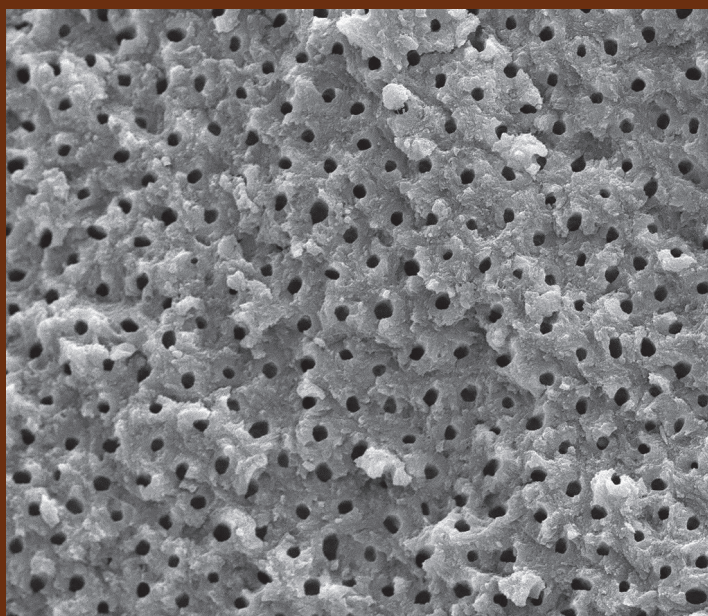




วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์ Journal of the Dental Association of Thailand

ปีที่ 66 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน 2559 / Volume 66 Number 3 July - September 2016



- Dentin Conditioning Agents for Glass-Ionomer Cement
- Biodentine™ Partial Pulpotomy in Adult Permanent Teeth with Cariously-Exposed Pulp: Case Reports (up to 30 Months Follow-Up)
- Spontaneous Exfoliation of Teeth and Alveolar Bone Necrosis Following Herpes Zoster Infection of Trigeminal Nerve: A Case Report and Review of Literature
- A Comparison of Liners and Adhesive Systems in Preventing Coronal Dye Penetration in Root-filled Teeth Subjected to Functional Forces
- Tobacco Use and Cessation Training Among Thai Dental Students - the Global Health Professional Student Survey, 2006 – 2011
- Competency in Geriatric Dentistry Among Thammasat University Dental Graduates: Graduates and Employers' Perceptions
- The Comparative Study of Fracture Strength between Celtra™ Duo and IPS e.max® CAD



วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์
JOURNAL OF THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND



ทันตแพทยสมาคมแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

Advisory Board

Lt. Gen. Phisal	Thepsithar
Asst. Prof. Anonknart	Bhakdinaronk
Dr. Charmary	Reanamporn
Assoc. Prof. Porjai	Ruangsi
Assoc. Prof. Surasith	Kiatpongsan
Dr. Wantana	Puthipad
Dr. Werawat	Satayanurug
Prof. Dr. Waranun	Buajeeb
Dr. Prinya	Pathomkulmai

Board of Directors 2016 - 2018

President	Dr. Adirek	S.Wongsa
President Elect	Dr. Chavalit	Karnjanaopaswong
1 st Vice-President	Asst. Prof. Dr. Sirivimol	Srisawasdi
2 nd Vice-President	Assoc. Prof. Dr. Siriruk	Nakornchai
Secretary-General	Prof. Dr. Prasit	Pavasant
Treasurer	Assoc. Prof. Poranee	Berananda
Editor	Dr. Ekamon	Mahapoka
Executive Committee	Clinical Prof. Pusadee	Yotnuengnit
	Lt. Gen. Nawarut	Soonthornwit
	Assoc. Prof. Wacharaporn	Tasachan
	Dr. Somchai	Suthirathikul
	Asst. Prof. Ekachai	Chunhacheevachaloke
	Asst. Prof. Bundhit	Jirajariyavej
	Dr. Prae	Chittinand
	Dr. Kanit	Dhanesuan
	Assoc. Prof. Dr. Patita	Bhuridej
	Asst. Prof. Piriya	Cherdsatirakul
	Dr. Sutee	Suksudaj
	Assoc. Prof. Dr. Teerasak	Damrongrungruang

OFFICE 71 Ladprao 95 Wangtonglang Bangkok 10310, Thailand. Tel. 02-5394748, Fax 02-5141100



วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์

JOURNAL OF 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. Waranuch Pitiphat, Khon Kaen University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Nita Viwattanatipa, Mahidol University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Ponlatham Chaiyarit, Khon Kaen University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Lertrit Sarinnaphakorn, Thammasat University, Thailand
Prof. Dr. Suttichai Krisanaprakornkit, Chiang Mai University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Paiboon Techalertpaisarn, Chulalongkorn University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Somsak Mitirattanakul, Mahidol University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Kittirongruang, Chulalongkorn University, Thailand
Assoc. Prof. Boonlert Kukiattrakoon, Prince of Songkla University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Chootima Ratisoonorn, Chulalongkorn University, Thailand
Assoc. Prof. Dr. Oranat Matungkasombut, Chulalongkorn University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Vanthana Sattabanasuk, Mahidol University, Thailand
Dr. Sutee Suksudaj, Thammasat University, Thailand
Dr. Aroonwan Lam-ubol, Srinakharinwirot University, Thailand
Assist. Prof. Dr. Tewarit Somkotra, Chulalongkorn University, Thailand
Dr. Thantrira Pomtaveetus, Chulalongkorn University, Thailand
Prof. Dr. Antheunis Versluis, The University of Tennessee Health Science Center, USA.
Assoc. Prof. Dr. Hiroshi Ogawa, Niigata University, JAPAN
Assoc. Prof. Dr. Anwar Merchant, University of South Carolina, USA.
Dr. Brian Foster, NIAMS/NIH, USA.
Dr. Ahmed Abbas Mohamed, University of Warwick, UK.

Editorial Staff

Thatchutha Saengchan
Pimpanid Laomana

Manager

Assoc. Prof. Poranee Berananda

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

Publisher and artwork: Q - Print Co., Ltd.

Please send manuscripts to Dr. Ekamon Mahapoka

Mailing address: 71 Ladprao 95 Wangtonglang Bangkok 10310, Thailand E-mail: jdat.editor@gmail.com



วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์

JOURNAL OF THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

จดหมายจากสารานุกรม

สวัสดีท่านสมาชิกวิทยาสารทันตแพทยศาสตร์ทุกท่านครับ เราก้าวเข้าสู่ฉบับที่ 3 ของปี พ.ศ. 2559 และผมได้เข้ามาทำหน้าที่สารานุกรมของวิทยาสารฯ จุดมุ่งหมายของวิทยาสารฯ นอกจากจะเป็นช่องทางหนึ่งในการเผยแพร่ความรู้ทางด้านทันตแพทยศาสตร์ในประเทศไทยทุกสาขา ทั้งจากงานวิจัยและทางคลินิกที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ร่วมวิชาชีพทันตแพทย์ทุกคน ทางกองบรรณาธิการฯ มุ่งหวังและกำลังพัฒนาวิทยาสารฯ ของพวกเราให้มีความเป็นสากลมากขึ้น ฉบับนี้บทความส่วนใหญ่เป็นเรื่องวัสดุบูรณะ เช่น บทความปริทัศน์เกี่ยวกับสารปรับสภาพผิวฟันที่มักเป็นปัญหาในการเลือกใช้ก่อนการบูรณะด้วยวัสดุกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ หรือบทความเกี่ยวกับการใช้วัสดุ เช่น Biodentine™ ในการปิดโพรงฟันทะลุหรือวัสดุเซรามิกชนิดใหม่ Celtra Duo™ ในการบูรณะฟัน การใส่สารเดนทินบอนด์หรือกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ในคลองรากฟันเพื่อลดการรั่วซึม เป็นต้น ภายในฉบับยังมีรายงานผู้ป่วยที่น่าสนใจเกี่ยวกับการเกิดภาวะ osteonecrosis ภายหลังการติดเชื้อไวรัส Herpes Zoster ซึ่งแม้ว่าจะพบได้ไม่มาก แต่การให้วินิจฉัยและการรักษาที่รวดเร็วสามารถลดความรุนแรงของโรคได้ สำหรับบทความอื่นสามารถเปิดอ่านได้ภายในฉบับนี้ได้เลยครับ และเช่นเดิมครับวิทยาสารฯ จะปรับปรุงไม่ได้เลยหากไม่มีคำติชมที่จะเป็นประโยชน์กับกองบรรณาธิการ เรายินดีและน้อมรับเพื่อพัฒนาวิทยาสารฯ ของเราให้ดียิ่ง ๆ ขึ้นไปครับ

แล้วกลับมาพบกับฉบับหน้าฉบับสุดท้ายของปีครับ

ทพ. ดร. เอกมน มหาโกคา
สารานุกรม

สำหรับหน้าที่เป็นสี โปรดเข้าชมได้ที่ <http://www.jdat.org>

For high quality coloured figures, please refer to <http://www.jdat.org>



วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์

JOURNAL OF THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

สารบัญ

ปีที่ 66 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม – กันยายน พ.ศ. 2559

บทความปริทัศน์

สารปรับสภาพผิวเนื้อฟันสำหรับกلاسส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

ตุลย์ ศรีอัมพร

อวิรุทธ์ คล้ายศิริ

นิยม อารงค์อนันต์สกุล

รายงานผู้ป่วย

Biodentine™ Partial Pulpotomy in Adult
Permanent Teeth with Cariously-Exposed Pulp:
Case Reports (up to 30 Months Follow-Up)

Darunee Owittayakul

Patchanee Chuveera

การหลุดเองของฟันและกระดูกเบ้าฟันตายหลังการเกิดโรค
งูสวัดของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 :

รายงานผู้ป่วย 1 ราย และทบทวนวรรณกรรม

วรรณภรณ์ นิลพานิช

บทวิพากษ์

A Comparison of Liners and Adhesive Systems in
Preventing Coronal Dye Penetration in Root-filled
Teeth Subjected to Functional Forces

Pattama Chailertvanitkul

Peerapong Kupradit

Poonyaphorn Thanyakoo

Pacharee Kulwattanaporn

Nuttapong Kantrong

Subin Pwasiri

Paul Vincent Abbott

Contents

Volume 66 Number 3 July – September 2016

149 Review Article

Dentin Conditioning Agents for Glass Ionome Cement

Tool Sriamporn

Awiruth Klaisiri

Niyom Thamrongananskul

171 Case Report

Biodentine™ Partial Pulpotomy in Adult
Permanent Teeth with Cariously-Exposed Pulp:
Case Reports (up to 30 Months Follow-Up)

Darunee Owittayakul

Patchanee Chuveera

182 Spontaneous Exfoliation of Teeth and Alveolar
Bone Necrosis Following Herpes Zoster Infection of
Trigeminal Nerve: A Case Report and Review of
Literature

Wannaporn Nilpanit

193 Original Article

A Comparison of Liners and Adhesive Systems in
Preventing Coronal Dye Penetration in Root-filled
Teeth Subjected to Functional Forces

Pattama Chailertvanitkul

Peerapong Kupradit

Poonyaphorn Thanyakoo

Pacharee Kulwattanaporn

Nuttapong Kantrong

Subin Pwasiri

Paul Vincent Abbott



วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์

JOURNAL OF THE DENTAL ASSOCIATION OF THAILAND

สารบัญ

ปีที่ 66 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม – กันยายน พ.ศ. 2559

Tobacco Use and Cessation Training among Thai Dental Students - the Global Health Professional Student Survey, 2006 – 2011

Wikul Visalseth
Surat Mongkolnchai-arunya
Siriwan Pitayarangsarit
Jintana Peesing
Benjawan Danpradit
Thongchai Vachirarojpisan

สมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุของบัณฑิตทันตแพทยศาสตรบัณฑิต: มุมมองของบัณฑิตและนายจ้าง
ณัฐจิรา สุขสุเดช
จิรัชญ์ พลเศรษฐเลิศ
ถกกร วาทกิจ
มงคล พวงเพชร

The Comparative Study of Fracture Strength between CeltraTM Duo and IPS e.max® CAD

Nantawan Krajangta
Chayanit Angkananuwat
Lertrit Sarinnaphakorn

Contents

Volume 66 Number 3 July – September 2016

203 Tobacco Use and Cessation Training among Thai Dental Students - the Global Health Professional Student Survey, 2006 – 2011

Wikul Visalseth
Surat Mongkolnchai-arunya
Siriwan Pitayarangsarit
Jintana Peesing
Benjawan Danpradit
Thongchai Vachirarojpisan

213 Competency in Geriatric Dentistry Among Thammasat University Dental Graduates: Graduates and Employers' Perceptions

Nattira Suksudaj
Jeerat Bhonsethalert
Thakolkorn Vatakit
Mongkol Puangpetch

228 The Comparative Study of Fracture Strength between CeltraTM Duo and IPS e.max® CAD

Nantawan Krajangta
Chayanit Angkananuwat
Lertrit Sarinnaphakorn

Front cover image:

(b) a fracture

dentin showing the opening up of dentinal tubules and free of smear layer. (These images were taken from specimens prepared by the authors)

(See *Sriamporn et al.*, page 152 for details)

Instruction for Authors

The Journal of the Dental Association of Thailand welcome submissions from the field of Dentistry and related science. We published 4 issues per year in March, June, September and December.

Categories of the Articles

1. **Review Articles:** an article with technical knowledge collected from journals or textbooks and is profoundly analyzed and criticized.
2. **Case Reports:** a short report of an update 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 and significant contributions to the field of Dentistry.
4. **Letter to the Editor:** a brief question or comment that is useful for readers

Manuscript Submission

The Journal of the Dental Association of Thailand only accepts online submission. The manuscript must be submitted via <http://www.jdat.org>. Registration by corresponding author is required for 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 or .docx. All figures and tables should be submitted as separated files (1 file for each figure or table). For figures and diagrams, the acceptable file formats are .tif, .bmp and .jpeg with resolution at least 300 dpi. with 2 MB.

Contact Address

Editorial Staff of the Journal of the Dental Association of Thailand

The Dental Association of Thailand

71 Ladprao 95

Wangtonglang Bangkok 10310

Email: jdat.editor@gmail.com

Telephone: 669-7007-0341

Manuscript Preparation

1. For English article, use font of Cordia New Style size 16 in a standard A4 paper (21.2 x 29.7 cm) with 2.5 cm margin on all four sides. The manuscript should be typewritten with double-spacing.

2. For Thai article, use font of Cordia New Style size 16 in a standard A4 paper (21.2 x 29.7 cm) with 2.5 cm margin on all four sides. The manuscript should be typewritten with 1.5 line spacing. Thai article must also provide English abstract. All references 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 on the top right corner. The length of article should not exceed 10 pages of the journal (approximate 24-28 pages A4, not includ figures and tables)
4. Measurement units such as length, height, weight, capacity etc. should be in metric units. Temperature should be in degree Celsius. Pressure units should be in mmHg. The hematologic measurement and clinical chemistry should follow International System Units or SI.
5. Standard abbreviation must be used for abbreviation and symbols. The abbreviation should not be used in the title and abstract. Full words of the abbreviation should be referred at the end of the first abbreviation in the content except the standard measurement units.
6. Position of the teeth may use full proper name such as maxillary right canine or symbols according to FDI two-digit notation and write full name in the parenthesis after the first mention such as tooth 31 (mandibular left central incisor).
7. Every illustration including tables must be referred in all illustrations. The contents and alphabets in the illustrations and tables must be in English. Numbers are 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.

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 one paragraph. Only English abstract is required for English article. Both English and Thai abstracts 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 sections 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, authors should indicate that the study was performed according to the ethical Principles for Medical Research and Experiment involving human subjects such as Declaration of Helsinki 2000 or has been approved by the ethic committees of each institute.

- **Results:** Results are presentation of the discovery of experiments 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 or 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 threats from the experiments should also be informed in the discussion and indicate the ways to make good use of the results.

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

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

- **References** 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 or 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 system, using Arabic numbers, making order according to the texts chronologically. Titles of the Journals must be in Bold and Italics. The publication year, issue and pages are listed respectively without volume.

Sample of references from articles in Journals

Phantumvanit P, Feagin FF, Koulourides T. Strong and weak acids sampling for fluoride of enamel remineralized sodium fluoride solutions. *Caries Res* 1977;11:56-61.

- Institutional authors

Council on Dental materials and Devices. New American Dental Association Specification No.27 for direct filling resins. *J Am Dent Assoc* 1977;94:1191-4.

- No author

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

Sample of references from books and other monographs

- Authors being writers

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

- Authors being both writer and editor

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

- Books with authors for each separate chapter and also have editor

Sanders BJ, Henderson 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. Recent advances in clinical neurophysiology. Proceedings of the 10th International Congress of EMG and Clinical Neurophysiology; 1995 Oct 15-19; Kyoto, Japan. Amsterdam: Elsevier; 1996.

- Conference paper

Hotz PR. Dental plaque control and caries. In: Lang PN, Attstrom R, Loe H, editors. Proceedings of the European Work shop on Mechanical Plaque Control; 1998 May 9-12; Berne, Switzerland. Chicago: Quintessence Publishing; 1998. p. 35-49.

- 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 articles in press

Swasdison S, Apinhasmit W, Siri-upatham C, Tungpitsyotn M, Pateepasen R, Suppipat N, *et al.* Chemical sterilization for barrier membranes is toxic to human gingival fibroblasts. *J Dent Assoc Thai*. In press 2000. *In this case, accepted letter must be attached.

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 recession treatment: Scientific evidence and clinical experience. *Clin Adv Periodontics* 2011;1: 41-52. doi:10.1902 cap.2011.100002.

- 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://www.nursingworld.org/AJN/2002/june/Wawatch.htm>Article.

- Ahead of printing

McGuire MK, Scheyer ET, Nevins M, Neiva R,

Cochran DL, Mellonig JT, *et al.* Living cellular construct for increasing the width of keratinized gingival. Results from a randomized, withinpatient, controlled trial [published online ahead of print March 29, 2011]. *J Periodontol* doi:10.1902/jop.2011.100671.

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 notified 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>.

Color Printing (baht / 2,000 copy)

1-16 pages for 4,815 baht vat included.

16-36 Pages 9,630 baht vat included.

This price is subjected to change with prior notice.

สารปรับสภาพผิวเนื้อฟันสำหรับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ Dentin Conditioning Agents for Glass-Ionomer Cement

ตุลย์ ศรีอัมพร¹, อวิรุทธ์ คล้ายศิริ² และ นิยม ธำรงค่อนันต์สกุล³

Tool Sriamporn¹, Awiruth Klaisiri² and Niyom Thamrongananskul³

¹ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

¹Department of Prosthodontics, Faculty of Dental Medicine, Rangsit University

²สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

²Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Thammasat University

³ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

³Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

บทคัดย่อ

บทความปริทัศน์เรื่องสารปรับสภาพผิวเนื้อฟันสำหรับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมและเรียบเรียงสารที่ใช้ปรับสภาพผิวเนื้อฟันก่อนการบูรณะด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ โดยการใช้สารเหล่านี้เพื่อทำความสะอาดผิวฟัน กำจัดหรือดัดแปรชั้นสเมียร์ ละลายแร่ธาตุที่ผิวฟัน เพิ่มพื้นที่ผิวฟันระดับจุลภาค เพิ่มค่าแรงยึดทางกลและเคมีระหว่างผิวฟันกับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีการใช้สารปรับสภาพผิวเนื้อฟันหลายชนิด เช่น กรดซिटริก สารละลายของแร่ธาตุ กรดฟอสฟอริก เอทิลีนไดเอมีน เทระอะซิติก แอซิติก หรืออีทีเอ กรดฟอสฟอริก และสารปรับสภาพผิวชนิดอื่น ๆ อีกหลายชนิดด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน เช่น ทาแล้วล้างน้ำออกหรือไม่ต้องล้างน้ำออก ความเข้มข้นและระยะเวลาที่สารสัมผัสผิวฟันก็แตกต่างกันไป โดยกรดฟอสฟอริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 10-30 ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากเป็นสารชนิดเดียวกับส่วนเหลวของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่มีสมบัติเป็นกรดอ่อน น้ำหนักโมเลกุลสูง สามารถทำความสะอาดและดัดแปรชั้นสเมียร์ได้ ไม่ทำให้ท่อเนื้อฟันเปิดเมื่อใช้ความเข้มข้นและระยะเวลาการทาที่เหมาะสม อีกทั้งยังสร้างความชุ่มชื้นที่ผิวฟันและส่งเสริมให้เกิดพันธะเคมีระหว่างผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์กับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ปัจจุบันมีสารปรับสภาพผิวเนื้อฟันสำหรับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้าออกวางจำหน่ายควบคู่กับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ซึ่งแต่ละผลิตภัณฑ์มีองค์ประกอบทางเคมีและวิธีการใช้งานที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตอย่างเคร่งครัดจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้วัสดุสามารถอยู่ในช่องปากของผู้ป่วยได้อย่างยาวนานและเกิดผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

คำสำคัญ: สารปรับสภาพผิวเนื้อฟัน, กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์, กรดฟอสฟอริก

The aim of this article was to review the properties of the dentin conditioning agents for glass-ionomer cement, for example, clean the tooth surface, modify or remove the smear layer, demineralize the tooth surface, increase the surface area and increase mechanical and/or chemical bond strength between the tooth surface and glass-ionomer cement. For many years, various tooth surface treatment agents have been available. These include citric acid, demineralizing solution, polyacrylic acid, ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA), phosphoric acid and many others. Different study designs have been tested for these tooth surface treatment agents; for example, rinsing or not rinsing the agent with water after application or testing the effect of different concentrations of the agent. The most popular and widely used dentin conditioning agent for glass-ionomer cements is 10–30 % polyacrylic acid because of its similar composition to the liquid mixture of the glass-ionomer cement. Polyacrylic acid is a weak acid with high molecular weight that is capable of cleaning the tooth surface, modifying the smear layer, without inducing dentinal tubule opening when the proper concentration and application time is used, roughening the tooth surface and promoting the formation of chemical bond between hydroxyapatite and glass-ionomer cement. Nowadays, suppliers tend to sell their dentin conditioning products along with the glass-ionomer cements. Each of which has different chemical composition and different treatment method. Therefore, it is best to strictly follow the manufacturer's instruction for the best result.

Key words: Dentin conditioning agent, Glass-ionomer cement, Polyacrylic acid

Received Date: Jan 12, 2016

Accepted Date: Apr 12, 2016

doi: 10.14456/jdat.2016.13

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ

ศุภชัย ศรีอัมพร ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต 52/347 เมืองเอก ปทุมธานี 12000 ประเทศไทย
โทรศัพท์: 02-9972200-30 ต่อ 4312 อีเมล: tunster14@hotmail.com

Correspondence to:

Tool Sriamporn. Department of Prosthodontics, Faculty of Dental Medicine, Rangsit University 52/347 Muang Ake, Pathumthani 12000 Thailand
Tel: 02-9972200-30 Ext. 4312 E-mail: tunster14@hotmail.com

ปัจจุบันกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (glass-ionomer cement) เป็นวัสดุทางทันตกรรมที่นิยมใช้กันแพร่หลายโดยสามารถใช้เป็นสารรองพื้น (base) สารเชื่อมยึด (luting agent) วัสดุบูรณะ (filling) รวมถึงใช้เป็นวัสดุทำแกน (core material) เป็นต้น เนื่องจากกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีสมบัติที่โดดเด่นหลายประการ เช่น ปลดปล่อยฟลูออไรด์ เกิดแรงยึดทางกล เกิดพันธะเคมีกับผิวเคลือบฟันและเนื้อฟัน มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในช่องปาก เป็นสารยับยั้งฟันผุ และสารต้านจุลชีพ เป็นต้น อย่างไรก็ตามวัสดุชนิดนี้ก็ยังมีความจำกัดบางประการ อาทิเช่น มีความไวต่อความชื้น มีความแข็งแรงและต้านทานต่อการสึกดัด

การศึกษาเรื่องการยึดติด (adhesion) ระหว่างวัสดุบูรณะฟันและเนื้อฟันได้ดำเนินมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเพื่อให้ได้แรงยึดที่มีประสิทธิภาพและคงทนในสภาวะช่องปากได้ยาวนาน เป็นที่ทราบกันว่าการยึดติดของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์กับเนื้อฟันสามารถยึดเกาะกันด้วยพันธะทางเคมี โดยอาศัยหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ในสายโซ่โพลิเมอร์ของกรดพอลิแอลคีนอิก (polyalkenoic acid) กับอนินทรีย์สาร ซึ่งก็คือแคลเซียมไฮดรอกซีฟอสเฟต (hydroxyapatite) แต่เนื่องด้วยโครงสร้างของเนื้อฟันที่แตกต่างจากเคลือบฟัน โดยเนื้อฟันมีปริมาณน้ำและสารอินทรีย์ที่มากกว่า แต่มีปริมาณสารอนินทรีย์ที่น้อยกว่า อีกทั้งยังมีท่อเนื้อฟัน (dentinal tubule) และส่วนของเซลล์สร้างเนื้อฟันปะปนอยู่จึงทำให้การวิจัยส่วนใหญ่มุ่งไปศึกษาที่ชั้นรอยต่อระหว่างกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์กับผิวเนื้อฟัน โดยพบว่าที่ชั้นรอยตอดังกล่าวเกิดการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างผิวหน้าซึ่งกันและกันได้ ซึ่งชั้นรอยตอดังกล่าวมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันไป เช่น ชั้นการแลกเปลี่ยนประจุ (ion-exchange layer)¹ ชั้นที่เกิดปฏิกิริยาระหว่างกัน (zone

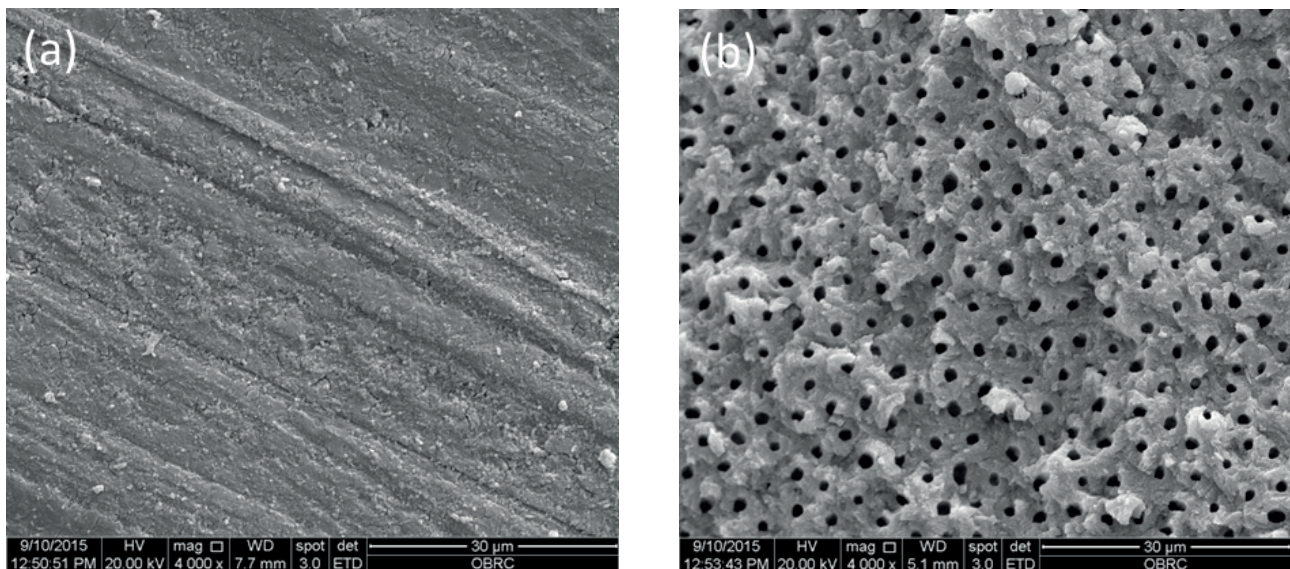
of interaction)² ชั้นที่เกิดการแพร่ผ่านระหว่างกัน (inter-diffusion zone)³ ชั้นไฮบริด (hybrid layer)⁴ ระหว่างวัฏภาค (interphase)⁵ และชั้นระหว่างกลาง (Intermediate layer)⁶ เป็นต้น ถึงแม้จะมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป แต่ชั้นแลกเปลี่ยนประจุน่าจะเป็นชื่อที่เหมาะสมที่สุดและเชื่อกันว่าชั้นนี้เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้แรงยึดระหว่างกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์กับโครงสร้างของฟันธรรมชาติเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์

การตัดแต่งฟันธรรมชาติไม่ว่าจะด้วยอุปกรณ์ที่ออกแรงด้วยมือ (hand instrument) หรือใช้เครื่องมือชนิดหมุน (rotary instrument) ที่ผิวหน้าของฟันหลังการตัดแต่งจะถูกปกคลุมด้วยเศษเนื้อฟัน (debris) เสมอ โดยในปี ค.ศ.1970 Eick และคณะ⁷ ได้ทำการศึกษาดัดฟันธรรมชาติด้วยเข็มกรอฟันชนิดกากเพชรและคาร์ไบด์ ขณะที่ใช้และไม่ใช้น้ำหล่อเลี้ยง จากนั้นนำฟันตัวอย่างไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดพบว่าที่ผิวหน้าของฟันทุกซี่จะมีเศษเนื้อฟันปกคลุมอยู่ และเรียกว่าชั้นสเมียร์ (smear layer) ซึ่ง Pashley⁸ กล่าวเปรียบเปรยชั้นสเมียร์ว่าเหมือนการเลื้อยไม้ โดยที่ผิวหน้าตัดของเนื้อไม้จะถูกปกคลุมด้วยเศษชี้เลื้อย ซึ่งผนังก็คือชั้นสเมียร์ที่ผิวหน้าเนื้อฟันที่ผ่านการกรอแต่งนั่นเอง และชั้นสเมียร์นี้ยังมีความหนาที่แตกต่างกันไป

ปัจจัยที่มีผลต่อความหนาของชั้นสเมียร์ได้แก่การใช้หรือไม่ใช้น้ำหล่อเลี้ยงขณะกรอแต่ง ระดับความหยาบของเข็มกรอฟัน พบว่าการไม่ใช้น้ำและเข็มกรอฟันที่หยาบสูงทำให้มีความหนาของชั้นสเมียร์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยชั้นสเมียร์ที่เกิดขึ้นมีความหนาระดับจุลภาคซึ่งไม่สามารถเห็นได้จากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (light microscope) และชั้นนี้สามารถถูกละลายได้ด้วยกรด⁹ ในปี ค.ศ.1974 Brannstrom และ Johnson⁹ ได้รายงานผลการศึกษาผิวเนื้อฟันที่ผ่านการกรอด้วย

เชื่อมกรอฟันโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบว่ามีชั้นสเมียร์ซึ่งมีความหนาตั้งแต่ 2-5 ไมโครเมตร ปกคลุมอยู่ ถัดมาอีกหนึ่งปีให้หลัง McComb และ Smith¹⁰ รายงานว่าการใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันทำให้เกิดชั้นสเมียร์ปกคลุมที่ผนังคลองรากฟัน โดยชั้นสเมียร์นี้ประกอบด้วย เศษเนื้อฟัน (dentine debris) เศษเนื้อเยื่อใน (pulp debris) และแบคทีเรีย จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า เนื้อฟันที่ผ่านการใช้เครื่องมือเพื่อกรอหรือปรับแต่งจะเกิดชั้นสเมียร์ปกคลุมที่ผิวเสมอ ดังรูปที่ 1a ซึ่งต่างจากเนื้อฟันที่เผยออกมา (expose) ที่เกิดจากการแตกหัก (fracture) จะไม่พบชั้นสเมียร์เลย ดังรูปที่ 1b

เนื่องจากชั้นสเมียร์มีโครงสร้างที่จับตัวกันอย่างหลวมๆ ซึ่งขัดขวางต่อการยึดติดที่สมบูรณ์ระหว่างวัสดุบูรณะกับผิวฟัน รวมถึงอาจส่งผลให้เกิดการรั่วซึมระหว่างชั้นรอยต่อ เมื่อวัสดุอยู่ในช่องปากเป็นเวลานาน ๆ¹¹ ด้วยเหตุนี้จึงเกิดแนวความคิดในการปรับสภาพผิวเนื้อฟันก่อนการยึดด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์โดยใช้สารเคมีทาที่ผิวฟันเพื่อกำจัดหรือปรับปรุงชั้นสเมียร์ เปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวฟัน และช่วยเพิ่มแรงยึดติดของวัสดุ โดยบทความปริทัศน์นี้จะนำเสนอสารเคมีต่าง ๆ ที่เคยใช้ในอดีตและปัจจุบันเพื่อปรับสภาพผิวฟันก่อนการยึดด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์



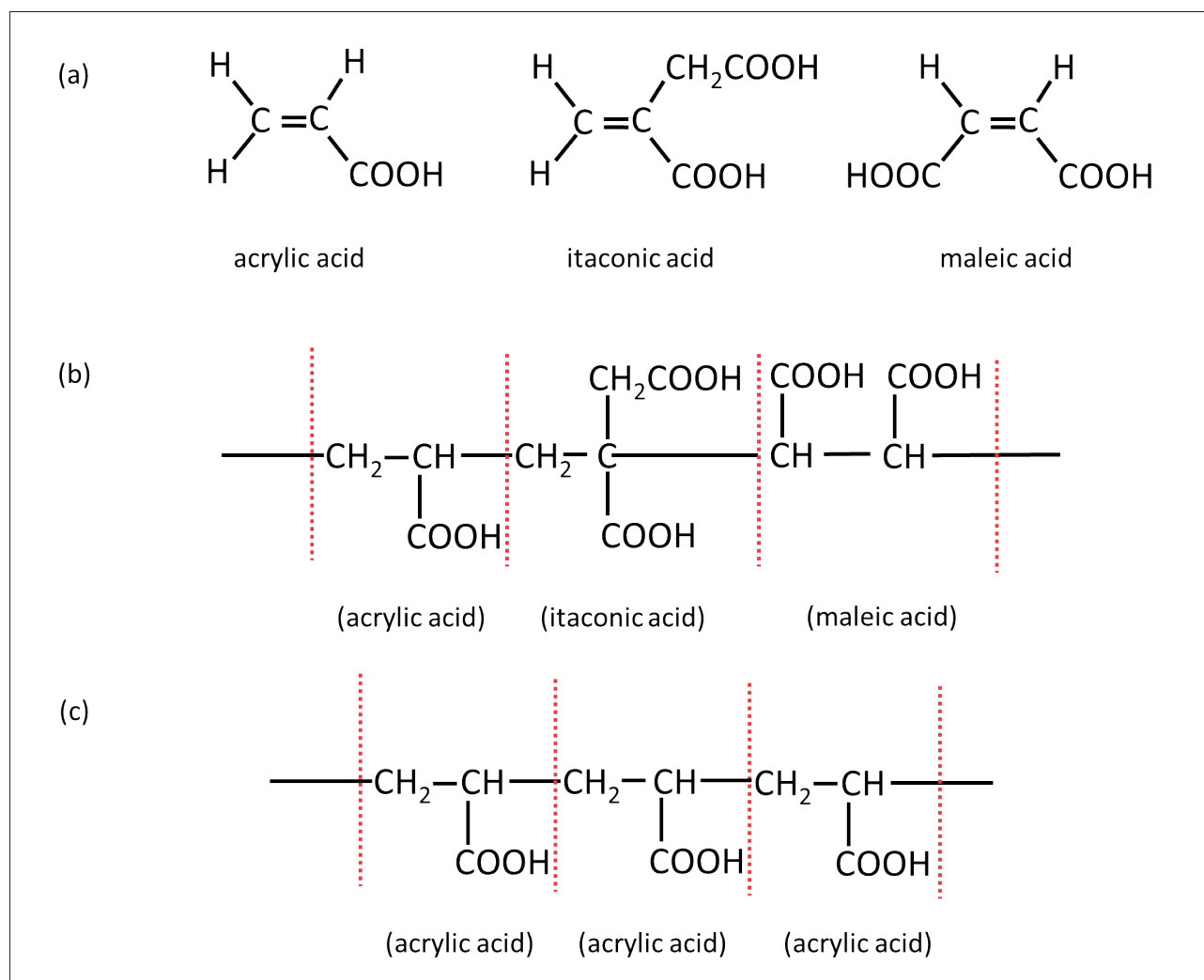
รูปที่ 1 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (4,000x) (a) แสดงผิวเนื้อฟันที่ผ่านการใช้เชื่อมกรอเพชรกรอแต่งจะเกิดชั้นสเมียร์ปกคลุมและสิ่งสกปรกจากการกรอแต่งและ (b) ผิวเนื้อฟันที่เกิดแตกหักจะพบการเปิดออกของท่อเนื้อฟันและไม่พบชั้นสเมียร์เลย (ภาพนี้ได้มาจากขั้นตอนทดสอบที่เตรียมโดยผู้เขียนบทความ)

Figure 1 Illustrations from scanning electron microscope (SEM) (4,000x) (a) show dentin surface after prepared with the diamond bur creating smear layer and cutting debris and (b) a fracture dentin showing the opening up of dentinal tubules and free of smear layer. (These images were taken from specimens prepared by the authors)

กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Glass-ionomer cement)

ในปี ค.ศ. 1972 Wilson และ Kent¹² ได้เผยแพร่ซีเมนต์ชนิดใหม่ที่เรียกว่า กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์หรือกลาสส์ฟลูออโรอัลคิโนเอต โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ได้วัสดุตามอุดมคติคือ มีสมบัติทางกายภาพที่คล้ายคลึงกับโครงสร้างของฟันธรรมชาติสามารถยึดติดได้ดีกับผิว

เคลือบฟันและเนื้อฟัน อีกทั้งยังต้านทานต่อการเสื่อมสลายเมื่ออยู่ในช่องปาก¹³ วัสดุกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม (conventional glass-ionomer cement) ประกอบด้วยส่วนผสมคือ แคลเซียมฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกตกลาสส์ (calcium fluoroaluminosilicate glass) และส่วนเหลวคือ กรดพอลิอัลคิโนอิกหรือกรดพอลิคาร์บอกซิลิก



รูปที่ 2 (a) สูตรโครงสร้างทางเคมีของกรดอะคริลิก กรดอิทาโคนิก และกรดมาเลอิก (b) สูตรโครงสร้างทางเคมีของกรดพอลิอัลคิโนอิก หรือโคพอลิเมอร์ของกรดอะคริลิก กรดอิทาโคนิก และกรดมาเลอิก และ (c) สูตรโครงสร้างทางเคมีของกรดพอลิอัลคิโนอิก หรือพอลิเมอร์ของกรดอะคริลิก

Figure 2 (a) chemical structure of acrylic acid, itaconic acid and maleic acid, (b) chemical structure of polyalkenoic acid or copolymer of acrylic acid, itaconic acid and maleic acid, and (c) chemical structure of polyalkenoic acid or polymer of acrylic acid

(polycarboxylic acid) สาเหตุที่เรียกว่าเป็นกรดพอลิอัลคิโนอิกเพราะเป็นสายโซ่พอลิเมอร์ของกรดที่เกิดจากหน่วยย่อย (repeating unit) ที่มีหมู่คาร์บอกซิลและมีพันธะคู่อยู่ระหว่างธาตุคาร์บอนกับคาร์บอน ($C=C$) อยู่ในโครงสร้างนั่นเอง โดยเรียกกรดที่มีหมู่คาร์บอกซิลนี้ว่ากรดคาร์บอกซิลิก ตัวอย่างของกรดชนิดนี้ได้แก่ กรดอะคริลิก (acrylic acid) กรดอิทาโคนิก (itaconic acid) และกรดมาเลอิก (maleic acid) เป็นต้น ดังรูปที่ 2a เมื่อกรดคาร์บอกซิลิกที่มีโครงสร้างของพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอนเกิดพอลิเมอร์ (polymerization) จะเรียกพอลิเมอร์ของกรดดังกล่าวว่า กรดพอลิอัลคิโนอิก ดังรูปที่ 2b และ 2c ดังนั้นกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์จึงเป็นชื่อที่บ่งบอกถึงการผสมกันระหว่างผงแก้วกับไอโอโนเมอร์ (ionomer) โดยคำว่าไอโอโนเมอร์ หมายถึง สายโซ่โมเลกุลพอลิเมอร์ที่มีประจุไม่ว่าจะเป็นบวกหรือลบอยู่บนสายโซ่ซึ่งไอโอโนเมอร์อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า พอลิอิเล็กโทรไลต์ (polyelectrolyte) ก็ได้ แม้กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมจะมีสมบัติที่โดดเด่นดังที่กล่าวมาข้างต้น แต่ก็ยังมีข้อด้อยที่สำคัญคือความแข็งแรง (strength) และการทนความเค้น (toughness) ต่ำ ต่อมาได้มีการพัฒนา กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ในหลากหลายรูปแบบ เช่น วัสดุไฮบริด (hybrid material) หรือกลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปรด้วยเรซิน (resin modified glass-ionomer cement) โดยการผสมเรซินชนิดมอนอเมอร์ที่เข้ากับน้ำได้ (hydrophilic monomer) ลงไป เช่น ไฮดร็อกซีเอทิลเมทาคริเลตหรือฮีมา (hydroxyethyl methacrylate, HEMA) เพื่อเพิ่มสมบัติทางกายภาพและทางกลของวัสดุ เช่น เพิ่มความต้านทานการแตกหัก (fracture resistance) เพิ่มความต้านทานต่อความล้า (fatigue resistance) และมีการละลาย (solubility) ต่ำ หรือปรับปรุงโดยการเติมโลหะเจือ เช่น ผสมอะมัลกัมลงไปในส่วนผง เรียกว่าซิลเวอร์อัลลอยแอดมิกซ์ (silver alloy admix) หรือมีการเผาผลึก (sintering) ระหว่างแคลเซียมฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกตกลาสส์กับโลหะเงิน เรียกว่า เซอร์เมท

ซีเมนต์ (cermet cement) ซึ่งเป็นการรวมคุณสมบัติของวัสดุสองชนิดคือ เซรามิก (ceramic) และโลหะ (metal) เข้าไว้ด้วยกัน เป็นต้น¹⁴

ปฏิกิริยาการก่อตัว (Setting reaction)

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมมีการก่อตัวแบบปฏิกิริยากรด-ด่าง (acid-base reaction) โดยกรดพอลิอัลคิโนอิกเมื่อสัมผัสกับผิวของแคลเซียมฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกตกลาสส์ทำให้ผิวของกลาสส์ดังกล่าวปลดปล่อยอนุภาคของแคลเซียม อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ และฟลูออรีนออกมาโดยเริ่มต้นแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอกซิลในกรด เกิดลักษณะโครงสร้างเชื่อมขวางขึ้นในช่วงแรก จากนั้นอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์จะเข้าช่วยการเชื่อมขวางหลังจาก 24 ชั่วโมงผ่านไป¹³ การเชื่อมขวางจะทำให้เกิดชั้นเมทริกซ์ (matrix) ซึ่งเป็นเกลือของไฮดรตแคลเซียมและอะลูมิเนียมพอลิซอลท์ (hydrated calcium and aluminum polysalt)¹⁵ ส่วนอนุภาคไฮดรอกไซด์และฟลูออรีนยังคงกระจายตัวอยู่ในชั้นเมทริกซ์ ส่วนผิวของแก้วที่ถูกกัดด้วยกรดจะเกิดโครงสร้างใหม่ที่เรียกว่า ซิลิกาเจล (silica gel) ซึ่งจะเป็นแหล่งกักเก็บและปลดปล่อยแร่ธาตุต่อไปในอนาคต ดังนั้นลักษณะทางกายภาพเมื่อกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมก่อตัวประกอบไปด้วย แก้วที่ถูกล้อมรอบด้วยซิลิกาเจลฝังตัวอยู่ในส่วนของเมทริกซ์ซึ่งเป็นไฮดรตแคลเซียมและอะลูมิเนียมพอลิซอลท์ ส่วนของกลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินจะมีการก่อตัวด้วยปฏิกิริยากรด-ด่างและการเกิดพอลิเมอร์ของเรซินมอนอเมอร์ร่วมด้วย¹⁴

การยึดติดทางเคมีของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์กับโครงสร้างฟัน (Chemical bonding of glass-ionomer cement to tooth structure)

หมู่คาร์บอกซิลของกรดพอลิอัลคิโนอิกในกลาสไอโอโนเมอร์ที่ผสมเสร็จใหม่ สามารถเกิดพันธะไอออนิกกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์

บนผิวฟันได้ โดยการพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์โฟโตอิเล็กตรอนสเปกโทรสโกปี หรือ เอ็กซ์พีเอส (X-ray Photoelectron Spectroscopy, XPS) ซึ่งเครื่องมือนี้ใช้วิเคราะห์ข้อมูลอันเป็นสมบัติทางเคมีที่ระดับพื้นผิวของวัสดุ เช่น ชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ โครงสร้างทางเคมี และชนิดของพันธะทางเคมี

Yoshida และคณะ¹⁶ ศึกษาโดยใช้ 1. ผิวเคลือบฟันของมนุษย์ที่ขัดให้เกิดรอยหยาบด้วยกระดาษทรายแล้วทำความสะอาดด้วยเครื่องคลื่นความถี่สูง (ultrasonic) และ 2. ไฮดรอกซีอะพาไทต์ชนิดสังเคราะห์ (synthetic hydroxyapatite) จากนั้นเตรียมกรดพอลิอัลคิโนอิกซึ่งเป็นโคพอลิเมอร์ระหว่างกรดอะคริลิกและกรดมาเลอิก แล้วฉาบสารละลายกรดนี้ลงบนผิวเคลือบฟันและไฮดรอกซีอะพาไทต์สังเคราะห์ กำจัดกรดพอลิอัลคิโนอิกออกจากผิวหน้าของชิ้นทดสอบด้วยเครื่องทำความสะอาดคลื่นความถี่สูง จากนั้นวิเคราะห์ชิ้นทดสอบด้วยเครื่องเอ็กซ์พีเอส จากสเปกตรัมที่ได้สามารถสรุปได้ว่ากรดพอลิอัลคิโนอิกสามารถเกิดการยึดติดได้กับผิวชิ้นทดสอบ ซึ่งการยึดติดกล่าวมาไม่สามารถถูกกำจัดออกด้วยเครื่องทำความสะอาดคลื่นความถี่สูง รวมถึงพบว่าหมู่คาร์บอกซิลที่อยู่บนสายโซ่ของพอลิอัลคิโนอิกสามารถเกิดพันธะเคมีกับแคลเซียมไอออนของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ได้ทั้งในฟันธรรมชาติและในชนิดสังเคราะห์ขึ้น

Fukuda และคณะ¹⁷ ศึกษาประสิทธิภาพของการเกิดพันธะไอออนิกระหว่างหมู่คาร์บอกซิลและแคลเซียมไอออนของกรดพอลิอัลคิโนอิกสองชนิด คือ 1. ชนิดที่เป็นไฮโปพอลิเมอร์ของกรดอะคริลิก และ 2. ชนิดที่เป็นโคพอลิเมอร์ระหว่างกรดอะคริลิกและกรดมาเลอิก โดยฉาบสารละลายของกรดลงบนไฮดรอกซีอะพาไทต์สังเคราะห์และวิเคราะห์ด้วยเครื่องเอ็กซ์พีเอส คล้ายกับการศึกษาของ Yoshida และคณะที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าการเกิดพันธะเคมีของกรดพอลิอะคริลิกมีประสิทธิภาพที่ดีน้อยกว่าโคพอลิเมอร์ของกรดอะคริลิกและกรดมาเลอิก จึงสรุปได้ว่าโครงสร้างโมเลกุล (molecular structure)

ของกรดพอลิอัลคิโนอิกมีผลต่อการเกิดพันธะเคมีระหว่างหมู่คาร์บอกซิลและแคลเซียมไอออนของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์

จากที่กล่าวมาเป็นสิ่งยืนยันได้ว่ากรดพอลิอัลคิโนอิกซึ่งเป็นส่วนเหลวของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์สามารถเกิดพันธะเคมีกับฟันธรรมชาติได้ ดังนั้นการทำผิวฟันให้สะอาดปราศจากสิ่งปนเปื้อนและการมีแคลเซียมไอออนบนผิวฟันที่พร้อมจะเกิดพันธะเคมีกับหมู่คาร์บอกซิลของกรดพอลิอัลคิโนอิกได้ จึงเป็นจุดมุ่งหมายของการบูรณะฟันด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

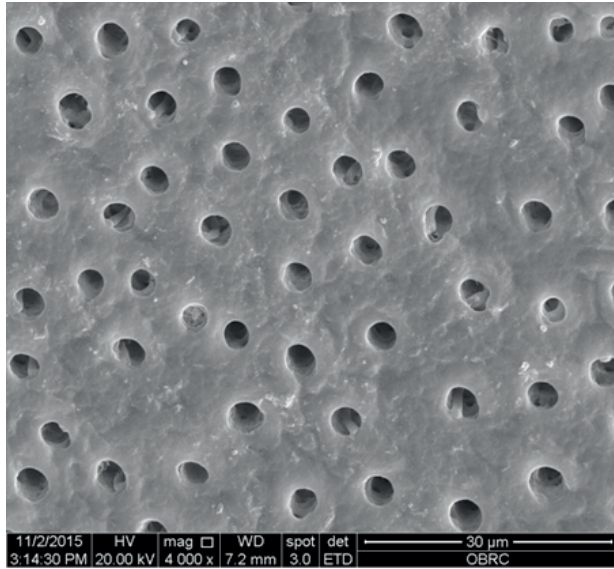
สารปรับสภาพผิวเนื้อฟันสำหรับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Dentin conditioning agents for glass-ionomer cement)

สารปรับสภาพผิวเนื้อฟันสำหรับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นสารเคมีที่ใช้ทาที่ผิวฟันก่อนการบูรณะด้วยวัสดุกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ อาทิเช่น เป็นการทำความสะอาดผิวฟัน กำจัด (remove) หรือดัดแปร (modified) ชั้นสเมียร์ ทำให้ผิวฟันเกิดการสูญเสียแร่ธาตุบางส่วน (partial demineralization) เพื่อสร้างพันธะเคมีกับผิวฟันและยังหวังผลให้เพิ่มแรงยึดระหว่างผิวฟันกับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์อีกด้วย โดยสารเคมีดังกล่าวมีหลายชนิด ได้แก่

1. กรดซิตริก (citric acid)

กรดชนิดนี้อยู่ในกลุ่มอินทรีย์ชนิดกรดอ่อน มีสูตรโครงสร้างเคมีเป็น $C_6H_8O_8$ การปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดชนิดนี้เพื่อต้องการกำจัดสิ่งสกปรกที่พื้นผิวฟัน กำจัดชั้นสเมียร์ และละลายแร่ธาตุที่ผิวฟัน รูปที่ 3 เป็นผิวเนื้อฟันที่ถูกปรับสภาพผิวด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 50 เป็นเวลา 5 วินาทีแล้วล้างน้ำออกพบว่า ไม่มีชั้นสเมียร์ท่อนเนื้อฟันถูกเปิดออก และพื้นผิวระหว่างท่อนเนื้อฟัน (intertubular dentin) มีลักษณะเรียบ

กรดซิตริกเป็นสารเคมีชนิดแรก ๆ ที่นำมาศึกษาในการปรับสภาพผิวฟัน โดย Hotz และคณะ¹⁸ ศึกษา



รูปที่ 3 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (4,000x) แสดงผิวเนื้อฟัน ที่ปรับสภาพผิวด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 50 เป็นเวลา 5 วินาทีแล้วล้างน้ำออก (ภาพนี้ได้มาจากชิ้นทดสอบที่เตรียมโดยผู้เขียนบทความ)

Figure 3 Illustration from SEM (4,000x) shows dentin surface after treated with 50 % citric acid for 5 seconds and water rinse. (This image was taken from specimens prepared by the authors)

ค่าแรงยึดติดระหว่างกลาสส์ไอโอโนเมอร์กับผิวเคลือบฟัน และผิวเนื้อฟันโดยปรับสภาพผิวฟันด้วยสารต่าง ๆ เช่น กรดฟอสฟอริก ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และกรดซิตริก เป็นต้น ผลการทดลองพบว่าการใช้กรดซิตริกปรับสภาพผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันให้ค่าแรงยึดที่สูงกว่าการใช้สารเคมีชนิดอื่น ๆ แต่ในปีเดียวกัน Prodder¹⁹ ทำการศึกษาผิวเนื้อฟันที่ปรับสภาพด้วยกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยทิ้งไว้ 30 วินาทีแล้วล้างน้ำออก จากนั้นยึดติดกับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ และพบว่ากลุ่มที่เนื้อฟันไม่ถูกและถูกปรับสภาพด้วยกรดซิตริกมีค่าแรงยึดติดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับ Hood และคณะ²⁰ และ Lacefield และคณะ²¹ ที่พบว่าการใช้กรดซิตริกเพื่อปรับสภาพผิวเนื้อฟันไม่สามารถเพิ่มค่าแรงยึดระหว่างเนื้อฟันกับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ได้

2. สารละลายของแร่ธาตุ (mineralizing solution)

เริ่มต้นโดย Levine และคณะ²² ได้แนวความคิดจากงานวิจัยของ Beech^{23, 24} ที่พบว่าหมู่คาร์บอกซิลของกรดพอลิอะคริลิกสามารถเกิดพันธะเคมีกับแคลเซียมไอออนที่ผิวเคลือบฟันได้ โดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมืออินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (infrared spectroscopy)

และยังพบว่าการใช้สารละลายของแร่ธาตุเพื่อเพิ่มปริมาณของแคลเซียมไอออนที่ผิวเนื้อฟันจะทำให้ค่าแรงยึดติดของพอลิคาร์บอกซิเลตซีเมนต์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเนื่องด้วยทั้งกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ และพอลิคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ต่างมีองค์ประกอบของเหลวเป็นกรดพอลิคาร์บอกซิลิกเหมือนกัน ดังนั้น Levine จึงใช้สารละลายของแร่ธาตุ ซึ่งภายหลังถูกเรียกว่า สารละลาย Levine solution ที่เตรียมจากโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (potassium dihydrogen phosphate) แคลเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟตดีไฮเดรต (calcium hydrogen phosphate dehydrate) และไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตที่มีฟลูออไรด์ 2,000 พีพีเอ็ม (disodium hydrogen phosphate contained fluoride ion) ทาที่ผิวเนื้อฟัน ทิ้งไว้ 3 นาที ก่อนยึดด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ แล้ววัดค่าแรงยึดเหนี่ยวพบว่าค่าแรงยึดของกลุ่มเนื้อฟันที่ไม่ได้ทาและทาด้วยสารละลายของแร่ธาตุมีค่าเท่ากับ 2.38 และ 14.87 เมกะพาสคาลตามลำดับ สรุปได้ว่าการทาด้วยสารละลายของแร่ธาตุตามสูตรของ Levine สามารถเพิ่มค่าแรงยึดติดให้มีความสูงขึ้นประมาณ 6 เท่า

Causton และ Johnson²⁵ ทำการศึกษาชนิดและปริมาณของไอออนที่ทาที่ผิวของเนื้อฟันต่อค่าแรงยึด

ของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์โดยใช้สารละลายของธาตุ ดังนี้ 1. โซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.01 0.1 และ 1.0 2. สารละลายอิ่มตัวของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (saturated calcium hydroxide) 3. แคลเซียมคลอไรด์ 1 โมล 4. อะลูมิเนียมไนเตรด 1 โมล 5. แมกนีเซียมซัลเฟต 1 โมล 6. สแตนนัสคลอไรด์ 1 โมล โดยมีกลุ่มที่เนื้อฟัน ไม่ได้รับการทาด้วยสารใด ๆ เป็นกลุ่มควบคุม ผลการศึกษา พบว่า โซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 สารละลาย อิ่มตัวของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมคลอไรด์ 1 โมล และอะลูมิเนียมไนเตรด 1 โมล ทำให้ค่ากำลังแรงยึดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่โซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้น ร้อยละ 1.0 และแมกนีเซียมซัลเฟต 1 โมล กลับทำให้ค่า กำลังแรงยึดลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม จากงานวิจัยนี้มีจุดที่น่าสนใจคือการใช้สารเคมีชนิด เดียวกันแต่ความเข้มข้นต่างกัน เช่น โซเดียมฟลูออไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 กับความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มีผล ต่อค่าแรงยึดติดของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์แบบเพิ่ม และลด โดย Causton และ Johnson²⁵ ได้อธิบายว่าเมื่อ โซเดียมฟลูออไรด์มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นแต่ค่ากำลังแรงยึด ของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์กลับมีค่าลดลง อาจเป็น เพราะฟลูออไรด์ไอออนที่มีมากและแพร่ผ่านเข้าไปที่ชั้น ของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่อยู่ติดกับเนื้อฟันนั้น ทำให้วัสดุชั้นนี้เกิดความอ่อนแอ เนื่องด้วยฟลูออไรด์ ไอออนจะไปจับกับแคลเซียมไอออนและอะลูมิเนียม ไอออนเกิดเป็นโครงสร้างเชิงซ้อน (complex bodies)²⁶ ทำให้ปริมาณของแคลเซียมไอออนและอะลูมิเนียมไอออน ที่จะไปทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมขวางระหว่างสายโซ่พอลิ อลคีนไนอิกลดลงไปด้วย ดังนั้นโครงสร้างเมทริกซ์ของ ซีเมนต์ที่ก่อตัวแล้วจึงไม่แข็งแรงเท่าที่ควร และจากผลการ ศึกษาครั้งนี้จึงนำไปสู่ขั้นตอนการปฏิบัติทางคลินิกที่ห้าม ขัดผิวฟันด้วยผงขัดฟิสิสที่ผสมสารฟลูออไรด์ก่อนการ บูรณะด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์นั่นเอง

Causton และ Johnson²⁷ ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมเรื่องการใช้สารละลายของแร่ธาตุเพื่อเพิ่มค่าแรงยึด

ติดระหว่างผิวเนื้อฟันและกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ โดย การผลิตสารละลายของแร่ธาตุที่เรียกว่า ไอทีเอส (ITS) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาการสัมผัสของ สารละลายที่ผิวเนื้อฟัน และสารละลายที่ผลิตขึ้นมีอายุ การเก็บได้นานเป็นปีโดยไม่จำเป็นต้องผสมขึ้นใหม่ทุกครั้ง ที่ใช้งาน จากผลการศึกษาพบว่าสารไอทีเอสที่เก็บไว้นาน ถึง 18 เดือน ทาที่เนื้อฟันและทิ้งไว้เพียงแค่ 2 นาที สามารถเพิ่มค่าแรงยึดติดของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ได้อย่างมีนัยสำคัญ

3. กรดพอลิอะคริลิก (polyacrylic acid)

กรดอะคริลิกเป็นกรดที่มีหมู่คาร์บอกซิลใน โครงสร้างโมเลกุล โดยมีสูตรโครงสร้างทางเคมีคือ $C_3H_4O_2$ กรดอะคริลิกเป็นสารตั้งต้นในการผลิตกรดพอลิอะคริลิก โดยกระบวนการเกิดพอลิเมอร์แบบตกตะกอน (pre- cipitation polymerization) กรดพอลิอะคริลิกซึ่งเป็น กรดอ่อนมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 8,000 - 15,000 ถูก นำมาเป็นส่วนประกอบหลักในส่วนเหลวของกลาสส์ไอโอ โนเมอร์ซีเมนต์²⁵ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยากัด-ต่างกับผง แคลเซียมฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกตกลาสส์ มีการศึกษา พบว่าการปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดพอลิอะคริลิกก่อนการ บูรณะด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์สามารถเพิ่มค่าแรง ยึดระหว่างวัสดุกับผิวฟันได้²⁸ Van Meerbeek และคณะ²⁹ ให้เหตุผล 3 ข้อที่ปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดพอลิอะคริลิก คือ 1. เป็นการทำความสะอาดผิวฟันและกำจัดชั้นสเมียร์ 2. เป็นการสูญเสียแร่ธาตุ (demineralization) ที่ พื้นผิวฟันทำให้เกิดความขรุขระและเพิ่มพื้นที่ผิวระดับ จุลภาคซึ่งส่งเสริมให้เกิดการยึดเชิงกลระดับจุลภาค (micromechanical interlocking) 3. กรดพอลิอะคริลิก สามารถเกิดพันธะเคมีกับบล็อกไฮดรอกซีอะพาไทต์ ที่เหลือได้^{5,6}

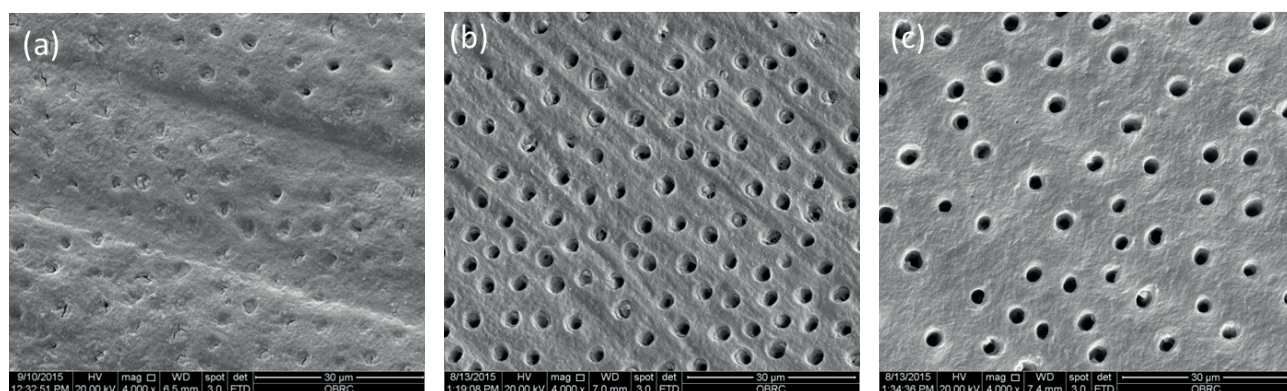
Powis และคณะ³⁰ เป็นกลุ่มแรกที่เสนอการใช้ กรดพอลิอะคริลิกเพื่อปรับสภาพผิวฟันสำหรับยึดติดด้วย กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ และกรดชนิดนี้ก็ได้รับความ

นิยมอย่างกว้างขวางในเวลาต่อมากรดพอลิอะคริลิกเป็นสายโซ่พอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิลหลายหมู่ ซึ่งกรดนี้สามารถละลายชั้นสเมียร์ กำจัดผิวปนเปื้อน (surface contaminants)³¹ และละลายแร่ธาตุบางส่วนที่ผิวฟัน ซึ่งพื้นผิวฟันที่ถูกปรับสภาพด้วยกรดชนิดนี้ ทำให้เกิดการไหลผ่านและเกิดการแทรกซึมของมอนอเมอร์ได้ดี³² เช่น มอนอเมอร์ที่อยู่ในกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปรด้วยเรซิน นอกจากนี้สารละลายกรดพอลิอะคริลิกที่ใช้ปรับสภาพนั้นเป็นสารชนิดเดียวกันกับส่วนเหลวของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ดังนั้นสารละลายกรดพอลิอะคริลิกที่ตกค้างหลังจากการล้างน้ำออก ไม่น่าจะมีผลต่อการก่อตัวของซีเมนต์และกรดชนิดนี้สามารถเพิ่มค่ากำลังยึดระหว่างผิวฟันกับวัสดุกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ได้

จากหลายการศึกษา^{33, 34} พบว่าการใช้สารละลายกรดพอลิอะคริลิกความเข้มข้นร้อยละ 10 ทาที่เนื้อฟันเป็นเวลา 20 วินาที แล้วล้างน้ำ จากนั้นยัดด้วยฟูจิฟูแอลซี (Fuji II LC, GC Corporation) ซึ่งเป็นกลาสส์ไอโอโนเมอร์

ชนิดดัดแปรด้วยเรซิน ให้ค่ากำลังแรงยึดสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ทำการปรับสภาพผิวอย่างมีนัยสำคัญ Pereira และคณะ³⁵ รายงานการเกิดเรซินแท็ก (resin tag) และโครงสร้างที่คล้ายชั้นไฮบริด (hybrid like layer) จากการปรับสภาพผิวฟันด้วยสารละลายกรดพอลิอะคริลิกและยัดด้วยฟูจิฟูแอลซี ขณะที่ Terata และคณะ³⁶ พบว่าสารละลายกรดพอลิอะคริลิกความเข้มข้นร้อยละ 10 ไม่ได้ช่วยให้ค่ากำลังแรงยึดของฟูจิฟูแอลซีสูงขึ้น ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะแต่ละการศึกษามีวิธีการที่ต่างกันไป เช่น การใช้ฟันมนุษย์และฟันวัว วิธีทดสอบแบบดึงและเฉือน และระยะเวลาการเก็บชิ้นตัวอย่างก่อนนำไปหาค่าแรงยึด เป็นต้น

Long และคณะ³⁷ ทำการศึกษาค้นคว้าผลของการปรับสภาพผิวเนื้อฟัน โดยใช้กรดพอลิอะคริลิกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แก่ ร้อยละ 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 ซึ่งทาและปล่อยให้แห้งเป็นเวลา 30 วินาที แล้วล้างน้ำออก พบว่ากรดพอลิอะคริลิกเข้มข้น ร้อยละ 35 ให้ค่าแรง



รูปที่ 4 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (4,000x) แสดงผิวเนื้อฟันที่ปรับสภาพผิวด้วยกรดพอลิอะคริลิก (a) ความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 10 วินาที (b) ความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 20 วินาที (c) ความเข้มข้นร้อยละ 35 เป็นเวลา 20 วินาที จากนั้นนำไปล้างน้ำออก (ภาพนี้ได้มาจากขั้นตอนทดสอบที่เตรียมโดยผู้เขียนบทความ)

Figure 4 Illustrations from SEM (4,000x) show dentin surface after treated with polyacrylic acid (a) concentration 10 % for 10 seconds, (b) concentration 10 % for 20 seconds (c) / concentration 35 % for 20 seconds and water rinse. (These images were taken from specimens prepared by the authors)

ยึดติดของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์สูงสุดคือ 3.89 เมกะพาสคาล และสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ทำสารปรับสภาพผิวคือ 2.79 เมกะพาสคาล อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ Berry และคณะ³⁸ ทำการศึกษาลักษณะพื้นผิวของเนื้อฟันหลังปรับสภาพด้วยสารเคมีต่าง ๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบว่าการใช้กรดพลีอะคริลิกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 40 ทาทิ้งไว้ 5 วินาที แล้วล้างออกด้วยน้ำ จะให้ลักษณะผิวเนื้อฟันที่เหมาะสมสำหรับยึดกับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ และถึงแม้ว่าการศึกษาของกรดพลีอะคริลิกที่ใช้สำหรับการปรับสภาพผิวเนื้อฟันจะให้ผลที่ขัดแย้งกัน แต่อย่างไรก็ตามสารชนิดนี้ก็ยังเป็นที่นิยมใช้อยู่ เนื่องจากสามารถกำจัดชั้นสเมียร์ออกจากผิวหน้าของเนื้อฟันได้โดยไม่ทำให้รูของท่อเนื้อฟันเปิดออก หากใช้ความเข้มข้นและระยะเวลาการทาที่เหมาะสม จากรูปที่ 4a ภาพของเนื้อฟันที่ถูกปรับสภาพผิวด้วยกรดพลีอะคริลิกความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 10 วินาทีแล้วล้างน้ำออก ซึ่งยังพบชั้นสเมียร์ปกคลุมอยู่ แต่เมื่อเพิ่มเวลาปรับสภาพผิวเป็น 20 วินาที ดังรูปที่ 4b พบว่าชั้นสเมียร์ถูกกำจัดไปบางส่วนและพบก้อนสเมียร์ (smear plug) บริเวณท่อเนื้อฟัน รูปที่ 4c เป็นการปรับสภาพผิวเนื้อฟันด้วยกรดพลีอะคริลิกความเข้มข้นร้อยละ 35 เป็นเวลา 20 วินาทีแล้วล้างน้ำออก จะไม่พบชั้นสเมียร์และพบว่ารูท่อเนื้อฟันถูกเปิดออกหมด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของกรดและเวลาในการปรับสภาพผิวมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงผิวของเนื้อฟัน

โดยค่ากำลังแรงยึดติดที่เพิ่มขึ้นหลังจากการทาด้วยสารละลายกรดพลีอะคริลิกสามารถอธิบายได้ว่ากรดชนิดนี้สามารถทำความสะอาดพื้นผิวของเนื้อฟันโดยการกำจัดเศษเนื้อฟันที่เกิดจากการตัดแต่งและกรดยังทำหน้าที่ละลายสารอินทรีย์บางส่วนที่ผิวเนื้อฟันออกไปทำให้เกิดรูพรุนระดับจุลภาคและเพิ่มพื้นที่ผิว³⁹ Yoshida และคณะ¹⁶ พิสูจน์การเกิดพันธะไอออนิกระหว่างกรดพอลิอัลคีนอิกกับฟลักไฮดรอกซีอะพาไทต์ โดยใช้เครื่องมือเอ็กซ์พีเอส พบว่าร้อยละ 67.5 ของหมู่คาร์บอกซิลที่อยู่

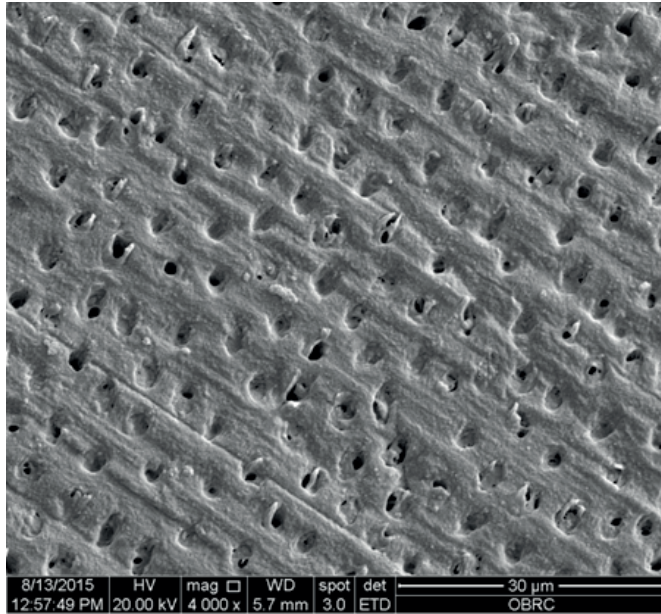
บนสายโซ่ของพอลิอัลคีนอิกสามารถเกิดพันธะเคมีกับแคลเซียมไอออนของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ได้ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเรื่องการรั่วซึม พบว่าการปรับสภาพผิวเนื้อฟันด้วยสารละลายกรดพลีอะคริลิก ช่วยลดการรั่วซึมตามขอบของวัสดุกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ได้⁴⁰⁻⁴⁴

4. สารอีดีทีเอ (EDTA; Ethylenediamine tetraacetic acid)

สารอีดีทีเอเป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในการรักษาคลองรากฟันโดยมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ กำจัดชั้นสเมียร์ที่ผนังคลองราก โดยสารอีดีทีเอเป็นสารคีเลต (chelate) ที่สามารถจับกับแคลเซียมไอออนที่ผิวฟันเกิดเป็นสารประกอบที่เรียกว่า แคลเซียมคีเลต (calcium chelate)⁴⁵ จากรูปที่ 5 แสดงการปรับสภาพผิวเนื้อฟันด้วยสารละลายอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 เป็นเวลา 20 วินาที แล้วล้างน้ำออก พบว่าชั้นสเมียร์ถูกกำจัดออกบางส่วน มีก้อนสเมียร์ปิดท่อเนื้อฟันอยู่ทั่วไป

Powis และคณะ³⁰ ศึกษาการปรับสภาพผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันด้วยสารละลายความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 15 ของอีดีทีเอ จากนั้นยึดด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ พบว่าสารละลายอีดีทีเอทั้ง 2 ความเข้มข้นสามารถเพิ่มค่าแรงยึดระหว่างผิวเคลือบฟันกับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ แต่กลับทำให้แรงยึดระหว่างผิวเนื้อฟันกับกลาสส์ไอโอโนเมอร์มีค่าลดลง ซึ่งแตกต่างจากการปรับสภาพผิวด้วยกรดพลีอะคริลิกที่สามารถเพิ่มค่าแรงยึดทั้งในส่วนเคลือบฟันและเนื้อฟัน

Ayad และคณะ⁴⁶ ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด เพื่อเปรียบเทียบระหว่างการอุดด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตกับวัสดุกลาสส์ไอโอโนเมอร์หลังปรับสภาพผิวเนื้อฟันส่วนรากด้วยสารอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 15 พบว่าการบูรณะด้วยสารยึดติด (bonding agent) และเรซินคอมโพสิตสามารถพบชั้นเรซินแท้ที่ผิวเนื้อฟันได้อย่างสมบูรณ์ในทางตรงข้ามเมื่อปรับสภาพผิวเนื้อฟันด้วยสารอีดีทีเอแล้วอุดด้วยกลาสส์



รูปที่ 5 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (4,000x) แสดงผิวเนื้อฟันที่ปรับสภาพผิวด้วยอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 เป็นเวลา 20 วินาทีแล้วล้างน้ำออก (ภาพนี้ได้มาจากชิ้นทดสอบที่เตรียมโดยผู้เขียนบทความ)

Figure 5 Illustration from SEM (4,000x) shows dentin surface after treated with 17 % EDTA for 20 seconds and water rinse. (This image was taken from specimens prepared by the authors)

ไอโอโนเมอร์จะไม่พบเรซินแท้ก็ โดยผู้วิจัยให้เหตุผลว่าการปรับสภาพผิวด้วยสารอีดีทีเอทำให้ลดการสัมผัสโดยตรง (loss of direct contact) ระหว่างกลาสส์ไอโอโนเมอร์กับผิวฟัน ซึ่งส่งผลต่อกระบวนการแลกเปลี่ยนประจุของวัสดุกับผิวฟัน

Fagundes และคณะ⁴⁷ ศึกษาค่ากำลังแรงดึงระหว่างกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินกับเนื้อฟันที่ปรับสภาพผิวด้วยสารละลายอีดีทีเอที่ระดับความเข้มข้น 0.1 โมล ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.4 โดยทาทิ้งไว้ 1 นาทีแล้วล้างน้ำออก จากนั้นแช่ชิ้นทดสอบไว้ในน้ำกลั่น เป็นเวลา 24 ชั่วโมงและ 3 เดือน ผลการทดลองพบว่าทั้งสองช่วงเวลาของการแช่ชิ้นทดสอบเนื้อฟันที่ปรับสภาพผิวด้วยสารละลายอีดีทีเอให้ค่ากำลังแรงดึงสูงกว่าเนื้อฟันที่ปรับสภาพผิวด้วยสารที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผู้วิจัยให้เหตุผลว่าการปรับสภาพผิวฟันด้วยสารอีดีทีเอเป็นการกำจัดชั้นสเมียร์และก้อนสเมียร์ ส่งผลให้เพิ่มแรงยึดทางกลให้แก่กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินกับผิวเนื้อฟัน รวมถึงสารละลายอีดีทีเอยังไม่ทำให้โครงสร้างของเส้นใยคอลลาเจนเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือแร่ธาตุ

ที่อยู่รอบ ๆ เส้นใยคอลลาเจน (intrafibrillar mineral) ยังคงอยู่ และช่วยพยุงไม่ให้เส้นใยเกิดการพับตัว ดังนั้นพื้นผิวของเนื้อฟันยังคงมีแคลเซียมไอออนซึ่งพร้อมที่จะเกิดพันธะเคมีกับหมู่ฟังก์ชันของวัสดุบูรณะฟันได้นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังกล่าวว่าสารอีดีทีเอยังทำหน้าที่คล้ายเป็นสารยับยั้งเอนไซม์เมทริกเมทัลโลโปรตีนเนส (matrix metalloproteinases, MMPs) ซึ่งทำให้การปรับสภาพผิวด้วยสารอีดีทีเอสามารถป้องกันความเสื่อมของการยึดติดเมื่อกาลเวลาผ่านไปอีกด้วย

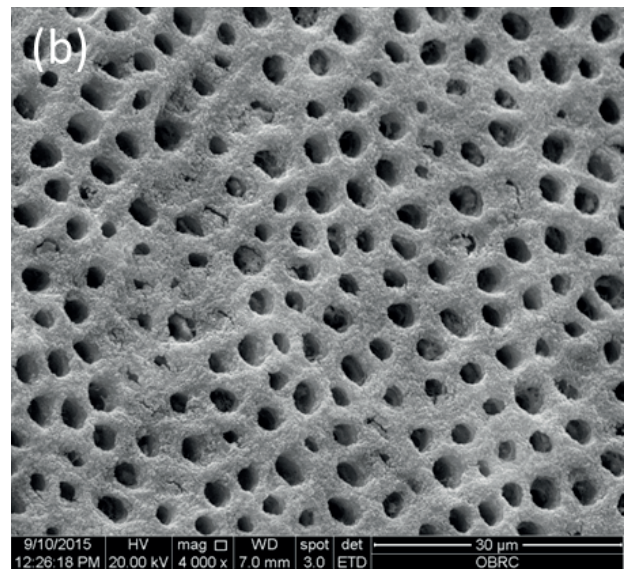
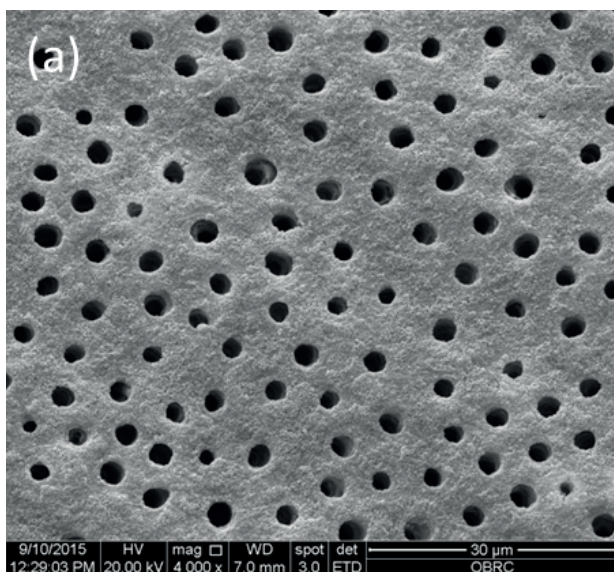
Imbery และคณะ⁴⁸ ศึกษาค่าความทนแรงเฉือนระหว่างกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินกับเนื้อฟันที่ปรับสภาพผิวด้วยสารละลายอีดีทีเอที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 17 โดยทาทิ้งไว้ 1 นาทีแล้วล้างน้ำออก จากนั้นเก็บชิ้นทดสอบไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วจึงแช่ต่อในน้ำกลั่นอีก 24 ชั่วโมง สำหรับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่เป็นผลิตภัณฑ์ของฟูจิบูแอลซีและคิแทคนาโน ผลการทดลองพบว่าเนื้อฟันที่ปรับสภาพผิวด้วยสารละลายอีดีทีเอให้ค่าความทนแรงเฉือนดิ่งสูงกว่าเนื้อฟันที่ปรับสภาพผิวด้วยสารที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5. กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid)

ปัจจุบันในงานทันตกรรมมีการใช้กรดฟอสฟอริก ที่ความเข้มข้นร้อยละ 27-40 อย่างแพร่หลายเพื่อปรับสภาพผิวก่อนการบูรณะฟันด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตในระบบเอทซ์แอนด์รีนส์ (etch and rinse) กรดฟอสฟอริก เป็นกรดแก่ ซึ่งมีสูตรโครงสร้างทางเคมีคือ H_3PO_4 เมื่อย้อนกลับไป ปี ค.ศ.1955 Buonocore⁴⁹ แสดงให้เห็นว่าการใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 85 ทาที่ผิวเคลือบฟันแล้วล้างน้ำออก ทำให้เกิดรูพรุนขนาดเล็ก ๆ ซึ่งสารเรซินที่เหลว ๆ สามารถไหลไปตามรูพรุนดังกล่าวได้ เมื่อเรซินบ่มตัวจะเกิดการยึดแน่นระหว่างผิวเคลือบฟันและวัสดุเรซิน อันเนื่องมาจากแรงยึดเชิงกลระดับจุลภาคนั่นเอง แต่การใช้กรดฟอสฟอริกในคลินิกเพื่อปรับสภาพผิวฟันเริ่มเป็นรูปธรรมมากขึ้นเมื่อ Bowen⁵⁰ ได้ใช้วัสดุบูรณะฟันชนิดเรซินคอมโพสิตซึ่งหนึ่งในองค์ประกอบหลัก

ก็คือ บิสฟีนอล ไกลซิดิล ไดเมทาคริเลต หรือบิส-จีเอ็มเอ (bisphenol glycidyl dimethacrylate, Bis-GMA) โดยทั้ง Buonocore และ Bowen ใช้กรดดังกล่าวปรับสภาพผิวฟันเพื่อวัตถุประสงค์ในการยึดติดของวัสดุด้วยแรงยึดเชิงกล

จากการศึกษาที่ผ่านมามีการใช้กรดฟอสฟอริกปรับสภาพผิวฟันก่อนการยึดติดด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์โดย Tay และคณะ⁵ และ Yap และคณะ⁵¹ แนะนำว่าการใช้กรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 37 ทาที่ผิวเนื้อฟัน 15 วินาที ทำให้แรงยึดติดของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมกับผิวเนื้อฟันมีค่าลดลง โดยผู้วิจัยให้เหตุผลว่าการปรับสภาพผิวด้วยกรดดังกล่าวทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุและปริมาณของแคลเซียมไอออนลดลง ส่งผลกระทบต่อการเกิดพันธะเคมีระหว่างวัสดุกับผิวเนื้อฟัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความแรงของกรดพบว่ากรดพอลิอะคริลิก



รูปที่ 6 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (4,000x) แสดงผิวเนื้อฟันที่ปรับสภาพผิวด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 เป็นเวลา (a) 5 และ (b) 10 วินาทีแล้วล้างน้ำออก (ภาพนี้ได้มาจากขั้นตอนทดสอบที่เตรียมโดยผู้เขียนบทความ)

Figure 6 Illustrations from SEM (4,000x) show dentin surface after treated with 37 % phosphoric acid for (a) 5 and (b) 10 seconds and water rinse. (These images was taken from specimens prepared by the authors)

เป็นกรดอ่อนเมื่อเทียบกับกรดฟอสฟอริก จากรูปที่ 6a ซึ่งใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 ทาที่ผิวเนื้อฟันเพียง 5 วินาทีแล้วล้างน้ำออกสามารถสังเกตเห็นได้ว่าชั้นสเมียร์ถูกกำจัดออกและยังทำให้รูท่อเนื้อฟันเปิดออกอย่างชัดเจน ขณะที่กรดพอลิอะคริลิกสามารถกำจัดชั้นสเมียร์ออกได้เช่นกันแต่ก่อนสเมียร์ที่ปิดรูท่อเนื้อฟันยังคงอยู่ สำหรับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ผลิตภัณฑ์ไรวา (Riva[®]) ที่ในคู่มือการใช้งานแนะนำให้ใช้กรดพอลิอะคริลิกความเข้มข้นร้อยละ 25 ถึง 30 หรือใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 อย่างใดอย่างหนึ่ง ทาที่เนื้อฟันเป็นเวลา 5 วินาทีแล้วล้างน้ำ เพื่อเป็นการปรับสภาพผิวเนื้อฟันก่อนสัมผัสกับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ซึ่งผู้เขียนได้ปรับสภาพผิวเนื้อฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 เป็นเวลา 5 และ 10 วินาทีตามลำดับ จากนั้นส่องด้วยจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด ได้ภาพดังรูปที่ 6a และ 6b โดยพบว่าชั้นสเมียร์ถูกกำจัดออกหมดไม่มีก่อนสเมียร์ปิดรูท่อเนื้อฟันและรูของท่อเนื้อฟันเปิดออกโดยทั่ว จากรูปเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการปรับสภาพผิวของสารต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะพบว่ากรดฟอสฟอริกมีความรุนแรงมากกว่ากรดพอลิอะคริลิกและอีดีทีเอ อย่างไรก็ตามค่าแรงยึดติดระหว่างกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์กับผิวเนื้อฟันที่ใช้กรดฟอสฟอริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 37 ทาเพียง 10 วินาที ยังไม่พบการรายงาน

เมื่อพิจารณาในส่วนของกลุ่มกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปรด้วยเรซิน EL-Askary และ Nassif⁴⁰ พบว่าการปรับสภาพผิวเนื้อฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 เป็นเวลา 15 วินาที หรือด้วยสารละลายอีดีทีเอเป็นเวลา 60 วินาที สามารถเพิ่มค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวเนื้อฟันกับกลุ่มคีแทกนาโน (Ketac Nano[®], 3M ESPE) ซึ่งเป็นกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินชนิดนาโนฟิลล์

Hamama และคณะ⁵² ศึกษาเปรียบเทียบค่าแรงยึดติดระดับจุลภาคของเนื้อฟันกับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปรด้วยเรซิน เมื่อปรับสภาพผิวเนื้อฟันด้วย

1. กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 เป็นเวลา 5 วินาที 2. กรดพอลิอะคริลิกความเข้มข้นร้อยละ 25-30 เป็นเวลา 10 วินาที 3. สารปรับสภาพผิวที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า พบว่าสารปรับสภาพผิวทั้ง 3 ชนิดให้ค่าแรงยึดติดระดับจุลภาคระหว่างเนื้อฟันกับวัสดุไม่แตกต่างกัน โดยผู้วิจัยได้อ้างอิงถึงการศึกษาของ Scheffel และคณะ⁵³ พบว่า เมื่อกรดฟอสฟอริกสัมผัสผิวเนื้อฟันเพียง 5 วินาที จะมีการละลายแร่ธาตุเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเทียบกับการสัมผัสของกรดที่นานขึ้น ดังนั้นปริมาณแคลเซียมไอออนที่หลงเหลืออยู่จึงสามารถเกิดพันธะไอออนิกกับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินได้

6. สารปรับสภาพผิวนิดอื่นๆ (other substances)

Powis และคณะ³⁰ ทำการปรับสภาพผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันก่อนยึดชิ้นงานโลหะด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ โดยสารที่ใช้ปรับสภาพผิวฟันที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีทั้งหมดหลายชนิด อาทิเช่น กรดซิตริก กรดพอลิอะคริลิก กรดแทนนิก (tannic acid) โดดีซิน (dodocin) โซเดียมฟลูออไรด์ และเฟอร์ริกคลอไรด์ (ferric chloride) เป็นต้น ผลการศึกษาพบว่า การปรับสภาพผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันด้วยโดดีซินความเข้มข้นร้อยละ 0.09 กรดแทนนิกความเข้มข้นร้อยละ 25 หรือ กรดพอลิอะคริลิกความเข้มข้นร้อยละ 25 ให้ค่ากำลังแรงยึดติดเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่าของกลุ่มที่ไม่มีการปรับสภาพผิว โดย Powis ให้ข้อสังเกตว่าสารเคมีทั้ง 3 ชนิดที่ทำให้ค่าแรงยึดติดที่เพิ่มขึ้นนั้น ต่างเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงและมีหมู่ฟังก์ชันหลายหมู่ในหนึ่งโมเลกุล (multifunctional group) ซึ่งหมู่ฟังก์ชันเหล่านี้สามารถเกิดพันธะเคมีกับโครงสร้างของฟันธรรมชาติได้ และจากการทดลองที่ใช้สารแทนนิกเข้มข้นร้อยละ 25 ทาที่ผิวเนื้อฟันแล้วล้างน้ำออกจากนั้นยึดชิ้นโลหะด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์แล้วแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ เก็บชิ้นทดสอบไว้ 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมงแล้วทำการวัดค่าแรงยึดติด ซึ่งได้ค่าเท่ากับ

6.32 เมกะพาสคาล และ 7.32 เมกะพาสคาล ตามลำดับ โดยมีรูปแบบของการแตกหักเป็นแบบการเชื่อมแน่นล้มเหลว (cohesive failure) หรือแตกในเนื้อของวัสดุเอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อเก็บขึ้นทดสอบไว้นาน วัสดุกลาสส์ไอโอโนเมอร์มีการก่อตัวที่สมบูรณ์มากขึ้น โดยส่วนของเมทริกซ์จะเกิดโครงสร้างของร่างแหของสายโซ่พอลิอัลคีนอีกเพิ่มขึ้นนั่นเอง นอกจากนี้ Powis ยังพบว่าการใช้โซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 3 ไม่ได้ทำให้ค่าแรงยึดติดลดลงเหมือนผลการศึกษาของ Causton และ Johnson²⁷

Beech และคณะ⁵⁴ รายงานค่าแรงยึดติดของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์กับผิวเนื้อฟันที่ไม่ได้ทาสารปรับสภาพผิวมีค่าเท่ากับ 2.2 เมกะพาสคาล แต่ในขณะที่เมื่อทดสอบกับผิวเคลือบฟันที่ไม่ได้รับการทาสารใดให้ค่าแรงยึดสูงถึง 4.5 เมกะพาสคาล รวมถึงยังพบว่าการใช้สารละลายต่าง ๆ อาทิเช่น สารละลายไฮโดรฟลูออริกของ Causton และ Johnson²⁷ ทา 2 นาที กรดแทนนิกความเข้มข้นร้อยละ 10 นาน 3 นาที กรดพอลิอะคริลิกความเข้มข้นร้อยละ 40 นาน 3 นาที และสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ นาน 5 นาที เป็นต้น เพื่อปรับสภาพผิวเนื้อฟัน ไม่ได้ช่วยทำให้ค่าแรงยึดติดสูงขึ้นแต่อย่างใด โดย Beech และคณะให้เหตุผลว่า กรดทาร์ทริกที่อยู่ในกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ อาจไปละลายชั้นผิวของเนื้อฟันและไปหักล้างผลของสารปรับสภาพผิวที่เกิดจากการทาสารเคมีที่กล่าวมา และยังอธิบายว่าสาเหตุที่ค่าแรงยึดติดของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ที่ผิวเคลือบฟันมีค่าสูงกว่าที่ผิวเนื้อฟัน โดยอ้างอิงตามความเชื่อของ Olio⁵⁵ ที่กล่าวว่า เป็นเพราะมีการดูดซึมน้ำจากเนื้อฟันเข้าสู่เนื้อของวัสดุ จึงทำให้เกิดความอ่อนแอที่บริเวณใกล้รอยต่อระหว่างกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์กับเนื้อฟัน

Prati และคณะ⁵⁶ ได้ศึกษาค่ากำลังแรงยึดระหว่างเนื้อฟันกับ วิทรีบอนด์ (Vitrebond™, 3M ESPE) ซึ่งเป็นกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปรด้วยเรซิน โดยปรับสภาพผิวเนื้อฟันด้วยสารละลายหลายชนิด อาทิเช่น น้ำเกลือ

โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite) กรดพอลิอะคริลิก กรดมาลิก (malic acid) กรดแทนนิก อิติทีเอ และไดโปแทสเซียมออกซาเลต (dipotassium oxalate) เป็นต้น โดยใช้สารละลายน้ำเกลือเป็นกลุ่มควบคุม ผลการศึกษาพบว่า การปรับสภาพผิวด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ และกรดพอลิอะคริลิกให้ค่ากำลังแรงยึดต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ขณะที่กลุ่มที่ปรับสภาพด้วยไดโปแทสเซียมออกซาเลตให้ค่ากำลังแรงยึดสูงสุด คือประมาณ 10.51 เมกะพาสคาล ซึ่งมากกว่ากลุ่มควบคุมที่มีค่าประมาณ 5.94 เมกะพาสคาล โดยผู้ทำวิจัยได้อธิบายว่าการทาสารละลายไดโปแทสเซียมออกซาเลตแล้วล้างน้ำออก ทำให้เกิดผลึกของแคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate crystals) ที่ผิวเนื้อฟัน⁵⁷ ซึ่งส่งผลให้พื้นผิวมีความเปียก (wettability) เหมาะสำหรับการไหลแผ่ของวิทรีบอนด์ และเนื่องด้วยโครงสร้างของออกซาเลตที่เป็นคาร์บอกซิล 2 หมู่ โดยคาร์บอกซิลหมู่หนึ่งจับกับแคลเซียม และอีกหมู่หนึ่งที่เหลือทำปฏิกิริยากับอนุภาคของฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกตกลาสส์ที่อยู่ในวิทรีบอนด์ได้ ดังนั้นออกซาเลตจึงทำหน้าที่เหมือนตัวเชื่อมผิวฟันกับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ ส่งผลให้ค่ากำลังแรงยึดที่สูงขึ้นนั่นเอง เมื่อพิจารณาที่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ซึ่งในปี 1989 Prati และคณะ⁵⁸ ได้ใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ปรับสภาพผิวของเนื้อฟันพบว่าสารละลายชนิดนี้ไม่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดของค่ากำลังยึดของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม ดังนั้นผลจากการศึกษาของ Prati และคณะ⁵⁶ อาจบ่งบอกได้ว่าการปรับสภาพผิวของเนื้อฟันสำหรับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมและชนิดดัดแปรด้วยเรซิน อาจจะต้องใช้สารละลายที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม คู่มือการใช้งานของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ ผลิตภัณฑ์ฟูจิยูแอลซี แนะนำให้ปรับสภาพผิวฟันด้วยสารละลายกรดพอลิอะคริลิก จากหลายการศึกษาพบว่าการปรับสภาพผิวเนื้อฟันด้วยสารละลายกรดพอลิอะคริลิกสามารถเพิ่มค่ากำลังแรงยึดให้กับฟูจิยูแอลซีได้^{28, 34, 59}

7. สารปรับสภาพผิวเนื้อฟันสำหรับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า (commercial product of dentin conditioning agents for glass-ionomer cement)

ปัจจุบันมีสารปรับสภาพผิวเนื้อฟันที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้าก่อนการบูรณะด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ออกวางจำหน่ายในท้องตลาดมากมายหลายชนิด ดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาส่วนประกอบหลักของแต่ละผลิตภัณฑ์ พบว่ามีส่วนประกอบหลักเป็น กรดพอลิอะคริลิกที่ความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 10 ถึง 30 ซึ่งหน้าที่ของกรดชนิดนี้ได้กล่าวถึงในส่วนต้นแล้ว แต่ยังมีสารเคมีบางชนิดเช่น สารอะลูมิเนียมคลอไรด์ (aluminium chloride) ที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ จีซีแควิตีคอนดิชันเนอร์ (GC cavity conditioner, GC Corporation) โดยบริษัทผู้ผลิตอ้างว่าเมื่อผิวเนื้อฟันสัมผัสกับกรดแล้วเกิดการสูญเสียแร่ธาตุไปอะลูมิเนียม

คลอไรด์ จะช่วยคงสภาพเส้นใยคอลลาเจนไม่ให้ฟูบ^{34, 35} เป็นต้น Coutinho และคณะ⁶⁰ ศึกษาผลิตภัณฑ์ คีแทกนาโนหนึ่งร้อย (Ketac Nano -100, 3M ESPE) ซึ่งเป็นกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินชนิดนาโนฟิลล์กับผิวเนื้อฟันที่ได้รับหรือไม่ได้การปรับสภาพด้วยคีแทกนาโนไพรเมอร์ (Ketac nano primer, 3M ESPE) พบว่าคีแทกนาโนไพรเมอร์ สามารถช่วยส่งเสริมค่ากำลังแรงยึด

ขณะที่เนื้อฟันที่ไม่ได้รับการปรับสภาพผิวมีค่ากำลังแรงยึดเป็นศูนย์ Hoshika และคณะ³⁹ ศึกษาการปรับสภาพเนื้อฟันด้วยจีซีแควิตีคอนดิชันเนอร์แล้วยึดด้วยฟูจิไนน์จีพีเอ็กซ์ตรา (Fuji IX GP Extra, GC Corporation) โดยเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดเมื่อเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ 1 สัปดาห์ 1 เดือน 3 เดือน และ 6 เดือน พบว่าค่ากำลังแรงยึดของทุกช่วงเวลาไม่แตกต่างกัน แต่ในกรณีที่เนื้อฟันไม่ได้รับการปรับสภาพ พบว่าที่ระยะเวลา 6 เดือน ค่ากำลังแรงยึดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของสารปรับสภาพผิวเนื้อฟันสำหรับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ และสารที่เป็นองค์ประกอบ

Table 1 The samples of commercial product of dentin conditioner for glass-ionomer cement and their compositions

Product	Composition	Company
GC Dentin Conditioner	10 % Polyacrylic acid	GC Corporation, Tokyo, Japan
GC Cavity Conditioner	20 % Polyacrylic acid, 3 % Aluminum chloride hexahydrate	GC Corporation, Tokyo, Japan
GC Fuji Plus Conditioner	Citric acid monohydrate, ferric chloride	GC Corporation, Tokyo, Japan
Self-Conditioner for Fuji Filling	HEMA, 4-META, ethanol and water	GC Corporation, Tokyo, Japan
Ketac Dentin Conditioner	25 % Polyacrylic acid	3M ESPE, Seefeld, Germany
Vitremer core build up/ restorative primer	46 % HEMA, 39 % Ethyl alcohol, 15 % Polyacrylic acid, photoinitiator	3M ESPE, Seefeld, Germany
Ketac Nano primer	HEMA, water, copolymer acrylic acid and itaconic acid, photoinitiator	3M ESPE, Seefeld, Germany
Riva Conditioner	25-30 % Polyacrylic acid	SDI Limited, Bayswater Victoria, Australia

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการยึดอยู่ของการบูรณะด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์กับผิวฟันมีหลายปัจจัย ได้แก่ ชนิดของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ธรรมชาติของผิวฟัน (nature of the substrate) การปนเปื้อน (surface contamination) ของผิวฟัน การปรับสภาพและสารทำความสะอาดผิวฟัน (surface treatment and cleaning agent)¹³

มีหลายการศึกษารายงานว่า การทาผิวฟันด้วยสารปรับสภาพผิวก่อนการบูรณะด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ให้ค่าแรงยึดสูงกว่าการไม่ใช้สารปรับสภาพผิว ซึ่งเป็นเพราะสารปรับสภาพผิวอาจทำหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลาย ๆ อย่าง ได้แก่ กำจัดหรือดัดแปรชั้นสเมียร์ละลายอนินทรีย์สาร สร้างพันธะเคมีกับผิวฟัน ลดการเกิดช่องว่างและเพิ่มความแนบสนิกระหว่างผิววัสดุกับผิวฟัน อีกทั้งยังส่งเสริมให้เกิดชั้นการแลกเปลี่ยนประจุที่สมบูรณ์จากอดีตมีการศึกษาเรื่องการปรับสภาพผิวฟันก่อนการบูรณะด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ด้วยสารเคมีหลายชนิดได้แก่ กรดซิตริก สารละลายของแร่ธาตุ กรดพอลิอะคริลิก สารอีทีทีเอ กรดฟอสฟอริก เป็นต้น ซึ่งสารเคมีดังกล่าวเป็นต้นแบบในการพัฒนาสารปรับสภาพผิวเนื้อฟันสำหรับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า โดยเมื่อพิจารณาสารปรับสภาพผิวที่เป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า พบว่าองค์ประกอบหลักส่วนใหญ่เป็นกรดพอลิอะคริลิก เนื่องจากเป็นกรดอ่อนสามารถทำความสะอาดผิวฟัน กำจัดหรือดัดแปรชั้นสเมียร์ทำให้ผิวฟันเกิดสูญเสียแร่ธาตุบางส่วน สามารถสร้างพันธะเคมีกับผิวฟัน รวมถึงยังมีโครงสร้างของกรดที่คล้ายคลึงกับส่วนประกอบของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ และจากหลายงานวิจัยสรุปไปในทิศทางเดียวกันว่าสามารถเพิ่มค่าแรงยึดระหว่างผิวฟันกับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์อีกด้วย^{40, 61} แต่ในส่วนของการใช้กรดซิตริกซึ่งเป็นกรดแก่ และ

เมื่อพิจารณาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดหลังปรับสภาพผิวเนื้อฟันด้วยกรดซิตริกพบว่าผิวเนื้อฟันไม่มีส่วนของชั้นสเมียร์ปกคลุม มีการเปิดออกของท่อเนื้อฟันอย่างสมบูรณ์ซึ่งกรณีนี้ที่บูรณะด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่มีความหนืดสูง อาจทำให้ซีเมนต์ไหลแผ่เข้าไปในช่องว่างดังกล่าวไม่สมบูรณ์ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการรั่วซึมต่อมาในอนาคตได้ อย่างไรก็ตามยังมีการแนะนำให้ใช้กรดซิตริกในการปรับสภาพผิวเนื้อฟันเป็นเวลา 20 วินาทีแล้วล้างน้ำออกเช่น ผลิตภัณฑ์จีซีฟูจีพลัสคอนดิชันเนอร์ (GC Fuji Plus Conditioner, GC Corporation) ที่ใช้เป็นสารปรับสภาพผิวฟันก่อนการยึดชิ้นงานบูรณะด้วยสารเชื่อมยึดจีซีฟูจีพลัส (GC Fuji Plus, GC Corporation) ซึ่งเป็นกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดัดแปรด้วยเรซิน โดยทั่วไปกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดที่ใช้สำหรับการเชื่อมยึดชิ้นงานบูรณะจะมีความหนืดต่ำกว่ากลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดที่ใช้อุดฟันและในขั้นตอนการยึดชิ้นงานบูรณะทันตแพทย์ต้องใช้แรงกดบนชิ้นงานหรือต้องมีแรงกดจากฟันคู่สบของผู้ป่วยเองเพื่อให้ชิ้นงานบูรณะเข้าสู่ตำแหน่งที่ถูกต้องบนฟันหลักจึงน่าจะช่วยให้วัสดุไหลแผ่และแทรกเข้าไปในผิวเนื้อฟันที่ผ่านการปรับสภาพผิวได้ ดังนั้นการใช้กรดซิตริกปรับสภาพผิวเนื้อฟันสำหรับกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่ใช้เป็นสารเชื่อมยึดตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้ได้

มีการศึกษาทางคลินิกโดยเปรียบเทียบระหว่างการทาและไม่ทาสารปรับสภาพผิวฟันก่อนการบูรณะด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์พบว่า ค่าอัตราการยึดติด (retention rate) และค่าการติดสีตามขอบของวัสดุ (marginal staining) ไม่แตกต่างกัน⁶²⁻⁶⁴ โดยการศึกษาของ Tyas⁶³ ในปี ค.ศ.1994 ได้ศึกษาการติดสีตามขอบของวัสดุ (marginal staining) ภายหลังการอุดรอยขัดสี

(abrasion lesion) ที่บริเวณคอฟันด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม โดยติดตามเป็นระยะเวลา 3 ปี พบว่าการปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดพลีอะคริลิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 25 เป็นเวลา 10 วินาที ให้ค่าการติดสีตามขอบของวัสดุไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ขัดผิวฟันด้วยผงฟัมมิสผสมน้ำ โดยผู้วิจัยให้เหตุผลว่าเนื่องจากชั้นสเมียร์ที่ปกคลุมบนพื้นผิวของรอยขีดสีจะมีลักษณะแตกต่างจากชั้นสเมียร์จากการกรอดัดฟัน ซึ่งสิ่งที่ปกคลุมจริง ๆ บนผิวของรอยขีดสีก็น่าจะเป็นแผ่นคราบน้ำลาย (salivary pellicle) มากกว่า ดังนั้นการปรับสภาพผิวด้วยกรดพลีอะคริลิกก่อนการอุดด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมนั้นจึงไม่มีความจำเป็น รวมถึงกรดส่วนเกิน (free acid) ที่มากพอบนผิวของซีเมนต์ที่ยังไม่ก่อตัวก็สามารถละลายชั้นสเมียร์ที่ผิวฟันได้เช่นกัน van Dijken⁶⁴ ให้ผลงานวิจัยทางคลินิกที่สอดคล้องกันคือ การทาสารปรับสภาพผิวด้วยกรดพลีอะคริลิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 40 มีอัตราการหลุดของวัสดุที่ร้อยละ 17.9 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มที่ขัดผิวฟันด้วยผงฟัมมิสผสมน้ำก่อนการบูรณะซึ่งมีอัตราการหลุดของวัสดุอยู่ที่ร้อยละ 11.6 เท่านั้น

Tanumiharja และคณะ⁶⁵ เปรียบเทียบความแนบสนิทของผิวกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมและกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินกับผิวเนื้อฟัน เมื่อทาและไม่ทาสารปรับสภาพผิวก่อนการบูรณะด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด ผลการศึกษาพบว่า ไม่มีความแตกต่างในเรื่องความแนบสนิทระหว่างผิววัสดุและผิวเนื้อฟัน รวมถึงยังพบว่ากลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้งสองชนิดสามารถแทรกซึมเข้าไปในท่อเนื้อฟันได้และสามารถเกิดชั้นการแลกเปลี่ยนประจุหรือชั้นต้านทานกรด-ด่าง (acid-base resistant layer) บนผิวเนื้อฟันได้เช่นกัน ซึ่งผลการศึกษาไปในทิศทางเดียวกับ Kaushik และคณะ⁶⁶ พบว่าการทาสารปรับสภาพผิวก่อนการบูรณะด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ยังสามารถเพิ่มความแนบสนิทให้กับชั้นระหว่างวัสดุอีกด้วย

ในสารปรับสภาพผิวฟันบางชนิดเช่น เซลฟ์

คอนดิชันเนอร์ (self-conditioner) และวิทริเมอร์คอร์บิวต์อัฟ/เรสทอเรทีฟไพรเมอร์ (Vitremar core build up/restorative primer, 3M ESPE) มีการเติมสารมอนอเมอร์ เช่น สารฮีมา เพื่อหวังผลในการเกิดพันธะเคมีระหว่างมอนอเมอร์ดังกล่าวกับมอนอเมอร์ที่อยู่ในกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินอีกด้วย Poggio และคณะ⁶⁷ ศึกษาค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมชนิด ฟูลินันจีพีเอ็กตราและกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินชนิดฟูลิฟูแอลซี เมื่อปรับสภาพผิวเนื้อฟันด้วยสารเคมีต่าง ๆ ดังนี้คือ 1. จีซีคิววดีคอนดิชันเนอร์ ซึ่งประกอบด้วย กรดพลีอะคริลิกร้อยละ 20 กับอะลูมิเนียมคลอไรด์เฮกซะไฮเดรตร้อยละ 3 เป็นเวลา 20 วินาทีแล้วล้างน้ำออก 2. กรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 37 เป็นเวลา 15 วินาที แล้วล้างน้ำออก 3. เซลฟ์เอทช์บอนดิง (self-etch bonding; Clearfil SE bond, Kuraray) และ 4. กลุ่มควบคุม ผลการศึกษาพบว่า ค่าแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินมากกว่ากลุ่มกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและการใช้เซลฟ์เอทช์บอนดิงปรับสภาพผิวเนื้อฟันก่อนการยึดด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวสูงที่สุดในทางตรงข้ามการปรับสภาพผิวเนื้อฟันด้วยวิธีดังกล่าวแล้วยึดด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมกลับให้ค่าแรงยึดที่ต่ำที่สุด โดยผู้วิจัยให้เหตุผลว่าสารฮีมาซึ่งเป็นมอนอเมอร์ที่อยู่ในเซลฟ์เอทช์บอนดิงมีส่วนสำคัญทำให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวสูงขึ้นเนื่องจากสารฮีมาเป็นไพรเมอร์ที่ชอบน้ำ (hydrophilic primer) เป็นตัวช่วยให้มอนอเมอร์ที่อยู่ในกลาสส์ไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปรด้วยเรซินไหลแผ่ไปบนผิวของเนื้อฟันที่มีการสูญเสียแร่ธาตุได้ดีขึ้น และสุดท้ายจะเกิดเป็นชั้นไฮบริดชัน ซึ่งส่งผลให้ค่ากำลังแรงยึดสูงขึ้น

ผู้เรียบเรียงใคร่เสนอแนะว่า ก่อนการบูรณะด้วยกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ทันตแพทย์ผู้ใช้งานควรศึกษาคู่มือวิธีการใช้งาน และปฏิบัติตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตในการใช้สารปรับสภาพผิวฟันอย่างเคร่งครัด

เนื่องจากสารปรับสภาพผิวเนื้อฟันแต่ละผลิตภัณฑ์มีองค์ประกอบและสัดส่วนของสารเคมีที่แตกต่างกัน รวมถึงยังมีวิธีการใช้งานที่แตกต่างกันอีกด้วย เช่น บางผลิตภัณฑ์ให้ล้ามน้ำ บางผลิตภัณฑ์ไม่ให้ล้ามน้ำ นอกจากนี้บางผลิตภัณฑ์ต้องฉายแสง ตัวอย่างเช่น วิทรีเมอร์คอร์ บิวต์อัฟ/เรสทอเรทีฟ ไพโรเมอร์ เนื่องจากมีส่วนประกอบของสารเริ่มต้น (initiator) ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นช่วงแสงสีฟ้า เป็นต้น ดังนั้นควรปฏิบัติตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตอย่างเคร่งครัดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ป่วย และช่วยให้วัสดุบูรณะสามารถอยู่ในช่องปากของผู้ป่วยได้อย่างปลอดภัย มีประสิทธิภาพและใช้งานได้ยาวนานที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. Tyas MJ, Burrow MF. Adhesive restorative materials: a review. *Aust Dent J* 2004;49:112-21.
2. Ngo H, Mount GJ, Peters MC. A study of glass-ionomer cement and its interface with enamel and dentin using a low-temperature, high-resolution scanning electron microscopic technique. *Quintessence Int* 1997;28:63-9.
3. Ferrari M, Davidson CL. Interdiffusion of a traditional glass ionomer cement into conditioned dentin. *Am J Dent* 1997;10:295-7.
4. Hosoya Y, Garcia-Godoy F. Bonding mechanism of Ketac-Molar Aplicap and Fuji IX GP to enamel and dentin. *Am J Dent* 1998;11:235-9.
5. Tay FR, Smales RJ, Ngo H, Wei SH, Pashley DH. Effect of different conditioning protocols on adhesion of a GIC to dentin. *J Adhes Dent* 2001;3:153-67.
6. Yip HK, Tay FR, Ngo HC, Smales RJ, Pashley DH. Bonding of contemporary glass ionomer cements to dentin. *Dent Mater* 2001;17:456-70.
7. Eick JD, Wilko RA, Anderson CH, Sorensen SE. Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J Dent Res* 1970;49: Suppl:1359-68.
8. Pashley DH. Smear layer: physiological considerations. *Oper Dent Suppl* 1984;3:13-29.
9. Brannstrom M, Johnson G. Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: a scanning electron microscopic investigation. *J Prosthet Dent* 1974;31:422-30.
10. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod* 1975;1:238-42.
11. Garg N, Garg A, editors. Bonding agents and techniques: Textbook of operative dentistry. 3rd ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd.; 2015. p. 233-51.
12. Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *Br Dent J* 1972;132:133-5.
13. Walls AW. Glass polyalkenoate (glass-ionomer) cements: a review. *J Dent* 1986;14:231-46.
14. Primus C, Shen C. Dental cements ; In: Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR, editors. Phillips' Science of Dental Materials. 12th ed. St Louis: Saunders; 2013. p. 307-39.
15. Chandra S, Chandra S, Chandra G, editors. Glass ionomer cement: Textbook of operative dentistry. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd.; 2008. p. 265-72.
16. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Snauwaert J, Helleman L, Lambrechts P, et al.

Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res* 2000;79:709-14.

17. Fukuda R, Yoshida Y, Nakayama Y, Okazaki M, Inoue S, Sano H, *et al.* Bonding efficacy of polyalkenoic acids to hydroxyapatite, enamel and dentin. *Biomaterials* 2003;24:1861-7.

18. Hotz P, McLean JW, Sced I, Wilson AD. The bonding of glass ionomer cements to metal and tooth substrates. *Br Dent J* 1977;142:41-7.

19. Prodger TE, Symonds M. ASPA adhesion study. *Br Dent J* 1977;143:266-70.

20. Hood JA, Childs WA, Evans DF. Bond strengths of glass-ionomer and polycarboxylate cements to dentine. *N Z Dent J* 1981;77:141-4.

21. Lacefield WR, Reindl MC, Retief DH. Tensile bond strength of a glass-ionomer cement. *J Prosthet Dent* 1985;53:194-8.

22. Levine RS, Beech DR, Garton B. Improving the bond strength of polyacrylate cements to dentine. A rapid technique. *Br Dent J* 1977;143:275-7.

23. Beech DR. A spectroscopic study of the interaction between human tooth enamel and polyacrylic acid (polycarboxylate cement). *Arch Oral Biol* 1972;17:907-11.

24. Beech DR. Improvement in the adhesion of polyacrylate cements to human dentine. *Br Dent J* 1973;135:442-5.

25. Causton BE, Johnson NW. The role of diffusible ionic species in the bonding of polycarboxylate cements to dentine: an in vitro study. *J Dent Res* 1979;58:1383-93.

26. Hosoda H. The composition and setting reaction of glass ionomer cement ; In: Katsuyama S, Ishikawa T, Fujii B, editors. Glass ionomer dental

cement: The materials and their clinical use. Tokyo: Ishiyaku EuroAmerica, Inc.; 1993. p. 16-30.

27. Causton BE, Johnson NW. Improvement of polycarboxylate adhesion to dentine by the use of a new calcifying solution. An in vitro study. *Br Dent J* 1982;152:9-11.

28. Inoue S, Van Meerbeek B, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, *et al.* Effect of remaining dentin thickness and the use of conditioner on micro-tensile bond strength of a glass-ionomer adhesive. *Dent Mater* 2001;17:445-55.

29. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, *et al.* Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003;28:215-35.

30. Powis DR, Folleras T, Merson SA, Wilson AD. Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. *J Dent Res* 1982;61:1416-22.

31. Mount GJ. Buonocore Memorial Lecture. Glass-ionomer cements: past, present and future. *Oper Dent* 1994;19:82-90.

32. Akinmade AO, Nicholson JW. Glass-ionomer cements as adhesives. *J Mater Sci Mater Med* 1993;4:95-101.

33. Charlton DG, Haveman CW. Dentin surface treatment and bond strength of glass ionomers. *Am J Dent* 1994;7:47-9.

34. Tanumiharja M, Burrow MF, Tyas MJ. Microtensile bond strengths of glass ionomer (polyalkenoate) cements to dentine using four conditioners. *J Dent* 2000;28:361-6.

35. Pereira PN, Yamada T, Tei R, Tagami J. Bond strength and interface micromorphology of an improved resin-modified glass ionomer cement. *Am J Dent* 1997;10:128-32.
36. Terata R, Nakashima K, Yoshinaka S, Kubota M. Effect of dentin treatment with citric acid/ ferric chloride solutions on glass ionomer bond strength. *Am J Dent* 1998;11:33-5.
37. Long TE, Duke ES, Nording BK. Polyacrylic acid cleaning of dentin and glass-ionomer bond strength. *J Dent Res* 1986;65:345. (Abstr 1583).
38. Berry EA 3rd, von der Lehr WN, Herrin HK. Dentin surface treatments for the removal of the smear layer: an SEM study. *J Am Dent Assoc* 1987;115:65-7.
39. Hoshika S, De Munck J, Sano H, Sidhu SK, Van Meerbeek B. Effect of Conditioning and Aging on the Bond Strength and Interfacial Morphology of Glass-ionomer Cement Bonded to Dentin. *J Adhes Dent* 2015;17:141-6.
40. El-Askary FS, Nassif MS. The effect of the pre-conditioning step on the shear bond strength of nano-filled resin-modified glass-ionomer to dentin. *Eur J Dent* 2011;5:150-6.
41. Yilmaz Y, Gurbuz T, Kocogullari ME. The influence of various conditioner agents on the interdiffusion zone and microleakage of a glass ionomer cement with a high viscosity in primary teeth. *Oper Dent* 2005;30:105-12.
42. Glasspoole EA, Erickson RL, Davidson CL. Effect of surface treatments on the bond strength of glass ionomers to enamel. *Dent Mater* 2002;18:454-62.
43. Cortes O, Garcia-Godoy F, Boj JR. Bond strength of resin-reinforced glass ionomer cements after enamel etching. *Am J Dent* 1993;6:299-301.
44. Di Nicolo R, Shintome LK, Myaki SI, Nagayassu MP. Bond strength of resin modified glass ionomer cement to primary dentin after cutting with different bur types and dentin conditioning. *J Appl Oral Sci* 2007;15:459-64.
45. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J* 2010;43:2-15.
46. Ayad MF, Bahannan SA, Rosenstiel SF. Morphological characteristics of the interface between resin composite and glass-ionomer cement to thin-walled roots: a microscopic investigation. *Am J Dent* 2010;23:103-7.
47. Fagundes TC, Toledano M, Navarro MF, Osorio R. Resistance to degradation of resin-modified glass-ionomer cements dentine bonds. *J Dent* 2009;37:342-7.
48. Imbery TA, Namboodiri A, Duncan A, Amos R, Best AM, Moon PC. Evaluating dentin surface treatments for resin-modified glass ionomer restorative materials. *Oper Dent* 2013;38:429-38.
49. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 1955;34:849-53.
50. Bowen RL. Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. II. Bonding to dentin promoted by a surface-active comonomer. *J Dent Res* 1965;44:895-902.
51. Yap AU, Tan AC, Goh AT, Goh DC, Chin KC. Effect of surface treatment and cement maturation on the bond strength of resin-modified glass ionomers to dentin. *Oper Dent* 2003;28:728-33.

52. Hamama HH, Burrow MF, Yiu C. Effect of dentine conditioning on adhesion of resin-modified glass ionomer adhesives. *Aust Dent J* 2014;59:193-200.
53. Scheffel DL, Tenuta LM, Cury JA, Hebling J. Effect of acid etching time on demineralization of primary and permanent coronal dentin. *Am J Dent* 2012;25:235-8.
54. Beech DR, Solomon A, Bernier R. Bond strength of polycarboxylic acid cements to treated dentine. *Dent Mater* 1985;1:154-7.
55. Oilo G. Bond strength of new ionomer cements to dentin. *Scand J Dent Res* 1981;89:344-7.
56. Prati C, Montanari G, Biagini G, Fava F, Pashley DH. Effects of dentin surface treatments on the shear bond strength of Vitrabond. *Dent Mater* 1992;8:21-6.
57. Pashley DH, Galloway SE. The effects of oxalate treatment on the smear layer of ground surfaces of human dentine. *Arch Oral Biol* 1985;30:731-7.
58. Prati C, Nucci C, Montanari G. Effects of acid and cleansing agents on shear bond strength and marginal microleakage of glass-ionomer cements. *Dent Mater* 1989;5:260-5.
59. Coutinho E, Van Landuyt K, De Munck J, Poitevin A, Yoshida Y, Inoue S, *et al.* Development of a self-etch adhesive for resin-modified glass ionomers. *J Dent Res* 2006;85:349-53.
60. Coutinho E, Cardoso MV, De Munck J, Neves AA, Van Landuyt KL, Poitevin A, *et al.* Bonding effectiveness and interfacial characterization of a nano-filled resin-modified glass-ionomer. *Dent Mater* 2009;25:1347-57.
61. Garcia-Godoy F. Dentin surface treatment and shear bond strength of a light-cured glass ionomer. *Am J Dent* 1992;5:283-5.
62. Tyas MJ. The effect of dentine conditioning with polyacrylic acid on the clinical performance of glass ionomer cement. *Aust Dent J* 1993;38:46-8.
63. Tyas MJ. The effect of dentine conditioning with polyacrylic acid on the clinical performance of glass ionomer cement--3-year results. *Aust Dent J* 1994;39:220-1.
64. van Dijken J. Three-year evaluation of effect of surface conditioning on bonding of glass ionomer cement in cervical abrasion lesions. *Scand J Dent Res* 1992;100:133-5.
65. Tanumiharja M, Burrow MF, Cimmino A, Tyas MJ. The evaluation of four conditioners for glass ionomer cements using field-emission scanning electron microscopy. *J Dent* 2001;29:131-8.
66. Kaushik M, Sharma R, Reddy P, Pathak P, Udameshi P, Vallakuruchi Jayabal N. Comparative evaluation of voids present in conventional and capsulated glass ionomer cements using two different conditioners: an in vitro study. *Int J Biomater* 2014;2014:5.
67. Poggio C, Beltrami R, Scribante A, Colombo M, Lombardini M. Effects of dentin surface treatments on shear bond strength of glass-ionomer cements. *Ann Stomatol (Roma)* 2014;5:15-22.

Biodentine™ Partial Pulpotomy in Adult Permanent Teeth with Cariously-Exposed Pulp: Case Reports (up to 30 Months Follow-Up)

Darunee Owittayakul¹ and Patchanee Chuveera¹

¹Department of Family and Community Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Thailand

Abstract

A new calcium silicate-based cement, Biodentine™ (Septodont, Saint Maur des Fosses, France), has recently been introduced. With its biocompatibility and dentinal bridge-promoting properties comparable to those of the clinically well-accepted mineral trioxide aggregate (MTA), Biodentine™ could probably be an appropriate option for pulp capping procedures. However, clinical outcome studies on Biodentine™ are limited. Moreover, vital pulp therapy in cariously exposed permanent teeth is also controversial. These case reports describe clinical procedures and outcomes of partial pulpotomy using Biodentine™ as a pulp capping material in four cariously exposed adult permanent teeth in three patients aged 22 to 50 years. At 12 to 30 months follow-up, none of the patients experienced spontaneous pain, swelling or abscess formation. All teeth displayed a positive response to pulp testing and functioned normally. The radiographic evaluation revealed normal periapical areas.

Keywords: Biodentine™, Calcium silicate-based cement, Cariously exposed pulp, Partial pulpotomy, Mature permanent tooth

Received Date: Feb 24, 2016

Accepted Date: May 19, 2016

doi: 10.14456/jdat.2016.14

Correspondence to:

Patchanee Chuveera. Division of General Dentistry, Department of Family and Community Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Suthep Road, Muang, Chiang Mai 50200 Thailand Tel: 053-944470, 085-7162130 Fax: 053-222844 E-mail: patchanee.ch@cmu.ac.th

Introduction

The partial pulpotomy for carious exposures is a procedure in which the inflamed pulp tissue beneath an exposure is removed to a depth of one to three millimeters, or deeper, to reach healthy pulp tissue.¹ Histological studies^{2,3} have shown that pulp adjacent to carious exposure may have only local damage, while the remaining pulp may be infiltrated with inflammatory cells to varying degrees, or may even be free from inflammatory change. If the cause of the inflammation is removed and bacterial microleakage is prevented, the inflamed pulp may heal.⁴⁻⁶ However, the procedure has not been popular for mature permanent teeth of adult patients, since there is a concern that increasing age may affect clinical success.⁷ A systematic review by Aguilar and Linsuwanont⁸ reported a weighted pooled success rate of 90.6 % for partial pulpotomy in permanent teeth with closed apices but with inconclusive information regarding age as a factor influencing treatment outcome.

It has been suggested that bioengineered medicaments may be useful for inducing reparative dentin, thereby decreasing the patients' advancing age as a negative factor.⁷ Mineral trioxide aggregate (MTA), a calcium silicate-based cement, has become a popular alternative to calcium hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) as a pulp capping material. The effectiveness of MTA as a pulp capping material in human permanent

teeth has been shown to outperform $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in clinical and histological observations.^{9,10}

However, MTA has some known drawbacks, including long setting time, potential of tooth discoloration, high costs and handling difficulty.¹¹⁻¹³ Recently, a new calcium-silicate based material, Biodentine™ (Septodont, Saint Maur des Fosses, France), has become available with lower cost. Results from in vitro and in vivo studies have shown promising biocompatibility and bioactive properties as a pulp capping material¹⁴⁻¹⁸ with improved physical properties and handling characteristics compared to those of MTA.¹⁹⁻²¹ However, current evidence on clinical outcomes of Biodentine™ is limited.^{15,22} To the authors' knowledge, there is no report on clinical outcomes of cariously exposed human permanent teeth treated with Biodentine™. Therefore, the following case reports describe clinical procedures and outcomes of partial pulpotomy using Biodentine™ as a pulp capping material with up to 30-month follow-up.

Case reports

Four teeth in three patients who had undergone partial pulpotomy in the Comprehensive Dental Clinic, Division of General Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand, during April 2013

through February 2014 were included in this report. Before treatment, the patients had been informed of the potential risks and benefits, costs and clinical procedures. Patients' questions had been answered and consent forms signed. Clinical and radiographic examination was performed and recorded. An electric pulp tester (Digitest Pulp Vitality Tester model no. D626D; Parkell, Edgewood, New York, USA) was used to assess pulpal vitality. Pre-operatively, all patients presented with deep carious lesions without severe or lingering pain and had normal periodontal spaces on periapical radiographs. Positive responses to electric pulp tester were also obtained from all included teeth.

One undergraduate and two postgraduate dental students performed all treatments under the supervision of a clinical teaching staff member with an endodontic background.

Clinical procedures

Following local anesthesia using 4 % articaine with 1:100,000 epinephrine (Ubistesin Forte, 3M ESPE, Neuss, Germany) and rubber dam isolation, the tooth to be treated and the operative field was disinfected with 2 % chlorhexidine gluconate solution. Dental caries was then excavated initially from the periphery toward the pulpal center of the lesion using a spoon excavator and a slow speed round bur until hard dentin was felt while probing with a spoon excavator, suggesting that complete caries removal was achieved. When pulpal exposure occurred, a high speed round diamond bur, sized

approximately to the exposure, was used with copious water coolant to brush away the superficial surface of the exposed pulp and the surrounding dentine. The exposed area was then rinsed with 5 ml of either 2.5 % sodium hypochlorite (NaOCl) or 2 % chlorhexidine gluconate solution. A cotton pellet dampened with the solution was then pressed over the area to control bleeding for 5 minutes. If bleeding control was not achieved at this stage, a high speed round diamond bur was used again to remove an additional 1 to 2 mm of pulp tissue and the irrigation and pressing was repeated. The rest of the cavity was blotted dry with a steriled cotton pellet. After a clean and dry area was obtained, Biodentine™ was prepared according to the manufacturer's instructions and carried onto the exposure and surrounding dentin using an amalgam carrier or a plastic instrument. This first portion of Biodentine™ was pressed gently by a plugger or a ball-burnisher to ensure the adaptation of the material with the pulp tissue and the surrounding dentin. The rest of the cavity was filled with the remaining Biodentine™ to serve as an intermediate restoration. When the material was set, the occlusion was checked and post-operative periapical radiograph was made. Patients were appointed for placement of a direct composite restoration on their next visit, over the cut back Biodentine™, which served as a base material on their next visit.

Case 1

A healthy 50-year-old female presented with an isolated deep carious lesion extending under the distal gingival margin of tooth 47 (Fig. 1a). She reported a short-duration sensitivity to cold water without other symptoms. Clinical symptoms and signs were indicative of reversible pulpitis with normal periapical tissues. A surgical crown lengthening was done prior to a partial pulpotomy procedure to provide a suitable environment for rubber dam isolation and a manageable restorative margin. Upon caries removal, a 2.5-mm pulp exposure was found. A partial pulpotomy protocol as mentioned above

was followed with bleeding control achieved after the first five-minute pressure application (Figs. 1b-1d). Two days later, a direct composite restoration was placed over the partially cut back Biodentine™. Biodentine™ was found to be completely set with a hard consistency, similar to that of set glass ionomer cement. At the 26-month recall, the patient reported no symptoms and normal function, the tooth responded well to a cold test using Endo-Ice® (Coltène Whaledent, Cuyahoga Falls, Ohio, USA) and the restoration was still intact (Fig. 1f). Radiographic evaluation at 26 months showed clinically normal periapical tissues (Fig. 1e).

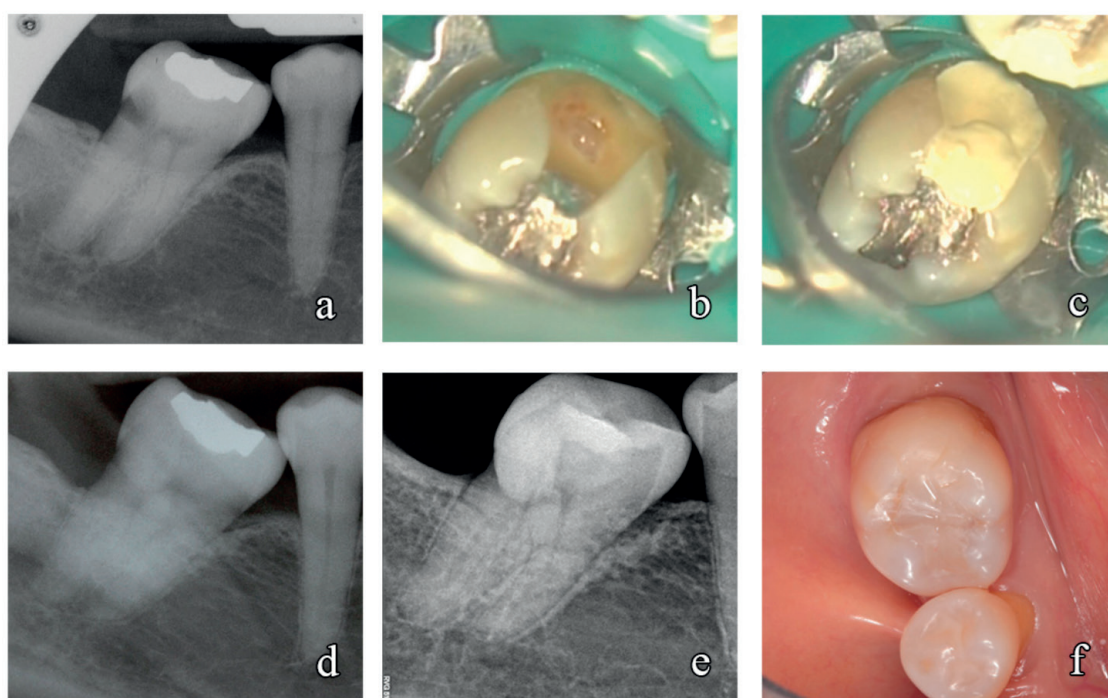


Figure 1 Partial pulpotomy on tooth 47 (a) Preoperative radiograph showing that the caries on the distal aspect was in close proximity to the pulp. (b) 2.5-mm pulp exposure was found after complete caries removal and the coronal pulp was amputated. (c) Biodentine™ was directly applied. (d) Immediate postoperative radiograph (e, f) 26-month postoperative radiograph and photograph

Case 2

A healthy 22-year-old female presented with tooth 25 showing a deep distal caries lesion without pain on biting. However, this tooth had a positive response to percussion without noticeable radiographic changes periapically (Fig. 2a). While removing caries, a 1.5-mm pulp exposure occurred. The clinical diagnosis was then made as asymptomatic irreversible pulpitis with symptomatic apical periodontitis. Complete caries removal using the partial pulpotomy protocol, using 2.5 % NaOCl irrigant as mentioned above, was performed with bleeding control

achieved within the first five-minute pressure attempt. Biodentine™ was applied as an intermediate restoration. Six days later, a direct resin composite was placed as a permanent restoration (Fig. 2b). At the 12-month recall visits, radiographic examinations revealed normal periapical tissue (Fig. 2c). Compared to the early post-operative radiograph (Fig 2b), a receded pulp chamber roof was noticed at 12-month recall (Fig. 2c), suggesting reparative dentine formation. At 30-month recall, the tooth was asymptomatic and responded positively to electric pulp test (EPT) and had an intact restoration (Fig. 2e).

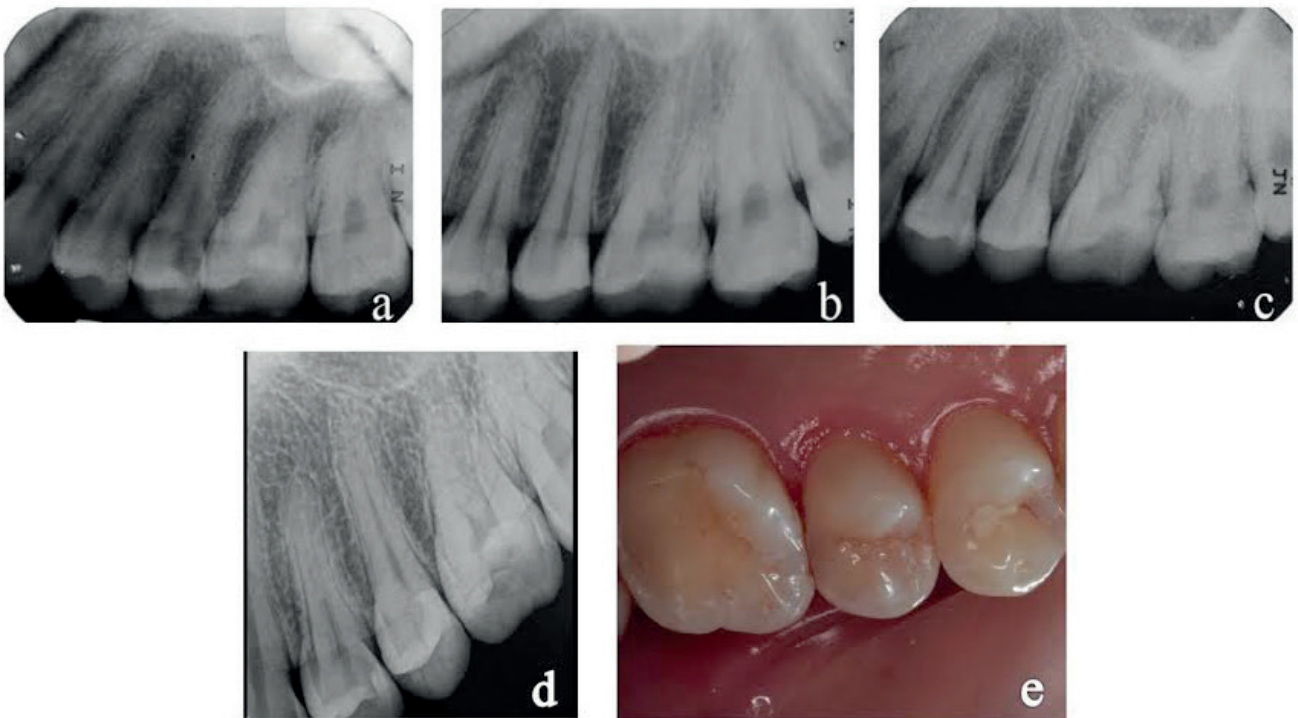


Figure 2 Partial pulpotomy on tooth 25. (a) Preoperative radiograph showing deep caries with normal periapical area, (b) Early postoperative radiograph showing good adaptation of Biodentine™ and resin composite restoration, (c) 12-month recall radiograph showing receded pulp chamber and normal periapical area, (d) 30-month recall radiograph, (e) Intraoral photograph showing restoration was intact at 30-month recall.

Case 3

A healthy 37-year-old female presented with deep caries on teeth 14 and 36 without clinical signs indicative of irreversible pulpitis. The pre-operative radiographs of both teeth demonstrated extremely deep caries that might have reached the pulp, with normal periapical areas (Figs. 3a, 4a). After complete removal of caries, a 1.5-mm pulp exposure on tooth 14 and two 1-mm pulp exposures on tooth 36 were found. A partial pulpotomy protocol, as mentioned above, was followed, with hemorrhage control achieved at the first attempt. A direct

resin composite restoration was placed on tooth 36 at the one-month recall visit but tooth 14 was not permanently restored because of time limitation. Contact with the patients was lost until 12 months after tooth 14 was treated. We found that the Biodentine™ intermediate filling on tooth 14 and the permanent restoration on tooth 36 were still intact at that time (Figs. 3b, 4b). Both teeth were also asymptomatic and responded positively to EPT. The radiographs of tooth 14 at 12 months and tooth 36 at 14 months postoperative, also showed normal periapical areas (Figs. 3c, 4c).



Figure 3 Partial pulpotomy on tooth 14. (a) Preoperative radiograph showing deep caries with normal periapical area, (b) Intraoral photograph showing good adaptation of Biodentine™ at 12-month postoperative, (c) 12-month recall radiograph showing normal periapical area.



Figure 4 Partial pulpotomy on tooth 36. (a) Preoperative radiograph showing deep caries with normal periapical area, (b) Intraoral photograph showing restoration was intact at 14-month recall, (c) 14-month recall radiograph showing normal periapical area.

Discussion

We observed successful outcomes of four teeth in three adult patients aged 22 to 50 years, with cariously exposed pulp, treated with a partial pulpotomy technique using Biodentine™ as a pulp capping material. All treated teeth showed no symptoms, positive responses to sensibility tests and normal periapical radiographic finding at 12 to 30-month follow-up.

Age-related changes in dental pulp, such as reduction in odontoblasts and fibroblast cell density while fibrous bundles of collagen increased, were evidenced.²³ These changes suggest that the reparative capacity of aging pulp was compromised. Choosing the innovative calcium silicate-based cements with well accepted biocompatibility and tissue repair promoting properties, such as MTA and Biodentine™^{14-18,24,25}, could probably be an appropriate option for pulp capping in adult patients, considering the reduced reparative potential of aging pulp.

Freshly-prepared MTA has a lack of cohesiveness, resulting in difficult handling.^{12,13} Biodentine™ has been reported to have better handling consistency.²⁶ We also found the pliable characteristics of Biodentine™ facilitated the application of the material over the exposure and surrounding dentin, particularly when the exposure was on the axial wall, as presented in all our cases. With its short setting time, high compressive strength and sealing ability, Biodentine™ can be simultaneously used as a base

material and intermediate restoration.²⁶⁻²⁸ The set Biodentine™ can be partially cut back to give room for a permanent restoration without the need for an additional layer of a lining cement.²² For use as an intermediate restoration, Biodentine™ has been reported to be successfully used as a posterior restoration material for up to six months.²² One tooth with a substantially impaired coronal structure in Case 3 was safely provisionalized with Biodentine™ for up to 12 months (Fig. 3b). We found intact Biodentine™ surfaces and hard consistency, similar to that of glass ionomer cement, when cut with a dental bur at the second visit in all teeth of our cases.

Complete caries removal and partial pulpotomy allowed clinicians to assess pulpal conditions based upon appearance, such as colour and occurrence of bleeding. The less predictable outcome of the direct pulp capping procedure, in which the medicament was applied over the exposure site without removal of the inflamed pulp underneath the carious lesion, compared to the high success rate of partial pulpotomy, suggested that removal of inflamed pulp is likely to be critical for a successful outcome.⁸ However, in clinical practice, evaluation of the extent of pulp inflammation remains a challenge. The most practical predictor of a successful outcome is the amount of pulpal bleeding at the time of exposure²⁹, which relates to the ability to achieve hemostasis. Bogen and Chandler³⁰ suggested using NaOCl for 5-10 minutes as a hemostatic agent and also as a diagnostic tool to differentiate reversible from

irreversible pulpitis. Among various solutions recommended for pulpal hemostasis³⁰, 2.5 % NaOCl and 2 % chlorhexidine solution are widely used endodontic irrigants with antimicrobial properties and have shown no negative effect on pulp healing.^{31,32} Hemostasis was obtained within the first five-minute attempt.

Patients with a clinical diagnosis of asymptomatic irreversible pulpitis with tenderness to percussion were included in this report. It is noted that clinical diagnosis based on patient's symptoms may not represent the true histopathological stage of the pulp.^{33,34} Moreover, patients may respond to the percussion test even though the teeth have minimal or no pulp inflammation.^{34,35} Whereas the relationship between clinical signs and symptoms and treatment outcome of vital pulp therapy cannot be established⁸, teeth with spontaneous pain, positive responses to percussion or widened periodontal spaces periapically have been treated successfully in several vital pulp therapy studies.^{4,29,36} It may not be appropriate to use symptoms such as positive responses to percussion alone to indicate exclusion from vital pulp therapy.

When caries extended subgingivally, as in Case 1, surgical crown-lengthening was needed to provide a manageable field of operation. Strictly-controlled treatment conditions, such as rubber dam placement, disinfection of the operating field and use of antimicrobial agents as irrigants, could have also contributed to our successful outcomes.

It should be noted that the successful results presented herein were based on a limited level of evidence resulting from a limited number of subjects selected from many successful cases. However, with innovative calcium silicate cements available at low cost, the results encourage additional long-term clinical studies to provide an increased level of evidence regarding potential prognostic factors for pulp preservation therapy, particularly in adults with carious pulp exposure.

Conclusions

The use of Biodentine™, with a specified protocol, including complete caries removal, use of disinfectants and hemostatic agents and treatment performed under controlled operating conditions, may have contributed to the successful outcome of our presented cases. To generalize, studies of prognostic factors, based on increased levels of evidence, are needed to develop patient selection criteria and a well specified procedure for partial pulpotomy in mature, permanent teeth with carious exposure.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank Dr. M. Kevin O Carroll, Professor Emeritus, University of Mississippi School of Dentistry, USA and Faculty Consultant, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Thailand, for his assistance in the preparation of the manuscript.

References

1. AAPD. Guideline on Pulp Therapy for Primary and Immature Permanent Teeth. *Reference manual* REVISED 2014;36:9.
2. Ricucci D, Loghin S, Siqueira JJ. Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses. *J Endod* 2014;40:1932-1939.
3. Olgart L, Bergenholtz G. The dentin-pulp complex: structures, function and responses to adverse influences. In: Bergenholtz G, Hørsted-Bindslev P, Reit C, editors. *Textbook of Endodontology*. 2nd ed. Singapore: Wiley-blackwell, 2010. p. 11-32.
4. Mejare I, Cvek M. Partial pulpotomy in young permanent teeth with deep carious lesions. *Endod Dent Traumatol* 1993;9:238-242.
5. Mjor IA, Tronstad L. The healing of experimentally induced pulpitis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1974;38:115-121.
6. Cox CF, Bergenholtz G, Heys DR, Syed SA, Fitzgerald M, Heys RJ. Pulp capping of dental pulp mechanically exposed to oral microflora: a 1-2 year observation of wound healing in the monkey. *J Oral Pathol* 1985;14:156-168.
7. Fong CD, Davis MJ. Partial pulpotomy for immature permanent teeth, its present and future. *Pediatr Dent* 2002;24:29-32.
8. Aguilar P, Linsuwanont P. Vital pulp therapy in vital permanent teeth with cariously exposed pulp: a systematic review. *J Endod* 2011;37:581-587.
9. Mente J, Hufnagel S, Leo M, Michel A, Gehrig H, Panagidis D, *et al.* Treatment outcome of mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide direct pulp capping: long-term results. *J Endod* 2014;40:1746-1751.
10. Nair PN, Duncan HF, Pitt Ford TR, Luder HU. Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: a randomized controlled trial. *Int Endod J* 2008;41:128-150.
11. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. *J Endod* 2010;36:400-413.
12. Kogan P, He J, Glickman GN, Watanabe I. The effects of various additives on setting properties of MTA. *J Endod* 2006;32:569-572.
13. Ber BS, Hatton JF, Stewart GP. Chemical modification of proroot mta to improve handling characteristics and decrease setting time. *J Endod* 2007;33:1231-1234.
14. Laurent P, Camps J, About I. Biodentine™(TM) induces TGF-beta1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization. *Int Endod J* 2012;45:439-448.

15. Nowicka A, Lipski M, Parafiniuk M, Sporniak-Tutak K, Lichota D, Kosierkiewicz A, *et al.* Response of human dental pulp capped with biodentine and mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2013;39:743-747.
16. Mori GG, Teixeira LM, de Oliveira DL, Jacomini LM, da Silva SR. Biocompatibility evaluation of biodentine in subcutaneous tissue of rats. *J Endod* 2014;40:1485-1488.
17. Jung JY, Woo SM, Lee BN, Koh JT, Nor JE, Hwang YC. Effect of biodentine and Bioaggregate on odontoblastic differentiation via mitogen-activated protein kinase pathway in human dental pulp cells. *Int Endod J* 2015;48:177-184.
18. da Fonseca TS, da Silva GF, Tanomaru-Filho M, Sasso-Cerri E, Guerreiro-Tanomaru JM, Cerri PS. In vivo evaluation of the inflammatory response and IL-6 immunoexpression promoted by Biodentine and MTA Angelus. *Int Endod J* 2015;49:45-53.
19. Camilleri J. Investigation of Biodentine as dentine replacement material. *J Dent* 2013;41:600-610.
20. Camilleri J. Staining Potential of Neo MTA Plus, MTA Plus, and Biodentine Used for Pulpotomy Procedures. *J Endod* 2015;41:1139-45.
21. Elnaghy AM. Influence of acidic environment on properties of Biodentine and white mineral trioxide aggregate: a comparative study. *J Endod* 2014;40:953-957.
22. Koubi G, Colon P, Franquin JC, Hartmann A, Richard G, Faure MO, *et al.* Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentine substitute, Biodentine, in the restoration of posterior teeth - a prospective study. *Clin Oral Investig* 2013;17:243-249.
23. Goldberg M. Pulp Aging: Fibrosis and Calcospherites; In: Goldberg M, editor. The Dental Pulp: Biology, Pathology, and Regenerative therapies. Paris: Springer; 2014. p.113-121.
24. Attik GN, Villat C, Hallay F, Pradelle-Plasse N, Bonnet H, Moreau K, *et al.* In vitro biocompatibility of a dentine substitute cement on human MG63 osteoblasts cells: Biodentine versus MTA®. *Int Endod J* 2014;47:1133-1141.
25. De Rossi A, Silva LA, Gatón-Hernandez P, Sousa-Neto MD, Nelson-Filho P, Silva RA, *et al.* Comparison of pulpal responses to pulpotomy and pulp capping with biodentine and mineral trioxide aggregate in dogs. *J Endod* 2014;40:1362-1369.
26. Butt N, Talwar S, Chaudhry S, Nawal RR, Yadav S, Bali A. Comparison of physical and mechanical properties of mineral trioxide aggregate and Biodentine. *Indian J Dent Res* 2014;25:692-697.
27. Kaup M, Dammann CH, Schafer E, Dammerschke T. Shear bond strength of Biodentine, ProRoot MTA, glass ionomer cement and composite resin on human dentine ex vivo. *Head Face Med* 2015;11:14.
28. Grech L, Mallia B, Camilleri J. Characterization of set Intermediate Restorative Material, Biodentine, Bioaggregate and a prototype calcium silicate cement for use as root-end filling materials. *Int Endod J* 2013;46:632-641.
29. Matsuo T, Nakanishi T, Shimizu H, Ebisu S. A clinical study of direct pulp capping applied to

- carious-exposed pulps. *J Endod* 1996;22:551-556.
30. Bogen G, Chandler N. Pulp preservation in immature permanent teeth. *Endodontic Topics* 2012;23:131-152.
31. Elias RV, Demarco FF, Tarquinio SB, Piva E. Pulp responses to the application of a self-etching adhesive in human pulps after controlling bleeding with sodium hypochlorite. *Quintessence Int* 2007;38:e67-77.
32. Silva AF, Tarquinio SB, Demarco FF, Piva E, Rivero ER. The influence of haemostatic agents on healing of healthy human dental pulp tissue capped with calcium hydroxide. *Int Endod J* 2006;39:309-316.
33. Seltzer S, Bender IB, Ziontz M. The dynamics of pulp inflammation: correlations between diagnostic data and actual histologic findings in the pulp. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1963;16:846-871.
34. Bjørndal L, Ricucci D. Pulp inflammation: From the reversible pulpitis to pulp necrosis during caries progression, In: Goldberg M, editor. *The Dental Pulp: Biology, Pathology, and Regenerative therapies*. Paris: Springer; 2014. p.125-139.
35. Mejare IA, Axelsson S, Davidson T, Frisk F, Hakeberg M, Kvist T, *et al*. Diagnosis of the condition of the dental pulp: a systematic review. *Int Endod J* 2012;45:597-613.
36. Asgary S, Eghbal MJ, Ghoddusi J. Two-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis: an ongoing multicenter randomized clinical trial. *Clin Oral Investig* 2014;18:635-641.

การหลุดเองของฟันและกระดูกเบ้าฟันตายหลังการเกิดโรคงูสวัดของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 : รายงานผู้ป่วย 1 ราย และทบทวนวรรณกรรม

Spontaneous Exfoliation of Teeth and Alveolar Bone Necrosis Following Herpes Zoster Infection of Trigeminal Nerve: A Case Report and Review of Literature

วรรณภรณ์ นิลพานิช¹

Wannaporn Nilpanit¹

¹กลุ่มงานทันตกรรม โรงพยาบาลอุดรดิตถ์ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์

¹Dental Department of Uttaradit Hospital, Uttaradit, Thailand

บทคัดย่อ

โรคงูสวัด (Herpes zoster; HZ) เป็นโรคที่เกิดจากการติดเชื้อกลับเป็นซ้ำของเชื้อวาริเซลลาซอสเตอร์ (Varicella zoster; VZV) เมื่อร่างกายมีภาวะภูมิคุ้มกันต่ำลง เชื้อไวรัสจะถูกกระตุ้นให้แบ่งตัวซ้ำ อาการแสดงของโรคพบตุ่มน้ำใส มีอาการเจ็บปวดบริเวณผิวหนังของเส้นประสาทที่ติดเชื้อ ภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นเมื่อมีการติดเชื้อที่เส้นประสาทแขนงแมกซิลลารี (maxillary division) หรือแขนงแมนดิบูลาร์ (mandibular division) ของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 (trigeminal nerve) ภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นในช่องปาก เช่น อาการปวดประสาทหลังการเกิดโรคงูสวัด ฟันตาย รากฟันละลาย การหลุดเองของฟัน กระดูกอักเสบหรือกระดูกเบ้าฟันตาย รายงานฉบับนี้แสดงผู้ป่วยชายไทย อายุ 54 ปี มีโรคประจำตัวคือ โรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง พบกระดูกเบ้าฟันตายไม่มีเนื้อเยื่อปกคลุมบริเวณขากรรไกรล่างด้านขวา และฟันล่างด้านขวาหลุดเองจากกระดูกเบ้าฟันหลังการมีตุ่มน้ำใสบริเวณผิวหนังใต้ริมฝีปากล่างด้านขวา จากลักษณะทางคลินิกได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคงูสวัดที่มีการติดเชื้อบริเวณแขนงแมนดิบูลาร์ด้านขวาของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 ทำให้เกิดภาวะกระดูกเบ้าฟันตายและฟันหลุดเองจากกระดูกเบ้าฟัน

คำสำคัญ: โรคงูสวัด, การหลุดเองของฟัน, กระดูกเบ้าฟันตาย

Abstract

Herpes zoster (HZ) is a disease caused by reactivation of varicella zoster virus (VZV). With the low immune condition, VZV was reactivated. It is characterized by multiple painful vesicles on skin that innervated by the affected nerve. The oral complications appear when the maxillary or mandibular divisions of the trigeminal nerve are involved. Oral complications are postherpetic neuralgia, devitalized teeth, resorption of root, and spontaneous exfoliation of teeth, osteomyelitis or alveolar bone necrosis. This paper presents a case of 54- year-old Thai male with underlying diabetic mellitus and hypertension presented with exposure of right mandibular alveolar bone necrosis and spontaneous exfoliation of right lower teeth after having vesicles at skin below right lower lip. Base on clinical features, a diagnosis of herpes zoster infection at right mandibular division of trigeminal nerve inducing alveolar bone necrosis with spontaneous exfoliation of teeth was given.

Key words: Herpes zoster, Spontaneous exfoliation of teeth, Alveolar bone necrosis.

Received Date: Feb 2, 2016
doi: 10.14456/jdat.2016.15

Accepted Date: Jun 14, 2016

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ

วรรณภรณ์ นิลพานิช 38/59 ถนนเจริญบาลดินทร์ ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000 ประเทศไทย โทรศัพท์: 081-3951712
อีเมลล์: lekwanaporn@gmail.com

Correspondence to:

Wannaporn Nilpanit 38/59, Jessadabordin Rd., T.Tha-it, A.Muang Uttaradit, Uttaradit 53000 Thailand Tel: 081-3951712
E-mail: lekwanaporn@gmail.com

โรคงูสวัด เป็นการติดเชื้อกลับเป็นซ้ำที่เกิดจากการติดเชื้อไวรัสเซลล์ลาซอสเตอร์ ซึ่งเป็นเชื้อไวรัสชนิดเดียวกับที่ทำให้เกิดโรคอีสุกอีใส (chicken pox)¹⁻⁷ เมื่อรับเชื้อไวรัสเซลล์ลาซอสเตอร์ครั้งแรกจากการติดต่อทางเดินหายใจหรือการสัมผัสทางผิวหนังเชื้อผ่านเส้นใยประสาทสัมผัส (sensory nerve fiber) ไปแฝงตัวอยู่ในปมประสาทรับความรู้สึก (sensory ganglia) เมื่อภูมิคุ้มกันร่างกายอ่อนแอ เชื้อจะแบ่งตัวและแพร่กระจายจากปมประสาทรับความรู้สึกทำให้เกิดโรคงูสวัด^{1,4} นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่กระตุ้นการแบ่งตัวของเชื้อ เช่น รั้งสิริกษาหรือเคมีบำบัด การกระทบกระเทือนหรือบาดเจ็บบริเวณปมประสาท ความเครียด^{1,6,7} โรคงูสวัดที่เกิดจากการติดเชื้อไวรัสเซลล์ลาซอสเตอร์ของปมประสาทและแพร่เชื้อไปตามเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 แขนงแมกซิลลารี พบรอยโรคได้บริเวณเพดานปาก เพดานอ่อน ลิ้นไก่ ขณะที่แขนงแมกซิลลารีพบรอยโรคบริเวณลิ้น ฟันปาก เยื่อช่องปาก ด้านแก้ม อาการแสดงในช่องปากเกิดขึ้นเมื่อมีการกระตุ้นการติดเชื้อบริเวณแขนงแมกซิลลารีหรือแขนงแมกซิลลารี มีอาการปวดมากคล้ายปวดฟัน ฟันตาย รากฟันละลาย กระจกแก้วฟันอักเสบ เอ็นยึดปริทันต์อักเสบ กระจกแก้วฟันตายและฟันหลุดเอง¹⁻³ การวินิจฉัยเพื่อแยกโรคงูสวัดที่เกิดบริเวณช่องปากทำได้ยากโดยเฉพาะรายที่มาด้วยอาการคล้ายปวดฟันโดยที่ไม่มีรอยโรคที่ผิวหนัง การรักษาที่รวดเร็วเป็นสิ่งสำคัญเพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรง

รายงานผู้ป่วย

ผู้ป่วยชายไทยอายุ 54 ปีถูกส่งตัวจากโรงพยาบาลชุมชนมาที่โรงพยาบาลอุดรดิตถ์

อาการสำคัญ

ฟันล่างด้านขวาโยกและหลุดเองหลายซี่ และมีกระดูกซี่โครงไม่มีเนื้อเยื่อปกคลุมบริเวณกรามล่างด้านขวา เป็นมาประมาณ 2 สัปดาห์

ประวัติเจ็บป่วยปัจจุบัน

6 สัปดาห์ก่อน ผู้ป่วยมีไข้ 2-3 วัน ต่อมาดื่มดื่มน้ำใสบริเวณผิวหนังใต้ริมฝีปากล่างด้านขวาและแก้มด้านขวาปวดหูขวา พบแพทย์ที่โรงพยาบาลอุดรดิตถ์ ได้รับการตรวจและวินิจฉัยเบื้องต้นโดยแพทย์เฉพาะทางด้านผิวหนังโดยอาศัยประวัติทางคลินิกร่วมกับรอยโรคที่ผิวหนังว่าเป็นโรคงูสวัด ได้รับการรักษาโดยได้รับยาอะไซโคลเวียร์ (acyclovir) 800 มิลลิกรัม รับประทานวันละ 5 ครั้ง เป็นเวลา 7 วัน อาการดีขึ้น ต่อมาดื่มดื่มน้ำใสแตก และตกสะเก็ดเห็นเป็นรอยแผลเป็นสีเข้มบริเวณผิวหนังใต้ริมฝีปากล่าง คางและแก้มตามแนวการเลี้ยงของแขนงแมกซิลลารีของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 หลังจากแผลที่บริเวณริมฝีปากตกสะเก็ดประมาณ 2 สัปดาห์ เริ่มสังเกตเห็นฟันล่างด้านขวาดังแต่ฟันหน้าถึงฟันกรามล่างทั้งหมดเริ่มโยกไม่มีอาการปวดและค่อย ๆ หลุดเองจากกระดูกเบ้าฟัน ไปพบทันตแพทย์ที่โรงพยาบาลชุมชนและถูกส่งตัวมารักษาตัวต่อที่โรงพยาบาลอุดรดิตถ์

ประวัติทางการแพทย์

ผู้ป่วยมีโรคประจำตัวคือ เบาหวาน และความดันโลหิตสูงได้รับการรักษาต่อเนื่องที่โรงพยาบาลชุมชนระหว่างที่ติดเชื้อโรคงูสวัดมีค่าน้ำตาลสูงประมาณ 220 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ผู้ป่วยได้รับยาดังนี้

- ยาไกลิพิไซด์ (glipizide) 5 มิลลิกรัม รับประทานครั้งละ 2 เม็ด วันละ 2 ครั้งหลังอาหารเช้า เย็น
- ยาเมทฟอร์มิน (metformin) 500 มิลลิกรัม รับประทานครั้งละ 2 เม็ด วันละ 2 ครั้งหลังอาหารเช้า เย็น
- ยาโลซาร์แทน (losartan) 50 มิลลิกรัม รับประทานครั้งละ 1 เม็ด วันละ 2 ครั้งหลังอาหารเช้า เย็น



รูปที่ 1 (ก),(ข) ผิวหนังสีเข้มบริเวณผิวหนังใต้ต่อ ริมฝีปาก
ล่างด้านขวาและบริเวณแก้ม ตามแนวแขนง
แมนติบูลาร์ของเส้นประสาท

- ยาไฮดราลาซีน (hydralazine) รับประทาน
ครั้งละ 2 เม็ด วันละ 3 ครั้งหลังอาหารเช้า กลางวัน เย็น
ผู้ป่วยปฏิเสธการแพทย์ การใช้ยาสเตียรอยด์ หรือ
ยากดภูมิคุ้มกัน

การตรวจร่างกายทั่วไป

พบอุณหภูมิร่างกาย 37 องศาเซลเซียส ชีพจร
88 ครั้งต่อนาที ความดันโลหิต 153/92 มิลลิเมตรปรอท

การตรวจภายนอกช่องปาก

ผิวหนังมีสีเข้มจากการมีเม็ดสีมากเกินไป (hyper-
pigmentation) บริเวณผิวหนังใต้ต่อริมฝีปากล่าง
ด้านขวาและคางตามแนวการเลี้ยงของแขนงแมนติบูลาร์
ของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 รูปที่ 1(ก),(ข) ไม่มีอาการปวด
ไม่ชา

การตรวจภายในช่องปาก

ฟันล่างด้านขวาหายไปยกเว้นฟันซี่ 42 โยก
ระดับ 3 พบกระดูกสีเหลืองไม่มีเนื้อเยื่อปกคลุมทางด้าน
ติดลิ้นของกระดูกขากรรไกรล่างด้านขวายาวประมาณ
3.5 เซนติเมตร เนื้อเยื่อบริเวณที่ฟันหายไปมีลักษณะ
บวมแดง มีเลือดออกง่าย (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 มีกระดูกสีเหลืองไม่มีเนื้อเยื่อปกคลุมอยู่ด้าน
ติดลิ้น บริเวณขากรรไกรล่างด้านขวา



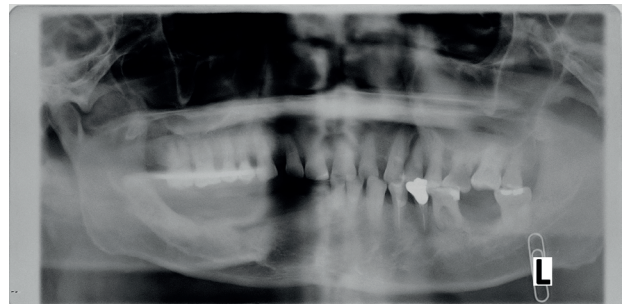
รูปที่ 3 หนึ่งสัปดาห์หลังการกำจัดกระดูกตาย พบมีกระดูกตายเหลืออยู่บริเวณสันเหงือกกลางของฟันซี่ 44 และ 45



รูปที่ 4 3 เดือนหลังผ่าตัดกำจัดกระดูกตาย แผลดีขึ้นและปิดสนิท



รูปที่ 5 ภาพถ่ายรังสีเงาที่บ่งชี้ของกระดูกเบ้าฟันบริเวณฟันซี่ 44 และ 45 ล้อมด้วยเงาโปร่งรังสี



รูปที่ 6 ภาพถ่ายรังสี หลังผ่าตัดกำจัดกระดูกตายไม่พบกระดูกตายหลังติดตามผลเป็นเวลา 3 เดือน กระดูกหายเป็นปกติ

การตรวจด้วยภาพถ่ายรังสี

ภาพถ่ายรังสีปริทัศน์ (panoramic) พบเงาที่บ่งชี้ของกระดูกเบ้าฟันบริเวณฟันซี่ 44 และ 45 ล้อมด้วยเงาโปร่งรังสี (รูปที่ 5) ซึ่งแสดงถึงกระดูกเบ้าฟันตาย ฟันซี่ 42 เอียงตัวไปด้านหลัง

การตรวจทางห้องปฏิบัติการ

หลังติดเชื้อโรคเอดส์ 6 สัปดาห์ ค่าน้ำตาลในเลือด 105 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ผลเอชไอวี (HIV) เป็นลบ

การวินิจฉัย

โรคเอดส์ที่มีการติดเชื้อบริเวณแขนงแมนดิบูลาร์ด้านขวาของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 ทำให้เกิดภาวะ

กระดูกเบ้าฟันตายและฟันหลุดเองจากกระดูกเบ้าฟัน

การรักษาทางทันตกรรม

กำจัดกระดูกตายบริเวณกระดูกขากรรไกรล่างและตกแต่งแผลโดยการกรอกระดูกตายที่ไม่มีเนื้อเยื่อปกคลุมออก ขูดเนื้อเยื่อที่ตายรอบกระดูก ล้างแผลด้วยน้ำเกลือ ให้ผู้ป่วยรับประทานยาอะม็อกซิซิลลิน (Amoxicillin) 1000 มิลลิกรัม วันละ 2 ครั้งนาน 7 วัน นัดผู้ป่วยมาติดตามอาการ หนึ่งสัปดาห์หลังการขูดกระดูกตาย เนื้อเยื่อทั่วไปได้ขึ้น พบกระดูกตายบริเวณกลางสันเหงือกกลางของฟันซี่ 44 และ 45 ขึ้นกระดูกตายขยับได้ (รูปที่ 3) ได้ทำการกำจัดกระดูกตายโดยการผ่าตัดนำขึ้นกระดูกตายออกทั้งหมด ล้างด้วยน้ำเกลือ ให้รับประทาน

ยาอะมอกซิซิลลิน 1000 มิลลิกรัม วันละ 2 ครั้งนาน 7 วัน นัดผู้ป่วยมาติดตามอาการประมาณ 2 สัปดาห์ อาการโดยทั่วไปดีขึ้น เนื้อเยื่อปิตต์ไม่พบกระดูกตาย นัดผู้ป่วยมาติดตามต่อเนื่องทุก 1 เดือน การติดตามผลการรักษาเดือนที่ 2 พบเศษกระดูกตายขึ้นเล็ก ๆ บริเวณสันเหงือกของฟันซี่ 47 ได้ทำการขูดเพื่อกำจัดเศษกระดูกตาย การติดตามการรักษาเดือนที่ 3 แผลต้นขึ้นเนื้อเยื่อปิตต์สนิท (รูปที่ 4) ภาพรังสีปริทัศน์ไม่พบร่องรอยของกระดูกตาย กระดูกขากรรไกรมีการหายที่เป็นปกติ (รูปที่ 6)

ทบทวนวรรณกรรม

โรคถุงสวัดเกิดจากการติดเชื้อไวรัสเฮอร์ปีสเซลล์ล่าซอสเตอร์เมื่อเชื้อไวรัสเฮอร์ปีสเซลล์ล่าซอสเตอร์เข้าสู่ร่างกายแล้วเชื้อจะแพร่กระจายไปยังเนื้อเยื่อต่อมน้ำเหลืองที่อยู่ใกล้เคียง ไวรัสเพิ่มจำนวนขึ้นในซีดี 4 ทีเซลล์จดจำ (memory CD4 T-cell) เข้าสู่กระแสเลือดกระจายไปอวัยวะต่าง ๆ และไปผิวหนัง ทำให้เกิดผื่นและตุ่มน้ำตามผิวหนังเกิดโรคอีสุกอีใส หลังจากนั้นเชื้อไวรัสเฮอร์ปีสเซลล์ล่าซอสเตอร์จะเคลื่อนตัวตามแนวเส้นประสาทเข้าไปแฝงตัวในปมประสาทรับรู้ความรู้สึกที่อยู่ใกล้ ๆ เข้าสู่ระยะแฝงตัว (latent stage) คือ เชื้อจะไม่แบ่งตัวไม่ก่อให้เกิดโรคและไม่ติดต่อ เมื่อภูมิคุ้มกันร่างกายอ่อนแอ เชื้อจะถูกกระตุ้นและแบ่งตัวทำให้เกิดการอักเสบและการตายของเส้นประสาทที่มาเลี้ยงปมประสาทนั้น เกิดตุ่มน้ำใสที่ผิวหนังบริเวณเส้นประสาทส่วนนั้นมาเลี้ยงร่วมกับมีอาการปวดแสบปวดร้อน¹⁻³ ในระยะที่เชื้อแบ่งตัวอาจแพร่กระจายเข้าหลอดเลือดได้เช่นกัน ทำให้เกิดตุ่มน้ำนอกแนวผิวหนังเส้นประสาทมาเลี้ยงได้ ระบบภูมิคุ้มกันที่มีเซลล์เป็นสื่อ (cell-mediated immune: CMI) จะมีบทบาทสำคัญในการยับยั้งการเกิดโรคถุงสวัด หากระดับภูมิคุ้มกันลดต่ำลงอาจเป็นผลจากการลดลงของระบบภูมิคุ้มกันที่มีทีเซลล์เป็นสื่อ (T-cell-mediated immunity) เช่น กลุ่มผู้สูงอายุ ผู้ติดเชื้อเอชไอวี มะเร็งต่อมน้ำเหลือง มะเร็งเม็ดเลือดขาว

เบาหวาน ผู้ที่ได้รับยากดภูมิคุ้มกัน หรือยาสเตียรอยด์ติดต่อกันเป็นเวลานาน กลุ่มผู้ป่วยได้รับการปลูกถ่ายไขกระดูก หรือผู้ที่ได้รับรังสีรักษา การถูกระบบกระเทือนบริเวณปมประสาทจากการบาดเจ็บหรือได้รับการผ่าตัดกระดูกสันหลัง^{1,2,6}

อุบัติการณ์

โรคถุงสวัดพบอัตราการเกิดได้น้อยประมาณร้อยละ 3-5 ต่อ 1000 คนจากผู้ติดเชื้อเฮอร์ปีสเซลล์ล่าซอสเตอร์¹ อัตราการแพร่กระจายเชื้อในผู้สัมผัสใกล้ชิดประมาณร้อยละ 15^{4,6} การเกิดโรคสามารถเกิดขึ้นได้เองหรือเมื่อภูมิคุ้มกันของร่างกายลดต่ำลง อายุและสภาวะภูมิคุ้มกันของร่างกายเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญของการเกิดโรค^{1,7} พบมากในผู้มีอายุมากกว่า 45 ปี โดยอัตราการเกิดโรคสูงสุดในกลุ่มอายุระหว่าง 60-90 ปี^{1,7} ผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ เช่น โรคเอดส์ มะเร็ง ผู้ป่วยที่ได้เคมีบำบัด รังสีรักษา หรือผู้ป่วยที่ได้รับยากดภูมิคุ้มกัน¹⁻³ ในผู้ป่วยติดเชื้อเอชไอวีมีอัตราการเกิดโรคเพิ่มขึ้น 15 เท่า¹ และร้อยละ 25 ของผู้ป่วยมะเร็งต่อมน้ำเหลืองชนิดฮอดจกิน (Hodgkin's lymphoma) เป็นโรคถุงสวัด¹ ในผู้ที่มีภูมิคุ้มกันร่างกายต่ำพบว่าอัตราการเกิดโรคจะสูงขึ้นและความรุนแรงจะมากขึ้น⁷ ระยะเวลาที่รอยโรคคงอยู่จะนานกว่าและมักมีรอยโรคเกิดขึ้นใหม่ในสัปดาห์ที่ 2 ของโรค บริเวณที่พบรอยโรคได้มากที่สุดคือ ผิวหนังทรงวงระดับที่ 3 (T3) ถึง ผิวหนังเอวระดับแอล 3 (L3) ร้อยละ 50^{8,9} พบรองลงมาร้อยละ 18.5-22.5 ที่เส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 แขนงที่พบบ่อย คือ แขนงออปทาลมิก (ophthalmic branch)^{8,9}

อาการแสดงทางคลินิก

โรคถุงสวัด ประกอบด้วยรอยโรคที่ผิวหนังร่วมกับอาการปวดบริเวณผิวหนังที่เส้นประสาทมาเลี้ยงเกิดเส้นประสาทอักเสบชนิดเฉียบพลัน ลักษณะรอยโรคจะมีผื่นหรือตุ่มน้ำขึ้นที่ผิวหนัง มักเป็นข้างใดข้างหนึ่งของร่างกายกระจายตัวตามแนวเส้นประสาทรับรู้ความรู้สึกที่มาเลี้ยง

แบ่งได้เป็น 3 ระยะ^{1,2,5,11,12}

1. ระยะอาการนำ (Prodromal stage) โดยก่อนที่ตุ่มน้ำขึ้นผู้ป่วยจะมีการปวดแสบปวดร้อน ชา เจ็บ คันผิวหนังตามแนวเส้นประสาทในบริเวณที่ตุ่มน้ำจะขึ้น อาการปวดอาจปวดเป็นพัก ๆ หรือปวดตลอดเวลา อาการปวดมักเป็นอยู่นาน 3-7 วัน

2. ระยะแพร่เชื้อ (Active stage) อาการมีไข้ ปวดศีรษะ ปวดเมื่อยตามตัว 1-2 วันก่อนจะมีรอยโรคที่ผิวหนัง รอยโรคจะมีผื่นขึ้นที่ส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกาย มักเป็นข้างใดข้างหนึ่งของร่างกาย กระจายตัวไปตามแนวเส้นประสาทที่แผ่กระจายอยู่ ระยะแรกเป็นผื่นแบนราบ (macule) ต่อมาจะกลายเป็นผื่นนูน (papule) และตุ่มน้ำใส (vesicle) ภายใน 3-5 วัน บางส่วนกลายเป็นตุ่มหนอง (pustule) ตุ่มหนองนี้จะค่อยๆ กลายเป็นตุ่มที่มีจุดบุ๋มตรงกลางคล้ายสะดือ (umbilicated) และตกสะเก็ดภายใน 14-21 วัน บางตำแหน่งอาจจะทิ้งรอยแผลเป็น หรือลักษณะรอยสีผิวเข้มหรือสีผิวจางเป็นจุดที่ผิวหนัง เป็นมากน้อยไม่เท่ากัน

การติดเชื้อที่เส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 แขนงที่พบบ่อยคือแขนงออปทัลมิก (ophthalmic branch)^{8,9} ซึ่งยังแบ่งออกเป็นแขนงย่อยเส้นประสาท ฟรอนทัล (frontal nerve) เส้นประสาทลาโคโมล (lacrimal nerve) และเส้นประสาทนาโซซิลิอาลี (nasociliary nerve) การเกิดโรคที่แขนงย่อยของแขนงออปทัลมิก เรียกว่าเฮอร์พีซซอสเตอร์ ออปทัลมิกัส (herpes zoster ophthalmicus) ซึ่งเป็นแขนงที่ทำให้เกิดผลแทรกซ้อนที่รุนแรง ข้อสังเกตคือ พบตุ่มน้ำที่ข้างจมูก หรือปลายจมูกที่เรียกว่า อาการฮัทชินสัน (Hutchinson's sign) เป็นสัญญาณที่แสดงว่าเป็นการติดเชื้อที่เส้นประสาทแขนงนาโซซิลิอาลีซึ่งเป็นเส้นประสาทที่ไปเลี้ยงบริเวณลูกตาทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนที่ตา เช่น กระจกตาอักเสบ (keratitis) เส้นประสาทตาอักเสบ (ophthalmic neuritis) ผนังลูกตาชั้นกลางอักเสบ (uveitis) รวมทั้งทำให้เกิดแผลที่กระจกตา (corneal ulcer) ทำให้ประสิทธิภาพการมองเห็นน้อยลง

บางรายทำให้ตาบอดได้ ถ้าเชื้อเข้าสู่แขนงแมกซิลลารีและแขนงแมนติบูลาร์ ของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 จะเกิดตุ่มน้ำในปาก หู และหลอดอาหารได้ ถ้าเชื้อเข้าสู่เส้นประสาทสมองคู่ที่ 7 (facial nerve) และเส้นประสาทสมองคู่ที่ 8 (auditory nerve) ทำให้เกิดกลุ่มอาการแรมเซย์ ฮันท์ (Ramsay Hunt syndrome) คือ ผู้ป่วยจะมีอัมพาตของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 7 (facial nerve palsy) พร้อมกับตุ่มน้ำที่หูชั้นนอกหรือเยื่อแก้วหู (tympanic membrane) จะมีอาการหูอื้อหรือมีเสียงในหู (tinnitus) เวียนหัว บ้านหมุน (vertigo) หูหนวก (deafness)

3. ระยะเรื้อรัง (Chronic stage) หรือเรียกว่าอาการปวดประสาทหลังเป็นงูสวัด เป็นอาการปวดเส้นตามประสาทหลังจากติดเชื้องูสวัดที่คงอยู่หลังจากแผลหายดีนานกว่า 1-3 เดือน อาการปวดอาจเป็นแบบปวดมากตลอดเวลา ปวดเสียวแปลบ ๆ เป็นพัก ๆ หรือปวดเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยการสัมผัสเพียงเล็กน้อย

ในผู้ป่วยบางรายมีอาการไม่ครบทั้ง 3 ระยะ บางรายพบอาการนำโดยไม่พบรอยโรคที่ผิวหนังเรียกว่า ซอสเตอร์ ซาย เฮอร์พีท (zoster sine herpete) ทำให้การวินิจฉัยทำได้ยาก หากมีการติดเชื้อบริเวณแขนงแมกซิลลารี หรือแมนติบูลาร์ของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 ระหว่างการสร้างฟันจะทำให้เกิดสร้างฟันที่มีรูปร่างผิดปกติ³

ภาวะแทรกซ้อน

1. อาการปวดประสาทหลังเป็นงูสวัด เป็นภาวะแทรกซ้อนจากการติดเชื้อที่พบมากที่สุดประมาณร้อยละ 8-15⁴ อาการปวดเส้นประสาทจะคงอยู่หลังจากตุ่มน้ำใสแตกและแผลที่ผิวหนังหายนานมากกว่า 1-3 เดือน ผู้ป่วยอายุ 60 ปีขึ้นไปจะพบอาการปวดประสาทหลังเป็นงูสวัดร่วมด้วยประมาณร้อยละ 50 พบภาวะนี้ได้บ่อยในผู้ป่วยที่มีอาการปวดมาก่อนตุ่มน้ำหรือระหว่างตุ่มน้ำขึ้น

2. การติดเชื้อแบคทีเรียซ้ำซ้อนที่รอยโรค มักเกิดจากเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก เช่น สแตปฟีโลคอคคัส (Staphylococcus) สเตรปโตคอคคัส (Streptococcus)

3. ภาวะแทรกซ้อนทางระบบประสาทได้แก่ อัมพาตของระบบประสาทมอเตอร์ (motor paralysis) พบได้บ่อยที่เส้นประสาทสมองคู่ที่ 7^{1,3} ประมาณร้อยละ 1-5 อาการอัมพาตของกล้ามเนื้อมักพบใน 2 สัปดาห์หลังจากเกิดโรคโดยมักเป็นกล้ามเนื้อที่เลี้ยงด้วยเส้นประสาทเดียวกับที่เลี้ยงบริเวณผิวหนังที่เป็นโรค

4. เกิดภาวะแทรกซ้อนกับระบบประสาทอื่น ๆ เช่น เยื่อหุ้มสมองอักเสบ (aseptic meningitis) สมองอักเสบ (encephalitis)³ เส้นประสาทส่วนปลายชนิดมอเตอร์ผิดปกติ (peripheral motor neuropathy) ไขสันหลังอักเสบ (myelitis) กลุ่มอาการของหลอดเลือดสมอง (stroke syndromes) จอประสาทตาตายเฉียบพลัน (acute retinal necrosis)

5. ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ อาจพบลักษณะงูสวัด ซึ่งมีการกระจายตัวของผื่นและตุ่มน้ำที่มีความรุนแรงหายช้าและมักเกิดเป็นเนื้อตายและติดเชื้อแบคทีเรียทั่วร่างกายและอวัยวะอื่นเพิ่มสูงขึ้น¹⁰ เช่น ปอดอักเสบ (pneumonitis) ตับอักเสบ (hepatitis) ทำให้เสียชีวิตได้ ตุ่มน้ำอาจเกิดรุนแรงมากหรือแพร่กระจายและหายช้ากว่าปกติ ผื่นมักเกิดเป็นเนื้อตายติดเชื้อแบคทีเรียแทรกซ้อนได้ง่าย³

การวินิจฉัย^{1,2,3}

1. การวินิจฉัยงูสวัดอาศัยการซักประวัติและลักษณะทางคลินิกโดยเฉพาะการพบรอยโรคเป็นผื่นหรือตุ่มน้ำบริเวณผิวหนังร่วมกับอาการปวดตามแนวเส้นประสาทที่ติดเชื้อ การตรวจทางห้องปฏิบัติการเพื่อยืนยันต้องใช้เวลาในในกลุ่มผู้ป่วยที่มีลักษณะทางคลินิกที่ไม่ชัดเจนหรือกลุ่มที่มีแต่อาการนำโดยไม่พบรอยโรคที่ผิวหนัง อาจต้องใช้ผลทางห้องปฏิบัติการร่วมด้วย

2. แชนก์ สเมียร์ (Tzanck smear) โดยการขูดบริเวณฐานของตุ่มน้ำจะพบเซลล์ขนาดใหญ่ที่มีหลายนิวเคลียส (multinucleated giant cells)

3. การเพาะเชื้อจากตุ่มน้ำ (culture) มักมี

ข้อจำกัดเรื่องใช้เวลานานในการเพาะเชื้อ

4. การตรวจหาเชื้อโดยการย้อมภูมิฟลูออเรสเซนต์ (Immunofluorescent) หรือโดยวิธีปฏิกิริยาลูกโซ่โพลิเมอเรส (Polymerase Chain Reaction; PCR) วิธีนี้จะทำให้สามารถแยกเชื้อไวรัสเวริเซลล่าได้เฉพาะเจาะจง

5. การตรวจไตเตอร์ของแอนติบอดี (antibody titer) ต่อไวรัสเวริเซลล่าของสเฮอร์

การรักษา

แนวทางการดูแลผู้ป่วยที่เป็นโรคงูสวัด ควรคัดแยกผู้ป่วยเพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อ ในผู้ป่วยภูมิคุ้มกันปกติที่อายุน้อยกว่า 50 ปี อาการไม่รุนแรงให้รักษาตามอาการ เช่น ยาแก้ปวด ยกเว้นการติดเชื้อบริเวณเส้นประสาทออปติคัมของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 แนะนำให้ใช้ยาต้านไวรัส (antiviral drugs) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาการติดเชื้อไวรัสชนิดเฉียบพลัน ลดความเจ็บปวดที่เกิดจากการติดเชื้อ ป้องกันภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้น เช่น อาการปวดเส้นประสาทหลังการติดเชื้อ การให้ยาต้านไวรัสสามารถลดอาการปวดที่เกิดขึ้น ลดการอักเสบ รวมทั้งลดจำนวนตุ่มน้ำที่จะเกิดขึ้นถ้าให้ยาภายใน 72 ชั่วโมงหลังจากที่ผื่นแดงขึ้นโดยให้ในกลุ่มดังต่อไปนี้^{1,13,14}

- อะไซโคลเวียร์ 800 มิลลิกรัม รับประทานวันละ 5 ครั้งเป็นเวลา 7-10 วัน หรือให้ทางหลอดเลือดดำ 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทุก 8 ชั่วโมง เป็นเวลา 7-10 วัน

- แฟมซิโคลเวียร์ (Famciclovir) 500 มิลลิกรัม รับประทานวันละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 7 วัน

- วาลาไซโคลเวียร์ (Valacyclovir) 1 กรัม รับประทานวันละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 7 วัน

- บริวดีน (Brivudin) 125 มิลลิกรัม รับประทานวันละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 7 วัน

ในกลุ่มผู้ป่วยมีอาการปวดประสาทหลังเป็นงูสวัด มีแนวทางการรักษาดังนี้¹

1. การใช้ยาเฉพาะที่ (Topical agents)

- ครีมแคปไซซิน (capsaicin cream) ทาบริเวณแผลวันละ 3-5 ครั้ง

- ลิโดเคน ชนิดแปะ (Lidocaine, Xylocaine patch) แปะบริเวณแผลทุก 4-12 ชั่วโมง

2. การให้ยาด้านซึมเศร้าชนิดไตรไซคลิก (Tricyclic antidepressants)

- อะไมทริปไทลีน (Amitriptyline) 25 มิลลิกรัม รับประทานก่อนนอน หรือเพิ่มครั้งละ 25 มิลลิกรัม ทุก 2-4 สัปดาห์ โดยขนาดยารับประทานสูงสุดไม่เกิน 150 มิลลิกรัม/วัน

- นอร์ทริปไทลีน (Nortriptyline) 25 มิลลิกรัม รับประทานก่อนนอน หรือเพิ่มครั้งละ 25 มิลลิกรัม ทุก 2-4 สัปดาห์ โดยขนาดยารับประทานสูงสุดไม่เกิน 125 มิลลิกรัม/วัน

- อิมิมิพรามิน (Imipramine) รับประทานก่อนนอน หรือเพิ่มครั้งละ 25 มิลลิกรัม ทุก 2-4 สัปดาห์ โดยขนาดยารับประทานสูงสุดไม่เกิน 150 มิลลิกรัม/วัน

- เดสิพรามิน (Desipramine) 25 มิลลิกรัม รับประทานก่อนนอน หรือเพิ่มครั้งละ 25 มิลลิกรัม ทุก 2-4 สัปดาห์ โดยขนาดยารับประทานสูงสุดไม่เกิน 125 มิลลิกรัม/วัน

3. การให้กลุ่มยากันชัก (Anticonvulsants)

- เฟนิโทอิน (Phenytoin) 100-300 มิลลิกรัม รับประทานก่อนนอน โดยเพิ่มขนาดยาได้จนกระทั่งตอบสนองต่อยาแต่ระดับยาในกระแสเลือดไม่ควรเกิน 10-20 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

- คาร์บามาซีพีน (Carbamazepine) 100 มิลลิกรัม รับประทานก่อนนอน หรือเพิ่มเป็น 3 ครั้ง/วัน จนกระทั่งระดับยาเพิ่มเป็น 200 มิลลิกรัม 3 ครั้ง/วัน แต่ระดับยาในกระแสเลือดไม่ควรเกิน 6-12 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

- กาบาเพนติน (Gabapentin) 100-300 มิลลิกรัม รับประทานก่อนนอน สามารถปรับขนาดยาเพิ่มได้แต่ไม่ควรเกิน 300-900 มิลลิกรัม 3 ครั้ง/วัน

การใช้ยากลุ่มคอร์ติโคสเตียรอยด์ (corticosteroids) มีรายงานว่าสามารถลดความเจ็บปวดและไม่สบายในช่วงสัปดาห์แรกของการติดเชื้อ แต่ไม่สามารถลดอัตราการเกิดหรือลดความรุนแรงของอาการปวดหลังเป็นงูสวัดได้

วิจารณ์

โรคงูสวัดพบอัตราการเกิดประมาณร้อยละ 10-20 ของทุกกลุ่มอายุ แต่อัตราการเกิดจะเพิ่มเป็น 2 เท่าในผู้ที่มีอายุมากกว่า 50 ปี¹ โรคงูสวัดที่เส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 แขนงแมกซิลารีหรือแขนงแมนติบูลาร์ พบได้น้อยเพียงร้อยละ 15³ รอยโรคบริเวณผิวหนังพบตุ่มน้ำใส ตุ่มหนอง หรือแตกเป็นแผลร่วมกับอาการปวดบริเวณผิวหนังที่เส้นประสาทเกิดการติดเชื้อ อาการในช่องปากที่อาจพบได้ เช่น อาการปวดฟันหรือปวดสับสนปวดร้อนในปาก ฟันตาย รากฟันละลาย เนื้อเยื่อปริทันต์อักเสบ ฟันโยกและหลุดเองจากกระดูกเบ้าฟัน กระดูกเบ้าฟันอักเสบและตาย^{1,3,14} พบอาการประมาณ 6 สัปดาห์หลังจากพบตุ่มน้ำใส เชื่อว่าเป็นผลมาจากกระบวนการอักเสบทำให้หลอดเลือดข้างเคียงอักเสบเกิดการอุดตันและตายของหลอดเลือดและกระดูก หรือจากการติดเชื้อที่เส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 ที่ไปเลี้ยงเยื่อหุ้มกระดูกและอวัยวะปริทันต์เกิดภาวะอักเสบและบวมของเส้นประสาททำให้เส้นเลือดที่เลี้ยงกระดูกเบ้าฟันที่อยู่ใกล้เคียงถูกกดทับเกิดภาวะขาดเลือดไปเลี้ยงที่กระดูกและเนื้อเยื่อรอบฟัน^{4,6,11,14-17} การตายของกระดูกเบ้าฟันและการหลุดเองของฟันพบได้น้อยมากแต่เป็นภาวะแทรกซ้อนที่มีความรุนแรงซึ่งพบได้ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ⁴ ผู้ป่วยรายนี้เป็นกลุ่มผู้ป่วยที่มีอายุมากกว่า 50 ปี มีประวัติโรคประจำตัวเป็นเบาหวาน ในระหว่างการติดเชื้อพบว่าค่าระดับน้ำตาลในเลือดสูง

220 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าปกติ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อได้ง่ายและมีความรุนแรงสูงเนื่องจากความผิดปกติของระบบคุ้มกันชนิดฟิงเซลล์บกพร่อง และความผิดปกติในการทำหน้าที่ของเซลล์กลืนกิน (phagocyte) เนื่องจากภาวะน้ำตาลในเลือดสูง (hyperglycemia) ⁷ อุบัติการณ์การเกิดโรคสูงที่สุดในผู้ป่วยที่มีประวัติเป็นโรคเบาหวาน^{5,16} ถ้าแพทย์ผู้รักษาสสามารถวินิจฉัยได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วจะทำให้การรักษามีประสิทธิภาพและลดความรุนแรงของโรคได้

สรุป

ผู้ป่วยรายนี้เป็นโรคสูงวัยที่เกิดจากการติดเชื้อกลับซ้ำของไวรัสเฮอร์ปีสซอสเตอร์ที่เส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 ร่วมกับการเกิดรอยโรคในช่องปากคือกระดูกขากรรไกรบนตายและการหลุดเองของฟันจากขากรรไกรบนซึ่งเป็นภาวะแทรกซ้อนที่พบได้น้อยแต่มีความรุนแรงมาก โดยผู้ป่วยรายนี้มีภาวะเบาหวานที่ควบคุมไม่ได้ขณะที่เกิดการติดเชื้อไวรัส ทันตแพทย์มีส่วนสำคัญในการรักษาภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นในช่องปาก จึงควรมีความรู้ความเข้าใจในการดำเนินของโรคและปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรงเพื่อการวินิจฉัยที่รวดเร็วและการรักษาที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

1. Vineet DA, Mithra R, Baskaran P, Mishra S. Oro-facial herpes zoster: a case report with a detailed review of literature. *OMPJ* 2013;4:346-54.
2. Asha ML, Chatterjee I, Patil P, Vijayan A. Herpes zoster leading to viral osteomyelitis or neuralgia inducing cavitation osteonecrosis? - a case report and review of literature. *IJSS* 2014;2:125-9.

3. Wadhawan R, Luthra K, Reddy Y, Singh M, Jha J, Solanki G. Herpes zoster of right maxillary division of trigeminal nerve along with oral manifestations in a 46 year old male. *I.J.A.B.R* 2015;5:281-4.
4. Patil S, AlZarea BK. Spontaneous exfoliation and osteonecrosis following herpes zoster infection in an HIV-seropositive subject: a case report. *Austin J Dent* 2015;2:1-3.
5. Suaya JA, Chen S-Y, Li Q, Burstn SJ, Levin MJ. Incidence of herpes zoster and persistent post-zoster pain in adult with or without diabetes in the United States. *Open Forum Infectious Disease* 2014;1-11
6. Mahima VG, Patil K, Srikanth HS. Herpes zoster induced alveolar necrosis in an immunocompetent patient. *Iranian J Clin Infect Dis* 2010;5:235-8.
7. Nassaji-Zavareh M, Taheri R, Ghorbani R, Aminian M. Undiagnosed diabetes mellitus in patients with herpes zoster. *Indian J Dermatol* 2008;53:119-21.
8. Tabrizi R, Nazhvani AD, Vahedi A, Gholami M, Zare R, Parsa RE. Herpes zoster induced osteomyelitis in the immunocompromised patients: a 10 year multicenter study. *J Dent Shiraz Univ Med Sci* 2014;15:112-6.
9. Kim NK, Kim BC, Nam JW, Kim HJ. Alveolar bone necrosis and spontaneous tooth exfoliation associated with trigeminal herpes zoster: a report of three cases. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 2012;38:177-83.
10. Chernev I, Gomez E. Herpes zoster and diabetic mellitus. *Korean J Pain* 2014;27:92.
11. Sharma D, Jhingta P, Singh M, Bhardwaj VK,

Vaid S, Negi N. Odontalgia, alveolar bone necrosis and spontaneous exfoliation of multiple teeth following herpes zoster infection of trigeminal nerve. *J Cranio Max Dis* 2012;11:27-32.

12. Tidwell E, Hutson B, Burkhart N, Gutmann JL, Ellis C.D. Herpes zoster of the trigeminal nerve third branch: a case report and review of the literature. *Int Endod J* 1999;32:61-6.

13. Bandral MR, Chindambar YS, Telkar S, Japatti S, Choudary L, Dodamani A. Oral complication of herpes zoster infection-report of 3 cases. *Int J Dental Clin* 2010;2:70-3.

14. Onem E, Alpoz E, Kandemir S, Akay C. Mandibular osteomyelitis following trigeminal herpes zoster infection. *Hacettepe Dis Hekimligi Fakultesi Dergisi* 2009;33:31-5.

15. Muto T, Tsuchiya H, Sato K, Kanazawa M. Tooth Exfoliation and Necrosis of the Mandible- A Rare Complication Following Trigeminal Herpes Zoster: Report a rare case. *J Oral Maxillofac Surg* 1990;48:1000-3.

16. Arora PC, Manchanda AS, Narang RS, Arora A. Mandibular osteonecrosis and teeth exfoliation after herpes zoster infection in an HIV-inflicted individual. *JIAOMR* 2015;27:101-4.

17. Mahajan VK, Nitin R, Sharma S, Sharma NL. Spontaneous tooth exfoliation after trigeminal herpes zoster: A case series of an uncommon complication. *Indian J Dermatol* 2013;1-6

A Comparison of Liners and Adhesive Systems in Preventing Coronal Dye Penetration in Root-filled Teeth Subjected to Functional Forces

Pattama Chailertvanitkul¹, Peerapong Kupradit¹, Poonyaphorn Thanyakoop¹,
Pacharee Kulwattanaporn¹, Nuttapong Kantrong¹, Subin Puasiri² and Paul Vincent Abbott³

¹Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Khon Kaen

²Department of Community Dentistry, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Khon Kaen

³School of Dentistry, The University of Western Australia, Nedlands WA 6009, Australia

Abstract

Root-filled teeth must be restored with materials that prevent penetration of bacteria and fluids containing nutrients. Different liners materials and etching techniques are available for use with composite resins. The aim of this study was to compare dye penetration with two liners and two adhesive systems in access cavities of root-filled premolars whilst simultaneously subjected to functional loading. Extracted human premolars were accessed and root-filled. Teeth in groups I and II were lined Vitrebond while groups III and IV were lined with Ionosit. Groups I and III were etched and primed with Optibond FL primer. Optibond FL adhesive was placed and filled with Premise composite resin. Groups II and IV had Optibond XLR primer, Optibond FL adhesive and the same composite. Specimens were then mounted and subjected to the equivalent of three months mastication whilst simultaneously immersed in India ink. Specimens were retrieved and sectioned. Dye penetration was measured and expressed as a ratio of the tooth length. Data were analysed by one-way ANOVA, followed by the Bonferroni test. The results showed that controls performed as designed. There was no statistically significant difference between the four experimental groups ($p = 0.051$). Neither Vitrebond nor Ionosit showed significant differences in preventing dye penetration (t -test, $p = 0.663$) but the total-etch system had significantly less dye penetration than the self-etch system (t -test, $p = 0.007$). In conclusions, there was no difference between the two liners in preventing dye penetration. The total-etch system was significantly better at preventing dye penetration than the self-etch system in ideal endodontic access cavities in root-filled premolar teeth.

Keywords: liners, adhesive system, dye penetration, functional forces

Received Date: Oct 22, 2015

Accepted Date: May 18, 2016

doi: 10.14456/jdat.2016.16

Correspondence to:

Pattama Chailertvanitkul. Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002 Thailand. Tel: 043-202405 ext 45143-4 Fax: 043-202862 E-mail: patchai@kku.ac.th

Root canal therapy should not be considered complete until a definitive coronal restoration has been placed. The ideal restoration for endodontically-treated teeth should restore function and esthetics, protect the remaining tooth structure and resist bacterial penetration. At present, improved restorative adhesive bonding techniques and materials have led researchers to advocate the use of adhesive restorative systems to restore the ideal standard access cavities.¹⁻³ They could improve the tooth's fracture resistance and longevity, moreover, they may provide potential periodontal and economic benefits to patients. Nevertheless, endodontically-treated teeth may offer different conditions for bonding and restoration - for instance, exposure of root-treated dentin to various irrigation solutions such as sodium hypochlorite may influence the hybridization quality of intraradicular dentin.^{4,5} Moreover, bonding to the pulp chamber may be different from bonding to coronal dentin because the volume of the restoration is larger in endodontically-treated teeth, and more resin increments are necessary to fill the access cavity. Cusps lose their support from the roof of the pulp chamber and may flex owing to shrinkage stresses. All these factors may affect the marginal quality of bonded restorations in endodontically-treated teeth.

Numerous commercial bonding systems are available using two concepts: "total-etch"

and "self-etch" adhesive systems. One-step self-etch or seventh generation adhesives have the combination of etchant and primer in the one system. The manufacturers claim that its advantage is to reduce the application time and technique-related sensitivity. On the other hand, there is an ongoing debate regarding the efficacy of bonding to enamel with self-etch adhesive systems.

There are many factors that can affect the marginal integrity of coronal restorations such as the types and techniques of material used, the thickness, the mastication forces, etc. The use of glass ionomer cements, resin modified glass ionomers and flowable composites have been advocated to prevent the entrance of oral fluids and micro-organisms into the root canal system. However, they have shown contradictory results.^{6,7} Functional forces have been shown to contribute to the degradation of the resin bond in restorative applications.⁸ Repeated stress causes micro-fractures and cracks within the resin.⁸

The purpose of this *in vitro* study was to compare coronal dye penetration of two liners and two adhesive systems in access cavities of root-filled teeth whilst simultaneously subjected to functional loading.

Materials and Methods

Seventy-six extracted, human, caries-free maxillary first premolars with two distinct root canals were used. Two teeth were used as negative controls without access cavities. The other 74 teeth had standard access cavities prepared and the root canals were negotiated. Patency of the apical foramen was determined using a #15 K-flex file (Kerr, MI, USA). The working length was established 1-mm short of the length at which the file exited the apical foramen. The canals were chemo-mechanically prepared using the step back technique to a #35 master apical file. Copious irrigation with 2.5 % sodium hypochlorite (Kao Industrial (Thailand) Co., Ltd., Bangkok, Thailand) was used throughout the canal preparation. The canals were dried with paper points followed by apical clearing. Root

canal fillings were placed by using cold lateral compaction, freshly mixed Grossman type cement (CU sealer, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand) and gutta percha (Dentsply (Thailand) Ltd., Bangkok, Thailand). Excess gutta-percha was removed with a heated instrument at the level of cemento-enamel junction. The teeth were kept at room temperature for at least three months until needed for the remainder of the experiment.

The 74 teeth were randomly divided into four experimental groups (N = 18) and a positive control group (N = 2). The experimental design is summarized in Fig. 1. Groups I and II teeth were lined with freshly mixed Vitrebond (3M ESPE, St. Paul, USA) to a thickness of 2 mm and light cured for 40 seconds. Groups III and IV teeth were lined with Ionosit (DMG, Hamburg, Germany) to a thickness of 2 mm and light cured for 40 seconds.

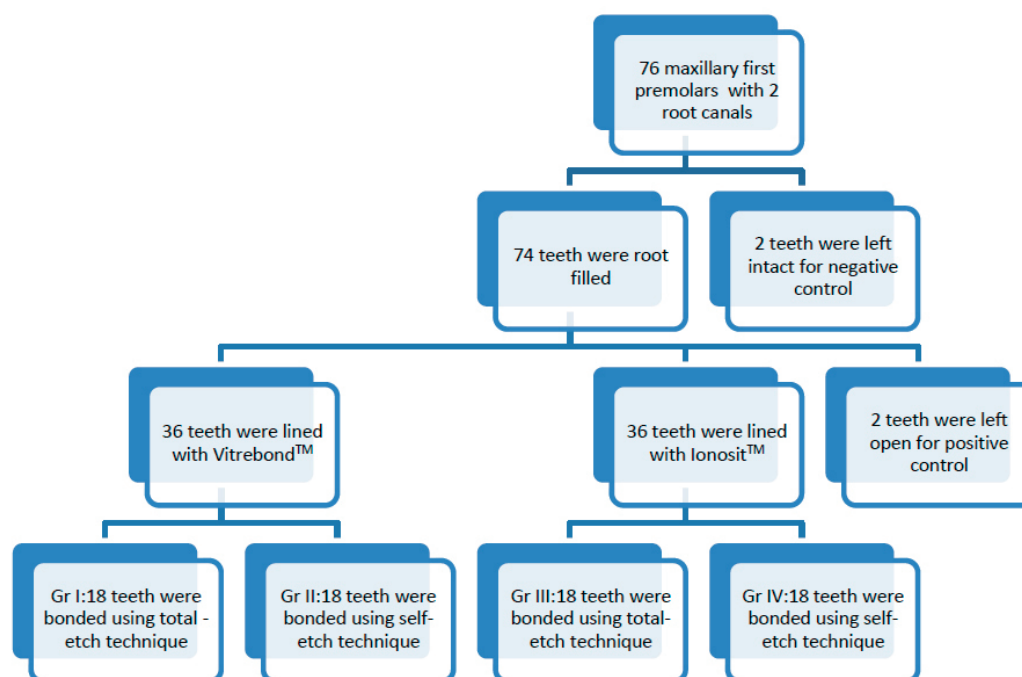


Figure 1 Flow chart of the experimental design

After the liners had been placed, teeth in groups I and III were etched with 37.5 % phosphoric acid for 15 seconds. They were rinsed with water until the etchant was completely removed and gently air dried. Optibond FL primer (Kerr, MI, USA) was then applied to the prepared surfaces with a light scrubbing motion. The teeth were gently air dried and Optibond FL adhesive (Kerr, MI, USA) was applied to the cavity. A triplex syringe was used to blow a gentle stream of air over the material for 3 seconds in order to thin it out as per the manufacturer's instructions before being light cured for 20 seconds. The access cavities were filled with a nano-filled resin composite resin material, Premise (Kerr, MI, USA) shade A3, using the incremental layering technique and light curing each layer for 40 seconds.

The access cavities in groups II and IV teeth were brushed with Optibond XLR primer (Kerr, MI, USA) for 20 seconds. They were air thinned with a triplex syringe for 5 seconds and Optibond FL adhesive (Kerr, MI, USA) was applied to the cavity surface with a light brushing motion for 15 seconds. This was air thinned for 10 seconds and light cured for 20 seconds. The cavities were then filled with the same material and technique described above for groups I and III. All restorations were finally polished using a fine grit diamond bur (Composhape) and aluminium oxide mixed with diamond dust bur (Kerr Hawe Hiluster polishing system: Kerr, MI, USA).

Two root-filled teeth were left open to serve as the positive control group and the two intact teeth served as the negative control group. The root surfaces of all teeth were dried with oil-free compressed air prior to painting them with polyvinyl siloxane tray adhesive (PVS Tray Adhesive; 3M ESPE, Germany) which was allowed to dry on the bench for at least 30 minutes. This layer of adhesive was used to simulate the periodontal ligament due to the resilience of the material. It also acted as another barrier against potential dye penetration into the root canal system through the root surfaces and lateral canals.

Each tooth was individually mounted in a lower sample holder for the Willytec dual-axis Chewing Simulator (Munich, Germany) (Fig. 2) using polymethylmethacrylate (PMMA) resin (Orthoplast Light Pink; Vertex-Dental, Netherlands) to the level of the cemento-enamel junction. They were then cured in a pressure pot (Palamat Pratic ELT; Heraeus Kulzer, Germany), as per the manufacturer's instructions. In order to compensate for the polymerisation shrinkage of the PMMA resin, the gaps between the resin block and the inner surface of the sample holders were filled with polyvinyl siloxane (PVS) impression material (Imprint II Garant, Regular Body; Kerr, USA) which further acted to simulate the periodontal ligament during masticatory loading of the samples.



Figure 2 The Willytec dual-axis Chewing Simulator

Aliquots of 10 mL of 1 % India ink and 90 mL of physiologic saline were introduced to submerge the entire coronal segment of the teeth in each sample holder (Fig. 3). A precision grade 6.35 mm ceramic ball bearing was fixed to the upper sample holders of the Willytec Chewing Simulator to simulate an opposing cusp. The antagonist ball was centered on the occlusal surface of the specimens. The cyclic loading parameters were set according to the parameters outlined by Kern et al.⁹ in 1999 to replicate three months of clinical mastication (Table 1). The experiment was conducted at room temperature and the overall time period of loading was approximately 14 hours.

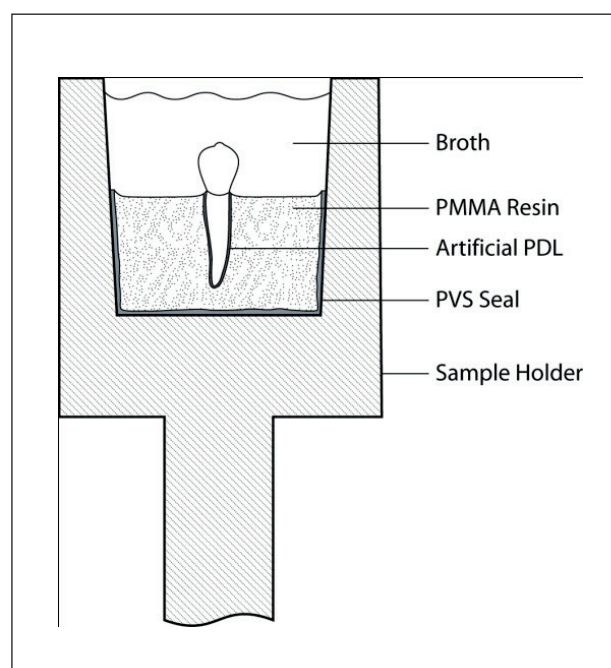


Figure 3 Cross-section diagram of a mounted tooth in a sample holder

Table 1 Chewing simulation parameters used for the Willytec dual-axis Chewing Simulator

Parameter	Value
Vertical Movement	6 mm
Rising Velocity	55 mm/s
Descending Velocity	30 mm/s
Mass Per Sample	5 kg
Kinetic Energy	2250×10^{-6} J
Dwell Time	60 s
Horizontal Movement	0.3 mm
Forward Velocity	30 mm/s
Backward Velocity	55 mm/s
Cycle Velocity	1.2 Hz

Immediately after the completion of each chewing sequence, the tooth-PMMA units were retrieved from the sample holders. The tooth was rinsed with tap water to remove excess India ink. They were then sectioned longitudinally in the bucco-lingual plane to provide two halves using a disc (Isomet, Buchler, Illinois, USA) with water coolant. The internal surfaces of each half were measured for the maximum dye penetration (millimeter) under a microscope (Nikon, Japan) at 10x magnification. Each half was assessed by two independent observers who had not performed the earlier phases of the experiment. Inter-examiner and intra-examiner agreement exceeded 90 % at a regular calibration exercise.

The maximum dye penetration was measured from the cavosurface margin of the cavity along the tooth/material interface (Fig. 4). The mean of maximum dye penetration, the mean of tooth length and the ratio between the maximum dye penetration and the tooth length in each experimental group were calculated. The ratio between the maximum dye penetration and the tooth length of the four groups were tested using one-way analysis of variance (ANOVA), followed by the Bonferroni test. The comparison between 2 types of liners or 2 types of adhesive systems were tested by the Independent sample t-test. P-values less than 0.05 were considered statistically significant.

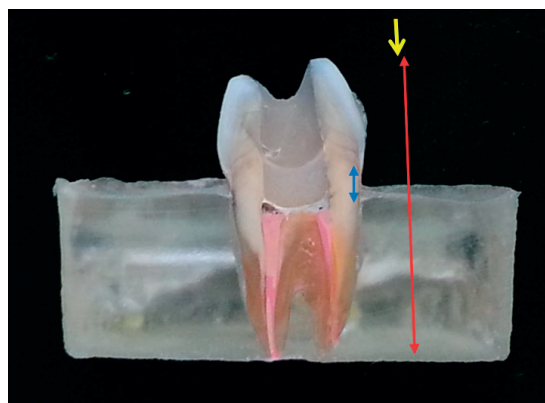


Figure 4 Tooth half in the resin block showed gutta-percha root filling at the level of cement-enamel junction, liner 2 mm thick (blue arrow), the cavosurface margin (yellow arrow) and tooth length (red arrow)

Results

There was no dye penetration in teeth in the negative control group whilst teeth in the positive control group showed dye penetration throughout their full length. Hence, the experimental model was valid. The mean of maximum dye penetration, the mean of tooth length and the ratio between the maximum dye

penetration and the tooth length in each experimental group are shown in Table 2. Vertical root fractures were noted in eight teeth (four from group III and four from group IV) after the completion of the simulated chewing and hence these teeth were eliminated from the study.

Table 2 The maximum dye penetration, the tooth length and the ratio between maximum dye penetration and tooth length in each experimental group

Experimental groups (teeth)	Maximum dye penetration		Tooth length		Ratio between maximum dye penetration and tooth length	
	Mean (mm)	Std deviation	Mean (mm)	Std deviation	Mean (mm)	Std deviation
I. Total-etch and Vitrebond (18)	4.41	3.75	18.69	1.35	0.2388	0.19921
II. Self-etch and Vitrebond (18)	7.84	3.61	19.87	1.50	0.3902	0.16739
III. Total-etch and Ionosit (14)	5.58	3.62	19.47	2.23	0.2880	0.18699
IV. Self-etch and Ionosit (14)	7.68	3.59	19.94	1.56	0.3835	0.17958

One way ANOVA showed no statistically significant difference between the four experimental groups ($p = 0.051$). When comparison between liners or adhesive systems, neither Vitrebond nor Ionosit showed significant differences in preventing dye penetration (t -test, $p = 0.663$) but the total-etch system had significantly less dye penetration than the self-etch system (t -test, $p = 0.007$) in endodontic access cavities.

Discussion

Ideally, endodontic access cavities should be restored with a restorative material that provides a permanent barrier against the penetration of potential irritants such as bacteria and nutrients that may support bacterial growth. Not all endodontically treated teeth require complete rebuilding, i.e., post and core, followed by crown placement. At present, improved restorative adhesive bonding techniques and materials have led researchers to advocate the use of adhesive restorative systems to restore the ideal standard access cavities.¹⁻³ Unfortunately, no such material is available, and all materials that are currently available allow penetration to some extent. This includes materials used for intra-coronal restorations such as bonded resin and glass ionomer materials.¹⁰

In this study, we compared the dye penetration of liners and adhesive systems by mimicking the clinical parameters such as the gutta-percha root filing was removed at the

cemento-enamel junction, the liner was 2 mm thick and the depth of the composite resin in the access cavity varied. Since each tooth varies in the tooth length, therefore the ratio between the maximum dye penetration and the tooth length in each tooth was calculated. No difference was found between Vitrebond nor Ionosit in preventing dye penetration but the total-etch system had less dye penetration than the self-etch system. This is in agreement with several studies^{8,11,12} which have shown that functional forces play an important role in the degradation of the adhesive system. Repeated stress causes micro-fractures and cracks within the resin composite.⁸ The three step adhesive systems perform better in *in vitro* tests than the adhesive systems that combine steps,¹²⁻¹⁴ although the differences lessen with time as the bonds degrade.^{13,14}

In this study, enamel was present and intact along the margins of the access cavity without any beveling. Etching the enamel with 30 to 40 % phosphoric acid in total-etch adhesive systems results in selective dissolution of the enamel prisms and creates a surface with high surface energy that allows effective wetting by low viscosity resin.¹⁵ Microporosities are created within and around the enamel prisms that can be infiltrated with resin and polymerized *in situ*.¹⁵ These “resin tags” provide good micro-mechanical retention for the restoration. Self-etching adhesive systems etch ground enamel fairly well, but do not effectively etch unground enamel.¹⁶⁻¹⁸ A good enamel bond protects the underlying

dentin bond which is less durable.¹³

The major advantage of the dual-axis chewing simulator used in this study is that it allows both vertical and horizontal movements of the antagonist “occluding” against the samples in a state of static point of contact. These two movements mimic the anatomical chewing cycle. The model also included a simulated periodontal ligament by coating polyvinyl siloxane tray adhesive to the root surfaces prior to mounting the samples, plus by using the polyvinyl siloxane impression material to fill the gaps between the resin block and the inner surface of the sample holders. In addition, the cyclic loading parameters were set to replicate three months of clinical mastication because to be clinically relevant, published bonding studies should report results with no less than three months of aging.¹⁹ Finally, this model also allowed the simultaneous testing of dye penetration during the chewing simulation rather than applying the dye after simulation. This is a more realistic test since the dye is continuously in contact with the specimen during function rather than just for a brief time after function.

It is interesting that vertical root fractures were noted in eight teeth from Ionosit liners (four from group III and four from group IV) after the completion of the simulated chewing. These may be due to the composition of Ionosit is different from Vitrebond. Ionosit is a light-cure compomer liner composed of glass ionomer in a matrix of polymerizable oligo- and polycarbonic acids and other light-cure dental resins²⁰ whilst the liquid

component of vitrebond is a modified polyacrylic acid with pendant methacrylate groups, HEMA (2-hydroxyethylmethacrylate), water and photoinitiator.²¹

Conclusion

There was no significant difference between Vitrebond and Ionosit liners in preventing dye penetration, but the total-etch system (Optibond FL) was significantly better at preventing dye penetration than the self-etch system (Optibond XLR) in ideal endodontic access cavities in root-filled premolars whilst simultaneously subjected to functional loading.

References

1. Hernandez R, Bader S, Boston D, Trope M. Resistance to fracture of endodontically treated premolars restored with new generation dentine bonding system. *Int Endod J* 1994;27:281-4.
2. Ausiello P, De Gee AJ, Rengo S, Davidson CL. Fracture resistance of endodontically-treated premolars adhesively restored. *Am J Dent* 1997;10:237-41.
3. Schwartz RS, Fransman R. Adhesive dentistry and endodontics: materials, clinical strategies and procedures for restoration of access cavities: a review. *J Endod* 2005;31:151-65.
4. Ari H, Yasar E, Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *J Endod* 2003;29:248-51.
5. Erdemir A, Ari H, Güngöres H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding

to root canal dentin. *J Endod* 2004;30:113-6.

6. Zaia AA, Nakagawa R, De Quadros I, Gomes BP, Ferraz CC, Teixeira FB, *et al.* An in vitro evaluation of four materials as barriers to coronal microleakage in root-filled teeth. *Int Endod J* 2002;35:729-34.

7. Celik EU, Yapar AG, Ates M, Sen BH. Bacterial microleakage of barrier materials in obturated root canals. *J Endod* 2006;32:1074-6.

8. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, *et al.* A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res* 2005;84:118-32.

9. Kern M, Strub JR, Lu XY. Wear of composite resin veneering materials in a dual-axis chewing simulator. *J Oral Rehabil* 1999;26:372-8.

10. Rafeek RN, Smith WA, Lalla A. Assessment of coronal microleakage of three materials used in endodontically treated teeth. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2004;12:39-43.

11. Jang KT, Chung DH, Shin D, Garcia-Godoy F. Effect of eccentric load cycling on microleakage of Class V flowable and packable composite resin restorations. *Oper Dent* 2001;26:603-8.

12. Frankenberger R, Pashley DH, Reich SM, Lohbauer U, Petschelt A, Tay FR. Characterisation of resin-dentine interfaces by compressive cyclic loading. *Biomaterials* 2005;26:2043-52.

13. Frankenberger R, Strobel WO, Lohbauer U, Krämer N, Petschelt A. The effect of six years of water storage on resin composite bonding to human dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2004;69:25-32.

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

15. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, *et al.* Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003;28:215-35.

16. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater* 2001;17:430-44.

17. Perdigão J, Geraldeli S. Bonding characteristics of self-etching adhesives to intact versus prepared enamel. *J Esthet Restor Dent* 2003;15:32-41.

18. Tay FR, Pashley DH, King NM, Carvalho RM, Tsai J, Lai SC, *et al.* Aggressiveness of self-etch adhesives on unground enamel. *Oper Dent* 2004;29:309-16.

19. Schwartz RS. Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system - the promise and the problems: a review. *J Endod* 2006;32:1125-34.

20. Ionosit-Baselinier. http://www.l-dent.pl/instrukcje/ionositbaselinier_instrukcja.pdf

21. 3M Vitrebond Liner/Base. <http://multimedia.3m.com/mws/media/463200/vitrebondtm-glass-ionomer-liner-base.pdf>

Tobacco Use and Cessation Training among Thai Dental Students - the Global Health Professional Student Survey, 2006 – 2011

Wikul Visalseth¹, Surat Mongkolnchai-arunya¹, Siriwan Pitayarangsarit^{3,4}, Jintana Peesing³, Benjawan Danpradit³ and Thongchai Vachirarojpisan²

¹Dental Health Bureau, Department of Health, Ministry of Public Health, Nonthaburi

²Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok

³Tobacco Control Research and Knowledge Management Center (TRC), Mahidol University, Bangkok

⁴International Health Policy Program, Nonthaburi

Abstract

This paper aimed to assess the changes on tobacco use, received cessation training and perceptions of policy banning smoking of dental students in Thailand by using the Global Health Professional Student Survey (GHPSS) conducted in 2006 and 2011. It was a census of 3rd year students from all 8 public dental schools in the country with 682 students in 2006 and 418 students in 2011 joining in the survey. The GHPSS results showed progresses in students' learning experiences on smoking cessation. Their perception of being role model for smoking cessation increased from 98.0 % in 2006 to 98.3 % in 2011 and the need for cessation techniques increased from 80.9 % in 2006 to 91.9 % in 2011. Percentages of dental students reporting that they have learned cessation approaches to use with their patients increased from 14.1 % in 2006 to 32.7 % in 2011. In conclusion, the proportion of the 3rd year dental students that have learned the cessation approaches to use with their patients increased by double within 5 years. However, the contents of tobacco control training are different based on professors' interest and there is a possible way to set a standard tobacco learning program among dental schools within the country.

Keywords: Dental students, Smoking cessation, Thailand GHPSS, Training

Received Date: Dec 15, 2015

Accepted Date: May 18, 2016

doi: 10.14456/jdat.2016.17

Correspondence to:

Siriwan Pitayarangsarit. Tobacco Control Research and Knowledge Management Center, Mahidol University, Thailand AND International Health Policy Program, Thailand. 3rd Floor, Passadu Building, 6th Satharanasuk Rd, Muang, Nonthaburi. Tel: 02-5902366 Fax: 02-5902367 E-mail: pitayarangsarit@gmail.com

Introduction

Tobacco use is one of the major preventable causes of premature death and disease in the world. A disproportionate share of the global tobacco burden falls on developing countries, where 84 % of 1.3 billion current smokers' reside.¹ The World Health Organization (WHO) attributes approximately 5 million deaths a year to tobacco. The number is expected to exceed 8 million deaths by 2030, with approximately 70 % of these deaths occurring in developing countries.²

Health professions students have been found to play an important role in cessation and prevention of tobacco use among their patients. Counseling by health professions has been shown to increase smoking cessation.³ An analysis from Global Health Professional Student Survey (GHPSS) during 2005 - 2008 across low-and middle income countries, urge the need for enhanced measures to incorporate tobacco cessation training as a formal component of dental education globally.⁴ Further analysis comparing 2006 - 2011 found increasing trends of cessation training for dental students in Thailand and other countries in South East Asia; Bangladesh, India, Nepal and Sri Lanka.⁵

Despite the need for tobacco cessation training in dental school, only a few studies explain the tobacco control activities inside dental school and curriculum development.^{6,7}

In Thailand, the Thai Dentist Alliance against Tobacco was set up in 2005, as a sub-

group of the Health Professional Anti-smoking Alliance, for promoting dental personnel's competencies in tobacco control and cessation as well as collaborating with other tobacco control networks. The Dentist alliance has promoted all academic dental institutes to be the 100 % smoke-free places. New dentists are encouraged to aware and add smoking cessation in their routine work. A working group of dental students from all dental schools has conducted an anti-tobacco campaign using a mascot "NoNo: No Smoking Rabbit" to celebrate World No Tobacco Day every year. The rabbit represented dentist and the name of the rabbit "NoNo" means "deny smoking". Recently, Thailand Global Adult Tobacco Survey in 2011 revealed 55.8 % of cigarette smokers and 16.3 % of smokeless tobacco users reported they ever received advises about smoking cessation from health professionals.⁸ Dentists also partly contributed in this progress.

This paper aimed to assess the changes on tobacco use, received cessation training and perceptions of policy banning smoking of dental students in Thailand by using data from the 2006 and 2011 GHPSS.

Materials and Methods

The study was approved by the Ethical Review Committee for Human Research in Faculty of Public Health, Mahidol University (COA MUPH2008-197 and COA MUPH2011-195). All participants gave informed consent.

We used the data from the Global Health Professional Student Survey (GHPSS) conducted in Thailand in 2006 and 2011 to evaluate the progress in cessation training.

The GHPSS is a school-based survey of 3rd year students pursuing advanced degrees in dentistry. The GHPSS uses a core questionnaire on demographics, prevalence of cigarette smoking and use of other tobacco products, exposure to secondhand smoke (SHS), desire to quit smoking and training received to provide patient counseling on cessation techniques. The GHPSS has a standardized methodology for selecting participating schools and uniform data processing procedures.

The dental GHPSS in Thailand included a census of 3rd year students from all public dental schools in the country (8 schools), conducting in schools during regular lectures and class sessions. Anonymous, self-administered data collection procedures were used. The final questionnaire was translated into Thai language and back-translated into English to check for accuracy. A weighting factor was applied to each student record to adjust for non-response (by

school and student) and variation in the probability of selection at the school, class and student levels. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) of the United States provided technical support in data analysis using a software package for statistical analysis of complex survey data (SUDAAN), to calculate weighted prevalence estimates and standard errors (SE) of the estimates (95 % confidence intervals -CI) were calculated from the SEs.⁹

Results

GHPSS Surveys

All public dental schools in Thailand were involved in the both rounds of GHPSS. 682 students participated in 2011 representing 84.6 % while in 2006, 418 students participated in the study representing 96.1 %. In both rounds, the distribution of gender and age is nearly the same. Majority of respondents were women (67.9 % and 68.7 % in 2006 and 2011, respectively) and were aged less than 25 years (98.3 % and 98.1 % in 2006 and 2011, respectively). (Table 1)

Table 1 Overall response rates of colleges and third-year dental students Thailand GHPSS, 2006 and 2011

Baseline characteristic	Year	
	2006	2011
Schools (N)	8 (100 %)	8 (100 %)
Students (N)	418 (96.1 %)	682 (84.6 %)
Women	284 (67.9 %)	469 (68.7 %)
Men	134 (32.1 %)	213 (31.3 %)
Age less than 25 years	98.3 %	98.1 %
Overall response rate	96.1 %	84.6 %

Tobacco use

When comparing between the two studies in 2006 and 2011, among third year dental students, the prevalence of ever smoked cigarette decreases from 17.0 % in 2006 to 13.9 % in 2011. The prevalence decreases in both sexes i.e. in men from 33.4 % to 27.8 % and in women

from 9.2 % to 7.8 %. Prevalence of students reported currently use cigarette is decreasing from 3.9 % to 2.5 %. Percentages of men currently use cigarette is decreasing from 10.5 % to 6.8 % while in women is nearly the same from 0.7 % to 0.5 % respectively. (Table 2)

Table 2 *Lifetime and current prevalence of tobacco use among third-year dental students Thailand GHPSS, 2006 and 2011*

Recourses	Year	
	2006	2011
	% (95 % CI)	% (95 % CI)
Ever smoked cigarettes	17.0 (16.3 - 17.7)	13.9 (12.8 - 15.2)
Women	9.2 (8.6 - 9.9)	7.8 (6.8 - 9.0)
Men	33.4 (31.9 - 35.0)	27.8 (25.1 - 30.6)
Ever used any forms of tobacco other than cigarettes	3.3 (3.0 - 3.6)	16.8 (15.5 - 18.1)
Women	0.4 (0.3 - 0.6)	12.5 (11.2 - 14.0)
Men	9.4 (8.5 - 10.4)	25.9 (23.2 - 28.6)
Currently use cigarettes	3.9 (3.5- 4.2)	2.5 (2.0 - 3.1)
Women	0.7 (0.6 - 0.9)	0.5 (0.3 - 0.8)
Men	10.5 (9.5 - 11.6)	6.8 (5.4 - 8.6)
Currently use any forms of tobacco other than cigarettes	0.3 (0.2 - 0.4)	2.3 (1.8 - 2.9)
Women	0.0	2.1 (1.6 - 2.8)
Men	0.8 (0.6 - 1.2)	2.8 (1.9 - 4.0)

Percentages of students reported ever used any form of tobacco other than cigarettes are remarkable increased from 3.3 % in 2006 to 16.8 % in 2011. The upward changes are profound in both sexes; in men from 9.4 % to 25.9 % and in women from 0.4 % to 12.5 % respectively.

The prevalence of currently use any form of tobacco other than cigarettes increase from 0.3 % in 2006 to 2.3 % in 2011. Percentages of male students reported currently use any form of tobacco other than cigarettes increases from 0.8 % to 2.8 % and in female from none to 2.1 %.

Official policy banning smoking in colleges and exposure to secondhand smoke (SHS)

Among cigarette smokers the proportion of students reported smoked on college premises property during the past year increases from 1.7 % in 2006 to 6.9 % in 2011. Among all respondents, students reported their schools have official policy banning smoking in college buildings and clinics increase from 44.8 % in 2006 to 68 % in 2011. The proportion of students reporting that

such policies are enforced shows little decreased from 88.9 % in 2006 to 84.1 % in 2011. For the experiences of exposure to secondhand smoke (SHS), students reported their experience at home during the past week increase from 27.4 % in 2006 to 32.4 % in 2011, while the exposure to SHS in public places decrease from 62.5 % in 2006 to 49.8 % in 2011. (Table 3)

Table 3 Policy and exposure to secondhand smoke among third-year dental students Thailand GHPSS, 2006 and 2011

Recourses	Year	
	2006	2011
	% (95 % CI)	% (95 % CI)
Ever Cigarette Smokers		
- Smoked on college premises during the past year.	1.7 (1.5 - 1.9)	5.9 (3.7 - 9.3)
All Respondents		
- Colleges with an official policy banning smoking in college buildings and clinics.	44.8 (43.8 - 45.7)	68.0 (66.3-69.6)
- Colleges that had an official policy banning smoking in school buildings and clinics that enforced the ban.	88.9 (87.8 - 89.8)	84.1 (81.5 - 86.4)
- Exposure to smoke at home during the past week.	27.4 (26.6 - 28.3)	32.4 (30.8 - 34.0)
- Exposure to smoke in public places during the past week.	62.5 (61.6 - 63.4)	49.8 (48.1 - 51.6)

Role model and cessation training

Proportion of students who are current smokers that want to quit smoking cigarette apparently decrease from 100 % in 2006 to 24.8 % in 2011. Percentages of dental students who thought health professionals have a role in giving

advice about smoking cessation to patients are nearly the same in 98.0 % in 2006 and 98.3 % in 2011. Percentages of respondents who thought health professionals should get specific training on cessation techniques increase from 80.9 % in

2006 to 91.9 % in 2011. Percentages of dental students reporting that they have learned cessation approaches to use with their patients increase from 14.1 % in 2006 to 32.7 % in 2011.

Percentages of dental students reporting that they have participated in tobacco control activity campaigns inside or outside school also increase. (Table 4)

Table 4 Education and perception of responsibility to counsel patients among ever smokers, third-year dental students Thailand GHPSS, 2006 and 2011

Recourses	Year	
	2006	2011
	% (95 % CI)	% (95 % CI)
- Percentage Answering “Yes”		
Do health professionals serve as role models for their patients and the public?	98.0 (97.7 - 98.2)	98.3 (97.8 - 98.7)
Should health professionals get specific training on cessation techniques?	80.9 (80.2 - 81.7)	91.9 (90.9 - 92.8)
- Learned cessation approaches to use with patients.	14.1 (13.4 - 14.7)	32.7 (31.0 - 34.3)
- During your training, were you taught in any of your classes about the dangers of smoking?	94.9 (94.5 - 95.3)	89.8 (88.7 - 90.8)
- During your training, did you discuss in any of your classes the reasons why people smoke?	50.0 (49.0 - 50.9)	54.1 (52.4 - 55.9)
- During your training, did you learn that it is important to record tobacco use history as part of a patient’s general medical history?	72.2 (71.4 - 73.1)	69.4 (67.8 - 70.9)
- Have you ever heard of using nicotine replacement therapies in tobacco cessation programs (such as nicotine patch or gum)?	77.3 (76.5 - 78.1)	72.2 (70.6 - 73.7)
- Have you ever heard of using antidepressants in tobacco cessation programs (such as bupropion or Nortriptyline)?	39.4 (38.5-40.3)	42.9 (42.2 - 45.6)
- Have you ever heard of using herb in tobacco cessation programs?*	-	47.1 (45.4 - 48.8)
- Have you ever participated in tobacco control activity campaigns inside your school?	15.7 (15.1 - 16.4)	28.8 (27.2 - 30.4)
- Have you ever participated in tobacco control activity campaigns outside of your school?	15.7 (15.0 - 16.4)	27.3 (25.8 - 28.9)

Note: * No data in 2006

Discussion

From the two rounds of Thailand GHPSS in third year dental students in 2006 and 2011, data reveals some changes that should be concerned as follows:

The use of cigarettes in dental students is low and decreasing both in terms of currently use from 3.9 % to 2.5 % and ever smoked cigarettes from 17 % to 13.9 %. This can be seen in both sexes. On the contrary, the use of any tobacco products other than cigarette is obviously increasing in Thai dental students in terms of rates of currently use and prevalence of ever used any other tobacco products. For those reported currently use any type of tobacco other than cigarettes, the rate increases from 0.3 % to 2.3 %. In 2006, none of women and 0.8 % of men reported their currently used other type of tobacco products but in 2011 proportion of dental students currently used other tobacco products is 2.1 % in women and 2.8 % in men. Some explanations are that the anti-smoking measures were strictly on hazards of cigarette; hence, loopholes in law were opened for the marketing of alternative tobacco products and the students have turned to use alternative tobacco because they believed it is safer and better taste than smoking cigarettes.⁸

During 2006 to 2011 there were many measures launched in Thailand; for example, 1) cigarette pack warning messages on toxic substances and carcinogenic compound in 2006, 2) changes in pictorial warning on cigarette pack

in 2007 and 2009, 3) smoking ban areas extended including university territories in 2007 and mores in 2011 and ban on misleading terms on cigarette pack in 2011. Although, Thailand had many measures but we have not had the regulation on alternative tobacco products such as Electronic cigarette and Waterpipe tobacco until in December 2014 that the Ministry of Commerce banned the import of equipment relevant to Electronic cigarette and Waterpipe tobacco and in 2015 that the service in restaurants and entertainment places for using these tobacco products was ban by the Consumer Protection Commission of Thailand.

Rates of dental students exposed to SHS in public places during the past week decreased from 62.5 % to 49.8 %. On the other hand, the exposure to SHS at home increased from 27.4 % to 32.4 %. This trend is similar to the study of 2011 GATS showing percentages of those exposed to SHS at home are increased from 33.2 % in 2009 to 36 % in 2011.¹⁰

Tobacco use endangers the health of health professions students and negatively influences the future health professions workforce to deliver effective anti-tobacco counseling when they start seeing patients.¹¹ All of 8 public dental schools have official policy that ban smoking in their buildings and clinics as they realize that smoke-free work environment has been shown to improve air quality, reduce health problems associated with exposure to tobacco smoke, support and encourage cessation attempts among smokers trying to quit and receive high

levels of public support from people who spend time in the area. Furthermore, the creation of smoke free areas by dental faculties sends a clear message to lecturers, students, patients, and clinicians about negative impact of tobacco.¹²⁻¹⁴ In 2011 Thai dental students reported their schools have official policy banning smoking in college buildings and clinics increase from 44.8 % to 68 % but the proportion of students reporting that such policies are enforced was a bit lower than previous study (88.9 % compared to 84.1 %). Moreover the percentages of cigarette smokers reported smoked on college premises property during the past year increases from 1.7 % to 5.9 %. However, the number of current cigarette smokers in both survey were small (17 in 2006 and 14 in 2011) therefore, the interpretation should be made carefully. The sample selection from the third year students was useful for global comparative purpose;⁵ however, it made the results cannot reflect the cessation training in the clinical class.

The dental schools should review and improve their enforcement of the official policy banning smoking in clinic and college premises as well as the encouragement for student to quit smoking and the use of any type of tobacco products by incorporating an intensive smoking cessation lesson into the curriculum.

Nearly all respondents (98 %) thought dental profession should have a role in giving advice about smoking cessation to patients. To support such a role percentages of dental students reported their needs of specific training

on cessation techniques are increasing from 80.9 % to 91.9 %. This result shows good attitudes of dental students in helping their patients to quit smoking and another tobacco use that 51.1 % of dental students used tobacco products hardly advise in helping their patients to quit smoking in 2006.¹⁵ Moreover, percentages of dental students reporting that they have learned cessation approaches to use with their patients increases more than double from 14.1 % to 32.7 %. Also the percentages of those who have participated in tobacco control activity campaigns inside or outside school increase about double from 15 %. These may be resulted from the anti-smoking campaign managed by Thai Dentist Alliance against Tobacco that try to incorporate the health impact of tobacco and smoking cessation lesson into the curriculum and try to involve the first two years of dental students in antismoking campaign.

A study in Nigeria showed that 65 percent of dental practice always asks their patients about their smoking habits.¹⁶ The Thai GHPSS survey was unable to collect this kind of information; therefore; future studies should assess the effectiveness of tobacco control training in dental schools in terms of dental practice in helping their patients to quit smoking; i.e. whether the Thai dentists and dental students have asked their patients about smoking habits and encouraged them to quit smoking.

Conclusions

Comparing results from both rounds of GHPSS is useful to assess the progress on tobacco control training in dental school. In Thailand, it shows that Thai dental students show their good attitudes towards being a role model and helping their patients to quit smoking. The proportion of the 3rd year dental students in 2011 that have learned the cessation approaches to use with their patients increase by double from 2006. The GHPSS tool is useful for evaluating and following the behaviors and attitudes of dental students regarding tobacco use. In addition, the results is helpful for dental schools in revising the undergraduate curriculum to help their patients to quit smoking.¹⁷ Future studies should assess the effectiveness of tobacco control training in terms of dental practice in helping their patients to quit smoking.

Acknowledgments

This study is supported by the Tobacco Control Research and Knowledge Management Center (TRC) Thailand and Thai Health Promotion Foundation and WHO (SEARO). A thank you is extended to the Global Tobacco Branch, Office of Smoking and Health, Centers for Disease Control and Prevention (CDC) and World Health Organization Regional Office for South-East Asia (WHO SEARO) for providing technical support. Many sincere thanks to all respondents and the dental faculties staff for their cooperation.

References

1. World Health Organization. MPOWER: A policy package to reverse the tobacco epidemic [Internet]. Geneva: World Health Organization, 2008. [updated 21 March 2008,cited 3 March 2015] Available from http://www.who.int/tobacco/mpower/mpower_english.pdf.
2. World Health Organization. WHO Report on the Global Tobacco Epidemic, 2009: Implementing Smoke-free Environments [Internet]. Geneva: World Health Organization, 2009. [updated 2016, cited 3 March 2016] Available from http://www.who.int/tobacco/mpower/2009/gtcr_download/en/
3. Jha P, Chaloupk F. Tobacco control in developing countries. Oxford Medical Publications 1st ed. New York: Oxford University Press; 2000.
4. Agaku IT, Ayo-Yusuf OA, Connolly GN. Tobacco cessation training among dental and other health professions students in eight low- and middle-income countries. *J Dent Educ* 2014;78:75-84.
5. Sinha DN, Rinchen S, Palipudi KM, Naing Shein NN, de Silva P, Khadka BB, *et al*. Tobacco use, exposure to second-hand smoke, and cessation training among the third-year medical and dental students in selected Member States of South-East Asia region: a trend analysis on data from the Global Health Professions Student Survey, 2005-2011. *Indian J Cancer* 2012;49:379-86.
6. Ramseier CA, Aurich P, Bottini C, Warnakulasuriya S, Davis JM. Curriculum survey on tobacco education in European dental schools. *Br Dent J* 2012;213:E12.

7. Pizzo G, Davis JM, Licata ME, Giuliana G. Assessment of tobacco dependence curricula in Italian dental hygiene schools. *J Dent Educ* 2013;77:1072-8.
8. Loysamut S. Situation of new types of tobacco products. In Pitayarangsarit S, Pankrajang P, Preechawong S. Thailand Situation report on Health Risk Factor: Tobacco. Tobacco Control Research and Knowledge Management Center, Mahidol University, 2014: 37-40.
9. Shah BV, Barnwell BG, Bieler GS. Software for the statistical analysis of correlated data (SUDAAN): user's manual. Release 7.5. Research Triangle Park, NC: Research Triangle Institute, 1997.
10. World Health Organization, Regional Office for South-East Asia. Global Adult Tobacco Survey: Thailand report, 2011.
11. Frank, E. Physician health and patient care. *Student JAMA* 2004;291:637.
12. Tomar SL. Dentistry's role in tobacco control. *J Am Dent Assoc* 2001;132 Suppl:30S-5S.
13. Hu S, Pallonen U, McAlister AL, Howard B, Kaminski R, Stevenson G, *et al*. Knowing how to help tobacco users. Dentists' familiarity and compliance with the clinical practice guideline. *J Am Dent Assoc* 2006;137:170-9.
14. U.S Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Office on Smoking and Health. Making your workplaces smoke-free: A Decision maker's guide [Internet]. 1996 [Updated 2016, cited 11 March 2016] Available from <http://www.fourcorners.ne.gov/documents/MakingYourWorkplaceSmokefree.pdf>.
15. Visalseth W, Vachirarojpisan T, Mongkolnchai- aranya S, Luengjamikorn L. Tobacco use of Thai dental students in 2006. *J Dent Assoc Thai* 2010;60:40-7.
16. Uti OG, Sofola OO. Smoking cessation counseling in dentistry: attitudes of Nigerian dentists and dental students. *J Dent Educ* 2011;75:406-12.
17. Chatiketu R, Visalseth W, Jaikhampaeng W. Comparison of Dental Students' Tobacco Use at Chiang Mai University in Academic Years 2005 and 2011 using the Global Health Professions Student Survey. *CM Dent J* 2015;36:41-51.

สมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุของบัณฑิตทันตแพทยศาสตร: มุมมองของบัณฑิตและนายจ้าง

Competency in geriatric dentistry among Thammasat University dental graduates: Graduates and employers' perceptions

ณัฐริรา สุขสุเดช¹, จิรัชญ์ พลเศรษฐเลิศ², ถกกร วาทกิจ³ และ มงคล พวงเพชร⁴

Nattira Suksudaj¹, Jeerat Bhonsethalert², Thakolkorn Vatakit³ and Mongkol Puangpetch⁴

¹ภาควิชาทันตกรรมชุมชน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

¹Department of Community Dentistry, Faculty of Dentistry, Thammasat University, Pathumthani

²ฝ่ายทันตกรรม โรงพยาบาลท่าเรือ

²Dental division, Tharua Hospital, Ayutthaya

³แผนกทันตสาธารณสุข โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

³Dental Public Health division, Suranaree University of Technology Hospital, Nakornrachasima

⁴ฝ่ายทันตสาธารณสุข โรงพยาบาลโนนสูง

⁴Dental Public Health division, Nonsoong, Hospital, Nakornrachasima

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการรับรู้ระดับสมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุของบัณฑิตทันตแพทย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 2) ศึกษาความเห็นของนายจ้างที่มีต่อสมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุของบัณฑิตได้บังคับบัญชา และ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาของประชากรทั้งสองกลุ่ม การศึกษานี้เก็บรวบรวมข้อมูลสมรรถนะโดยใช้แบบสอบถามด้วยตนเองที่ถูกจัดส่งทางไปรษณีย์ลงทะเบียนและทางบริการออนไลน์ไปยังบัณฑิตผู้สำเร็จการศึกษา ระหว่างปีพุทธศักราช 2543 – 2553 ที่สามารถติดต่อได้จำนวน 289 คน และนายจ้าง 90 คน โดยแบบสอบถามประกอบด้วยหัวข้อสมรรถนะเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพช่องปากแก่ผู้สูงอายุ จำนวน 28 ข้อ แต่ละข้อมี 6 ตัวเลือก จาก ดีมาก (5) ถึง แย่มาก (1) และไม่สามารถประเมินได้ (0) ระดับสมรรถนะของบัณฑิตจะพิจารณาจากสัดส่วนของผู้ที่ประเมินตนเองอยู่ในระดับดีและดีมาก แล้วนำมาจัดเกณฑ์พิจารณาสมรรถนะ ได้แก่ สมรรถนะดีเยี่ยม (ตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป) ปานกลาง (ร้อยละ 60 - 69) และต้องปรับปรุง (น้อยกว่าร้อยละ 60) อัตราการตอบกลับแบบสอบถามของบัณฑิตและนายจ้าง คิดเป็นร้อยละ 73 และ 31 ตามลำดับ บัณฑิตส่วนใหญ่มีประสบการณ์ทำงานมากกว่า 5 ปี และส่วนน้อยที่จบการศึกษาหลังปริญญา ผลการศึกษาพบว่า หัวข้อสมรรถนะที่บัณฑิตประเมินตนเองอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องปรับปรุง ร้อยละ 75 หัวข้อสมรรถนะที่นายจ้างประเมินบัณฑิตอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องปรับปรุง ร้อยละ 46 นายจ้างและบัณฑิตมีความเห็นสอดคล้องกันว่า

บัณฑิตมีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยมในการทราบข้อบ่งชี้ในการให้ยาปฏิชีวนะเพื่อป้องกันโรค และการใช้สารอิพิเนพรีนอย่างเหมาะสมในผู้ป่วยโรคหัวใจและหลอดเลือด การวางแผนการรักษาทันตกรรมแก่ผู้ป่วยโรคเบาหวาน และการวางแผนการรักษาแก่ผู้ป่วยสูงอายุที่ได้รับยาต้านการแข็งตัวของเกล็ดเลือด นอกจากนี้ทั้งสองกลุ่มมีความเห็นสอดคล้องกันในหัวข้อสมรรถนะที่ต้องปรับปรุง ได้แก่ การวางแผนการรักษาแก่ผู้ป่วยที่รับประทานสมุนไพร และอาหารเสริมที่มีผลต่อการแข็งตัวของเลือดได้อย่างเหมาะสม การซักประวัติเพื่อประเมินความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวัน พื้นฐานของผู้สูงอายุ และการประเมินภาวะขาดสารอาหารจากการศึกษาเวชระเบียน/การซักประวัติผู้ป่วย โดยสรุปบัณฑิตทันตแพทย์และนายจ้างส่วนใหญ่มีความเห็นตรงกันเกี่ยวกับสมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุของบัณฑิต อย่างไรก็ตาม บัณฑิตทันตแพทย์ธรรมศาสตร์ส่วนใหญ่คิดว่าตนเองมีสมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุที่ต้องปรับปรุง ซึ่งควรนำข้อมูลดังกล่าวมาพิจารณาในการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนวิชาทันตกรรมผู้สูงอายุของหลักสูตรทันตแพทยศาสตรบัณฑิตต่อไป

คำสำคัญ: บัณฑิตทันตแพทย์, ทันตกรรมผู้สูงอายุ, สมรรถนะ

Abstract

The aims of this study were to investigate self-perceived competences in geriatric dentistry of Thammasat University dental graduates, to investigate employers' opinion on graduates' competences and to compare the results from the two groups. The study population consisted of 289 students who graduated in 2000 – 2010 and 90 employers. The data were collected via self-administered questionnaires which were sent to the graduates by post and online survey. The questionnaires included 28 items in six-point rating scale from 5 = very good to 1 = very bad and 0 = not applicable. The rating scores were later categorized based on the proportion of respondents who rated items as 'good' and 'very good', ie, $\geq 70\%$ = 'excellent', 60 - 69 % = 'average' and $< 60\%$ = 'need improvement'. The response rates of graduates and employers were 73 % and 31 % respectively. Most graduates had more than five years working experience and few attended postgraduate training. Most graduates rated themselves as 'need improvement' in 75 % of the items whereas employers rated 46 % of items in the same category. Both graduates and employers agreed that graduates had excellent competences in identifying indications of using antibiotic prophylaxis and epinephrine in patients with cardiovascular diseases, managing clinical features in patients with diabetes mellitus and who are taking antiplatelet agents. In addition, both groups agreed on competences rated as 'need improvement' including identifying types of herbal/dietary supplements

that affect anticoagulation function, taking history from patients/carers to perform assessment of activities of daily living and instrumental activities of daily living and evaluating nutritional deficiency from patients' treatment record or history taking. In conclusion, employers agreed on most competences as perceived by graduates. However, graduates rated themselves as 'need improvement' in most items and this finding should be addressed in the development of effective geriatric dental education.

Key words: Competence, Dental graduate, Geriatric dentistry

Received Date: Jan 30, 2016
doi: 10.14456/jdat.2016.18

Accepted Date: Apr 19, 2016

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ

นัฏฐิรา สุขสุเดช คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 99 หมู่ 18 ถนนพหลโยธิน อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12121 ประเทศไทย
โทรศัพท์: 02-9869213 ต่อ 7142 โทรสาร: 02-9869205 มือถือ: 0805520284 อีเมล: nattira.suksudaj@gmail.com

Correspondence to:

Nattira Suksudaj. Department of Community Dentistry, Faculty of Dentistry, Thammasat University, 99 Moo18 Paholyothin Rd, Klongluang, Pathumthani 12121 Thailand. Tel: 02-9869213 ext 7142 Fax: 02-9869205 Mobile: 0805520284 Email: nattira.suksudaj@gmail.com

แนวโน้มประชากรผู้สูงอายุของประเทศไทยเพิ่มขึ้นในอัตราเร็ว ทำให้โครงสร้างประชากรของประเทศไทยเข้าสู่ระยะภาวะประชากรผู้สูงอายุ¹ จากสถานการณ์ดังกล่าวส่งผลให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนการวางแผนนโยบายด้านสาธารณสุขเพื่อการดูแลสุขภาพแก่ผู้สูงอายุอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ ทันตบุคลากรซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในทีมสุขภาพนั้นควรให้ความสำคัญกับประชากรกลุ่มนี้เช่นกัน เนื่องจากผู้สูงอายุมักมีปัญหาสุขภาพทั้งทางด้านร่างกาย และสุขภาพช่องปากที่เกิดจากเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ เช่น ฟันสึก เหงือกอักเสบ เคี้ยวอาหารลำบาก การสูญเสียฟันธรรมชาติ ซึ่งข้อมูลระดับชาติจากสถานการณ์โรคเกี่ยวกับสุขภาพช่องปากในผู้สูงอายุไทยสะท้อนถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการดูแลผู้สูงอายุกลุ่มนี้² นอกจากนี้ผู้สูงอายุยังอาจมีปัญหาสุขภาพจากโรคทางระบบที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพช่องปากที่รุนแรงขึ้น นอกจากผลโดยตรงของโรคทางระบบแล้ว ยาที่ผู้สูงอายุรับประทานยังมีผลต่อระบบอื่น ๆ เช่น ระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบหายใจ และระบบไต เป็นต้น ด้วยเหตุดังกล่าวทันตแพทย์จำเป็นต้องวางแผนการรักษาทางทันตกรรมให้สอดคล้องกับการรักษาทางอายุรกรรม เพื่อป้องกันและลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนหรือภาวะฉุกเฉินในผู้ป่วยสูงอายุที่มีโรคทางระบบ และเพิ่มความสำเร็จในการดูแลสุขภาพช่องปากแก่ผู้ป่วยกลุ่มนี้

ตัวชี้วัดความสำเร็จของการจัดการศึกษาด้านทันตแพทยศาสตร์ที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การได้มาซึ่งบัณฑิตที่มีคุณสมบัติที่พึงประสงค์ หรือบัณฑิตที่มีสมรรถนะ (competency) ที่จำเป็นต่อการประกอบวิชาชีพทันตแพทย์ และการทำงานร่วมกับสหวิชาชีพ สมรรถนะเป็นพฤติกรรมที่บุคคลแสดงออกมาอันเป็นผลพวงของการสะสมความรู้ ทักษะ และเจตคติ³ โรงเรียนทันตแพทย์ซึ่งเป็นองค์กรสำคัญในการผลิตทันตบุคลากร

จึงต้องมีการเตรียมความพร้อมด้านสมรรถนะของบัณฑิตในการจัดการผู้ป่วยสูงอายุ โรงเรียนทันตแพทย์หลายแห่งทั่วโลกได้มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างหลักสูตรให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทันตแพทย์มีทัศนคติที่ดี และมีความสามารถในการดูแลสุขภาพช่องปากที่เหมาะสมในกลุ่มผู้สูงอายุ⁴ ตัวอย่างเช่น สหรัฐอเมริกา ได้จัดทำแนวทางในการจัดประสบการณ์เรียนรู้เกี่ยวกับทันตกรรมผู้สูงอายุ⁵ และในกลุ่มประเทศยุโรปที่กำหนดสมรรถนะของทันตแพทย์ด้านทันตกรรมผู้สูงอายุ⁶ รวมอยู่ในสมรรถนะของทันตแพทย์ทั่วไป⁷ สำหรับประเทศไทยยังไม่มีข้อกำหนดสมรรถนะของทันตแพทย์ที่ชัดเจนในด้านทันตกรรมผู้สูงอายุ

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เปิดสอนหลักสูตรทันตแพทยศาสตรบัณฑิต 5 ปี สำหรับผู้ที่จบปริญญาตรีมาแล้ว และ 6 ปี สำหรับนักเรียนที่จบการศึกษาระดับมัธยมปลาย คณะฯ ได้จัดการเรียนการสอนรายวิชาทันตกรรมผู้สูงอายุในหลักสูตรปริญญาตรี ประกอบด้วยหลักสูตรทันตแพทยศาสตรบัณฑิต ปรับปรุงปีการศึกษา 2540 และ 2547 โดยวิชาทันตกรรมผู้สูงอายุในหลักสูตรฯ ปีการศึกษา 2540 นั้น คณะฯ จัดให้นักศึกษาทันตแพทย์เรียนร่วมกับนักศึกษาแพทย์ เนื้อหาส่วนใหญ่จึงเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของผู้สูงอายุโดยทั่วไป ซึ่งแตกต่างจากหลักสูตรวิชาทันตกรรมผู้สูงอายุปี 2547 ที่ทางคณะทันตแพทยศาสตร์ ได้มีการจัดการเรียนการสอนเองในชั้นปีที่ 4 หรือ 5 ของหลักสูตร จำนวน 2 หน่วยกิต โดยมีการเพิ่มเนื้อหาของรายวิชาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปตามอายุขัย และผิดปกติของอวัยวะภายในช่องปากที่เกิดขึ้นในผู้สูงอายุ ความสำคัญของโรคทางระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุ โรคและความผิดปกติในช่องปากที่พบได้บ่อยในผู้สูงอายุ ความสัมพันธ์ของสุขภาพช่องปากกับคุณภาพชีวิต

การส่งเสริมสุขภาพช่องปาก และหลักการการฟื้นฟูสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุแบบองค์รวม อย่างไรก็ตาม คณะฯ จัดการเรียนการสอนวิชาทันตกรรมผู้สูงอายุแบบบรรยาย แต่ยังไม่มีการจัดประสบการณ์เรียนรู้ในคลินิกที่ชัดเจน การประเมินผลการเรียนการสอนรายวิชาทันตกรรมผู้สูงอายุของคณะฯ เป็นการประเมินความรู้ของบัณฑิตที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ในรายวิชา แต่ยังไม่มีการประเมินสมรรถนะในการบูรณาการองค์ความรู้ดังกล่าวในบริบทของการให้บริการในคลินิกทันตกรรมแก่ผู้ป่วยสูงอายุ เมื่อต้องปฏิบัติงานในสถานบริการต่าง ๆ โดยปราศจากการควบคุมของอาจารย์ ภายหลังสำเร็จการศึกษาแล้ว

ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาการรับรู้ระดับสมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุของบัณฑิตทันตแพทย์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 2) ศึกษาความเห็นของนายจ้างที่มีต่อสมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุของบัณฑิตได้บังคับบัญชา และ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาของประชากรทั้งสองกลุ่ม เพื่อระบุความสอดคล้องกันของระดับสมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุที่บัณฑิตทำได้ดีเยี่ยม หรือต้องปรับปรุง

วัสดุและวิธีการ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (cross-sectional descriptive study) และผ่านการขอรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ตามหนังสือรับรองเลขที่ 014/2555

ประชากรที่ทำการศึกษา

การศึกษาวิจัยนี้ถูกออกแบบโดยคำนึงถึงความตรงของข้อมูล และต้องการลดอคติในการแปลผลข้อมูล⁸ จึงทำการเก็บข้อมูลจากประชากรเป้าหมาย 2 กลุ่ม ได้แก่

1) กลุ่มที่ 1 ได้แก่ บัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาปริญญาทันตแพทยศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2543 - 2553 รวม 11 รุ่น จำนวน 337 คน โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษา คือ บัณฑิตที่ยังประกอบวิชาชีพทันตแพทย์ ณ เวลาที่ทำการศึกษา (ปี พ.ศ. 2555) และมีประสบการณ์ทำงานอย่างน้อย 1 ปี และยังคงติดต่อได้ได้เป็นประชากรที่ศึกษาจำนวน 289 คน

2) กลุ่มที่ 2 ได้แก่ นายจ้าง หมายถึง ผู้ที่ทำหน้าที่กำกับดูแลรับผิดชอบการปฏิบัติงานของบัณฑิต ในข้อ 1) โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษา คือ นายจ้างที่ยินยอมเข้าร่วมวิจัย ได้ประชากรที่ศึกษาจำนวน 90 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ศึกษาสมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุของบัณฑิตโดยใช้แบบสอบถามตอบด้วยตนเอง (self-administered questionnaire) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแบบสำรวจสมรรถนะบัณฑิตทันตแพทย์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์⁹ หัวข้อสมรรถนะในแบบสอบถามได้จากการรวบรวมสมรรถนะของบัณฑิตทันตแพทย์ที่เกี่ยวกับงานทันตกรรมผู้สูงอายุที่ระบุใน European College of Gerodontology⁶ และ American Dental Education Association³ และถูกนำมาแปลเป็นภาษาไทยแบบสอบถามฉบับภาษาไทยได้รับการประเมินความตรงของเนื้อหา (content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญด้านทันตกรรมผู้สูงอายุหนึ่งท่าน เพื่อพิจารณาความครอบคลุมและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ หลังจากนั้นแบบสอบถามได้ถูกปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และได้รับการประเมินความเชื่อถือได้ของการวัด โดยการนำไปทดสอบในการศึกษานำร่อง⁹ เพื่อปรับปรุงเนื้อหาให้มีความเหมาะสมก่อนนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มประชากรที่ทำการศึกษา ทั้งนี้ ผู้ตอบแบบสอบถามจะถูกขอให้ประเมินระดับสมรรถนะโดยเลือกจากมาตราการประเมิน 6 ระดับ คือ ระดับดีมาก เท่ากับ 5 ระดับดี เท่ากับ 4 ปานกลาง เท่ากับ 3 ไม่ดีเท่าที่ควร เท่ากับ 2

แย่มาก เท่ากับ 1 และไม่สามารถประเมินได้ เท่ากับ 0

แบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ประกอบด้วย 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม และส่วนที่สองเป็นหัวข้อสมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุจำนวน 28 ข้อ (ตารางที่ 1) จากจำนวนหัวข้อสมรรถนะรวมทั้งหมด 81 ข้อ โดยแบบสอบถามที่ใช้เก็บข้อมูลจากกลุ่มบัณฑิตนั้น ส่วนแรกจะประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับสถานที่ปฏิบัติงาน ตำแหน่งงาน การศึกษาต่อหลังปริญญา สถานภาพทาง

เศรษฐกิจและการโยกย้ายสถานที่ปฏิบัติงาน และส่วนที่สองประกอบด้วยหัวข้อสมรรถนะที่ให้นักบัณฑิตประเมินตนเอง สำหรับแบบสอบถามที่ใช้เก็บข้อมูลจากกลุ่มนายจ้างนั้น ส่วนแรกประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับชื่อบัณฑิตที่นายจ้างประเมิน ตำแหน่งงาน ระยะเวลาที่ปฏิบัติงานร่วมกับบัณฑิต และลักษณะงานที่บัณฑิตได้รับมอบหมาย และแบบสอบถามในส่วนที่สองเป็นการสอบถามความเห็นของนายจ้างที่มีต่อบัณฑิตตามหัวข้อสมรรถนะทั้ง 28 ข้อ

ตารางที่ 1 หัวข้อสมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุในแบบสอบถาม

Table 1 Competencies in geriatric dentistry included in questionnaires

No.	Competency
1.	Take history from patients or carers to perform assessment of Activities of Daily Living and Instrumental Activities of Daily Living*
2.	Provide rational treatment planning
3.	Communicate with patients with hearing and visual impairments
4.	Apply and modify dental equipment for patients with joints and difficult movement problems
5.	Transfer patients from wheelchair to dental chair
6.	Select appropriate group, dosage and administration of drug treatment in patients with decreasing liver and kidney function
7.	Identify indications of using antibiotic prophylaxis in patients with cardiovascular disease
8.	Identify indications of using antibiotic prophylaxis in patients with total joint replacement
9.	Manage clinical features in patients who are taking anti-platelet agents
10.	Manage clinical features in patients who are taking anticoagulant agents
11.	Manage clinical features in patients who are taking bisphosphonate
12.	Identify types of herbal and dietary supplements that affect anticoagulation function
13.	Provide adequate treatment in patients' homes and long-term care settings

No.	Competency
14.	Provide oral education and oral hygiene instructions to patients with different levels of dependency
15.	Train auxiliaries and carers in basic skills of oral hygiene for the frail and dependent aged patients
16.	Evaluate nutritional deficiency from patients' treatment record or history taking
17.	Perform oral hygiene instruction for patients with dysphagia
18.	Manage patients with head and neck cancer
19.	Suggest supplementary oral health care products for patients with neuro-motor diseases
20.	Appropriate use of local anesthesia with epinephrine in patients with cardiovascular diseases
21.	Manage dental fear and anxiety during dental procedures in patients with cardiovascular diseases
22.	Manage clinical features in patients with diabetes mellitus
23.	Provide differential diagnosis of trigeminal neuralgia and other oral-related lesions
24.	Provide treatment plan and options for patients with dementia, depression or mental illness
25.	Manage patients with xerostomia
26.	Diagnose oral lesions
27.	Describe side effects of drugs, drug interactions and relevance of polypharmacy
28.	Assess patient risk for caries and implement caries prevention strategies

*ADL are self-care activities that person perform daily, eg, eating, dressing, bathing.

IADL are activities that are needed to live independently, eg, doing housework and preparing meals.¹⁰

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยจัดส่งแบบสอบถามทางไปรษณีย์ลงทะเบียนพร้อมแนบซองติดสแตมป์ เพื่ออำนวยความสะดวกและเพิ่มอัตราการตอบกลับ¹¹ และในช่องทางบริการแบบสอบถามออนไลน์ของเว็บไซต์ SurveyMonkey ตามช่องทางที่ผู้เข้าร่วมวิจัยแจ้งไว้ ผู้วิจัยได้โทรศัพท์ติดตามผลภายหลังการจัดส่งแบบสอบถาม เป็นระยะเวลา 1 เดือน และ 2 เดือน ทั้งนี้ ผู้วิจัยมีการกำหนดรหัสประจำตัวของประชากรที่ศึกษาทุกคน โดยในแบบสอบถามทางไปรษณีย์นั้น รหัสประจำตัวจะถูกประทับตราลงบนแบบสอบถามทุกหน้า ส่วนแบบสอบถามออนไลน์ ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับแจ้งรหัสประจำตัวเพื่อลอกอินเข้าตอบแบบสอบถามทางอีเมล ฉะนั้นจึงไม่มีการซ้ำกันของข้อมูลจากการเก็บข้อมูลทั้งสองวิธี ทั้งนี้ เพื่อป้องกันสิทธิ์ของผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคน การกำหนดรหัสและการจัดส่งรหัส/แบบสอบถาม ถูกดำเนินการโดยผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมถูกนำมาตรวจสอบความสมบูรณ์ (หากแบบสอบถามมีข้อมูลในส่วนที่สองไม่ครบทุกข้อ แบบสอบถามนั้นจะถูกตัดออกจากการศึกษา) ก่อนทำการประมวลผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเอสพีเอสเอสเวอร์ชัน 16 (SPSS version 16) โดยการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป คำนวณผลเป็นร้อยละ การแปลผลข้อมูลสำหรับสมรรถนะแต่ละข้อนั้น รวบรวมข้อมูลจำนวนบัณฑิต หรือนายจ้างที่ประเมินระดับสมรรถนะข้อนั้นอยู่ในระดับดี (4) และดีมาก (5) แล้วทำการคำนวณเป็นร้อยละโดยเทียบกับจำนวนประชากรที่ศึกษา^{9,12} และนำมาแปลผลดังนี้

- จำนวนผู้ประเมินสมรรถนะข้อนั้นในระดับดีมาก ตั้งแต่ 70 % ขึ้นไป แปลว่า บัณฑิตมีสมรรถนะข้อนั้นในระดับดีเยี่ยม
- จำนวนผู้ประเมินสมรรถนะข้อนั้นในระดับ

ดี-ดีมาก ตั้งแต่ 60 - 69 % แปลว่า บัณฑิตมีสมรรถนะข้อนั้นในระดับปานกลาง

- จำนวนผู้ประเมินสมรรถนะข้อนั้นในระดับดี-ดีมาก น้อยกว่า 60 % แปลว่า บัณฑิตมีสมรรถนะข้อนั้นในระดับต้องปรับปรุง

ทั้งนี้ การจัดเกณฑ์พิจารณานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงให้เห็นถึงจุดแข็งและประเด็นที่ควรได้รับการพัฒนาในการปรับปรุงหลักสูตรของคณะทันตแพทยศาสตร์ในด้านทันตกรรมผู้สูงอายุต่อไป

ผล

ข้อมูลทั่วไปของบัณฑิตและนายจ้างที่ตอบแบบสอบถามกลับ

อัตราการตอบแบบสอบถามกลับของบัณฑิต คิดเป็นร้อยละ 73 (212/289) แต่มีผู้ให้ข้อมูลครบถ้วนที่นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติได้ ร้อยละ 71 (206/289) บัณฑิตส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 71 (146/206) บัณฑิตร้อยละ 59 ผ่านการเรียนด้านทันตกรรมผู้สูงอายุในหลักสูตรปี พ.ศ. 2540 (121/206) และมีประสบการณ์การทำงานไม่น้อยกว่า 5 ปี นอกจากนี้บัณฑิตร้อยละ 28 (58/206) ศึกษาต่อหลังปริญญา ทั้งนี้สาขาที่ศึกษาต่อมากที่สุดได้สาขาทันตกรรมประดิษฐ์ และปริทันตวิทยา สำหรับนายจ้างตอบแบบสอบถามกลับร้อยละ 31 (28/90) ทั้งนี้ ส่วนใหญ่เป็นนายจ้างที่เป็นผู้บังคับบัญชาโดยตรงของบัณฑิต (24/28) ที่ปฏิบัติงานอยู่ในหน่วยงานของรัฐ (24/28)

สมรรถนะของบัณฑิตในมุมมองของบัณฑิต

สมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุที่บัณฑิตประเมินตนเองอยู่ในระดับดีเยี่ยม ปานกลาง และต้องปรับปรุง มีจำนวน 4, 3 และ 21 ข้อ (ตารางที่ 2) ระดับสมรรถนะที่บัณฑิตประเมินตนเองว่าดีเยี่ยมที่สุด ได้แก่ การทราบข้อบ่งชี้ในการให้ยาปฏิชีวนะเพื่อการป้องกันโรค (antibiotic prophylaxis) ในผู้ป่วยโรคหัวใจและ

หลอดเลือด ส่วนสมรรถนะที่บัณฑิตประเมินว่าต้อง อายุที่มีความผิดปกติของสมอง (mental illness) เช่น ปรับปรุงมากที่สุด ได้แก่ การวางแผนการรักษาผู้ป่วยสูง ภาวะสมองเสื่อม (dementia) ภาวะซึมเศร้า (depression)

ตารางที่ 2 การรับรู้ระดับสมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุที่บัณฑิตทันตแพทย์ประเมินตนเอง

Table 2 *Self-perceived competency in geriatric dentistry of dental graduates*

Competency	Proportion of respondents who categorized items as 'very good' and 'good'* (%)
Excellent	
• Identify indications of using antibiotic prophylaxis in patients with cardiovascular diseases	79.5
• Manage clinical features in patients who are taking antiplatelet agents	78.8
• Manage clinical features in patients with diabetes mellitus	71.9
• Appropriate use of local anesthesia with epinephrine in patients with cardiovascular diseases	70.8
Average	
• Manage clinical features in patients who are taking anticoagulant agents	69.0
• Assess patient risk for caries and implement caries prevention strategies	66.9
• Manage dental fear and anxiety during dental procedures in patients with cardiovascular diseases	63.4
Need improvement (Bottom five)	
• Provide treatment plan and options for patients with dementia, depression or mental illness	17.3
• Identify types of herbal and dietary supplements that affect anticoagulation function	21.2
• Take history from patients or carers to perform assessment of activities of daily living (ADL) and instrumental activities of daily living (IADL)**	22.9
• Evaluate nutritional deficiency from patients' treatment record or history taking	24.2
• Perform oral hygiene instruction for patients with dysphagia	25.6

*The proportion was interpreted as follows: $\geq 70\%$ = excellent, 60-69 % = average, $< 60\%$ = need improvement

**ADL are self-care activities that person perform daily, eg, eating, dressing, bathing.

IADL are activities that are needed to live independently, eg, doing housework and preparing meals.¹⁰

ความเห็นของนายจ้างที่มีต่อสมรรถนะด้านทันตกรรม ผู้สูงอายุของบัณฑิต

หัวข้อสมรรถนะที่นายจ้างประเมินบัณฑิตอยู่ในระดับดีเยี่ยม ปานกลางและต้องปรับปรุง มีจำนวน 9 6 และ 13 ข้อ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ระดับสมรรถนะของบัณฑิตที่นายจ้างเห็นว่าดีเยี่ยมที่สุด ได้แก่ การวางแผน

การรักษาทางทันตกรรมแก่ผู้ป่วยโรคเบาหวาน ส่วนสมรรถนะที่นายจ้างเห็นว่าบัณฑิตต้องปรับปรุงมากที่สุด ได้แก่ การวางแผนการรักษาที่เหมาะสมแก่ผู้ป่วยที่รับประทานสมุนไพร และอาหารเสริมที่มีผลต่อการแข็งตัวของเลือด

ตารางที่ 3 ความเห็นของนายจ้างที่มีต่อระดับสมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุของบัณฑิต

Table 3 Perceptions of employers on dental graduates' competency in geriatric dentistry

Competency	Proportion of respondents who categorized items as 'very good' and 'good'* (%)
Excellent	
• Manage clinical features in patients with diabetes mellitus	79.4
• Assess patient risk for caries and implement caries prevention strategies	76.4
• Identify indications of using antibiotic prophylaxis in patients with cardiovascular diseases	73.5
• Manage clinical features in patients who are taking antiplatelet agents	73.5
• Provide oral education and oral hygiene instructions to patients with different levels of dependency	73.5
• Appropriate use of local anesthesia with epinephrine in patients with cardiovascular diseases	73.5
• Manage dental fear and anxiety during dental procedures in patients with cardiovascular diseases	73.5
• Diagnose oral lesions	70.6

Competency	Proportion of respondents who categorized items as 'very good' and 'good'* (%)
<ul style="list-style-type: none"> • Manage clinical features in patients who are taking anticoagulant agents 	70.5
Average	
<ul style="list-style-type: none"> • Select appropriate group, dosage and administration of drug treatment in patients with decreasing liver and kidney function 	67.6
<ul style="list-style-type: none"> • Train auxiliaries and carers in basic skills of oral hygiene for the frail and dependent aged 	67.6
<ul style="list-style-type: none"> • Communicate with patients with hearing and visual impairments 	64.7
<ul style="list-style-type: none"> • Provide adequate treatment in patients' homes and long-term care settings 	64.7
<ul style="list-style-type: none"> • Identify indications of using antibiotic prophylaxis in patients with total joint replacement 	61.8
<ul style="list-style-type: none"> • Manage dental fear and anxiety during dental procedures in patients with cardiovascular diseases 	61.8
Need improvement (Bottom five)	
<ul style="list-style-type: none"> • Identify types of herbal and dietary supplements that affect anticoagulation function 	29.4
<ul style="list-style-type: none"> • Suggest supplementary oral health care products for patients with neuro-motor diseases 	38.2
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluate nutritional deficiency from patients' treatment record or history taking 	41.2
<ul style="list-style-type: none"> • Manage patients with head and neck cancer / xerostomia 	44.1
<ul style="list-style-type: none"> • Take history from patients or carers to perform assessment of activities of daily living (ADL) and instrumental activities of daily living (IADL)** 	44.1

*The proportion was interpreted as follows: $\geq 70\%$ = excellent, 60-69 % = average, $< 60\%$ = need improvement

**ADL are self-care activities that person perform daily, eg, eating, dressing, bathing.

IADL are activities that are needed to live independently, eg, doing housework and preparing meals.¹⁰

เปรียบเทียบสมรรถนะในมุมมองของบัณฑิตและ นายจ้าง

บัณฑิตและนายจ้างมีความเห็นสอดคล้องกันว่า บัณฑิตมีสมรรถนะอยู่ในระดับดีเยี่ยมใน 4 หัวข้อ (ตารางที่ 2 และ 3) ได้แก่ 1) การทราบข้อบ่งชี้ในการให้ยาปฏิชีวนะเพื่อการป้องกันโรคในผู้ป่วยโรคหัวใจและหลอดเลือด 2) การใช้ยาชาเฉพาะที่ที่มีสารอีพินเฟรินอย่างเหมาะสมในผู้ป่วยกลุ่มดังกล่าว 3) การวางแผนการรักษาแก่ผู้ป่วยสูงอายุที่ได้รับยาต้านการแข็งตัวของเกล็ดเลือด และ 4) การวางแผนการรักษาทางทันตกรรมแก่ผู้ป่วยโรคเบาหวาน

นอกจากนี้ทั้งสองกลุ่มมีความเห็นสอดคล้องกันในหัวข้อสมรรถนะที่ต้องปรับปรุง 3 หัวข้อ (ตารางที่ 2 และ 3) ได้แก่ 1) การวางแผนการรักษาที่เหมาะสมแก่ผู้ป่วยที่รับประทานสมุนไพร และอาหารเสริมที่มีผลต่อการแข็งตัวของเลือด 2) การประเมินภาวะขาดสารอาหารจากการศึกษาเวชระเบียน/ การซักประวัติผู้ป่วย และ 3) การซักประวัติเพื่อประเมินความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวันพื้นฐานของผู้สูงอายุตามเกณฑ์ activities of daily living (ADL)¹⁰ อันได้แก่ การประเมินการทำกิจวัตรประจำวันพื้นฐาน เช่น การรับประทานอาหาร การแต่งตัว การเดิน การอาบน้ำ เป็นต้น และ instrumental activities of daily living (IADL)¹⁰ ได้แก่ การประเมินการทำกิจวัตรประจำวันที่ทำจำเป็นเพื่อการใช้ชีวิตได้โดยไม่ต้องพึ่งพา เช่น การใช้โทรศัพท์ การซื้อของ การทำอาหาร เป็นต้น

บทวิจารณ์

ภารกิจหลักที่สำคัญประการหนึ่งของโรงเรียนทันตแพทย์คือการผลิตบัณฑิตทันตแพทย์ที่มีสมรรถนะในการดูแลผู้ป่วยทุกกลุ่มโดยคำนึงถึงการดูแลสุขภาพแบบองค์รวม รวมทั้งกลุ่มผู้สูงอายุซึ่งมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรอย่างต่อเนื่อง และเมื่อพิจารณาถึงข้อมูล

สภาวะสุขภาพและสุขภาพช่องปากที่เปลี่ยนแปลงไปจึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการเตรียมความพร้อมของทันตบุคลากรด้านองค์ความรู้และทักษะในการดูแลสุขภาพช่องปากแก่ผู้สูงอายุ ในฐานะโรงเรียนทันตแพทย์จึงต้องมีการพัฒนาปรับปรุงหลักสูตรทันตแพทยศาสตรบัณฑิตให้ทันสมัยอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ ข้อมูลย้อนกลับจากบัณฑิตที่มีประสบการณ์จริงในการดูแลผู้ป่วยสูงอายุโดยปราศจากการควบคุมของอาจารย์ นับเป็นข้อมูลสำคัญประการหนึ่งที่จะสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิผลของการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรใดหลักสูตรหนึ่ง และเป็นข้อมูลที่ควรนำมาพิจารณาในการปรับปรุงหลักสูตรให้มีประสิทธิภาพด้วยเหตุดังกล่าวการศึกษาวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับสมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุของบัณฑิตทันตแพทย์ธรรมศาสตร์ทั้งจากมุมมองของบัณฑิตและนายจ้าง และเพื่อเปรียบเทียบผลการประเมินระดับสมรรถนะของทั้งสองกลุ่ม จากการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามตอบด้วยตนเอง พบว่าอัตราการตอบกลับแบบสอบถามของการศึกษาวิจัยนี้มีมากกว่าการศึกษาลักษณะคล้ายกันก่อนหน้านี้¹² ซึ่งอาจเนื่องมาจากการที่ผู้วิจัยได้โทรศัพท์ให้ข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย และสอบถามช่องทางที่สะดวกในการติดต่อกับผู้เข้าร่วมวิจัยก่อนที่จะจัดส่งแบบสอบถาม ทำให้การศึกษานี้ได้ข้อมูลเพียงพอที่จะสะท้อนถึงสมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุของบัณฑิตทันตแพทย์ธรรมศาสตร์ รุ่นที่ 1 - 11 ได้อย่างเหมาะสม ผลการศึกษาพบว่า ทั้งบัณฑิตและนายจ้างมีความเห็นสอดคล้องกันในหลายหัวข้อสมรรถนะที่บัณฑิตปฏิบัติได้ดีอยู่แล้วได้แก่ 1) การทราบข้อบ่งชี้ในการให้ยาปฏิชีวนะเพื่อการป้องกันโรคในผู้ป่วยโรคหัวใจและหลอดเลือด 2) การใช้ยาชาเฉพาะที่ที่มีสารอีพินเฟรินอย่างเหมาะสมในผู้ป่วยกลุ่มดังกล่าว 3) การวางแผนการรักษาแก่ผู้ป่วยสูงอายุที่ได้รับยาต้านการแข็งตัวของเกล็ดเลือด และ 4) การวางแผนการรักษาทางทันตกรรมแก่ผู้ป่วยโรคเบาหวาน จะเห็นว่าหัวข้อสมรรถนะเหล่านี้เป็นวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ได้มีการสอนเฉพาะ

ในรายวิชาทันตกรรมผู้สูงอายุเท่านั้น หากแต่ยังมีการบูรณาการเนื้อหาในรายวิชาอื่น เช่น ศัลยศาสตร์ช่องปาก และจากประสบการณ์ในการดูแลผู้ป่วยในรายวิชาคลินิกทันตกรรม ด้วยเหตุนี้จึงอาจอธิบายถึงผลการศึกษาที่บัณฑิตประเมินตนเองสูงในหัวข้อเหล่านี้ อย่างไรก็ตาม บัณฑิตส่วนใหญ่ยังประเมินตนเองว่ายังมีสมรรถนะที่ต้องได้รับการปรับปรุงกว่าร้อยละ 80 ของหัวข้อสมรรถนะที่ประเมิน

เมื่อพิจารณาหัวข้อสมรรถนะที่บัณฑิตควรปรับปรุง 5 อันดับแรก ได้แก่ การประเมินภาวะขาดสารอาหารจากเวชระเบียน/ซักประวัติ การแนะนำการดูแลสุขภาพช่องปากแก่ผู้สูงอายุที่กลืนอาหารลำบาก การวางแผนการรักษาในผู้สูงอายุที่มีภาวะหลงลืม ภาวะซึมเศร้า และผู้ที่ได้รับยาสมุนไพรรักษาหรืออาหารเสริมที่มีผลต่อการแข็งตัวของเลือด รวมทั้งการซักประวัติเพื่อประเมินความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวันพื้นฐานของผู้สูงอายุตาม ADL และ IADL นั้น เนื่องจากหัวข้อเหล่านี้เป็นหัวข้อใหม่ que เพิ่มในหลักสูตรวิชาทันตกรรมผู้สูงอายุปีพุทธศักราช 2547 และมีการสอนแบบบรรยายเฉพาะในรายวิชาทันตกรรมผู้สูงอายุเท่านั้น จึงอาจเป็นเหตุผลที่อธิบายถึงการที่บัณฑิตประเมินสมรรถนะตนเองต่ำในหัวข้อเหล่านี้ ทั้งนี้ การขาดประสบการณ์ทางด้านคลินิกในโรงเรียนทันตแพทย์อาจส่งผลกระทบต่อทัศนคติและพฤติกรรมในการให้บริการสุขภาพช่องปากแก่ผู้สูงอายุภายหลังสำเร็จการศึกษาแล้ว^{13,14}

ผลการศึกษาเป็นข้อมูลสำคัญที่สะท้อนถึงความจำเป็นที่จะต้องมีการปรับเปลี่ยนแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิชาทันตกรรมผู้สูงอายุ ทั้งในระดับปริญญา และหลังปริญญา โรงเรียนทันตแพทย์จำนวนหนึ่งในหลายประเทศ มีการเรียนการสอนวิชาทันตกรรมผู้สูงอายุเป็นวิชาบังคับ เช่น สหรัฐอเมริกา¹⁵ แคนาดา¹⁶ สวิตเซอร์แลนด์ และกรีซ¹⁷ โดยรูปแบบการเรียนมีทั้งการเรียนที่บูรณาการรวมไปกับการเรียนวิชาอื่น ๆ ในหลักสูตรปริญญาตรี และแยกออกมาเป็นภาควิชา หรือการเรียน

ระดับหลังปริญญา ซึ่งยังมีการถกเถียงกันถึงรูปแบบที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ข้อสรุปส่วนใหญ่เอนเอียงไปในทางสนับสนุนให้ทันตแพทย์ตระหนักว่าการดูแลสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุเป็นหน้าที่ของทันตแพทย์ทั่วไปไม่จำเป็นต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญ¹⁸ สำหรับคณะทันตแพทยศาสตร์ธรรมศาสตร์ มีการสอนวิชาทันตกรรมผู้สูงอายุ 2 หน่วยกิต แต่ยังมีข้อจำกัดในการจัดการเรียนการสอนร่วมกับสหวิชาชีพเพื่อให้บัณฑิตมีเจตคติที่ดี และมีความมั่นใจในการดูแลผู้ป่วยสูงอายุ ดังเช่นการศึกษาของ Kuthy และคณะ¹⁴ และ Keselyak และคณะ¹³ ที่ระบุว่า การจัดให้นักศึกษามีประสบการณ์เรียนรู้นอกห้องบรรยาย และให้นักศึกษาได้ฝึกปฏิบัติงานผ่านการเรียนรู้ด้วยการบริการสังคม (community service learning) จัดประสบการณ์เรียนรู้ในการดูแลผู้ป่วยสูงอายุในคลินิกพิเศษต่าง ๆ เช่น โรงพยาบาลมหาวิทยาลัย โรงพยาบาลชุมชน หรือบ้านพักคนชรา ร่วมกับบุคลากรวิชาชีพอื่น ๆ จะทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการทำงานกับผู้สูงอายุได้ดีขึ้น ผลการศึกษานี้สามารถนำไปสู่ข้อเสนอแนะ เพื่อนำมาพิจารณาในการปรับปรุงหลักสูตรทันตแพทยศาสตรบัณฑิต ประการแรกควรมีการกำหนดสมรรถนะขั้นพื้นฐานสำหรับนักศึกษาทันตแพทย์ ทั้งระดับปริญญาและหลังปริญญา ด้านทันตกรรมผู้สูงอายุให้ชัดเจน ควรสร้างระบบการประเมินผลการเรียนรู้ของนักศึกษาในเชิงผลสัมฤทธิ์ที่แสดงถึงสมรรถนะของนักศึกษาทันตแพทย์ทั้งก่อนและหลังการเรียนในชั้นคลินิก เพื่อให้แน่ใจว่านักศึกษามีสมรรถนะเป็นไปตามที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ ควรจัดให้มีหลักสูตรหลังปริญญา หรือหลักสูตรอบรมระยะสั้นและระยะยาว เพื่อจัดประสบการณ์เรียนรู้ที่ทันสมัยให้ครอบคลุมทันตบุคลากรทุกประเภท ประการที่สอง ควรเพิ่มการจัดประสบการณ์เรียนรู้วิชาทันตกรรมผู้สูงอายุ ที่เน้นการบูรณาการองค์ความรู้ทั้งในสาขาวิชาชีพทันตแพทย์ต่าง ๆ เช่น ศัลยศาสตร์ช่องปาก ทันตกรรมบูรณะ ปรีทันตวิทยา เพื่อเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ประยุกต์ความรู้ในบริบทต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม โดย

เฉพาะเน้นเนื้อหาในหัวข้อที่บัณฑิตประเมินตนเองว่าต้องได้รับการปรับปรุง ทั้งนี้ ควรเพิ่มการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ร่วมกับสาขาวิชาชีพอื่น ๆ เช่น แพทย์ พยาบาล กายภาพบำบัด จะช่วยส่งเสริมให้นักศึกษาทันตแพทย์มีทักษะในการดูแลผู้ป่วยแบบองค์รวม และรู้จักการทำงานเป็นหนึ่งทีมส่งเสริมสุขภาพ ตลอดจนจัดให้มีการฝึกงานภาคสนามทั้งในและนอกโรงเรียนทันตแพทย์ ซึ่งแนวคิดดังกล่าวได้มีการนำไปใช้ในโรงเรียนทันตแพทย์หลายแห่งในประเทศสหรัฐอเมริกา¹⁵ และยุโรป¹⁷

การศึกษาสมรรถนะของบัณฑิตที่ผ่านมาโดยใช้แบบสอบถามให้ประเมินตนเองนั้น อาจมีข้อจำกัดในเรื่องความน่าเชื่อถือได้ของข้อมูล กล่าวคือ คะแนนสมรรถนะของบัณฑิตที่ได้จากการทำแบบสอบถามนั้น อาจมีอคติได้ โดยอาจมีความโน้มเอียงที่จะให้คะแนนตนเองในช่วงคะแนนที่สูง ดังนั้น การศึกษาวิจัยนี้จึงเก็บข้อมูลเกี่ยวกับความเห็นของนายจ้างด้วย เพื่อลดอคติดังกล่าว อย่างไรก็ตาม อัตราการตอบแบบสอบถามกลับของนายจ้างยังมีอยู่อย่างจำกัด นอกจากนี้การเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามเป็นเพียงการสะท้อนข้อมูลเชิงปริมาณเบื้องต้น อีกทั้งไม่สามารถประเมินทักษะการดูแลสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุได้ในเชิงประจักษ์ การศึกษาในอนาคตควรเพิ่มความสมบูรณ์ของข้อมูลด้วยการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพจากทั้งบัณฑิตและนายจ้าง เพื่อให้สามารถพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ นักศึกษาทันตแพทย์ให้สอดคล้องกับบริบทและความต้องการของชุมชนที่นักศึกษาจะไปปฏิบัติงานในอนาคต

ถึงแม้การศึกษานี้จะเป็นเพียงการศึกษาในโรงเรียนทันตแพทย์เพียงแห่งเดียว แต่ข้อมูลที่ได้นับเป็นบทสะท้อนที่สำคัญส่วนหนึ่งแก่วงการทันตสาธารณสุข และทันตแพทยศาสตรศึกษาในการเตรียมพร้อมด้านนโยบายสุขภาพและการจัดการทรัพยากรทั้งด้านงบประมาณและกำลังคน เพื่อส่งเสริมให้เกิดการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุแบบองค์รวมอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

บทสรุป

บัณฑิตทันตแพทย์ประเมินตนเองว่ามีสมรรถนะที่ต้องปรับปรุงมากกว่าร้อยละ 70 ของหัวข้อสมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุที่ระบุในแบบสอบถาม ส่วนนายจ้างเห็นว่าบัณฑิตมีสมรรถนะที่ต้องปรับปรุงเกือบร้อยละ 50 ของหัวข้อสมรรถนะทั้งหมด บัณฑิตและนายจ้างส่วนใหญ่มีความเห็นตรงกันเกี่ยวกับสมรรถนะด้านทันตกรรมผู้สูงอายุของบัณฑิตทั้งในหัวข้อสมรรถนะที่ดีเยี่ยม และต้องปรับปรุง ซึ่งควรนำข้อมูลดังกล่าวมาพิจารณาในการปรับปรุงหลักสูตรทันตแพทยศาสตรบัณฑิตในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินอุดหนุนทุนวิจัยจากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ อารีย์ สอาดอาวุธ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ได้ให้คำปรึกษาด้านสถิติ อาจารย์ทันตแพทย์หญิง ดร.มัทนา เกษตรระทัต ที่ช่วยตรวจสอบความถูกต้องของแบบสอบถาม บัณฑิตทันตแพทยศาสตร รุ่น 1 - 11 ที่เข้าร่วมโครงการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. National Statistical Office. The 2014 survey of the older persons in Thailand 2014. Available from: <http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/themes/files/elderlyworkFullReport57-1.pdf>.
2. Thai Bureau of Dental Health. 7th Thai Oral Health Survey report 2012. Available from: <http://dental.anamai.moph.go.th/elderly/academic/full99.pdf>.

3. American Dental Education Association. ADEA Competencies for the New General Dentist (As approved by the 2008 ADEA House of Delegates). *J Dent Educ* 2011;75:932-935.
4. Shah N. Teaching, learning, and assessment in geriatric dentistry: researching models of practice. *J Dent Educ* 2010;74:20-28.
5. American Dental Education Association. Oral Health for Independent Older Adults: ADEA/GSK Predoctoral Curriculum Resource Guide 2006.
6. Kossioni A, Vanobbergen J, Newton J, Müller F, Heath R. European College of Gerodontology: undergraduate curriculum guidelines in Gerodontology. *Gerodontology* 2009;26:165-171.
7. Cowpe J, Plasschaert A, Harzer W, Vinkka-Puhakka H, Walmsley AD. Profile and competences for the graduating European dentist - update 2009. *Eur J Dent Educ* 2010;14:193-202.
8. Cook DA, Beckman TJ, Bordage G. Quality of reporting of experimental studies in medical education: a systematic review. *Med Educ* 2007;41:737-745.
9. Suksudaj N, Chedpakdeejit W. Competency in dental practice of graduates from a problem-based learning integrated dental school: Graduates and employers' perceptions. *CU Dent J* 2014;37:341-350.
10. Elsayy B, Higgins KE. The geriatric assessment. *Am Fam Physician* 2011;83:48-56.
11. Edwards P, Roberts I, Clarke M, DiGuseppi C, Pratap S, Wentz R, et al. Increasing response rates to postal questionnaires: systematic review. *BMJ* 2002;324:1183.
12. Razak IA, Latifah RR, Jaafar N, Abu Hassan MI, Ab Murat N. Assessing the competency of University of Malaya dental graduates: employers' and graduates' perceptions. *J Dent Educ* 2008;72:364-369.
13. Keselyak NT, Simmer-Beck M, Bray KK, Gadbury-Amyot CC. Evaluation of an academic service-learning course on special needs patients for dental hygiene students: a qualitative study. *J Dent Educ* 2007;71:378-392.
14. Kuthy RA, Heller KE, Riniker KJ, McQuistan MR, Qian F. Students' opinions about treating vulnerable populations immediately after completing community-based clinical experiences. *J Dent Educ* 2007;71:646-654.
15. Mohammad AR, Preshaw PM, Ettinger RL. Current status of predoctoral geriatric education in U.S. dental schools. *J Dent Educ* 2003;67:509-514.
16. Schwenk DM, Stoeckel DC, Rieken SE. Survey of special patient care programs at U.S. and Canadian dental schools. *J Dent Educ* 2007;71:1153-1159.
17. Nitschke I, Müller F, Ilgner A, Reiber T. Undergraduate teaching in gerodontology in Austria, Switzerland and Germany. *Gerodontology* 2004;21:123-129.
18. Bullock AD, Berkey D, Smith BJ. International education research issues in meeting the oral health needs of geriatric populations: an introduction. *J Dent Educ* 2010;74:5-6.

The Comparative Study of Fracture Strength between Celtra™ Duo and IPS e.max® CAD

Nantawan Krajangta¹, Chayanit Angkananuwat² and Lertrit Sarinnaphakorn²

¹Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Thammasat University, Pathumthani Thailand

²Department of Prosthodontic, Faculty of Dentistry, Thammasat University, Pathumthani Thailand

Abstract

This study aims to measure the fracture strength in molar region of new zirconia-reinforced lithium silicate (Celtra™ Duo, Dentsply) in comparison to lithium disilicate (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent) all ceramic crowns made with computer-aided design/computer-aided manufacturing. Thirty standardized crown resin models were prepared with the same dimensions and randomly assigned to either Celtra™ Duo or IPS e.max® CAD group, fifteen each. Fractural load values were measured by a universal testing machine (Instron model 4464, USA) with a static load applied along the long axis of the specimen at a crosshead speed of 1 mm/min at room temperature until fracture. Fracture load values were recorded for each specimen and statistically analyzed by using unpaired t-test. The mean \pm SD for the fracture load values were $1,696.67 \pm 230.31$ N and $1,569.87 \pm 154.71$ N for Celtra™ Duo and IPS e.max® CAD, respectively. There was no statistically differences of fracture strength between Celtra™ Duo and IPS e.max® CAD ($p < 0.05$).

Keywords: All-Ceramic restoration, CAD/CAM, Fractural strength, Zirconia-reinforced lithium silicate

Received Date: Mar 16, 2016

Accepted Date: May 18, 2016

doi: 10.14456/jdat.2016.19

Correspondence to:

Nantawan Krajangta. Faculty of Dentistry, Thammasat University, 99 M.18 Khlong Nueng, Khlong Loung, Patumthani 12121 Thailand
Tel: 02-9869213, 084-4383040 Fax: 02-9869205 E-mail: knantawa@gmail.com

Introduction

Esthetic, adhesive restorations are increasingly becoming the restoration of choice for many clinical situations. In contrast to metallic restorations, all-ceramic restorations exhibit advantages such as realistic appearance, biocompatibility, wear resistance and color stability. However, they also show susceptibility to fracture and their ability to withstand occlusal forces is quite low. Among the clinical complications of all-ceramic crowns, crown fractures are reported most commonly.¹⁻⁴ Meanwhile, computer aided design/computer aided manufacturing (CAD/CAM) technologies were introduced to dentistry in the 1980s. Access to standardized manufacturing processes, uniform material quality, reproducibility of restorations and reduction of production costs have been achieved in CAD/CAM technologies.

As CAD/CAM production of dental restorations has become more common, a new innovation in lithium disilicate glass ceramic was developed in 2005 under the name of IPS e.max[®] CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) for milling techniques. The IPS e.max[®] CAD block is a partially crystallized block consisting of 40 % lithium meta-silicate crystals, allowing the material to be easily milled. After processing the blue block into the desired dental restoration, a re-crystallization process takes place at 850°C for 10 minutes, through which the lithium meta-silicate is transformed into lithium disilicate crystals. This transformation provides the

restoration with its final mechanical and esthetic properties. According to the manufacturer's data, the flexural strength of fully crystallized IPS e.max[®] CAD is about 360 MPa.

Most recently, Zirconia-reinforced ceramic is a new class of materials for high strength glass ceramics with zirconia-reinforced lithium silicate (ZLS). This new ceramic system has been developed in an attempt to improve the strength of lithium disilicate ceramic. A new products based upon this approach is Celtra[™] Duo (Dentsply Caulk, Milford, USA) for CAD/CAM processing. According to the manufacturer's information, Celtra[™] Duo has a flexural strength of 210 MPa after milling, and additional 19 stains and glaze firing can increase the material's flexural strength to 370 MPa.

Traditionally, brittle dental ceramics were supported with a strong metal substructure. Today, with advances in CAD/CAM technologies, monolithic restorations have been introduced into dentistry.⁵ However, there is no published evidence to validate the fractural strength of these new materials. Therefore, this study aims to compare fracture strength of new zirconia-reinforced lithium silicate and lithium disilicate all-ceramic crowns made with computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM).

Materials and Methods

1) Sample preparations

1.1 Epoxy resin die preparation

30 epoxy resin dies were prepared to simulate all ceramic crown prepared molar teeth

(fig. 1). The dimension of die fabricated are as follow: 10 degree axial taper, 1 mm round shoulder finish line placed 0.5 mm occlusal to the cemento-enamel junction, 1.5 mm axial reduction, 2 mm occlusal reduction and 4 mm occluso-gingival height (fig. 2).

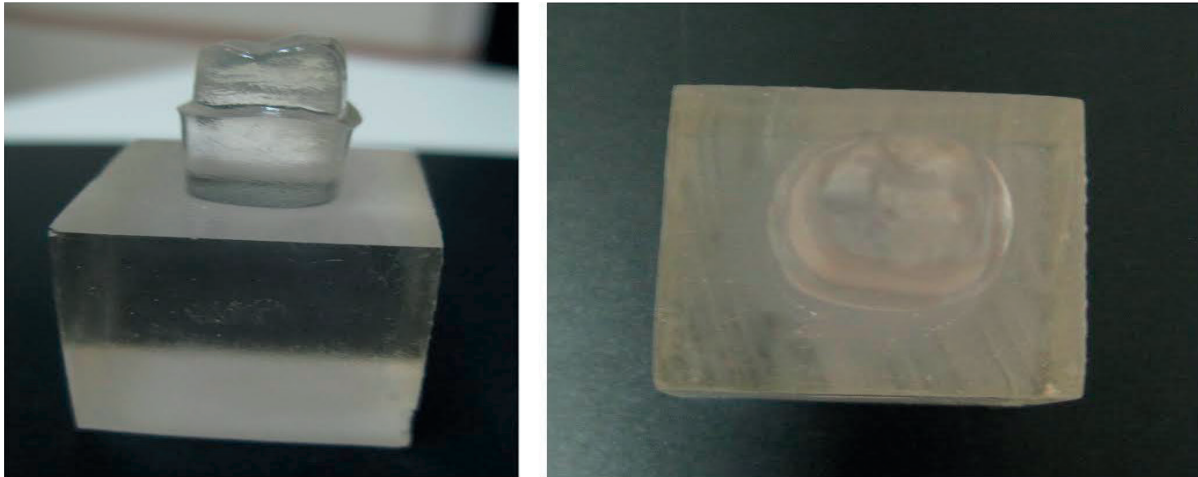


Figure 1 Die fabrication using epoxy resin

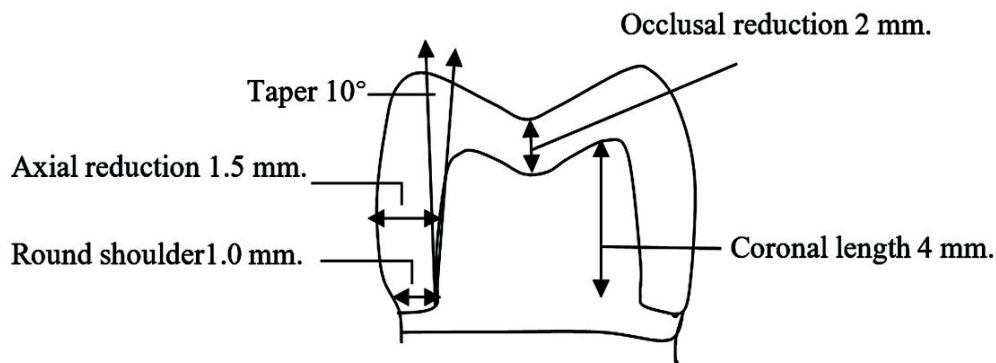


Figure 2 The dimension of fabricated die

1.2 CAD-CAM ceramic crown fabrication

All epoxy resin models were randomly divided into 2 groups (n = 15) for each of two CAD-CAM ceramic system (1) Zirconia-reinforced lithium silicate ceramic (Celtra™ Duo; Dentsply) and (2) Lithium disilicate ceramic (IPS e.max® CAD; Ivoclar Vivadent). One epoxy resin

dies was scanned and designed using CEREC (Sirona dental system, Bensheim, Germany) system. Each identical monolithic CAD-CAM crown was fabricated with same design by one technician according to the manufacturer's instruction (fig. 3). The compositions of the ceramic used in this study are shown in table 1.

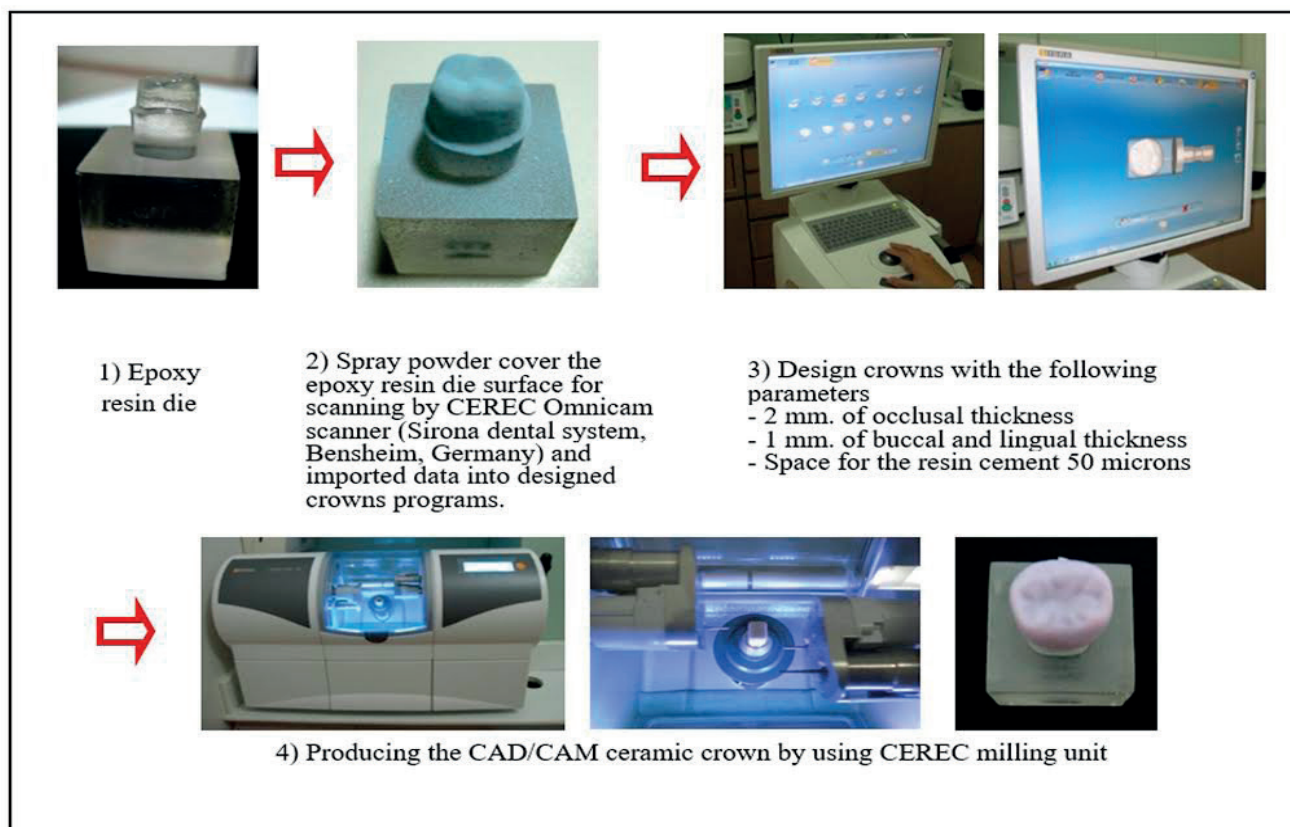


Figure 3 The all ceramic crown production with CAD/CAM techniques

Table 1 The composition of the ceramic according to the manufacturer's instruction

Ceramics	Composition
IPS e.max [®] CAD (lithium disilicate)	<p>40 % volume lithium metasilicate crystals (Li_2SiO_3), which are embedded in a glassy phase</p> <p>Standard Composition: (in wt %)</p> <p>SiO_2 : 57.0 – 80.0</p> <p>Li_2O : 11.0 – 19.0</p> <p>K_2O : 0.0 – 13.0</p> <p>P_2O_5 : 0.0 – 11.0</p> <p>ZrO_2 : 0.0 – 8.0</p> <p>ZnO : 0.0 – 8.0</p> <p>Other and colouring oxides 0.0 – 12.0</p>
Celtra [™] Duo (Zirconia reinforced lithium silicate)	10 % dissolved zirconia reinforces the glass matrix

1.3 Cementation

All crowns were cemented with resin cement (Calibra[®] Automix, Dentsply) according to the manufacturer's instruction. Prior to cementation, each crown was seated on its respective epoxy model to ensure marginal fit. Internal surface of all crowns were acid etched with Phosphoric acid (Cauk[®] 34 % Tooth conditioner gel) for 30 seconds, rinsed with water, dried with air and then silanized (Calibra[®] Silane coupling agent). A microbrush was used to apply a thin layer of Prime and Bond NT dual cure

mixture followed by application of Calibra[®] Automix. After initial seated crown with finger pressure, the excess cement was removed using dry brush. Light cure (Coltolux[®] LED, Coltene, Whaledent, Switzerland) all marginal areas for 20 seconds from the buccal, lingual, mesial and distal aspects. The cemented crowns were secured in place with finger pressure during light curing until cement setting for 10 minutes. Following cementation, all specimens were placed at room temperature for 24 hours.

2) Fractural strength test

The crowns were loaded centrally and axially to their central fossa at a crosshead speed of 1.0 mm/min by a universal testing machine (Instron model 4464, USA). A 4 mm diameter stainless steel indenter was used to transmit the force until fracture as shown in fig. 4. The

appearance of failures was recorded. Fracture characteristic was define as type 1) complete fracture of both crown and resin block, type 2) crack line on both crown and resin block or type 3) crack line within crown (fig. 5).



Figure 4 The load application in the central fossa with a 4 mm diameter stainless steel indenter

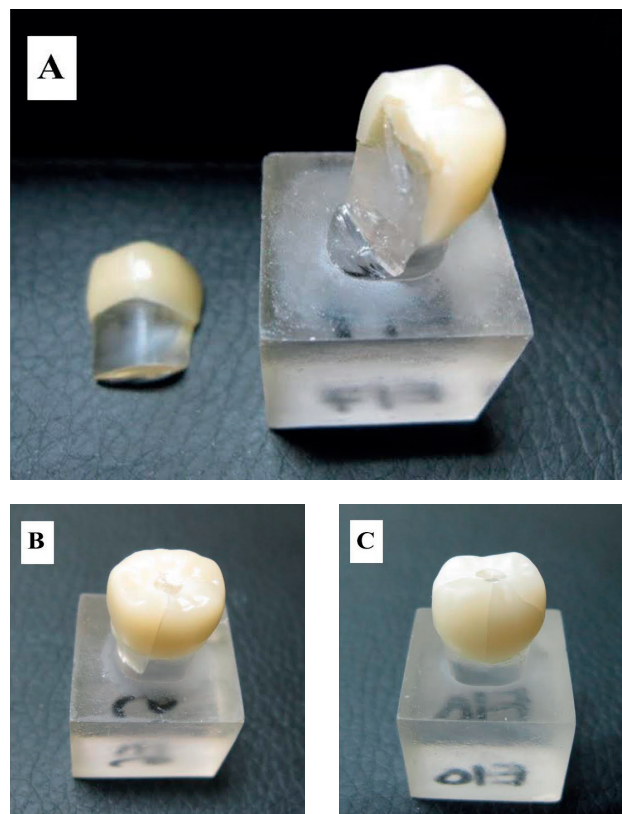


Figure 5 The characteristics of fracture crown: A) Type 1 complete fracture of both crown and resin block, B) Type 2 crack line on both crown and resin block and C) Type 3 crack line within crown

3) Statistic analysis

Results of fracture load were analyzed statistically using SPSS for Windows (Chicago, IL, USA). Normal distribution of fracture load data was determined using a Shapiro-Wilk test. The

significance of difference in fracture load values between group was determined using unpaired *t*-test ($\alpha = 0.05$).

Results

The fracture load values of Celtra™ Duo and IPS e.max® CAD crowns are shown in Table 2. The mean and standard deviation of the fracture strength of the Celtra™ Duo crown and IPS e.max® CAD crown were 1696.67 ± 230.31 N and 1569.87 ± 154.71 N, respectively. It was found

that all tests were normally distributed according to The Shapiro-Wilk test. The unpaired *t*-test revealed no statistically significant ($p < 0.05$) of fracture load value between the Celtra™ Duo and IPS e.max® CAD crown.

Table 2 The fracture load value of each specimen (Newton; N)

The fracture resistance test values (Newton; N)		
Sample	Celtra™ Duo	IPS e.max® CAD
1	1559	1382
2	1749	1697
3	1873	1778
4	1692	1424
5	1763	1600
6	1150	1561
7	1318	1711
8	1626	1547
9	1792	1450
10	1847	1404
11	1511	1651
12	1788	1430
13	1887	1370
14	1919	1836
15	1976	1707
Mean ±SD	1696.67 ± 230.31	1569.87 ±154.71

The contact diameter of all tested ceramic crowns were about 3 mm (fig. 6). The number and percentage of fracture characteristics

of both type of ceramics demonstrated primarily type 1 (complete fracture of both crown and resin block) as shown in table 3.

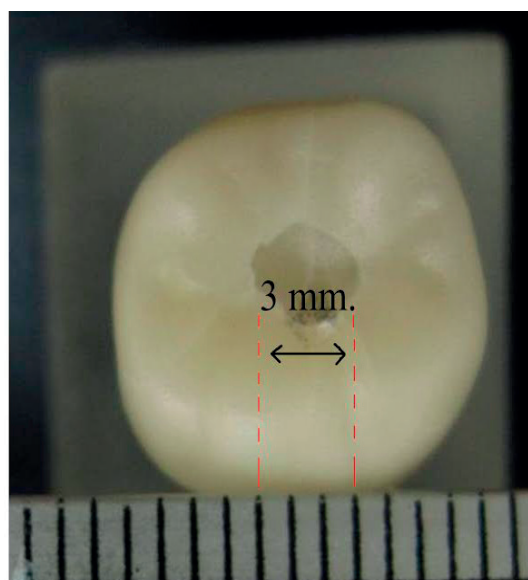


Figure 6 Fracture load contact surface dimension with 3 mm diameter

Table 3 Number of Celtra™ Duo and IPS e.max® CAD crowns that were fractured in different characteristics

Ceramic type	Number of specimens		
	Type 1 complete fracture of both crown and resin block (broken into pieces)	Type 2 crack line on both crown and resin block (Not broken into pieces)	Type 3 crack line within crown. (Not broken into pieces)
Celtra™ Duo	46.7 % (n=7)	20.0 % (n=3)	33.3% (n=5)
IPS e.max® CAD	73.3 % (n=11)	26.7 % (n=4)	-

Discussion

The demand for esthetics restoration is not limited to the anterior zone. The increased patient's demand for esthetics has led to an increased shift towards the use of all ceramic crowns for large posterior restorations. For several

years, lithium disilicate glass ceramic has been known for its high level of esthetics due to its mimicking natural tooth appearance. However, the glass ceramic crowns, which are beautiful, usually fracture under occlusal load, especially

in the posterior teeth. Recently, a new dental CAD/CAM material for CEREC has been developed by Dentsply Company to improve fractural strength of lithium disilicate glass ceramic. It is a zirconia reinforced lithium silicate ceramic. In the present study, a new launched zirconia reinforced lithium silicate ceramic, (Celtra™ Duo, Dentsply Caulk, Milford, USA) was evaluated for its fracture load comparing that of lithium disilicate ceramic (IPS e.max® CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein).

The fractural load of a material can be defined as the maximum load that a material can withstand before fracture.⁶ Fractural load test of dental ceramic is one of the important mechanical properties which has a high influence to predict the occlusal load that the material can withstand without fracture of ceramic material.^{7,8} Since no standard method exists for testing the strength of a clinical ceramic and each test setups are individually designed, the data are not comparable to each other. Reviewed studies have tested the fracture load of dental ceramic using extracted natural tooth⁹⁻¹² metal dies^{13,14} or epoxy resin materials.^{15,16} Metal dies have a higher elastic modulus than natural teeth. Increasing the elastic modulus of the die material has been investigated to increase the fracture load of all-ceramic posterior crown restorations.¹⁷ However, use of natural teeth might also have some disadvantages, including variation in shape, size and mechanical properties.¹⁸ Die materials in fracture load testing should have an elastic modulus similar to that of dentin.¹⁹

In the present study, epoxy resin was used to fabricate standardized dies to obtain fracture load values.^{7,20,21} In addition, the application of epoxy resin provided the advantages of facilitated fabrication of homogenous substrates in a highly standardized manner. Epoxy resin dies were prepared according to clinically established preparation criteria and also according to the manufacturer recommendations for the assessment of the new materials. Each identical monolithic CAD/CAM crown was designed and manufactured by one technician using CEREC (Sirona dental system, Bensheim, Germany) system for the purpose of standardization. All crowns were cemented using finger pressure by one operator for clinical relevant situation. In this study, a 4 mm diameter stainless steel indenter was used to transfer the force through the central fossa of tested ceramic crown on the resin block. The result showed the occlusal contact area of 4 mm diameter steel ball and specimen is approximately 3 mm² in size (fig. 6) related with the finding of Hidaka et.al 1999, which found that the maximum size of occlusal contact area in molar was 3.2 mm².²²

In the present study, the fracture loads of the monolithic CAD/CAM single crowns made by Celtra™ Duo and IPS e.max® CAD were 1,150-1,976 N and 1,370-1,836 N, respectively. The large variation of fracture load values within the same experimental group can be observed. This may be affected from the differences in finger pressure applied during crown cementation. Moreover, the unknown nature of the bonding between

luting cement and epoxy resin model. However, these two factors equally influenced to both crowns in this study therefore it is possible to make a comparison between two groups.

No statistically significant of fracture load between Celtra™ Duo and IPS e.max® CAD was founded is in agreement with a previous study.²³ There are two hypothetical explanations for this result. The first explanation might be due to the composition of ceramics. Although Celtra™ Duo is reinforced by adding zirconia, it has only 10 % by weight of dissolved zirconia reinforces the glass matrix. The manufacturer has claimed that zirconia particles will reinforce the ceramic structure by crack interruption. However, the number of crystals filler in the material is other factor that greatly affected to the strength of ceramic.¹¹ According to manufacturer information, crystallized Celtra™ Duo has lower crystals filler volume (36 % volume of lithium disilicate and lithium silicate) when compared to that of crystallized IPS e.max® CAD (70 % volume of lithium disilicate). In addition, the second explanation might be due to the using of adhesive cementation can balanced the fracture resistance of higher strength ceramic to comparable that of lower strength ceramic crowns.²⁴

Besides Celtra™ Duo, VITA® Suprinity (VITA Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) is another zirconia-reinforced lithium silicate. Although, VITA® Suprinity contains the same composition with Celtra™ Duo (10 % Zirconia and 90 % lithium silicate), there were difference form (partially sintered block/fully sintered block) and difference

manufacturer. There is a study has compared the fracture load between Celtra™ Duo and VITA® Suprinity on titanium implant abutments showed that VITA® Suprinity have higher fracture load than Celtra™ Duo maybe influenced from milling process of partially sintered VITA® Suprinity comparing to fully sintered Celtra™ Duo.²⁵ Currently, little is known about the mechanical properties between difference zirconia-reinforced lithium silicate ceramics. As the next step, it is interesting to investigated in further study.

Based on this study, it may be assumed that both Celtra™ Duo and IPS e.max® CAD are able to withstand intraoral masticatory forces in the mouth which is in the range of 216-890 Newton.^{26,27} Therefore, both types of ceramic are strong enough to restore the posterior teeth and short-span fixed bridges. However, in this study, we tested the fractural strength of all ceramic crowns which are milled and sintered but not glazed so that may be effect the strength of material.²⁸

From the result of fracture characteristic, although type I (complete fracture) and type II (crack line on both crown and resin block) fracture were found on both type of ceramic. There was crack line within crown (type 3) in only Celtra™ Duo group. It is probably cause by more fabrication flaws into ceramic from hard machining of fully sintered zirconia reinforced lithium silicate ceramic when comparing to soft machining of partially sintered lithium disilicate. However, this might be the advantage of Celtra™ Duo because the cracked crown could be

removed and replaced with the new crown. This research could not determine the cause of the difference characteristics of ceramic crown fracture. Further investigations regarding the use of this material are required.

Conclusions

According to the limitations of this study, there was no statistically significant difference of the fracture load between Celtra™ Duo and IPS e.max® CAD ceramic crown. Their loading forces are in the range that can withstand chewing force in a clinical setting.

Acknowledgments

This research was supported by the research foundation, Faculty of Dentistry, Thammasat University. We thank Stardent dental clinic who provided CEREC (Sirona dental system, Bensheim, Germany) system for fabricating CAD/CAM crown.

References

1. Goodacre CJ, Bernal G, Rungcharassaeng K, Kan JY. Clinical complications in fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 2003;90:31-41.
2. Quinn GD, Giuseppetti AA, Hoffman KH. Chipping fracture resistance of dental CAD/CAM restorative materials: part 2. Phenomenological model and the effect of indenter type. *Dent Mater* 2014;30:e112-23.
3. Quinn GD, Giuseppetti AA, Hoffman KH. Chipping fracture resistance of dental CAD/CAM restorative materials: part I--procedures and results. *Dent Mater* 2014;30:e99-e111.
4. Wittneben JG, Wright RF, Weber HP, Gallucci GO. A systematic review of the clinical performance of CAD/CAM single-tooth restorations. *Int J Prosthodont* 2009;22:466-71.
5. Fischer H, Marx R. Fracture toughness of dental ceramics: comparison of bending and indentation method. *Dent Mater* 2002;18:12-9.
6. Sakaguchi RL, Powers JM. Craig's restorative dental materials: Elsevier/Mosby; 2011.
7. Heintze SD, Albrecht T, Cavalleri A, Steiner M. A new method to test the fracture probability of all-ceramic crowns with a dual-axis chewing simulator. *Dent Mater* 2011;27:e10-9.
8. Rekow D, Thompson VP. Engineering long term clinical success of advanced ceramic prostheses. *J Mater Sci Mater Med* 2007;18:47-56.
9. Attia A, Abdelaziz KM, Freitag S, Kern M. Fracture load of composite resin and feldspathic all-ceramic CAD/CAM crowns. *J Prosthet Dent* 2006;95:117-23.
10. Kassem AS, Atta O, El-Mowafy O. Combined effects of thermocycling and load-cycling on microleakage of computer-aided design/computer-assisted manufacture molar crowns. *Int J Prosthodont* 2011;24:376-8.
11. Kelly JR, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Aust Dent J* 2011;56 Suppl 1:84-96.
12. Seydler B, Rues S, Muller D, Schmitter M. In vitro fracture load of monolithic lithium disilicate

ceramic molar crowns with different wall thicknesses. *Clin Oral Investig* 2014;18:1165-71.

13. AL-Makramani BM, Razak AA, Abu-Hassan MI. Evaluation of load at fracture of Procera AllCeram copings using different luting cements. *J Prosthodont* 2008;17:120-4.

14. Akesson J, Sundh A, Sjogren G. Fracture resistance of all-ceramic crowns placed on a preparation with a slice-formed finishing line. *J Oral Rehabil* 2009;36:516-23.

15. Zahran M, El-Mowafy O, Tam L, Watson PA, Finer Y. Fracture strength and fatigue resistance of all-ceramic molar crowns manufactured with CAD/CAM technology. *J Prosthodont* 2008;17:370-7.

16. Wood KC, Berzins DW, Luo Q, Thompson GA, Toth JM, Nagy WW. Resistance to fracture of two all-ceramic crown materials following endodontic access. *J Prosthet Dent* 2006;95:33-41.

17. Scherrer SS, de Rijk WG. The fracture resistance of all-ceramic crowns on supporting structures with different elastic moduli. *Int J Prosthodont* 1993;6:462-7.

18. Heintze SD, Cavalleri A, Zellweger G, Buchler A, Zappini G. Fracture frequency of all-ceramic crowns during dynamic loading in a chewing simulator using different loading and luting protocols. *Dent Mater* 2008;24:1352-61.

19. Kelly JR, Rungruangnunt P, Hunter B, Vailati F. Development of a clinically validated bulk failure test for ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 2010;104:228-38.

20. Yucel MT, Yondem I, Aykent F, Eraslan O. Influence of the supporting die structures on the fracture strength of all-ceramic materials. *Clin*

Oral Investig 2012;16:1105-10.

21. Wakabayashi N, Anusavice KJ. Crack initiation modes in bilayered alumina/porcelain disks as a function of core/veneer thickness ratio and supporting substrate stiffness. *J Dent Res* 2000;79:1398-404.

22. Hidaka O, Iwasaki M, Saito M, Morimoto T. Influence of clenching intensity on bite force balance, occlusal contact area, and average bite pressure. *J Dent Res* 1999;78:1336-44.

23. Preis V, Behr M, Hahnel S, Rosentritt M. Influence of cementation on in vitro performance, marginal adaptation and fracture resistance of CAD/CAM-fabricated ZLS molar crowns. *Dent Mater* 2015; 31:1363-1369.

24. Bindl A, Luthy H, Mormann WH. Strength and fracture pattern of monolithic CAD/CAM-generated posterior crowns. *Dent Mater* 2006;22:29-36.

25. Weyhrauch M, Iguel C, Scheller H, Weibrich G, Lehmann KM. Fracture Strength of Monolithic All-Ceramic Crowns on Titanium Implant Abutments. *J Oral Maxillofac Implants* 2016;31:304-9.

26. Kohyama K, Hatakeyama E, Sasaki T, Azuma T, Karita K. Effect of sample thickness on bite force studied with a multiple-point sheet sensor. *J Oral Rehabil* 2004;31:327-34.

27. Kelly JR. Clinically relevant approach to failure testing of all-ceramic restorations. *J Prosthet Dent* 1999;81:652-61.

28. O'Brien WJ. Strengthening mechanisms of current dental porcelains. *Compend Contin Educ Dent* 2000;21:625-30.

