, people pay more attention to natural products, including herbal mouthwash due to its low toxicity, ease of availability and lack of microbial resistance of herbal agents. Bamboo, Triphala, pomegranate mouthwash has been studied for a long time and advantages of these herbs are verified by much evidence.<sup>13-17</sup>

*Andrographis paniculata* (Ap) is an alternative choice due to its properties. Ap has been used in the treatment of various diseases, such as cancer, diabetes, high blood pressure, ulcer, leprosy, bronchitis, skin diseases, flatulence, colic, influenza, dysentery, dyspepsia and malaria for centuries in Asia, America and Africa.<sup>18</sup> It also has been used in the treatment of oral diseases such as oral cancer in which dehydroandrographolide of Ap inhibits cell migration and the invasion of cancer cells.<sup>19</sup> Inhibitory activity against *P. gingivalis* has also been found in Ap combined with a 95% ethanol extract which can aid in the treatment of periodontal diseases.<sup>20</sup> Furthermore, subgingivally delivered Ap gel had been investigated and found to aid in adjunctive chronic periodontitis treatment and to improve the periodontal conditions in periodontitis patients during the maintenance phase.<sup>21-24</sup>

Myseptic Mybacin® is a commercially available mouthwash that contains Ap extracts, water, alcohol and other essential oils. The manufacturer claims it can be used as an adjunctive mouthwash to help prevent dental plaque build-up, the development of gingivitis and to improve halitosis.

A previous study by our group<sup>25</sup> found that both chx and Ap mouthwash were able to reduce the gingival

index but are not significantly different from baseline and between the groups. Therefore, to overcome the bias and limitations in the previous study, this study was developed to further evaluate the effect of these mouthwashes in reducing the severity of gingivitis and also evaluate the side effects caused by both mouthwashes.

In addition, existing evidence in support of mouthwash formulation containing Ap as a single active ingredient against plaque and gingivitis is still limited, and studies that so far investigated the effectiveness of Ap had many methodological limitations.

Therefore, the aim of this study was to compare the commercially available Ap mouthwash and the commercially available chx mouthwash on anti-plaque, anti-gingivitis, tooth staining, and burning sensation.

## Materials and methods

### 1. The recruitment of participants

The study recruited 40 healthy participants from dental students at the College of Dental Medicine, Rangsit University among the age group of 18-30 years old. The study was approved by the Ethics Committee of Rangsit University (RSUERB2020-015) and the participants were included in the study after signing informed consent and voluntarily agreeing to participate in this project.

#### Inclusion criteria

- Healthy participants aged between 18-30 years old
- Dental students of College of Dental Medicine, Rangsit University
- BOP  $\geq$  10%
- Probing depth  $\leq$  3 mm
- No clinical attachment loss
- No radiographic bone loss
- Periodontal diagnosis as localized or generalized dental plaque induced gingivitis (AAP/EFP 2018)

#### Exclusion criteria

- Pregnancy and lactation
- Gingival enlargement
- Requiring daily medication
- Allergy to any component used in this study

- Any fixed or removable orthodontic appliances or prosthesis
- Physical and mental retardation that can interfere with oral hygiene
- Alcoholism
- Severe malalignment teeth
- Smoking
- Participants had received periodontal therapy or antibiotics within 6 months prior to the study
- Tooth loss due to periodontal disease

The participants were randomly divided into the following two groups of 20 patients each: Group A were given commercially available 0.12% Chx mouthwash (Mybacin®) and Group B were given commercially available Ap mouthwash (Myseptic Mybacin®).

## 2. Data collection

Two calibrated examiners held all of the examinations and were trained and well calibrated. The intra and inter-examiner reliability was calculated. Cohen's kappa coefficient ( $k$ )<sup>26</sup> for intra and inter-examiner reliability was 0.81 and 0.79 respectively. The data collection processes were in total of five visits as shown by the flow chart in Figure 1.

### *First visit*

All participants received oral prophylaxis using Gracey curettes and sickle scaler by the operators and were approved by an instructor at the Oral Diagnosis Clinic, College of Dental Medicine, Rangsit University. Oral hygiene instructions using the modified Bass brushing technique were given. The participants received the same dental hygiene set comprised of a toothbrush (soft-bristled brushes) and tube of toothpaste (Colgate®) to use until the end of study. Normal saline solution (NSS) was given to the participants and they were instructed to rinse 15 ml twice daily immediately after tooth brushing during this period.

### *Second visit*

One week after the first visit, the participants were requested to return all the bottles at this visit to evaluate the compliance. Clinical examination using mouth mirror, explorer and William probes comprising of Silness & Loe plaque index (PI)<sup>27</sup>, Loe & Silness Gingival index (GI)<sup>28</sup>,

modified Lobene stain index (SI)<sup>29</sup> and visual analog scale (VAS)<sup>30</sup> for burning sensation were performed by the same examiners. The participants were randomly divided into two groups, A for Chx mouthwash and B for Ap mouthwash. All of the mouthwashes were packed in similar colored bottles but labeled differently and were administered to the participants by the examiners. The participants were also unaware of which mouthwash they had been given and were asked to rinse with 15 ml of mouthwash for 30 seconds immediately after toothbrushing in the morning and before bedtime.

### *Third visit*

Three weeks after the second visit, participants were recalled for a second measurement by the same examiners. Again, the participants were requested to return all the bottles at this visit to evaluate the compliance. Clinical examinations comprising of PI, GI, SI and VAS were performed. Oral prophylaxis using Gracey curettes and sickle scaler was done to set the clinical parameter to zero. Normal saline solution (NSS) was given to the participants and they were instructed to rinse 15 ml twice daily immediately after tooth brushing during this period.

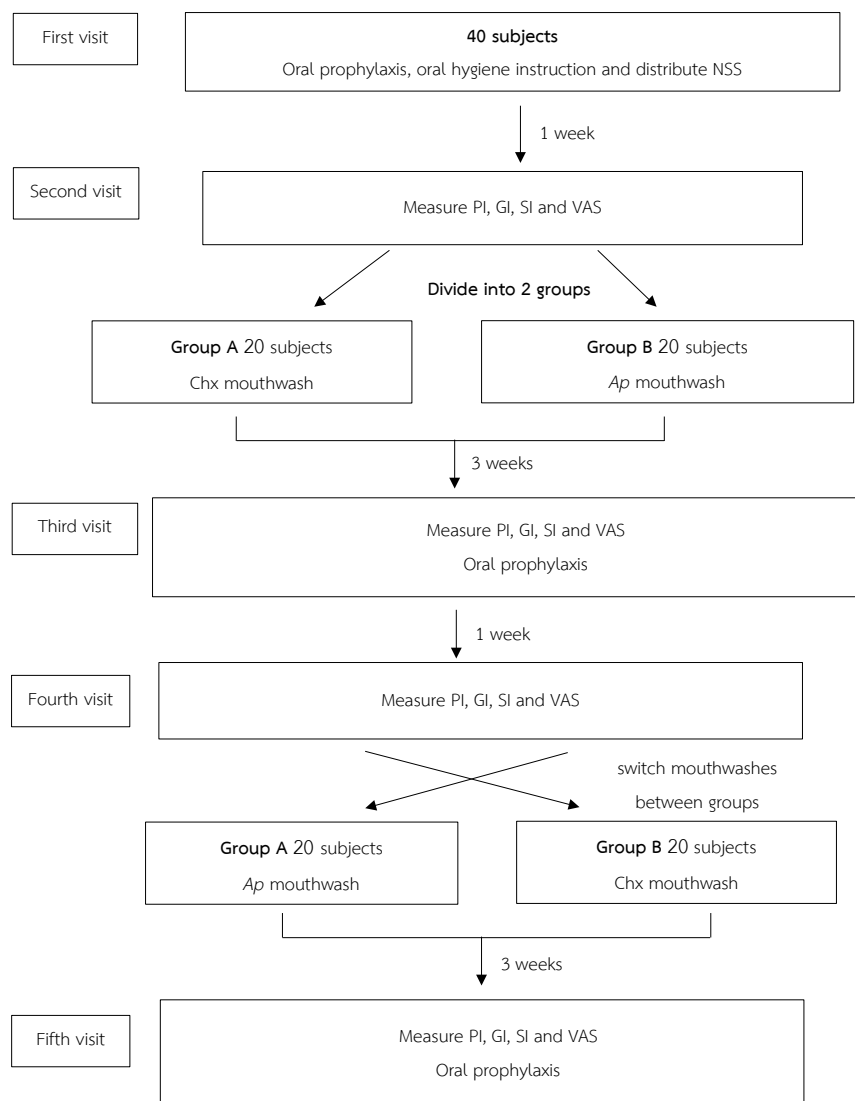
### *Fourth visit*

One week after the third visit, once again the compliance of the participants were measured by the return of all the bottles and participants were recalled for a third measurement by the same examiners. Clinical examinations comprising of PI, GI, SI and VAS were performed. Mouthwashes were administered by switching types of mouthwash between groups. Participants were asked to rinse with 15 ml of mouthwash for 30 seconds immediately after toothbrushing in the morning and before bedtime.

### *Fifth visit*

Three weeks after a fourth visit, participants were recalled for the final measurement by the same examiners. Once again, the participants were requested to return all of the bottles at this visit to evaluate for compliance. Clinical examinations comprising PI, GI, SI and VAS were performed. Oral prophylaxis using Gracey curettes and sickle scaler was done.





**Figure 1** Study design flowchart

### 3. Data analysis

The statistical software SPSS version 25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) was used for data analysis. The normal distributions of the clinical measurements were assessed using the Shapiro-Wilk test. For the clinical measurements, the descriptive analysis of PI, GI, SI and VAS is presented as mean  $\pm$  SD and median (min, max). After investigating the normal distribution of the data, the PI and GI scores were not normally distributed so the mean PI and GI scores between groups were examined using the Mann-Whitney U test and the differences of mean within a group were assessed by the Wilcoxon signed rank test. Whereas, the SI and VAS scores were normally distributed so the mean SI and VAS scores between groups were examined using

the independent t test and the differences within the groups were assessed by a paired *t* test. Significant differences were defined as  $p < 0.05$ .

## Results

This study was approved by the Research Ethics Office of Rangsit University (RSUERB2020-015) and all the participants signed the informed consent before starting the study. Of the 40 participants, six were excluded from the study due to loss of follow up. Thus 34 participants completed the study, 17 participants in the Chx group and 17 participants in Ap group. The mean age of the participants was  $22.09 \pm 2.24$  years old. There were more females than males (Table 1).

**Table 1** Demographic data at the participant level. Data reported as mean  $\pm$  SD

Characteristics	
Number of participants	34
Age: mean $\pm$ S.D.	22.09 $\pm$ 2.24
Sex	
Female	23 (67%)
Male	11 (33%)

### 1. Gingival index

The baseline gingival index (GI1) was not significantly different between the Chx and the *Ap* mouthwash groups. After finishing the experiment, the gingival index (GI2)

was not significantly different between the Chx and the *Ap* mouthwash groups. Both mouthwashes slightly decreased the gingival index but not significantly from baseline (Table 2).

**Table 2** Descriptive data and comparison of gingival index (GI) between Chx and *Ap* mouthwash. Data reported as mean  $\pm$  SD and median

Clinical parameter	Chlorhexidine		<i>Andrographis paniculata</i>		P-value
	Mean $\pm$ S.D.	Median (min, max)	Mean $\pm$ S.D.	Median (min, max)	
GI1	1.15 $\pm$ 0.36	1.25 (0.38, 1.75)	1.15 $\pm$ 0.28	1.19(0.64, 1.71)	0.787
GI2	1.12 $\pm$ 0.39	1.19 (0.25, 1.83)	1.09 $\pm$ 0.25	1.08 (0.33, 1.58)	0.418

### 2. Plaque index

There was no significant difference in the baseline plaque index (PI1) between the Chx and the *Ap* mouthwash groups. The plaque index at the end of the experimental

period (PI2) was significantly lower in both groups compared with baseline. Whereas, the plaque index between both groups after the experiment were not significantly different from each other (Table 3).

**Table 3** Descriptive data and comparison of plaque index (PI) Chx and *Ap* mouthwash. Data reported as mean  $\pm$  SD and median ( $p < 0.05$ ).

Clinical parameter	Chlorhexidine		<i>Andrographis paniculata</i>		P-value
	Mean $\pm$ S.D.	Median (min, max)	Mean $\pm$ S.D.	Median (min, max)	
PI1	1.31 $\pm$ 0.35	1.27(0.67, 2.13)	1.30 $\pm$ 0.35	1.36(0.42, 1.88)	0.811
PI2	1.06 $\pm$ 0.39	1.04(0.42, 1.96)	1.15 $\pm$ 0.36	1.15(0.54, 1.83)	0.320

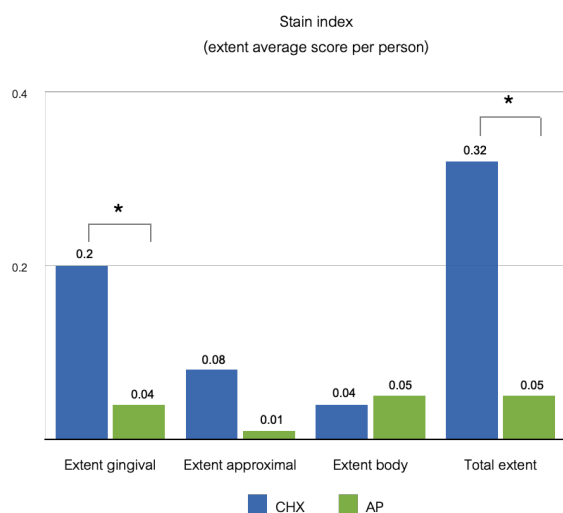
### 3. Stain index

No analysis was performed on the baseline stain data because no participants presented with staining after the first visit. The overall scores revealed that Chx mouthwash significantly demonstrated more stain deposited for both extent, intensity, and total of both. When analyzing

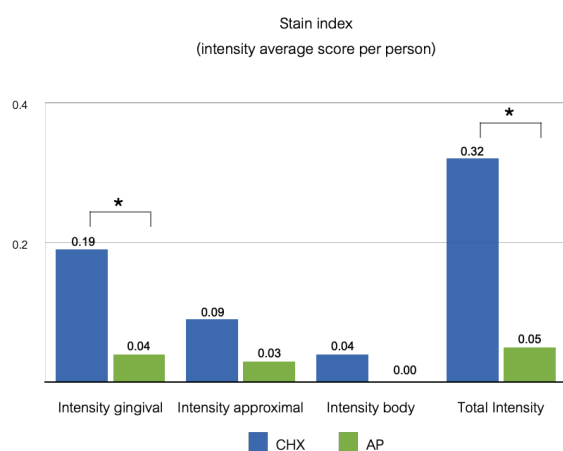
each area, only the gingival area significantly demonstrated more extent and intensity of staining in the Chx mouthwash compared to the *Ap* mouthwash. There was a trend toward less proportions of the heavy stain intensity and the total area but not statistically different from each other (Table 4, Fig. 2 and Fig. 3).

**Table 4** Descriptive data and comparison of stain index (SI) between Chx and Ap mouthwash. Data reported as mean  $\pm$  SD and median ( $p < 0.05$ )

Clinical parameter		Chlorhexidine		<i>Andrographis paniculata</i>		P-value
		Mean $\pm$ S.D.	Median (min, max)	Mean $\pm$ S.D.	Median (min, max)	
Stain index	Extent					
	Gingival	0.20 $\pm$ 0.28	0 (0, 1)	0.04 $\pm$ 0.18	0 (0, 1)	0.008*
	Approximal	0.08 $\pm$ 0.21	0 (0, 1)	0.01 $\pm$ 0.03	0 (0, 0.17)	0.056
	Body	0.04 $\pm$ 0.15	0 (0, 0.83)	0.05 $\pm$ 0.03	0 (0, 0.17)	0.142
Intensity	Total	0.32 $\pm$ 0.52	0.17 (0, 2.67)	0.05 $\pm$ 0.22	0 (0, 1.25)	0.009*
	Gingival	0.19 $\pm$ 0.25	0 (0, 0.92)	0.04 $\pm$ 0.16	0 (0, 0.92)	0.005*
	Approximal	0.09 $\pm$ 0.25	0 (0, 1.33)	0.03 $\pm$ 0.171	0 (0, 1)	0.058
	Body	0.04 $\pm$ 0.13	0 (0, 0.67)	0.00 $\pm$ 0.01	0 (0, 0.08)	0.170
Total		0.32 $\pm$ 0.52	0.13 (0, 2.67)	0.05 $\pm$ 0.21	0 (0, 1.17)	0.008*
Extent + intensity: Total		0.64 $\pm$ 1.04	0.29 (0, 5.33)	0.11 $\pm$ 0.44	0 (0, 2.42)	0.008*



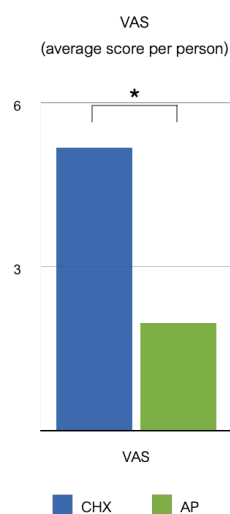
**Figure 2** Comparison of stain index (extent) between Chx and Ap mouthwash. Data reported as mean  $\pm$  SD ( $p < 0.05$ )



**Figure 3** Comparison of stain index (intensity) between Chx and Ap mouthwash. Data reported as mean  $\pm$  SD ( $p < 0.05$ )

#### 4. Burning sensation

The VAS was used to represent the burning sensation experienced by the participants. There was more burning sensation observed in the Chx group. Furthermore, the means of VAS between the two groups were also significantly different (Fig. 4).



**Figure 4** Comparison of visual analog scale (VAS) of burning sensation between Chx and Ap mouthwash. Data reported as mean  $\pm$  SD ( $p < 0.05$ )

## Discussion

This study was further developed from the previous study<sup>25</sup> to overcome the bias and limitations with additional investigation that aims to compare both

types of mouthwashes in reducing the severity of gingivitis and its side effects. A previous study had shown that there was no difference in the reduction of GI between both mouthwashes, so the investigations on PI, SI and burning sensation were performed in order to evaluate other aspects of gingivitis reduction, and in addition, evaluate the side effects after using both mouthwashes.

This study was a double-blind, randomized two group experiments evaluating the effect of *Ap* compared with *chx* on the development of plaque and tooth staining, decreasing the severity of gingivitis and burning sensation. The results revealed that after 21 days, *Ap* significantly reduced the plaque accumulation comparable to chlorhexidine. Moreover, *Ap* significantly generated lower staining on teeth and less burning sensation was experienced by the participants when compared with *chx*.

In this study, the gingival index after the experiments which indicates the status of the gingival health revealed no significant differences from the baseline in both groups. Previous studies have shown that *chx* can improve the gingival index towards better gingival health when used concurrently with mechanical plaque control.<sup>3,4,8,9,31,32</sup>

Thawonrungrroj *et al.* found that subgingivally delivered *Ap* gel was able to significantly reduce the gingival index in chronic periodontitis patients with mostly moderate gingival inflammation when compared to scaling and root planing alone.<sup>22</sup> A recent study by Kuphasuk and Prommas<sup>24</sup> which studied the effect of subgingivally delivered *Ap* gel during a supportive periodontal therapy also support the ability of *Ap* in improving the gingival health in a chronic periodontitis patient as shown by the reduction of the gingival index.

In comparison to our study, *Ap* mouthwash did not significantly reduce the gingival index when compared to baseline. This was due to the different types of the gingival disease, different preparation of the agent, delivery method and the initial status of the gingival health of the participant which, in our study, were quite mild to moderate gingival inflammation. Most of the participants presented very mild gingival inflammation that may not

show further improvement after the mouthwash was used. Furthermore, oral prophylaxis procedures given to the participants before the experiment could reduce the gingival inflammation that resulted in no difference in gingival inflammation between the two groups.

Moreover, concentration and preparations of *Ap* may also have an effect on the outcome of this study. *Ap* gel most widely used in the previous study contains 0.5625 mg/mL of *Ap* extracts.<sup>22,23</sup> The concentration of commercially available *Ap* mouthwash was not provided by the manufacturer. However, the preparation in gel form may provide better retention in the target area and also provide the direct effect of the substance into the gingiva, which in turn could provide better results in improving gingival health. The use of mouthwash also required patient compliances while the gel preparation can only be used by professional application and applied during the recall intervals. These differences may account for the different results obtained from this study.

Previous studies had investigated the possible anti-inflammatory mechanism of *Ap* and found that andrographolide, an active ingredient form *Ap* extracts, was responsible for the anti-inflammatory property. Overproduction of nitric oxide (NO) and prostaglandin-E2 (PGE2), inducible isoforms of nitric oxide synthase (iNOS) and cyclooxygenase-2 (COX-2), plays a significant role in the inflammatory processes. The methanol extract of *Ap* and andrographolide incubated with macrophages have been reported to inhibit LPS-stimulated NO production in a concentration-dependent manner. Andrographolide has also been reported to suppress IL-2 production and T-cell proliferation in a mixed lymphocyte reaction and to inhibit dendritic cell maturation and antigen presentation<sup>33,34</sup>.

Bacterial plaques have been proven to have a role in the etiology of dental caries and periodontal diseases. The use of mouthwashes as disinfectants can aids mechanical methods to reduce plaques.<sup>8</sup> *Chx* as a gold standard appears to be the most effective antimicrobial agent for the reduction of plaque.<sup>9,35,36</sup> Our study has shown that *Ap* mouthwash can significantly reduce plaque accumulation and comparable

with chx mouthwash. The results are also in agreement with previous studies that showed significant effects of Ap on plaque reduction when compared to baseline.<sup>22-24</sup>

Several studies in the past have shown that herbal and essential oil-containing mouthwash had similar properties in plaque reduction when compared to chlorhexidine. Charles *et al.*<sup>37</sup> found that at six months, the essential oil and chlorhexidine mouthrinse produced statistically significant PI reductions compared with the control and were not statistically significantly different from each other with respect to plaque and gingivitis reduction. Priya *et al.*<sup>38</sup> investigated the green tea mouthwash compared to chlorhexidine mouthwash and observed a significant decrease in PI in both of the groups. These results may support the use of Ap, an herbal medicine, to be used as an adjunctive to chlorhexidine for chemical plaque control.

Teeth staining and burning sensation are one of the side effects when using chx mouthwash. The brown deposition on the teeth can be esthetically unpleasing, and coupled with an unpleasant sensation, may discourage the patient to use the mouthwash and decrease the compliance of the patient.<sup>6,10,11</sup> Our study found that Ap significantly caused less staining on the teeth when compared to chx. Moreover, the patient reported outcome reflected as a VAS score on the sensation perceived after the use of both mouthwashes also indicates significantly better results than chlorhexidine.

Yaghini *et al.*<sup>39</sup>, studied the effect of aloe vera-green tea and matrica mouthwash compared to 0.2% chlorhexidine mouthwash. The results showed that all three mouthwashes can significantly reduce gingival index, plaque index and bleeding on probing with matrica mouthwash being the most potent in the gingival index and plaque index reduction. In addition, both aloe vera-green tea and matrica mouthwash produced significantly lower stains on the teeth when compared to chlorhexidine.<sup>39</sup> A recent study by Kamolnarumeth *et al.* which studied the effect of chx mixed with hydrogen peroxide and compared to chlorhexidine

alone showed that 0.2% chlorhexidine significantly produced more staining on the teeth and the side effects of burning sensation were more pronounced in the chx only group.<sup>40</sup> Both studies support the use of a different preparation or alternatives to reduce the teeth staining and help improve patient compliance.

Also, there were some limitations to the present study. Most of the recruited participants were mild gingivitis patients which may not reflect the general population that may have more severe forms of gingival diseases. Also, due to the time limits of the study, the washout period between two mouthwashes was reduced to seven days. Newcombe *et al.*<sup>41</sup> studied the efficacy of oral hygiene agents with concerns about the residual effect especially in chx mouthwash. The results showed that the residual effect of chx was different from other mouthwashes and suggested that a longer washout period, such as 10 days, is preferable. Previous studies that comparable mouthwashes, especially with chx, also used a washout period of 14 days or more. From this aspect, the shorter washout period in our study could affect the results and a longer washout period is mandatory in order to differentiate the effects of each mouthwash.

Furthermore, the compliance of the participants, one of the most critical parts of the study, were hard to control. The amount of the dispensed mouthwash and the duration that the participants used could also have an impact. In this study, the participants were instructed to use 15ml of mouthwashes for 30 seconds. Lang and Breck<sup>9</sup> suggested that the use of 10ml of chx mouthrinse for 30-45 seconds were adequate for an optimal dose of 30 % of the applied chlorhexidine to be bound in the oral cavity. A recent review by James *et al.*<sup>32</sup> investigated 51 studies to evaluate the chx mouthrinse as an adjunctive treatment for gingival health and found that most studies used 10-15ml of the solution for 30 seconds. This suggests that the amount and duration of the mouthwash used in our study were adequate and in compliance with most of the previous studies.



To determine the compliance of the participants, they were instructed to bring their own bottle of mouthwash to determine whether they had been using the mouthwash regularly as instructed. Although the procedure may seem promising, complete compliance cannot be ascertained by this method. Moreover, the order of the mouthwash that participants received could affect their compliance. The group who received chx mouthwash as their first mouthwash may experience the burning sensation and unpleasant taste that might lead them to refrain from continuing to use the mouthwash as instructed. In contrast, the group that received Ap mouthwash first may have better compliance. From this aspect, the results obtained may be compromised

## Conclusion

Within the limitations of the study, it can be concluded that Ap mouthwash can effectively reduce plaque accumulation with less staining deposition and burning sensation. The results support the use of Ap as an adjunctive to mechanical oral hygiene procedures and as an alternative to chlorhexidine for the antiplaque properties. Since the number of studies about Ap mouthwash are still limited, further research with a larger sample size is required in order to support the use of this valuable medicinal plant.

## Acknowledgement

The research was supported by the Research Institute, Rangsit University, Pathum Thani, Thailand.

## References

- Listgarten MA. The role of dental plaque in gingivitis and periodontitis. *J Clin Periodontol* 1988;15(8):485-7.
- Trombelli L, Farina R, Silva CO, Tatakis DN. Plaque-induced gingivitis: Case definition and diagnostic considerations. *J Clin Periodontol* 2018;45(S20):S44-S67.
- Charles CH, Mostler KM, Bartels LL, Mankodi SM. Comparative antiplaque and antigingivitis effectiveness of a chlorhexidine and an essential oil mouthrinse: 6-month clinical trial. *J Clin Periodontol* 2004;31(10):878-84.
- Van Strydonck DA, Slot DE, Van der Velden U, Van der Weijden FJJocp. Effect of a chlorhexidine mouthrinse on plaque, gingival inflammation and staining in gingivitis patients: a systematic review. *J Clin Periodontol* 2012;39(11):1042-55.
- Sreenivasan PK, Prasad KW. Effects of a chlorhexidine mouthwash on clinical parameters of gingivitis, dental plaque and oral polymorphonuclear leukocytes [PMN]. *Contemp Clin Trials Commun* 2020;19:100473.
- Richards D. Chlorhexidine mouthwash plaque levels and gingival health. *Evid Based Dent* 2017;18(2):37-8.
- Osso D, Kanani N. Antiseptic mouth rinses: an update on comparative effectiveness, risks and recommendations. *J Dent Hyg* 2013;87(1):10-8.
- Löe H, Schiott CR. The effect of mouthrinses and topical application of chlorhexidine on the development of dental plaque and gingivitis in man. *J Periodontal Res* 1970;5(2):79-83.
- Lang N, Brex MC. Chlorhexidine digluconate—an agent for chemical plaque control and prevention of gingival inflammation. *J Periodontal Res* 1986;21:74-89.
- Bas K, Yilmaz F. A Rare Complication of Chlorhexidine: Buccal Mucosal Burn. *Indian J Surg* 2020;82(6):1250-1.
- Flotra L, Gjermo P, Rolla G, Waerhaug J. Side effects of chlorhexidine mouth washes. *Scand J Dent Res* 1971;79(2):119-25.
- Gurgan CA, Zaim E, Bakirsoy I, Soykan E. Short-term side effects of 0.2% alcohol-free chlorhexidine mouthrinse used as an adjunct to non-surgical periodontal treatment: a double-blind clinical study. *J Periodontol* 2006;77(3):370-84.
- Saima S, Ahmad R. Efficacy of chlorhexidine vs herbal mouthwash in college students: A comparative study. *Int J Appl Dent Sci* 2019; 5:403-6.
- Limsong J, Benjavongkulchai E, Kuvatanasuchati J. Inhibitory effect of some herbal extracts on adherence of Streptococcus mutans. *J Ethnopharmacol* 2004;92(2-3):281-9.
- Hekmatpou D, Mehrabi F, Rahzani K, Aminiyan A. The Effect of Aloe Vera Clinical Trials on Prevention and Healing of Skin Wound: A Systematic Review. *Iran J Med Sci* 2019;44(1):1-9.
- Gupta P, kaur Bagga S. Efficacy of Chlorhexidine v/s Herbal mouthwash mouth wash in college students: A comparative study. *J Adv Med Dent Scie Res* 2018;6(7):78-81.
- Aspalli S, Shetty VS, Devarathnamma MV, Nagappa G, Archana D, Parab P. Evaluation of antiplaque and antigingivitis effect of herbal mouthwash in treatment of plaque induced gingivitis: A randomized, clinical trial. *J Indian Soc Periodontol* 2014;18(1):48-52.
- Kumar S, Patel S, Tadakamadla J, Tibdewal H, Duraiswamy P, Kulkarni S. Effectiveness of a mouthrinse containing active ingredients in addition to chlorhexidine and triclosan compared

with chlorhexidine and triclosan rinses on plaque, gingivitis, supragingival calculus and extrinsic staining. *Int J Dent Hyg* 2013;11(1):35-40.

19. Hsieh MJ, Chen JC, Yang WE, Chien SY, Chen MK, Lo YS, *et al*. Dehydroandrographolide inhibits oral cancer cell migration and invasion through NF- $\kappa$ B-, AP-1-, and SP-1-modulated matrix metalloproteinase-2 inhibition. *Biochem Pharmacol* 2017;130:10-20.

20. Amornchat C KP, Kraivaphan V, Triratana T. The antibacterial activity of Andrographis paniculata crude extracts on oral bacteria. *J Dent Assoc Thai* 1991;414:177-84.

21. Boonchaipanichwatana P. The comparative clinical and microbiological effects of Andrographis paniculata gel and minocycline ointment as an adjunct in the treatment of early onset periodontitis: Thesis, Mahidol University; 2001.

22. Thawornrungraj S, Kuphasuk Y, Petmitr S, Srisatjaluk R, Kitkumthorn N. The application of Andrographis paniculata gel as an adjunct in the treatment of chronic periodontitis: clinical and microbiological effects. *NUJST* 2014;19(2):38-49.

23. Teparat-Burana T, Samarnsotthiwong C, Kasetsuwan J, Sirirat M, Rojanapanthu P. The efficacy of subgingivally delivered Andrographis paniculata gel to treat patients with periodontitis. *DENT* 2015;2015:1-14.

24. Kuphasuk Y, Prommas C. The comparative clinical evaluation of subgingivally delivered andrographis paniculata gel and 10% doxycycline gel as an adjunct to treatment of chronic periodontitis in patients involved on supportive periodontal therapy. *M Dent J* 2020;40(2):69-76.

25. Thaasridee S, Temrungsee T, Saksricharoen K, Sintuchai N, Plianrunsi J, and Kulthanaamondhita P, editors. Comparing the effect of Andrographis paniculata and chlorhexidine mouthwash on anti-gingivitis properties. RSU International Research Conference 2021 on Science and Technology; 2021: Rangsit University.

26. Landis JR, Koch GG. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics* 1977;33(1):159-74.

27. Silness J, L  e H. Periodontal disease in pregnancy II. Correlation between oral hygiene and periodontal condition. *Acta Odontol Scand* 1964;22(1):121-35.

28. L  e H, Silness J. Periodontal disease in pregnancy I. Prevalence and severity. *Acta Odontol Scand* 1963;21(6):533-51.

29. Macpherson LMD, Stephen KW, Joiner A, Schäfer F, Huntington E. Comparison of a conventional and modified tooth stain index. *J Clin Periodontol* 2000;27(11):854-9.

30. Sirintawat N, Sawang K, Chaiyasamut T, Wongsirichat N. Pain measurement in oral and maxillofacial surgery. *J Dent Anesth Pain Med* 2017;17(4):253-63.

31. Herrera D. Chlorhexidine mouthwash reduces plaque and gingivitis. *Evid Based Dent* 2013;14(1):17-8.

32. 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):1-194.

33. Jayakumar T, Hsieh CY, Lee JJ, Sheu JR. Experimental and Clinical Pharmacology of Andrographis paniculata and Its Major Bioactive Phytoconstituent Andrographolide. *Evid Based Complement Alternat Med* 2013;2013:846740-.

34. Dai Y, Chen S-R, Chai L, Zhao J, Wang Y, Wang Y. Overview of pharmacological activities of Andrographis paniculata and its major compound andrographolide. *Crit Rev Food Sci Nutr* 2019;59(sup1):S17-S29.

35. Hase JC, Attstrom R, Edwardsson S, Kelty E, Kisch J. 6-month use of 0.2% delmopinol hydrochloride in comparison with 0.2% chlorhexidine digluconate and placebo. (I). Effect on plaque formation and gingivitis. *J Clin Periodontol* 1998;25(9):746-53.

36. Lorenz K, Bruhn G, Heumann C, Netuschil L, Brex M, Hoffmann T. Effect of two new chlorhexidine mouthrinses on the development of dental plaque, gingivitis, and discolouration. A randomized, investigator-blind, placebo-controlled, 3-week experimental gingivitis study. *J Clin Periodontol* 2006;33(8):561-7.

37. Charles C, Mostler K, Bartels L, Mankodi SJJocp. Comparative antiplaque and antigingivitis effectiveness of a chlorhexidine and an essential oil mouthrinse: 6—month clinical trial. *J Clin Periodontol* 2004;31(10):878-84.

38. Priya BM, Anitha V, Shanmugam M, Ashwath B, Sylva SD, Vigneshwari SK. Efficacy of chlorhexidine and green tea mouthwashes in the management of dental plaque-induced gingivitis: A comparative clinical study. *Contemp Clin Dent* 2015;6(4):505-9.

39. Yaghini J, Naghsh N, Sadeghi SM, Soltani S. Gingival inflammatory indices and dental stain index after using aloe vera-green tea mouthwash, matrica mouthwash, or 0.2% chlorhexidine mouthwash compared with placebo in patients with gingival inflammation. *Open Dent J* 2019;13(1):214-20.

40. Kamolnarumeth K, Thussananutiyakul J, Lertchwalitanon P, Rungtanakiat P, Mathurasai W, Sooampon S, *et al*. Effect of mixed chlorhexidine and hydrogen peroxide mouthrinses on developing plaque and stain in gingivitis patients: a randomized clinical trial. *Clin Oral Invest* 2021;25(4):1697-704.

41. Newcombe RG, Addy M, McKeown S. Residual effect of chlorhexidine gluconate in 4-day plaque regrowth crossover trials, and its implications for study design. *J Periodontal Res* 1995; 30(5):319-24.



## Original article

# Model Fabrication for Practicing Manual Reduction of Temporomandibular Joint Dislocation

Sutatta Prajeeyachart<sup>1</sup>, Panu Supatraviwat<sup>1</sup> and Srisurang Suttapreyasri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand

## Abstract

Temporomandibular (TMJ) dislocation occurs when the mandibular condyle has displaced completely out of glenoid fossa and anterosuperiorly to the articular eminence. This condition is considered an urgency since it causes physical pain and mental trauma which is needed to be handled straight away. TMJ reduction, a technique in which the dislocated jaw is pushed downward and backward into its normal position, is the standard treatment for both acute and chronic TMJ dislocations. Accurate placement of the operator's hand position and force direction make the reduction more effective. The aims of the study were to fabricate the three-dimension (3D) model for practicing accurate manual reduction of acute anterior TMJ dislocation and to assess the satisfaction of the model simulation from unexperienced dental students. The 3D-TMJ dislocation model was fabricated, and redesigned based on the usability principle by Oral and Maxillofacial surgeons until the final design was achieved. The satisfaction, ease of use, proper posture, convenience to hold the jaw, and demonstration of the direction for jaw relocation were assessed using the final prototype in unexperienced dental students. The results indicated that the overall satisfactory level for the final prototype was moderate to high in the formative phase and the overall satisfactory level was high in the summative phase. The 3D-TMJ dislocation model enabled the students to understand how to properly adjust patient position, hand placement, and force direction. The 3D-TMJ dislocation model simulation offers the opportunity for the students to practice their skills and to allow detailed feedback and assessment of their performance.

**Keywords :** Instructional media, Manual reduction, Three-dimensional solid model, TMJ dislocation, Usability principles

**Received Date:** May 16, 2021

**Revised Date:** Jun 14, 2021

**Accepted Date:** Aug 3, 2021

**doi:** 10.14456/jdat.2021.36

## Correspondence to:

Panu Supatraviwat, Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkhla, 90110 Thailand. Tel: +6674287591 Fax: +6674287591 Email: dewapple@gmail.com

## Introduction

Temporomandibular joint (TMJ) is a ginglymoarthrodial joint. To understand TMJ function, consideration of the relationship of glenoid fossa-articular eminence, articular disc-disc ligaments, condyle, synovial membrane, capsule, accessory ligament, and muscles of mastication is

required.<sup>1,2</sup> The primary muscles of mastication are important muscles that play a role in the mandibular movement. The function of masseter and temporalis muscles is to elevate the mandible causing the mouth closed. The function of medial pterygoid muscle is to elevate and

protrude the mandible. Bilateral contraction of the lateral pterygoids act to protrude the jaw. Lateral pterygoid muscle with assistance of gravity and the digastric muscle also open the jaw.<sup>3</sup> Anterior mandibular condylar dislocation occurs when the mandibular condyle has displaced completely out of glenoid fossa and anterosuperiorly to the articular eminence.<sup>4</sup> TMJ dislocation incidence has been reported to be between 3-7 % in the general population<sup>5</sup> and has had an incidence about 3% of all dislocations throughout the body.<sup>6</sup>

TMJ dislocation has been classified into 3 groups depending on how long and the frequency it has occurred: acute dislocation (most common), habitual or chronic recurrent dislocation and long-standing or chronic persistent dislocation.<sup>7,8</sup>

Acute dislocation can be managed with a manual reduction, such as the Hippocratic, the wrist pivot<sup>9</sup>, combined ipsilateral staggering<sup>10</sup> and the extraoral methods.<sup>11</sup> However, Hippocratic method is the most common technique which has the highest success rate.<sup>12,13</sup> The operator should stand in front of the patient and place their thumbs on the posterior lower molars bilaterally, while other fingers wrap laterally around the mandible. The operator subsequently forces downward pressure on the lower molar region, which direct the mandible downward and backward. The other fingers pull upward on the mentum of the mandible. This levering force will tend to rotate the mandible, providing additional inferior and posterior movement of the condyles. Once this occurs, the mandible will be reduced as the condyle translates back into the glenoid fossa.<sup>1</sup>

Treatment of TMJ dislocation should be initiated as soon as possible. Once dislocation has occurred, spasms of the masseter and pterygoid muscles may be worsen over time. The first reduction is the most effective. Multiple attempts make subsequent reductions more difficult because the patient will have more pain and muscular spasm.<sup>4</sup> Quite often, the ineffective treatment may be attributable to the limited experience of the surgeons.

To make effective treatment, dental students are required to develop their practical skills. Teaching using media is one of the most important components in the

teaching and learning processes.<sup>14</sup> The advantages of using a 3D solid model are to allow the learners to examine a model which may not be easy in the real object or patients, and to handle and permit close-up practicing in a safe and controlled environment. Moreover, instructional media promotes critical thinking skills and connect theory to practice.<sup>15</sup>

Consequently, the opportunity to perform the first reduction of TMJ dislocation can prepare dental students and help them feel confident as well as improve the development of practical skills. Therefore, practicing the reduction of TMJ dislocation by using the 3D solid model may improve the skill and confidence of dental students. Thus, in this present study, the three-dimension (3D) model for practicing accurate manual reduction of acute anterior TMJ dislocation was fabricated and then the satisfaction of the model simulation from unexperienced dental students was assessed.

## Materials and Methods

### Design and setting

This study consisted of 3 parts. The first part was the design and construction of the prototype. Then, the formative usability test was performed in the second part to improve the design of the prototype. The formative evaluation was conducted with the intention of improving the design, and the results were used for the redesign. This step was repeated until the final prototype was achieved. Lastly, the third part, the final prototype was used for the summative usability test to confirm the effectiveness in a larger number of participants.

### Participants

The population of formative usability test consisted of Oral and Maxillofacial surgeons who had experience in the reduction of TMJ dislocation at least 3 times per year (n=5). The population of summative usability test consisted of the 4<sup>th</sup> year dental students of Prince of Songkla University, who had never performed a manual reduction of TMJ dislocation (n=20).

The project was approved by the Human Research Ethics Community, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla

University. Each participant gave written informed consent prior to the model testing.

### **Data collection**

#### **Outcome**

The questionnaire regarding the use of this fabricated model gave a satisfactory outcome. The formative usability test questionnaires were given to experienced Oral and Maxillofacial surgeons. This part was composed of general information, experience of treating TMJ dislocation, and satisfaction of using this fabricated model. The summative evaluation questionnaires were given to dental students. This part was composed of general information and satisfaction of using the final prototype model.

*Each item of the questionnaire was determined to be low, moderate and high.*

1) The model was easy to use: low meaning unstable holding platform and difficult to prepare anterior dislocation of TMJ, moderate meaning unstable holding platform or difficult to prepare anterior dislocation of TMJ, and high meaning stable holding platform and easy to prepare anterior dislocation of TMJ.

2) The model allowed for proper posture: low meaning the standing posture is not very comfortable such as stoop down, moderate meaning the standing posture is moderately comfortable, and high meaning the standing posture of operation is very comfortable.

3) The model was convenient to hold the jaws for reduction: low meaning the model was less comfortable to hold, moderate meaning the model was moderately comfortable to hold, and high meaning the model was very comfortable to hold.

4) The model was able to demonstrate the direction used for jaw relocation: low meaning the model was not able to demonstrate the direction used for jaw relocation, moderate meaning the model can show some direction in which the jaw moves, and high meaning the model was able to demonstrate the direction used for jaw relocation.

5) The model shows a realistic simulation for jaw dislocation as in actual patients: low meaning the model cannot represent the real patient in the practice,

moderate meaning the model resembles a real patient, but cannot represent the actual patient in the practice, and high meaning the model resembles a real patient and can represent real patients in the practice.

#### **Data collection procedure**

The participants were invited to attend the three-dimensional solid model testing. Each participant performed a reduction of TMJ dislocation with model under the supervision of one professors. Professor provided additional information when necessary or if requested by participants. After completion of the model testing, all participants were asked to complete a questionnaire.

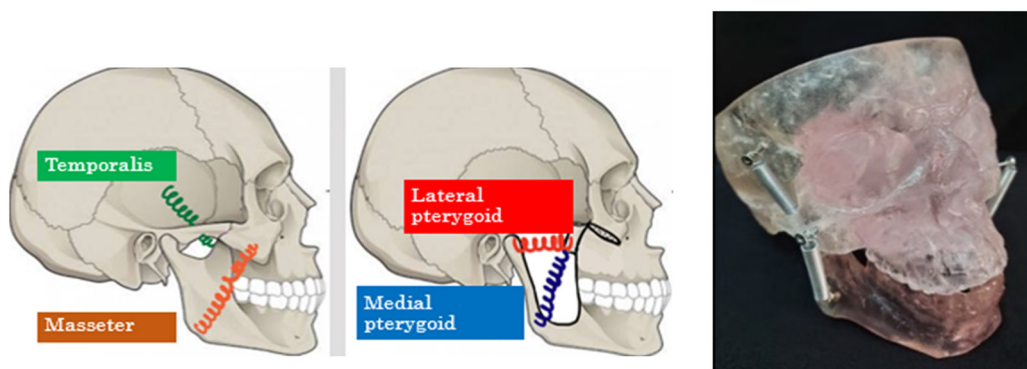
#### **Prototype fabrication, formative and summative assessments**

Three prototypes were designed and constructed by replica cast of the skull by making a polyester resin cast from a silicone rubber mold of the skull from the usability concepts.

##### **Prototype 1**

The first prototype was fabricated by using a plastic container that fitted the original skull model and leaved a space of at least 1 cm between the container wall and the skull. RTV-2 silicone was the material used for rubber mold mixture in a ratio of 100:2. The silicone mixture was then gently poured from the top of the container to avoid air bubbles and left to set for 24 hours. When the silicone mold was firm and fully set, the container was then removed using bur cutting and the skull model was removed using blade cutting. The silicone mold was then put back into the container to be casted using polyester resin mixture in the 100:1 ratio for 1 minute. The polyester resin mixture was gently pouring from the top of the container to avoid air bubbles and left to set and harden for 24 hours before removal from the silicone mold. Coil springs size 7x51 mm representing the masseter and temporalis muscles and coil springs size 7x38 mm representing the medial pterygoid muscle were fixed to the resin skull in the positions of masticatory muscle attachments.



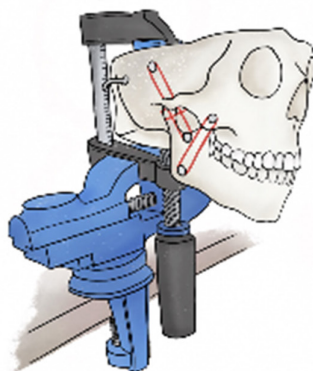


**Figure 1** Prototype 1 was fabricated by polyester resin and coil spring without handle platform

The formative usability test was performed by experienced Oral and Maxillofacial surgeons to improve design of the prototype. Participants criticized the difficulty of use because the model needed to be held by another person during usage causing difficulty in force assertion and low stability. Moreover, they mentioned that the resistance was too low so it was too easy to relocate the jaw in the model. Some of the participants suggested that it might be better if the model could have more stable handle and a stiffer spring to create more resistance against jaw reduction as in the real patients.

## Prototype 2

From the 1st formative comments, the second prototype was redesigned to be a solid block without an internal space. Additional micro-balloons were added for strength enhancement. The screws were fixed in positions of muscle attachments, consisting of the masseter, temporalis, and lateral pterygoid muscles. Rubber bands were used instead of coil springs and holding platform was designed to be stabilized with table.



**Figure 2** The second prototype with a non-adjustable platform handle

Then, the formative usability test was performed by experienced Oral and Maxillofacial surgeons to improve design of the prototype. Participants were satisfied with the handle making the model more stable. The hand positions used on the model were similar to those in real patients, helping dentists understand the hand positions in jaw

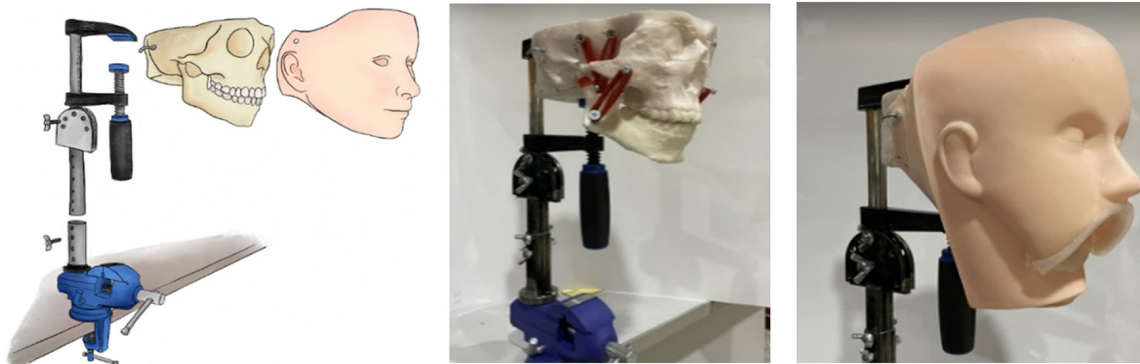
reduction. All participants were highly satisfied with simulation of force direction used for jaw reduction shown by the model because the anatomy could be seen very clearly and could help them direct a proper force direction. The easy handling benefited the participants to feel the mandibular movement. However, they criticized that

mandible in the model could be touched and moved directly unlike in real patients in which mandible is covered by layers of soft tissues. As a consequence, jaw reduction in the model was too easy.

Some surgeons suggested that it might be better if the model could have a more realistic skin coverage because the exact anatomy is not obvious in real patients and the operator should not see condyles as clearly as in the model.

### Prototype 3

From the 2nd formative comments, the third, final prototype was re-designed. It was fabricated by polyester resin and rubber band with an improved handle neck that locks tighter to the model and was adjustable in both horizontal and vertical directions. The mask was designed to simulate the facial skin and was removable at will.



**Figure 3** Final prototype with adjustable platform handle in both horizontal and vertical directions. The mask is designed to simulate the facial skin and is removable at will

The formative usability test was performed by experienced Oral and Maxillofacial surgeons to evaluate design of the prototype. Participants commented about the stability and location of the dislocation. The displaced condyle usually came too anteriorly which caused the coronoid process to end up anteriorly to the zygomatic arch and the range of vertical adjustment was insufficient. Tall operators had to stoop down to use the model. In term of hand position shown on the model, they stated that the posterior interocclusal space was too narrow for proper finger placement on the occlusal surface of the posterior teeth and the operator had to place their fingers more anteriorly which is not the best position for force application in jaw reduction. In term of simulation of force direction used for jaw reduction shown by the model, they detailed about the rubber mask being too thick and stiff and was less likely to move along with

the mandible, making it more difficult to reduce the mandible into place. All users affirmed that having a removable mask was a good idea because it was much easier to see the force direction of jaw reduction when the mask was not on.

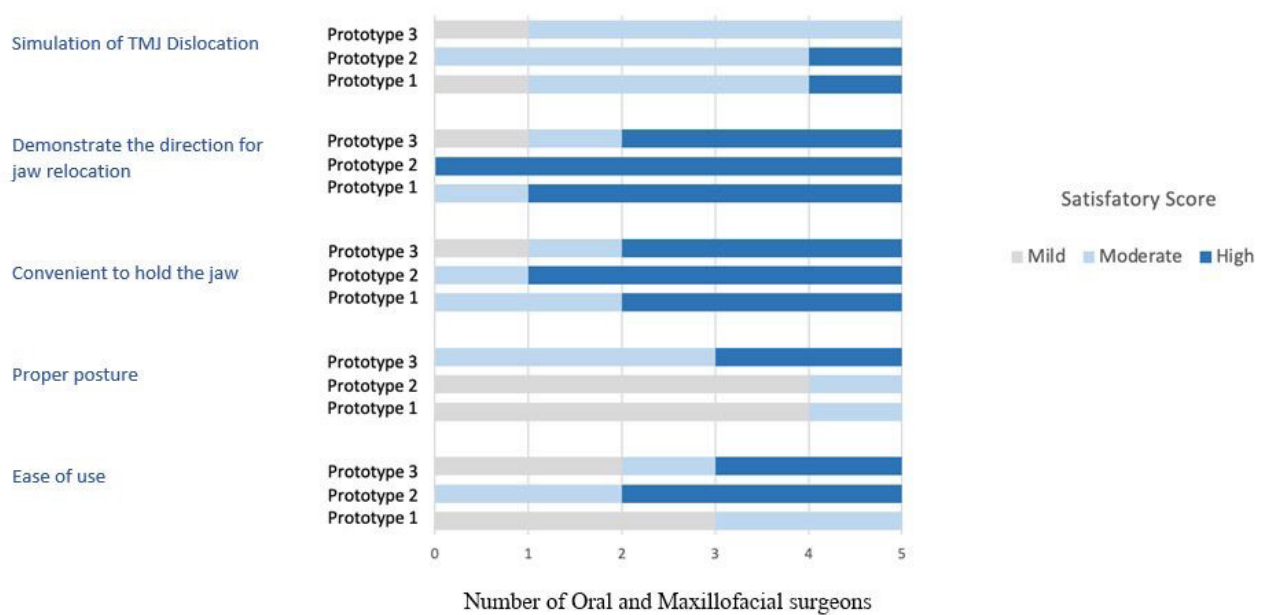
Some surgeons suggested that it might be better if the mask was thinner and softer for a better adaptation and unison to the mandible, so the operators could better feel the mandibular movement.

## Results

Five experienced Oral and Maxillofacial surgeons participated in the formative usability evaluation. The demographic data of the experienced participants were shown in Table 1. The satisfactory scores of the 3 prototypes from experienced Oral and Maxillofacial surgeons were shown in Fig. 4.

**Table 1** Demographic characteristics of experienced Oral and Maxillofacial surgeons

Total participants, n		5	
Sex, n			
	Female	2	
	Male	3	
Age, years			
	Mean (Minimum, Maximum)	33.2	(29, 37)
Year of experience, years			
	Mean (Minimum, Maximum)	8.4	(5, 11)
Cases of TMJ dislocation per year, case			
	Mean (Minimum, Maximum)	3.4	(3, 4)
Success rate, percentage			
	Mean (Minimum, Maximum)	93	(80, 100)
Overall dislocated duration, percent			
	sudden case	20	
	referral case (<24 hours)	80	
Percentage of surgeon based on number of attempts, percent			
	1	40	
	2	40	
	3	20	
Number of surgeons based on position of operator, n			
	Anterior	4	
	Posterior	1	



**Figure 4** The satisfaction of Oral and Maxillofacial surgeons on 3D-TMJ dislocation model

### Summative usability test

The final prototype was used for the summative usability test to confirm the effectiveness in unexperienced students (Fig. 5). Most of them were highly satisfied with the simulation of TMJ dislocation. The reason was that the model was able to demonstrate force direction used for jaw relocation more clearly than just lectures and they were satisfied with the hand position shown on the model which was similar to that in real patients. This helped dentists understand the hand position in jaw relocation. Eleven

out of 20 users complained that the rubber mask was too thick and difficult to carry and therefore caused difficulty in sensing the mandible. Four out of 20 people complained about the stability and location of the dislocation because the displaced condyle usually came too anteriorly.

Some of the students suggested that it might be better if the dislocation could have a precise and repeatable location, while the mask could be thinner and softer for easier handling.

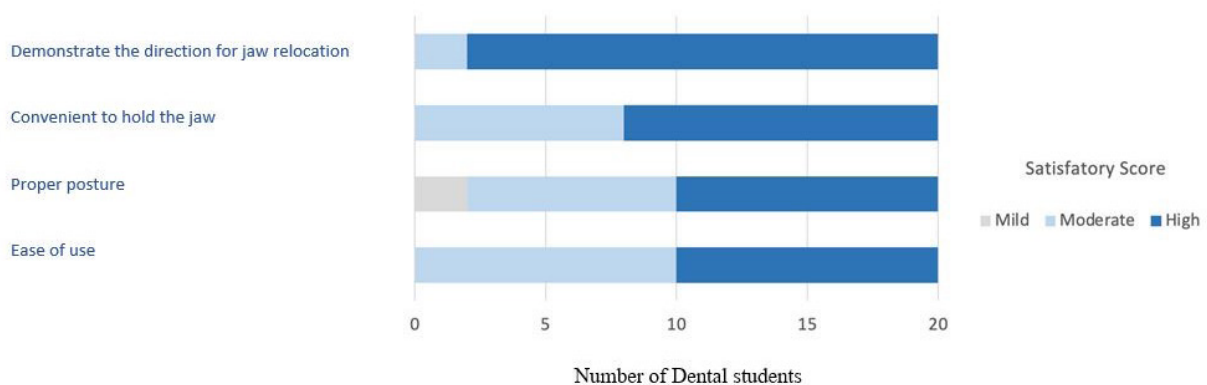


Figure 5 The satisfaction of unexperienced dental students on 3D-TMJ dislocation model

TMJ dislocation is considered an urgency which is needed to be handled straight away. However, TMJ dislocation is not a common event. Most dentists are not familiar with the proper treatment and often fail to perform jaw reduction correctly which might unintentionally cause the condition to go worse, and therefore require a more complex treatment.

This model was created to help dental students understand better about TMJ anatomy and muscle force directions in jaw reduction and condyle relocation. Student should have the opportunity to practice with the model before the real performance in real patients. The model helps students understand how to properly adjust patient position, hand placement, and force direction. The model does not just improve clinical skill, but also help decrease the number of procedural errors in the clinical setting.

In jaw reduction, force direction is more important than force quantity because the difficulty of reduction

is different in each patient, making it impossible to determine the exact quantity of force required for jaw reduction. Therefore, this model was designed to focus more on the understanding of force direction used in jaw reduction rather than force quantity.

The results showed that the second prototype was highly satisfied by the users in the simulation of force direction and hand positions for jaw reduction which is similar to circumstances in real patients because the anatomy could be seen very clearly. This helps the students understand better. However, users suggested that it might be better if the model could have a more realistic facial skin cover because the exact anatomy, including condyles, would not be such obvious in real patients. Therefore, the third prototype was designed with a removable skin cover for the users to be able to try to reduce the naked mandible and see the condylar movements, anatomical relationships, occlusion, and force direction clearly. Then the users can

put the skin mask back on before reducing the mandible again with skin coverage to simulate the proper action in real patients where the clear anatomical relationship is not seen. However, the skin cover is made by a thick stiff rubber, making it more difficult to reduce the mandible into place and results in less satisfaction in force direction and hand positions. This still needs to be improved further to make the mask thinner and softer in order to adapt to the mandible and move along as one unit.

A limitation to this model was that it was unable to simulate the articular disc and ligament, which are key anatomies of TMJ movement. As a result, users need to be cautious about trauma to ligaments which may poses the risk of disc displacement. However, the main purpose of this model is for training of jaw reduction which is suitable for acute anterior TMJ dislocation where the articular disc is less important. Unlike cases of chronic dislocation where the disc may be deformed and interferes with jaw relocation. The manipulation in the model may not be the same as in the actual patient due to neuromuscular involvement. Pain or fear makes the patient more tensed. Moreover, the model only simulates anterior bilateral TMJ dislocation.

A further study might be necessary in order to investigate the effectiveness of the model on skill improvement of manual jaw reduction of TMJ dislocation.

## Conclusion

The 3D-TMJ dislocation model offers the students to understand how to properly adjust patient position, hand placement, and force direction. The 3D-TMJ dislocation model simulation offers the opportunity for the students to practice their skills and allowing detailed feedback and assessment of their performance.

## Acknowledgement

The authors would like to thank the department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry at Prince of Songkla University, all staff in the research unit center for supporting all the research facilities and Mr. Tawat Chanpokapaiboon for designing adjustable platform handle.

## References

1. Papoutsis G, Papoutsi S, Klukowska-Rotzler J, Schaller B, Exadaktylos AK. Temporomandibular joint dislocation: a retrospective study from a Swiss urban emergency department. *Open Access Emerg Med* 2018;10:171-6.
2. Luyk NH, Larsen PE. The diagnosis and treatment of the dislocated mandible. *Am J Emerg Med* 1989;7(3):329-35.
3. Varacallo M. Anatomy, Head and Neck, Temporomandibular Joint. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021.
4. Caminiti MF, Weinberg S. Chronic mandibular dislocation: the role of non-surgical and surgical treatment. *J Can Dent Assoc* 1998;64(7):484-91.
5. Kendell BD, Booth PW. Surgical correction of temporomandibular dislocation. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 1996;4(2):15-32.
6. Shorey CW, Campbell JH. Dislocation of the temporomandibular joint. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2000;89(6):662-8.
7. Rattan V, Rai S. Management of Long-standing Anteromedial Temporomandibular Joint Dislocation. *Asian J Oral Maxillofac Surg* 2007;19(3):155-9.
8. Huang IY, Chen CM, Kao YH, Chen CM, Wu CW. Management of long-standing mandibular dislocation. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2011;40(8):810-4.
9. Lowery LE, Beeson MS, Lum KK. The wrist pivot method, a novel technique for temporomandibular joint reduction. *J Emerg Med* 2004;27(2):167-70.
10. Shun TA, Wai WT, Chiu LC. A case series of closed reduction for acute temporomandibular joint dislocation by a new approach. *Eur J Emerg Med* 2006;13(2):72-5.
11. Chen YC, Chen CT, Lin CH, Chen YR. A safe and effective way for reduction of temporomandibular joint dislocation. *Ann Plast Surg* 2007;58(1):105-8.
12. Prechel U, Ottl P, Ahlers OM, Neff A. The Treatment of Temporomandibular Joint Dislocation. *Dtsch Arztebl Int* 2018;115(5):59-64.
13. Akinbami BO. Evaluation of the mechanism and principles of management of temporomandibular joint dislocation. Systematic review of literature and a proposed new classification of temporomandibular joint dislocation. *Head Face Med* 2011;7:10.
14. Mahajan G. Multimedia in teacher education: Perceptions & uses. *J Educ Pract* 2012;3(1):5-13.
15. Cook DA, Hatala R, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, et al. Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and meta-analysis. *J Am Med Assoc* 2011; 306(9):978-88.



ประสิทธิภาพของฟังก์ชันนอลมอนอเมอร์ต่างชนิดในเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ต่อกำลังแรงยึดบนโลหะผสมพื้นฐาน  
อวิรุทธิ์ คล้ายศิริ<sup>1,2</sup>, ตฤย์ ศรีอัมพร<sup>3</sup>, นิยม อารังค่อนันต์สกุล<sup>4</sup>, นันทวรรณ กระจำงตา<sup>1</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี, ประเทศไทย

<sup>2</sup>แผนกทันตกรรมผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ, ปทุมธานี, ประเทศไทย

<sup>3</sup>ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต, ปทุมธานี, ประเทศไทย

<sup>4</sup>ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

- การยึดติดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์กับโครงสร้างฟันเกิดจากการยึดติดแบบใด
  - เชิงกลระดับจุลภาค (Micro-mechanical bond)
  - การยึดติดทางเคมี (Chemical bond)
  - เชิงกลระดับมหภาค (Macro-mechanical bond) และการยึดติดทางเคมี (Chemical bond)
  - เชิงกลระดับจุลภาค (Micro-mechanical bond) และการยึดติดทางเคมี (Chemical bond)
- ข้อใดคือคาร์บอกซีเลตฟังก์ชันนอลมอนอเมอร์
  - จีพีดีเอ็ม (GPDM)
  - โพรเมต (4-MET)
  - เท็น-เอ็มดีพี (10-MDP)
  - ฮีมา (HEMA)
- ฟังก์ชันนอลมอนอเมอร์ตัวใดมีสมบัติความชอบน้ำ (Hydrophilicity) สูงที่สุด
  - จีพีดีเอ็ม (GPDM)
  - เท็น-เอ็มดีพี (10-MDP)
  - โพรเมต (4-MET)
  - บิสจีเอ็มเอ (Bis-GMA)
- องค์ประกอบใดของโลหะผสมพื้นฐานที่ทำให้เกิดการยึดติดทางเคมีกับสารฟังก์ชันนอลมอนอเมอร์ได้
  - ปริมาณธาตุคาร์บอน
  - ชั้นออกไซด์
  - ความขรุขระบนพื้นผิว
  - สมบัติความไม่ชอบน้ำ (Hydrophobicity)
- วัสดุทางทันตกรรมข้อใดไม่สามารถเกิดการยึดติดทางเคมีกับเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ได้
  - โลหะผสมพื้นฐาน (Base metal alloy)
  - โลหะผสมมีค่า (Precious metal alloy)
  - เซอร์โคเนีย (Zirconia)
  - ลิเทียมไดซิลิเกตกลาสส์เซรามิก (Lithium disilicate glass-ceramic)

กรุณา ลงทะเบียนหรือ Login ใน [www.cdec.or.th](http://www.cdec.or.th) เพื่อตอบคำถามและรับคะแนน 3 หน่วยกิต

<http://descdec.cda.or.th/CDECEXam/ExamAns?EXAMKEY=94757>