



2564

ปีที่ 24 ฉบับที่ 3

กันยายน - ธันวาคม 2564

วิทยาลัยการ
ทันตแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

KHON KAEN UNIVERSITY DENTAL JOURNAL
VOL. 24 NO. 3 SEPTEMBER - DECEMBER 2021
E-ISSN : 2730-1699

สารบัญ

❖ บทวิทยาการ

บทความวิจัย

- ◆ การประเมินผลของกลไกการเคลื่อนฟันสองรูปแบบโดยใช้แรงดึงตั้งฟันกรามล่างคู่ซึ่งที่สองจากหลักยึดหมุนฝังในกระดูกท้ายฟันกรามล่าง: วิเคราะห์โดยไฟไนต์เอลิเมนต์
พัฒน์นรี กิตติชัยธนกุล ชาย รังสิยากร หัสมนัญ เฉลิมวงศ์ วิรัช พัฒนาการณ์ 1
- ◆ ผลของวัสดุพิมพ์แบบอีลาสโทเมอร์และความกว้างของร่องเหงือกต่อความเที่ยงตรงเชิงมิติของแบบถอดพลาสติกเรซิน
ศตวรรษ มานพพันธ์ สุคนธ์ทิพย์ อวชันนาการ 18
- ◆ การลุกลามของโรคปริทันต์อักเสบและปัจจัยพยากรณ์ ในฟันที่มีการพยากรณ์โรคระดับน่าสงสัยระหว่างการรักษาปริทันต์บำบัดขั้นประคับประคอง
รัชตะวัน ศิริพันธ์ กนกนิตดา ตะเวทีกุล อรรถวุฒิ เลิศพิมลชัย 27
- ◆ สภาวะสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุที่มีภาวะโภชนาการระดับต่างๆ ในเขตอำเภอขามเฒ่า จังหวัดบุรีรัมย์
ไพลิน สิทธิโชคตระกูล ศิริชัย เกียรติถาวรเจริญ ระวีวรรณ อารยะสันติภาพ นิษณ์ โอภูมา 38
- ◆ การเปรียบเทียบพื้นที่ฟองอากาศในการผสมวัสดุพิมพ์ปากอัลจินต ระหว่างกลุ่มที่ฝึกด้วยวัสดุพิมพ์ปากอัลจินตกับกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินตเทียม
สุวดี เอื้ออรรถโชติ อนุรัตน์ อนุสรราชกิจ ครันยา พลศรี ภัทรลภา หล่อสุวรรณศิริ วราณัฐ ปิติพัฒน์ 48
- ◆ การเปรียบเทียบการรั่วซึมและคุณภาพของวัสดุอุดคลองรากฟันที่เหลืออยู่ภายหลังการเตรียมคลองรากฟันสำหรับเดือยฟันระหว่างการอุดด้วยวิธีซีเมนต์คอน ร่วมกับไบโอเซรามิกซิลเลอร์ และร่วมกับเอเอชพลัสที่ระดับต่างกัน
บัญชา สันตวรักษ์ เพ็ญพิชา วรจันทร์รักษ์ ธนพัฒน์ ศาสตรระจุ พจน์ ชูวิระ ภูมิศักดิ์ เลาวกุล 58
- ◆ ความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอร์โคเนียกับเรซิน คอมโพสิตชนิดโพลีเมอร์ที่อัดติดด้วยเรซินซีเมนต์ที่มีหมู่โมโนเมอร์ทำงานที่ต่างกัน
ปารย์วิ วัฒนศักดิ์ชัย พิสิษฐ์ชัย ชัยจรินทร์ ณัฐวรรณ ปลื้มสำราญ ธนพัฒน์ ศาสตรระจุ 69

บทวิทยาการคลินิก

- ◆ ทรอมโบติกอัลเซอร์ที่พบนุโลมาไวรัสโครมัล อีโอซิโนฟิลเลีย: รายงานผู้ป่วย
ภัทรมน ธนทรัพย์สิน 82

❖ บทความปริทัศน์

- ◆ อาการเสียวรากฟันและการรักษาด้วยวัสดุนาโน
สุจิวรรณ สืบบุก สังขมณี กัลย์ภัทร ตันศรีรัตนวงศ์ 91
- ◆ การบริหารทางทันตกรรมพร้อมมูล: นิยามและเคล็ดลับการสอน
นัยนา บุรณชาติ สิริรัก ศุภอมรกุล ธาธี จำปรัตน์ สมชัย มโนพัฒนกุล 99



CONTENTS

❖ ORIGINAL ARTICLES

RESEARCH

- ◆ Evaluation of Two Patterns of Mechanics for Pulling Uprighting Force on an Impacted Mandibular Second Molar using Retromolar Miniscrew Anchorage: A Finite Element Analysis 1
*Kittichaithanakoon P, Rungsiyakul C, Chalermwong H, Patanaporn V**
- ◆ The Effect of Elastomeric Impression Materials and Gingival Sulcus Widths on the Dimensional Accuracy of Stone Die 18
Manopphun S, Arwatchanakarn S
- ◆ Periodontitis Progression and Prognostic Factors in Questionable Teeth During Supportive Periodontal Therapy 27
Siriphan R, Tavedhikul K, Lertpimonchai A
- ◆ Oral Health Condition of Older Adults with Different Nutritional Status in Chamni District, Buriram Province 38
Sittichoktrakul P, Kiattavorncharoen S, Arayasantiparb R, Okuma N
- ◆ A Comparison of Bubbles in Mixed Alginate Impression Materials between Alginate and Artificial Alginate Practicing Groups 48
Aerarunchot S, Anussornrajakit A, Ponsri S, Lorsuwansiri P, Pitiphat W
- ◆ Comparison of Leakage and Quality of Root Canal Filled with Single Cone Technique with Either Bioceramic Sealer or AH Plus Sealer after Post Space Preparation in the Difference Length of Gutta Percha Remaining 58
Sinkhanarak B, Wanachantararak P, Sastraruji T, Chuveera P, Louwakul P
- ◆ Shear Bond Strength of Zirconia to Flowable Resin Composite with Resin Cement Containing Different Functional Monomers 69
Thanomsakchai P, Chaijareenont P, Pleumsamran N, Sastraruji T

CLINICAL SCIENCE

- ◆ Traumatic Ulcerative Granuloma with Stromal Eosinophilia: A Case Report 82
Tanasubsinn P

❖ REVIEW ARTICLE

- ◆ Root Sensitivity and the Possible Treatments with Nanomaterials 91
Sangkhamanee SS, Tansiratanawong K
- ◆ Comprehensive Dental Care: Definition and Teaching Tips 99
Buranachad N, Supa-amonkul S, Champirat T, Manopatanakul S

Evaluation of Two Patterns of Mechanics for Pulling Uprighting Force on an Impacted Mandibular Second Molar using Retromolar Miniscrew Anchorage: A Finite Element Analysis

Kittichaithanakoon P* Rungsiyakul C** Chalermwong H*** Patanaporn V*

Abstract

The objectives of this study were: to evaluate optimal force magnitude required to initiate the uprighting of a mesioangularly-impacted mandibular second molar (tooth 37) using two patterns of pulling uprighting mechanics with retromolar miniscrew anchorage, without exceeding the periodontal ligament capillary-vessel blood pressure (0.0047 MPa), and to describe the initial displacement pattern of tooth 37 when optimal force magnitude is applied. A 3-D (three-dimensional) model was reconstructed based on anatomic data from a CBCT scan, which was imported into ABAQUS finite element software, to simulate the two patterns of pulling uprighting mechanics. The pulling force direction was laid from a metal button on tooth 37 to a retromolar miniscrew. Various force magnitudes of 50 – 150 g were applied. Pattern 1 used one-button mechanics, which had one direction of force with the metal button located on the occlusal surface of tooth 37. Pattern 2 used two-button mechanics, which had two directions of force with the two metal buttons located on the middle of the buccal and lingual surfaces of tooth 37. Finite element analysis was performed to evaluate the optimal force magnitude for each pattern of mechanics. Moreover, the optimal force magnitude was used to simulate the initial displacement pattern of tooth 37. The result indicated that the optimal force magnitude was 87 g in Pattern 1 and 73.5 g in Pattern 2. The initial tooth displacement of tooth 37 when 87 g and 73.5 g force were applied with Patterns 1 and 2 mechanics, respectively, were extrusion crown movement to occlusal plane, distal crown tipping and slight buccal crown tipping. Tooth 37 in Pattern 2 was crown movement to occlusal more than in Pattern 1.

Keywords: Impacted mandibular second molar/ Uprighting mechanics/ Retromolar miniscrew

Received: Dec 13, 2020

Revised: June 01, 2021

Accepted: June 17, 2021

Introduction

Failure of eruption of second mandibular permanent molars is a rare occurrence,^{1,2} with a reported prevalence in the general population ranging from 0.2% to 2.3%;²⁻⁵ however, it has been increasing in prevalence over the years.² Eruption disturbances can be manifest as impaction, primary retention, or secondary retention.⁶ An impaction is a result of a physical barrier in the path of eruption, usually because of abnormal orientation of the tooth axis.^{5,6} A mesially-inclined impaction of mandibular second molar, with an initial angulation between 31° and 60° is the most common orientation.^{3,4,7}

The eruption of the second mandibular molars is one of the essential factors for coordination of facial growth,

for occlusal support and for development of a normal dentition;⁸ hence, the timing of its eruption has considerable clinical impact. Impaction of mandibular second molars can result in a short lower facial height.⁶ Other consequences can be malocclusion, follicular cyst, pericoronitis, loss of adjacent teeth as a result of dental caries, root resorption, and periodontal conditions.⁶ Accordingly, early diagnosis is imperative, as are treatment at the optimal time and reduction of complications.^{1,5} Treatment modality can be surgical or orthodontic repositioning/uprighting, depending on the age of the patient, root development, the initial position of the impacted molars and treatment objectives.^{9,10} Orthodontically-assisted uprighting is a better option than a surgical approach,

* Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Amphur Muang, Chiang Mai.

** Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Amphur Muang, Chiang Mai.

*** Dental Department, Lamphun hospital, Amphur Muang, Lamphun.

especially when the roots of impacted molar is fully formed, when the initial angulation is extremely horizontal, or when the roots are widely diverging, because the surgical approach presents a risk to pulp vitality.^{1,10}

Orthodontically-assisted uprighting can be performed with conventional appliances, such as cantilever uprighting springs,^{9,11-13} NiTi wire springs,¹⁴ and T-loop springs.¹⁵ However, uprighting an impacted mandibular molar with conventional orthodontic appliances is challenging in order to control the movement of impacted molars and to avoid side effects, especially reciprocal movement of anchorage units.¹⁶ The advent of skeletal anchorage orthodontics solves the aforementioned problems and simplifies orthodontic biomechanics and appliances, because the anchorage it provides is absolute.^{17,18} The use of a pulling force for uprighting mandibular second molars, using a retromolar miniscrew to obtain distal crown tipping mechanics, has been recommended in previous clinical studies.¹⁹⁻²⁴ However, the ultimate answer to the question of an optimal force system for the mechanics of uprighting impacted mandibular second molars has yet to be determined. Moreover, it has been proposed on the basis of several clinical experiments and biomechanical studies that external pressure comparable to the capillary blood pressure of 0.0047 megapascal (MPa) can be a stimulus to initiate orthodontic tooth movement and root resorption.²⁵⁻²⁷

Finite element (FE) analysis involves dividing a complex structure into a system of calculable nodes. Stress distributions and displacement can be assessed for each node, and the response to different loading conditions can be predicted. Accordingly, FE analysis would help to determine the optimal loading magnitude and direction and to clarify the initial tooth displacement pattern of the impacted mandibular second molar when each pattern of pulling force applied.

The aims of this study were (1) to evaluate the optimal force magnitude required to initiate the uprighting of a mesioangularly-impacted mandibular second molar using two patterns of pulling-force mechanics with retromolar miniscrew anchorage without exceeding the periodontal ligament capillary-vessel blood pressure (0.0047 MPa),²⁵ and

(2) to describe the initial displacement pattern of an impacted mandibular second molar when the optimal force magnitude for each pattern is applied.

Materials and methods

A three-dimensional (3-D) model of a segment of a left mandible, an impacted left mandibular second molar (tooth 37), a left mandibular first molar (tooth 36), and a left mandibular second premolar (tooth 35) were reconstructed based on a cone-beam computed tomography scan (CBCT [ORTHOPHOS XG 3D/Ceph, Dentsply Sirona, New York, NY, USA]: 84 kV and 10 mA; slice pitch 0.16 mm; field of view 5 x 5.5 cm; and voxel size 0.16 mm) of a 12-year-old boy who sought orthodontic treatment at the Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University. The study was approved by the Human Experimentation Committee of the Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Thailand (No. 27/2018). The CBCT images criteria were as follows: (1) a partially mesioangularly-impacted mandibular second molar with complete root formation (apical root closure complete); (2) enough bone distal to the target tooth for distal movement; (3) healthy periodontium and normal alveolar bone level; (4) no impeding third molar for uprighting mechanics. Exclusion criteria were: (1) root resorption; (2) abnormal crown or root morphology. The initial angulation (defined as angle between the long axis of the impacted tooth and the first molar) of tooth 37 was 55° and is shown in Figure 1.

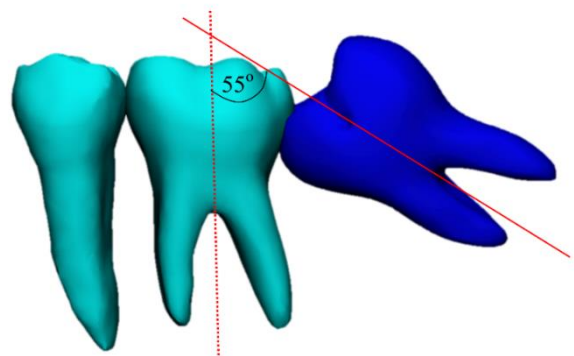


Figure 1 Initial angulation of tooth 37 is 55°

Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) files from the CBCT scan were converted to a 3-D model as a stereolithography (STL) file, using the manual image segmentation technique using Mimics Research software version 17.0 (Materialise, Leuven, Belgium). The constructed PDL was generated around the root surface of each tooth with a 0.2-mm, uniform thickness,²⁸⁻³¹ using the offset and Boolean subtraction in 3-Matic Research software version 9.0 (Materialise). The metal button (attachment) and retromolar miniscrew head was sketched in SolidWorks software (Dassault Systemes, Waltham, MA, USA). The metal button was placed on the occlusal surface of tooth 37 in one-button (Pattern 1), and on the buccal and lingual surfaces of tooth 37 in two-button (Pattern 2) mechanics. The miniscrew head of both patterns was placed at the same location in the retromolar area.

The final 3-D model consisted of part of the left mandible, tooth 37, tooth 36, tooth 35, constructed PDL, metal button, and miniscrew head. The model was assembled and orientated using 3-Matic software. The coordinate system of the model was defined, so that the X-axis represented the antero-posterior (mesio-distal) direction, the Y-axis represented the vertical (apico-occlusal) direction, and the Z-axis represented the transverse (linguo-buccal) direction, with the positive direction to the distal, occlusal, and buccal direction, respectively. The final 3-D model was imported to ABAQUS software (Dassault Systèmes) for FE analysis. The process of 3-D model construction is shown in Figure 2.

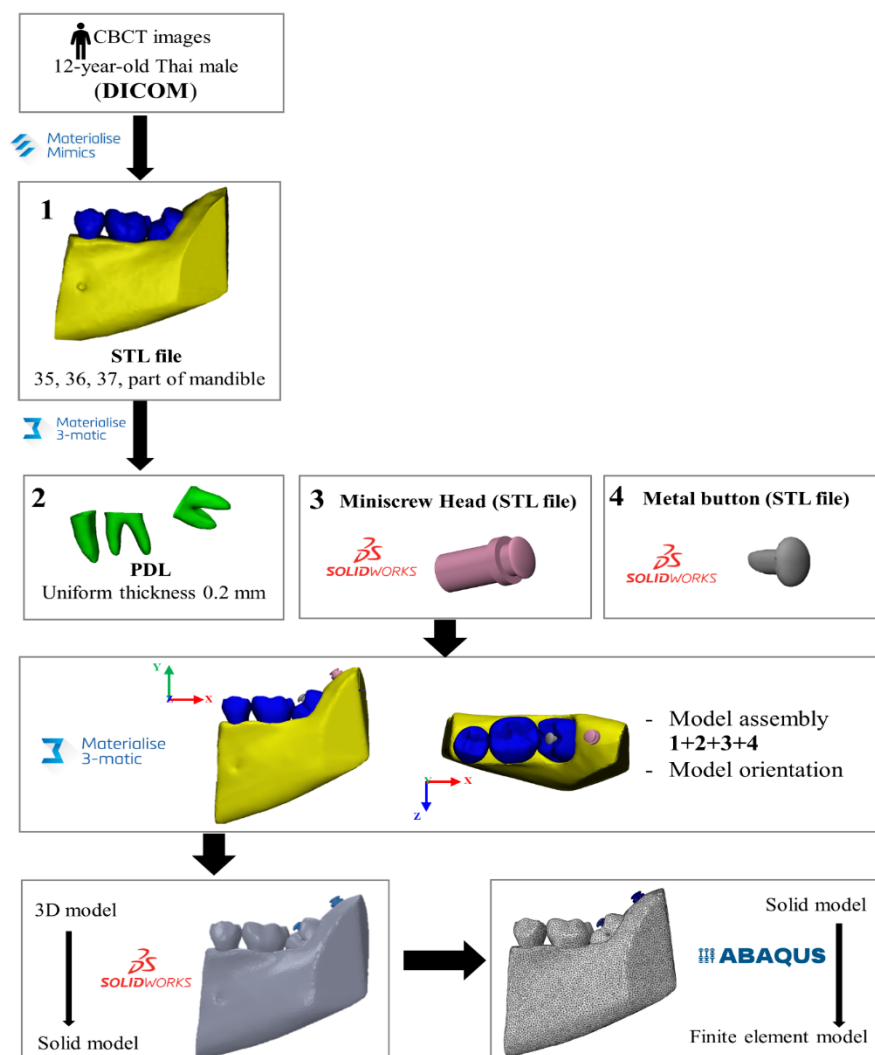


Figure 2 The process of FE model construction used in this study

All parts were considered as isotropic and homogenous with linear elastic material, except for the PDL. The PDL was assigned as isotropic and homogenous with non-linear elastic material, using the Ogden constitutive model,³² which provides strain energy calculation for the PDL. The third order coefficients of strain energy potential of the Ogden model are shown in Table 1. The material properties expressed as Young's modulus and Poisson's ratio of the mandible (cortical bone), teeth, stainless steel (metal button and miniscrew head) were obtained from previous FE studies and are listed in Table 2.³³⁻³⁶

The boundary conditions were defined at peripheral nodes on the outer surface of the cortical bone of the mandible which is shown in Figure 3. The contact conditions between tooth and tooth surface were defined as frictional conditions and the friction coefficient was 0.42, as in a previous experimental study.³⁷ The contact conditions between the other parts were defined as a tie-contact constraint. A tie-contact constraint was defined as the contact between each part of the model being perfectly bonded, but the surface on each part being separate.³⁸

Table 1 Coefficients of the third order Ogden constitutive model of the PDL

I	μ_i	α_i	D_i
1	-24.4237106	1.99994222	4.87164332
2	15.8966494	3.99994113	0.00000000
3	8.56953079	-2.00005453	0.00000000

Table 2 Material properties of tooth, cortical bone, and stainless steel

Material	Young's modulus (MPa)	Poisson's ratio
Tooth	19600	0.30
Cortical bone	13700	0.26
Stainless steel	200000	0.30

The loading was performed to simulate pulling-uprighting mechanics. The force direction was laid from the button on tooth 37 to the retromolar miniscrew head. Pattern 1 had one direction of force and Pattern 2 had two directions of force, which are shown in Figure 3. Various force magnitudes of 50, 60, 70, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 100, and 150 g were applied to Pattern 1, and 50, 60, 70, 71, 72, 73, 73.5, 74, 75, 80, 90, 100, and 150 g were applied to Pattern 2.

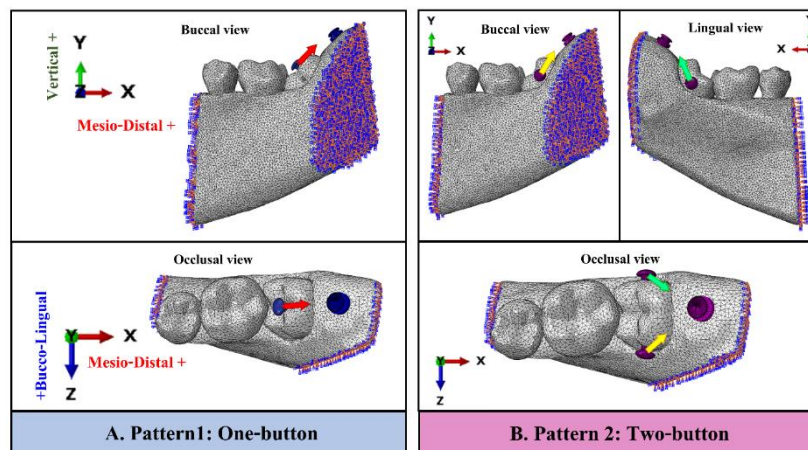


Figure 3 The coordinate system of the model: X-axis represents the antero-posterior (mesio-distal) direction, the Y-axis represents the vertical (apico-occlusal) direction, and the Z-axis represents the transverse (bucco-lingual) direction. The boundary conditions are shown as orange-blue symbols (•); (A) The force direction in Pattern 1 is shown as a red arrow; (B) The force directions in Pattern 2 are shown as yellow and green arrows.

Each part of the model was divided into quadratic tetrahedron elements (type C3D10). The total number of nodes and elements of Pattern 1 was 531,921 and 353,879, respectively. The total number of nodes and elements of Pattern 2 was 539,290 and 358,566, respectively. The number of nodes and elements of each part, and the approximate element size of each are shown in Table 3. The convergence tests were performed to verify the reliability of the results

obtained from the difference of mesh density. The defined percentage of error between successive models was not more than 5%.³⁹

FE analysis was performed on: (1) the hydrostatic pressure (MPa) on the PDL of tooth 37 after pulling force was applied; and (2) the initial tooth displacement of each pattern of mechanics on tooth 37.

Table 3 Approximate element size and number of nodes and elements of each part of the FE model

Parts	Approximate element size (mm)	Nodes	Elements
Metal button (occlusal)	0.6	12,200	8,001
PDL 37	0.3	48,486	24,473
Tooth 37	0.9	38,757	26,603
PDL 36	0.6	12,906	6,381
Tooth 36	0.9	33,905	22,899
PDL 35	0.6	6,833	3,364
Tooth 35	0.6	24,824	16,678
Miniscrew	1.5	12,615	7,058
Mandible	0.5	341,395	238,422
Metal button (occlusal); (Pattern 1)	0.6	12,200	8,001
Metal button (lingual); (Pattern 2)	0.6	9,644	6,275
Metal button (buccal); (Pattern 2)	0.6	9,925	6,413

Results

1. Optimal force magnitude and hydrostatic pressure pattern on the PDL of tooth 37

It has been proposed in various biomechanical studies that external pressure comparable to the PDL capillary-vessel blood pressure of 0.0047 MPa, as Schwarz's optimal force concept,²⁵ can stimulate the initial orthodontic tooth movement.^{26,27} In this study, the hydrostatic pressure, which is equal to $\sigma_H = ((\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3)$ - where σ_H is

hydrostatic pressure, and σ_1 , σ_2 and σ_3 are the principle stresses (compressive and tensile stress) on each axis, was calculated. The various force magnitudes, as aforementioned, were applied to each pattern of mechanics. The bar graph represents the amount of maximum compressive-hydrostatic pressure in the PDL of tooth 37 after the various force was applied to pattern 1 and 2, which are shown in Figure 4A and 4B, respectively.

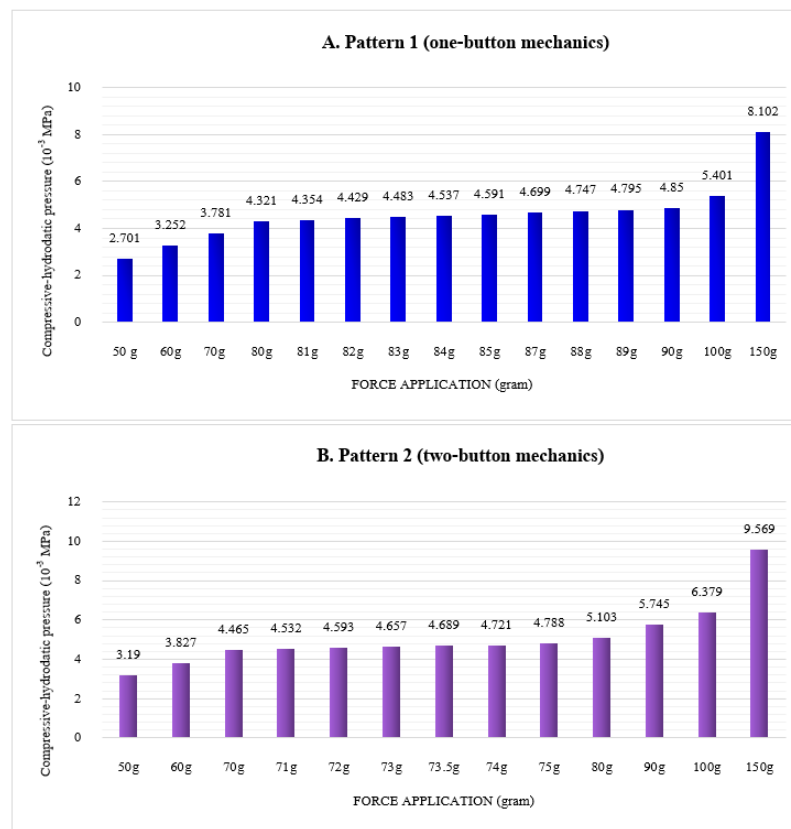


Figure 4 The amount of maximum compressive-hydrostatic pressure in the PDL of tooth 37 after the various force was applied to Pattern 1 (A) and 2 (B). Y-axis represents the compressive-hydrostatic pressure (10^{-3} MPa). X-axis represents the force application (gram)

1.1. Pattern 1 (one-button mechanics). Application of the 87g force led to compressive-hydrostatic pressure in the PDL of tooth 37 equal to 0.0047 MPa and appeared in the mesial region of the distal root, close to the distal root apex, as a small red region (node no.39283) on the color-coded map which is shown in Figure 5.

Moreover, a tension area (blue area) appeared in the mesial region of the middle third of mesial root and in the distal region of the apical third of mesial and distal root.

The 87g was the optimal force magnitude for pulling-uprighting mechanics in Pattern 1 and is equivalent to 0.0047 MPa of PDL capillary-vessel blood pressure.

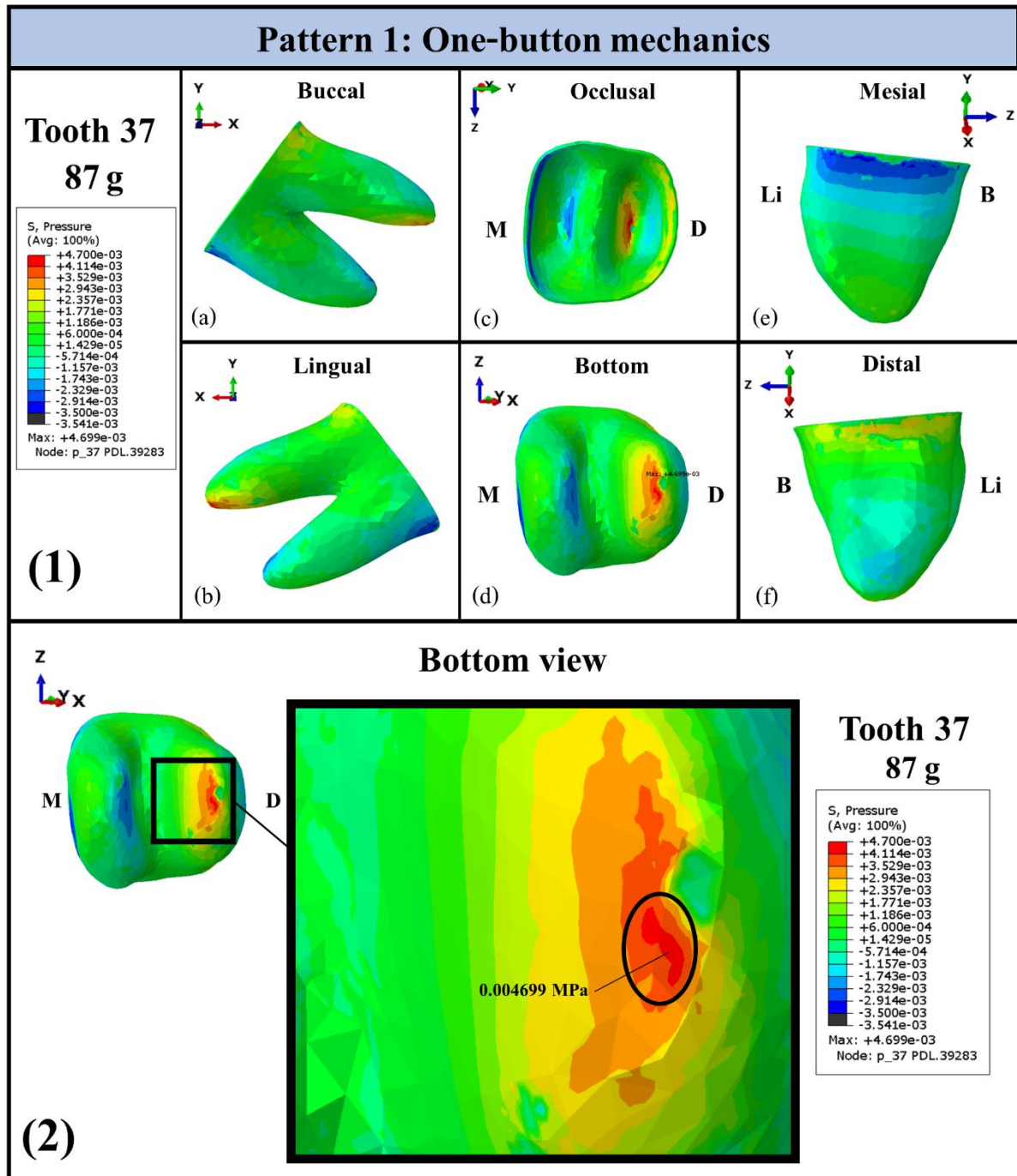


Figure 5 (1) Hydrostatic pressure on PDL of tooth 37 when 87 g of pulling force was applied using one-button mechanics. (2) Magnified bottom view of PDL of tooth 37. The small red area shows the area in which hydrostatic pressure was equal to 0.0047 (0.004699) MPa (black elliptical outline). (a) buccal view, (b) lingual view, (c) occlusal view, (d) bottom view, (e) mesial view, (f) distal view; M: mesial, D: distal, B: Buccal, Li: lingual

1.2 Pattern 2 (two-button mechanics). Application of the 73.5g force on each button led to compressive-hydrostatic pressure in the PDL of tooth 37 equal to 0.0047 MPa and appeared in the distal region close to the cemento-enamel junction (CEJ) of the distal root, as a small red region (node no.44455) on the color-coded map which is shown in Figure 6.

Moreover, a tension area (blue and black area) appeared in the mesial region of the mesial root and in the mesial region of the distal root, close to the root furcation.

The 73.5 g was the optimal force magnitude for pulling-uprighting mechanics in Pattern 2 and is equivalent to 0.0047 MPa of PDL capillary-vessel blood pressure.

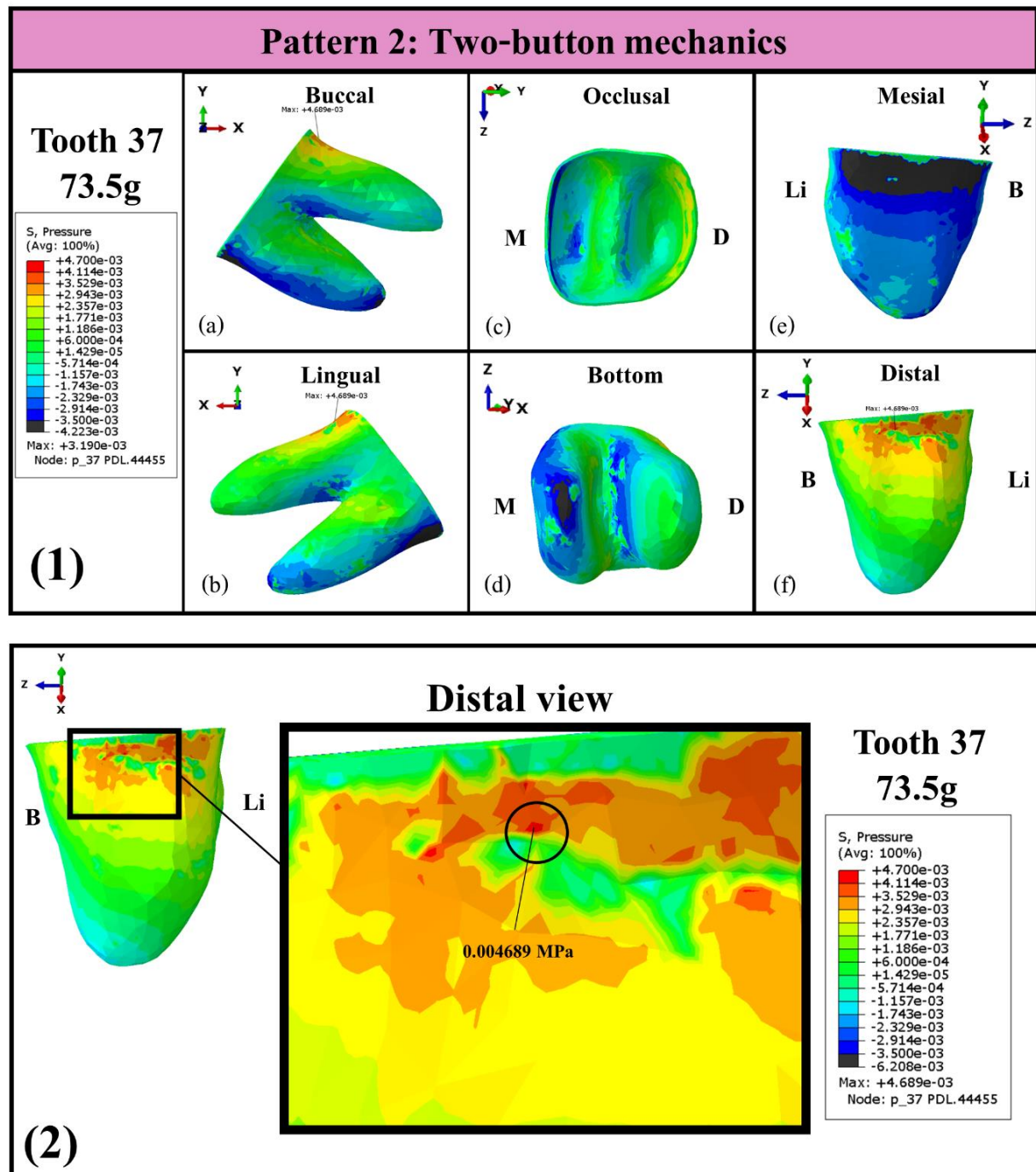


Figure 6 (1) Hydrostatic pressure on PDL of tooth 37 when 73.5 g of pulling force was applied using two-button mechanics. (2) Magnified distal view of PDL of tooth 37. The small red area shows the area in which hydrostatic pressure was equal to 0.0047 (0.004689) MPa (black circular outline). (a) buccal view, (b) lingual view, (c) occlusal view, (d) bottom view, (e) mesial view, (f) distal view; M: mesial, D: distal, B: Buccal, Li: lingual.

2. Initial tooth displacement pattern of tooth 37

This FE analysis revealed that the 87 g and 73.5 g of pulling force were the optimal force magnitude for Patterns 1 and 2, respectively. Therefore, the 87g and 73.5g of force were chosen for simulation of the initial tooth displacement pattern in this study. The initial tooth displacement of tooth 37 was visualized using superimposed images of tooth positions before and after force application, with color-coded arrows, which is shown in Figure 7. In Pattern 1, the initial tooth position is shown in light blue, and the final tooth position in opaque blue. In Pattern 2, the initial tooth position is shown in light gold, and the final tooth position in opaque dark purple. As a result of static finite element, the amount of initial tooth movement was small. Hence, the magnified-deformed-value function, as 400 times, was used to visualize the slight difference between tooth positions before and after force application. The color-coded arrows represent the amount of tooth movement which was arranged from largest

to smallest as red to blue arrows. The amount of movement in each axis of the crown and root are shown quantitatively in Table 4.

In Pattern 1, the initial displacement pattern of tooth 37, after the 87 g of pulling force was applied, was crown movement to occlusal plane, distal crown tipping and slight buccal crown tipping.

In Pattern 2, the initial displacement pattern of tooth 37, after the 73.5 g of pulling force was applied in each force direction, was crown movement to occlusal plane, distal crown tipping and slight buccal crown tipping. The initial displacement pattern in Pattern 1 and 2 are shown in Figure 7.

The amount of initial tooth movement results showed that tooth 37, when Pattern 1 was used, was extruded less than when Pattern 2 was used. The mesial and distal root apices of tooth 37 were the areas that moved the least in Patterns 1 and Pattern 2, respectively.

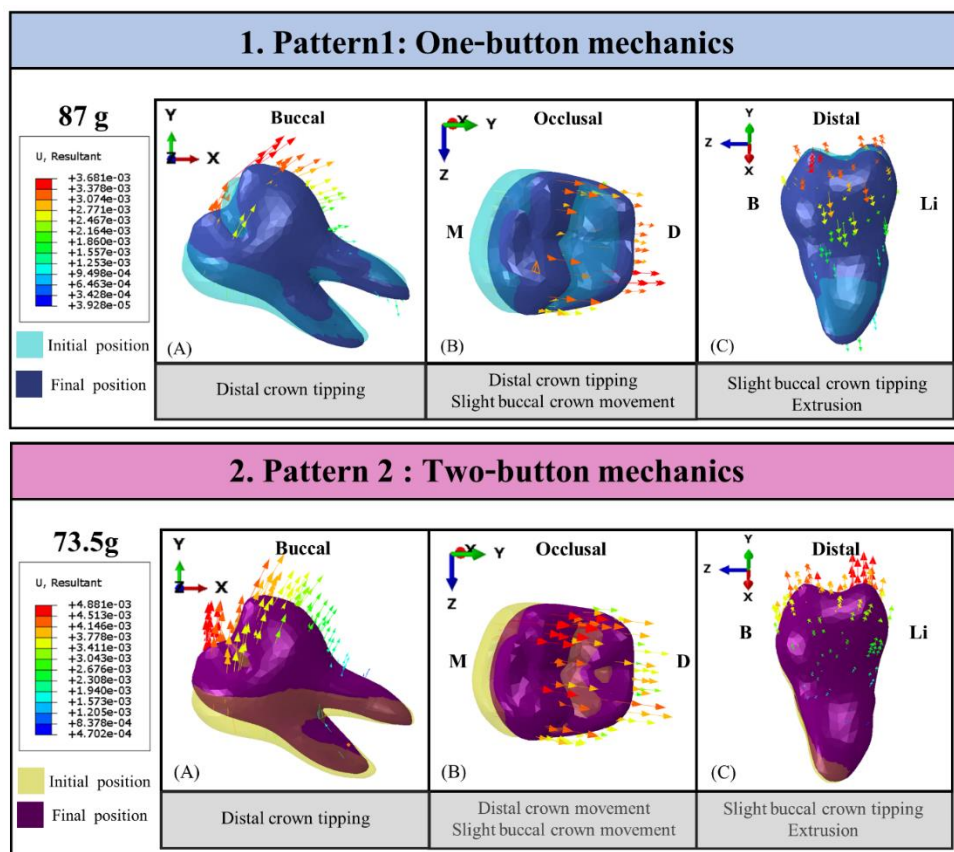


Figure 7 Superimposed images of tooth 37, the 400 times magnified-deformed-value function, before and after application of pulling force, with color-coded arrows representing the direction of initial displacement which visualize the slight difference between tooth positions. Summaries of initial tooth displacement are described in the gray boxes below each diagram.; (1) The initial displacement pattern of tooth 37 when 87g force in **Pattern 1** mechanics was applied. Light blue represents the initial position and opaque dark blue represents the final position. (2) The initial displacement pattern of tooth 37 when 73.5 g force in **Pattern 2** mechanics was applied. Light gold represents the initial position and opaque dark purple represents the final position. (A) Buccal view, (B) Occlusal view, (C) Distal view. M: mesial, D: distal, B: buccal, Li: lingual

Table 4 Numerical data on initial displacement of tooth 37 after the optimal pulling force in each pattern of mechanics (87g force for one-button and 73.5g force for two-button mechanics) was applied: MBC, mesio-buccal cusp; DBC, disto-buccal cusp; MLC, mesio-lingual cusp; DLC, disto-lingual cusp; MRA, mesial root apex; DRA, distal root apex; RF, root furcation. ΔX , tooth displacement in bucco (-) – lingual (+) direction; ΔY , tooth displacement in occluso (+) – gingival (-) direction; ΔZ , tooth displacement in mesio (-) – distal (+) direction

Mechanics	Tooth Part	Location	Node No.	Displacement (in mm)			Direction (Descending order)
				$\Delta X (10^{-3})$	$\Delta Y (10^{-3})$	$\Delta Z (10^{-3})$	
Pattern 1 (one-button) (87g)	Crown	MBC	17702	1.47103	3.21407	0.14155	Occluso-disto-buccal
		DBC	17870	2.77679	2.3547	0.39303	Disto-occluso-buccal
		MLC	19224	1.24239	3.1236	0.11610	Occluso-disto-buccal
		DLC	15032	2.66415	2.11439	0.40915	Disto-occluso-buccal
	Root	MRA	33320	-0.73827	-0.874945	-0.02630	Apico-mesio-lingual
		DRA	20354	0.33774	-1.69736	-0.25374	Apico-disto-lingual
Pattern 2 (Two-button) (73.5g)	Crown	MBC	387	0.947402	6.29095	0.797094	Occluso-bucco-distal
		DBC	223	2.83346	5.01405	0.974912	Occluso-disto-buccal
		MLC	18154	0.594556	6.50435	0.79712	Occluso-bucco-distal
		DLC	128	2.5311	5.05727	1.01150	Occluso-disto-buccal
	Root	MRA	7769	-2.23692	0.834423	-0.63175	Mesio-occluso-lingual
		DRA	12578	-0.639168	-0.392941	-0.80670	Linguo-mesio-occlusal

Discussion

1. Optimal force magnitude and hydrostatic pressure pattern of the PDL of tooth 37

This FE analysis demonstrated that the forces of 87 g and 73.5 g (for each force direction) were the optimal force magnitudes that could be applied to the initial uprighting of the impacted tooth 37 using pulling force mechanics (one-dimensional force) with a retromolar miniscrew without exceeding 0.0047 MPa, the hydrostatic pressure of the PDL capillary vessel blood pressure, in Patterns 1 and 2, respectively. Besides, Pattern 1 used 87g force in one direction and produced the maximum compressive stress at the mesial region of the distal root close to the root apex, whereas Pattern 2 used 73.5 g force in two directions and produced the maximum compressive stress at the cervical third of the distal surface of the distal root.

It has been recommended for decades that the orthodontic optimal force system depends on the remodeling response, which is directly related to the PDL response and the amount of root surface area.⁴⁰ Thus, investigation of optimal stress distribution (force/ (unit area)) within the PDL is relevant. The hydrostatic pressure is the part of the stress and can be determined by averaging the three axes of the principle stresses (compression and tension).⁴¹ The values of positive and negative hydrostatic pressure can be compared to the compression and tension sides of the PDL, respectively.⁴² The hydrostatic pressure is a suitable marker for PDL stress distribution, the data for which is provided by

the FE analysis. Schwarz²⁵ has stated that the most favorable treatment is that which works with forces not greater than the pressure in the blood capillaries. In the literature, the PDL capillary-vessel blood pressure has been reported to be 0.0047 MPa.²⁷

In the literature, the range of forces, used for pulling uprighting mechanics with retromolar miniscrews, has been reported. For one-button mechanics, Giancotti et al.^{19,24} used elastic threads to exert 150g of force and NiTi closed coil springs to exert 50g of force. Kim et al.⁴³ used elastic threads to exert 100g of force or 900 gmm of moment as recommended by Romeo and Burstone.¹³ For two-button mechanics, Deshmukh et al.²³ maintained force level at 150g on each side (buccal and lingual side).

The pressure distribution area in Pattern 1 was smaller than that in Pattern 2. The high compressive pressure region in Pattern 1 was clustered in a small area. As the pressure (stress: σ) is equal to the force divided by unit area ($\sigma = \text{force} / (\text{unit area})$), when the stress threshold is steady at 0.0047 MPa and the unit area is small, the force level reached the threshold of 0.0047 MPa more easily than in a large area because force is directly proportional to unit area (Force $\propto$ unit area).

The hydrostatic pressure in the PDL has been recommended as a marker for predicting the potential locations of root resorption.^{25-27,44} A finite element study by Hohmann et al.⁴⁵ found that regions of compressive

hydrostatic pressure exceeding 0.0047 MPa were prone to root resorption. The result of hydrostatic pressure pattern on PDL of tooth 37 illustrated that, in Pattern 1, the mesial region on the distal root close to the apex and the cervical third area of the distal region of the distal root were highly prone of root resorption if a force greater than 87g was applied. In Pattern 2, the cervical third area of the distal region of the distal root was highly prone to root resorption, especially when a force greater than 73.5 g was applied in each force direction.

2. Initial displacement pattern of tooth 37

This study demonstrated that the initial tooth displacement of each pattern was different. In both patterns, the crown of the impacted tooth was tipped distally, with slight buccal movement. However, the impacted tooth in Pattern 2 was displaced to occlusal plane more than in Pattern 1.

As the center of resistance is important for the understanding of the force system of orthodontic tooth movement. The approximate center of resistance of tooth 37 for each plane was defined from previous studies.^{46,47} The force direction in Patterns 1 and 2 did not pass through the center of resistance of the impacted tooth; hence, the moment undoubtedly was produced.

2.1 Antero-posterior direction (X-axis: mesio-distal direction). This study found that, in the antero-posterior (A-P) direction, the initial displacement pattern of tooth 37 was distal crown tipping and that the amounts of distal crown tipping in Patterns 1 and 2 were almost equal. This situation can possibly be explained by the physical equation for a moment, ($M = F \times d$, where M is the moment, F is the force, and d is the perpendicular distance from the center of resistance to the line of force). In Pattern 1, the button was placed on the occlusal surface, and the distance from the point of application to the center of resistance was increased. Consequently, a tip-back moment was generated, which was greater than either moment in Pattern 2. The approximate moment of force in Pattern 1 was 910.02 gmm, whereas, in Pattern 2, the approximate moment of force on the buccal side and on the lingual side were 540.23 gmm and 466.73 gmm, respectively, and the resultant moment was 1,006.96 gmm, as shown in Figure 8. The amount of tip-back moment for one molar (in the A-P direction) of this analysis was in the range of 800-1,200 gmm, as recommended by Romeo and Burstone,¹³ in a clinical study.

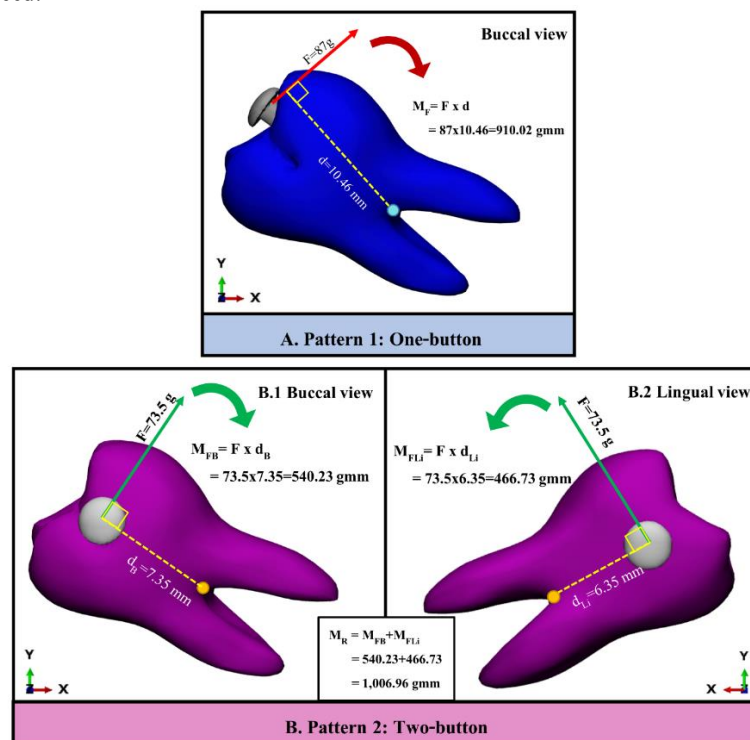


Figure 8 Moment of force (M_F) calculated from the physical equation for moment ($M = F \times d$). The blue and yellow dots represent the approximate position of the center of resistance in Patterns 1 and 2, respectively; (A) M_F in Pattern 1 (red curved arrow), generated by 87 g of pulling force (red straight arrow) was 910.02 gmm. (B) M_F in Pattern 2 (green curved arrow), generated by 73.5 g of pulling force (green straight arrow); B.1: M_{FB} calculated on the buccal side was 540.23 gmm, B.2: M_{FLi} calculated on the lingual side was 466.73 gmm. The rectangular box between B.1 and B.2 shows that the calculation of the resultant moment (M_R) in Pattern 2 was 1,006.96 gmm. B: buccal, Li: lingual, F: force, d: perpendicular distance from the center of resistance to the line of force. M_{FB} : moment of force in buccal direction, M_{FLi} : moment of force in lingual direction.

2.2 Vertical direction (Y-axis: occluso-apical direction). This FE analysis demonstrated that the crown of tooth 37 in Pattern 2 was displaced to occlusal plane more than in Pattern 1. In Pattern 2, the buttons were placed on the middle of the buccal and lingual surfaces, and were located

more apically than in Pattern 1; hence, when the pulling force vector was separated into its components in the vertical (Y-axis) direction, which is shown in Figure 9, the vertical force in Pattern 2 was greater than that in Pattern 1.

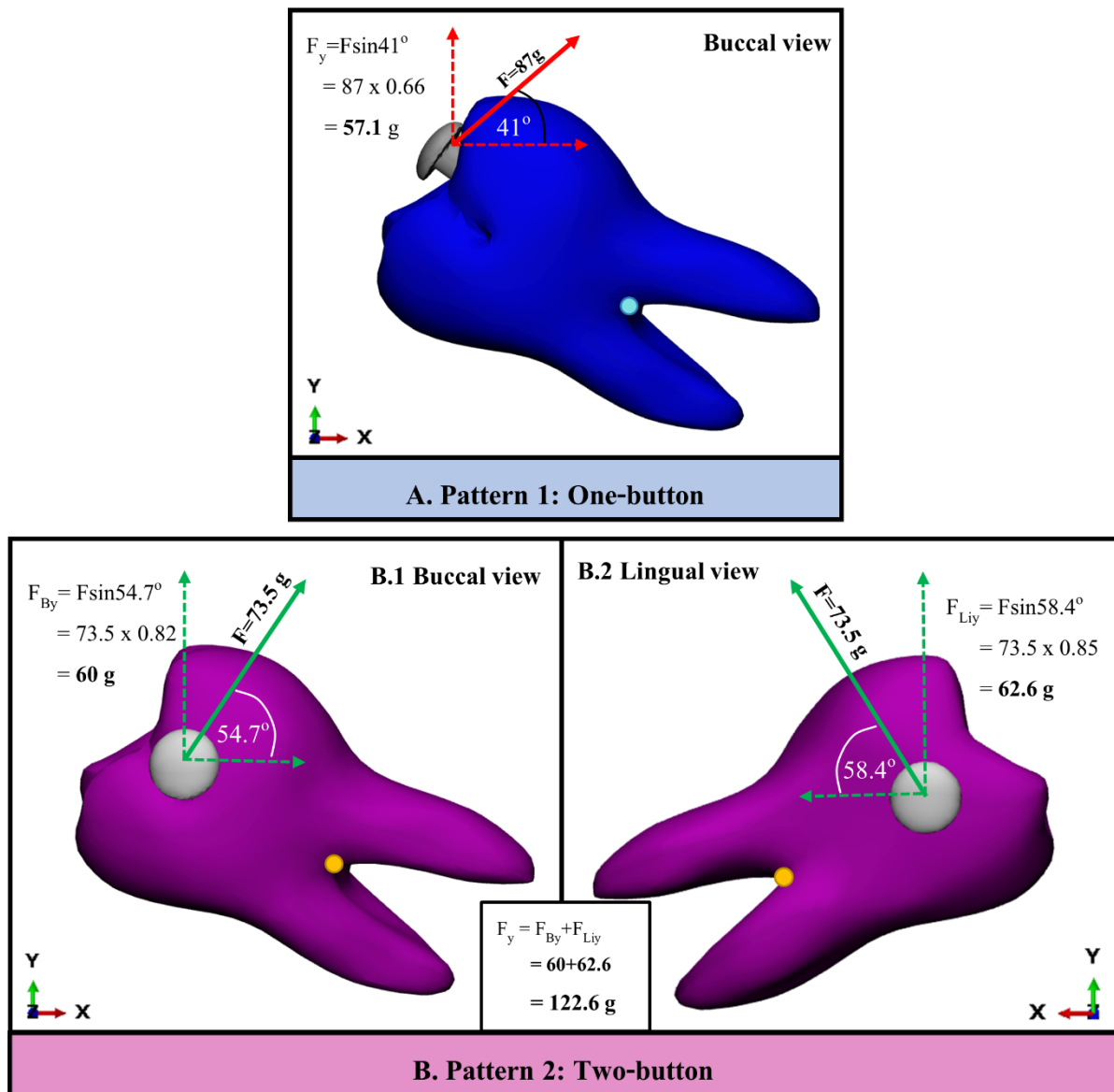


Figure 9 Separation of pulling force vectors into their components in the vertical direction (Y-axis). The approximate angle and value of the vertical force are shown. (A) The buccal view of tooth 37 in Pattern 1 shows that the vertical force (F_y) was 57.1 g. (B.1) The vertical force (F_{By}) in the buccal direction on tooth 37 in Pattern 2 was 60 g. (B.2) The vertical force (F_{Liy}) in the lingual direction on tooth 37 in Pattern 2 was 62.6 g. The rectangular box between B.1 and B.2 shows that the calculation of the resultant vertical force was 122.6 g. F_y : vertical force, F_{By} : vertical force on the buccal side, F_{Liy} : vertical force on the lingual side.

2.3 Horizontal direction (Z-axis: bucco-lingual direction). This FE analysis demonstrated that the crown of tooth 37 was tipped slightly buccally when the pulling force in both patterns of mechanics were applied. The initial orientation of tooth 37 in this study was not tipped buccally or lingually; and the line of force in Pattern 1, as shown in Figure 10, passed close to the center of the crown of the impacted tooth. Hence,

the buccolingual moment was small because the distance perpendicular from the center of resistance to the line of force was limited. In Pattern 2, as shown in Figure 11, the clockwise moment was slightly greater than the counterclockwise moment; thus, the approximate resultant moment in the horizontal plane was 18.7 gmm as clockwise rotation (distobuccal rotation of the crown).

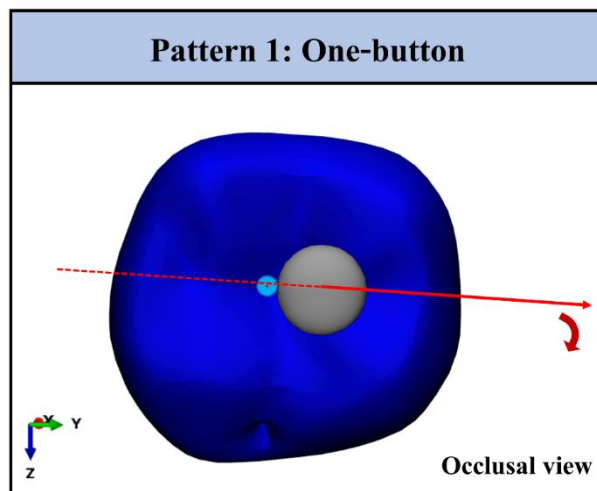


Figure 10 The line of pulling force in Pattern 1 (red straight arrow) passed near the center of tooth 37 (blue dot); hence the moment of force was small (red curved arrow).

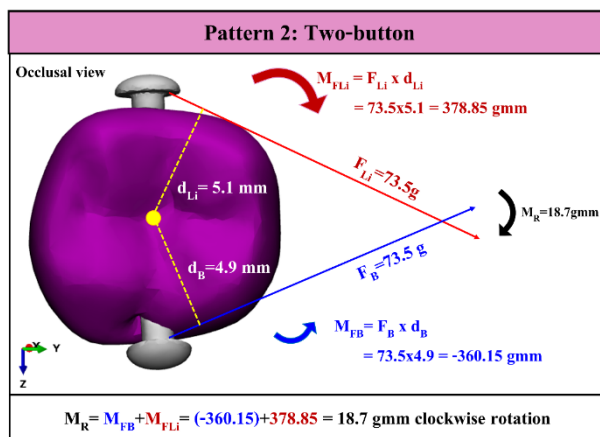


Figure 11 The moment of force generated from the buccal (blue straight arrow) and lingual (red straight arrow) pulling force direction in Pattern 2 mechanics. The amount of the moment of force in the buccal direction (M_{FB}) was 360.15 gmm with counterclockwise rotation (blue curved arrow). The amount of the moment of force in the lingual direction (M_{FL}) was 378.85 gmm with clockwise rotation (red curved arrow). The calculation of the resultant moment (M_R) is shown in the rectangular box below the diagram. The resultant moment was 18.7 gmm with clockwise rotation (black curved arrow) and produced a slight disto-buccal rotation of the crown. F_B : force direction on the buccal side, F_{Ll} : force direction on the lingual side, d : perpendicular distance from the center of resistance to the line of force.

3. Clinical application

In the clinical situation, various factors, such as treatment goal, periodontal status, root developmental stage, and the initial orientation of the impacted tooth, should be addressed to determine the optimal force system for uprighting the impacted mandibular molar.^{9,10,48} The initial orientation and the amount of the clinical crown of the impacted tooth exposed in the oral cavity affects the placement of the attachment (metal button) and also affects the force direction and the pattern of the initial displacement, which is related to the PDL stress distribution.

This study used two identical models to simulate two different force directions for pulling upright mechanics. It is noteworthy that the results of the stress distribution pattern in the PDL and the optimal force magnitude were different because of the different force directions.

According to the results in the A-P direction, distal crown tipping occurred in both patterns of mechanics; such distal crown-tipping is a beneficial effect for uprighting. In the vertical direction, Pattern 2 produced greater crown movement of tooth 37 to occlusal plane more than did Pattern 1; hence, when an impacted tooth is infra-occluded tooth, Pattern 2 is advantageous.

In cases when the inter-occlusal clearance of an impacted tooth is limited, a button on the occlusal surface, as in Pattern 1, could interfere with normal occlusion; thus, lingual and buccal buttons, as in Pattern 2 is preferable. However, in the case of partial eruption of an impacted tooth, a button on the occlusal surface, as in Pattern 1 could be more appropriate than lingual and buccal buttons, as in Pattern 2.

The benefit of uprighting the impacted molar with direct miniscrew anchorage and simple force mechanics, which required minimal and simply-designed appliances with a predictable force system, increased patient comfort and eliminated unwanted movement of the anchorage unit. However, the one-directional-uprighting force system has some limitations. A one-directional-uprighting force system cannot control the target tooth in three dimensions; therefore, in cases of lingually- or buccally- rotated molars, a single moment of force alone may be inadequate to upright and align the impacted molar into the ultimate position. The movement of the second molar when using one-directional force mechanics should be closely monitored and sequential application of different orthodontic force systems may be needed.^{19,21,24,43}

In cases where the initial orientation of the impacted mandibular molar and the required force direction are similar to those in this study, the 87g and 73.5 g of force can be applied in Patterns 1 and 2, respectively to upright the mandibular second molar. Additionally, if buttons can be located on either the occlusal surface (Pattern 1) or the buccal and lingual surfaces (Pattern 2) of the impacted tooth, Pattern 2 is favorable when crown movement to the occlusal plane of the impacted molar is needed.

In the occlusal view, the line of force in Pattern 1 mechanics depends on the locations of both the button and the retromolar miniscrew. In contrast, the button placement in Pattern 2 is firmly located on the middle of the buccal and lingual surfaces of the impacted teeth; thus, the location of the retromolar miniscrew is more significant to the line of force in Pattern 2 than the location of button. If the line of force does not pass through the center of resistance, rotation of the impacted tooth is certainly produced.

4. Materials and method

The accuracy of an FE analysis depends on numerous factors. The difficulties of imitation of biological structures lie in their complex anatomy, the non-elastic, anisotropic and heterogeneity of their behavior, their boundary condition, shape, size and number of elements, and dynamic contact analysis.^{38,49-52} In this study, the actual anatomic structures, based on a single human CBCT scan,

were implied. In addition, the PDL plays significant roles in initiating the cascade of biological response after orthodontic force is applied;^{25,53,54} hence, the PDL in this study was assigned as non-linear elastic, by using an Ogden constitutive model,⁵⁵ which provided precision and reliability of the initial tooth displacement and stress-strain distribution result.⁵⁶

However, FE modeling always includes various simplifications and assumptions, which decrease the accuracy of the model. The simplifications used in this study, included modelling the PDL and bone as homogeneous, isotropic, and uniform in thickness. In addition, the tooth-to-tooth contact condition was assigned as a linear-frictional contact. In nature, tooth-to-tooth contact, involving sliding and friction phenomena during mastication, is highly non-linear.³⁸ Accordingly, the results and findings may differ from actual clinical results because of these above-mentioned limitations and the biologic considerations.

Another limitation of this study was performance of FE analysis that in a static condition, which provided only the data of first phase orthodontic tooth movement; thus, to simulate the later phases of tooth movement, further dynamic FE studies are recommended.

Conclusions

This 3-D FE study clarifies, visualizes, and explains the biomechanical situation when two patterns of pulling uprighting mechanics are applied. The results may be utilized by clinicians to determine suitable orthodontic appliances and mechanics for individual patients.

This FE study demonstrates that the maximum force magnitude that can be applied to initiate the pulling-force system to correct the mesially-impacted mandibular second molar with retromolar miniscrew anchorage without exceeded the PDL's capillary blood pressure of 0.0047 MPa, was 87 g and 73.5 g (for each force direction) for one- and two-button patterns, respectively. The initial displacement pattern for both mechanics were distal crown tipping and slight buccal crown tipping. In addition, the two-button pattern resulted in greater crown movement to the occlusal plane of the impacted tooth than did the one-button pattern.

Acknowledgements

The authors wish to thank the Department of Radiology, Faculty of Medicine, Siriraj Hospital, Mahidol University, for simulation software support and guidance throughout our study, and to the Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, Chiang Mai University, for the support in financial aid of this research. We would like to express our appreciation to Dr. M. Kevin O Carroll, Professor Emeritus of the University of Mississippi School of Dentistry, USA, and Faculty Consultant at Chiang Mai University, Faculty of Dentistry, for his assistance in the preparation of the manuscript.

References

- Shapira Y, Borell G, Nahlieli O, Kuflinec MM. Uprighting mesially impacted mandibular permanent second molars. *Angle Orthod* 1998;68(2):173-8.
- Cassetta M, Altieri F, Di Mambro A, Galluccio G, Barbato E. Impaction of permanent mandibular second molar: A retrospective study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2013;18(4):564-8.
- Fu PS, Wang JC, Wu YM, Huang TK, Chen WC, Tseng YC, et al. Impacted mandibular second molars: A retrospective study of prevalence and treatment outcome. *Angle Orthod* 2012;82(4):670-5.
- Shapira Y, Finkelstein T, Shpack N, Lai YH, Kuflinec MM, Vardimon A. Mandibular second molar impaction. Part I: Genetic traits and characteristics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140(1):32-7.
- Bondemark L, Tsiopa J. Prevalence of ectopic eruption, impaction, retention and agenesis of the permanent second molar. *Angle Orthod* 2007;77(5):773-8.
- Raghoobar G, Boering G, Vissink A, Stegenga B. Eruption disturbances of permanent molars: a review. *J Oral Pathol Med* 1991;20(4):159-66.
- Enache AM, Nicolescu I, Georgescu CE. Mandibular second molar impaction treatment using skeletal anchorage. *Rom J Morphol Embryol* 2012;53(4):1107-10.
- Proffit WR. Equilibrium theory revisited: factors influencing position of the teeth. *Angle Orthod* 1978;48(3):175-86.
- Sawicka M, Racka Pilszak B, Rosnowska Mazurkiewicz A. Uprighting partially impacted permanent second molars. *Angle Orthod* 2007;77(1):148-54.
- Sivolella S, Roberto M, Bressan P, Bressan E, Cernuschi S, Miotti F, et al. Uprighting of the impacted second mandibular molar with skeletal anchorage. In: Bourzgui F, editor. *Orthodontics-Basic Aspects and Clinical Considerations*. 1 ed. Rijeka: InTech; 2012. p. 247-64.
- Shellhart WC, Oesterle LJ. Uprighting molars without extrusion. *J Am Dent Assoc* 1999;130(3):381-5.
- Roberts III WW, Chacker FM, Burststone CJ. A segmental approach to mandibular molar uprighting. *Am J Orthod* 1982;81(3):177-84.
- Romeo DA, Burststone CJ. Tip-back mechanics. *Am J Orthod* 1977;72(4):414-21.
- Kim MH, Kim M, Chun YS. Molar uprighting by a nickel-titanium spring based on a setup model. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;146(1):119-23.
- Tuncay OC, Biggerstaff RH, Cutcliffe JC, Berkowitz J. Molar uprighting with T-loop springs. *J Am Dent Assoc* 1980;100(6):863-6.
- Magkavali-Trikka P, Emmanouilidis G, Papadopoulos MA. Mandibular molar uprighting using orthodontic miniscrew implants: a systematic review. *Prog Orthod* 2018;19(1):1-12.
- Papadopoulos MA, Tarawneh F. The use of miniscrew implants for temporary skeletal anchorage in orthodontics: a comprehensive review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103(5):e6-15.
- Crismani AG, Bertl MH, Celar AG, Bantleon HP, Burststone CJ. Miniscrews in orthodontic treatment: review and analysis of published clinical trials. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137(1):108-13.
- Giancotti A, Arcuri C, Barlattani A. Treatment of ectopic mandibular second molar with titanium miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126(1):113-7.

20. Greco M, Meddis V, Giancotti A. The G-chain and miniscrew anchorage: simple mechanics for molar uprighting. *J Clin Orthod* 2012;46(1):24-5.
21. Lee KJ, Park YC, Hwang WS, Seong EH. Uprighting mandibular second molars with direct miniscrew anchorage. *J Clin Orthod* 2007;41(10):627-35.
22. Alfawzan AA. Mandibular Molars Uprighting Using Retromolar Temporary Anchorage Devices. *Am J Sci* 2018;14(11):1-3.
23. Deshmukh S, Kshirsagar R. Evaluation of the periodontal status of uprighted mandibular second molars using microscrews placed in the retromolar area: A comparison of two surgical techniques. *APOS Trends Orthod* 2017;7(2):80-6.
24. Giancotti A, Muzzi F, Santini F, Arcuri C. Miniscrew treatment of ectopic mandibular molars. *J Clin Orthod* 2003;37(7):380-3.
25. Schwarz AM. Tissue changes incidental to orthodontic tooth movement. *Int J Dent* 1932;18(4):331-52.
26. Hohmann A, Wolfram U, Geiger M, Boryor A, Kober C, Sander C, et al. Correspondences of hydrostatic pressure in periodontal ligament with regions of root resorption: a clinical and a finite element study of the same human teeth. *Comput Methods Programs Biomed.* 2009;93(2):155-61.
27. Dorow C, Sander FG. Development of a model for the simulation of orthodontic load on lower first premolars using the finite element method. *J Orofac Orthop* 2005; 66(3):208-18.
28. Kojima Y, Fukui H. Numeric simulations of en-masse space closure with sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138(6):702.e1-e6.
29. Kojima Y, Fukui H. Numerical simulation of canine retraction by sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127(5):542-51.
30. Kojima Y, Mizuno T, Fukui H. A numerical simulation of tooth movement produced by molar uprighting spring. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132(5):630-8.
31. Kojima Y, Takano M, Fukui H, Mizutani N, Hasegawa J. A simple method for calculating the initial tooth mobility and stress distribution in the periodontal ligament. *Dent Mater J* 1999;18:210-6.
32. Huang H, Tang W, Yan B, Wu B. Mechanical responses of Periodontal Ligament under a realistic orthodontic loading. *Procedia Eng* 2012;31:828-33.
33. Borchers L, Reichart P. Three-dimensional stress distribution around a dental implant at different stages of interface development. *J Dent Res* 1983;62(2):155-9.
34. Tanne K, Sakuda M, Burstone CJ. Three-dimensional finite element analysis for stress in the periodontal tissue by orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987;92(6):499-505.
35. Toms SR, Eberhardt AW. A nonlinear finite element analysis of the periodontal ligament under orthodontic tooth loading. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123(6):657-65.
36. Williams K, Edmundson J. Orthodontic tooth movement analysed by the finite element method. *Biomaterials* 1984;5(6):347-51.
37. Douglas WH, Sakaguchi RL, DeLong R. Frictional effects between natural teeth in an artificial mouth. *Dent Mater J* 1985;1(3):115-9.
38. Murakami N, Wakabayashi N. Finite element contact analysis as a critical technique in dental biomechanics: a review. *J Prosthodont Res* 2014;58(2):92-101.
39. Bright JA, Rayfield EJ. The response of cranial biomechanical finite element models to variations in mesh density. *Anat Rec* 2011;294(4):610-20.
40. Ren Y, Maltha JC, Kuijpers-Jagtman AM. Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: a systematic literature review. *Angle Orthod* 2003;73(1):86-92.
41. Viecilli RF. Stress, Strain, and the biological response. In: Leah H, editor. *The Biomechanical Foundation of clinical orthodontics*. 1st ed. Hanover park: Quintessence Publishing; 2015. p. 209-26.
42. Yousefian J, Firouzian F, Shanfeld J, Ngan P, Lanese R, Davidovitch Z. A new experimental model for studying the response of periodontal ligament cells to hydrostatic pressure. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;108(4):402-9.

43. Kim KJ, Park JH, Kim MJ, Jang HI, Chae JM. Posterior available space for uprighting horizontally impacted mandibular second molars using orthodontic microimplant anchorage. *Int J Clin Pediatr Dent* 2019;43(1):56-63.
44. Field C, Ichim I, Swain MV, Chan E, Darendeliler MA, Li W, et al. Mechanical responses to orthodontic loading: a 3-dimensional finite element multi-tooth model. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135(2):174-81.
45. Hohmann A, Wolfram U, Geiger M, Boryor A, Sander C, Faltin R, et al. Periodontal ligament hydrostatic pressure with areas of root resorption after application of a continuous torque moment. *Angle Orthod* 2007;77(4):653-9.
46. Smith RJ, Burstone CJ. Mechanics of tooth movement. *Am J Orthod* 1984;85(4):294-307.
47. Burstone C. Centers of resistance of the human mandibular molar. *J Dent Res* 1981;60:515.
48. Johnson JV, Quirk GP. Surgical repositioning of impacted mandibular second molar teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987;91(3):242-51.
49. Geng J-P, Tan KB, Liu G-R. Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 2001;85(6):585-98.
50. Piccioni MAR, Campos EA, Saad JRC, de Andrade MF, Galvão MR, Rached AA. Application of the finite element method in Dentistry. *Rev Bras Odontol* 2013;10(4):369-77.
51. Mohammed S, Desai H. Basic concepts of finite element analysis and its applications in dentistry: An overview. *Int J Dent Hyg* 2014;1-5.
52. Cattaneo P, Dalstra M, Melsen B. The finite element method: a tool to study orthodontic tooth movement. *J Dent Res* 2005;84(5):428-33.
53. Davidovitch Z. Tooth movement. *Crit Rev Oral Biol Med* 1991;2(4):411-50.
54. Melsen B, Cattaneo PM, Dalstra M, Kraft DC. The importance of force levels in relation to tooth movement. *Semin Orthod* 2007;13(4):220-33.
55. Huang H, Tang W, Yan B, Wu B, Cao D. Mechanical responses of the periodontal ligament based on an exponential hyperelastic model: a combined experimental and finite element method. *Comput Methods Biomech Biomed Eng Imaging Vis.* 2016;19(2):188-98.
56. Wakabayashi N, Ona M, Suzuki T, Igarashi Y. Nonlinear finite element analyses: advances and challenges in dental applications. *J Dent* 2008;36(7):463-71.

Corresponding Author

Virush Patanaporn

*Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry,
Faculty of Dentistry, Chiang Mai University,
Amphur Muang, Chiang Mai, 50200.*

Tel: +66 5 394 4440-1

Fax: +66 5 322 2844

E-mail: vr167420@hotmail.com

การประเมินผลของกลไกการเคลื่อนฟันสองรูปแบบ โดยใช้แรงดึงตั้งฟันกรามล่างคู่ซี่ที่สอง จากหลักยึดหมุนฝังในกระดูกท้ายฟันกรามล่าง: วิเคราะห์โดยไฟไนต์เอลิเมนต์

พัฒน์นรี กิตติชัยชนะกุล* ชาย รังสิยากร** หัสมนัญ เฉลิมวงศ์*** วิรัช พัฒนารณ์*

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของการศึกษาได้แก่ เพื่อประเมินค่าแรงเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับการตั้งฟันกรามล่างคู่ซี่ที่สอง (37) ที่ล้มเอียงด้านใกล้กลาง ซึ่งใช้แรงดึงสองรูปแบบ จากหลักยึดหมุนฝังในกระดูกท้ายฟันกรามล่าง โดยเป็นค่าแรงที่ไม่เกินค่าความดันหลอดเลือดฝอยในเอ็นยึดปริทันต์ (0.0047 เมกะพาสคัล) และเพื่ออธิบายลักษณะการเคลื่อนฟันระยะเริ่มต้นของซี่ 37 เมื่อได้รับแรงที่เหมาะสม การศึกษานี้สร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์สามมิติ โดยใช้ข้อมูลโครงสร้างจากภาพโคนบีบคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี และนำเข้าโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์อะบาคัส ซึ่งใช้วิเคราะห์กลไกการตั้งฟันสองรูปแบบในการตั้งฟันซี่ 37 โดยแนวแรงดึง จะดึงจากสิ่งยึดปุ่มฟันไปยังหลักยึดหมุนฝังในกระดูกท้ายฟันกรามล่าง ให้แรงขนาดต่างๆตั้งแต่ 50 กรัม ถึง 150 กรัม กลไกการตั้งฟันรูปแบบที่ 1 มีแนวแรง 1 แรง ใช้สิ่งยึดแบบปุ่ม 1 ตัว วางบนด้านบดเคี้ยว ส่วนกลไกการตั้งฟันรูปแบบที่ 2 มีแนวแรง 2 แนว ใช้สิ่งยึดแบบปุ่ม 2 ตัว วางบริเวณผิวฟันด้านแก้มและด้านลิ้นของฟันซี่ 37 วิเคราะห์โดยไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อประเมินค่าแรงที่เหมาะสมในแต่ละกลไกการตั้งฟัน นอกจากนี้ ค่าแรงที่เหมาะสมจะนำมาใช้เพื่อจำลองลักษณะการเคลื่อนที่ช่วงต้นของฟันซี่ 37 ทั้งสองรูปแบบ ผลการศึกษาพบว่า ค่าแรงที่เหมาะสมสำหรับกลไกการตั้งฟัน รูปแบบที่ 1 คือ 87 กรัม และรูปแบบที่ 2 คือ 73.5 กรัม ลักษณะการเคลื่อนที่ช่วงต้นของฟันซี่ 37 ในรูปแบบที่ 1 เมื่อได้รับแรง 87 กรัม และ รูปแบบที่ 2 เมื่อได้รับแรง 73.5 กรัม เกิดการเคลื่อนตัวฟันไปทางระนาบสบฟัน ตัวฟันเอียงด้านใกล้กลาง และเอียงด้านแก้มเล็กน้อย โดยรูปแบบที่ 2 ฟันซี่ 37 เกิดการเคลื่อนตัวฟันไปทางระนาบสบฟันมากกว่า รูปแบบที่ 1

คำใบ้รหัส: ฟันกรามล่างคู่ซี่ที่สอง/ กลไกการตั้งฟัน/ หลักยึดหมุนฝังในกระดูกท้ายฟันกราม

ผู้รับผิดชอบบทความ

วิรัช พัฒนารณ์

ภาควิชาทันตกรรมจัดฟันและทันตกรรมสำหรับเด็ก

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

โทรศัพท์: 053 944 440-1

โทรสาร: 053 222 844

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: vr167420@hotmail.com

* ภาควิชาทันตกรรมจัดฟันและทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

** ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

*** แผนกทันตกรรม โรงพยาบาลลำพูน อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน

The Effect of Elastomeric Impression Materials and Gingival Sulcus Widths on the Dimensional Accuracy of Stone Die

Manopphun S* Arwatchanakarn S**

Abstract

The aim of this study was to compare the dimensional accuracy of replicating stone dies poured from four elastomeric impression materials taken on three clinically simulated sulcular widths (0.1, 0.2 and 0.4 mm). Four elastomeric impression materials [Vinylpolyethersiloxane (Identium®), Hydrophilic polyvinylsiloxane (Hydrorise), Hydrophobic polyvinylsiloxane (Variotime®) and Soft polyether (Impregum™ Penta Soft)] were used to make 12 impressions of metal die of each sulcular widths by double-mix, single impression technique. Thus, a total of 144 impressions were made. The impressions were disinfected and left for 30 minutes. Then, Type IV dental stone (Vel-Mix™) were mixed and carefully vibrated into impressions. When dies stone completely set, the dies were removed and areas beyond finish line were trimmed. The diameter of gypsum dies at finish line were subjected to measurement in B-L as well M-D direction using measuring microscope with linear resolution 0.001 mm, 30X magnification. The mean diameter of dies stone were subtracted from metal die diameter. Subsequently, percent distortion of dies stone were calculated to represent an accuracy. The data was statistically analyzed by Two-way ANOVA and Tukey's HSD test. The results showed that there was statistically significant interaction between sulcular widths and impression materials on accuracy of die stone ($F=6.486$, $P<.01$). Vinylpolyethersiloxane has been revealed the significantly lower distortion of die stone at 0.2 and 0.1 sulcus width. When considering the distortion among three sulcular widths, the wider sulcular width (0.4 mm) provides more accurate die stone than narrower sulcus. It could be concluded that Vinylpolyethersiloxane gave the most accurate die stone of all materials tested. This material may be alternative to the polyvinylsiloxane and polyether in impression making for definitive cast and dies.

Keywords: Dimensional accuracy/ Elastomeric impression materials/ Gingival sulcus widths/ Distortion/ Die stone

Received: Oct 20, 2020

Revised: May 28, 2021

Accepted: June 16, 2021

Introduction

Impression making is the critical step in the fabrication of indirect restorations. After final impression were done, the impressions were poured with gypsum product to form the definitive cast and die. The master cast and die must be accurately reproduced impression detail, dimensionally stable under conditions of use and storage, minimal response to temperature changing. It should also have a smooth and hard surface to withstand abrasion during laboratory procedure.¹ So, the accuracy of master cast and die is a function of the completeness and accuracy of the impression.² Accuracy and completeness of impression are dependent on marginal thickness of restoration and physical properties of materials.³

Polyvinylsiloxane (PVS) and polyether (PE) are commonly used for final impression in restorative dentistry. Polyvinylsiloxanes have a great detail reproduction together with dimensional stability because of no by-product

formation. It can be poured within 1-2 weeks after making impression with multiple times.⁴ However, the disadvantages of PVS are hydrophobic nature arising from chemical structure which contains hydrophobic aliphatic hydrocarbon group around the siloxane bond and moderately high contact angle. These make a greater tendency to entrap air bubbles within die stone. Moreover, its polymerization reaction was inhibited by sulfur compound in latex gloves and the oxygen layer on the composite surface.⁵ The new formula of PVS has been added nonionic surfactant to improve wettability, reduce contact angles and also pour die stone or cast without incorporating voids. There is scientific evidence revealed that the newer hydrophilic material performs no better than the original formulations in wettability for pouring die.⁶ In addition, the clinical usage of this material still need dry field preparation that means the material remains hydrophobic.

* Dental Department, Nakhon Phanom Hospital, Amphur Muang, Nakhon Phanom.

** Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Amphur Muang, Khon Kaen.

Polyethers are hydrophilic with good wettability, allowing them to be used in moist environment.⁷ It is excellent surface detail reproduction and dimensionally stable. It allows multiple pours of accurate casts for 1 to 2 weeks after impressions are made without tearing of the impression. This material becomes rigid when set and may be more difficult to remove from mouth than polyvinyl siloxanes. The new generation of polyether named “soft polyether” has been improved taste, elasticity with advancing mixing system to achieve homogenous void-free material.⁸ Nonetheless, it is likely to absorb water due to its hydrophilic nature. For this reason, it should not be submerged in water for a long period of time and strict disinfection protocol should be considered to prevent swelling of material which leads to distortion. Recently, the hybrid material between polyvinylsiloxane and polyether so-called “vinylpolyethersiloxane” has been developed that possess optimized elastomeric properties with high resilience, high tear resistance and balanced elasticity.⁹ Previous study¹⁰ found that vinylpolyethersiloxane produced dies stone as accurate as polyvinylsiloxane and polyether in Bucco-Lingual and Mesio-Distal dimension. Whereas, polyvinylsiloxane were shown significantly shorter die stone than master die. Some controversy study¹¹ revealed that there was significant difference in mean dimensional change of die stone among vinylpolyethersiloxane, polyvinylsiloxane and polyether at immediately poured time.

The aim of this present study was to test and compare the dimensional accuracy of dies stone poured from four elastomeric impression materials in three clinically simulated sulcular widths after sprayed with disinfecting solution. The null hypothesis was that there would be no significant difference in an accuracy of dies stone among four elastomeric impression materials at three sulcular widths.

Materials and method

1. Testing model construction

The testing model was designed by software PLM NX version 11.0 and fabricated by milling machine (Mikron model VCE 750, Machining Center, Germany) using Computed Numerical Controlled technique. Model used in this study was adapted from prior research¹² by designing finish line and undercut area to simulate clinical tooth

preparation. The schematic diagram of testing model was illustrated in figure 1. The component of testing model are 1.1) a sulcus former which is 8 mm cylindrical steel rod with 2 mm long slope divergence to 8.4 mm diameter end 1.2) three metal dies were prepared to accurately fit the base tool. The metal dies were machined to simulate abutment teeth with 1 mm subgingival chamfer finish line and undercut area. The different diameter of metal dies at finish line (7.6, 8.0 and 8.2 mm) generated varying sulcular widths 0.4, 0.2 and 0.1 mm (Figure 2 A-D). Four reference points on each metal die were delineated by rotating of point through 90 degree about the origin in clockwise direction. 2) cylindrical base tool 26 mm height, diameter 16 mm width with 8 mm central hole were drilled. The other side of base tool were reduced to diameter 14 mm width 3.5 mm length, then followed by diameter 11 mm width 2 mm length and final 2 mm length with 12 mm in diameter 3) supporting ring 12 mm height with diameter 14 mm was placed on shoulder of base tool 4) artificial gingiva was prepared by mixing 7 grams of reversible hydrocolloid powder with 10 milliliters of distilled water over the hotplate stirrer at 65°C then filled in the space between supporting ring and sulcus former, the excess material was pressed flush with thin cover glass. After cooling down of artificial gingiva, replaced the sulcus former rod by metal die (Figure 3 A-D) 5) impression material tested with light and heavy body 6) impression stand.

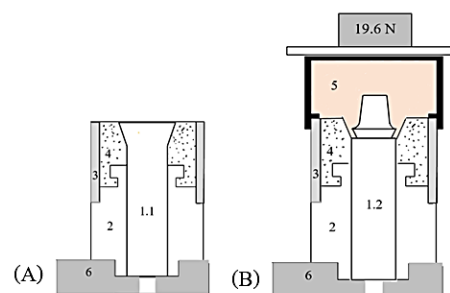


Figure 1 (A) Axial section through steel device for production of artificial gingiva tissue (reversible hydrocolloid) and (B) axial section through impression of metal die in tray.

- 1.1 = sulcus former rod with 2 mm long slope divergence to upper surface, 0.4 mm wider than main part
- 1.2 = metal die simulated prepared tooth with chamfer finish line located 1 mm within sulcus,
- 2 = undercut part of base tool,
- 3 = supporting steel ring,
- 4 = artificial gingiva,
- 5 = elastomeric impression materials,
- 6 = impression stand

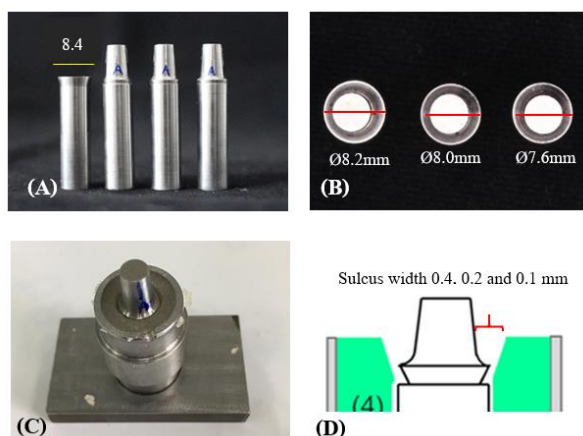


Figure 2 (A) Sulcus former rod with 8.4 mm end diameter (B) three different diameter of machined metal dies with 1 mm subgingival chamfer finish line and undercut area (C) sulcus width of testing model (D) schematic diagram of sulcus widths (axial view)

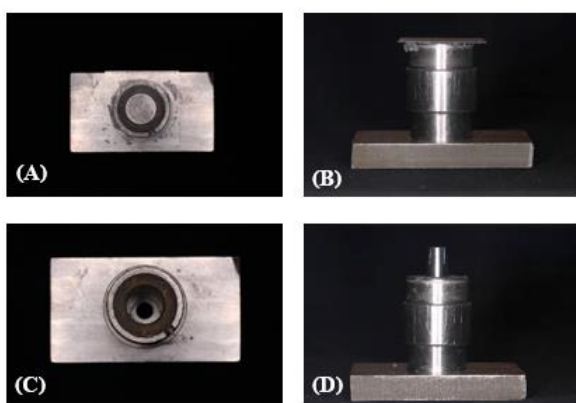


Figure 3 (A) Artificial gingiva (hydrocolloid solution) was filled in the space between sulcus former rod and supporting ring (B) excess material was pressed flush with thin cover glass (C) generated space after sulcus former rod was pushed out (D) metal die replaced the sulcus former rod to form simulated gingival sulcus

2. Impression taking

Impressions were made using four elastomeric impression materials (Table 1). For each material, 12 impressions were made for each of sulcular width using double-mix, single-impression technique resulting a total number of 144 specimens. The light consistencies were mixed through mixing tip fitted to cartridge materials and dispensing gun. The light body was injected through plastic delivery tip into sulcus and covered metal die within 60 sec from mixing. While the heavy consistencies were mixed by automatic mixing unit (Pentamix™ lite, 3M ESPE) and inserted into perforated impression tray. The remnant of light body was placed over the heavy body, then seating the impression tray until contact the upper rim of supporting ring. Impression was loaded with 2 Kg (19.6 N) of metal plummet. The materials were allowed to set at room temperature of $23 \pm 2^\circ\text{C}$ for 10 min (Figure 4 A–D). After setting, the impressions were separated from metal die then rinsed with running tap water to simulate the rinsing of blood and saliva. Afterward, the impressions were gently air-dried and sprayed with 2.5% glutaraldehyde disinfectant (Cavicide™, Kerr Dental, Switzerland). The disinfected impressions were stored at room temperature for minimum 30 min before thoroughly rinsing and air streaming. The freshly mixed artificial gingiva was prepared and took the place of previously used artificial gingiva before the new impression was done.

Table 1 Elastomeric impression materials used in this study

Type	Brandname	Manufacturer	Batch No.
Vinylpolyethersiloxane (VPES)	Identium® Heavy	Kettenbach GmbH, Germany	80721-06
	Identium® Light		80011
Hydrophilic polyvinylsiloxane	Hydrorise Heavy body	Zhermack S.p.a., Italy	0809151
	Hydrorise Light body		080901
Hydrophobic polyvinylsiloxane	Variotime® Dynamix heavy tray	Kulzer GmbH, Hanau Germany	KA10271
	Variotime® Light flow		KA10110
Soft polyether	Impregum™ Penta™ H Duosoft	3M ESPE AG, Seefeld, Germany	254391
	Impregum™ Penta™ Garant L duosoft		254655

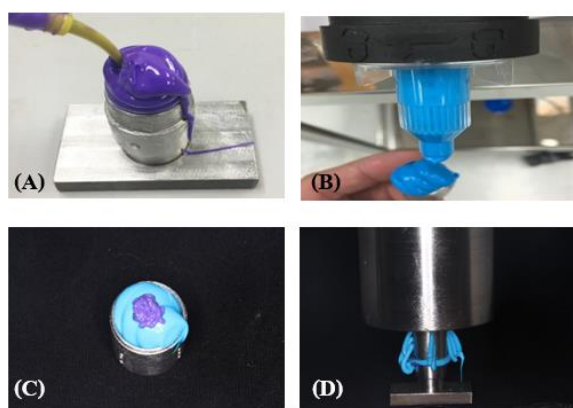


Figure 4 (A) Injection of light body material through plastic delivery tip into sulcus and over metal die (B) heavy consistencies were mixed by automatic mixing unit and loaded into perforated impression tray (C) remnant of light body in syringe was placed over heavy body (D) seating impression tray over metal die with 2 Kgs of metal plummet

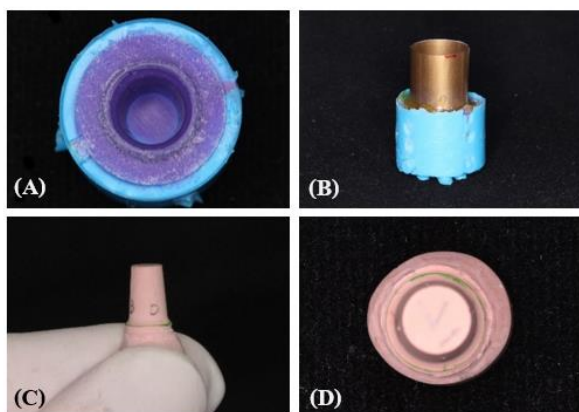


Figure 5 (A) Disinfected impression ready for pouring die stone die (B) boxing impression with plastic straw (C) trimming die stone at area under finish line (D) Top view of die stone

3. Pouring the dies stone

The impressions were boxed with 1-inch length plastic straw and sealed with sticky wax to form die stick. Each impression was cast with type IV dental die stone (Vel-Mix™, Kerr Dental, Thailand). The gypsum slurry was mixed with the powder: water ratio of 100 g: 22 ml. The die stone was mixed under Vacuum mixer (Whip mix Vac-U mixer, Louisville, KY) for 20 sec and carefully vibrated into impressions by power vibrator (Denstar*500, Daegu, Korea) then the dies stone were left to fully set for 1 hour. When dies stone completely set, the resulting dies stone were separated from impressions with caution then trimmed area beyond finish line to make it clearly located the boundary of finish line (Figure 5 A-D).

4. Evaluation of an accuracy of dies stone

The accuracy of dies stone were indirectly assessed by comparing to the diameter of metal die at finish line level (Figure 6 A-B). The diameter of each die stone was measured three times in Bucco-Lingual and Mesio-Distal dimension using measuring microscope (Nikon® measurescope 20, Japan). The mean diameter was considered to be the reading for that specimen then the distortion (%) of each die stone was calculated from the equation

$$\text{Distortion (\%)} \text{ of each stone die} = \frac{(\text{mean metal die diameter} - \text{mean stone die diameter}) \times 100}{\text{mean metal die diameter}}$$

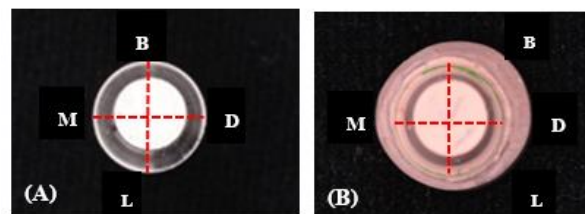


Figure 6 (A) Four reference points of metal die with marking were used to compare mean diameter of die stone at level of finish line (B) mean diameter of die stone was measures at the same reference points as metal die.

The experimental error was determined by measuring the diameter of same stone die 10 times and calculating the coefficient of variation [CVs = (SD/Mean) × 100]. The CVs indicates the reliability for measurement. The percent distortion of stone dies in relation to metal die among four impression materials at three sulcular widths were analyzed by Two-way ANOVA at significant level of 95%. Where significant difference were found, Tukey's HSD test was used for comparison of individual means.

Results

The result of Two-way ANOVA indicated that there were significant differences among the impression materials, sulcular widths, and their interactions ($P < 0.05$). The mean percent distortion of stone dies and standard deviation obtained from four impression materials among three sulcular widths were shown in figure 7. For sulcular widths 0.4 mm,

vinylpolyethersiloxane showed the least percentage of distortion in relation to metal die whereas hydrophilic polyvinylsiloxane showed the greatest distortion. However, the significant difference had not been detected among materials. At 0.2 mm sulcular width, vinylpolyethersiloxane exhibited significantly least distortion among material tested. Whereas the other materials showed significantly greater value. Within 0.1 mm sulcular width, vinylpolyethersiloxane had been also revealed the least percent distortion of stone die. Hydrophilic polyvinylsiloxane showed the greatest percent distortion but

there was no significant difference with hydrophobic polyvinylsiloxane and soft polyether. Post hoc test for multiple comparison found that there were statistically significant differences of stone die distortion among materials tested and various sulcular widths.

When considering effect of sulcular width, the percent distortion of wider sulcus was considerably lower than narrower sulcus. The coefficient of variance was 0.02% indicating the reliability of measurement.

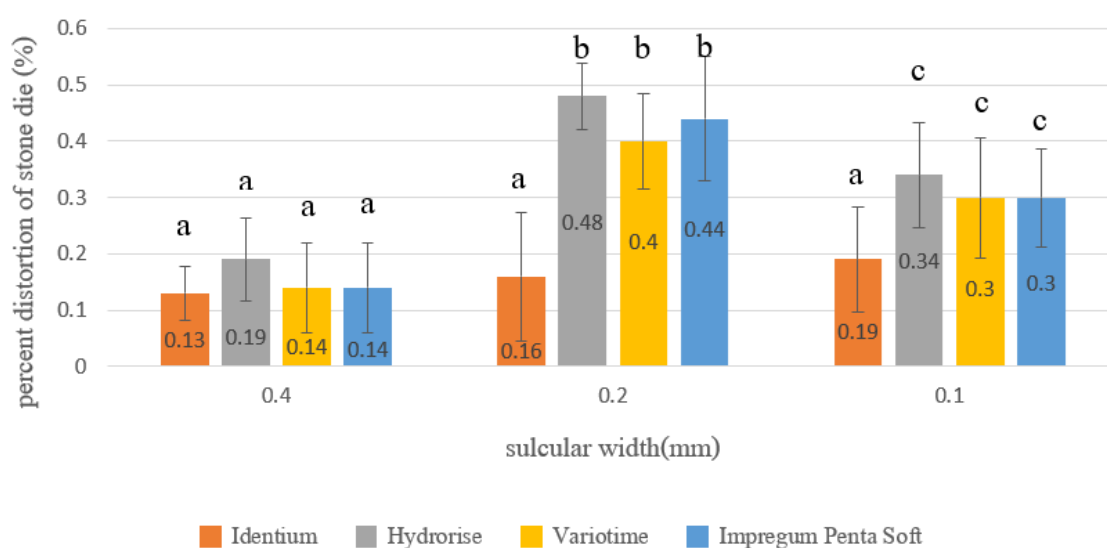


Figure 7 Mean difference in percent distortion of stone die among four impression materials in three sulcular widths. Vertical bars indicates SDs. Groups with same superscripted letter indicate no significant differences between impression materials at $P < 0.05$

Discussion

The testing model used in this paper was modified from earlier study¹² which designed non-undercut abutment and prepared 0.05, 0.1 as well 0.2 mm sulci. These features are not fully mimic natural gingival sulcus. Thus, this study fabricates metal die with finish line and undercut area to simulate clinical tooth preparation. Furthermore, this research choose sulcus width 0.4, 0.2 and 0.1 mm for investigation because 0.4 mm sulci is a space available immediately after retraction cord removal. The 0.2 mm sulci is developed after 40s, this sulcus width is considered to be the critical sulcular width to provide sufficient material thickness preventing

tearing or distortion.¹³ Whereas 0.1 mm sulci would be found at transitional line angle and interproximal area due to improper gingival displacement technique or delayed taking impression.¹²

The null hypothesis that elastomeric impression material types tested in different sulcular widths would not influence the accuracy of stone die, is rejected. The percent distortion of stone die ranged from 0.13%-0.48%. The distortion was considerably lower when sulcular width is wider. Although, all elastomers underwent dimensional change due to polymerization shrinkage, loss of volatile by-

product or lack of elastic recovery.¹¹ The percent distortion of stone die made from vinylpolyethersiloxane had not been shown significant difference among sulcular widths. The reason why this material behaved distinctively could be related to their chemical formula which are crosslinked by organohydrogen polysiloxane via platinum catalyst. The crosslinking reaction appears to be no volatile byproduct released.¹⁴ Moreover, the filler system that manufacturer incorporated into their structure which are nano silica agglomerates and silianized microquartz enable the balanced stability as well as elastic quality of this material.⁹ This was in agreement with Chen et al.¹⁵ in which an increased proportion of filler component may increase the accuracy of material. At the same time, significant difference among material types had not been detected at 0.4 mm sulcular width. Whereas sulcus 0.2 and 0.1 mm were significantly different. This result was supported by a study of Laufer et al.¹⁶ who found that the distortion of impression materials in sulcular width greater than 0.2 mm could not be detected the difference.

During removal impression from the mouth, the materials are subjected to both compressive and removal force. The removal force is likely to be greater than compressive force in the presence of undercut area, sharp line angle and interproximal spaces.¹⁷ Thus, tensile elastic recovery could be more clinical relevant in explanation the accuracy of impression material. Considering that tensile properties affected to dimensional accuracy of elastomeric impression material, study of Re et al.¹⁸ found that impression material with a tensile strength at break/ yield strength ratio (TSb/YS ratio) sufficiently close to 1 should probably be preferred. This ratio implied the material's ability to withstand maximum tensile stress without permanent deformation. Especially, concerning the light body employed in thin proximal and crevicular area. The TSb/YS ratio of Vinylpolyethersiloxane was 0.669 whereas Soft polyether (Impregum Penta Duosoft) and hydrophilic polyvinylsiloxane (Hydrorise) were 0.644 and 0.587 respectively. This was comparable to present study that Identium showed less distortion of stone dies following by Variotime, Impregum Penta Soft and Hydrorise in both sulcular width 0.2 and 0.1 mm. Moreover, previous studies^{19,20} on

mechanical properties of elastomeric impression materials revealed that the stone model made from vinylpolyethersiloxane provided more accuracy than soft polyether and polyvinylsiloxane. This is plausible that it had been combined unique features of parent materials; hydrophilicity of polyether along with high elastic recovery and tear resistance of polyvinylsiloxane.

When comparing the distortion of stone die among sulcular widths, the distortion at narrower sulcular width was considerably larger than the wider sulcular width. The possible explanation was that coupling effect of both permanent deformation during separation the impression from undercut and narrow space around abutment and dimensional change during setting.²¹ Interestingly, the percent distortion of stone die at sulcular width 0.2 mm was larger than 0.1 mm. This was in agreement with previous findings which stated that physical properties of impression material could not be predicted accurately in narrow sulcus.²² Another study²³ reported that an increased material thickness caused a greater distortion. The distortion of increased material thickness occurred by thermal change from room temperature to oral temperature while making impression, then reduced to room temperature while pouring stone die leading to thermal contraction of material. The synergy between thermal contraction and polymerization shrinkage would have resulted in greater distortion of stone die at 0.2 mm sulcular width. This study evaluated dimensional accuracy of die stone in terms of percent distortion which were in range between 0.13-0.48% for all sulcular widths. To our knowledge, there was no standard for percent distortion of die stone whereas ADA specification no.25²⁴ recommends a setting expansion of type IV dental stone up to 0.1% at 2 hours after mix. Comparing the results of this study with ADA cannot be made due to differing specimen preparation and determination method. However, the replicating dies stone which poured from all four elastomeric impression materials did not reveal value beyond arbitrary estimation of 0.4% deformation limit.²⁵ Thus, the material tested in this study could be clinically acceptable for giving accurate die stone. In case of precisely fit of indirect restoration needed, the Vinylpolyethersiloxane may be considered to be an alternative to the polyvinylsiloxane and polyether in making final impression.

Conclusion

Both sulcular widths and material types have an effect on dimensional accuracy of stone dies. The percent distortion of stone die was greater when sulcular width was narrower. Vinylpolyethersiloxane revealed the more accurate stone die than other materials when sulcular width was 0.2 mm or narrower. At sulcular width 0.4 mm, all materials did not show the significant difference in stone die distortion.

References

1. Sakaguchi RL, Powers JM. Replicating materials- impression and casting. Craig's restorative dental materials. 13th ed. Philadelphia: Elsevier; 2012.299-300.
2. Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. Definitive casts and dies . Contemporary fixed prosthodontics. 5th ed. St. Louis, Missouri: Mosby Elsevier; 2016.457-58.
3. Baharav H, Kupersmidt I, Laufer B, Cardash HS. The effect of sulcular width on linear accuracy of impression materials in the presence of an undercut. Int J Prosthodont 2004;17(5):585-9.
4. Hamalian TA, Nasr E, Chidiac JJ. Impression materials in fixed prosthodontics: Influence of choice on clinical procedure. J Prosthodont 2011;20(2):153-60.
5. Rubel BS. Impression materials : A comparative review of impression materials most commonly used in restorative dentistry. Dent Clin North Am 2007;51(3):629-42.
6. Mandikos MN. Polyvinyl siloxane impression materials: An update on clinical use. Aust Dent J 1998;43(6):428-34.
7. Punj A, Bompolaki D, Garaicoa J. Dental impression materials and techniques. Dent Clin N Am 2017;61(4): 779-96.
8. Perakis N, Belser UC, Magne P. Final impressions: A review of material properties and description of a current technique. Int J Periodontics Restorative Dent 2004;24(2):3-11.
9. Kettenbachdental [homepage on the internet]. Eschenberg: Dental product company; c2004-2020 [updated 2009 Mar 24; cited 2020 May 28]. Available from:<http://www.kettenbach-dental.com/products/ impression-material/identium/>.
10. Kronström MH, Johnson GH, Hompesch RW. Accuracy of a new ring-opening metathesis elastomeric dental impression material with spray and immersion disinfection. J Prosthet Dent 2010;103(1):23-30.
11. Nassar U, Oko A, Adeeb S, Rich ME, Mir CF. An *in vitro* study on the dimensional stability of a vinyl polyether silicone impression material over a prolonged storage period. J Prosthet Dent 2013;109(3):172-78.
12. Finger WJ, Kurokawa R, Takahashi H, Komatsu M. Sulcus reproduction with elastomeric impression materials: A new *in vitro* testing method. Dent Mat 2008; 24(12): 1655-60.
13. Laufer BZ, Baharav H, Langer Y, Cardash HS. The closure of the gingival crevice following gingival retraction for impression making. J Oral Rehabil 1997; 24(9):629-35.
14. Stober T, Johnson GH, Schmitter M. Accuracy of the newly formulated vinyl siloxanether elastomeric impression material. J Prosthet Dent 2010;103(4):228-39.
15. Chen SY, Liang WM, Chen FN. Factors affecting the accuracy of elastomeric impression materials. J Dent 2004;32(8):603-9.
16. Laufer B, Baharav H, Ganor Y, Cardash HS. The effect of marginal thickness on the distortion of different impression materials. J Prosthet Dent 1996;76(5):466-71.
17. Lawson NC, Burgess JO, Litaker MS. Tensile elastic recovery of elastomeric impression materials. J Prosthet Dent 2008;100(1):29-33.
18. Re D, Angelis FD, Augusti G, Augusti D, Caputi S, Amario M, et al. Mechanical properties of elastomeric impression materials: an *in vitro* comparison. Int J Dent 2015;428286. doi:10.1155/2015/428286. Epub2015Nov 26.
19. Pandey P, Mantri S, Bhasin A, Deogade SC. Mechanical properties of a new vinylpolyether silicone in comparison to vinylpolysiloxane and polyether elastomeric impression materials. Contemp Clin Dent 2019;10(2):203-7.
20. Pandey A, Mehtra A. Comparative study of dimensional stability and accuracy of various elastomeric materials. IOSR-JDMS 2014;13(3):40-5.

21. Naveen YG, Patil R. Effect of the impression margin thickness on the linear accuracy of impression and stone dies: an *in vitro* study. J Indian Prosthodont Soc 2013; 13(1):13-8.
22. Baharav H, Kupersmidt I, Laufer B, Cardash HS. The effect of sulcular width on linear accuracy of impression materials in the presence of an undercut. Int J Prosthodont 2004;17(5):585-9.
23. Gonçalves FS, Popoff DV, Castro CL, Silva GC, Magalhães CS, Moreira AN. Dimensional stability of elastomeric impression material : a critical review of the literature. Eur J Prosthodont Res Dent 2011;19(4):163-6.
24. American dental association. New American dental association specification no.25 for dental gypsum products. J Am Dent Assoc 1972;84(3):640-4.
25. Hondrum SO. Tear and energy properties of three impression materials. Int J Prosthodont 1994;7(6):517-21.

Corresponding Author

*Satawat Manopphun
Dental Department,
Nakhon Phanom Hospital,
Amphur Muang, Nakhon Phanom.
Tel.: +66 83 103 4264
E-mail: doctorbank_raja@hotmail.com*

ผลของวัสดุพิมพ์แบบอีลาสโตเมอร์และความกว้างของร่องเหงือกต่อความเที่ยงตรงเชิงมิติของแบบถอดพลาสติกเทอร์ฮิน

ศดรวรรษ มานพพันธ์* สุคนธ์ทิพย์ อวชันการ**

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความเที่ยงตรงเชิงมิติของแบบถอดพลาสติกเทอร์ฮินที่เทจากวัสดุพิมพ์แบบอีลาสโตเมอร์ไวโนล โพลีเอเทอร์ไซลอคเซน ไฮโดรฟลิคโพลีไวโนลไซลอคเซน ไฮโดรโพลีโพลีไวโนลไซลอคเซน และ ซอฟท์โพลีเอเทอร์ในความกว้างร่องเหงือกจำลอง 3 ขนาด 0.1 0.2 และ 0.4 มิลลิเมตร รอยพิมพ์ทั้งหมดจำนวน 144 รอยพิมพ์ ($n=144$) ถูกสร้างจากการพิมพ์แบบถอดโลหะจำลองฟันหลัก โดยใช้เทคนิคการพิมพ์วัสดุพิมพ์ชนิดหนืดมากและชนิดหนืดน้อย 1 ขั้นตอน รอยพิมพ์ทั้งหมดถูกนำมาเทแบบถอดด้วยพลาสติกเทอร์ฮิน 4 ชนิดเมื่อแบบถอดแข็งตัวเต็มที่จึงนำมาถอดส่วนคอดได้เส้นสิ้นสุด จากนั้นนำไปวัดค่าเส้นผ่านศูนย์กลางในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้นและใกล้กลาง-ใกล้กลางด้วยกล้องจุลทรรศน์ วัดระยะคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การบิดเบี้ยวของแบบถอดพลาสติกเทอร์ฮินเพื่อแสดงถึงความเที่ยงตรงของแบบถอด ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง ผลการศึกษาพบว่าขนาดความกว้างร่องเหงือกและชนิดของวัสดุพิมพ์แบบต่างมีอิทธิพลร่วมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความเที่ยงตรงของแบบถอดพลาสติกเทอร์ฮิน ($F = 6.486, P < .01$) โดยแบบถอดพลาสติกเทอร์ฮินที่เทจากวัสดุพิมพ์แบบไวโนล โพลีเอเทอร์ไซลอคเซนจะมีเปอร์เซ็นต์การบิดเบี้ยวน้อยกว่าวัสดุชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญที่ความกว้างร่องเหงือก 0.2 และ 0.4 มิลลิเมตร เมื่อพิจารณาความกว้างร่องเหงือกทั้งสามขนาด พบว่าความกว้างร่องเหงือก 0.4 มิลลิเมตรแบบถอดพลาสติกเทอร์ฮินจะมีเปอร์เซ็นต์การบิดเบี้ยวน้อยกว่าความกว้างร่องเหงือก 0.2 และ 0.1 มิลลิเมตร อาจสรุปได้ว่าวัสดุพิมพ์แบบไวโนล โพลีเอเทอร์ไซลอคเซนนำมาเทแบบถอดพลาสติกเทอร์ฮินได้มีความเที่ยงตรงมากที่สุดและอาจใช้แทนวัสดุพิมพ์โพลีไวโนลไซลอคเซนและโพลีเอเทอร์ในการทำรอยพิมพ์ขั้นสุดท้ายได้

คำไชรหัส: ความเที่ยงตรงเชิงมิติ/ วัสดุพิมพ์แบบอีลาสโตเมอร์/ ความกว้างร่องเหงือก/ การบิดเบี้ยว/ แบบถอดพลาสติกเทอร์ฮิน

ผู้รับผิดชอบบทความ

ศดรวรรษ มานพพันธ์

แผนกทันตกรรม

โรงพยาบาลนครพนม

อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม

โทรศัพท์: 083 103 4264

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: doctorbank_raja@hotmail.com

* แผนกทันตกรรม โรงพยาบาลนครพนม อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม

** สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

Periodontitis Progression and Prognostic Factors in Questionable Teeth During Supportive Periodontal Therapy

Siriphan R* Tavedhikul K*,** Lertpimonchai A*,**

Abstract

This retrospective study aimed to determine the incidence rate of periodontitis progression in questionable teeth of chronic periodontitis patients, and to identify the relevant prognostic factors during supportive periodontal therapy. Continued chronic periodontitis patients in supportive periodontal therapy program in the post-graduate clinic, Department of Periodontology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, within year 2013-2014 were collected. Patients who had at least one questionable tooth during the maintenance phase were included. Treatment records were comprehensively reviewed and collected. Based on the tooth-level analysis, the Kaplan-Meier curves of having additional loss of clinical attachment level ≥ 3 mm was estimated. Prognostic factors including age, gender, smoking habits, diabetes mellitus, parafunctional habits, posterior tooth support, oral hygiene level, full-mouth bleeding score, tooth type, residual periodontal pocket depth, clinical attachment level, furcation involvement, bone level, and tooth mobility were assessed by the Cox proportional hazards regression model. Of all the 358 treated questionable teeth from 123 patients, 178 (49.7%) teeth demonstrated disease progression during supportive periodontal therapy. The incidence rate of disease progression among questionable teeth was 14.5 teeth per 100 teeth-years. The median progression-free survival time was 4.93 years. The prognostic factors that significantly increased the risk of progression were 1) $\geq 30\%$ full-mouth bleeding score and 2) ≥ 7 mm residual periodontal pocket depth with adjusted hazards ratio of 2.45 (95%CI: 1.60, 3.75) and 1.87 (95%CI: 1.14, 3.07), respectively. In conclusion, almost half of treated questionable teeth had periodontal progression. Strictly monitoring and maintenance recall should be emphasized in periodontitis patients with deep residual periodontal pocket depth and persisting gingival inflammation.

Keywords: Chronic periodontitis/ Questionable prognosis/ Disease progression/ Supportive periodontal therapy/ Periodontal maintenance

Received: Feb 19, 2021

Revised: May 26, 2021

Accepted: May 27, 2021

Introduction

Periodontitis is a chronic inflammatory disease leading to periodontal destruction, loss of alveolar bone support, tooth mobility and eventually loss of tooth.¹ Generally, the disease activity can be maintained in a stable condition after a comprehensive treatment.^{2,3} However, the course of periodontal disease is episodic in nature, which can shift between a remission period and active burst of periodontal destruction.⁴ Therefore, at some point, some teeth or some sites may randomly undergo a period of periodontitis burst depending on their own risk, and local disease progression occurs.

Although tooth loss is the true endpoint of periodontitis, disease progression is usually considered as the clinically significant stage which precedes the loss of tooth.¹

According to the proceeding of the 1996 World Workshop in Periodontic, the clinical signs of periodontal breakdown include gingival swelling, consistent bleeding or pus on probing, and increased of periodontal pocket depth (PPD).⁵ Several factors including age, gender, education, smoking, diabetes mellitus, baseline disease severity, occlusion, and interval of supportive periodontal therapy (SPT) have been identified as the patient-level prognostic factors for disease progression.⁶⁻¹¹ In addition, residual PPD, clinical attachment loss, furcation involvement and mobility, have been also indicated as the significant tooth-level prognostic factors.^{10,12-15}

The objectives of periodontal treatment are to preserve, improve, and maintain the natural tooth and periodontium in order to achieve health, comfort, esthetics,

* Department of Periodontology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok.

** Center of Excellence in Periodontal Disease and Dental Implant, Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok.

and function.¹⁶ It is a challenge to achieve this ultimate goal, particularly in teeth with advanced periodontitis. Teeth experiencing extensive loss of periodontal support, furcation involvement, or tooth mobility are usually assigned as questionable prognosis teeth.¹⁷⁻¹⁹ It was shown that the fate of teeth with questionable prognosis was the least predictable in term of treatment outcome and tended to get either improve or worsen during SPT. Moreover, comparing with other prognosis, questionable teeth pose a higher chance to be loss during SPT.¹⁸

Providing that periodontitis progression is the intermediate stage prior to tooth loss, early detection and identification of influencing factors in the high-risk teeth would be a tremendously beneficial strategies in the disease surveillance protocol. It could reduce further periodontal destruction as well as prevent tooth loss. Evidence of periodontitis progression often studied in non-specific prognosis teeth. However, questionable teeth have the unique uncertainty characteristics. The prognostic study concerning these specific teeth are thus limited. Therefore, this retrospective study aimed to estimate the incidence rate of disease progression and to identify the prognostic factors related to the periodontitis progression in questionable teeth of patients diagnosed with chronic periodontitis during SPT.

Materials and methods

This retrospective cohort study was performed based on the periodontal treatment records of post-graduate clinic, Department of Periodontology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University. The records of consecutive patients in the SPT program during year 2013-2014 were reviewed and collected. The inclusion criteria were (1) patients who were diagnosed as chronic periodontitis (2) had at least 1 tooth with questionable prognosis at the initial visit, and that tooth had to survive after the active treatment, (3) completed comprehensive periodontal treatment and received SPT at least 1 visit. Research protocol was approved by the Human Research Ethics Committee of the Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University (HREC-DCU 2018-110).

Assessment of questionable teeth.

To standardize the given prognosis, all teeth were re-evaluated and re-classified using the modified McGuire and Nunn's criteria by consensus of 3 experienced periodontists.¹⁹ A tooth having any 2 out of the 4 following conditions, including (1) PPD $\geq$ 6 mm, (2) $\geq$ 50% bone loss, (3) 2nd or 3rd degree mobility, (4) grade II or III furcation involvement was categorized as questionable tooth.

Periodontal treatment and supportive periodontal therapy.

All patients received comprehensive periodontal treatment which included oral hygiene instruction, scaling and root planing under local anesthesia, and occlusal adjustment as needed. The periodontal status was then evaluated at 4-6 weeks. Subjects who had indications for periodontal surgery were furthered planned for a periodontal surgery, i.e., open flap debridement, resective surgery, or regeneration as a part of corrective treatment as appropriated. After the completion of active treatment, the patients were scheduled for SPT. The treatment planning and SPT interval of each patient were individually judged and managed by their responsible periodontists.

Data collection.

In this study, the initial examination was used to identify the eligible teeth. The re-evaluation visit was referred as the baseline for non-surgically treated teeth. While the baseline for teeth with periodontal corrective treatment was the first SPT visit after surgery with proper healing period. The following parameters were systematically retrieved from the original treatment records.

- Demographic data (age, gender, diabetes mellitus, smoking habits)
- History of parafunctional habits (bruxism and clenching)
- Full-mouth plaque score (FMPS) was measured at four surfaces per tooth and was calculated as percentage of the surfaces with the presence of plaque.²⁰ Oral hygiene status was classified into good (<20%), fair (20-40%), and poor (>40%).

- Full-mouth bleeding score (FMBS) was measured at six sites per tooth and was calculated as the percentage of the sites that bleed upon probing. FMBS was classified into <30% and $\geq 30\%$.¹⁰

- Posterior tooth support was classified as adequate or inadequate. Patients were classified as having adequate support when they had at least 4 occluded pairs in posterior area.²¹

- Tooth type (anterior teeth/ premolars/ molars)

- Severity of bone loss was collected from periapical x-ray at initial examination and defined as mild (bone loss < 25% of root length), moderate (bone loss 25-50% of root length), or severe (bone loss > 50% of root length), based on the most severe site on the tooth.

- PPD and clinical attachment level (CAL) were measured at six sites per tooth. The maximum value would be used as the surrogate of that tooth.

- Furcation involvement²²

- Tooth mobility²³

Definition of periodontal disease progression.

A tooth was defined as having periodontitis progression if it had at least one site that demonstrated additional loss of CAL ≥ 3 mm compared with the baseline.

Statistical analysis.

Demographic data and clinical variables were presented using descriptive statistics. Continuous data were reported in mean and standard deviation (SD), and categorical data were presented in frequency and percentage. Survival analysis and the Cox regression was performed based on tooth-level. The Kaplan-Meier survival curve and median survival

time were estimated with multiple records and single event pattern. To identify the risk, the Cox proportional hazard model was constructed with the set of prognostic factors which was drawn from the intensive literature review. The simple Cox analysis was used to compare the effect of each predictor, i.e., age, gender, smoking habits, diabetes mellitus, parafunctional habits, posterior tooth support, oral hygiene level, FMBS, tooth type, residual PPD, CAL, furcation involvement, bone level, and tooth mobility. If possible, parameters that potentially changed over time would be considered as the time varying co-variables. Then, the multivariate Cox proportional hazards regression model was constructed to estimate the adjusted hazard ratios ($HR_{adjusted}$) and 95% confidence intervals (95%CI) with the disjunctive confounding criterion.²⁴ All analyses were performed using STATA version 14.2 software. A p-value of less than 0.05 was considered statistically significant.

Results

Of 475 continued patients in SPT program during year 2013- 2014, 392 patients were diagnosed as chronic periodontitis. Patients who did not receive complete periodontal treatment or absence from SPT visit were excluded from this study. Only 133 patients had at least one tooth with questionable prognosis at initial examination and had sufficient treatment records required. Ten more patients were further excluded due to their questionable teeth been extracted during active periodontal treatment. Therefore, a total of 123 patients with 358 questionable teeth were included for the analysis (Figure 1).

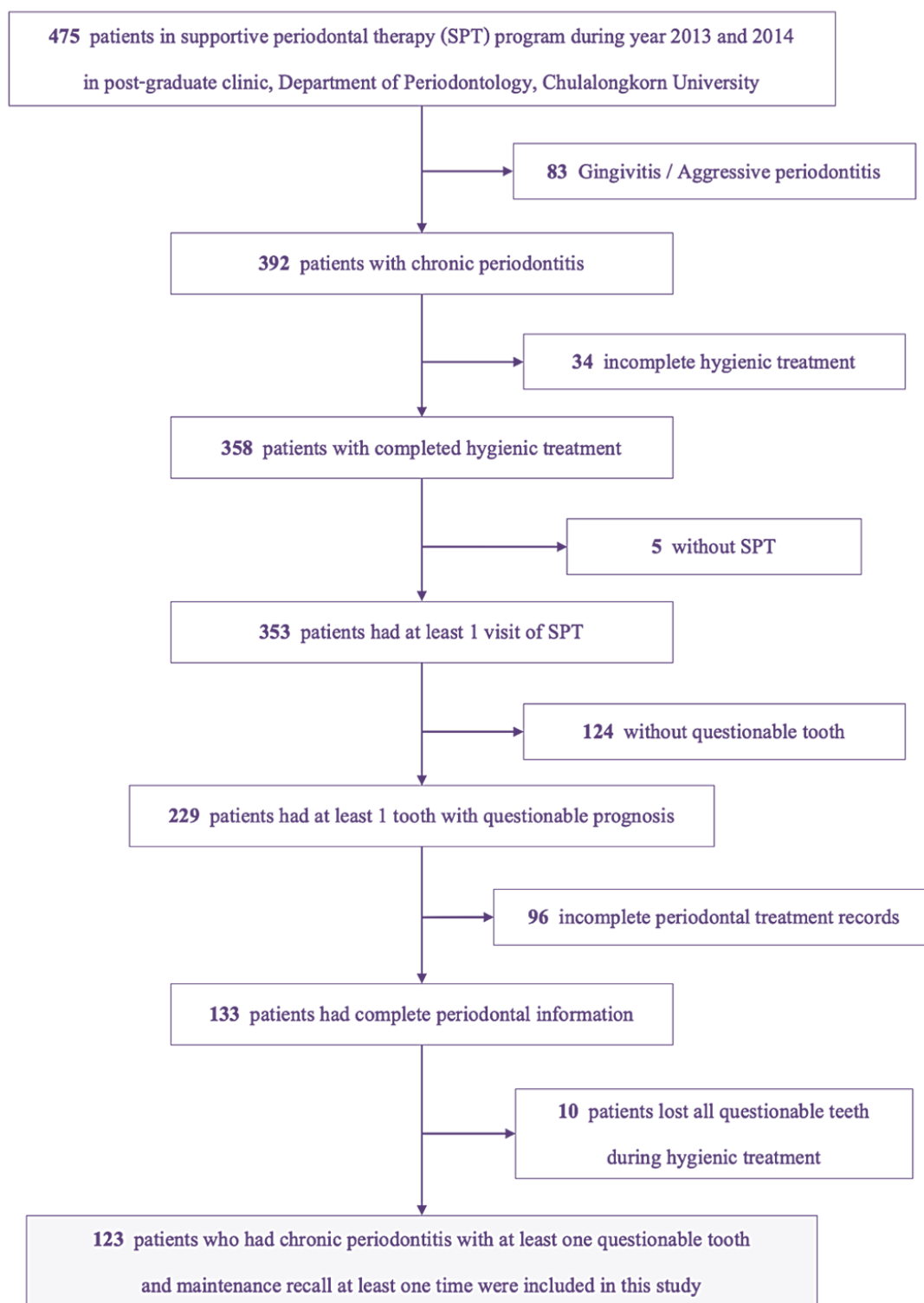


Figure 1 Flow of recruitment

Periodontal records from 671 visits of SPT were retrieved. The average follow-up time was 5.3 ± 3.2 years. The mean age of included patients was 49.5 ± 11.0 years with 52.8% of female. Most of the patients were non diabetes, non-smoker, absence of parafunctional habits, and adequate posterior tooth support (Table 1). After the active periodontal treatment prior to SPT program, 61.8% of patients had fair to good oral hygiene, and 85.4% exhibited < 30% sites with bleeding on probing (BOP). Regarding tooth-level characteristics (Table 2), the number of anterior teeth, premolars and molars were 130, 57, and 171, respectively. Approximately 30% of the teeth had grade II or grade III furcation involvement and 20% had 2nd or 3rd degree of tooth mobility.

Kaplan-Meier survival analysis

Of all the 358 teeth, 178 teeth (49.7%) from 80 patients (65%) had additional loss of CAL ≥ 3 mm compared with baseline. From the Kaplan-Meier analysis, the incidence rate of periodontal progression among questionable prognosis teeth was 14.5 teeth per 100 teeth-years. The median progression-free survival time was 4.93 years. The progression-free probability was gradually decrease with time which were 85% (95%CI: 82%, 89%) at 1 year, 74% (95%CI: 69%, 78%) at 2 years, 48% (95%CI: 42%, 54%) at 5 years, and 25% (95% CI: 16%, 34%) at 10 years.

Cox proportional hazard model

From the univariate simple Cox regression, only two prognostic factors which were having $\geq 30\%$ FMBS and deep residual PPD, significantly increased the risk of periodontal progression (Table 3). Patients with $\geq 30\%$ FMBS had the incidence rate of 28.2 teeth per 100 teeth-years, meanwhile, it was only 13.0 teeth per 100 teeth-years among patients who had FMBS < 30% (Figure 2a). In addition, the questionable teeth with residual PPD ≥ 7 mm had substantial decrease of median progression-free survival time to 2.62 years, comparing with the teeth with shallow and moderate PPD which had median time of 4.92-5.47 years (Figure 2b).

Table 1 Baseline characteristics at subject-level

Characteristics (<i>n</i> = 123)		n	Percentage (%)
Age (years)	Mean $\pm$ SD	49.5 $\pm$ 11.0	
	Median (25 th , 75 th percentile)	50 (43, 59)	
Gender	Male	58	47.2
	Female	65	52.8
Diabetes mellitus	Absence	114	92.7
	Diabetes	9	7.3
Smoking	Non-smoker	98	79.7
	Former smoker	10	8.1
	Current smoker	15	12.2
Parafunctional habits	Absence	97	78.9
	Bruxism / Clenching	26	21.1
Posterior tooth support	< 4 pairs	22	17.9
	≥ 4 pairs	101	82.1
Oral hygiene (FMPS)	Good (< 20%)	11	8.9
	Fair (20-40%)	65	52.9
	Poor (> 40%)	47	38.2
FMBS	< 30%	105	85.4
	$\geq 30\%$	18	14.6

Abbreviation: FMPS, Full-mouth plaque score; FMBS, Full-mouth bleeding score

Table 2 Characteristics of questionable teeth

Characteristics (<i>n</i> = 358)		n	Percentage (%)
Tooth type	Anterior	130	36.3
	Premolar	57	15.9
	Molar	171	47.8
Residual PPD	≤ 3 mm	94	26.3
	4-6 mm	200	55.8
	≥ 7 mm	64	17.9
CAL	≤ 3 mm	7	2.0
	4-6 mm	103	28.8
	≥ 7 mm	248	69.2
Severity of bone loss*	Mild	16	4.5
	Moderate	142	39.7
	Severe	200	55.8
Furcation involvement**	Grade 0-I	243	67.9
	Grade II	74	20.7
	Grade III	41	11.4
Mobility***	Degree 0-1	286	79.9
	Degree 2-3	72	20.1

Abbreviation: PPD, Periodontal pocket depth; CAL, Clinical attachment level

* Bone loss: Modified McGuire & Nunn criteria¹⁹

** Furcation involvement: Hamp classification²²

*** Mobility: Miller classification²³

Table 3 Crude hazard ratios for periodontitis progression during supportive periodontal therapy

Prognostic factors		HR _{crude}	95% CI	p-value [†]
Age (continuous)		1.00	0.99, 1.02	0.45
Gender	Female	1		0.43
	Male	1.13	0.84, 1.52	
Smoking	Non-smoker	1		0.32
	Former smoker	0.74	0.39, 1.40	
	Current smoker	1.25	0.83, 1.87	
Diabetes mellitus	Absence	1		0.42
	Diabetes	1.29	0.71, 2.32	
Parafunctional habits	Absence	1		0.10
	Bruxism/clenching	0.73	0.49, 1.07	
Oral hygiene (FMPS)	Good (< 20%)	1		0.22
	Fair (20-40%)	1.38	0.78, 2.45	
	Poor (> 40%)	1.60	0.90, 2.82	
FMBS	< 30%	1		< 0.001
	≥ 30%	2.31	1.57, 3.38	
Posterior tooth support	≥ 4 pairs	1		0.50
	< 4 pairs	1.15	0.77, 1.70	
Tooth type	Anterior	1		0.46
	Premolar	1.22	0.78, 1.91	
	Molar	1.21	0.87, 1.69	
Severity of bone loss*	Mild	1		0.57
	Moderate	0.83	0.36, 1.90	
	Severe	0.97	0.42, 2.21	
Residual PPD (mm)	1-3	1		< 0.001
	4-6	0.82	0.59, 1.15	
	≥ 7	1.86	1.20, 2.87	
CAL (mm)	1-3	1		0.11
	4-6	1.81	0.56, 5.82	
	≥ 7	2.55	0.81, 8.06	
Furcation involvement**	Grade 0-I	1		0.56
	Grade II	1.04	0.71, 1.54	
	Grade III	1.26	0.83, 1.92	
Mobility***	Degree 0-1	1		0.69
	Degree 2-3	1.09	0.72, 1.63	

Abbreviation: FMPS, Full-mouth plaque score; FMBS, Full-mouth bleeding score; PPD, Periodontal pocket depth; CAL, Clinical attachment level

[†] Simple Cox regression

* Bone loss: Modified McGuire & Nunn criteria¹⁹

** Furcation involvement: Hamp classification²²

*** Mobility: Miller classification²³

After adjusted the confounding effect of age, gender, smoking, diabetes mellitus, oral hygiene level, posterior tooth support, parafunctional habits, tooth type, severity of bone loss, furcation involvement and tooth mobility using multivariate Cox proportional hazards regression, the results showed that having $\geq 30\%$ FMBS (HR_{adjusted} = 2.45, 95%CI: 1.60, 3.75) and ≥ 7 mm residual PPD (HR_{adjusted} = 1.87, 95% CI: 1.14, 3.07) remained to be the factors that significantly increased the risk of periodontal progression (Table 4).

Table 4 Adjusted hazard ratios for periodontitis progression during supportive periodontal therapy

Prognostic factors	HR _{adjusted} (95% CI) [*]
FMBS $\geq 30\%$	2.45 (1.60, 3.75)
Residual PPD ≥ 7 mm**	1.87 (1.14, 3.07)

Abbreviation: FMBS, Full-mouth bleeding score; PPD, Periodontal pocket depth

* Hazard ratio was adjusted by confounders including age, gender, smoking, diabetes mellitus, oral hygiene level, posterior tooth support, parafunctional habits, tooth type, severity of bone loss, furcation involvement and tooth mobility

** Residual probing depth after active treatment

Discussion

This retrospective cohort study investigated the actual prognosis in term of periodontal stability on the teeth with questionable prognosis. The results showed that approximately 50% of questionable teeth had disease progression during the SPT. The estimated median progression-free survival time was approximately 5 years. Having $\geq 30\%$ of FMBS and residual PPD ≥ 7 mm were statistically significant prognostic factors for periodontal progression.

To classify periodontitis progression, various criteria have been proposed.²⁵⁻²⁸ From the reliability and the universal use, the further loss of CAL during the treatment and recall visits was adopted as our definition of periodontitis progression.^{25,26,28} According to the 5th European workshop on periodontology, the threshold of ≥ 3 mm difference between 2 observation periods was recommended.²⁸ This cut-off point was proposed because the traditional periodontal probe has 1 mm interval marking; the margin of error at least 2 mm should be allowed.²⁹ With this definition of disease progression, 80 out of 123 subjects (65%) exhibited periodontal progression. Our results had noticeably higher proportion comparing with other previous studies. Matuliene et al found that 43% of the patients experienced disease progression during 11 years of SPT.¹⁰ Lindhe and Nyman reported only 25% of patients that had loss of CAL > 2 mm in 14 years of follow-up.²⁷ In this study, only the chronic periodontitis patients with the presence of questionable tooth were enrolled. Thus, it could be implied that our eligible subjects had advanced disease severity at baseline, which allowed the periodontal progression at a higher chance to be developed.

With the current concepts of periodontal treatment and various types of advance surgery, the periodontal inflammation can be resolved, and the favorable periodontal condition can be established.^{2,3,27,30} However, in questionable teeth, the treatment outcome may not be as good as expected, and the acquired stability may not be sustainable.¹⁸ Inadequate periodontal supporting apparatus, furcation involvement, residual PPD and tooth mobility are the obstacles to the eradication the inflammation; and limit the meticulous plaque control.^{26,31,32} Therefore, the prognosis of

questionable teeth is rather unpredictable, and they are at greater risk of losing at SPT.^{11,33,34} Hirschfeld and Wasserman conducted the prognostic study of tooth loss in 600 patients who underwent periodontal treatment and were followed up for 4- 22 years, and found that approximately 30% of questionable teeth were lost.¹⁷ Similarly, Graetz et al studied the retention of questionable prognosis teeth defined as having 50-70% bone loss and found that approximately 20% of the teeth with advanced periodontitis were lost.³³ However, in this present study we were rather interested in investigating the periodontal progression, the stage which precedes tooth loss. Our result demonstrated that about 50% of questionable teeth showed disease progression during SPT. In addition, the probability of progression was increased from 15% in the first year to 26% and 52% in the second and the fifth year of follow-up, respectively. From the result, it could be confirmed that, even among periodontitis patients with regular SPT, questionable teeth were yet at greater risk of losing. Our findings emphasize the significance of the communication with patients about tooth retention and probability of tooth loss, despite a regular treatment received.

Identifying the significant prognostic factors for periodontal progression is required in planning for SPT. This study found that a tooth with residual PPD ≥ 7 mm had 1.87 times a greater risk of further periodontal destruction. It was consistent with previous studies that found the risk effect of the residual PPD.^{10,12,25} To thoroughly cleanse the teeth with residual PPD both from personal oral care and professional decontamination, it is found to be difficult and limited.^{35,36} Moreover, anaerobic pathogenic bacteria were found to be predominantly colonized in favorable environment of deep periodontal pocket,³⁷ which could be one of the causes of additional periodontal destruction.

We also found that having $\geq 30\%$ FMBS significantly increased the risk of disease progression. Similarly, Oliveira Costa et al reported the higher odds ratio in patients with high level of bleeding score.³⁸ Joss et al showed that almost 70% of all the progressed sites were found in a group of patients with $\geq 30\%$ FMBS.³⁹ Gingival bleeding can reflect gingival inflammation, and the persistent gingival

inflammation could be the risk of periodontal breaking down.⁴⁰ In addition, BOP was mentioned as a predictor for a site-specific disease progression. Repeated presence of BOP was a modest parameter representing that the disease may be in active stage. While continuous absence of BOP was a reliable indicator for sites with periodontal stability.⁴¹

In contrast to the previous studies,^{7,10,11,13,42} other prognostic factors, including smoking, diabetes mellitus, parafunctional habits, oral hygiene level, furcation involvement and tooth mobility were not found to be significantly associated with periodontal progression. Limited number of subjects in some categories might be the explanation of the disparity to the previous significant studies. The survival analysis based on tooth-level factors was used to compromise the sample size issue; however, the results of non-significant factors should carefully interpret, and the definite conclusion could not be drawn. Further studies focusing on the effect of smoking and diabetes mellitus on periodontitis progression among questionable teeth should be performed.

The SPT is a crucial phase of the periodontal treatment. Axelsson and Lindhe² demonstrated that among patients who had rigid SPT, only 1% of all the sites had the periodontal progression during 6 years of maintenance. In each recall visit, questionable teeth should closely be paid attention on. Early detection of disease progression and promptly providing the appropriate treatments could minimize the risk of tooth loss. Residual PPD and FMBS should be used to assess the risk of disease progression as well as tooth loss. Therefore, measuring these parameters at every maintenance visit is recommended. In addition, scheduling the interval of SPT should be also taking those factors into account.

The strength of this study was that the causal relationship of prognostic factors on periodontitis progression was confirmed with the cohort design. The average follow-up time of 5 years was sufficient for the onset of disease progression. Moreover, an advanced statistical analysis, the Cox proportional hazards regression model with the time-varying co-variables pattern, was used to estimate the causal relationship. The variance within- and between-teeth were taken into account.

There were some limitations to this study. First of all, the validity and reliability of periodontal parameter measurement could not be calibrated due to the retrospective cohort design. The re-evaluation and re-classification of initial prognosis were thus performed to reduce this measurement bias. Secondly, there was a variation of treatment planning and interval of SPT depending on the individual judgement of periodontists. Thirdly, the disease activity of periodontitis is a random burst or asynchronous multiple burst patterns.⁴³ Questionable teeth may hence suffer many episodes of disease progression. Our analysis focused only on the first episode of progression. Finally, the study populations were chronic periodontitis patients who received a complete periodontal treatment with proper SPT from the post-graduate clinic, Department of Periodontology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University. Therefore, generalization to other population or other setting should be done with caution.

Conclusion

With the comprehensive periodontal treatment, the questionable teeth in periodontitis patients still pose a risk of disease progression. Almost 50% of observed teeth experienced additional periodontal destruction at some point during the SPT. The incidence rate of disease progression among questionable teeth was 14.5 teeth per 100 teeth-years. Residual PPD ≥ 7 mm or having $\geq 30\%$ FMBS were the useful prognostic indicators which significantly related to periodontal destruction and progression. Strictly SPT is strongly recommended to periodontitis patients with questionable teeth.

Acknowledgement

We thank support staffs at the post-graduate clinic, Department of Periodontology, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University for cooperation during data collection.

References

- Papapanou PN, Sanz M, Buduneli N, Dietrich T, Feres M, Fine DH, et al. Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Clin Periodontol* 2018;45(Suppl 20): S162-70.
- Axelsson P, Lindhe J. The significance of maintenance care in the treatment of periodontal disease. *J Clin Periodontol* 1981;8(4):281-94.
- Becker W, Berg L, Becker BE. The long term evaluation of periodontal treatment and maintenance in 95 patients. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1984;4(2):54-71.
- Socransky SS, Haffajee AD, Goodson JM, Lindhe J. New concepts of destructive periodontal disease. *J Clin Periodontol* 1984;11(1):21-32.
- Armitage GC. Periodontal diseases: diagnosis. *Ann Periodontol* 1996;1(1):37-215.
- Chambrone L, Chambrone D, Lima LA, Chambrone LA. Predictors of tooth loss during long-term periodontal maintenance: a systematic review of observational studies. *J Clin Periodontol* 2010;37(7):675-84.
- Heitz-Mayfield LJ. Disease progression: identification of high-risk groups and individuals for periodontitis. *J Clin Periodontol* 2005;32(Suppl 6):196-209.
- Helal O, Göstemeyer G, Krois J, Fawzy El Sayed K, Graetz C, Schwendicke F. Predictors for tooth loss in periodontitis patients: Systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2019;46(7):699-712.
- Leung WK, Ng DK, Jin L, Corbet EF. Tooth loss in treated periodontitis patients responsible for their supportive care arrangements. *J Clin Periodontol* 2006; 33(4):265-75.
- Matuliene G, Pjetursson BE, Salvi GE, Schmidlin K, Bragger MZ, et al. Influence of residual pockets on progression of periodontitis and tooth loss: results after 11 years of maintenance. *J Clin Periodontol* 2008;35(8):685-95.
- Pretzl B, Kaltschmitt J, Kim TS, Reitmeir P, Eickholz P. Tooth loss after active periodontal therapy. 2: tooth-related factors. *J Clin Periodontol* 2008;35(2):175-82.
- Badersten A, Nilvéus R, Egelberg J. Scores of plaque, bleeding, suppuration and probing depth to predict probing attachment loss. 5 years of observation following nonsurgical periodontal therapy. *J Clin Periodontol* 1990; 17(2):102-07.
- Faggion CM, Jr., Petersilka G, Lange DE, Gerss J, Flemmig TF. Prognostic model for tooth survival in patients treated for periodontitis. *J Clin Periodontol* 2007;34(3):226-31.
- Graetz C, Schützhold S, Plaumann A, Kahl M, Springer C, Salzer S, et al. Prognostic factors for the loss of molars--an 18-years retrospective cohort study. *J Clin Periodontol* 2015;42(10):943-50.
- Nibali L, Krajewski A, Donos N, Volzke H, Pink C, Kocher T, et al. The effect of furcation involvement on tooth loss in a population without regular periodontal therapy. *J Clin Periodontol* 2017;44(8):813-21.
- American Academy of Periodontology. Comprehensive Periodontal Therapy: a statement by the American Academy of Periodontology. *J Periodontol* 2011;82(7): 943-49.
- Hirschfeld L, Wasserman B. A long-term survey of tooth loss in 600 treated periodontal patients. *J Periodontol* 1978;49(5):225-37.
- McGuire MK. Prognosis versus actual outcome: a long-term survey of 100 treated periodontal patients under maintenance care. *J Periodontol* 1991;62(1):51-8.
- McGuire MK, Nunn ME. Prognosis versus actual outcome. II. The effectiveness of clinical parameters in developing an accurate prognosis. *J Periodontol* 1996; 67(7):658-65.
- O'Leary TJ, Drake RB, Naylor JE. The plaque control record. *J Periodontol* 1972;43(1):38.
- Käyser AF. Shortened dental arches and oral function. *J Oral Rehabil* 1981;8(5):457-62.

22. Hamp SE, Nyman S, Lindhe J. Periodontal treatment of multirooted teeth. Results after 5 years. *J Clin Periodontol* 1975;2(3):126-35.
23. Miller SC. Textbook of Periodontia. 1st ed. Philadelphia: The Blakiston Company; 1950.
24. Vander Weele TJ, Shpitser I. A new criterion for confounder selection. *Biometrics* 2011;67(4):1406-13.
25. Claffey N, Nylund K, Kiger R, Garrett S, Egelberg J. Diagnostic predictability of scores of plaque, bleeding, suppuration and probing depth for probing attachment loss. 3 1/2 years of observation following initial periodontal therapy. *J Clin Periodontol* 1990;17(2):108-14.
26. Kaldahl WB, Kalkwarf KL, Patil KD, Molvar MP, Dyer JK. Long-term evaluation of periodontal therapy: II. Incidence of sites breaking down. *J Periodontol* 1996; 67(2):103-8.
27. Lindhe J, Nyman S. Long-term maintenance of patients treated for advanced periodontal disease. *J Clin Periodontol* 1984;11(8):504-14.
28. Tonetti MS, Claffey N. Advances in the progression of periodontitis and proposal of definitions of a periodontitis case and disease progression for use in risk factor research. Group C consensus report of the 5th European Workshop in Periodontology. *J Clin Periodontol* 2005; 32(Suppl 6):210-13.
29. Reddy MS, Geurs NC, Jeffcoat RL, Proskin H, Jeffcoat MK. Periodontal disease progression. *J Periodontol* 2000;71(10):1583-90.
30. Kaldahl WB, Kalkwarf KL, Patil KD, Molvar MP, Dyer JK. Long-term evaluation of periodontal therapy: I. Response to 4 therapeutic modalities. *J Periodontol* 1996;67(2):93-102.
31. Fleischer HC, Mellonig JT, Brayer WK, Gray JL, Barnett JD. Scaling and root planing efficacy in multirooted teeth. *J Periodontol* 1989;60(7):402-9.
32. Rabbani GM, Ash MM, Caffesse RG. The effectiveness of subgingival scaling and root planing in calculus removal. *J Periodontol* 1981;52(3):119-23.
33. Graetz C, Dörfer CE, Kahl M, Kocher T, El-Sayed KF, Wiebe JF, et al. Retention of questionable and hopeless teeth in compliant patients treated for aggressive periodontitis. *J Clin Periodontol* 2011;38(8):707-14.
34. Nabers CL, Stalker WH, Esparza D, Naylor B, Canales S. Tooth loss in 1535 treated periodontal patients. *J Periodontol* 1988;59(5):297-300.
35. Brayer WK, Mellonig JT, Dunlap RM, Marinak KW, Carson RE. Scaling and root planing effectiveness: the effect of root surface access and operator experience. *J Periodontol* 1989;60(1):67-72.
36. Waerhaug J. Healing of the dento-epithelial junction following subgingival plaque control. II: As observed on extracted teeth. *J Periodontol* 1978;49(3):119-34.
37. Magnusson I, Lindhe J, Yoneyama T, Liljenberg B. Recolonization of a subgingival microbiota following scaling in deep pockets. *J Clin Periodontol* 1984;11(3):193-207.
38. Oliveira Costa F, Miranda Cota LO, Pereira Lages EJ, Soares Dutra Oliverira AM. Progression of periodontitis in a sample of regular and irregular compliers under maintenance therapy: a 3-year follow-up study. *J Periodontol* 2011;82(9):1279-87.
39. Joss A, Adler R, Lang NP. Bleeding on probing. A parameter for monitoring periodontal conditions in clinical practice. *J Clin Periodontol* 1994;21(6):402-08.
40. Lang NP, Schätzle MA, Loe H. Gingivitis as a risk factor in periodontal disease. *J Clin Periodontol* 2009;36(Suppl 10):3-8.
41. Lang NP, Adler R, Joss A, Nyman S. Absence of bleeding on probing. An indicator of periodontal stability. *J Clin Periodontol* 1990;17(10):714-21.
42. Salvi GE, Mischler DC, Schmidlin K, Matulienė G, Pjetursson BE, Bragger U, et al. Risk factors associated with the longevity of multi-rooted teeth. Long-term outcomes after active and supportive periodontal therapy. *J Clin Periodontol* 2014;41(7):701-7.
43. Haffajee AD, Socransky SS. Attachment level changes in destructive periodontal diseases. *J Clin Periodontol* 1986;13(5):461-75.

Corresponding Author

Attawood Lertpimonchai

Department of Periodontology,

Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University,

Pathumwan, Bangkok, 10330.

Tel: 02 218 8850

E-mail: attawood.l@chula.ac.th

การลุกลามของโรคปริทันต์อักเสบและปัจจัย พยากรณ์ ในพื้นที่มีการพยากรณ์โรคระดับน่าสงสัย ระหว่างการรักษาปริทันต์บำบัดขั้นประคับประคอง

รัชตะวัน ศิริพันธ์* กนกนัฏดา ตะเวทีกุล*,** อรรถวุฒิ เลิศพิมลชัย*,**

บทคัดย่อ

การศึกษาแบบย้อนหลังนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราอุบัติการณ์การลุกลามของโรคปริทันต์อักเสบในพื้นที่มีการพยากรณ์โรคระดับน่าสงสัย ในผู้ป่วยโรคปริทันต์อักเสบเรื้อรัง และเพื่อระบุปัจจัยพยากรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการลุกลามของโรคระหว่างการรักษาปริทันต์บำบัดขั้นประคับประคอง ทำการรวบรวมรายชื่อผู้ป่วยโรคปริทันต์อักเสบเรื้อรังทั้งหมดในโปรแกรมการรักษาปริทันต์บำบัดขั้นประคับประคอง ของคลินิกหลังปริญญา ภาควิชาปริทันต์วิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ระหว่างปี พ.ศ. 2556-2557 โดยผู้ป่วยที่ได้รับการคัดเลือกต้องมีพื้นที่มีการพยากรณ์โรคระดับน่าสงสัยอย่างน้อยหนึ่งซี่ในระหว่างการรักษาปริทันต์บำบัดขั้นประคับประคอง จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลที่บันทึกในเวชระเบียน และทำการประมาณเส้นโค้งแคปแลน-ไมเออร์ เพื่อวิเคราะห์หาสัดส่วนของพื้นที่มีการสูญเสียระดับการยึดเกาะของอวัยวะปริทันต์ทางคลินิกเพิ่มเติม ≥ 3 มิลลิเมตร และวิเคราะห์ปัจจัยพยากรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการลุกลามของโรคปริทันต์อักเสบด้วย ตัวแบบการเสี่ยงภัยแบบอัตราส่วนค็อกซ์ ประกอบด้วย อายุ เพศ พฤติกรรมการสูบบุหรี่ เบาหวาน นิสัยการทำงานนอกหน้าที่ การพุงรับของฟันหลังระดับการดูแลอนามัยช่องปาก คะแนนของการมีเลือดออกทั้งปากเมื่อตรวจด้วยเครื่องมือตรวจปริทันต์ ชนิดของฟัน ความลึกของร่องลึกปริทันต์ที่หลงเหลืออยู่ ระดับการยึดเกาะของอวัยวะปริทันต์ การลุกลามถึงบริเวณง่ามรากฟัน ระดับกระดูก และระดับฟันโยก พบว่าจากพื้นที่มีการพยากรณ์โรคระดับน่าสงสัยทั้งหมด 358 ซี่ ในผู้ป่วย 123 คน มีฟัน 178 ซี่ (ร้อยละ 49.7) ที่มีการลุกลามของโรคปริทันต์อักเสบระหว่างการรักษาปริทันต์บำบัดขั้นประคับประคอง อุบัติการณ์ของการลุกลามของโรคในพื้นที่มีการพยากรณ์โรคระดับน่าสงสัยคือ 14.5 ต่อ 100 ซี่ต่อปี ค่าเฉลี่ยระยะปลอดเหตุการณ์ คือ 4.93 ปี ปัจจัยที่มีผลต่อการลุกลามของโรค ได้แก่ 1) ผู้ป่วยที่มีคะแนนของการมีเลือดออกทั้งปากเมื่อตรวจด้วยเครื่องมือตรวจปริทันต์ตั้งแต่ร้อยละ 30 ขึ้นไป และ 2) ความลึกของร่องลึกปริทันต์ที่หลงเหลืออยู่ตั้งแต่ 7 มิลลิเมตร ขึ้นไป โดยมีอัตราส่วนอันตรายที่ปรับผลกระทบแล้วเท่ากับ 2.45 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีค่า 1.60 ถึง 3.75 และ 1.87 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 มีค่า 1.14 ถึง 3.07 ตามลำดับ โดยสรุปคือ พื้นที่จำนวนกว่าครึ่งหนึ่งที่มีการพยากรณ์โรคระดับน่าสงสัยที่ได้รับการรักษาแล้วมีการลุกลามของโรคปริทันต์อักเสบ ดังนั้นควรมีการตรวจติดตามและนัดผู้ป่วยมารับการรักษาเพื่อคงสภาพปริทันต์อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยที่มีร่องลึกปริทันต์ หลงเหลืออยู่ และมีการอักเสบของเหงือกเรื้อรัง

คำไชรหัส: โรคปริทันต์อักเสบ/ พยากรณ์โรคระดับน่าสงสัย/ การลุกลามของโรค/ การรักษาปริทันต์บำบัดขั้นประคับประคอง/
การรักษาเพื่อคงสภาพปริทันต์

ผู้รับผิดชอบบทความ

อรรถวุฒิ เลิศพิมลชัย

ภาควิชาปริทันต์วิทยา

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ : 02 2188850

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : attawood.l@chula.ac.th

* ภาควิชาปริทันต์วิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ

** ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางโรคปริทันต์และรากฟันเทียม คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุม

Oral Health Condition of Older Adults with Different Nutritional Status in Chamni District, Buriram Province

Sittichoktrakul P* Kiattavorncharoen S** Arayasantiparb R*** Okuma N****

Abstract

This study aimed to evaluate the association between oral health status and nutritional status among older adults in Chamni District, Buriram province of Thailand. The participants, aged over 60 years old and met the eligible criteria were enrolled in this study. The information collection included medical, dental and personal history, measurement of body proportions, examination of oral health status, and evaluation of xerostomia by questionnaire and nutritional assessment by mini-nutritional assessment (MNA). Among a total number of 278 participants (67.6% female), 83 subjects (29.9%) were classified as the risk of undernutrition (UN) group and no subject were classified as UN group. All of dental factors and existing of mucosal lesions were failed to demonstrate this association. Regarding to the oral condition, xerostomia (Adj. OR=2.41, 95%CI=1.22-4.78, $p=0.01$) was significantly associated with the increasing risk of UN, regardless of age, working status, income, betel nut chewing habit, systemic diseases and medications, non-carious tooth defect, and oral lesion. The other factors associated with risk of UN included non-working status, low income, thyroid disorder, and not use of antihypertensive agent. This study found that xerostomia significantly increased the risk of UN, while the other oral factors failed to demonstrate this association.

Keywords: Aged adults/ Oral health/ Nutritional status/ Nutrition assessment

Received: March 04, 2021

Revised: July 05, 2021

Accepted: July 12, 2021

Introduction

Older adults are often at risk of inappropriate food intake and altered nutritional status. Many factors such as low socioeconomic status, educational status as well as smoking habit showed the association with underweight.¹ Moreover, increasing age is the factor affecting various physical changes, including chewing and swallowing ability.² Oral health problem is the factor that relates to nutrition one way or another. Having a bad oral condition including periodontitis, dental caries, and tooth loss can cause difficulty in chewing, which affects the food choices of the older adults, leading to deficiency of proteins, vitamins, and minerals.³ Tooth mobility, periodontal disease, number of remaining teeth, and pain in the mouth associated with difficulty in chewing.^{4,5} Additionally, oral pain or discomfort which occur from various causes, such as irritation from slaked lime which usually consumed with betel nut (BN),⁶ also affect the nutritional status.^{7,8} Consequently, older adults who have

malnutrition related to insufficient nutrients intake may develop anemia, scurvy or osteoporosis.^{9,10}

World Health Organization (WHO) suggested that the number of teeth at least 20 and 4 pairs of the occluded tooth will help maintain the adequate chewing ability.^{1,11} The study conducted in northern part of Thailand demonstrated that older adults who had less than 20 teeth related to lower body mass index (BMI) score,¹ however BMI score is still questionable for evaluate nutrition in older adults because of physical change of those.¹² While the other study reported the conflicting result, which the relationship between the number of teeth and malnutrition evaluated by using mini-nutritional assessment (MNA) was not revealed.¹³ In Thailand, there was only one study of oral health status that used MNA for the assessment of nutritional status, revealed that the number of teeth and functional tooth units (FTU) in the undernutrition (UN) group were significantly lower than in either normal or the risk of UN group, when evaluated by MNA.¹⁴

* Master of Science Program in Geriatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Ratchathewi, Bangkok.

** Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Ratchathewi, Bangkok.

*** Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Ratchathewi, Bangkok.

**** Department of Oral Medicine and Periodontology, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Ratchathewi, Bangkok.

In addition to dental conditions, saliva plays a significant role in maintaining good oral health, as well as helping oral lubrication and swallowing.^{15,16} The association between reduced stimulated salivary flow and UN in older subjects were reported when examined with MNA.¹³ This agrees with the previous studies demonstrated that hyposalivation was associated with loss of appetite¹⁷ and lack of satisfaction when eating.¹⁸ Older adults who experienced dry mouth reported the difficulty in eating dry food and were more likely to consume sweetened beverages with less cereal diet consumption.¹⁹

Nowadays, nutritional problems are gaining attention in the public health. In Thailand, study about the relationship between oral health and nutrition are still lacking. Hence, the objective of this study was to determine the association between oral health conditions and nutritional status in the older adults in Chamni district, Buriram province, Northeastern Thailand.

Materials and methods

Participants: Research proposal was reviewed and approved by the ethical committee of the Faculty of Dentistry/Faculty of Pharmacy, Mahidol University, Institutional Review Board (No.MU-DT/PY-IRB 2019/053.1508; August 15, 2019) and Buriram province Human Research Ethics Committee.

The stratified sampling was used to obtain the sample of older adults from 6 sub-districts of Chamni district, Buriram province of Thailand. The number of subjects in each sub-district was proportional to the population size in that sub-district. So, the total voluntary older participants aged over 60 years were enrolled in this cross-sectional study and were excluded if their cognitive ability scores, evaluated by using the Thai version of mini-cognitive assessment were lower than 2 points.²⁰ Participants were also excluded from this study if they had paranoid, confusion, mood disorder, symptoms of schizophrenia, uncontrollable systemic disease, underwent surgery in the past 3 months, or other conditions that affected eating and nutritional assessment. According to the criteria, 278 of those were included in the study. All

participants were interviewed about their general information, medical, dental and personal history which included alcoholic beverages consumption, cigarette smoking, and betel nut chewing habit, measured body proportions, and evaluated both nutritional status and oral health status.

Nutrition assessment: MNA²¹ was used to determine the nutritional status of the participants in this study. MNA comprised of interview questions, BMI, and anthropometric measurement, included weight and height, arm and calf circumferences and rated the scores as MNA guideline suggestion. MNA scores interpretation, the nutritional status could be categorized into three groups: 1.) UN, if scores under 17 points 2.) Risk of UN, if scores 17-23.5 points 3.) Normal nutrition, if scores 24-30 points.

Oral health status: Oral examination was carried out by the principal investigator (PS.). Participants laid on mobile dental unit with headlamp. The oral conditions were examined by using instruments which consisted of mouth mirror, dental explorer and cotton pliers. All presenting teeth were counted and examined. Data collection included numbers of teeth present and decayed tooth were recorded according to WHO criteria.²² International Caries Detection and Assessment System (ICDAS) was used to classified decayed tooth. Number of tooth decays were counted when reached ICDAS 2 according to American Dental Association Caries Classification.²³ Tooth contact was counted from the tooth that touched each other, unless there was no existing crown. Also, number of occluded tooth pairs, non-carious tooth defect which included cervical and occlusal surface defect of the tooth, denture-wearing status, and oral mucosal lesion were collected. Tooth mobility was classified by Milles classification; class 1 refers to tooth mobility less than 1 mm, class 2 refers to tooth mobility more than 1 mm, and class 3 refers to tooth mobility more than 1 mm with vertical mobility.

Xerostomia was assessed by using Fox's dry mouth questionnaire.^{24,25} The questionnaire consisted of the following questions: 1) Does the amount of saliva in your mouth seem to be too little, too much, or you not notice it? 2)

Do you have any difficulty swallowing? 3) Does your mouth feel dry when eating a meal? 4) Do you sip liquids to aid in swallowing dry food?

Statistical analysis: Statistical analyses were performed with the SPSS version 23.0 software program. The association and comparison of categorical data between groups of nutritional status were analyzed using Chi-square test or Fisher exact test, depending on the expected value. The variables which p-value <0.20 were selected for further analysis with univariate and multiple logistic regression analysis with forward LR to identify factors that correlated to the nutritional status of the participants. A p-value less than 0.05 was statistically significant.

Result

Descriptive analyses. The study population consisted of 278 older adults living in Chamni district, Buriram province. Almost one-third of subjects (29.9%) were classified as at risk of UN, whereas 70.1% was classified as normal nutrition and none of them were classified as UN. The highest MNA score was 30 points, the lowest was 17 points and the mean MNA score was 24.94 ± 2.68 points. The demographic data of subjects are shown in Table 1. There were 188 female subjects, which was twice the number of male subjects (67.6% vs 32.4%). Most of them (83.5%) were in the age range of 60–69 years. Mean age of the subjects was 65.53 ± 4.77 years. Subjects in risk of UN group had higher mean age comparing to normal nutrition group, 66.89 ± 5.01 years and 64.94 ± 4.55 years, respectively. Two hundred and forty-six subjects (88.5%) were educated at a primary school level, 192 (69.1%) were still working and farmer was the major occupation of the subjects. Also, 186 (66.9%) of subjects had low income (less than 3,000 baht per month). The majority of them were non-smoker (82%), non-drinker (73.4%) and non-BN chewer (67.6%). For medical status,

115 subjects (41.4%) had systemic disease and the most prevalence disease was hypertension (27.0%), followed by diabetes (7.9%) and dyslipidemia (6.5%), in descending order. Antihypertensive (31.7%), antidiabetic (6.8%) and lipid-lowering agents (3.6%) were the 3 most common drugs used, which were consistent with the high prevalence of those diseases (Table 2).

Oral health conditions of subjects are shown in Table 3. Most of subjects (64.4%) had numbers of teeth over 20. Majority of subjects had tooth mobility at least class 1 Milles classification mobility (83.3%), dental caries (81.8%), and non-carious tooth defect (75%). Among the subjects who lost their tooth, 91% did not wear the denture. The percentage of subjects who had posterior tooth pair less than 4 were nearly to those who had greater than or equal to 4 pairs (45.3 vs. 54.7%). Beside dental conditions, soft tissue examination revealed that 38 participants (13.7%) had oral lesion and 28 of those (73.7%) were BN chewer (data not shown). Red lesions were mostly found at buccal mucosa where they always kept BN attached to that site. Evaluation of xerostomia by Fox's dry mouth questionnaire, revealed that 211 participants (75.9%) answered 'no' to all questions while the rest of them (24.1%) answered 'yes' at least 1 question.

Association between demographic variables, medical and personal history, oral health status and nutritional status. Increasing age, non-working status, low income and chewing BN were associated with risk of UN (p-value = 0.03, <0.01, 0.02, <0.01 respectively) (Table 1). For health issues, participants who had thyroid disorder and lung disease, not use of antihypertensive and use of antidepressant/anxiolytic agents were also significantly associated with increased risk of UN (p-value = 0.03, 0.03, 0.04, 0.02, respectively) (Table 2). Among the Oral health conditions, the only variable that associated with the risk of UN was xerostomia (p-value = 0.01) (Table 3).

Table 1 Association between demographic variables and nutritional status

Demographic data	Total (n =278)		MNA				p-value
	n	%	Risk of undernutrition (n =83)		Normal nutrition (n =195)		
			n	%	n	%	
Gender							0.28
Male	90	32.4	23	27.7	67	34.4	
Female	188	67.6	60	72.3	128	65.6	
Age							0.01*
60- 69	232	83.5	62	74.7	170	87.2	
≥70-79	46	16.5%	21	25.3%	25	12.8%	
Educational level							0.70 ^F
Under primary school	14	5.0	6	7.2	8	4.1	
Primary school	246	88.5	72	86.7	174	89.2	
Middle school and above	18	6.5	5	6.0	13	6.6	
Working status							< 0.01*
Still working	192	69.1	46	55.4	146	74.9	
Non-working	86	30.9	37	44.6	49	25.1	
Income							< 0.01*
Lower than 3,000 baht	186	66.9	65	78.3	121	62.1	
Over 3,000 baht	92	33.1	18	21.7	74	37.9	
Smoking status							0.94
Non-smoker	228	82.0	68	81.9	160	82.1	
Ex-smoker	15	5.4	5	6.0	10	5.1	
Current smoker	35	12.6	10	12.0	25	12.8	
Consumption of alcoholic beverages							0.69
Not consumption	204	73.4	58	69.9	146	74.9	
Ex-consumption	21	7.6	7	8.4	14	7.2	
Current consumption	53	19.1	18	21.7	35	17.9	
Betel nut chewing status							< 0.01*
Non-chewer	188	67.6	45	54.2	143	73.3	
Current chewer	90	32.4	38	45.8	52	26.7	

p-value from Chi-Square test, F = p-value from Fisher's Exact Test, * Significant at the 0.05 level

Table 2 Association between medical status variables and nutritional status

Medical status	Total (n =278)		MNA				p-value
			Risk of undernutrition (n =83)		Normal nutrition (n =195)		
	n	%	n	%	n	%	
Medical status							
Hypertension	75	27.0	17	20.5	58	29.7	0.11
Diabetes mellitus	22	7.9	4	4.8	18	9.2	0.21
Dyslipidemia	18	6.5	5	6.0	13	6.7	0.84
Thyroid disorder	7	2.5	5	6.0	2	1.0	0.03* ^F
Heart disease	5	1.8	2	2.4	3	1.5	0.64
Lung disease	5	1.8	4	4.8	1	0.5	0.03* ^F
Kidney disease	2	0.7	1	1.2	1	0.5	0.51 ^F
Others	15	5.4	7	8.4	8	4.1	0.16 ^F
Pharmacy							
Antihypertensive drugs	88	31.7	19	22.9	69	35.4	0.04*
Lipid lowering drugs	10	3.6	3	3.6	7	3.6	1.00
Oral diabetes med	19	6.8	4	4.8	15	7.7	0.45
Antiplatelet	7	2.5	3	3.6	4	2.1	0.43 ^F
Anticoagulant	3	1.1	2	2.4	1	0.5	0.21 ^F
Antihistamine	1	0.4	1	1.2	0	0	0.30 ^F
Antidepressant and anxiolytic	9	3.2	6	7.2	3	1.5	0.02*

p-value from Chi-Square test, F = p-value from Fisher's Exact Test, * Significant at the 0.05 level

Table 3 Association between oral health variables and nutritional status

Oral health conditions	MNA						p-value
	Total (n =278)		Risk of undernutrition (n =83)		Normal nutrition (n =195)		
	n	%	n	%	n	%	
Number of teeth							0.28
0	14	5.0	4	4.8	10	5.1	
1-19	85	30.6	31	37.3	54	27.7	
≥ 20	179	64.4	48	57.8	131	67.2	
Have tooth mobility	220	83.3	69	87.3	151	81.6	0.25
Have dental caries	216	81.8	61	77.2	155	83.8	0.21
Have non-carious tooth defect	198	75.0	55	69.6	143	77.3	0.19
Denture-wearing status							0.57 ^F
Wearing denture	14	5.0	2	2.4	12	6.2	
Not wearing denture	253	91.0	77	92.7	176	90.3	
Posterior occlusal tooth pair							0.92
< 4 tooth pairs	126	45.3	38	45.8	88	45.1	
≥ 4 tooth pairs	152	54.7	45	54.2	107	54.9	
Oral lesion							0.16
Normal	240	86.3	68	81.9	172	88.2	
Have oral lesion	38	13.7	15	18.1	23	11.8	
Xerostomia							0.01* ^F
Yes at least 1 question	67	24.1	28	33.7	39	20.0	
No to all questions	211	75.9	55	66.3	156	80.0	

p-value from Chi-Square test, F = p-value from Fisher's Exact Test, * Significant at the 0.05 level

Univariate and Multiple logistic regression analysis. Table 4 showed the result of model using univariate and forward LR multiple logistic regression analysis which analyzed 12 independent variables that p-value <0.2, with nutritional status as dependent variable. The univariate analysis showed that age, working status, income, BN chewing habit, thyroid disorder, lung disease, antihypertensive and antidepressant/anxiolytic drugs, and xerostomia were associated with nutritional status. Age over 70 years, non-working status, income less than 3,000 baht per month showed an increased risk of UN (OR = 2.30, 2.40, 2.21, 2.3, respectively). For medical issues, coexisting with thyroid disorder and lung disease, not use of antihypertensive drug, use of antidepressant and anxiolytic agents were associated with risk

of UN (OR = 6.19, 9.82, 1.85, 4.99, respectively). Regarding to oral health status, xerostomia showed a higher risk of UN (OR = 2.036).

The multiple regression analysis using nutritional status as a dependent variable is shown in the right column. When controlling for confounding variables in the model, non-working status, low income, thyroid disorder, not use of antihypertensive drug remained statistically significant as a risk factor for UN (OR = 2.09, 2.41, 9.56, 2.51, respectively). Xerostomia was also associated with increased risk of UN after adjusting for age, working status, income, BN chewing habit, systemic diseases and medications, non-carious tooth defect, and oral lesion (OR = 2.41, 95% CI = 1.22-4.78, p = 0.01).

Table 4 Univariate and Multiple logistic regression analysis of factors associated with nutritional status

	Crude OR	95% CI		p-value	Adj. OR	95%CI		p-value
		Lower	Upper			Lower	Upper	
Age (≥ 70)	2.30	1.20	4.41	0.01*	-	-	-	
Working status (non-working)	2.40	1.34	4.11	<0.01*	2.09	1.06	4.14	0.03*
Income (< 3,000 baht / month)	2.21	1.22	4.01	0.01*	2.41	1.19	4.91	0.02*
Betel nut chewing habit	2.32	1.36	3.97	<0.01*	-	-	-	-
Hypertension	0.61	0.33	1.13	0.11	-	-	-	-
Thyroid disorder	6.19	1.18	32.56	0.03*	9.56	1.12	64.50	0.02*
Lung disease	9.82	1.08	89.26	0.04*	-	-	-	-
Antihypertensive drug (no)	1.85	1.02	3.33	0.04*	2.51	1.21	5.19	0.01*
Antidepressant / anxiolytic drugs (yes)	4.99	1.22	20.45	0.03*	-	-	-	-
Non-carious tooth defect	0.67	0.37	1.21	0.19	-	-	-	-
Xerostomia	2.04	1.15	3.62	0.02*	2.41	1.22	4.78	0.01*
Oral lesion	1.65	0.81	3.35	0.17	-	-	-	-

Adj. OR was adjusted for age, working status, income, betel nut chewing habit, hypertension, thyroid disorder, lung disease, antihypertensive drug, antidepressant and anxiolytic drug, non-carious tooth defect, xerostomia, and oral lesion.

* Significant at the 0.05 level

Discussion

From the literature, there were several studies that aimed to evaluate the relationship between the oral condition and nutritional status by using different evaluation tools and conducted in different countries, that demonstrated the dissimilar results. In Thailand, there was only one study of oral health status that used MNA for the assessment of nutritional status.¹⁴ Regarding to the oral and dental conditions, in this study, we collected data both from questionnaires and oral examinations, in order to evaluate the dry mouth condition, carious and non-carious dental problems, number of remaining teeth and occlusal status, periodontal problem, as well as denture wearing status and mucosal lesion. Due to reliability, ease of use, and suitable for community surveys, MNA was used to assess the nutritional status of the subjects.

The subjects in this current study were older adults living in community dwelling. For nutritional status, this study exhibited the percentage of risk of UN group as 29.9%, which slightly higher than data of those among older adults in Chamni district, where 20.7% were reported to be at risk of UN (the data from Chamni hospital 2018). However, the latter

group was assessed the nutritional status by BMI measurement. Based on this information, it may be said that the use of MNA as the nutritional screening tool can detect older adults at risk of UN while their BMI remains normal²¹. Regarding the demographic status and health behavioral characteristics, we found no difference in gender, educational level, smoking status, consumption of alcoholic beverages between risk of UN group and normal nutrition group.

Xerostomia, the subjective symptom of oral dryness,^{24,26-28} was the only oral health factor that associated with nutritional status in this study. This condition was reported as the oral problem that affected quality of life²⁸ and related to UN.²⁸⁻³⁰ The result of this study was similar to the previous study in Thailand, Samnieng³⁰ found that participants with hyposalivation had significantly lower mean MNA score compared to those who had normal salivation. Although, high accuracy of sialometry in the assessment of salivary gland function, it may be not suitable for community-based screening. Several questionnaires were developed to evaluate the salivation status. In our present study, Fox's questionnaire was used. The persons who answered yes at least one question

to Fox's questionnaire would be classified as having xerostomia problem. These questions have been reported to be associated with hyposalivation.²⁴

On the contrary, Quandt et al.¹⁹ revealed that dry mouth in older subjects did not result in poorer dietary quality, compared to those without dry mouth. However, they reported that severe dry mouth was associated with lower intake of whole grain and higher intake of total fruit and also strongly associated with self-reported modification and avoidance of foods. Similarly, Sheiham et al.³¹ found that the older adults with dry mouth, whether with or without tooth reported the difficulty in eating dry foods such as bread, toast and fried potato more than those without dry mouth, however there was no significant difference between the two groups.

Many studies revealed that less number of teeth, non-denture wearing, limited occluded tooth pairs related to nutritional disturbance.^{32, 33} Moreover, regarding to WHO, individuals who have remaining teeth at least 20 and 4 pairs of the occluded tooth have the ability to chew effectively.^{1, 10} The results of this present study showed that all of those dental factors failed to demonstrate the association with the risk of UN. However, it was agreeable to previous study, Mesas et al.²⁹ also found no significant association between the number of teeth or occlusal status and the MNA score. Similar to Soini et al.³⁴ reported none of the dental factors associated with the MNA score. A recent systematic review of longitudinal study³⁵ stated that, until present day, there is no strong evidence regarding the effect of tooth loss on diet and nutrition because of inconsistent results amongst the few longitudinal studies. Tada and Miura³⁶ concluded in another systematic review that "discrepant findings suggest that masticatory ability explains only part of the variance in food and nutrient intake of the older adults". It was found that differences in nutrition outcomes could be explained by the number of FTU together with the other determinants, such as the perception of xerostomia and Geriatric Oral Health Assessment Index (GOHAI).³⁷

Loose teeth with pain were associated with chewing disability^{4, 5} and severe tooth mobility related to UN²⁹ due to restricting food choice and the trend to choose softer food that

may contain lower nutritional value.^{5, 38} Previous study that examined the association between periodontal status and MNA score, stated that only advanced periodontal disease was associated with UN.⁵ In order to apply the suitable method for community-based screening, this study evaluated the periodontal problem only on tooth mobility, not all periodontal parameters. This could not reflect on the actual periodontal status of the participants. Consequently, the association between periodontal status and UN might not be revealed.

For age factor, the univariate analysis revealed that age over 70 increased the risk of UN. But when the confounding variables were controlled, the relationship between this variable and nutritional status was not revealed. This result might show that age alone is not an important indicator of the nutritional deficiencies in the older adults. The other factors that exhibited the increased risk of UN were non-working status, low monthly income, thyroid disorder, not use of antihypertensive agents. These results were beyond the scope of this study, and required further investigation to explain the association shown here.

Due to the fact that the results from cross-sectional study could not determine whether the factors are cause or effect, this study could only exhibit the association between various factors and nutritional status evaluated by MNA score. The subjects in this study were older adults who living in the northeastern region, whose lifestyles, dietary characteristic, family condition, and socioeconomic status might be different from the other part of country. Therefore, the results might not be able to reflect such association in all areas of Thailand.

In conclusion, almost one third of the older adults in this study were at risk of UN. The factors that significantly associated with this condition were increasing age, low income, non-working status, certain systemic disorders, and certain classes of medication. Considering the oral health factor, xerostomia was a factor that increased risk of UN. Hence, the evaluation of xerostomia, as a part of geriatric assessment, would benefit to reduce the risk of malnutrition in the elderly individuals.

References

1. Srisilapanan P, Malikaew P, Sheiham A. Number of teeth and nutritional status in Thai older people. *Community Dent Health* 2002;19:230-6.
2. Zulkowski K. Nutrition and aging: a transdisciplinary approach. *Ostomy Wound Manage* 2006;52:53-7.
3. Kwon SH, Park HR, Lee YM, Kwon SY, Kim OS, Kim HY, et al. Difference in food and nutrient intakes in Korean elderly people according to chewing difficulty: using data from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2013 (6th). *Nutrition research and practice* 2017;11:139-46.
4. Singh KA, Brennan DS. Chewing disability in older adults attributable to tooth loss and other oral conditions. *Gerodontology* 2012;29:106-10.
5. Padilha DM, Hilgert JB, Hugo FN, Bos AJ, Ferrucci L. Number of teeth and mortality risk in the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2008;63:739-44.
6. Buaban K. The relationship between oral conditions on the quality of life in the elderly Mae Ramat district, Tak province. *J Gerontol Geriatr Med* 2017;16:45-56.
7. Javed F, Bello Corraera FO, Chotai M, Tappuni AR, Almas K. Systemic conditions associated with areca nut usage: a literature review. *Scand J Public Health* 2010;38:838-44.
8. Ogunkolade WB, Boucher BJ, Bustin SA, Burrin JM, Noonan K, Mannan N, et al. Vitamin D metabolism in peripheral blood mononuclear cells is influenced by chewing "betel nut" (Areca catechu) and vitamin D status. *J Clin Endocrinol Metab* 2006;91:2612-7.
9. Muller O, Krawinkel M. Malnutrition and health in developing countries. *Cmaj* 2005;173:279-86.
10. Kaewanun C. Nutrition of the elderly. *EAU heritage Journal Science and technology* 2018;12:112-9.
11. Recent advances in oral health: report of a WHO Expert Committee. *World Health Organ Tech Rep Ser* 1992;826:1-37.
12. Assantachai P, Yamwong P, Lekhakula S. Alternative anthropometric measurements for the Thai elderly: Mindex and Demiquet. *Asia Pac J Clin Nutr* 2006;15:521-7.
13. Mesas AE, Andrade SM, Cabrera MA, Bueno VL. Oral health status and nutritional deficit in noninstitutionalized older adults in Londrina, Brazil. *Rev Bras Epidemiol* 2010;13:434-45.
14. Samnieng P, Ueno M, Shinada K, Zaitzu T, Wright FA, Kawaguchi Y. Oral health status and chewing ability is related to mini-nutritional assessment results in an older adult population in Thailand. *J Nutr Gerontol Geriatr* 2011;30:291-304.
15. Vathanophas V, Supachavalit K, Keschool P, Ongard S. Factors Associated with Xerostomia in Non-Radiated Patients. *SMJ* 2019;71:377-84.
16. Cassolato SF, Turnbull RS. Xerostomia: clinical aspects and treatment. *Gerodontology* 2003;20:64-77.
17. Folke S, Fridlund B, Paulsson G. Views of xerostomia among health care professionals: a qualitative study. *J Clin Nurs* 2009;18:791-8.
18. Dormenval V, Mojon P, Budtz-Jorgensen E. Associations between self-assessed masticatory ability, nutritional status, prosthetic status and salivary flow rate in hospitalized elders. *Oral Dis* 1999;5:32-8.
19. Quandt SA, Savoca MR, Leng X, Chen H, Bell RA, Gilbert GH, et al. Dry mouth and dietary quality in older adults in north Carolina. *J Am Geriatr Soc* 2011;59:439-45.
20. Trongsakul S, Lambert R, Clark A, Wongpakaran N, Cross J. Development of the Thai version of Mini-Cog, a brief cognitive screening test. *Geriatr Gerontol Int* 2015;15:594-600.
21. Guigoz Y. The Mini Nutritional Assessment (MNA) review of the literature--What does it tell us? *J Nutr Health Aging* 2006;10:466-85; discussion 85-7.
22. Petersen PE, Baez RJ, World Health Organization. Oral health surveys: basic methods. 5th ed. Geneva: World Health Organization; 2013.

23. Young DA, Nový BB, Zeller GG, Hale R, Hart TC, Truelove EL. The American Dental Association Caries Classification System for clinical practice: a report of the American Dental Association Council on Scientific Affairs. *J Am Dent Assoc* 2015;146:79-86.
24. Fox PC, Busch KA, Baum BJ. Subjective reports of xerostomia and objective measures of salivary gland performance. *J Am Dent Assoc* 1987;115:581-4.
25. Villa A, Connell CL, Abati S. Diagnosis and management of xerostomia and hyposalivation. *Ther Clin Risk Manag* 2015;11:45-51.
26. Minja I, Ndalawa M, Lyimo A. Prevalence and Assessment of Dry Mouth: A Study among Selected Group of Elderly Patients in Dar es Salaam. *EC Dental Science* 2019;18:392-400.
27. Bergdahl M. Salivary flow and oral complaints in adult dental patients. *Community Dent Oral Epidemiol* 2000; 28:59-66.
28. Hopcraft MS, Tan C. Xerostomia: an update for clinicians. *Aust Dent J* 2010;55:238-44; quiz 353.
29. Mesas AE, Andrade SM, Cabrera MA, Bueno VL. Oral health status and nutritional deficit in noninstitutionalized older adults in Londrina, Brazil. *Rev Bras Epidemiol* 2010;13:434-45.
30. Samnieng P, Ueno M, Shinada K, Zaitzu T, Wright FA, Kawaguchi Y. Association of hyposalivation with oral function, nutrition and oral health in community-dwelling elderly Thai. *Community Dent Health* 2012;29:117-23.
31. Sheiham A, Steele JG, Marcenes W, Finch S, Walls AW. The impact of oral health on stated ability to eat certain foods; findings from the National Diet and Nutrition Survey of Older People in Great Britain. *Gerodontology* 1999;16:11-20.
32. Furuta M, Komiya-Nonaka M, Akifusa S, Shimazaki Y, Adachi M, Kinoshita T, et al. Interrelationship of oral health status, swallowing function, nutritional status, and cognitive ability with activities of daily living in Japanese elderly people receiving home care services due to physical disabilities. *Community Dent Oral Epidemiol* 2013;41:173-81.
33. Kikutani T, Yoshida M, Enoki H, Yamashita Y, Akifusa S, Shimazaki Y, et al. Relationship between nutrition status and dental occlusion in community-dwelling frail elderly people. *Geriatr Gerontol Int* 2013;13:50-4.
34. Soini H, Routasalo P, Lauri S, Ainamo A. Oral and nutritional status in frail elderly. *Spec Care Dentist* 2003;23:209-15.
35. Gaewkhiew P, Sabbah W, Bernabe E. Does tooth loss affect dietary intake and nutritional status? A systematic review of longitudinal studies. *J Dent* 2017;67:1-8.
36. Tada A, Miura H. Systematic review of the association of mastication with food and nutrient intake in the independent elderly. *Arch Gerontol Geriatr* 2014;59:497-505.
37. El Osta N, Hennequin M, Tubert-Jeannin S, Abboud Naaman NB, El Osta L, Geahchan N. The pertinence of oral health indicators in nutritional studies in the elderly. *Clin Nutr* 2014;33:316-21.
38. Yoshihara A, Watanabe R, Hanada N, Miyazaki H. A longitudinal study of the relationship between diet intake and dental caries and periodontal disease in elderly Japanese subjects. *Gerodontology* 2009;26:130-6.

Corresponding Author

Nis Okuma

Department of Oral Medicine and Periodontology,
Faculty of Dentistry, Mahidol University,
Ratchathewi, Bangkok 10400.

Tel.: 02 200 7841

Fax: 02 200 7840

E-mail: nis.oku@mahidol.ac.th

สถานะสุขภาพช่องปากของผู้สูงอายุที่มีภาวะโภชนาการระดับต่างๆ ในเขตอำเภอขานี จังหวัดบุรีรัมย์

ไพลิน สิทธิโชคตระกูล* ศิริชัย เกียรติถาวรเจริญ** ระวีวรรณ อารยะสันติภาพ*** นิษณ์ โออุมา****

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเกี่ยวข้องของสถานะสุขภาพช่องปากกับภาวะโภชนาการของผู้สูงอายุในเขตอำเภอขานี จังหวัดบุรีรัมย์ ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นผู้สูงอายุ มีอายุ 60 ปีขึ้นไป และมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ การรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยประวัติทางการแพทย์ ประวัติทางทันตกรรม และประวัติส่วนบุคคล การวัดสัดส่วนของร่างกาย การตรวจสถานะสุขภาพช่องปาก ประเมินภาวะปากแห้งด้วยแบบสอบถาม และประเมินโภชนาการด้วย mini-nutritional assessment (MNA) มีผู้เข้าร่วมที่ผ่านเกณฑ์ทั้งสิ้น 278 คน (ร้อยละ 67.6 เป็นเพศหญิง) พบว่า 83 คน (ร้อยละ 29.9) ถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่เสี่ยงต่อภาวะขาดสารอาหาร และไม่มีผู้ที่อยู่ในกลุ่มขาดสารอาหาร ปัจจัยในด้านลักษณะและจำนวนของฟัน รวมถึงการมีโรคของเยื่อเมือกช่องปาก ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กับภาวะเสี่ยงต่อการขาดสารอาหาร ในขณะที่ภาวะปากแห้ง ($Adj. OR=2.41, 95\%CI=1.22-4.78, p=0.01$) มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มความเสี่ยงของภาวะขาดสารอาหารอย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่เกี่ยวกับอายุ สถานะการทำงาน รายได้ โรคทางระบบ และยาที่ได้รับ รอยโรคบนฟันจากเหตุที่ไม่ใช่ฟันผุ และรอยโรคในช่องปาก ส่วนปัจจัยอื่นที่พบว่ามีความสัมพันธ์กับการเสี่ยงต่อภาวะขาดสารอาหาร ได้แก่ การไม่ได้ทำงาน การมีรายได้น้อย การมีความผิดปกติของต่อมไทรอยด์ และการไม่ได้รับยารักษาความดันโลหิตสูง การศึกษานี้พบว่าภาวะปากแห้งเพิ่มความเสี่ยงต่อการขาดสารอาหาร ในขณะที่ปัจจัยในช่องปากอื่นๆ ไม่แสดงถึงความสัมพันธ์ดังกล่าว

คำไ้รหัส: ผู้สูงอายุ/สุขภาพช่องปาก/ภาวะโภชนาการ/การประเมินภาวะโภชนาการ

ผู้รับผิดชอบบทความ

นิษณ์ โออุมา

ภาควิชาเวชศาสตร์ช่องปากและปริทันตวิทยา

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์: 02 200 7841

โทรสาร: 02 200 7840

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: nis.oku@mahidol.ac.th

* ปรินญาโท วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมผู้สูงอายุ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เขตราชเทวี กรุงเทพฯ

** ภาควิชาศัลยศาสตร์ช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เขตราชเทวี กรุงเทพฯ

*** ภาควิชารังสีวิทยาช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เขตราชเทวี กรุงเทพฯ

**** ภาควิชาเวชศาสตร์ช่องปากและปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เขตราชเทวี กรุงเทพฯ

การเปรียบเทียบพื้นที่ฟองอากาศในการผสมวัสดุพิมพ์ปากอัลจิเนต ระหว่างกลุ่มที่ฝึกด้วยวัสดุพิมพ์ปากอัลจิเนตกับกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจิเนตเทียม

สุวดี เอื้ออรุณ โชติ* อนุรัตน์ อนุสรราชกิจ** ศรีธยา พลศรี*** กัทรลภา หล่อสุวรรณศิริ**** วรานุช ปิติพัฒน์*****

บทคัดย่อ

ผู้วิจัยได้พัฒนาอัลจิเนตเทียมซึ่งมีราคาถูกขึ้นจากดินเบาและแป้งข้าวเหนียวเพื่อให้นักศึกษาทันตแพทย์ใช้ทดแทนการฝึกผสมวัสดุพิมพ์ปากอัลจิเนตด้วยมือที่ใช้ในคลินิก การฝึกผสมเป็นทักษะเฉพาะเพื่อให้ได้คุณภาพของรอยพิมพ์ที่ดี การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของนักศึกษาในการผสมอัลจิเนตระหว่างกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจิเนตกับกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจิเนตเทียม โดยพิจารณาจากพื้นที่ฟองอากาศที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบอัลจิเนต กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยคือ นักศึกษาทันตแพทย์ชั้นปีที่ 1 คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จำนวน 40 คน ซึ่งยังไม่เคยเรียนรู้และฝึกผสมวัสดุพิมพ์ปากอัลจิเนตมาก่อน โดยเริ่มจากให้ความรู้แก่กลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับการผสมอัลจิเนตผ่านสื่อการสอนวีดิทัศน์ แล้วแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจิเนตและอัลจิเนตเทียม กลุ่มละ 20 คน ทำการทดสอบคุณภาพการผสมอัลจิเนตทั้งก่อนและหลังการฝึกผสม โดยพิจารณาพื้นที่ฟองอากาศที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบอัลจิเนต จากผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจิเนตมีค่าการกระจายข้อมูล ไม่ปกติ จึงใช้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์เพื่อเปรียบเทียบค่ามัธยฐาน ซึ่งค่ามัธยฐานของผลต่างในกลุ่ม อัลจิเนตมีค่าเท่ากับ 5.3 ตารางมิลลิเมตร มีค่าพิสัยควอร์ไทล์เท่ากับ -2.0 ถึง 15.9 ตารางมิลลิเมตร สำหรับกลุ่มอัลจิเนตเทียมมีค่าเท่ากับ 5.5 ตารางมิลลิเมตรและค่าพิสัยควอร์ไทล์เท่ากับ -3.9 ถึง 19.5 ตารางมิลลิเมตร ทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติแมนวิทนี ยูเทสต์ (Mann-Whitney U test) พบว่า ค่ามัธยฐานของผลต่างของพื้นที่ฟองอากาศที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบอัลจิเนตในกลุ่มอัลจิเนตกับกลุ่มอัลจิเนตเทียมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.96$) ดังนั้นการฝึกผสมด้วยอัลจิเนตเทียมก่อให้เกิดทักษะในการผสมวัสดุพิมพ์ปากได้ไม่แตกต่างจากการฝึกผสมด้วยอัลจิเนต

คำไ้รหัส: อัลจิเนต/ อัลจิเนตเทียม/ ดินเบา/ ฟองอากาศ/ ทักษะการผสม

Received: April 23, 2020

Revised: Oct 05, 2020

Accepted: Oct 27, 2020

บทนำ

อัลจิเนตเป็นวัสดุพิมพ์ปากพื้นฐานที่นิยมใช้ในงานทางทันตกรรมหลากหลายสาขา เนื่องจากรอยพิมพ์ปากอัลจิเนตสามารถลอกเลียนรายละเอียดในช่องปากได้ดีและราคาถูก การใช้อัลจิเนตพิมพ์ปากให้ได้คุณภาพดีนั้น ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติด้านวัสดุศาสตร์ของอัลจิเนตและความสามารถของทันตแพทย์ในการพิมพ์ปาก ส่วนสำคัญที่ทำให้ได้คุณสมบัติด้านวัสดุศาสตร์ของอัลจิเนตดีได้ตามเกณฑ์คือ การดวงผงอัลจิเนตและน้ำด้วยอัตราส่วนถูกต้องตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด และวิธีการผสมที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้วัสดุที่เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน เกิดปฏิกิริยาการก่อตัวทุกส่วน และมีฟองอากาศน้อย

วิธีการผสมอัลจิเนตสามารถทำได้ 2 วิธี คือ ผสมด้วยเครื่องผสมอัลจิเนต และการผสมด้วยมือ แม้ว่าวิธีการใช้เครื่องผสมอัลจิเนตจะได้คุณภาพของวัสดุหลังผสมที่ดีกว่าการผสมด้วยมือ แต่การทำงานในคลินิกทันตกรรมโดยทั่วไปไม่มีเครื่องผสมอัลจิเนตใช้เนื่องจากมีราคาสูง ดังนั้นการผสมวัสดุจึงต้องทำด้วยวิธีการผสมด้วยมือ และในการจัดการเรียนการสอนของนักศึกษาทันตแพทย์ และนักเรียนผู้ช่วยทันตแพทย์ มีการฝึกปฏิบัติผสมอัลจิเนตในหลักสูตรทั้งนี้นักศึกษาทันตแพทย์ทุกคนต้องสอบผ่านการประเมินการผสมอัลจิเนตในการสอบขอรับใบประกอบวิชาชีพอีกด้วย เทคนิคการผสมอัลจิเนตด้วยมือมีทักษะเฉพาะในการผสมเพื่อให้ได้คุณภาพที่ดีใกล้เคียงกับการผสมด้วยเครื่องผสม การผสมวัสดุ

* สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

** ฝ่ายทันตกรรมโรงพยาบาลแกดำ อำเภอแกดำ จังหวัดมหาสารคาม

*** ฝ่ายทันตกรรมโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชเขษุม อำเภอเขษุม จังหวัดอุบลราชธานี

**** ฝ่ายทันตกรรมโรงพยาบาลกุมภวาปี อำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี

***** สาขาวิชาทันตกรรมบ้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

ได้ดีทำให้วัสดุมีคุณสมบัติหลังการก่อตัวได้ตามที่ผู้ผลิตกำหนด วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการทดสอบคุณภาพการผสมอัลจินต์คือการทดสอบการเกิดฟองอากาศ¹⁻³

การเกิดฟองอากาศในอัลจินต์ที่ได้จากการผสมนั้นเกิดจากเทคนิคและวิธีการในการผสม ซึ่งฟองอากาศที่เกิดขึ้นอาจอยู่ที่พื้นผิวหรือแทรกอยู่ในเนื้ออัลจินต์อาจก่อให้เกิดความผิดพลาดบนรอยพิมพ์ได้ ไม่ว่าจะเป็นการเกิดการบิดขาดหรือการมีพื้นผิวของรอยพิมพ์ที่ขรุขระซึ่งล้วนแต่มีผลต่อคุณภาพของรอยพิมพ์¹⁻³ ดังนั้นการผสมอัลจินต์ให้ได้คุณภาพที่ดี ผู้ผสมจำเป็นต้องมีทักษะในการผสมที่ดี หากผู้ผสมขาดทักษะในการผสมอัลจินต์จะทำให้ได้อัลจินต์ที่คุณภาพไม่ดีเกิดรอยพิมพ์ที่ไม่ดี จึงจำเป็นต้องพิมพ์ปากหลายครั้ง ส่งผลให้ผู้ป่วยรู้สึกไม่สบายและยังเป็นการสิ้นเปลืองวัสดุพิมพ์ปากโดยใช้เหตุอีกด้วย แต่การฝึกผสมอัลจินต์จนเกิดความชำนาญได้นั้นต้องใช้เวลาฝึกและใช้วัสดุจำนวนมากทำให้สิ้นเปลืองวัสดุ ดังนั้นการฝึกหัดให้เหมือนจริงมากที่สุดอาจไม่ใช่หนทางที่คุ้มค่ามากที่สุดและเพิ่มค่าใช้จ่ายอย่างไม่สมเหตุผล⁴

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงพัฒนาอัลจินต์เทียมเพื่อใช้ทดแทนการฝึกผสมด้วยวัสดุพิมพ์ปากอัลจินต์ ซึ่งประกอบไปด้วยดินเบา (Diatomaceous earth)⁵⁻⁹ และแป้งข้าวเหนียว^{10,11} ในอัตราส่วน 70:30 โดยคุณสมบัติของอัลจินต์เทียมที่ต้องการคือ มีความหนืดขณะฝึกผสมที่ใกล้เคียงอัลจินต์ แต่มีข้อดีกว่าคือสามารถผสมได้ในช่วงเวลาที่ไม่ง่าย (Mixing time) ไม่มีเวลาช่วงวัสดุแข็งตัว (Setting time) มาเป็นตัวกำหนดเหมือนอัลจินต์ที่มีช่วงเวลาผสมเพียง 30-60 วินาที และแข็งตัวภายในเวลา 1-4 นาที ขึ้นกับยี่ห้อ (Brand) ของวัสดุ เพื่อให้ผู้ฝึกมีเวลาได้เน้นฝึกผสมในขั้นตอนที่ทำให้วัสดุเข้าเป็นเนื้อเดียวกันและรีดฟองอากาศออกให้มากที่สุดได้นานกว่าการฝึกด้วยอัลจินต์ นอกจากนี้อัลจินต์เทียมที่ผลิตขึ้น มีราคาถูกกว่าอัลจินต์ที่ใช้ในคลินิกทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นประมาณ 5.8 เท่าอีกด้วย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการผสมอัลจินต์ของนักศึกษาระหว่างกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินต์กับกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินต์เทียม โดยพิจารณาจากพื้นที่ฟองอากาศที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบอัลจินต์ ระหว่างก่อนและหลังการฝึกผสมระหว่างกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินต์กับกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินต์เทียมเพื่อตรวจสอบว่าสามารถนำอัลจินต์เทียมมาใช้ในการฝึกผสมแทนอัลจินต์ได้จริง^{1,2,12,13}

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

โครงการวิจัยนี้ได้ผ่านการขอขออนุญาตพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยขอนแก่นในปี พ.ศ. 2556 เลขที่โครงการ HE552339 แล้ว

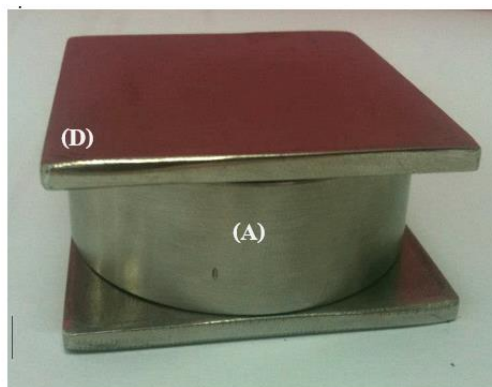
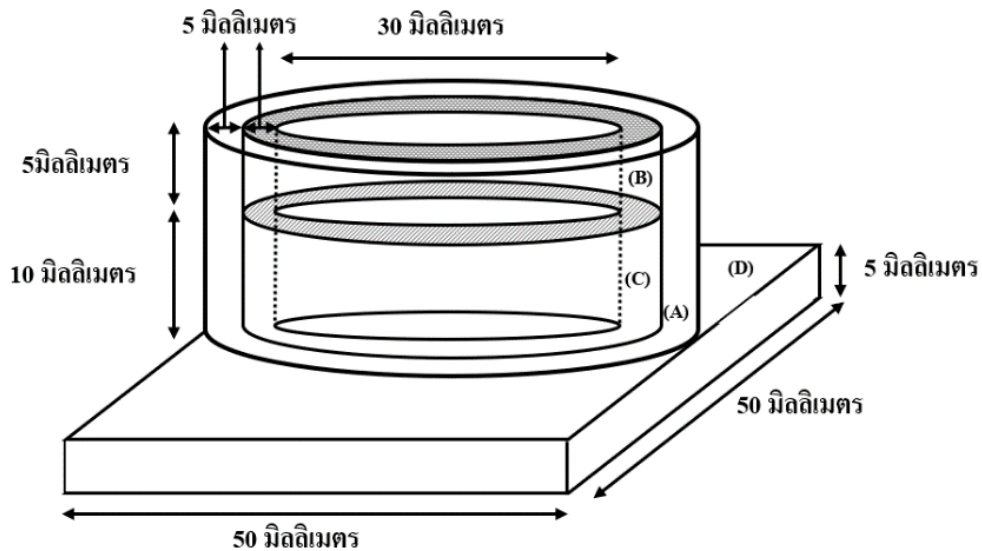
กลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาทันตแพทย์ชั้นปีที่ 1 คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ไม่เคยผสมวัสดุพิมพ์ปากอัลจินต์มาก่อน อาสาสมัครเข้าร่วมในงานวิจัยจำนวน 40 คน เข้ารับความรู้เกี่ยวกับวิธีการผสมวัสดุพิมพ์ปากอัลจินต์ โดยการคู่วิธีที่ประกอบคำบรรยายความยาว 10 นาที แล้วทำการทดสอบก่อนการฝึกผสมโดยให้กลุ่มตัวอย่างผสมวัสดุพิมพ์ปากอัลจินต์ (Regular set, Jeltrate[®] Dustfree Alginate Impression Material, Densply, China) ตามอัตราส่วนที่บริษัทกำหนด คือ ผงอัลจินต์ 2 ช้อนตวง (18 กรัม) ต่อน้ำ 2 ส่วน (38 มิลลิลิตร) ให้กลุ่มตัวอย่างผสมวัสดุพิมพ์ปากอัลจินต์เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำอัลจินต์ที่ผสมได้ไปทดสอบการเกิดฟองอากาศ โดยใช้อุปกรณ์สร้างชิ้นทดสอบ (รูปที่ 1)

วิธีการทำชิ้นทดสอบ เริ่มจากการนำวงแหวนสำหรับยึดไปวางบนแผ่นโลหะแบนราบแล้วนำอัลจินต์ที่ผสมได้ไปเทใส่วงแหวนสำหรับยึดจนเต็ม จากนั้นใส่แม่แบบทำชิ้นตัวอย่างขึ้นล่างและบนลงไปในวงแหวนสำหรับยึดตามลำดับ แล้วนำแผ่นโลหะแบนราบปิดด้านบนของแม่แบบทำชิ้นทดสอบและวงแหวนสำหรับยึด แล้วยึดทั้งหมดเข้าด้วยกันด้วยอุปกรณ์ยึดแม่แบบ นำไปแช่น้ำอุ่นน้ำควบคุมอุณหภูมิซึ่งตั้งไว้ที่ 35 องศาเซลเซียส จนถึงระยะเวลาที่อัลจินต์แข็งตัวตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดไว้คือ 3 นาที 30 วินาทีตั้งแต่เริ่มผสม แล้วจึงนำออกมาจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ถอดอุปกรณ์ยึดออกจากแม่แบบ จากนั้นนำแผ่นโลหะแบนราบออกจากแม่แบบทำชิ้นทดสอบ แล้วถอดวงแหวนสำหรับยึดออกและตัดอัลจินต์ที่บริเวณรอยต่อระหว่างแม่แบบทำชิ้นทดสอบ นำชิ้นทดสอบออกจากแม่แบบทำชิ้นทดสอบส่วนล่าง นำชิ้นทดสอบมาถ่ายภาพฟองอากาศบริเวณพื้นผิวหน้าตัด ด้วยกล้องถ่ายภาพ ดิจิตอลแอสเลอร์ แคนนอน (Digital single-lens reflex: DSLR, Canon) รุ่น 500 ดี เลนส์ฟิกซ์ 100 มิลลิเมตร โดยถ่ายภาพพร้อมกับไม้บรรทัดที่มีความละเอียด 1 มิลลิเมตร นำภาพที่ได้ไปนับฟองอากาศต่อไป^{1,2}

เมื่อกำหนดตัวอย่างทำการทดสอบก่อนการฝึกผสมแล้ว จะทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินต์และกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินต์เทียม ด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น โดยทำการแยกเพศก่อนแล้วจึงจับ

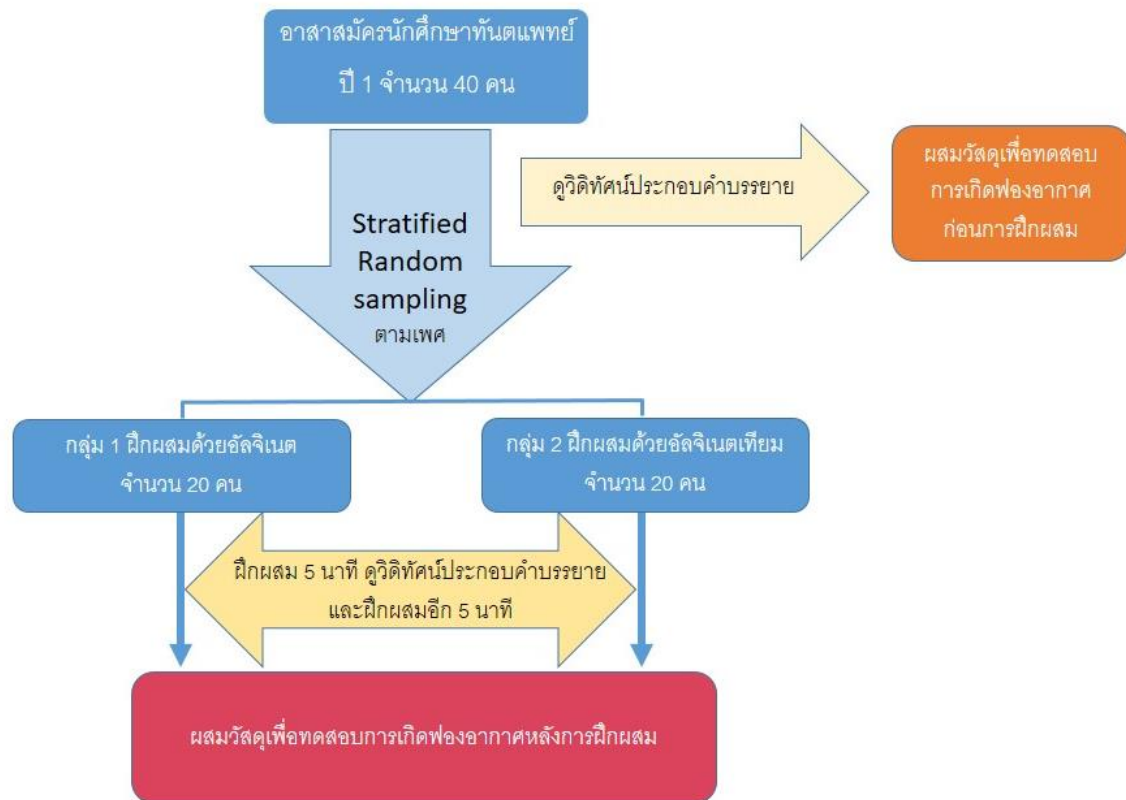
สลายกแบ่งกลุ่มวัสดุตามเพศ เพื่อให้สัดส่วนระหว่างเพศชาย และเพศหญิงในแต่ละกลุ่มเท่าๆกัน จากนั้นให้ทั้ง 2 กลุ่มฝึกผสมวัสดุ โดยให้ฝึกเป็นเวลา 10 นาที โดยแบ่งเป็นสองช่วง คือ ช่วงแรกฝึกผสม 5 นาที จากนั้นหยุดพักเพื่อทบทวนความรู้ โดยการควิทัศน์ประกอบการบรรยายเพิ่มเติมอีก 1 รอบ เป็นเวลา

5 นาที แล้วทำการฝึกต่ออีก 5 นาที จนฝึกผสมครบ 10 นาที หลังจากนั้นให้ กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมาทำการทดสอบหลัง การฝึกผสมโดยใช้วิธีเดียวกับการทดสอบก่อนการฝึกผสม ดัง แผนภูมิ (รูปที่ 2)



รูปที่ 1 อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นทดสอบการเกิดฟองอากาศ (A) วงแหวนสำหรับยึด (B) แม่แบบทำขึ้นตัวอย่างส่วนบน (C) แม่แบบทำขึ้นตัวอย่าง ส่วนล่าง (D) แผ่นโลหะแบนราบ (E) อุปกรณ์ยึดแม่แบบ

Figure 1 Equipment for testing the existence of air bubbles (A) Fixing ring (B) Upper mold (C) Lower mold (D) Metal plate (E) Clamp



รูปที่ 2 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการทดลองและการแบ่งกลุ่มอาสาสมัคร

Figure 2 Flow chart showing the experimental process and grouping of the samples

กระบวนการบันทึกปริมาณฟองอากาศ เมื่อได้ภาพถ่ายฟองอากาศบนพื้นผิวหน้าตัดของชิ้นทดสอบแล้ว นำภาพที่ได้ไปปรับให้เป็นสีเทาโดยใช้โปรแกรมออดิโอฟโตช็อป ซีเอส6 (Adobe Photoshop CS6) แล้วบันทึกไฟล์รูปภาพในนามสกุลเจพีจี (JPG) และให้ผู้วิจัยจำนวน 3 คนซึ่งผ่านการปรับมาตรฐานเกณฑ์การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฟองอากาศเป็นศูนย์จำนวนฟองอากาศในขนาดต่างๆ ด้วยโปรแกรมเอ็นไอเอส อีลิเมนต์ เออาร์ (NIS-Elements AR) โดยทำการขยายภาพ 20 เท่าในโปรแกรมและใช้สเกลของเครื่องเทียบจากพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน 30 มม. และวัดความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของฟองอากาศทุกฟองที่เห็นในภาพเมื่อนับจำนวนฟองอากาศในแต่ละชิ้นทดสอบแล้วจึงทำการส่งข้อมูลจำนวนฟองอากาศในแต่ละขนาดเข้าสู่โปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กเซล 2007 (Microsoft Excel 2007) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อมาหาขนาดพื้นที่ของฟองอากาศจากสูตรคำนวณพื้นที่วงกลม $= \pi r^2$ แล้วหาค่าเฉลี่ยของพื้นที่ฟองอากาศ

ในชิ้นตัวอย่างที่ผู้วิจัยแต่ละคนนับได้ เมื่อวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ระหว่างผู้วิจัย (Inter-examiner reliability) ทั้ง 3 คน (N=80) พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์สเปียร์แมน (Spearman rank correlation) ระหว่างผู้วิจัยคนที่ 1 กับคนที่ 2 เป็น 0.75 ระหว่างคนที่ 1 และคนที่ 3 เป็น 0.74 และระหว่างคนที่ 2 และคนที่ 3 เป็น 0.88 ถือได้ว่ามีระดับความเชื่อถือได้สูงมาก (Very strong)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลพื้นที่ฟองอากาศของอัลจินต โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตลอดจนค่ามัธยฐาน พิสัยและพิสัยควอไทล์ แสดงการแจกแจงความถี่โดยแบ่งจำนวนฟองอากาศออกเป็น 5 ขนาด ได้แก่ ฟองอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดน้อยกว่า 0.2 มิลลิเมตร ขนาด 0.2 มิลลิเมตรแต่น้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร ขนาด 0.5 มิลลิเมตรแต่น้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ขนาด 1 มิลลิเมตรแต่น้อยกว่า 2 มิลลิเมตร และขนาด 2 มิลลิเมตรขึ้นไป

ทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินตกับกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินตเทียม โดยเปรียบเทียบพื้นที่ฟองอากาศของอัลจินตก่อนการฝึกผสมและหลังการฝึกผสม โดยใช้สูตร

$$X = \left| \sum_{i=1}^n \pi r_i^2 - \sum_{j=1}^n \pi r_j^2 \right|$$

X = ผลต่างของพื้นที่ฟองอากาศระหว่างก่อนและหลังฝึกผสม

$$\pi = \frac{22}{7}$$

i = ฟองอากาศบนหน้าตัดชิ้นงานอัลจินตก่อนการฝึกผสม

j = ฟองอากาศบนหน้าตัดชิ้นงานอัลจินตหลังการฝึกผสม

$$r \text{ (รัศมี)} = \frac{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของฟองอากาศ}}{2}$$

n = จำนวนฟองอากาศบนหน้าตัดชิ้นงานอัลจินต

โดยใช้สถิติแมนวิทนี ยูเทสท์ (Mann-Whitney U test) เนื่องจากข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติเมื่อทดสอบด้วยสถิติเชฟโร วิลค์ (Shapiro-Wilk) การทดสอบเป็นแบบสองทางที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 5 ($\alpha=0.05$)

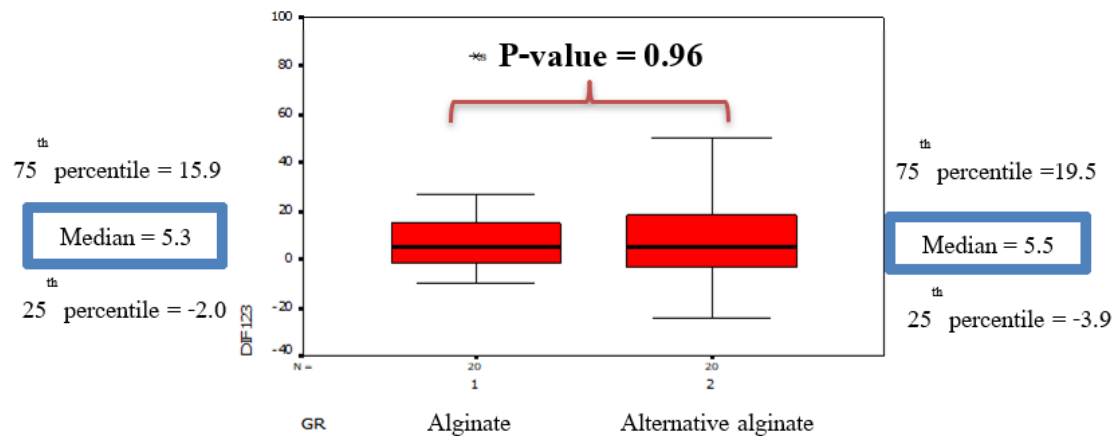
ผล

จากการวิจัยพบว่าพื้นที่หน้าตัดของฟองอากาศต่อชิ้นทดสอบในกลุ่มที่ฝึกด้วยอัลจินตก่อนการฝึกผสมมีค่าเฉลี่ยเป็น 26.3 ± 25.0 ตร.มม. และ พื้นที่หน้าตัดของฟองอากาศหลังการฝึกผสมมีค่าเฉลี่ยเป็น 16.8 ± 7.2 ตร.มม. ส่วนพื้นที่หน้าตัดของฟองอากาศต่อชิ้นทดสอบในกลุ่มที่ฝึกด้วยอัลจินตเทียมก่อนการฝึกผสมมีค่าเฉลี่ยเป็น 29.2 ± 19.1 ตร.มม. และพื้นที่หน้าตัดของฟองอากาศหลังการฝึกผสมมีค่าเฉลี่ยเป็น 20.5 ± 9.4 ตร.มม. โดยมีค่าเฉลี่ยของผลต่างก่อนและหลังการฝึกผสมในกลุ่มที่ฝึกด้วยอัลจินต (9.5 ± 4.6 ตร.มม.) มากกว่าค่าเฉลี่ยของผลต่างก่อนและหลังการฝึกผสมในกลุ่มที่ฝึกด้วยอัลจินตเทียม (8.6 ± 4.1 ตร.มม.) (ตารางที่ 1) เมื่อเปรียบเทียบค่ามัธยฐานพบว่า ค่ามัธยฐานของผลต่างในกลุ่มอัลจินตมีค่าเท่ากับ 5.3 ซึ่งน้อยกว่าในกลุ่มอัลจินตเทียมที่มีค่ามัธยฐานเท่ากับ 5.5 เล็กน้อย (ตารางที่ 1 และรูปที่ 3) และเมื่อทดสอบทางสถิติด้วยแมนวิทนี ยูเทสท์ พบว่ากลุ่มอัลจินตกับกลุ่มอัลจินตเทียมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.96$) ส่วนเมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ฟองอากาศพบว่ากลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินตมีค่ามัธยฐาน (ร้อยละ 27.6) น้อยกว่ากลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินตเทียมเล็กน้อย (ร้อยละ 28.8) แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.83$)

ตารางที่ 1 ผลรวมพื้นที่ฟองอากาศ (ตารางมิลลิเมตร) ในเนื้ออัลจินตของชิ้นทดสอบในกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินตและอัลจินตเทียม

Table 1 Total area of air bubbles (mm²) in alginate samples in alginate practicing group and artificial alginate practicing group

		Alginate group	Artificial alginate group	p-value
Before practice	Mean $\pm$ SD	26.3 $\pm$ 25.0	29.2 $\pm$ 19.1	0.57
	Median (Min-Max)	17.5 (5.6-125.1)	22.1 (7.3-68.8)	
After Practice	Mean $\pm$ SD	16.8 $\pm$ 7.2	20.5 $\pm$ 9.4	0.25
	Median (Min-Max)	14.6 (8.9-41.1)	18.3 (9.3-39.1)	
Difference between before and after practice	Mean $\pm$ SD	9.5 $\pm$ 4.6	8.6 $\pm$ 4.1	0.96
	Median (Min-Max)	5.3 (-10.0-83.9)	5.5 (-24.2-50.4)	
Percentage of change	Mean $\pm$ SD	11.4 $\pm$ 57.1	3.5 $\pm$ 71.1	0.83
	Median (Min-Max)	27.6 (-149.7-67.1)	28.8 (-204.4-73.3)	



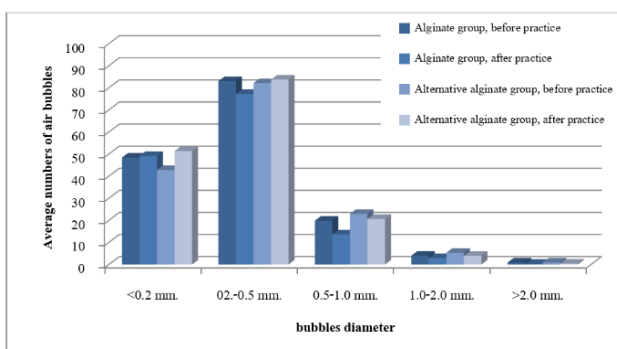
รูปที่ 3 แผนภาพกล่องแสดงค่ามัธยฐาน เปอร์เซ็นไทล์ที่ 25 และเปอร์เซ็นไทล์ที่ 75 ของผลต่างของพื้นที่ฟองอากาศก่อนและหลังฝึกผสมในกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินเต และกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินเตเทียม

Figure 3 Box plots demonstrating median, 25th percentile and 75th percentile of difference in air bubbles area before and after practice between alginate practicing group and artificial alginate practicing group

ตารางที่ 2 จำนวนฟองอากาศเฉลี่ยจำแนกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบนชั้นทดสอบอัลจินเตต่อชั้นทดสอบ

Table 2 Average numbers of air bubbles according to bubble diameter on surface of alginate samples

Group		Average number of air bubbles				
		<0.20 mm ²	0.2-0.5 mm ²	0.5-1.0 mm ²	1.0-2.0 mm ²	>2.0 mm ²
Alginate group	Before practice	48.4±25.4	83.0±27.2	19.8±15.8	4.0±4.1	0.9±2.2
	After practice	49.2±32.1	77.3±27.2	13.7±8.6	2.9±2.0	0.3±0.4
Artificial alginate group	Before practice	42.8±43.6	82.1±32.5	23.0±19.4	5.3±5.3	0.9±1
	After practice	51.4±38.8	83.7±24.1	20.6±18.5	3.9±3.1	0.4±0.8



รูปที่ 4 จำนวนฟองอากาศเฉลี่ยจำแนกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบนชั้นทดสอบอัลจินเต

Figure 4 Average numbers of air bubbles according to bubbles diameter of alginate sample

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าฟองอากาศส่วนใหญ่ที่พบในชั้นทดสอบมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.2 ถึง 0.5 มม. รองลงมาคือขนาดน้อยกว่า 0.2 มม. และขนาด 0.5 ถึง 1.0 มม. ตามลำดับ (รูปที่ 4)

บทวิจารณ์

การเกิดฟองอากาศในวัสดุพิมพ์ปากอัลจินเตมีผลต่อคุณภาพของรอยพิมพ์ ดังนั้นการวัดฟองอากาศที่เกิดขึ้นจากการผสมอัลจินเตจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ทดสอบคุณภาพของรอยพิมพ์ได้¹⁻³ ซึ่งการพัฒนาเทคนิคในการผสมเพื่อให้เกิดฟองอากาศน้อยลงจะทำให้วัสดุพิมพ์ปากอัลจินเตมีคุณภาพสูง เหมาะสำหรับพิมพ์ปากให้ได้รายละเอียดดีมากที่สุด แต่การฝึกด้วยอัลจินเตจนกระทั่งมีความชำนาญนั้นจะเป็นการสิ้นเปลือง⁴ ดังนั้นทางกลุ่มผู้วิจัยจึงพัฒนาสูตรอัลจินเตเทียมซึ่งได้จากการผสมดินเบา กับ แป้งข้าวเหนียว ในอัตราส่วนที่เหมาะสมและมีความหนืดใกล้เคียงกับอัลจินเตเพื่อนำมาใช้ในการวิจัยนี้ และจากการวิจัยทำให้กลุ่มตัวอย่างเกิดทักษะการเคลื่อนไหวในขั้นที่ 3 นั่นคือ การควบคุมการทำงานตามที่ต้องการ โดยการมองเห็นและประสาทสัมผัสช่วยให้สมองสามารถสั่งการให้กล้ามเนื้อทำงานเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวอย่างมีขั้นตอนต่อเนื่องโดยไม่ติดขัด⁴ จาก

ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินเตและกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินเตเทียมนั้นมีพื้นที่ฟองอากาศในชั้นทดสอบลดลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการฝึกผสมด้วยอัลจินเตและอัลจินเตเทียมก่อให้เกิดทักษะในการผสมวัสดุพิมพ์ปากได้เหมือนกัน นอกจากนี้คุณสมบัติของอัลจินเตเทียมที่ไม่แข็งตัวนั้น ทำให้สามารถฝึกผสมได้นานจึงเป็นการช่วยลดขยะที่เกิดจากการฝึกผสม เนื่องจากไม่ต้องผสมวัสดุใหม่หลายครั้ง นั่นหมายถึงการลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะที่ลดลงอีกด้วย

จากรูปที่ 5 ฟองอากาศในชั้นทดสอบอัลจินเตมีลักษณะที่เป็นรูปร่างกลมและรูปร่างไม่แน่นอน ซึ่งในการวัดพื้นที่ฟองอากาศนั้น ผู้วิจัยใช้สูตร

$$\text{พื้นที่วงกลม} = \pi r^2$$

$$\text{โดย } \pi = \frac{22}{7} \text{ และ } r(\text{รัศมี}) = \frac{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของฟองอากาศ}}{2}$$

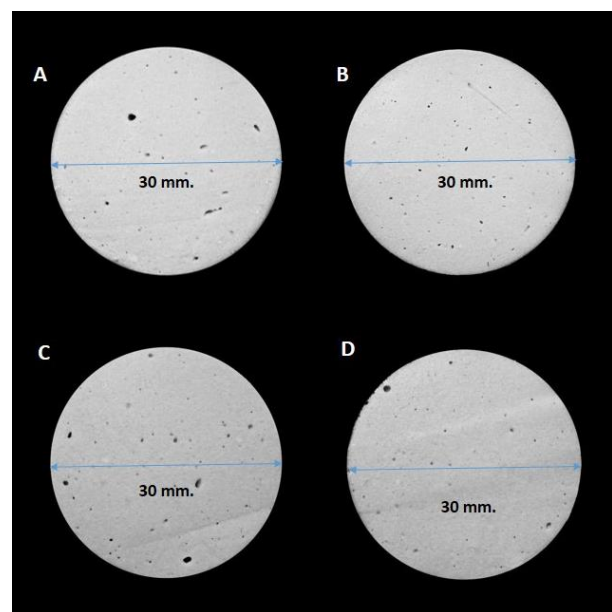
ผู้วิจัยจึงกำหนดขอบเขตที่กว้างที่สุดของฟองอากาศเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางฟอง ดังนั้นพื้นที่ของฟองอากาศที่คำนวณได้จะมากกว่าพื้นที่จริงแต่สามารถนำค่าที่วัดมาเปรียบเทียบกันได้ เนื่องจากทั้งสองกลุ่มมีลักษณะฟองเป็นรูปร่างไม่แน่นอนเช่นเดียวกัน

การทดสอบความหนืดของอัลจินเตเทียม ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามค่าคะแนนความหนืดของอัลจินเตเทียมโดยให้ผู้ช่วยทันตแพทย์ที่ปฏิบัติงานที่คลินิกของคณะทันตแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น จำนวน 30 คน ทดลองผสมอัลจินเตเทียมแล้วให้ค่าคะแนนในระดับ 1-5 โดยระดับ 1 หมายถึงมีความหนืดแตกต่างจากอัลจินเตอย่างสิ้นเชิง และระดับ 5 หมายถึงมีความหนืดเหมือนกับอัลจินเตมากที่สุด พบว่าได้ค่าคะแนนเฉลี่ยเป็น 3.97 ± 0.80 ซึ่งอยู่ในระดับความหนืดใกล้เคียงกับอัลจินเตมาก

เนื่องจากวัสดุพิมพ์ปากอัลจินเตนั้นเริ่มมีการแข็งตัวเมื่อเวลาผ่านไปหลังผสม 150 วินาที^{1,2,13} ทำให้ค่าความหนืดของวัสดุพิมพ์ปากอัลจินเตไม่คงที่ ไม่เหมาะกับการวัดด้วยเครื่องวัดความหนืด (Rotational Viscometer) ที่หมุนได้ช้า ซึ่งเครื่องวัดความหนืดนี้สามารถหมุนได้ความเร็วรอบที่ต่างกันจาก 0.3 ถึง 60 รอบต่อนาที แต่สำหรับวัสดุที่มีความหนืดมากเช่นอัลจินเตจำเป็นต้องใช้ความเร็วรอบในระดับต่ำสุด

คือ 0.3 รอบต่อนาที ทำให้ไม่สามารถวัดค่าความหนืดของวัสดุพิมพ์ปากอัลจินเตก่อนที่จะเริ่มแข็งตัวได้

ถึงแม้ว่าอัลจินเตเทียมจะมีความหนืดที่ใกล้เคียงกับอัลจินเต อีกทั้งไม่แข็งตัว ทำให้สามารถฝึกผสมได้นาน แต่มีข้อเสียคือผู้ผสมไม่ทราบความรู้สึกขณะผสมวัสดุพิมพ์ปากอัลจินเตที่มีการแข็งตัว ทำให้ขาดความมั่นใจเมื่อผสมวัสดุพิมพ์ปากอัลจินเต จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่แนะนำให้ใช้วัสดุที่ฝึกทักษะการผสมที่ไม่แข็งตัวเพื่อให้เกิดความชำนาญก่อน จากนั้นจึงฝึกผสมกับวัสดุพิมพ์ปากอัลจินเตเพื่อให้ผู้ผสมมีความมั่นใจเมื่อผสมกับวัสดุจริงที่สามารถแข็งตัวได้เพื่อให้เกิดทักษะการผสมวัสดุพิมพ์ปากที่ดี นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างยังได้ให้คำแนะนำว่าควรปรับสีและกลิ่นของอัลจินเตเทียมให้น่าใช้ยิ่งขึ้น



รูปที่ 5 ภาพถ่ายหน้าตัดของชั้นทดสอบอัลจินเตเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร (A) ชั้นทดสอบก่อนการฝึกผสมในกลุ่มที่ฝึกด้วยอัลจินเต (B) ชั้นทดสอบหลังการฝึกผสมในกลุ่มที่ฝึกด้วยอัลจินเต (C) ชั้นทดสอบก่อนการฝึกผสมในกลุ่มที่ฝึกด้วยอัลจินเตเทียม (D) ชั้นทดสอบหลังการฝึกผสมในกลุ่มที่ฝึกด้วยอัลจินเตเทียม

Figure 5 Cross-sectional surface of alginate samples (A) alginate group before practice (B) alginate group after practice (C) artificial alginate group before practice (D) artificial alginate group after practice

จากการเปรียบเทียบผลการวิจัยกับการวิจัยของ Arwatchanakan S (2014)² ดังตารางที่ 3 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ฟองอากาศในการทดลองนี้ซึ่งเป็นผลจากการผสมด้วยผู้ที่ไม่เคยผสมวัสดุพิมพ์ปากอัลจินเตมาก่อน พบว่า มีพื้นที่ฟองอากาศร้อยละ 2.37 ถึง 4.13 ของพื้นที่ขึ้นทดสอบ ในขณะที่การผสมด้วยมือโดยผู้ช่วยทันตแพทย์ที่มีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ในการผสมวัสดุพิมพ์ปากอัลจินเตมาอย่างน้อย 3 ปี พบว่ามีพื้นที่ฟองอากาศ ร้อยละ 0.99 ของพื้นที่ขึ้นทดสอบ ในขณะที่การผสมด้วยเครื่องผสมอัตโนมัติเชิงพาณิชย์มีพื้นที่ฟองอากาศร้อยละ 0.1 จะเห็นได้ว่าการผสมด้วยมือในผู้ที่ไม่เคยผสมอัลจินเตมาก่อนจะเกิดฟองอากาศมากที่สุดและจากตารางที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดฟองอากาศในงานวิจัยนี้ซึ่งเป็นผลจากการผสมของผู้ที่ไม่เคยฝึกมาก่อน พบว่ามีฟองอากาศขนาด 0.2 ถึง 0.5 มม. มากที่สุด ในขณะที่การผสมโดยผู้ช่วยทันตแพทย์พบฟองขนาดเล็กกว่า 0.2 มม. มากที่สุด ซึ่งหากมีการฝึกฝนมากยิ่งขึ้นจะทำให้เกิด

ฟองอากาศลดลง เป็นผลจากการพัฒนาทักษะดังเช่นในผู้ช่วยทันตแพทย์ที่มีความเชี่ยวชาญจนเกิดทักษะในขั้นที่ 4 นั่นคือทักษะในการทำงานได้แบบอัตโนมัติ และอาจพัฒนาได้ถึงขั้นที่ 5 ซึ่งเป็นทักษะที่นำไปประยุกต์ใช้กับงานหรือสถานการณ์อื่นได้⁴ ดังนั้นการเลือกใช้อัลจินเตเทียมจึงมีประโยชน์อย่างยิ่งในการฝึกผสมเพื่อพัฒนาทักษะในผู้ที่เริ่มฝึกดังเช่นกลุ่มตัวอย่างซึ่งมีทักษะอยู่ในขั้นที่ 3 ให้สามารถพัฒนาทักษะจนอยู่ในขั้นที่ 4 และ 5 ได้

เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบเพียงการฝึกผสมอัลจินเตและวัดฟองอากาศที่เกิดขึ้นในขึ้นทดสอบเท่านั้น แต่หากนำไปศึกษาต่อควรมีการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการฝึกผสมอัลจินเตทั้งในทั้งกลุ่มที่ฝึกด้วยอัลจินเตและอัลจินเตเทียมจนกระทั่งเกิดความชำนาญและสามารถนำไปใช้งานจริงในการผสมอัลจินเตในคลินิกได้

ตารางที่ 3 ร้อยละพื้นที่ผิวฟองอากาศทั้งหมดต่อพื้นที่ผิวของขึ้นทดสอบ

Table 3 Percentage of air bubbles surface area to the total surface area of specimens

Method	Alginate group		Artificial alginate group		Hand mixing by dental assistant	Commercial automixing
	Before practice	After practice	Before practice	After practice		
Mean±SD	3.7±0.8	2.4±0.2	4.1±0.6	2.9±0.3	1.0±0.2*	0.1±0.1*

* เป็นข้อมูลจากการศึกษาของ Arwatchanakan S (2014)²

ตารางที่ 4 ร้อยละของจำนวนฟองอากาศจำแนกตามขนาดของพื้นที่ผิวของวัสดุพิมพ์ปากอัลจินเต

Table 4 Percentage of air bubbles according to bubbles diameter of surface of alginate samples

Group		Percentage of air bubbles				
		<0.2 mm	0.2-0.5 mm	0.5-1.0 mm	1.0-2.0 mm	>2.0 mm
Alginate group	Before practice	31.0%	53.2%	12.7%	2.6%	0.6%
	After practice	34.3%	53.9%	9.5%	2.0%	0.2%
Artificial alginate group	Before practice	27.8%	53.3%	14.9%	3.5%	0.6%
	After practice	32.1%	52.3%	12.9%	2.4%	0.3%
Hand mixing by dental assistant		73.5%*	22.9%*	3.0%*	0.7%*	0%*
Commercial automixing		97.9%*	2.1%*	0%*	0.001%*	0%*

* เป็นข้อมูลจากการศึกษาของ Arwatchanakan S (2014)²

บทสรุป

กลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินเตเทียมสามารถผสมวัสดุพิมพ์ปากอัลจินเตหลังการฝึกได้โดยมีคุณภาพของการผสมที่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ฝึกผสมด้วยอัลจินเตปกติ เมื่อพิจารณาคุณภาพของการผสมจากการเกิดฟองที่ฟองอากาศ ดังนั้น การฝึกผสมด้วยอัลจินเตเทียมจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการช่วยพัฒนาทักษะของนักศึกษาทันตแพทย์ในการฝึกผสมอัลจินเต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และสำนักนวัตกรรมการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยขอนแก่น นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ทพญ.พัชฌ์กร วิบูลย์ปิ่น ที่ให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด และทพ.กิตติ รัตนกนกชัย ที่ให้คำแนะนำในการออกแบบการทดลองรวมถึงอุปกรณ์ในการทดลอง ขอขอบคุณคุณธรรณา พรหมสาขา ณ สกลนคร ที่ได้เอื้อเฟื้อตัวอย่างดินเบาเพื่อใช้ในการทดลอง และขอขอบคุณผู้ช่วยทันตแพทย์ที่ให้ความร่วมมือในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Arwatchanakan S, Rattanakonokchai K, Luengpailin S, Saikaew C, Sooksuntisakoonchai N. Effect of hand mixing and automatic machine mixing of alginate impression material of the existence of air bubbles and mechanical properties. *Khon Kaen Dent J* 2012;15(1):29-41.
- Arwatchanakan S, Wiboonpin T, Luengpailin S, Sooksuntisakoonchai N, Arwatchanagarn M, Hovichitr W. The existence of air bubbles and mechanical properties of alginate impression material mixed by hand mixing, automatic machine invented automatic machine prototype 1 and 2. *Khon Kaen Dent J* 2014;17(2):133-43.
- Powers JM, Wataha JC. *Dental Materials: Properties and Manipulation*. 10th ed. St.Louis: Mosby Elsevier; 2013. 172-85.
- Oermann MH, De Gagne JC, Phillips BC. *Teaching in Nursing and Role of the Educator*, 2nd ed.: The Complete Guide to Best Practice in Teaching, Evaluation, and Curriculum Development. Vol Second edition. New York, NY: Springer Publishing Company; 2018.47-74.
- Kaewkumnerd K. Production of diatomaceous earth filter media in industrial filtration: research report. Chiang Mai: Science and Technology Service Center, Faculty of Science Chiang Mai University; 1992.
- Atthaaroon C. Survey and research of Properties of Lampang diatomaceous earth for environmental work. Bangkok, Mineral Resources Analysis and Identification Division Department of Mineral Resources; 2001.24-9.
- Inoue K, Song YX, Fujii K, Kadokawa A, Kanie T. Consistency of alginate impression materials and their evaluation. *J Oral Rehabil* 1999;26(3):203-7.
- Guiraldo RD, Berger SB, Consani RL, Consani S, de Carvalho RV, Lopes MB, et al. Characterization of morphology and composition of inorganic fillers in dental alginates. *Biomed Res Int* 2014;24:1-6.
- Natrass C, Horwell CJ, Damby DE, Kermanizadeh A, Brown DM, Stone V. The global variability of diatomaceous earth toxicity: a physicochemical and *in vitro* investigation. *J Occup Med Toxicol* 2015;10:23-39.
- Prajummueng P, Leelawatcharamart W. Starch digestive enzymes. *J Acad Ser KKKU* 2003;11(4):28-31.
- Satang N, Srijessadaruk V, Nantachai K, Voraputhaporn W. Acetylation and Cross-link Modification of Waxy Rice Starch to be used as Thickening Agent. *KKU Res J* 2002;2(2):1-5.
- Reisbick MH, Garrett R, Smith DD. Some effects of device versus hand mixing of irreversible hydrocolloids. *J Prosthet Dent* 1982;47(1):92-4.
- American dental association. American Dental Association Specification No. 18 Alginate Impression Materials. United States: American Dental Association;1992.

ผู้รับผิดชอบบทความ

สุวดี เอื้ออริยโชติ

สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

โทรศัพท์ : 081 729 2552

โทรสาร : 043 202 862

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : asuwadee@kku.ac.th

A Comparison of Bubbles in Mixed Alginate Impression Materials between Alginate and Artificial Alginate Practicing Groups

Aerarunchot S* Anussornrajakit A** Ponsri S*** Lorsuwansiri P**** Pitiphat W*****

Abstract

A novel, inexpensive, material has been developed from diatomaceous earth and glutinous rice starch as an alternative to dental alginate to aid students in practice of alginate hand mixing. This study aimed to compare the performance of students who practiced with alginate to those practiced with artificial alginate in regards to air bubble formation on surface of alginate samples. Study participants included 40 first year dental students at the Faculty of Dentistry, Khon Kaen University who never practiced alginate mixing previously. All participants received information about alginate mixing via video instruction media. They were then randomly assigned into 2 groups with 20 participants each: alginate practicing group and artificial alginate practicing group. Surface air bubble formation in alginate samples was measured before and after practice for each participant. Differences between two groups were compared using Mann-Whitney U test, Shapiro-Wilk testing show non-normal distribution of data then non-parametric statistic was required to compare median instead. Mean of difference in group 1 is 5.3 mm² and interquartile range is -2.0 to 15.9 mm², Median of difference in group 2 is 5.5 mm² and interquartile range is -3.9 to 19.5 mm². Mann-Whitney U test show that median of difference in before and after practice of bubbles area on surface of alginate sample between group 1 and group 2 were no significant differences ($p=0.96$). The findings suggest that there is no difference in alginate mixing performance between students who practiced with alginate and those who practiced with artificial alginate.

Keywords: Alginate/ Artificial alginate/ Diatomaceous earth/ Bubble/ Mixing Skill

Corresponding Author

Suwadee Aerarunchot
Department of Prosthodontics,
Faculty of Dentistry, Khon Kaen University,
Amphur Muang, Khon Kaen.
Tel.: +66 81 729 2552
Fax.: +66 4 320 2862
Email: asuwadee@kku.ac.th

* Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Amphur Muang, Khon Kaen.

** Dental Department Kaedam Hospital, Kaedam, Mahasarakham

*** Dental Department, Det-Udom Royal Crown Prince Hospital, Amphur Det-Udom, Ubon Ratchathani.

**** Dental Department, Kumphawapi Hospital, Amphur Kumphawapi, Udonthani.

***** Department of Preventive dentistry, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Amphur Muang, Khon Kaen.

การเปรียบเทียบการรั่วซึมและคุณภาพของวัสดุอุดคลองรากฟันที่เหลืออยู่ภายหลังจากเตรียมคลองรากฟันสำหรับเดือยฟันระหว่างการอุดด้วยวิธีซิงเกิ้ลโคน ร่วมกับไบโอเซรามิกซิลเลอร์ และร่วมกับเอเอสพลัสที่ระดับต่างกัน

บัญชา สันคณารักษ์* เพ็ญพิชชา ขวัญจันทร์กัญ** ธนพัฒน์ ศาสตระรุจิ** พัทณี ชูวิระ*** ภูมิศักดิ์ เลาวกุล****

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการรั่วซึมของแบคทีเรียและคุณภาพของวัสดุอุดระหว่างการอุดคลองรากฟันซิงเกิ้ล โคน ร่วมกับไบโอเซรามิกซิลเลอร์และเอเอสพลัสภายหลังจากเตรียมคลองรากฟันสำหรับเดือยฟันที่เหลือระดับของวัสดุอุดคลองรากฟันต่างกัน ใช้ฟันกรามน้อยล่างที่มีคลองรากฟันที่ถูกถอน จำนวน 88 ซี่ แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 80 ซี่ กลุ่มควบคุมบวก 4 ซี่ และกลุ่มควบคุมลบ 4 ซี่ เตรียมคลองรากฟันให้มีขนาดเท่ากันด้วยเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนนิกเกิลไทเทเนียมระบบ Reciproc R40 ในกลุ่มทดลองแบ่งกลุ่มทดลองเป็น 2 กลุ่ม อุดคลองรากฟันด้วยวิธีซิงเกิ้ล โคนร่วมกับไบโอเซรามิกซิลเลอร์หรือเอเอสพลัส กลุ่มละ 40 ซี่ และเก็บในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน แบ่งตัวอย่างในแต่ละกลุ่มทดลองออกเป็น 4 กลุ่มย่อย ($n=10$) เตรียมคลองรากฟันสำหรับเดือยฟันให้เหลือระดับของวัสดุอุดคลองรากฟัน 1, 2, 3 และ 4 มิลลิเมตรจากปลายรากฟันตามลำดับ ประเมินการรั่วซึมด้วยแบคทีเรียเอนเทอโรคอคคัส ฟีคาลิสเป็นระยะเวลา 60 วัน จากนั้นตัดบริเวณ 1.5 มิลลิเมตรจากปลายรากฟัน และนำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอเพื่อคำนวณร้อยละพื้นที่ของช่องว่างต่อซิลเลอร์ ผลการศึกษาพบว่า ในคลองรากฟันที่เหลือระดับวัสดุอุดคลองรากฟัน 3 และ 4 มิลลิเมตรจากปลายรากฟัน กลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยไบโอเซรามิกซิลเลอร์ร่วมกับการรั่วซึมของแบคทีเรียเร็วกว่ากลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยเอเอสพลัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่ระดับวัสดุอุดคลองรากฟันที่เหลือ 1 และ 2 มิลลิเมตร จากปลายรากฟัน ไม่พบความแตกต่างของการรั่วซึมของแบคทีเรียระหว่างซิลเลอร์ทั้ง 2 ชนิด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพการอุดคลองรากฟันบริเวณปลายรากฟันที่ระดับต่าง ๆ กัน ไม่พบความแตกต่างกันระหว่างซิลเลอร์ทั้ง 2 ชนิด ดังนั้นระดับวัสดุอุดคลองรากฟันที่เหลือ 3 และ 4 มิลลิเมตรภายหลังจากเตรียมคลองรากฟัน สำหรับเดือยฟัน พบการรั่วซึมของแบคทีเรียในไบโอเซรามิกซิลเลอร์ได้เร็วกว่าเอเอสพลัส แต่คุณภาพการอุดคลองรากฟันบริเวณปลายรากฟันไม่แตกต่างกัน

คำใบ้: การรั่วซึมของแบคทีเรีย/ ช่องสำหรับเดือยฟัน/ วัสดุอุดคลองรากฟันที่เหลือ/ ไบโอเซรามิกซิลเลอร์

Received: Jan 09, 2021

Revised: Jul 22, 2021

Accepted: Aug 09, 2021

บทนำ

การบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคคลองรากฟันด้วยการครอบฟันในกรณีที่มีการสูญเสียเนื้อฟันไปมาก จำเป็นต้องอาศัยเดือยฟัน (Post) เพื่อเป็นที่ยึดของแกนฟัน¹ ความยาวของเดือยฟันส่งผลต่อความสำเร็จทางคลินิก² โดยความยาวที่เหมาะสมนั้นมีผู้เสนอไว้อย่างหลากหลายเช่น ความยาว 2/3 ของความยาวรากฟัน ความยาวครึ่งหนึ่งของความยาวรากในกระดูกเบ้าฟัน ความยาวเท่ากับตัวฟัน เป็นต้น ทั้งนี้จำเป็นต้องคงเหลือวัสดุอุดคลองรากฟันที่เพียงพอให้การผนึกปลายรากฟัน (Apical seal) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าควรมีระยะ

4-5 มิลลิเมตร^{3,4} ดังนั้นความยาวที่เหลือและความหนาแน่นของวัสดุอุดคลองรากฟันบริเวณปลายรากที่ไม่มากเพียงพออาจทำให้เกิดการติดเชื้อซ้ำ นำมาซึ่งความล้มเหลวของการรักษาคคลองรากฟันได้ อย่างไรก็ตามในกรณีที่มีรากสั้นหรือรากโค้งการบูรณะฟันด้วยการทำเดือยฟันนั้นมิใช่อุปสรรค โดยต้องคำนึงถึงความยาวของเดือยฟันที่สามารถทำได้ หากสั้นเกินไปจะส่งผลต่อการยึดติดหรืออาจทำให้เกิดอันตรายต่อรากฟัน⁶ บางครั้งเพื่อให้ได้ความยาวเดือยฟันที่เหมาะสม จำเป็นต้องเหลือวัสดุอุดปลายรากไว้น้อยกว่า 4 มิลลิเมตร ซึ่ง

* แผนกทันตกรรม โรงพยาบาลศรีสังวรสุโขทัย อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย

** ห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยทางทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

*** ภาควิชาทันตกรรมครอบฟันและชุมชน สาขาวิชาทันตกรรมทั่วไป คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

**** ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

จากการศึกษาพบว่ากรณีที่เหลือวัสดุอุดปลายราก 3 มิลลิเมตร จะพบการฉีกบริเวณปลายรากฟันที่ไม่แน่นอน ยิ่งเหลือวัสดุอุดปลายรากฟันน้อยเท่าใดยิ่งพบโอกาสที่จะเกิดการรั่วซึม (Leakage) ได้มากขึ้น⁷

ปัจจุบันวัสดุกลุ่มไบโอเซรามิก (Bioceramic) เป็นวัสดุกลุ่มใหม่ที่ได้รับการพัฒนามาใช้ในงานรักษาคคลองรากฟัน ซึ่งมีส่วนประกอบหลักเป็นแคลเซียมซิลิเกต (Calcium silicate) ได้ถูกนำมาใช้เป็นซีลเลอร์ (Sealer) ร่วมกับกัตตาเปอร์ชา (Gutta percha) จากการศึกษพบว่าซีลเลอร์ในกลุ่มนี้มีคุณสมบัติเข้ากันได้ทางชีวภาพกับเนื้อเยื่อ (Biocompatibility)⁸ สามารถออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive) โดยส่งเสริมการหายของเนื้อเยื่อรอบปลายราก⁹ ส่งเสริมการผนึกจากการสร้างชั้นอะพาไทต์ (Apatite) เชื่อมกับผนังคลองรากฟัน¹⁰ ผลึกในกลุ่มไบโอเซรามิกซีลเลอร์มีอยู่มากมาย ซึ่งอาจมีองค์ประกอบและรูปแบบที่แตกต่างกัน ไบโอรูทอาร์ชีเอส (BioRoot RCS; Septodont, Saint-maur-des-fosses, France) เป็นไบโอเซรามิกซีลเลอร์ชนิดผสมด้วยมือที่ได้รับความนิยมใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบพบว่าไบโอเซรามิกซีลเลอร์ชนิดผสมสำเร็จ (Premixed type) มีคุณสมบัติทางด้านกายภาพและชีวภาพเทียบเท่าหรือเหนือกว่าซีลเลอร์ชนิดดั้งเดิม¹¹ นอกจากนี้คุณสมบัติทางชีวภาพที่ดีแล้วไบโอเซรามิกซีลเลอร์ยังมีคุณสมบัติที่โดดเด่นเหนือกว่าซีลเลอร์ชนิดดั้งเดิม กล่าวคือไม่มีการหดตัว¹² จึงสามารถใช้ซีลเลอร์เป็นวัสดุอุดคลองรากฟันได้โดยไม่ต้องอาศัยเทคนิคการอุดคลองรากฟันที่ซับซ้อน รวมทั้งการใช้ความร้อนในการอุดคลองรากฟัน¹³ วิธีการอุดคลองรากฟันที่แนะนำให้ใช้ร่วมกับไบโอเซรามิกซีลเลอร์ทั่วไปคือ เทคนิคซิงเกิ้ลโคน (Single-cone technique) โดยใช้กัตตาเปอร์ชาที่มีขนาดเหมาะสม ทำหน้าที่เสมือนเครื่องมือผลักดันซีลเลอร์ให้แทรกซึมเข้าสู่ส่วนต่างๆ ของคลองรากฟัน¹⁴

เมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติของซีลเลอร์ที่ไม่หดตัว¹² และการฉีก¹⁵ จึงมีความเป็นไปได้ที่ไบโอเซรามิกซีลเลอร์จะมีคุณสมบัติการฉีกที่ดีกว่าซีลเลอร์ชนิดดั้งเดิมและสามารถป้องกันการรั่วซึมได้โดยที่เหลือวัสดุอุดปลายรากฟันน้อยกว่า 4 มิลลิเมตร

การศึกษาการรั่วซึมโดยใช้แบคทีเรียในการทดสอบช่วยในการจำลองสถานการณ์ทางคลินิกได้ใกล้เคียงกว่าการใช้สารอื่น ๆ แบคทีเรียที่ถูกนำมาใช้บ่อยในการศึกษาต่างๆ คือ เอ็นเทอโรคอคคัส ฟีคาลิส (*Enterococcus faecalis*)

เนื่องจากเป็นเชื้อประจำถิ่น พบร่วมกับแบคทีเรียชนิดอื่นเมื่อเกิดการติดเชื้อภายในช่องปาก และพบได้บ่อยในการติดเชื้อชนิดพยาธิภูมิภายในคลองรากฟัน¹⁶

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการรั่วซึมของแบคทีเรียและเปรียบเทียบคุณภาพของการอุดคลองรากฟันบริเวณปลายรากในคลองรากฟันที่อุดด้วยวิธีซิงเกิ้ลโคนร่วมกับไบโอเซรามิกซีลเลอร์และเอเอชพลัสหลังการเตรียมคลองรากฟันสำหรับเคียวฟันที่เหลือระดับของวัสดุอุดคลองรากฟันที่ 1 2 3 และ 4 มิลลิเมตรจากปลายรากฟัน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

1. การทดสอบการรั่วซึมด้วยแบคทีเรีย

งานวิจัยนี้ผ่านการรับรองการศึกษาวิจัยในมนุษย์จากสำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เลขที่ 49/2562

การเตรียมตัวอย่าง

ฟันกรามน้อยล่างที่ถูกถอนจำนวน 88 ซี่ โดยเลือกฟันที่ไม่มีรอยผุ รอยแตก รอยร้าว รากตรงหรือโค้งเล็กน้อยตามเกณฑ์วัดความโค้งของ Schneider¹⁷ รากเดี่ยวมีกายภาพคลองรากฟันแบบ Vertucci¹⁸ ชนิดที่ 1 มีการสร้างรากสมบูรณ์ ฟันทุกซี่จะถูกถ่ายภาพรังสีโดยเครื่องเอกซเรย์ในช่องปากทั้งแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง และแนวแก้ม-ลิ้น เพื่อประเมินลักษณะทางกายวิภาคและขนาดของคลองรากฟัน ทำการเลือกฟันที่มีขนาดรากฟันและคลองรากฟันใกล้เคียงกันฟันที่คลองรากตัน หรือรูเปิดปลายรากใหญ่กว่าไฟล์ขนาด 30 จะถูกคัดออก

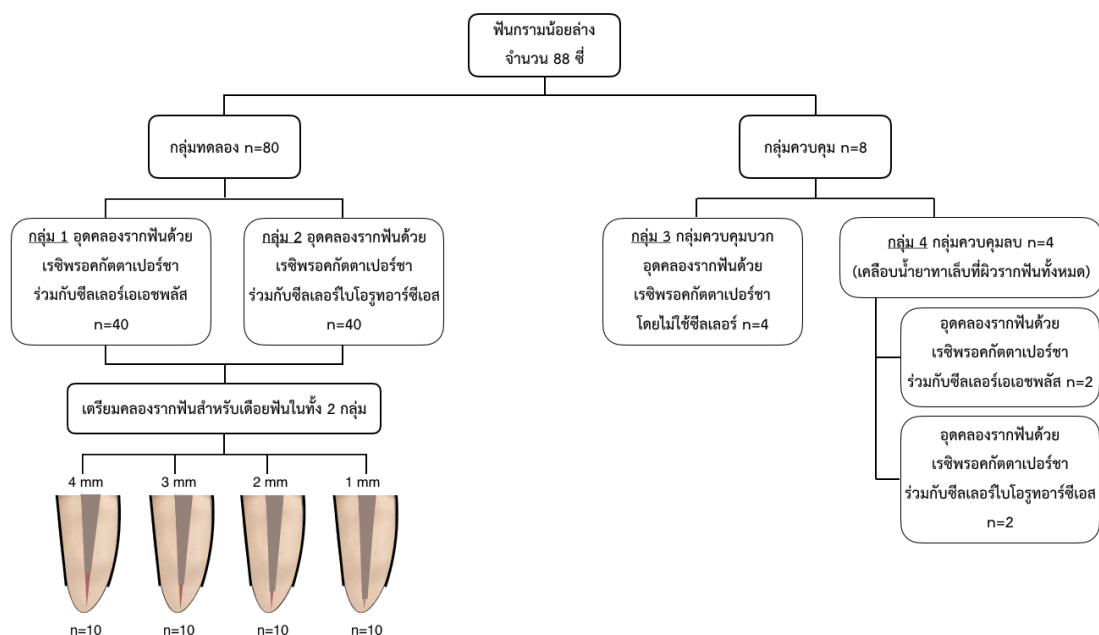
ทำการตัดส่วนตัวฟันให้ได้ความยาวรากฟัน 11 มิลลิเมตร วัดจากบริเวณแนวตัดถึงปลายรากฟัน หาความยาวในการรักษาคคลองรากฟัน (Working length) โดยใช้ตะไบชนิดเค (K-file; DentsplyMaillefer, Ballaigues, Switzerland) ขนาด 10 ใส่ลงในคลองรากฟันจนผ่านออกจากรูเปิดปลายรากฟัน นำค่าความยาวที่ได้ลบออก 1 มิลลิเมตร บันทึกเป็นความยาวคลองรากฟัน จากนั้นขยายคลองรากฟันด้วยเครื่องมือหมุนเชิงกลชนิดเกลียวทวนแบบเรซิพรอค (Reciproc; VDW, Munich, Germany) ขนาด R40 ร่วมกับการล้างคลองรากฟันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Sodium hypochlorite) ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 กำจัดชั้นเคลือบไขมันโดยการล้างด้วยกรดเอทิลีนไดอามีนเตตราอะซีติก ความเข้มข้นร้อยละ 17 (Ethylenediaminetetraacetic acid) ปริมาณ 3 มิลลิตรเป็นเวลา 1 นาที ตามด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาณ

5 มิลลิลิตรเป็นเวลา 1 นาที และล้างครั้งสุดท้ายด้วยโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้นร้อยละ 5 (Sodium thiosulfate) ปริมาณ 5 มิลลิลิตรเป็นเวลา 1 นาทีเพื่อกำจัดฤทธิ์ของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่ตกค้าง¹⁹ ซับคลองรากฟันให้แห้งด้วยกระดาษซับรูปกรวยแหลม (Absorbent paper point) แบ่งฟัน 88 ซี่ ออกเป็นกลุ่มทดลองต่าง ๆ (ดังแสดงรูปที่ 1) ทำการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคซิงเกิลโคน (Single-cone technique) ด้วยเรซีพรอกกัตตาเปอร์ชา (Reciproc gutta-percha; VDW, Munich, Germany) ขนาด R40 ร่วมกับซีลเลอร์ โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 2 กลุ่มเท่า ๆ กัน กลุ่มที่ 1 อุดคลองรากฟันด้วยเอเอชพลัส (AHPlus; Dentsply Maillefer) และกลุ่มที่ 2 อุดด้วยไบโอรูทอาร์ชีเอส (BioRoot RCS; Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, France) ผสมซีลเลอร์ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตนำซีลเลอร์เข้าสู่คลองรากฟันโดยใช้เลนทูลสปิริล (Lentulo spiral) และเคลือบแท่งเรซีพรอกกัตตาเปอร์ชาด้วยซีลเลอร์ให้ทั่วก่อนอุดในคลองรากฟัน ตัดกัตตาเปอร์ชาส่วนเกินจากคลองรากฟันออกด้วยความร้อน โดยขั้นตอนการอุดทำภายใต้หลักการปลอดเชื้อ (Aseptic technique) กลุ่มที่ 3 กลุ่มควบคุมบวก อุดคลองรากฟันด้วยเรซีพรอกกัตตาเปอร์ชาโดยไม่ใช้ซีลเลอร์ จากนั้นทำการเคลือบผิวรากฟันด้วยน้ำยาทาเล็บ (Revlon; New York, NY, USA) ในกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มควบคุมบวก โดยเคลือบบริเวณปลายรากฟัน

3 มิลลิเมตร ส่วนกลุ่มที่ 4 กลุ่มควบคุมลบ อุดคลองรากฟันด้วยเรซีพรอกกัตตาเปอร์ชาพร้อมกับซีลเลอร์เอเอชพลัสหรือไบโอรูทอาร์ชีเอส โดยเคลือบผิวรากฟันทั้งหมดด้วยน้ำยาทาเล็บ ทำการถ่ายภาพรังสีในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง และแก้ม-ลิ้น เพื่อประเมินคุณภาพของการอุดคลองรากฟัน เก็บฟันไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และความชื้นร้อยละ 100 เป็นเวลา 7 วัน ในตู้บ่มเพาะเลี้ยงเชื้อ (Incubator) รุ่น Memmert BE-400 (Mempert; Schwabach, Germany) เพื่อให้ซีลเลอร์เกิดการแข็งตัวเต็มที่ก่อนกรอเตรียมคลองรากฟัน

การกรอเตรียมคลองรากฟันสำหรับเคียวฟัน

แบ่งฟันในกลุ่มที่ 1 และ 2 ออกเป็นกลุ่มย่อย 4 กลุ่ม (n=10) ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่ายจากนั้นเตรียมคลองรากฟันโดยใช้เครื่องตัดกัตตาเปอร์ชาด้วยความร้อน (Beefill 2 in 1; VDW) ตัดกัตตาเปอร์ชาให้เหลือความยาวของวัสดุอุดคลองรากฟันแต่ละกลุ่มย่อยเท่ากับ 1, 2, 3 และ 4 มิลลิเมตรจากนั้นใช้พีโซรีเมอร์ (Pesso reamer) ขนาด 1 ร่วมกับหัวกรอซ้ำกำจัดกัตตาเปอร์ชาที่เหลือที่ผนังคลองราก และใช้เอ็นโดคอนดิกพลักเกอร์ (Endodontic plugger) กดอัดวัสดุอุดคลองรากฟันให้แน่นทำการถ่ายภาพรังสีเพื่อยืนยันความยาวของวัสดุอุดทั้งในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง และแนวแก้ม-ลิ้นโดยเทียบกับแถบวัดความยาวมาตรฐานร่วมกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์



รูปที่ 1 แสดงกลุ่มการทดลองและการเตรียมคลองรากฟันสำหรับเคียวฟัน

Figure 1 Experimental procedure diagram

การเตรียมโมเดลวัดการรั่วซึมโดยใช้แบคทีเรีย

เตรียมโมเดลวัดการรั่วซึม (ดังแสดงรูปที่ 2) ทำการเพาะเลี้ยงเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัส ฟีคาลิส สายพันธุ์ DMST 4736 (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี) ในอาหารเลี้ยงเชื้อเบร็นฮาร์ทอนฟิวชั่นบรอต (Brain heart infusion broth; Himedia, Mumbai, India) ในตู้บ่มเพาะเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเพาะในจานเพาะเลี้ยงที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อเบร็นฮาร์ทอนฟิวชั่นแบบวุ้น (Brain heart infusion agar; Himedia, Mumbai, India) เพื่อคงสภาพเชื้อไว้ใช้ตลอดการทดลอง

นำโคโลนีของเอ็นเทอโรคอคคัส ฟีคาลิสใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเบร็นฮาร์ทอนฟิวชั่นบรอตปริมาณ 3 มิลลิลิตร เพาะในตู้บ่มเพาะเลี้ยงเชื้อ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาปรับความขุ่นเริ่มต้นของเชื้อในหลอดทดลองให้มีค่าการดูดกลืนแสง 0.5 เท่าของสารละลายมาตรฐานแมคฟาร์แลนด์ (McFarland standard) ใส่เชื้อปริมาณ 500 ไมโครลิตรลงในส่วนบนของโมเดล ปิดที่ครอบ นำโมเดลทั้งหมดเก็บในตู้บ่มเพาะเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาทดลอง

ทำการเปลี่ยนเอ็นเทอโรคอคคัส ฟีคาลิสใหม่ทุก ๆ 3 วัน เพื่อคงความมีชีวิตของเชื้อ โดยเตรียมเชื้อใหม่ดังวิธีที่กล่าวไปข้างต้น ประเมินการรั่วซึมของเชื้อทุกวันเป็นระยะเวลา 60 วันโดยสังเกตจากความขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อบริเวณส่วนล่างของโมเดล จากนั้นนำอาหารเลี้ยงเชื้อที่ขุ่นมาย้อมแกรม (Gram stain) เพาะในจานเพาะเลี้ยงตรวจลักษณะโคโลนีเพื่อยืนยันการรั่วจากเอ็นเทอโรคอคคัส ฟีคาลิส

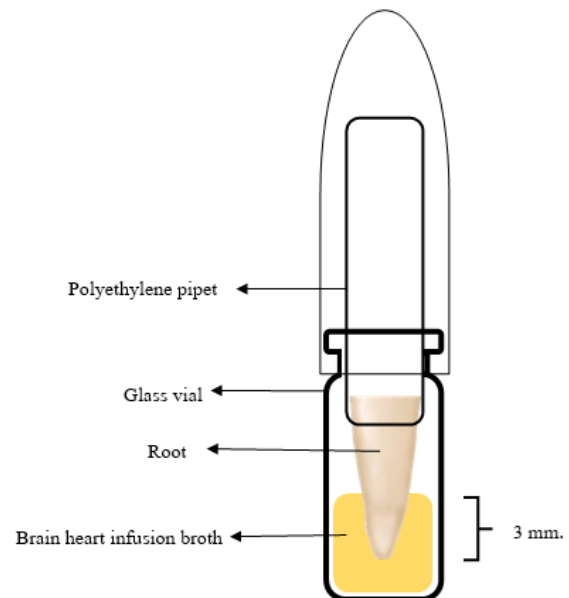
การเก็บข้อมูลทำโดยบันทึกระยะเวลาตั้งแต่เริ่มทดลองถึงวันที่พบการขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อ (หน่วยเป็นวัน) ของแต่ละโมเดล และวิเคราะห์ระยะปลอดเหตุการณ์ (Survival analysis) เปรียบเทียบกลุ่มทดลองทั้ง 8 กลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์อัตราอยู่รอดของ แคปแลน ไมเออร์ (Kaplan-Meier survival plot) ด้วยสถิติเบรสโลว์ (Breslow) กำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ เอสพีเอสเอส รุ่น 22 (SPSS version 22.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA)

2. การตรวจรอยรั่วหรือช่องว่างบริเวณวัสดุอุดคลองรากฟันโดยใช้กล้องจุลทรรศน์

ภายหลังการทดลองวัดการรั่วซึม ทำการตรวจสอบผิวรากฟันอีกครั้ง หากพบรอยรั่วหรือรอยแตกให้หน้าฟันชั้นนั้น

ออกจากการทดลอง นำฟันในแต่ละกลุ่มทดลอง (ยกเว้นกลุ่มควบคุม) มาทำการตัดฟันในแนวตั้งฉากกับแนวแกนฟันที่บริเวณ 1.5 มิลลิเมตรจากปลายรากฟัน โดยเครื่องตัดชิ้นงาน (Isomet 1000 Buehler Ltda., Lake Bluff, IL, USA)

นำฟันที่ตัดแล้วมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Olympus รุ่น SZX7 America Inc, Melville, NY, USA) ที่ความละเอียด 56 เท่า และคำนวณพื้นที่ของช่องว่างต่อพื้นที่ซีลเลอร์ (หน่วยเป็นร้อยละ) ด้วยโปรแกรม อิมเมจเจ (ImageJ: National Institute of Health, Bethesda, MD, USA) โดยใช้สถิติแมนวิทนียูเทส (Mann-Whitney U test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจากการทดสอบโคลโมโกรอฟสมิรโนฟ (Kolmogorov-Smirnov test) แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการกระจายแบบไม่ปกติ



รูปที่ 2 โมเดลวัดการรั่วซึมโดยใช้แบคทีเรีย

Figure 2 Bacterial leakage model

ผล

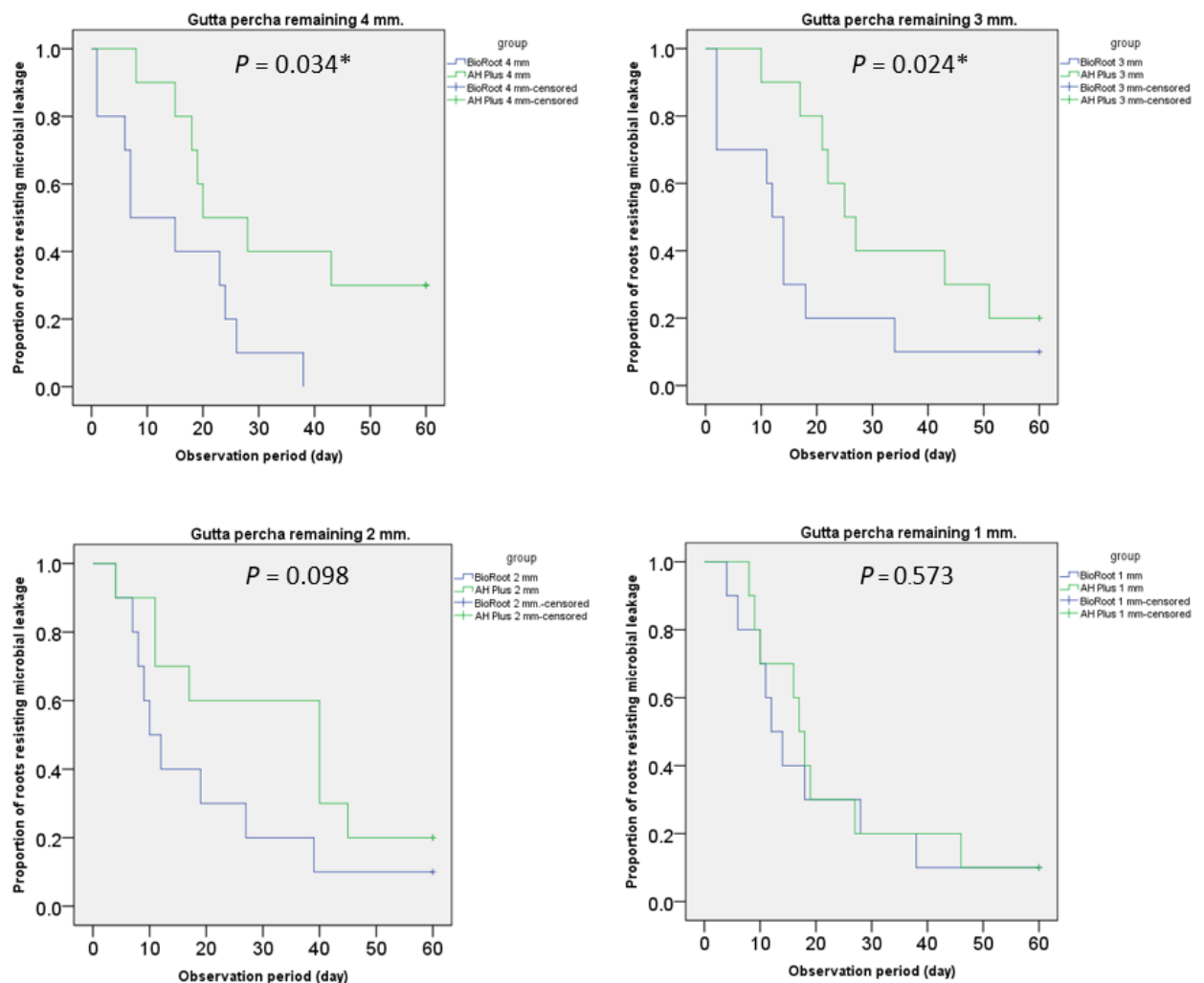
1. การทดสอบการรั่วซึมด้วยแบคทีเรีย

ในกลุ่มควบคุมบวกตรวจพบการขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อภายใน 1 วัน ส่วนกลุ่มควบคุมลบไม่พบการรั่วซึมตลอดระยะเวลาในการทดลอง ผลการทดสอบการรั่วซึมด้วยแบคทีเรีย (ดังแสดงตารางที่ 1) และผลการวิเคราะห์อัตราอยู่รอดของ แคปแลน ไมเออร์ (ดังแสดงรูปที่ 3)

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนซี่ฟันและร้อยละของการรั่วซึมของรากฟันในแต่ละกลุ่มภายหลังการแปะเป็นอนเอ็นเทอโรคอคคัส ฟิคาลิส เป็นเวลา 60 วัน

Table 1 Numbers of teeth and percentages of bacterial leakage of root canal filled in each experimental group after exposure to *Enterococcus Faecalis* for 60 days

ความยาวของวัสดุอุดคลองรากฟัน (มิลลิเมตร)	ชนิดของซีเมนต์	จำนวน (ซี่)	จำนวนที่ไม่พบการรั่วซึม (ซี่)	จำนวนที่พบการรั่วซึม (ซี่)	ค่ามัธยฐานของระยะเวลาที่พบการรั่วซึม (วัน)	ช่วงเวลาที่พบการรั่วซึม (วัน)
4	BioRoot RCS	10	0 (0%)	10 (100%)	11	1 – 38
	AH Plus	10	3 (30%)	7 (70%)	24	8 – 60
3	BioRoot RCS	10	1 (10%)	9 (90%)	13	2 – 60
	AH Plus	10	2 (20%)	8 (80%)	26	10 – 60
2	BioRoot RCS	10	1 (10%)	9 (90%)	11	4 – 60
	AH Plus	10	2 (20%)	8 (80%)	40	4 – 60
1	BioRoot RCS	10	1 (10%)	9 (90%)	13	4 – 60
	AH Plus	10	1 (10%)	9 (90%)	17.50	8 – 60



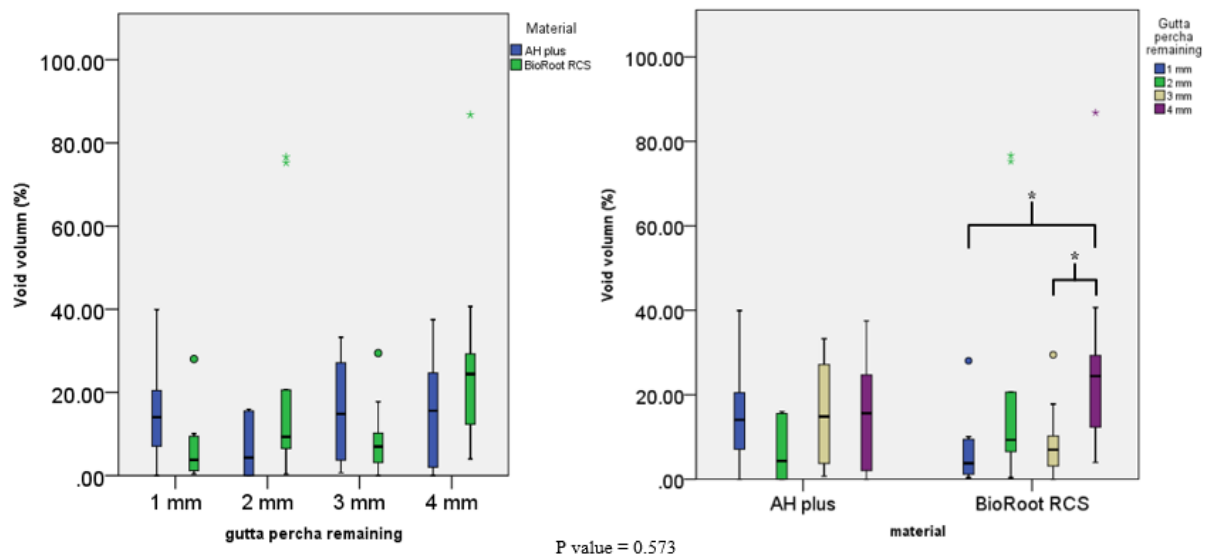
รูปที่ 3 การวิเคราะห์อัตราอยู่รอดของ แคลเลน ไมเออร์ เทียบกลุ่มทดลองที่เหลือระดับความยาวของวัสดุอุดคลองรากฟัน 1, 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร และค่า P value (* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ)

Figure 3 Kaplan-Meier survival plot of experimental groups at the remaining root canal filling 1, 2, 3, 4 millimeters and P value (* = statistically significant difference)

ผลการทดสอบการรั่วซึมด้วยแบคทีเรียพบว่ากลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยไบโอรูทอาร์ชีเอสที่เหลือความยาวของวัสดุอุดคลองรากฟัน 4 มิลลิเมตร มีการรั่วซึมมากที่สุด (ร้อยละ 100) ในขณะที่กลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยเอเอชพลัสที่เหลือความยาวของวัสดุอุดคลองรากฟัน 4 มิลลิเมตร มีการรั่วซึมน้อยที่สุด (ร้อยละ 70)

จากผลการวิเคราะห์อัตราอุดรุดแคปแลน ไมเออร์ พบการรั่วซึมในทุกกลุ่มทดลองในช่วงระยะเวลา 60 วัน โดย

กลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยไบโอรูทอาร์ชีเอส เกิดการรั่วซึมเร็วกว่ากลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยเอเอชพลัสซึ่งเล็กร้อยละมีนัยสำคัญ เมื่อวัสดุอุดคลองรากฟันเหลือความยาว 3 และ 4 มิลลิเมตร ($P < 0.05$) ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง 2 กลุ่ม เมื่อวัสดุอุดคลองรากฟันเหลือความยาว 1 และ 2 มิลลิเมตร ($P > 0.05$) (ดังแสดงรูปที่ 4)



รูปที่ 4 แผนภูมิกล่องและวิสกอร์ (ซ้าย) เปรียบเทียบร้อยละของช่องว่างระหว่างไบโอรูทอาร์ชีเอสกับเอเอชพลัส ที่เหลือความยาวของวัสดุอุดคลองรากฟันในระดับต่าง ๆ (ขวา) เปรียบเทียบร้อยละของช่องว่างบริเวณวัสดุอุดคลองรากฟันที่เหลือความยาวของวัสดุอุดคลองรากฟันในระดับต่าง ๆ ตามชนิดซีลเลอร์ (* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P < 0.05$)

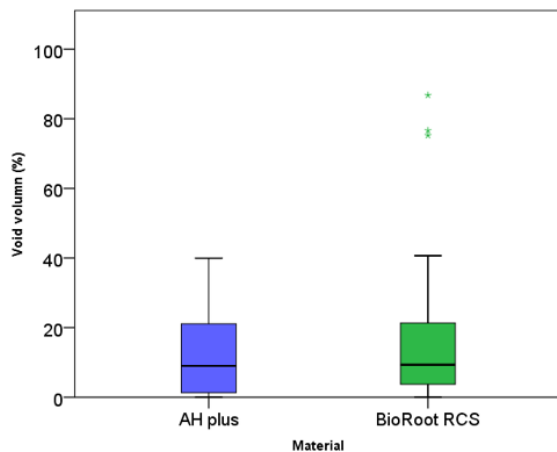
Figure 4 Box-and-Whisker plots of (left) void volume between BioRoot RCS and AH Plus at difference gutta percha remaining (right) void volume between difference gutta percha remaining in each sealer. (* = statistically significant difference $P < 0.05$)

2. การตรวจรอยรั่วหรือช่องว่างบริเวณวัสดุอุดคลองรากฟันโดยใช้กล้องจุลทรรศน์

ผลการตรวจรอยรั่วหรือช่องว่างบริเวณวัสดุอุดคลองรากฟันโดยใช้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (ดังแสดงรูปที่ 4 และ 5) โดยเมื่อเปรียบเทียบร้อยละของช่องว่างในวัสดุอุดคลองรากฟันระหว่างกลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยไบโอรูทอาร์ชีเอสกับกลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยเอเอชพลัสที่เหลือความยาวของวัสดุอุดคลองรากฟันที่ระดับต่าง ๆ กัน พบความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในขณะที่ในกลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยไบโอรูทอาร์ชีเอสที่เหลือระดับความยาวของวัสดุอุดคลองรากฟัน 4 มิลลิเมตรพบว่ามีความยาวมากกว่าความยาวของวัสดุอุดที่เหลือความยาวของ

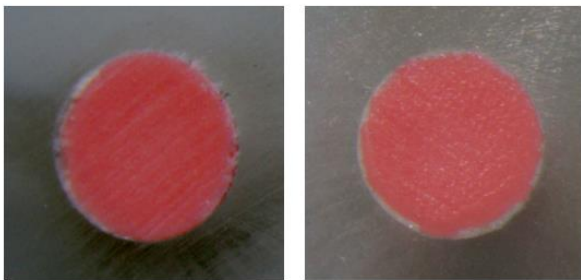
วัสดุอุดคลองรากฟัน 1 และ 3 มิลลิเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ภาพแสดงตัวอย่างภาพตัดขวางบริเวณปลายรากฟันที่ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (ดังแสดงรูปที่ 6)

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละช่องว่างบริเวณวัสดุอุดคลองรากฟันกับระยะเวลาที่พบการรั่วซึมของแบคทีเรียด้วยสถิติสหสัมพันธ์ (Correlation) (ดังแสดงรูปที่ 7) พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.027$) โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient: r) เท่ากับ -0.247 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงข้าม โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีค่าใกล้ 0 แสดงถึงการมีระดับความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ



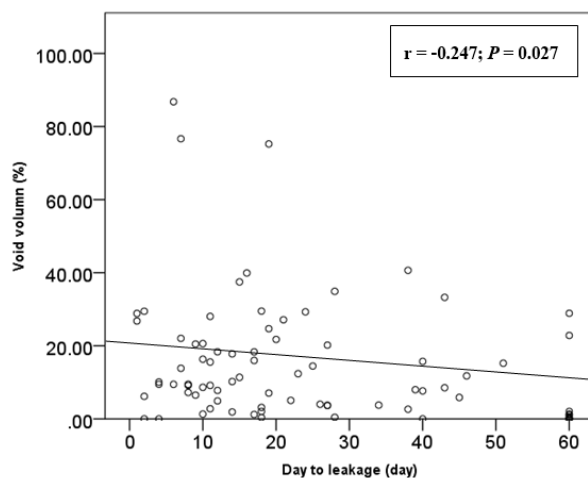
รูปที่ 5 แผนภูมิบ็อกซ์และวิสเกอร์ร้อยละช่องว่างบริเวณวัสดุอุดคลองรากฟันของซีลเลอร์แต่ละชนิด ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

Figure 5 Box-and-Whisker plots of void volume between sealers showed no statistically significant difference ($P>0.05$)



รูปที่ 6 ตัวอย่างรอยตัดขวางบริเวณปลายรากฟันที่ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่ความละเอียด 56 เท่า (ซ้าย) ไบโอรูทอาร์ชีเอส (ขวา) เอเอชพลัส

Figure 6 Apical cross-section of root samples under microscope at 56x magnification (left) BioRoot RCS (right) AH Plus



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ของร้อยละช่องว่างบริเวณวัสดุอุดคลองรากฟันกับระยะเวลาถึงวันที่พบการรั่วซึมของทุกกลุ่มทดลอง

Figure 7 Correlation between void volume and day to leakage of all experimental groups

บทวิจารณ์

การศึกษานี้ได้กำหนดการเลือกฟันที่มีขนาดรากฟันและคลองรากฟันใกล้เคียงกันจากภาพรังสีเพื่อลดความทางกายภาพระหว่างซี่ฟันซึ่งเป็นปัจจัยรบกวนหลักของการทดลอง²⁰ โดยเลือกคลองรากฟันที่มีขนาดเริ่มต้นแคบกว่าตะไบชนิดเค ขนาด 30 และขยายคลองรากด้วยเครื่องมือหมุนเชิงกลนิกเกิลไทเทเนียมระบบเรซิพรอคขนาด R40 เพื่อให้คลองรากส่วนปลายมีขนาดใกล้เคียงกันมากที่สุด อย่างไรก็ตามการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ในตัวอย่างที่ถูกตัดรากฟันไปแล้ว บางตัวอย่างยังพบลักษณะคลองรากฟันที่หลากหลาย เช่น คลองรากรูปรี ส่วนคอด (Isthmus) เป็นต้น

การศึกษานี้เป็นการวัดการรั่วซึมด้วยแบคทีเรียในห้องปฏิบัติการ โดยการวัดการรั่วซึมด้วยแบคทีเรียบอกได้เพียงว่าเกิดการรั่วซึม แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าการรั่วซึมเกิดมากหรือน้อยเพียงใด ซึ่งแตกต่างจากการรั่วซึมที่เกิดในทางคลินิก ซึ่งขึ้นกับหลายปัจจัย ได้แก่ ปริมาณและความรุนแรงของเชื้อ ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม และปัจจัยด้านผู้ป่วย²¹

การศึกษานี้พบว่าไม่มีกลุ่มทดลองใดที่สามารถป้องกันการปนเปื้อนได้ทั้งหมดในระยะเวลา 60 วัน โดยกลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยไบโอรูทอาร์ชีเอสเริ่มพบการรั่วซึมของแบคทีเรียตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 4 ส่วนกลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยเอเอชพลัสเริ่มพบการรั่วซึมของแบคทีเรียตั้งแต่วันที่ 4 ถึงวันที่ 10 ขณะที่การศึกษาของ Yampiset และคณะ²³ พบการรั่วซึมของแบคทีเรียเมื่ออุดคลองรากฟันด้วยซีลเลอร์ไบโอรูทอาร์ชีเอสหรือเอเอชพลัสโดยไม่มีการกรอเตรียมคลองรากฟันได้ตั้งแต่วันที่ 1 ซึ่งผลการศึกษานี้ต่างจากนั้นอาจเป็นเพราะการศึกษาข้างต้นไม่ได้มีการกรอเตรียมคลองรากฟันและความยาวของวัสดุอุดคลองรากฟันที่ต่างกัน ในขณะที่การศึกษานี้มีการเตรียมคลองรากฟันสำหรับเคียวฟันโดยใช้ความร้อน

เมื่อเปรียบเทียบการรั่วซึมในกลุ่มเดียวกันที่ระดับต่างกัน ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ระดับวัสดุอุดคลองรากฟันที่เหลื่อมต่างกัน ภายหลังการเตรียมคลองรากฟันสำหรับเคียวฟันในครั้งนี้พบการรั่วซึมของแบคทีเรียในกลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยไบโอรูทอาร์ชีเอสเร็วกว่ากลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยเอเอชพลัสซีลเลอร์อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อวัสดุอุดคลองรากฟันเหลือความยาว 3 และ 4 มิลลิเมตร ซึ่งต่างจากการศึกษาของ Reyhani และคณะ²⁴ พบว่าเอ็มทีเอฟฟิลลาเพกซ์ (MTA Fillapex;

Angelus, Londrina, Brazil) เป็นไบโอเซรามิกซิลิโคนชนิดหนึ่งให้ผลด้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียไม่แตกต่างกับเอเซพลาสเมื่อใช้เป็นวัสดุอุดคลองรากฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการใช้ซิลิโคนต่างผลิตภัณฑ์ เทคนิคการอุดคลองรากฟันที่ต่างกันและขั้นตอนการเตรียมคลองรากฟันที่เลือกระดับของวัสดุอุดคลองรากฟันที่มากกว่าคือ 5 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Reyhani และคณะ²⁴ พบว่าค่าเฉลี่ยระยะเวลาถึงวันที่พบการรั่วซึมของเอเซพลาสมากกว่าเอ็มทีเอฟิลาเพกซ์ แม้จะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับผลการศึกษาที่พบว่า เอเซพลาสมีแนวโน้มที่จะต้านทานต่อการรั่วซึมของแบคทีเรียได้ดีกว่าไบโอรูทอาร์ชีเอสและการศึกษาของ Siboni และคณะในปี 2017¹⁰ พบว่าไบโอรูทอาร์ชีเอสมีรูพรุนในวัสดุ (Porosity) การดูดซึมน้ำ (Water sorption) และการละลาย (Solubility) ตัวที่มากกว่าเอเซพลาสซิลิโคนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อผ่านไป 7 วัน ดังนั้นการรั่วซึมที่เร็วของแบคทีเรียในคลองรากฟันที่อุดด้วยไบโอรูทอาร์ชีเอสนั้นอาจสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพของวัสดุที่มีความชอบน้ำ (Hydrophilic) ทำให้เกิดการละลายตัว และรูพรุนในวัสดุได้¹⁰

คุณภาพการอุดคลองรากฟันบริเวณปลายรากอาจส่งผลต่อความสำเร็จในทางคลินิกได้ เนื่องจากการปิดผนึกที่ดีสามารถป้องกันการรั่วซึมทางด้านตัวฟันและปลายรากฟัน รวมทั้งปิดผนึกแบคทีเรียที่อาจหลงเหลืออยู่ภายในคลองรากฟัน ในการศึกษาที่พบว่าคุณภาพของการอุดคลองรากฟันบริเวณปลายรากในคลองรากฟันที่อุดด้วยวิธีซึ่งเกิดโคนร่วมกับไบโอเซรามิกซิลิโคน ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยเอเซพลาสซิลิโคน เช่นเดียวกับการศึกษาของ Yanpiset และคณะ ในปี 2018²³ ที่เปรียบเทียบโทเทิลฟิลลิปซี (Total Fill BC; FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) กับเอเซพลาสซิลิโคน โดยผลการศึกษาพบว่าช่องว่างและรอยรั่วเกิดขึ้นภายในซิลิโคนทั้งสองกลุ่ม อย่างไรก็ตามในการศึกษาที่พบว่ากลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยไบโอรูทอาร์ชีเอสที่เลือความยาวของวัสดุอุดคลองรากฟัน 4 มิลลิเมตร มีช่องว่างภายในวัสดุอุดคลองรากฟันมากกว่ากลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยเอเซพลาสซิลิโคนที่เลือความยาวของวัสดุอุดคลองรากฟันในระดับเดียวกัน ซึ่งสัมพันธ์กับการศึกษาของ Viapiana และคณะ ในปี 2016¹⁶ ที่พบว่าไบโอรูทอาร์ชีเอสมีช่องว่างเกิดขึ้นมากกว่าเอเซพลาสซิลิโคนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้การเกิดช่องว่างในไบโอรูทอาร์ชีเอสอาจเป็น

เพราะไบโอรูทอาร์ชีเอสสามารถเกิดกระบวนการไฮเดรชัน (Hydration process) อย่างต่อเนื่องภายหลังการแข็งตัวของวัสดุ จึงทำให้มีการปลดปล่อยแคลเซียมไอออน (Calcium ion) และ ไฮดรอกซิลไอออน (Hydroxyl ion) จากวัสดุออกมาและเกิดช่องว่างขึ้นซึ่งโดยปกติแล้วแคลเซียมไอออนจากไบโอรูทอาร์ชีเอสจะจับตัวรวมกับฟอสเฟตไอออน (Phosphate ion) เป็นแคลเซียมฟอสเฟตเพื่อปิดช่องว่าง เมื่อไบโอรูทอาร์ชีเอสสัมผัสกับสารละลายที่มีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายของเหลวในร่างกายมนุษย์ (Simulated body fluid) แต่ด้วยข้อจำกัดของการศึกษานี้ กระบวนการสร้างแคลเซียมฟอสเฟตจึงไม่เกิดขึ้น¹⁰ และการเกิดช่องว่างที่มากกว่าในกลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยไบโอรูทอาร์ชีเอสอาจสัมพันธ์กับการที่วัสดุมีระยะเวลาทำงาน (Working time) ที่สั้น และการไหลแผ่ (Flow) ของวัสดุที่น้อยกว่าเอเซพลาสซิลิโคน²⁵

นอกจากนี้ในกลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยไบโอรูทอาร์ชีเอสพบว่าเมื่อวัสดุอุดคลองรากฟันเหลือความยาว 4 มิลลิเมตร จะพบปริมาณช่องว่างมากกว่าความยาวระดับอื่น ๆ ซึ่งอาจเกิดจากการผสมซิลิโคนที่ใช้ส่วนผสมของเหลว และใช้มือผสม ที่อาจทำให้เกิดช่องว่างภายในซิลิโคนได้มาก²⁶ หากดูในแง่ความสัมพันธ์ระหว่างรอยละช่องว่างของวัสดุอุดคลองรากฟันกับระยะเวลาที่พบการรั่วซึม จากการศึกษาที่พบว่ามีความสัมพันธ์กัน โดยรอยละช่องว่างของวัสดุอุดคลองรากฟันที่มากจะเกิดการรั่วซึมของแบคทีเรียได้เร็ว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Viapiana และคณะ ในปี 2016¹⁵ ที่พบความสัมพันธ์ระหว่างช่องว่างในซิลิโคนกับการแทรกซึมของเหลว (Fluid filtration) จึงสามารถช่วยยืนยันให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของการอุดบริเวณปลายรากฟันกับการรั่วซึมของแบคทีเรียได้

ปัจจัยอื่น ๆ อาจส่งผลต่อการอุดคลองรากฟันด้วยไบโอเซรามิกซิลิโคน เช่น การล้างคลองรากฟัน ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาเพียงพอถึงผลของการล้างคลองรากฟันก่อนอุดคลองรากฟันด้วยไบโอเซรามิกซิลิโคน การศึกษาที่ผ่านมายืนยันว่าน้ำยาล้างคลองรากฟันต่างชนิดส่งผลต่อคุณสมบัติของซิลิโคน²⁷ รวมทั้งการใช้กัตาเปอร์ชาที่เคลือบด้วยสารไบโอเซรามิก อาจช่วยเพิ่มแรงยึดติดได้ แต่ยังคงมีการศึกษาไม่มากพอ จึงอาจเป็นไปได้ว่าการอุดคลองรากฟันด้วยไบโอเซรามิกซิลิโคนต้องอาศัยเทคนิคที่แตกต่างจากซิลิโคนปกติ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด จึงยังต้องการการศึกษาถึงแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการอุดคลองรากฟันด้วยซิลิโคนประเภทนี้ต่อไป

ด้วยองค์ความรู้และข้อจำกัดของการศึกษาในปัจจุบัน จากผลการศึกษานี้เมื่อวัดผลในระยะยาว (60 วัน) เอเซพลาสซิงค์ยังเป็นซีลเลอร์ที่ต้านทานการรั่วซึมจากแบคทีเรียได้ดีกว่าไบโอธอราซีเอสหลังการเตรียมคลองรากฟันสำหรับเคียวฟัน ซึ่งเหลือระดับของวัสดุอุดคลองรากฟัน 3 และ 4 มิลลิเมตร ในทางคลินิกเอเซพลาสซิงค์ยังเป็นซีลเลอร์มาตรฐานในการอุดคลองรากฟันทั่วไป กรณีที่จำเป็นต้องเหลือวัสดุอุดคลองรากฟันต่ำกว่า 4 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามไบโอเซรามิกซีลเลอร์มีคุณสมบัติทางชีวภาพที่ดี²⁸ สามารถช่วยกระตุ้นการซ่อมสร้างและส่งเสริมการหายของเนื้อเยื่อรอบปลายราก มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย²⁹ อีกทั้งยังมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพที่ดี³⁰ ดังนั้นประสิทธิภาพของการอุดคลองรากฟันด้วยไบโอเซรามิกซีลเลอร์ จึงยังต้องมีการศึกษาทางคลินิกต่อไป ทั้งนี้ในขั้นตอนการบูรณะฟันด้วยเคียวฟัน จึงควรที่จะลดการปนเปื้อนในการเตรียมคลองรากฟันให้มากที่สุด พิจารณาบูรณะปิดคลองรากฟันและตัวฟันเพื่อป้องกันการรั่วซึมจากตัวฟันให้เร็วที่สุด

บทสรุป

จากการศึกษานี้พบว่าวัสดุอุดคลองรากฟันที่เหลือภายหลังการเตรียมคลองรากฟันสำหรับเคียวฟันที่ระดับ 3-4 mm. ที่อุดด้วยไบโอเซรามิกซีลเลอร์ มีการรั่วซึมเร็วกว่าเอเซพลาสซิงค์ซีลเลอร์ ในขณะที่คุณภาพของการอุดไม่ต่างกันทุกระดับ

เอกสารอ้างอิง

- Goodacre CJ, Spolnik KJ. The prosthodontic management of endodontically treated teeth: a literature review. Part I. Success and failure data, treatment concepts. J Prosthodont 1994;3(4):243-50.
- Sorensen JA, Martinoff JT. Clinically significant factors in dowel design. J Prosthet Dent 1984;52(1):28-35.
- Goodacre CJ, Spolnik KJ. The prosthodontic management of endodontically treated teeth: a literature review. Part II. Maintaining the apical seal. J Prosthodont 1995;4(1):51-3.
- Goodacre CJ, Spolnik KJ. The prosthodontic management of endodontically treated teeth: a literature review. Part III. Tooth preparation considerations. J Prosthodont 1995;4(2):122-8.
- Saunders W, Saunders E. Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: a review. Dent Traumatol 1994;10(3):105-8.
- Fuss Z, Lustig J, Katz A, Tamse A. An evaluation of endodontically treated vertical root fractured teeth: impact of operative procedures. J Endod 2001;27(1):46-8.
- Metzger Z, Abramovitz R, Abramovitz I, Tagger M. Correlation between remaining length of root canal fillings after immediate post space preparation and coronal leakage. J Endod 2000;26(12):724-8.
- Rodriguez-Lozano FJ, Garcia-Bernal D, Onate-Sanchez RE, Ortolani-Seltenerich PS, Forner L, Moraleda JM. Evaluation of cytocompatibility of calcium silicate-based endodontic sealers and their effects on the biological responses of mesenchymal dental stem cells. Int Endod J 2017;50(1):67-76.
- Jung S, Sielker S, Hanisch MR, Libricht V, Schafer E, Dammaschke T. Cytotoxic effects of four different root canal sealers on human osteoblasts. PLoS One 2018;13(3):e0194467.
- Siboni F, Taddei P, Zamparini F, Prati C, Gandolfi M. Properties of Bioroot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate. Int Endod J 2017;50:e120-e36.
- Silva Almeida LH, Moraes RR, Morgental RD, Pappen FG. Are Premixed Calcium Silicate-based Endodontic Sealers Comparable to Conventional Materials? A Systematic Review of *In Vitro* Studies. J Endod 2017;43(4):527-35.
- Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. J Endod 2013;39(10):1281-6.
- Atmeh AR, AlShwaimi E. The effect of heating time and temperature on epoxy resin and calcium silicate-based endodontic sealers. J Endod 2017;43(12):2112-8.
- Simon S, Flouriot AC. BioRoot RCS a new biomaterial for root canal filling. International Dentistry African Edition [serial on the Internet] 2016 [cited 2019 June 26];6(2):[14-20 pp.]. Available from: http://www.modern.dentistrymedia.com/mar_april2016/simon.pdf.

15. Viapiana R, Moinzadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Tanomaru Filho M, Camilleri J. Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three *ex vivo* methods. *Int Endod J* 2016;49(8):774-82.
16. Verissimo DM, do Vale MS. Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. *J Oral Sci* 2006; 48(3):93-8.
17. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1971;32(2):271-5.
18. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984;58(5):589-99.
19. Corrêa ACP, Cecchin D, de Almeida JFA, de Almeida Gomes BPF, Zaia AA, Ferraz CCR. Sodium thiosulfate for recovery of bond strength to dentin treated with sodium hypochlorite. *J Endod* 2016;42(2):284-8.
20. De-Deus G. Research that matters-root canal filling and leakage studies. *Int Endod J* 2012;45(12):1063-4.
21. Ricucci D, Gröndahl K, Bergenholtz G. Periapical status of root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration or caries. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;90(3):354-9.
22. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. *In vitro* bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod* 1990;16(12):566-9.
23. Yanpiset K, Banomyong D, Chotvorarak K, Srisatjaluk RL. Bacterial leakage and micro-computed tomography evaluation in round-shaped canals obturated with bioceramic cone and sealer using matched single cone technique. *Restor Dent Endod* [serial on the Internet]. 2018 [cited 2019 June 25]; 43(3): [about 12 p.] Available from: <https://synapse.koreamed.org/DOIx.php?id=10.5395/rde.2018.43.e30>.
24. Reyhani M, Ghasemi N, Rahimi S, Milani A, Barhaghi M, Azadi A. Apical microleakage of AH Plus and MTA Fillapex sealers in association with immediate and delayed post space preparation: a bacterial leakage study. *Minerva Stomatol* 2015;64(3):129-34.
25. Camilleri J. Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. *J Endod* 2015;41(1):72-8.
26. Mitchell C, Douglas W. Comparison of the porosity of hand-mixed and capsulated glass-ionomer luting cements. *Biomaterials* 1997;18(16):1127-31.
27. Camilleri J. Will bioceramics be the future root canal filling materials? *Current Oral Health Reports* 2017; 4(3):228-38.
28. Camps J, Jeanneau C, El Ayachi I, Laurent P, About I. Bioactivity of a calcium silicate-based endodontic cement (BioRoot RCS): interactions with human periodontal ligament cells *in vitro*. *J Endod* 2015;41.
29. Long J, Kreft J, Camilleri J. Antimicrobial and ultrastructural properties of root canal filling materials exposed to bacterial challenge. *J Dent* 2020;93:103283.
30. Collado-Gonzalez M, Garcia-Bernal D, Onate-Sanchez RE, Ortolani-Seltenerich PS, Lozano A, Forner L, et al. Biocompatibility of three new calcium silicate-based endodontic sealers on human periodontal ligament stem cells. *Int Endod J* 2017;50(9):875-84.

ผู้รับผิดชอบบทความ

ภูมิศักดิ์ เลาวกุล

ภาควิชาทันตกรรมบูรณะ และปริทันตวิทยา
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

โทรศัพท์ 053 944 440

โทรสาร 053 222 844

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: dinon25@gmail.com

Comparison of Leakage and Quality of Root Canal Filled with Single Cone Technique with Either Bioceramic Sealer or AH Plus Sealer after Post Space Preparation in the Difference Length of Gutta Percha Remaining

Sinkhanarak B* Wanachantararak P** Sastraruiji T** Chuveera P*** Louwakul P****

Abstract

The aims of this study were to compare the bacterial leakage and to evaluate the obturation quality of root canals filled with single-cone technique using bio ceramic sealer and AH plus sealer after post space preparation with different remaining root canal fillings. Eighty-eight single-rooted mandibular premolars were equally prepared using rotary nickel–titanium files and divided into experimental groups (n=80) positive control group (n=4) and negative control group (n=4). In the experimental groups, all root canals were divided into 2 groups and obturated with single cone technique using either Bio Root RCS (n=40) or AH Plus sealer (n=40) and stored at 37°C for 7 days. The samples in each experimental group were divided into 4 subgroups (n=10) then prepared post space to the remaining apical root canal filling of 1, 2, 3 and 4 mm respectively. Bacterial leakage model using *Enterococcus faecalis* was employed for 60 days. Then, the apical obturation quality, at 1.5 mm apical root segments, was also evaluated by using a stereomicroscope. The results revealed that, with the remaining apical root canal fillings of 3 and 4 mm, Bio Root RCS group exhibited significantly premature bacterial leakage than AH Plus group ($P < 0.05$), whereas the remaining apical root canal fillings of 1 and 2 mm were no significantly difference between 2 sealers. When compared the quality of the apical root filling at different levels, there was no significant difference in void volume between 2 sealers. At the remaining root canal filling material of 3 and 4 mm after post space preparation, Bio root RCS exhibited faster bacterial leakage than AH plus, though the quality of the obturation was not different.

Keywords: Bacterial leakage/ Post space/ Remaining root canal filling/ Bioceramic sealer

Corresponding Author

Phumisak Laowakul

Department of Operative Dentistry and Periodontology,

Faculty of Dentistry, Chiangmai University,

Amphur Muang, Chiangmai

Tel.: +66 5 394 4440

Fax.: +66 5 322 2844

Email: dinon25@gmail.com

* Dental Department, Srisangworn Sukhothai Hospital, Amphur Si Samrong, Sukhothai.

** Research center, Faculty of Dentistry, Chiangmai University, Amphur Muang, Chiangmai.

*** Department of Family and Community Dentistry, Division of General Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiangmai University, Amphur Muang, Chiangmai.

**** Department of Operative Dentistry and Periodontology, Faculty of Dentistry, Chiangmai University, Amphur Muang, Chiangmai.

ความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอร์โคเนียกับเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแฟ้ได้ที่ยึดติดด้วยเรซินซีเมนต์ที่มีหมู่โมโนเมอร์ทำงานที่ต่างกัน

ปาริษฐ์ วัฒนศิริชัย* พิศัยสินธุ์ ชัยจริณท์** ณัฐวรรณ ปลื้มสำราญ** ธนพัฒน์ ศาสตร์ระรุจิ***

บทคัดย่อ

ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของเซอร์โคเนียภายหลังการยึดติดกับเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแฟ้ได้ที่ยึดติดด้วยเรซินซีเมนต์ที่มีหมู่โมโนเมอร์ทำงานที่ต่างกัน โดยนำแผ่นเซอร์โคเนียชนิดวางที่ซีฟตัดเป็นชิ้น ขนาด 7x7x1 มิลลิเมตร จำนวน 60 ชิ้น ใส่ในท่อพลาสติกทรงกระบอกหน้าตัดกลม และยึดด้วยวัสดุอีพอกซีเรซิน นำไปแช่น้ำลายเทียมเป็นเวลา 3 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาด แบ่งชิ้นทดสอบออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 12 ชิ้น ดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ยึดกับเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแฟ้ได้โดยตรง กลุ่มที่ 2 เป่าทรายด้วยอนุภาคอลูมินาขนาด 50 ไมครอน ที่ความดันบรรยากาศ 2 บาร์ นาน 20 วินาที แล้วยึดกับเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแฟ้ได้โดยตรง เตรียมแท่งเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแฟ้ได้ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร จำนวน 36 ชิ้น สำหรับกลุ่มที่ 3-5 กลุ่มละ 12 ชิ้น โดยกลุ่มที่ 3 เป่าทรายและยึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตด้วยพานาเวียร์เอฟ 2.0 กลุ่มที่ 4 เป่าทรายและยึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตโดยใช้เซรามิกไพรเมอร์ร่วมกับพานาเวียร์เอฟ 2.0 กลุ่มที่ 5 เป่าทรายและยึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตด้วยซูเปอร์บอนด์ซีแอนคัป ทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องทดสอบสากล ที่ความเร็วหัวกด 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบความแข็งแรงยึดเหนี่ยวโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและการทดสอบเอชเอสดีของคูเกิ พบว่าค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยมากที่สุดในกลุ่มที่ 5 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่ 3 และ 4 แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสรุปพบว่าเรซินซีเมนต์ที่มีหมู่โมโนเมอร์ทำงานที่ต่างกัน ไม่ส่งผลต่อค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของเซอร์โคเนียกับเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแฟ้ได้

คำิขรหัด: เซอร์โคเนีย/ โมโนเมอร์ทำงาน/ เรซินซีเมนต์/ เรซินคอมโพสิต

Received: April 07, 2020

Revised: March 06, 2021

Accepted: March 15, 2021

บทนำ

เซอร์โคเนียในทางทันตกรรม เป็นสารประกอบของธาตุเซอร์โคเนียม (Zirconium) และออกซิเจน (Oxygen) ได้เป็นเซอร์โคเนียไดออกไซด์ มีลักษณะเป็นโพลีคริสตัลไลน์เซรามิก (Polycrystalline ceramics) ที่มี 3 วัฏภาค คือ โมโนคลินิก (Monoclinic) เทตระโกนอล (Tetragonal) และคิวบิก (Cubic)^{1,2} เซอร์โคเนียมีความแข็งแรงเชิงกลสูง (High mechanical strength) มีความต้านทานการสึกกร่อนสูง (High wear resistance)^{1,2} รวมทั้งมีคุณสมบัติทางชีวภาพ (Biological property) ที่ดี คือมีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ (Biocompatibility) มีความเป็นพิษต่ำ (Low cytotoxicity) และเกิดการยึดเกาะของแบคทีเรียต่ำ (Minimal adhesion of bacteria)³ มีความทึบและมีสีขาวขุ่นช่วยปิดสีโลหะและป้องกันเหงือกที่อาจมีการเปลี่ยนสีจากการใช้วัสดุจำพวกโลหะได้⁴ เซอร์โคเนียจึงถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในทางทันตกรรม โดยเฉพาะใช้เป็นส่วนหนึ่งของงานบูรณะ และรากฟันเทียม

ปัญหาสำคัญอันดับต้นๆ สำหรับการนำเซอร์โคเนียมาใช้เป็นวัสดุในการบูรณะทางทันตกรรม คือการยึดเซอร์โคเนียกับฟันธรรมชาติหรือกับวัสดุอื่นๆ เนื่องจากเซอร์โคเนียเป็นวัสดุจำพวกโพลีคริสตัลไลน์ที่ไม่มีซิลิกา (Silica) เป็นส่วนประกอบ ทำให้ไม่สามารถทำปฏิกิริยากับสารคู่ควบไซเลน (Silane coupling agent) และไม่สามารถใช้กรดปรับสภาพพื้นผิวได้ จึงมีการศึกษาเกี่ยวกับการปรับสภาพผิวทั้งทางเชิงกลและทางเคมี เพื่อเพิ่มการยึดติดและความคงทนของเซอร์โคเนียขึ้น⁵⁻⁸

การปรับสภาพพื้นผิวเชิงกลมีหลากหลายวิธี เช่น การเป่าทราย (Airborne particle abrasion) การใช้หัวกรอจากเพชร (Diamond bur) การใช้เลเซอร์ (Laser) การกัดขึ้นรูปโลหะด้วยไฟฟ้า (Elective discharge machine) การทำซีเล็คทีฟอินฟิลเทรชันเอทซิง (Selective infiltration etching technique) หรือการใช้กรด (Acid etching)⁹⁻¹³ วิธีที่ได้รับการยอมรับว่ามี

* นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

** ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

*** คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

ประสิทธิภาพคือ การเป่าทรายด้วยอนุภาคอุณหภูมิต่ำขนาดเล็ก ความดันปานกลาง เพื่อทำให้เกิดการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาคขึ้น (Micromechanical retention)⁸ โดยมีการศึกษากล่าวว่า การเป่าทรายนอกจากจะช่วยเพิ่มความขรุขระ เพิ่มความเปียก (Wettability) และเพิ่มพลังงานพื้นผิวแล้ว ยังสามารถช่วยเพิ่มหมู่ไฮดรอกซิลที่พื้นผิวของเซอรโคเนีย ทำให้เพิ่มการทำปฏิกิริยาทางเคมีกับเรซินซีเมนต์มากขึ้นด้วย^{7,14} โดยการเป่าทรายด้วยอนุภาคอุณหภูมิต่ำขนาด 30-50 ไมครอน ที่ความดัน 1.0-2.5 บาร์ ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร ร่วมกับเคลื่อนที่เป็นวงกลม ระยะเวลา 20 วินาที พบว่าให้ผลดีในการทดลองทางห้องปฏิบัติการ และเหมาะแก่การนำไปใช้ทางคลินิก¹⁵⁻¹⁷

ส่วนการปรับปรุงสภาพพื้นผิวทางเคมี เช่น การเพิ่มซิลิกา (Silicatization) หรือการใช้โมโนเมอร์ทำงาน (Functional monomer) รวมไปถึงการใช้วิธีเชิงกลและทางเคมีร่วมกัน เช่น ไตรโบเคมีคอลซิลิกาโคทติ้ง (Tribochemical silica coating) เป็นวิธีที่นำมาใช้ในการปรับปรุงสภาพพื้นผิวเซอรโคเนียเช่นกัน โดยวิธีที่เป็นที่นิยมคือ การเป่าทรายและการใช้โมโนเมอร์ทำงานร่วมกัน^{18,19}

โมโนเมอร์ทำงานที่ใช้บ่อยในทางทันตกรรม เช่น เอ็มเอ็มเอ (MMA) ฮีมา (HEMA) เท็นเอ็มดีพี (10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate; 10-MDP) และโฟว์เมตา (4-Methacryloyloxyethyl trimellitate anhydride; 4-META)²⁰ เป็นต้น มีการศึกษาที่พบว่าการใช้โมโนเมอร์ทำงานชนิดเท็นเอ็มดีพี ที่มีหมู่ทำงานคือ หมู่ฟอสเฟต และโมโนเมอร์ทำงานชนิดโฟว์เมตา ที่มีหมู่ทำงานเป็นหมู่คาบอซัลิก ล้วนสามารถช่วยเพิ่มค่าแรงยึดติด (Bond strength) ระหว่างเซอรโคเนียและเรซินซีเมนต์ได้ โดยจะเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างหมู่ทำงานกับหมู่ไฮดรอกซิลที่พื้นผิวของเซอรโคเนียดังกล่าว^{21,22} โดยที่ Oba และคณะในปี ค.ศ. 2014²³ และ Yagawa และคณะในปี ค.ศ. 2018²⁴ พบว่าเท็นเอ็มดีพีให้ค่าแรงยึดติดที่สูงกว่าโฟว์เมตา ในขณะที่การศึกษาอื่นๆพบว่า โฟว์เมตาให้ค่าแรงยึดติดมากกว่าการใช้เท็นเอ็มดีพี ในการทดลองในห้องปฏิบัติการ^{7,22,25,26}

นอกจากนี้มีการศึกษานำไพรเมอร์ (Primer) มาใช้ในการช่วยเพิ่มการยึดติดระหว่าง 2 วัสดุ ใช้ในขั้นตอนก่อนที่จะมีการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ โดยมีส่วนประกอบคือสารคู่ควาไซเลนและโมโนเมอร์ทำงานอยู่ร่วมกัน หลายการศึกษาพบว่า การใช้ไพรเมอร์ร่วมกับเรซินซีเมนต์ที่มีโมโนเมอร์ทำงาน จะช่วยเพิ่มแรงยึดติดให้แก่เซอรโคเนียและเรซินซีเมนต์ได้^{8,14,21} ในขณะที่บางการศึกษาพบว่าการใช้ไพรเมอร์ดังกล่าว ไม่ได้

ทำให้แรงยึดติดของเซอรโคเนียเพิ่มสูงขึ้นกว่าการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีโมโนเมอร์ทำงานเพียงอย่างเดียว²⁷

จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบของ Russo และคณะในปี ค.ศ. 2019²⁸ พบว่ายังไม่สามารถหาข้อสรุปสำหรับชนิดของโมโนเมอร์ทำงาน และการใช้ไพรเมอร์ได้ แม้ว่าจะมีงานวิจัยและการศึกษาจำนวนมากในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา แต่ผลการศึกษาไม่ได้เป็นไปทางเดียวกันทั้งหมดและยังคงไม่มีข้อสรุปสำหรับหลักมาตรฐานสากลในการเตรียมพื้นผิวเซอรโคเนียก่อนทำการยึดติดในทางคลินิก

จากเหตุผลที่กล่าวมา การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาถึงผลของหมู่โมโนเมอร์ทำงาน ผ่านทางการศึกษาความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ ที่ยึดติดด้วยเรซินซีเมนต์ที่มีหมู่โมโนเมอร์ทำงานที่ต่างกัน โดยมีสมมติฐานงานวิจัยคือ เรซินซีเมนต์ที่มีหมู่โมโนเมอร์ทำงานที่ต่างกัน ไม่ส่งผลต่อความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย (ตารางที่ 1) ทำการตัดแผ่นเซอรโคเนีย (YTZP, Bruxzir™, Glidewell, Newport Beach, USA) ที่ผ่านการเผาโดยสมบูรณ์จากห้องปฏิบัติการ ขนาดกว้าง 7 มิลลิเมตร ยาว 7 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร จำนวน 60 ชิ้น ด้วยงานกากเพชร ภายใต้การหล่อเย็นด้วยน้ำ นำมาขัดด้วยกระดาษทรายน้ำ เบอร์ 100 400 และ 600 ตามลำดับ ด้วยเครื่องขัดชิ้นงาน (Grinder polisher, Weiyi MaPao™ 160E, Qingdao, China) ความเร็ว 200 รอบต่อนาที นาน 1 นาที ภายใต้การหล่อเย็นด้วยน้ำเพื่อปรับความขรุขระของพื้นผิว จากนั้นทำความสะอาดชิ้นทดสอบด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิค (Ultrasonic cleaner, Coltene/ Whalident UC125H BioSonic®, Ohio, USA) ร่วมกับน้ำกลั่นเป็นเวลา 5 นาที ทิ้งไว้ให้แห้ง นำชิ้นทดสอบใส่ในท่อพลาสติกพีวีซีทรงกระบอกหน้าตัดกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวัดจากขอบใน 15 มิลลิเมตรและมีความสูง 10 มิลลิเมตร และใช้วัสดุอีพอกซีเรซิน (Epoxy resin) ในการยึดชิ้นงาน โดยให้พื้นผิวชิ้นงานที่ต้องการทดสอบอยู่ด้านบน (รูปที่ 1A) นำชิ้นทดสอบที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว แช่น้ำลายเทียม เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดเป็นเวลา 20 วินาที และเป่าให้แห้ง

ตารางที่ 1 แสดงวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

Table 1 materials used in this study

วัสดุ	บริษัทผู้ผลิต	ส่วนประกอบ	Lot No.
แผ่นเซอร์โคเนียชนิดวาทซ์ซีพี (YTZP Bruxzir)	Glidewell, Newport Beach, USA	Zirconium dioxide, 5%wt yttrium oxide (Y ₂ O ₃)	BZ0020906
อนุภาคทราซอลูมินาออกไซด์ ขนาด 50 ไมครอน (Cobra)	Renfert, Hilzingen, Germany		2169666
น้ำลายเทียม	คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, ประเทศไทย	Distilled water, Sodium sulfide, Magnesium pyrophosphate, Mucin, Disodium phosphate, Calcium chloride, Potassium chloride	-
เคลียร์ฟิล เซรามิกไพรเมอร์ Clearfil Ceramic Primer	Kuraray Noritake dental Inc., Tokyo, Japan	3-Methacryloxypropyl trimethoxy silane, 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (10-MDP), Ethanol	1G0041
พานาเวียร์เอฟ 2.0 Panavia F 2.0	Kuraray Noritake dental Inc., Tokyo, Japan	<u>Paste A:</u> Dimethacrylate (DMA), 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (10-MDP), silanized silica, photoinitiator, dibenzoylperoxide <u>Paste B:</u> Dimethacrylate (DMA), N,N-diethanolp-toluidine, accelerator, functionalized sodium fluoride, silanated barium glass	320083
ซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี Superbond C&B	Sun Medical Co, Shiga, Japan	<u>Powder:</u> Polymethyl Methacrylate (PMMA) <u>Liquid:</u> Methyl Methacrylate (MMA), 4-Methacryloxyethyl trimellitate anhydride (4-META) <u>Initiator:</u> Tri-n-butyl borane (TBB)	SG111
เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ ฟิลเทค 350 เอกซ์ที Filtek™ Z350XT flowable resin composite	3M ESPE, St Paul, Minnesota, USA	Methacrylate resin monomers Bis- GMA, TEGDMA and Bis-EMA; dimethacrylate polymer; silica (75 nm) and zirconia (5-10 nm) nanofiller; approximately 65% wt filler load	NA34996

ทำการสุ่มและแบ่งชิ้นงานออกเป็น 5 กลุ่ม (n=12) ดังนี้ กลุ่มที่ 1 (Con) กลุ่มควบคุมยึดกับเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้โดยตรง กลุ่มที่ 2 (SB) เป่าทรายและยึดกับเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้โดยตรง กลุ่มที่ 3 (Pan) เป่าทรายร่วมกับใช้พานาเวียร์ เอฟ 2.0 (Panavia F2.0, Kuraray Noritake dental Inc., Tokyo, Japan) และยึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ กลุ่มที่ 4 (PPan) เป่าทรายใช้เซรามิกไพรเมอร์ (Ceramic primer, Kuraray Noritake dental Inc., Tokyo, Japan) ร่วมกับพานาเวียร์ เอฟ 2.0 และยึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ กลุ่มที่ 5 (Sup) เป่าทราย ร่วมกับใช้ซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี (Superbond C&B, Sun Medical Co, Shiga, Japan) และยึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ โดยการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายใช้อุณหภูมิขนาด 50 ไมครอน ที่ความดันบรรยากาศ 2 บาร์ เป็นเวลา 20 วินาที ด้วยเครื่องเป่าทราย (Sandblasting machine, Renfert basic classic, Hilzingen, Germany)

ในกลุ่มที่ 1 และ 2 ทำการวางแบบพิมพ์โลหะที่มีช่องว่างตรงกลาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร บนชิ้นทดสอบ ตรวจสอบให้แบบพิมพ์ดังกล่าวประกบกันสนิทโดยถือให้แน่น จากนั้นฉีดเรซินคอมโพสิต

ชนิดไหลแผ่ได้ (Flowable resin composite, Filtek™ Z350 XT, 3M ESPE, St Paul, Minnesota, USA) ให้เต็มโลหะดังกล่าวโดยตรง ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงทางทันตกรรม (Dental curing light: Elipar™, 3M Deutschland GmbH, Neuss, Germany) ที่ความเข้มแสง 600 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตรเป็นเวลา 40 วินาที นำแบบพิมพ์ออก ฉายแสงซ้ำอีกเป็นเวลา 40 วินาที

ในกลุ่มที่ 3, 4 และ 5 ทำการเตรียมแท่งเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ ให้มีรูปร่างเป็นแท่งทรงกระบอกหน้าตัดกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร และมีความสูง 2 มิลลิเมตร โดยฉีดวัสดุดังกล่าวลงในแบบพิมพ์เดียวกันข้างต้น และฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงทางทันตกรรม เป็นเวลา 40 วินาที นำแบบพิมพ์ออกและฉายแสงซ้ำอีก 40 วินาที นำแท่งเรซินคอมโพสิตดังกล่าวยึดบริเวณกึ่งกลางผิวชิ้นทดสอบ โดยใช้เรซินซีเมนต์และเซรามิกไพรเมอร์ที่ทำการผสมตามบริษัทผู้ผลิตแนะนำ จากนั้นใช้เครื่องกด กดด้วยแรงกดที่ 10 นิวตัน และกำจัดซีเมนต์ส่วนเกิน โดยในกลุ่มที่ 3 และ 4 ฉายแสง 40 วินาที ส่วนในกลุ่มที่ 5 รอให้แข็งตัวเต็มที่ 8.5 นาที

วิธีการศึกษาลักษณะพื้นผิวเซอรโคเนียภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM)

ศึกษาลักษณะของพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Low vacuum (LV)-Scanning Electron Microscope: JSM 5910 LV, Massachusetts, USA) โดยเตรียมชิ้นทดสอบเพิ่มเติม 4 ชิ้น แช่น้ำลายเทียมนาน 3 นาที โดยไม่ได้ทำการเตรียมผิวใดๆ จำนวน 1 ชิ้น ผ่านการเป่าทรายแล้วจำนวน 1 ชิ้น ผ่านการเตรียมผิวด้วยเซรามิกไพรเมอร์จำนวน 1 ชิ้น และผ่านการเป่าทรายร่วมกับเตรียมผิวด้วยเซรามิกไพรเมอร์จำนวน 1 ชิ้น นำมายึดกับส่วนแท่งโลหะด้วยเทปกาวยึด จากนั้นนำไปเข้าสู่ห้องความชื้นและทำการเคลือบทองเพื่อเพิ่มการนำไฟฟ้า และส่องดูลักษณะของพื้นผิว ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 5,000 และ 10,000 เท่า ด้วยอัตราเร่งอนุภาค 15 กิโลโวลต์

สำหรับการควบคุมความหนาของเรซินซีเมนต์ ทำการตรวจสอบโดยเตรียมชิ้นทดสอบขนาดกว้าง 3 มิลลิเมตร ยาว 3 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร นำมายึดกับแผ่นเรซินคอมโพสิตขนาดกว้าง 3 มิลลิเมตร ยาว 3 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร เช่นเดียวกัน โดยยึดด้วยเรซินซีเมนต์ในกลุ่มที่ 3, 4 และ 5 อย่างละ 1 ชิ้น และทำการกดด้วยแรงคงที่ขนาด 10 นิวตัน จากนั้นนำชิ้นทดสอบดังกล่าวมาตัดกึ่งกลางเพื่อศึกษาลักษณะพื้นผิวการยึดติด โดยทำความสะอาดด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิก และนำเข้าสู่ห้องความชื้น ทำการเคลือบทองเพื่อเพิ่มการนำไฟฟ้า จากนั้นทำการวัดชั้นความหนาของเรซินซีเมนต์ทั้งสามกลุ่มดังกล่าว ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดด้วยวิธีข้างต้นที่กำลังขยาย 1,000 เท่า เพื่อศึกษาและควบคุมความหนาของชั้นซีเมนต์ให้เป็นมาตรฐานในการทดลอง

วิธีการทดสอบค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยว (Shear bond test)

นำชิ้นทดสอบแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการทดสอบค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างแผ่นเซอรโคเนีย และแท่งเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ด้วยเครื่องทดสอบสากล (Universal testing machine: Instron 5566, Massachusetts, USA) ตามมาตรฐาน

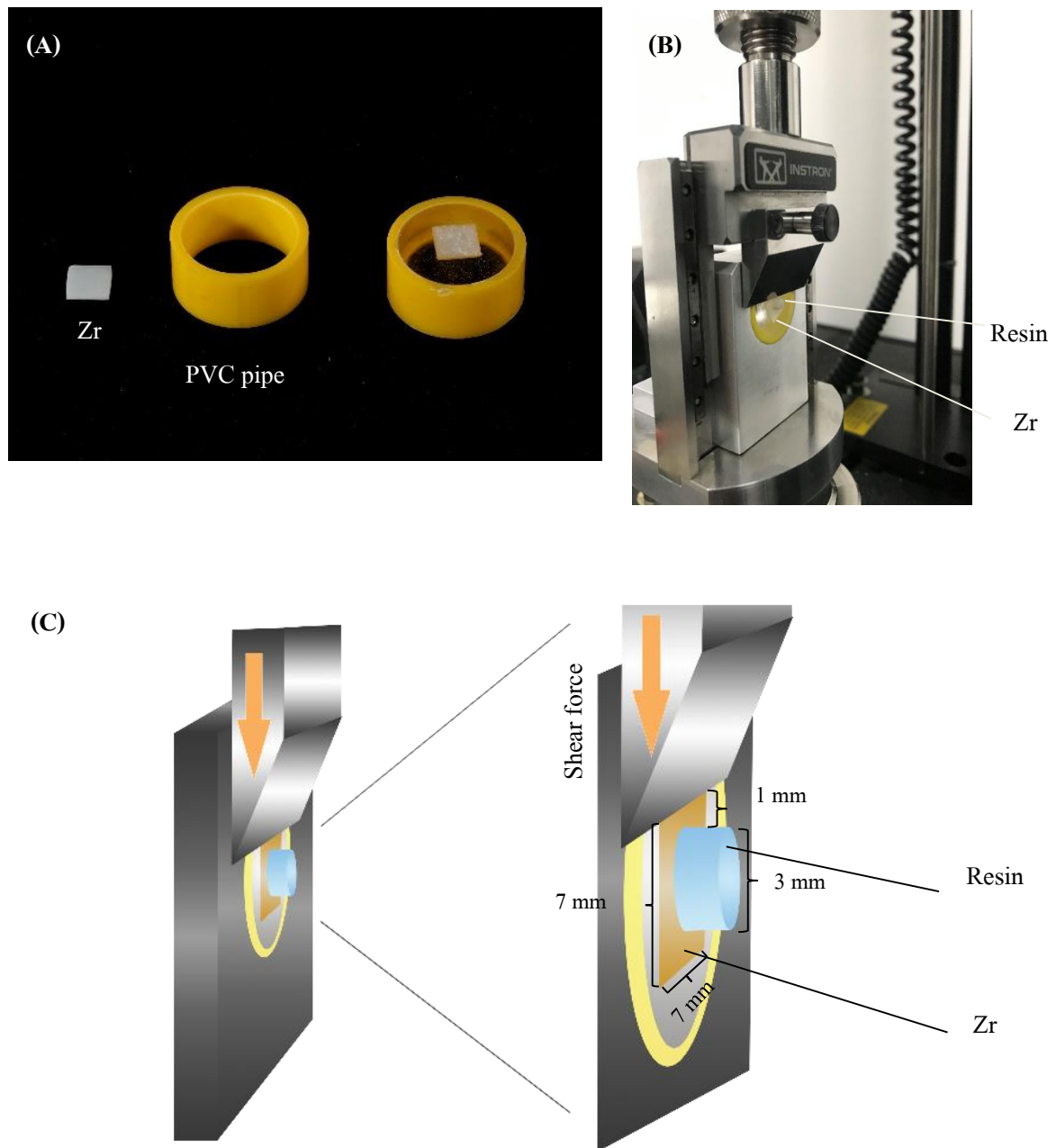
ISO 29022:2013 โดยกำหนดค่าความเร็วหัวตัดอยู่ที่ 1.0 มิลลิเมตรต่อนาที (รูปที่ 1B) กดจนส่วนของแท่งเรซินคอมโพสิต ชนิดไหลแผ่ได้หลุดออก บันทึกค่าแรงมากที่สุดที่แยกวัสดุออกจากกัน นำมาคำนวณค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวในหน่วย เมกะปาสคาลด้วยสูตร F/A โดย F คือค่าแรงที่ทำให้แท่งเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้หลุดออก (นิวตัน) A คือพื้นที่ยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตและเซอรโคเนีย (ตารางมิลลิเมตร)

การวิเคราะห์ลักษณะความล้มเหลวของการยึดติด (Mode of failure)

นำชิ้นทดสอบที่แตกหักไปตรวจสอบรูปแบบการความล้มเหลวของการยึดติด ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอพร้อมตัวบันทึกภาพ (Stereomicroscope with digital camera: Olympus SZX7 & SZ2-ILST led illuminator stand & E-330, Tokyo, Japan) ที่กำลังขยาย 20 เท่า และบันทึกโดยแบ่งลักษณะรูปแบบของความล้มเหลว ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ความล้มเหลวระหว่างชั้น (Adhesive failure) คือ การแตกหักทั้งหมด อยู่ระหว่างชั้นวัสดุเรซินคอมโพสิตกับผิวเซอรโคเนีย หรือภายในเนื้อสารยึดติด
2. ความล้มเหลวในเนื้อวัสดุ (Cohesive failure)
 - 2.1 ความล้มเหลวในเซอรโคเนีย (Cohesive failure in zirconia) คือ การแตกหักทั้งหมดอยู่ในเซอรโคเนีย
 - 2.2 ความล้มเหลวในเนื้อวัสดุเรซินคอมโพสิต (Cohesive failure in resin composite) คือ การแตกหักทั้งหมดอยู่ในเนื้อวัสดุเรซินคอมโพสิต
3. ความล้มเหลวแบบผสม (Mixed failure) คือ มีการแตกระหว่างชั้นวัสดุเรซินคอมโพสิตกับผิวเซอรโคเนีย หรือภายในเนื้อสารยึดติด ร่วมกับการแตกภายในผิวเซอรโคเนีย หรือในเนื้อวัสดุเรซินคอมโพสิต

วิเคราะห์ข้อมูลค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่ได้ทางสถิติด้วย สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ร่วมกับการทดสอบเอชเอสดีของคูกี (Tukey's HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดด้วยไคสแควร์ (Chi-Square Test) โดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติเอสพีเอสเอส เวอร์ชัน 24.0 (IBM SPSS Statistics 24.0, IBM, New York, USA)



รูปที่ 1 (A) แสดงชิ้นทดสอบ (B) แสดงการทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยว (C) รูปวาดแสดงการทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยว

Figure 1 (A) specimen (B) shear bond strength testing (C) schematic diagram of shear bond strength testing (Zr: zirconia, Resin: resin composite)

ผล

ผลการศึกษาที่ได้ (ตารางที่ 2) พบว่ากลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์ซูเปอร์บอนด์ซีเอนด์บี (Sup) มีค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ย (Mean) และค่า SD เท่ากับ 13.33 ± 2.75 เมกะปาสกาล แต่ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มที่ใช้เซรามิกไพรเมอร์ร่วมกับพานาเวียร์ เอฟ 2.0 (PPan) (12.02 ± 1.80) และกลุ่มที่ใช้พานาเวียร์ เอฟ 2.0 (Pan) เพียงอย่างเดียว (12.57 ± 3.43) แต่สูงกว่ากลุ่มควบคุม (Con) และกลุ่มที่เป่าทรายร่วมกับเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้เพียงอย่างเดียว (SB) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

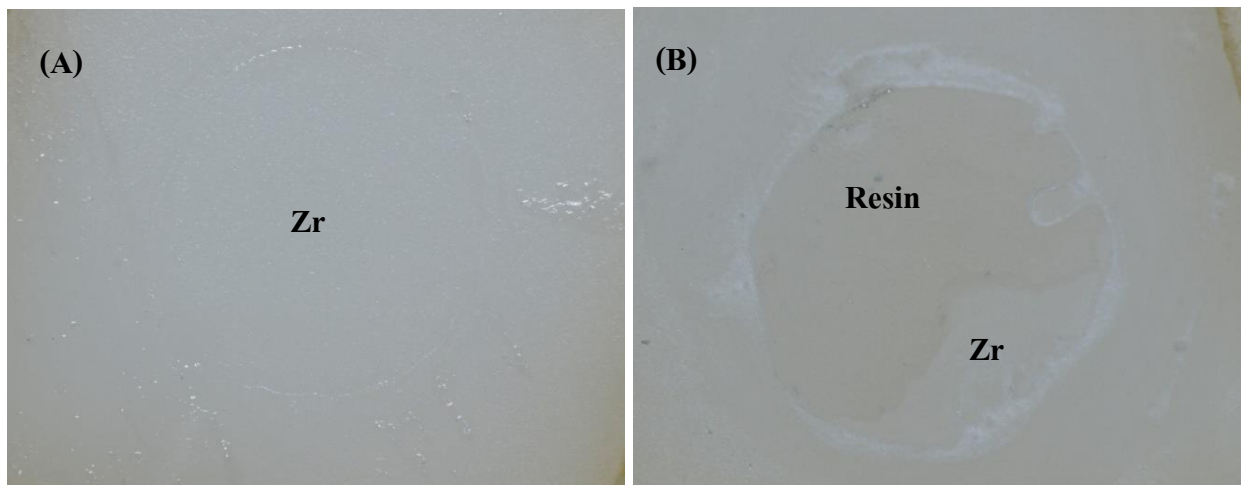
ลักษณะความล้มเหลวของการยึดติด พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในแต่ละกลุ่มการทดลอง ($p < 0.05$) โดยเกิดความล้มเหลวระหว่างชั้นมากที่สุดในทุกกลุ่มการทดลอง โดยที่กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ใช้เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้โดยตรงเกิดความล้มเหลวระหว่างชั้นขึ้นเพียงอย่างเดียว พบความล้มเหลวแบบผสมในกลุ่ม Pan คิดเป็นร้อยละ 41.67 กลุ่ม PPan ร้อยละ 16.67 และกลุ่ม Sup ร้อยละ 25 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) และลักษณะความล้มเหลวที่พบ (รูปที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงผลการศึกษาค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวและรูปแบบความล้มเหลวของการยึดติดในแต่ละกลุ่มการทดลอง
Table 2 mean shear bond strength and mode of failure of each experimental group

Group	Mean shear bond strength (MPa) [n=12] (SD)	Mode of failure [n=12]		
		Adhesive (%)	Cohesive (%)	Mixed (%)
Con	0.90(0.96) ^A	12 (100)	0	0
SB	2.76(0.83) ^A	12 (100)	0	0
Pan	12.57(3.43) ^B	7 (58.33)	0	5 (41.67)
PPan	12.02(1.80) ^B	10 (83.33)	0	2 (16.67)
Sup	13.33(2.75) ^B	9 (75)	0	3 (25)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

Same letter indicates no statistically significant difference.



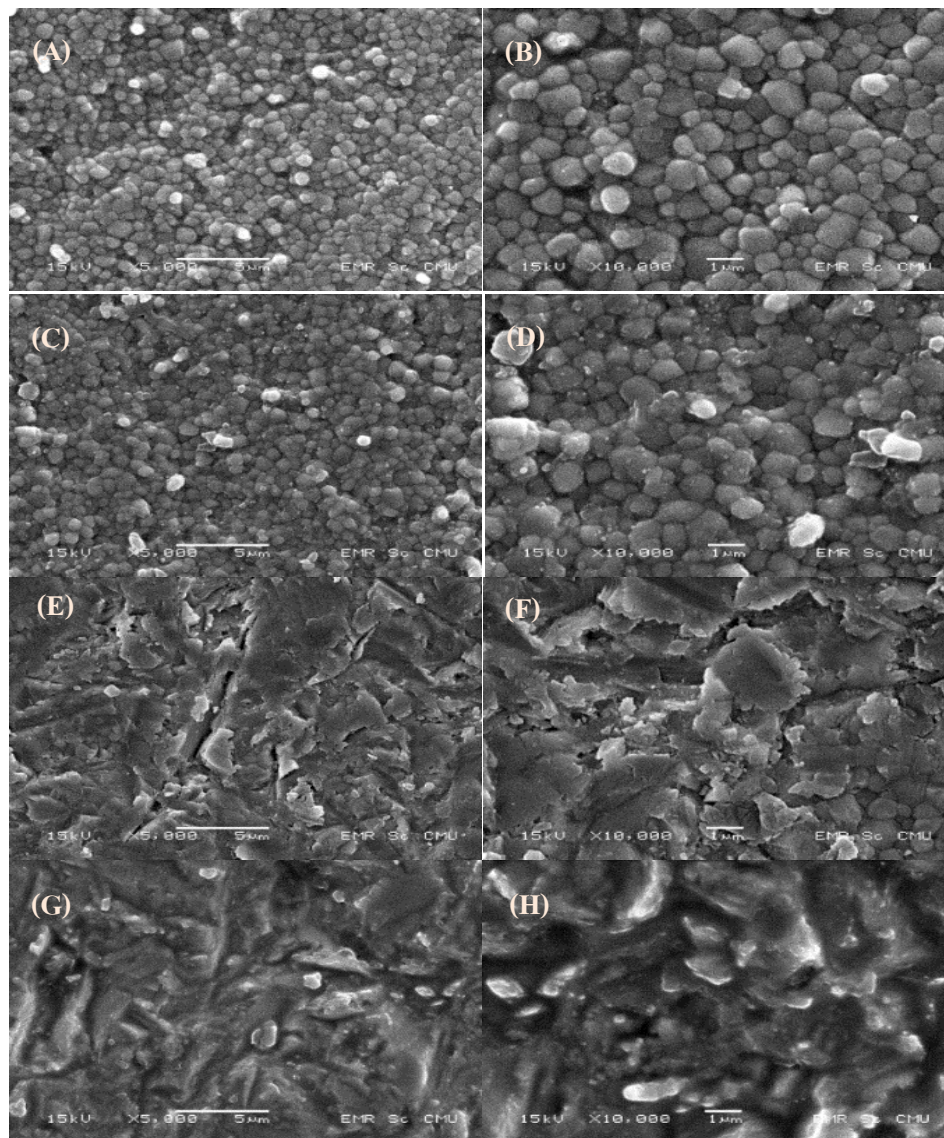
รูปที่ 2 แสดงลักษณะความล้มเหลวของการยึดติด (A) แสดงความล้มเหลวระหว่างชั้น (B) แสดงความล้มเหลวแบบผสม
Figure 2 mode of failure found in this study (A) Adhesive failure (B) Mixed failure (Zr: zirconia, Resin: resin composite)

การศึกษาภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเซอร์โคเนียที่พื้นผิว (รูปที่ 3) พบว่าผลึกเซอร์โคเนียที่พื้นผิวกลุ่มควบคัมเป็นดังรูป 3A และ 3B ภายหลังการเตรียมด้วยเซรามิกไพรเมอร์ ไม่พบว่ามีความแตกต่างที่พื้นผิว (รูป 3C และ 3D) แต่ภายหลังการเตรียมด้วยการเป่าทรายขนาด 50 ไมครอน พบว่าพื้นผิวมีความ

เปลี่ยนแปลงโดยที่อนุภาคเซอร์โคเนียเป็นแท่งกระจายลักษณะเป็นร่องหลุม ดังรูป 3E และ 3F และไม่แตกต่างจากการเป่าทรายร่วมกับเซรามิกไพรเมอร์ (รูป 3G และ 3H) เมื่อพิจารณาภาพถ่ายตัดขวาง (รูปที่ 4) จะพบชั้นเรซินซีเมนต์ที่อยู่ระหว่างเซอร์โคเนียและเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ โดยมีขนาดความหนาเฉลี่ยของชั้นอยู่ในช่วง 40-60 ไมครอน

กำลังขยาย 5,000 เท่า

กำลังขยาย 10,000 เท่า



รูปที่ 3 แสดงลักษณะของพื้นผิวแผ่นเซอร์โคเนียหลังการเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีต่างๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนส่องกราด โดยที่ (A) กลุ่มควบคัมที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (B) กลุ่มควบคัมที่กำลังขยาย 10,000 เท่า (C) เซรามิกไพรเมอร์ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (D) เซรามิกไพรเมอร์ ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า (E) เป่าทราย ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (F) เป่าทราย ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า (G) เป่าทรายร่วมกับเซรามิกไพรเมอร์ ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (H) เป่าทรายร่วมกับเซรามิกไพรเมอร์ ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า

Figure 3 various zirconia surfaces after different surface treatment methods with SEM (A) control at 5,000x (B) control at 10,000x (C) Ceramic primer at 5,000x (D) Ceramic primer at 10,000x (E) Sandblasting at 5,000x (F) Sandblasting at 10,000x (G) Sandblasting followed by ceramic primer at 5,000x (H) Sandblasting followed by ceramic primer at 10,000x

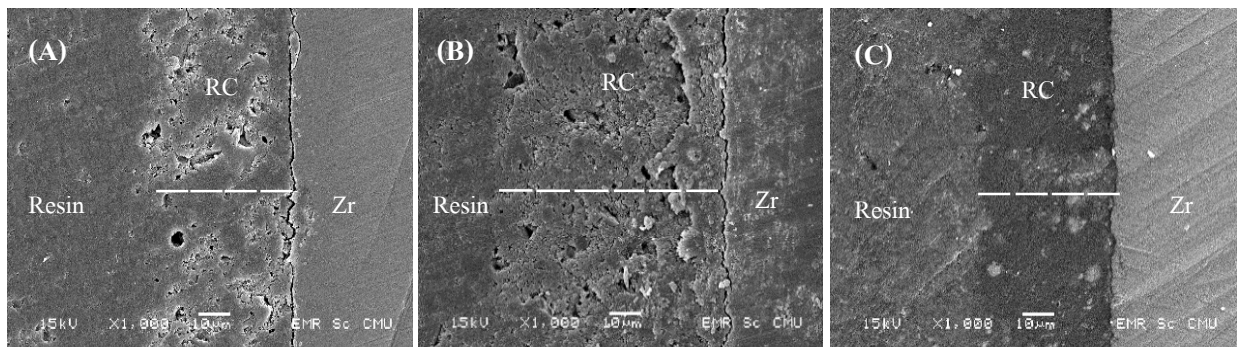
บทวิจารณ์

จากผลการทดลองพบว่า ค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่ม Pan กลุ่ม PPan และกลุ่ม Sup มีค่าไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับสมมติฐานที่ว่า ความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแฟ้ได้ที่ยึดติดด้วยเรซินซีเมนต์ที่มีหมู่โมโนเมอร์ทำงานที่ต่างกัน มีค่าไม่แตกต่างกัน

การนำความแข็งแรงยึดเหนี่ยวมาเป็นหนึ่งในการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของเซอรโคเนียครั้งนี้ มีการออกแบบการทดลองเพื่อลดปัจจัยการเกิดความล้มเหลวในเนื้อวัสดุ โดยการวางหัวตัดที่ระยะ 1 มิลลิเมตร ห่างจากรอยต่อ (Interface) และแนบไปกับชั้นทดสอบ เพื่อลดแรงงอ (Bending moment) ที่อาจเกิดขึ้น²⁹ (รูปที่ 1B) และมีการนำเรซินคอมโพสิตมาใช้ในการทดสอบ เพื่อให้เกิดการยึดติดที่ระหว่างเรซินซีเมนต์และ เรซินคอมโพสิต เนื่องจากมีส่วนประกอบทางเคมีเหมือนกัน ลดความล้มเหลวในเนื้อวัสดุเรซินซีเมนต์ดังกล่าวลง³⁰ อีกทั้งการศึกษาความแข็งแรงยึดเหนี่ยวยังสามารถทำการเตรียมชิ้นงานที่มีจำนวนชิ้นทดสอบมากและทำการทดสอบได้ง่ายอีกด้วย

การเป่าทรายด้วยความดันและอนุภาคนาขนาดเล็กนับเป็นวิธีการเตรียมพื้นผิวที่ได้รับการยอมรับว่าได้ผลดีมีประสิทธิภาพ และยังเป็นหนึ่งในวิธีทำความสะอาดพื้นผิวภายในของเซอรโคเนีย หลังจากการปนเปื้อนในระหว่างการผลิตวัสดุบูรณะในช่องปาก ไม่ว่าจะเป็นน้ำลาย เลือด หรือวัสดุตรวจสอบความแนบชนิดซีลิโคน (Fit checker) หลายการศึกษาแนะนำให้ทำการเป่าทรายก่อนที่จะมีการยึดติดวัสดุบูรณะ

เซอรโคเนียในช่องปาก^{15, 30, 31} โดยแนะนำขนาดอนุภาค 30-50 ไมครอน ที่ความดัน 1.0-2.5 บาร์ ระยะเวลา 20 วินาที¹⁵⁻¹⁷ การทดลองนี้ได้นำวิธีและขั้นตอนการเป่าทรายดังกล่าวมาเป็นวิธีในการเตรียมพื้นผิวก่อนที่จะทำการยึดติด หากพิจารณาในกลุ่มควบคุม เทียบกับกลุ่ม SB พบว่าค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ย มีค่า 0.90 ± 0.96 เมกะปาสคาล และ 2.76 ± 0.83 เมกะปาสคาล ตามลำดับ หากพิจารณาจากค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกลุ่ม SB เทียบกับกลุ่มที่มีการใช้เรซินซีเมนต์ (กลุ่ม Pan กลุ่ม PPan และกลุ่ม Sup) อาจกล่าวได้ว่าการเป่าทรายหรือการเตรียมพื้นผิวเชิงกลเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถให้การยึดติดระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินคอมโพสิตได้ ต้องอาศัยการเตรียมพื้นผิวทางเคมีร่วมด้วย โดยการเป่าทรายจะช่วยให้เกิดความขรุขระที่พื้นผิว (รูปที่ 3E และ 3F) พบลักษณะความเป็นหลุมบ่อ ร่วมกับลักษณะอนุภาคของเซอรโคเนียมีการเปลี่ยนแปลงเป็นกระจัดกระจายและมีรูปร่างไม่แน่นอน เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่มีรูปร่างกลมมีการเรียงตัวเป็นระเบียบ (รูปที่ 3A และ 3B) การเป่าทรายช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดติด ส่งผลให้เกิดหมู่ไฮดรอกซิลเพิ่มขึ้นที่พื้นผิวเซอรโคเนีย ทำให้เพิ่มการยึดติดทางเคมีกับเรซินซีเมนต์ได้มากขึ้นตามลำดับ^{7, 14} ตรงกับหลายการศึกษาที่มีการแนะนำถึงการเตรียมพื้นผิวเซอรโคเนียก่อนทำการยึดติด สรุปไปแนวทางเดียวกันว่า การเตรียมพื้นผิวเชิงกลไม่ว่าจะด้วยวิธีใดก็ตาม ควรมีการเตรียมพื้นผิวเชิงเคมี เช่นการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีโมโนเมอร์ทำงานควบคู่ไปด้วยเช่นกัน^{19, 28, 32}



รูปที่ 4 แสดงลักษณะของพื้นผิวแผ่นเซอรโคเนียในแนวตัดขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนส่องกราดที่กำลังขยาย 1,000 เท่า หลังการยึดติดโดยใช้ (A) พานาเวียร์เอฟ 2.0 (B) เซรามิกไพรเมอร์ร่วมกับพานาเวียร์เอฟ 2.0 และ (C) ซุปเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี

Figure 4 cross-sectioned of zirconia-composite interface using different type of resin cements at 1,000x magnification; (A) Panavia F2.0, (B) Ceramic primer followed by Panavia F2.0, (C) Superbond C&B. (Zr: zirconia, Resin: resin composite, RC: resin cement)

ในปัจจุบันการใช้เรซินซีเมนต์ นับเป็นขั้นตอนสำคัญสำหรับยึดวัสดุบูรณะกับพื้นธรรมชาติ เนื่องจากเรซินซีเมนต์สามารถให้การยึดติดกับส่วนประกอบของเนื้อฟันได้โดยตรงผ่านโมโนเมอร์ทำงาน ในการศึกษาเมื่อพิจารณาจากความแข็งแรงยึดเหนี่ยวในกลุ่ม Pan และกลุ่ม Sup พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน แม้ว่าทั้งสองกลุ่มจะเป็นเรซินซีเมนต์ที่มีโมโนเมอร์ทำงานต่างชนิดกัน ซึ่งตรงกับการวิเคราะห์ห่อภิรมานของ Inokoshi และคณะในปี ค.ศ. 2014³³ ที่ทำการรวบรวมผลการศึกษาค่าความแข็งแรงยึดติดระหว่างเซอร์โคเนีย และโมโนเมอร์ทำงานหลายชนิด พบว่าค่าความแข็งแรงยึดติดของเรซินซีเมนต์แต่ละชนิดนั้นไม่แตกต่างกัน และสรุปผลว่าการยึดติดกับเซอร์โคเนีย สามารถใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์ทั้งชนิดที่มีเห็นเอมดีพีหรือไม่เห็นเอมดีพีเป็นส่วนประกอบ การศึกษาของ Shimoe และคณะในปี ค.ศ. 2018³⁴ ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบที่ผิวผิวเซอร์โคเนียด้วยวิธีเอกซเรย์โฟโตอิเล็กตรอนสเปกโตรสโกปี (X-ray photoelectron spectroscopy; XPS) หลังการเตรียมพื้นผิวด้วยไพรเมอร์ที่มีโมโนเมอร์ทำงานชนิดต่างๆ พบว่าทั้งเห็นเอมดีพีและไฟว์เมตา ล้วนสามารถถูกดูดซับที่พื้นผิวเซอร์โคเนียได้ โดยผ่านหมู่ฟอสเฟตและหมู่คาบอซิลิกตามลำดับ อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างคาร์บอน และเซอร์โคเนีย (C/Zr ratio) ที่พื้นผิวกลับพบว่าเห็นเอมดีพี อาจเกิดการดูดซับที่พื้นผิวของเซอร์โคเนียได้มากกว่า³⁴

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม Pan และกลุ่ม PPan พบว่าค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของทั้งสองกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยในกลุ่ม PPan ที่มีการใช้เซรามิกไพรเมอร์ที่มีสารเห็นเอมดีพี ร่วมกับการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีเห็นเอมดีพีเป็นส่วนประกอบนั้น ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการยึดติดระหว่างเซอร์โคเนียและเรซินคอมโพสิตได้ Zhao และคณะในปี ค.ศ. 2016³⁵ พบว่าการใช้ไพรเมอร์ร่วมกับเรซินซีเมนต์ที่มีเห็นเอมดีพีเป็นส่วนประกอบให้ค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวไม่ต่างจากการใช้เฉพาะเรซินซีเมนต์ที่มีเห็นเอมดีพี และยังให้ค่าต่ำกว่าการมีเห็นเอมดีพีเป็นส่วนประกอบในไพรเมอร์เพียงอย่างเดียว อีกทั้งจากการวิเคราะห์ห่อภิรมาน³³ มีการสรุปไว้ว่ายังไม่มีการข้อบ่งชี้ในเรื่องการใช้ไพรเมอร์ร่วมกับเรซินซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของเห็นเอมดีพี ว่าสามารถช่วยเพิ่มค่าความแข็งแรงยึดติดให้แก่เซอร์โคเนียได้แต่อย่างใด

เซรามิกไพรเมอร์ที่นำมาใช้ในกลุ่ม PPan เป็นสารที่ช่วยปรับสภาพพื้นผิววัสดุจำพวกเซรามิก ก่อนที่จะทำการยึดติดด้วยเรซินซีเมนต์ จากตารางที่ 1 พบว่าเซรามิกไพรเมอร์

ดังกล่าวมีส่วนผสมของสารคู่ควบไซเลนชนิดเอ็มพีเอส (MPS silane) ซึ่งเป็นสารที่ให้การยึดติดระหว่างเซรามิกและเรซินคอมโพสิต อยู่ร่วมกับโมโนเมอร์ทำงานเห็นเอมดีพี จากการศึกษาของ Chuang และคณะในปี ค.ศ. 2017²⁷ ทำการศึกษาเกี่ยวกับลำดับการใช้เอ็มพีเอสและเห็นเอมดีพีในการยึดติดของเซอร์โคเนีย โดยใช้แมสสเปกโตรเมตรีแบบไอออนทุติยภูมิ (Secondary ion mass spectrometry; SIMS) พบว่าการใช้ไพรเมอร์ที่มีส่วนประกอบของสารทั้งสองดังกล่าวไม่สามารถเพิ่มค่าการยึดติดระหว่างเซอร์โคเนียและเรซินซีเมนต์ได้ อีกทั้งยังทำให้ค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของเรซินซีเมนต์ดังกล่าวต่ำกว่าการใช้เห็นเอมดีพีเพียงอย่างเดียว รวมไปถึงต่ำกว่าการใช้ทั้งเอ็มพีเอสตามด้วยเห็นเอมดีพีตามลำดับ การศึกษาดังกล่าวพบว่า PO_3^- เป็นอนุพันธ์หมู่ฟอสเฟตที่ทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิล เกิดเป็นพันธะโควาเลนต์ P-O-Zr ขึ้น ซึ่งหากพบ PO_3^- มาก บ่งบอกถึงโอกาสในการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวได้มาก โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ใช้ไพรเมอร์ที่มีเห็นเอมดีพีเพียงอย่างเดียว พบมีอัตราส่วนของ $\text{PO}_3^-/\text{PO}_2^-$ มากกว่ามีมุมสัมผัส (Contact angle) ต่ำกว่า และมีค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ไพรเมอร์ที่มีสารทั้งสองผสมกัน เหตุผลที่เป็นไปได้คือ เอ็มพีเอสทำให้เกิดการเปลี่ยนอนุพันธ์จาก PO_3^- เป็น PO_2^- ทำให้การเกิดพันธะ P-O-Zr ดังกล่าวลดลง อาจส่งผลต่อความสามารถในการยึดติดของหมู่ฟอสเฟตและเซอร์โคเนียได้²⁷ ซึ่งสามารถอธิบายถึงค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่ม PPan ที่ไม่ได้สูงกว่ากลุ่ม Pan ข้างต้น

ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนส่องกราดในแนวตัดขวาง พบว่ามีชั้นเรซินซีเมนต์อยู่ระหว่างเซอร์โคเนียและเรซินคอมโพสิต โดยรูปที่ 4 แสดงเรซินซีเมนต์สามชนิดคือกลุ่ม Pan กลุ่ม PPan และกลุ่ม Sup ตามลำดับ โดยความหนาเฉลี่ยของชั้นเรซินซีเมนต์ดังกล่าว มีค่าเฉลี่ยประมาณ 40-60 ไมครอน ในทุกกลุ่ม ซึ่งใกล้เคียงจากค่าความหนาที่ถูกระบุโดย ISO 4049 (2019) กล่าวว่าความหนาของซีเมนต์ต้องมีค่าไม่เกิน 50 ไมครอน ทำให้การทดลองนี้ไม่มีปัจจัยจากความหนาของเรซินซีเมนต์ที่ต่างชนิดกันเข้ามาเกี่ยวข้อง และไม่ส่งผลถึงความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่ต้องการทำการทดลอง

จากลักษณะความล้มเหลว (ตารางที่ 2) พบว่าเกิดความล้มเหลวระหว่างชั้นมากที่สุดในทุกกลุ่มการทดลอง หากพิจารณาในกลุ่ม Pan กลุ่ม PPan และกลุ่ม Sup พบว่าเกิดความล้มเหลวแบบระหว่างชั้นคิดเป็นร้อยละ 58.33 ร้อยละ 83.33 และร้อยละ 75 ตามลำดับ และเกิดความล้มเหลวแบบ

ผสมขึ้น คิดเป็นร้อยละ 41.67 ร้อยละ 16.67 และร้อยละ 25 ตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่ได้ โดยความล้มเหลวแบบผสมจะพบเรซินซีเมนต์บางส่วนติดอยู่บนพื้นผิวชั้นทดสอบ บ่งบอกถึงการยึดติดระหว่างเซอรโคเนียและเรซินซีเมนต์ที่ดีทั้งในกลุ่ม Pan PPan และ Sup

การนำเซอรโคเนียมาใช้ในงานทางทันตกรรมในปัจจุบัน แม้จะยังไม่มีการศึกษาที่ออกมาสรุปแนวทางการเตรียมพื้นผิว และการใช้เรซินซีเมนต์ที่แน่ชัด แต่การเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีเชิงกลร่วมกับทางเคมีนั้น เป็นวิธีที่ควรนำมาใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวเซอรโคเนียก่อนทำการยึดติดเสมอ อีกทั้งการเลือกใช้ชนิดของเรซินซีเมนต์ แม้จะพบว่าโมโนเมอร์ทำงานทั้งสองชนิดให้ผลดีต่อความแข็งแรงยึดเหนี่ยว แต่การเลือกใช้เรซินซีเมนต์ให้ถูกระบบ การทำความสะอาดพื้นผิวเซอรโคเนียหลังการปนเปื้อน รวมไปถึงการเตรียมพื้นผิว ล้วนมีความสำคัญในการทำให้เกิดการยึดติดที่ดีของวัสดุเซอรโคเนียกับพื้น

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้เป็นการศึกษาทางห้องปฏิบัติการที่ไม่ได้มีการจำลองสภาวะในช่องปาก และศึกษาถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น ชนิดโมโนเมอร์ทำงานที่แตกต่างกัน รวมทั้งการจำลองสภาวะบ่มเทียม การเตรียมพื้นผิว รวมไปถึงวิธีการทำความสะอาดพื้นผิวเซอรโคเนีย อีกทั้งความสามารถในการยึดติดระหว่างเซอรโคเนียและผิวฟันโดยตรง ควรพิจารณาร่วมด้วย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาดังกล่าวต่อไปในอนาคต

บทสรุป

ภายใต้ขอบเขตของการศึกษานี้ สามารถสรุปได้ว่า

1. การเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีเชิงกลด้วยการเป่าทราย หลังจากมีการปนเปื้อนน้ำลายเทียม ร่วมกับการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีหมู่โมโนเมอร์ทำงานคือเท็นเอมดีพี และโฟว์เมตา ให้ค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวแก่เซอรโคเนียและเรซินคอมโพสิตไม่แตกต่างกัน
2. การใช้ไพรเมอร์ที่มีเท็นเอมดีพี ร่วมกับการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีเท็นเอมดีพีเป็นส่วนประกอบ ให้ค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอรโคเนียและเรซินคอมโพสิต ไม่แตกต่างจากการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีเท็นเอมดีพีเพียงอย่างเดียว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขอขอบพระคุณ ดร.ชนพัฒน์ ศาสตระรุจิ นักวิจัยประจำคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย และให้คำปรึกษาทางด้านสถิติในงานวิจัยฉบับนี้ และขอขอบพระคุณศูนย์เครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความเอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials* 1999;20(1):1-25.
2. Manicone PF, Rossi Iommetti P, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. *J Dent* 2007;35(11):819-26.
3. Chen YW, Moussi J, Drury JL, Wataha JC. Zirconia in biomedical applications. *Expert Rev Med Devic* 2016;13(10):945-63.
4. Gautam C, Joyner J, Vajtai R, Gautam A, Rao J. Zirconia based dental ceramics: structure, mechanical properties, biocompatibility and applications. *Dalton Trans* 2016;45(48):19194-215.
5. Magne P, Paranhos MP, Burnett LH, Jr. New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. *Dent Mater* 2010;26(4):345-52.
6. Moraes RR, Guimaraes GZ, Oliveira AS, Faot F, Cava SS. Impact of acidic monomer type and concentration on the adhesive performance of dental zirconia primers. *Int J Adhes Adhes* 2012;39(8):49-53.
7. Ozcan M, Cura C, Valandro LF. Early bond strength of two resin cements to Y-TZP ceramic using MPS or MPS/4-META silanes. *Odontology* 2011;99(1):62-7.
8. Ahn JS, Yi YA, Lee Y, Seo DG. Shear bond strength of MDP-containing self-adhesive resin cement and Y-TZP ceramics: effect of phosphate monomer-containing primers. *Biomed Res Int* 2015;2015:389234.

9. Sanli S, Comlekoglu MD, Comlekoglu E, Sonugelen M, Pamir T, Darvell BW. Influence of surface treatment on the resin-bonding of zirconia. *Dent Mater* 2015;31(6): 657-68.
10. Qebrawi DM, Munoz CA, Brewer JD, Monaco EA, Jr. The effect of zirconia surface treatment on flexural strength and shear bond strength to a resin cement. *J Prosthet Dent* 2010;103(4):210-20.
11. Esteves-Oliveira M, Jansen P, Wehner M, Dohrn A, Bello-Silva MS, Eduardo CP, et al. Surface characterization and short-term adhesion to zirconia after ultra-short pulsed laser irradiation. *J Adhes Dent* 2016;18(6):483-92.
12. Rona N, Yenisey M, Kucukturk G, Gurun H, Cogun C, Esen Z. Effect of electrical discharge machining on dental Y-TZP ceramic-resin bonding. *J Prosthodont Res* 2017;61(2):158-67.
13. Salem R, Naggar GE, Aboushelib M, Selim D. Microtensile bond strength of resin-bonded hightranslucency zirconia using different surface treatments. *J Adhes Dent* 2016; 18(3):191-6.
14. Yi YA, Ahn JS, Park YJ, Jun SH, Lee IB, Cho BH, et al. The effect of sandblasting and different primers on shear bond strength between yttria-tetragonal zirconia polycrystal ceramic and a self-adhesive resin cement. *Oper Dent* 2015;40(1):63-71.
15. Kern M. Bonding to oxide ceramics—laboratory testing versus clinical outcome. *Dent Mater* 2015;31(1):8-14.
16. Souza RO, Valandro LF, Melo RM, Machado JP, Bottino MA, Ozcan M. Air-particle abrasion on zirconia ceramic using different protocols: effects on biaxial flexural strength after cyclic loading, phase transformation and surface topography. *J Mech Behav Biomed Mater* 2013; 26:155-63.
17. Ozcan M. Air abrasion of zirconia resin-bonded fixed dental prostheses prior to adhesive cementation: why and how? *J Adhes Dent* 2013;15(4):394.
18. Ozcan M, Bernasconi M. Adhesion to zirconia used for dental restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Adhes Dent* 2015;17(1):7-26.
19. Khan AA, Al Kheraif AA, Jamaluddin S, Elsharawy M, Divakar DD. Recent trends in surface treatment methods for bonding composite cement to zirconia: a review. *J Adhes Dent* 2017;19(1):7-19.
20. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials* 2007;28(26):3757-85.
21. Al-Harbi FA, Ayad NM, Khan ZA, Mahrous AA, Morgano SM. In vitro shear bond strength of Y-TZP ceramics to different core materials with the use of three primer/ resin cement systems. *J Prosthet Dent* 2016; 115(1):84-9.
22. Derand P, Derand T. Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int J Prosthodont* 2000; 13(2):131-5.
23. Oba Y, Koizumi H, Nakayama D, Ishii T, Akazawa N, Matsumura H. Effect of silane and phosphate primers on the adhesive performance of atri-n-butylborane initiated luting agent bonded to zirconia. *Dent Mater J* 2014; 33(2):226-32.
24. Yagawa S, Komine F, Fushiki R, Kubochi K, Kimura F, Matsumura H. Effect of priming agents on shear bond strengths of resin-based luting agents to a translucent zirconia material. *J Prosthodont Res* 2018;62(2):204-9.
25. Ernst CP, Cohnen U, Stender E, Willershausen B. In vitro retentive strength of zirconium oxide ceramic crowns using different luting agents. *J Prosthet Dent* 2005;93(6):551-8.
26. Moon JE, Kim SH, Lee JB, Ha SR, Choi YS. The effect of preparation order on the crystal structure of yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal and the shear bond strength of dental resin cements. *Dent Mater* 2011;27(7):651-63.
27. Chuang SF, Kang LL, Liu YC, Lin JC, Wang CC, Chen HM, et al. Effects of silane-and MDP-based primers application orders on zirconia-resin adhesion-a ToF-SIMS study. *Dent Mater* 2017;33(8):923-33.

28. Russo DS, Cinelli F, Sarti C, Giachetti L. Adhesion to zirconia: a systematic review of current conditioning methods and bonding materials. *Dent J* 2019;7(3):74.
29. Valente F, Mavriqi L, Traini T. Effects of 10-MDP based primer on shear bond strength between zirconia and new experimental resin cement. *Materials* 2020;13(1):235.
30. Angkasith P, Burgess JO, Bottino MC, Lawson NC. Cleaning methods for zirconia following salivary contamination. *J Prosthodont* 2016;25(5):375-9.
31. Hallmann L, Ulmer P, Lehmann F, Wille S, Polonskyi O, Johannes M, et al. Effect of surface modifications on the bond strength of zirconia ceramic with resin cement resin. *Dent Mater* 2016;32(5):631-9.
32. Bona AD, Pecho OE, Alessandretti R. Zirconia as a dental biomaterial. *Materials* 2015;8(8):4978–91.
33. Inokoshi M, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B. Meta-analysis of bonding effectiveness to zirconia ceramics. *J Dent Res* 2014;93(4):329-34.
34. Shimoe S, Hirata I, Otaku M, Matsumura H, Kato K, Satoda T. Formation of chemical bonds on zirconia surfaces with acidic functional monomers. *J Oral Sci* 2018;60(2):187-93.
35. Zhao L, Jian Y-T, Wang X-D, Zhao K. Bond strength of primer/cement systems to zirconia subjected to artificial aging. *J Prosthet Dent* 2016;116(5):790-6.

ผู้รับผิดชอบบทความ

พิสัยศิษฐ์ ชัยจรีนนท์

ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

โทรศัพท์: 053 944 438

โทรสาร: 053 222 844

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: pisaisit.c@cmu.ac.th

Shear Bond Strength of Zirconia to Flowable Resin Composite with Resin Cement Containing Different Functional Monomers

Thanomsakchai P* Chaijareenont P** Pleumsamran N** Sastraruji T***

Abstract

The objective was to study mechanical properties of zirconia after bonded with flowable resin composite using resin cement containing different functional monomers. A sintered YTZP zirconia blank was cut into 60 blocks (7x7x1mm³) then embedded in cylindrical tube with epoxy resin. All specimens were soaked in artificial saliva for 3 minutes then cleaned and dried. Specimens were divided into 5 groups; Group1: directly bonded with flowable resin composite (control), Group2: sandblasted with 50 micron aluminum oxide particle at 2.0 bar pressure for 20 seconds then directly bonded with resin composite. A total of 36 resin composite rods (3mm diameter and 2mm height) were fabricated for group 3-5; Group3: sandblasted then bonded with resin composite rod using Panavia F2.0, Group4: sandblasted then bonded with resin composite rod using Clearfil ceramic primer and Panavia F2.0, Group5: sandblasted then bonded with resin composite rod using Superbond C&B. All specimens were tested for shear bond strength using universal testing machine with a crosshead-speed of 1.0 mm/min. All data were statistically analyzed using One-way ANOVA and Tukey's HSD test. Group5 had the highest mean shear bond strength, not significantly different with Group3 and 4, but significantly higher than Group1 and 2 ($p < 0.05$). In conclusion, different functional monomers in resin cement had no effect on shear bond strength between zirconia and resin composite.

Keywords: Zirconia/ Functional monomer/ Resin cement/ Resin composite

Corresponding Author

Pisaisit Chaijareenont

Department of Prosthodontics,

Faculty of Dentistry, Chiang Mai University,

Amphur Muang, Chiang Mai, 50200.

Tel.: +66 5 394 4438

Fax.: +66 5 322 2844

Email: pisaisit.c@cmu.ac.th

* Master student, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Amphur Muang, Chiang Mai.

** Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Amphur Muang, Chiang Mai.

*** Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Amphur Muang, Chiang Mai.

ทอมาติกอัลเซอเรทีฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัล อีโอซิโนไฟเลีย: รายงานผู้ป่วย

ภัทรมน ธนทรัพย์สิน*

บทคัดย่อ

ทอมาติกอัลเซอเรทีฟแกรนูโลมาวิท สโตรมัลอีโอซิโนไฟเลีย เป็นโรคไม่ร้ายแรงที่พบได้น้อยซึ่งสามารถหายได้เอง มีลักษณะทางคลินิกเป็นแผลเรื้อรัง อาจมีอาการเจ็บปวด ขอบแผลมีลักษณะยก และแข็ง จากลักษณะทางคลินิกมักสับสนกับมะเร็งช่องปากชนิดสควอโมสเซลล์คาร์ซิโนมาในกรณีที่ไม่สามารถพิจารณาแยกโรคมะเร็งออกได้แนะนำให้ทำการตัดเนื้อออกตรวจ ลักษณะสำคัญทางจุลพยาธิวิทยาคือการพบแผลและการแทรกซึมของอีโอซิโนฟิลเข้ามาในรอยโรคเป็นจำนวนมาก การตัดชิ้นเนื้อเป็นปัจจัยสำคัญที่กระตุ้นให้เกิดการหายของแผล บทความนี้รายงานผู้ป่วยหญิงอายุ 67 ปี มาด้วยปัญหาเป็นแผลเรื้อรังขนาดใหญ่ครอบคลุมบริเวณริมฝีปากและกระพุ้งแก้มด้านซ้าย เป็นๆหายๆหลายครั้ง การวินิจฉัยโรคในผู้ป่วยรายนี้จากการตัดชิ้นเนื้อทางจุลพยาธิวิทยา ผู้ป่วยให้ประวัติการหายเองของแผลหลังได้รับการตัดชิ้นเนื้อ สาเหตุของการบาดเจ็บเรื้อรังต่อเยื่อผิวช่องปากบริเวณดังกล่าว ได้ถูกค้นพบและกำจัดออก จากการติดตามผู้ป่วยเป็นระยะเวลา 6 เดือน ยังไม่พบการกลับมาเป็นซ้ำของรอยโรค

คำไ้รหัส: ทอมาติกอัลเซอเรทีฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัลอีโอซิโนไฟเลีย/ มะเร็งช่องปาก/ แผลที่ไม่หาย

Received: April 07, 2020

Revised: March 06, 2021

Accepted: March 15, 2021

บทนำ

ทอมาติกอัลเซอเรทีฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัลอีโอซิโนไฟเลีย (Traumatic ulcerative granuloma with stromal eosinophilia; TUGSE) เป็นรอยโรคไม่ร้ายแรง พบได้น้อย มีหลายชื่อเรียกได้แก่ แผลอีโอซิโนฟิลิก (Eosinophilic ulcer)¹ หรืออีโอซิโนฟิลิกแกรนูโลมาของเนื้อเยื่ออ่อน (Eosinophilic granuloma of soft tissue) กรณีที่พบในเด็กจะเรียกว่าโรคริกกา-เฟเด (Riga-fede's disease)² สาเหตุของการเกิดโรคยังไม่เป็นที่แน่ชัด แต่เชื่อว่าการบาดเจ็บเป็นปัจจัยกระตุ้นให้เกิดโรค อย่างไรก็ตามสามารถพบรอยโรคในผู้ป่วยที่ปฏิเสธประวัติการได้รับบาดเจ็บ³

ลักษณะทางคลินิกโดยทั่วไปของโรคพบว่ามีลักษณะเป็นแผลพื้นเหลืองที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมีขอบยกแข็ง ผู้ป่วยอาจมีอาการเจ็บหรือไม่มีอาการเจ็บร่วมด้วยก็ได้ แผลสามารถหายได้เอง โดยมีระยะเวลาในการหายอยู่ที่ 1 สัปดาห์ ถึง 1 ปี³ มากกว่าครึ่งหนึ่งของรอยโรคพบที่บริเวณลิ้นโดยเฉพาะบริเวณด้านบนและด้านข้างลิ้น แต่ก็สามารถพบในบริเวณอื่นของช่องปากได้เช่นเดียวกัน^{2,4} โดยตำแหน่งอื่นที่มีรายงานได้แก่ กระพุ้งแก้ม บริเวณรีโทรโมลาร์ เพดานปาก พื้นช่องปาก และริมฝีปาก^{4,5} โรคนี้พบได้มากใน 2 ช่วงกลุ่มอายุ คือ ช่วงอายุ 2 ขวบปีแรกและช่วงอายุ 40-70 ปี เนื่องจากรอยโรคเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและหายช้า มักทำให้

ได้รับการวินิจฉัยแยกโรคร่วมกับโรคมะเร็งช่องปาก การติดเชื้อราแบบลึก (Deep fungal infection) แผลซิฟิลิส (Syphilis) แผลเนื้อตายจากการติดเชื้อแบคทีเรีย (Necrotizing bacterial infections) และแผลแกรนูโลมาตัส (Granulomatous ulcer)⁴

ลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาจะพบแผลของชั้นเยื่อผิวร่วมกับมีการแทรกซึมของเซลล์อักเสบหลายชนิดเข้ามาตั้งแต่เนื้อเยื่อชั้นบน ชั้นกล้ามเนื้อและลึกลงไปถึงต่อมน้ำลาย โดยเซลล์อักเสบเหล่านี้ประกอบด้วยอีโอซิโนฟิล (Eosinophil) และลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) เป็นหลัก นอกจากนี้ยังสามารถพบเซลล์อักเสบอื่นๆได้เช่น นิวโทรฟิล (Neutrophil) พลาสมาเซลล์ (Plasma cell) และฮิสติโอไซต์ (Histocyte)⁶⁻⁸ นอกนั้นคือการพบโมโนนิวเคลียร์เซลล์รูปร่างผิดปกติขนาดใหญ่ (Atypical large mononuclear cell) มีนิวเคลียสสีจาง และบางครั้งมีนิวเคลียสที่ผิดปกติ (Nuclear atypia) ปะปนมากับเซลล์อักเสบ⁹ โดยมีรายงานว่าเซลล์เหล่านี้ให้ผลบวกต่อ ซีดี 30 (CD30) ซึ่งเป็นโปรตีนที่พบบนผิวเซลล์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับของทูเมอร์เนโครซิส แฟกเตอร์ (Tumor necrosis factor receptor) และเป็นสารบ่งชี้มะเร็ง (Tumor marker)¹⁰

รอยโรคทอมาติกอัลเซอเรทีฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัลอีโอซิโนไฟเลีย โดยทั่วไปมักหายได้เองอย่างช้าๆ หรือหายหลังจากการตัดเนื้อออกตรวจ (Biopsy) สามารถพบ

การกลับมาเป็นซ้ำได้ แนะนำให้ทำการตัดเนื้อออกตรวจในกรณีที่ยังมีรอยโรคอยู่ยาวนานเกิน 3 สัปดาห์ การรักษาโดยทั่วไปคือการผ่าตัด หรือการฉีดสเตียรอยด์เข้าในรอยโรคกรณีที่มีการกลับมาเป็นซ้ำ¹¹

วัตถุประสงค์ของรายงานนี้เพื่อเสนอรายงานผู้ป่วยโรคทอมาติกอัลเซอร์ที่พากรู โลมวิทสโตรมัลลิโอซิโนฟีเลีย ขนาดใหญ่ที่ริมฝีปากที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับมะเร็งช่องปาก ชนิดสควอมีสเซลล์คาร์ซิโนมา ซึ่งได้รับการรักษาโดยการตัดชิ้นเนื้อออกบางส่วนและกำจัดสาเหตุของการบาดเจ็บ รวมไปถึงการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องบางส่วน

รายงานผู้ป่วย

ผู้ป่วยหญิงไทยอายุ 67 ปี ได้รับคำแนะนำจากทันตบุคลากรที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลใกล้บ้านให้มาพบทันตแพทย์ที่แผนกทันตกรรม โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชสระแก้ว มีอาการสำคัญคือเป็นแผลในปาก มีโรคประจำตัวคือ ความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง และโรคไตเรื้อรัง มีประวัติการรับประทานยาดังนี้ ยาแอมโลดิปีน (Amlodipine) ขนาด 5 มิลลิกรัม/วัน ยาซิมวาสแตติน (Simvastatin) ขนาด 20 มิลลิกรัม/วัน ยาไซโปรเฮปตาดีน (Cyproheptadine) ขนาด 4 มิลลิกรัม/วัน วิตามินบีรวม รับประทานวันละ 1 เม็ด ผู้ป่วยปฏิเสธการแพ้ยา ผู้ป่วยให้ประวัติเจ็บแผลที่ปากมาประมาณ 1 เดือน ก่อนหน้านั้นมีประวัติก้อนนูนและแผลที่มุมปากด้านซ้ายเป็น ๆ หาย ๆ มาประมาณ 1 ปีครึ่ง โดยที่ผ่านมาได้แวะเวียนมาได้รับการรักษาที่แผนกโสต สอนาสิก โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชสระแก้ว ตลอดการรักษาได้รับการตัดเนื้อออกตรวจทั้งสิ้น 4 ครั้ง โดย 3 ครั้งแรกผู้ป่วยได้รับการตัดชิ้นเนื้อที่กระพุ้งแก้มด้านซ้าย และครั้งสุดท้ายที่ริมฝีปากล่าง ทุกชิ้นได้ผลเป็นแผลเรื้อรังร่วมกับเนื้อเยื่อแกรนูเลชัน (Chronic ulcer with granulation tissue) ผู้ป่วยปฏิเสธการสูบบุหรี่ และ

การดื่มแอลกอฮอล์ แต่มีประวัติเกี่ยวหมากวันละประมาณ 20 คำ ต่อเนื่องมาประมาณ 50 ปี และมีประวัติได้รับการระคายเคืองจากการรับประทานหมากเป็นประจำ และฟันบนกัดบริเวณริมฝีปากล่างบ่อย ๆ

ลักษณะทางคลินิก

จากการตรวจภายนอกและภายในช่องปากพบว่า ผู้ป่วยมีแผลขอบขาวตั้งแต่บริเวณกระพุ้งแก้มด้านขวาขยายออกไปถึงกึ่งกลางของเยื่อเมือกริมฝีปากล่าง และพบว่าตั้งแต่บริเวณเยื่อเมือกริมฝีปากล่างด้านซ้ายไปจนถึงกระพุ้งแก้มด้านซ้ายแผลมีลักษณะแข็งขึ้นและผิวไม่เรียบ นอกจากนี้พบว่ามุมปากทั้ง 2 ข้างมีรอยโรคสีขาวที่ขูดไม่ออก ผู้ป่วยอ้าปากได้น้อยเนื่องจากปากตึงและมีอาการเจ็บแผล (รูปที่ 1) ในช่องปากมีฟันตั้งแต่ฟันเขี้ยวบนด้านขวาจนถึงฟันเขี้ยวบนด้านซ้ายซึ่งกัดสบลงโดนแผลตลอดเวลา โดยฟันทุกซี่ดังกล่าวมีสภาวะปริทันต์อักเสบ ผู้ป่วยมีสุขอนามัยในช่องปากที่ไม่ดี ตรวจภายนอกช่องปากไม่พบการบวมโตของต่อมน้ำเหลืองบริเวณขากรรไกรและใบหน้า จากการซักประวัติและลักษณะทางคลินิกที่พบให้การวินิจฉัยแยกโรคในส่วนของแผลเข้าได้กับ มะเร็งช่องปากชนิดสควอมีสเซลล์คาร์ซิโนมา ทอมาติกอัลเซอร์ที่พากรู โลมวิทสโตรมัลลิโอซิโนฟีเลีย และแผลจากการได้รับบาดเจ็บตรงรอยบาดเจ็บ (Traumatic ulcer) และให้การวินิจฉัยโรครอยขาวขูดไม่ออกเข้าได้กับ ลิ่วโคเพลเลีย (Leukoplakia) การติดเชื้อราแคนดิดาชนิดฝ้าขาวเรื้อรัง (Chronic hyperplastic candidiasis) และ เชื้อราผิวหนังด้านเหตุจากการเสียดสี (Frictional keratosis)

ผู้ป่วยได้รับการตัดชิ้นเนื้อออกตรวจบริเวณแผลขอบขาขาวเยื่อเมือกริมฝีปากล่างด้านซ้ายด้วยเทคนิคการตัดชิ้นเนื้อออกบางส่วน (Incisional biopsy) ภายใตยาชาเฉพาะที่และส่งตรวจทางจุลพยาธิวิทยา

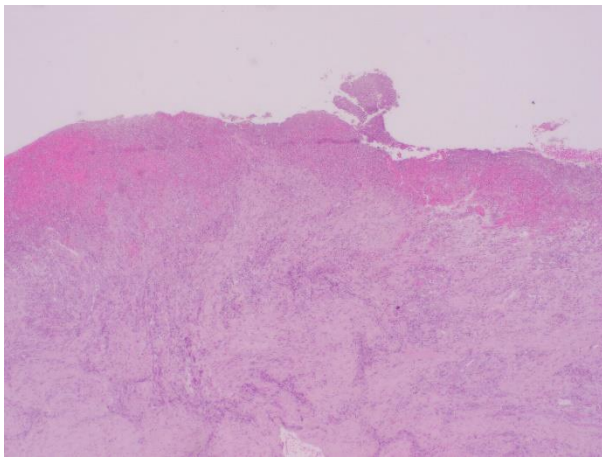


รูปที่ 1 การตรวจในช่องปากพบแผลขอบขาขาวตั้งแต่บริเวณกระพุ้งแก้มด้านขวาขยายออกไปถึงกึ่งกลางของเยื่อเมือกริมฝีปากล่าง และพบว่าตั้งแต่บริเวณเยื่อเมือกริมฝีปากล่างด้านซ้ายไปจนถึงกระพุ้งแก้มด้านซ้ายแผลมีลักษณะแข็งขึ้นและผิวไม่เรียบ

Figure 1 Intraoral examination demonstrates an ulcer with white keratotic margin extending from right buccal mucosa to mid-lower labial mucosa. From the left side of lower labial mucosa to left buccal mucosa, the lesion becomes indurate and irregular.

ลักษณะทางจุลพยาธิวิทยา

พบแผลที่ปกคลุมด้วยไฟบริโนพูเรนต์เมมเบรน (Fibrinopurulent membrane) (รูปที่2) บริเวณเยื่อเมือกที่ใกล้กับแผล พบว่ามี การหนาตัวของชั้นเยื่อเมือกช่องปากชนิด สตราติไฟด์สควอมาสแบบเคอราติโนไซต์ที่มีนิวเคลียสหรือไม่มี นิวเคลียส (Acanthotic hyperorthokeratized or hyperparakeratinized stratified squamous epithelium) พบเซลล์ที่มีนิวเคลียสติดสีเข้ม (Hyperchromatism) เซลล์หลากหลาย (Cellular pleomorphism) และพบการแบ่งตัวของเซลล์ ในตำแหน่งที่ใกล้กับแผล ซึ่งเป็น

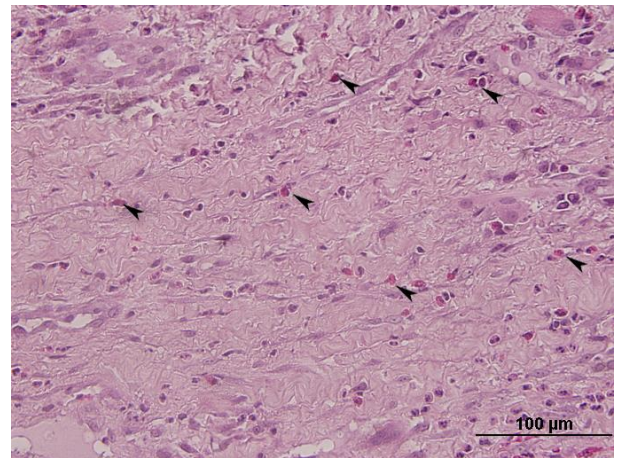


รูปที่ 2 ลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อที่ส่งตรวจ พบแผลที่ปกคลุมด้วยไฟบริโนพูเรนต์เมมเบรน ในชั้นเนื้อเยื่อเยื่อเมือกช่องปากชนิด สตราติไฟด์สควอมาสแบบเคอราติโนไซต์ที่มีนิวเคลียสหรือไม่มี นิวเคลียส (Acanthotic hyperorthokeratized or hyperparakeratinized stratified squamous epithelium) พบเซลล์ที่มีนิวเคลียสติดสีเข้ม (Hyperchromatism) เซลล์หลากหลาย (Cellular pleomorphism) และพบการแบ่งตัวของเซลล์ ในตำแหน่งที่ใกล้กับแผล ซึ่งเป็น

Figure 2 Histopathologic feature of biopsy tissue shows ulcerated area covered by a fibrinopurulent membrane. The underlying connective tissue contains a dense mixed inflammatory cell infiltrate. (Hematoxylin and eosin staining, 40x)

ลักษณะของรีแอคทีฟเอพิทีเลียลดิสเพลเซีย (Reactive epithelial dysplasia)

ในชั้นเนื้อเยื่อเยื่อเมือกช่องปากชนิด สตราติไฟด์สควอมาสแบบเคอราติโนไซต์ที่มีนิวเคลียสหรือไม่มี นิวเคลียส (Acanthotic hyperorthokeratized or hyperparakeratinized stratified squamous epithelium) พบเซลล์ที่มีนิวเคลียสติดสีเข้ม (Hyperchromatism) เซลล์หลากหลาย (Cellular pleomorphism) และพบการแบ่งตัวของเซลล์ ในตำแหน่งที่ใกล้กับแผล ซึ่งเป็น



รูปที่ 3 ลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อที่ส่งตรวจ พบการแพร่กระจายของอีโอซิโนฟิล (หัวลูกศร) ร่วมกับเซลล์อักเสบชนิดอื่น ๆ กระจายไปทั่วในชั้นเนื้อเยื่อเยื่อเมือกช่องปากชนิด สตราติไฟด์สควอมาสแบบเคอราติโนไซต์ที่มีนิวเคลียสหรือไม่มี นิวเคลียส (Acanthotic hyperorthokeratized or hyperparakeratinized stratified squamous epithelium) พบเซลล์ที่มีนิวเคลียสติดสีเข้ม (Hyperchromatism) เซลล์หลากหลาย (Cellular pleomorphism) และพบการแบ่งตัวของเซลล์ ในตำแหน่งที่ใกล้กับแผล ซึ่งเป็น

Figure 3 Histopathologic feature of biopsy tissue shows the scatter of eosinophils (arrow heads) with mixed inflammatory cell infiltrate throughout the connective tissue layer. (Hematoxylin and eosin staining, 400x)

การวินิจฉัยโรคขั้นสุดท้าย

จากการซักประวัติ ตรวจร่างกาย และผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการ ให้ผลการวินิจฉัยโรคขั้นสุดท้ายของแผลเป็น ทอมาติกอัลเซอร์ที่เพดานปาก (Tongue ulcer) พบการหนาตัวของชั้นเยื่อเมือกช่องปากชนิด สตราติไฟด์สควอมาสแบบเคอราติโนไซต์ที่มีนิวเคลียสหรือไม่มี นิวเคลียส (Acanthotic hyperorthokeratized or hyperparakeratinized stratified squamous epithelium) พบเซลล์ที่มีนิวเคลียสติดสีเข้ม (Hyperchromatism) เซลล์หลากหลาย (Cellular pleomorphism) และพบการแบ่งตัวของเซลล์ ในตำแหน่งที่ใกล้กับแผล ซึ่งเป็น

การรักษา

หลังจากตัดชิ้นเนื้อพบว่าแผลที่เคเป็นมีขนาดเล็กลง โดยเหลือแผลอยู่เฉพาะบริเวณมุมปากด้านขวา เนื่องจากพื้นที่ หลงเหลืออยู่ของผู้ป่วยมีสภาวะปริทันต์ที่ไม่ดี ไม่มีคูสและสบกับมุมปากล่างบริเวณที่เคเป็นแผลบ่อย จึงแนะนำให้

ผู้ป่วยถอนฟันบนออก ร่วมกับหยุดการรับประทานหมาก เพื่อลดปัจจัยที่ก่อให้เกิดการระคายเคือง อันจะเป็นสาเหตุให้โรคกลับมาเป็นซ้ำ จากติดตามผลการรักษา 1 เดือน 2 เดือน (รูปที่ 4) 3 เดือน และ 6 เดือน (รูปที่ 5) ยังไม่พบการกลับมาเป็นซ้ำของโรค แต่มีการดิ่งรังของแผลผ่าตัดทำให้อ้าปากได้น้อย ผู้ป่วยยังไม่สามารถเลิกรับประทานหมากได้ แต่ลดปริมาณการรับประทานลง มีแผนในการติดตามผลการรักษาและพฤติกรรมรับประทานหมากทุก 3 เดือน เพื่อเฝ้าระวังการกลับมาเป็นซ้ำ และการเกิดรอยโรคที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดเป็นมะเร็ง (Oral potentially malignant disorder)



รูปที่ 4 สองเดือนหลังการตัดชิ้นเนื้อ ยังไม่พบการเกิดแผลใหม่

Figure 4 Two months after biopsy, no recurrence of ulceration is observed.



รูปที่ 5 หกเดือนหลังการตัดชิ้นเนื้อ ยังไม่พบการเกิดแผลใหม่ ผู้ป่วยมีอาการปากได้น้อยและยังคงเคี้ยวหมากอย่างต่อเนื่อง

Figure 5 Six months after biopsy, no recurrence of ulceration is observed. The patient has a limited mouth opening due to scar contraction and she still has a betel quid chewing habit.

บทวิจารณ์

จากการซักประวัติและการตรวจทางคลินิกในผู้ป่วยรายนี้เนื่องจากลักษณะของแผลที่มีขนาดใหญ่ แฉก ผิวไม่เรียบ ให้ประวัติเป็นมาในระยะเวลา 1 เดือน และผู้ป่วยมีพฤติกรรมรับประทานหมากซึ่งเป็นปัจจัยหลักสำคัญของการเกิดโรคมะเร็งช่องปาก¹² จึงให้การวินิจฉัยแยกโรคทางคลินิกเป็นมะเร็งช่องปากชนิดสควอมัสเซลล์คาร์ซิโนมาเป็นอันดับแรก อย่างไรก็ตามเนื่องจากผู้ป่วยให้ประวัติการเป็นๆหายๆหลายครั้งในระยะเวลา 1 ปีครึ่ง ร่วมกับมีประวัติได้รับการตัดชิ้นเนื้อหลายครั้งในตำแหน่งเดิม ได้แก้ตำแหน่งกระพุ้งแก้มซ้าย 3 ครั้ง และริมฝีปากล่างด้านซ้าย 1 ครั้ง จึงอนุมานได้ว่าอาจจะมีการดีขึ้นหรือหายของรอยโรคหลังจากการได้รับการตัดชิ้นเนื้อแล้วมีการกลับมาเกิดรอยโรคขึ้นใหม่ ร่วมกับลักษณะแผลที่คล้ายคลึงกับรอยโรคมะเร็ง จึงให้การวินิจฉัยแยกโรคทางคลินิกเป็นทอมาติกอัลเซอร์ที่ฟิแกรนูโลมา

วิทสโตรมัลโอซิโนไฟเลียเป็นอันดับสอง และเนื่องจากผู้ป่วยมีประวัติการได้รับบาดเจ็บและการระคายเคืองจากการกัดและการเคี้ยวหมากจึงให้การวินิจฉัยแยกโรคทางคลินิกร่วมกับแผลจากการได้รับกษัตริยาบาดเจ็บ เป็นอันดับสุดท้าย

ลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาโดยทั่วไปของมะเร็งสควอมัสเซลล์คาร์ซิโนมา ประกอบด้วยการมีเซลล์เยื่อบุผิวที่ผิดปกติ (Dysplastic epithelial cell) ซึ่งจะมีการทำลายชั้นเบสเม้นท์เมมเบรนและรุกรานเข้าไปในชั้นเนื้อเยื่อเชื่อมต่อเซลล์เหล่านี้จะแสดงลักษณะของการเจริญที่ผิดปกติ ขาดการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ มีการสร้างเคอราตินที่ผิดปกติ มีการเพิ่มของอัตราส่วนระหว่างนิวเคลียสและไซโทพลาซึม และพบการแบ่งตัวของเซลล์ที่เพิ่มขึ้น¹³ แต่จากลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาที่พบในผู้ป่วยรายนี้พบเซลล์เยื่อบุผิวที่ผิดปกติใน

ตำแหน่งที่ติดกับแผลเท่านั้น ซึ่งเป็นผลของการตอบสนองต่อการอักเสบหรือเป็นการตอบสนองต่อการหายของแผล¹⁴ ซึ่งจากลักษณะดังกล่าว จึงให้การวินิจฉัยขั้นสุดท้ายของเยื่อผิวสีขาวบริเวณขอบแผลเป็นการหนาตัวของเยื่อผิว (Hyperkeratosis) อย่างไรก็ตามในผู้ป่วยรายนี้ไม่ได้ทำการตัดชิ้นเนื้อในส่วนของรอยโรคสีขาวที่ขูดไม่ออกบริเวณมุมปากทั้ง 2 ด้าน จึงไม่สามารถให้การวินิจฉัยโรคขั้นสุดท้ายของรอยโรคในส่วนนี้ได้

สำหรับลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาที่แสดงลักษณะแผลที่ปกคลุมด้วยไฟบริโนพวเรนที่เมมเบรน ร่วมกับมีเนื้อเยื่อแกรนูเลชันซึ่งมีการเคลื่อนเข้ามาของเซลล์อักเสบหลายชนิดนั้นสามารถพบได้ทั้งในแผลจากการได้รับอันตรายบาดเจ็บและแผลทอมาติกอัลเซอเรทีฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัลลิโอซิโนไฟเลีย แต่จุดสำคัญที่แตกต่างกันทางจุลพยาธิวิทยาระหว่างโรคทั้งสอง คือ ในทอมาติกอัลเซอเรทีฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัลลิโอซิโนไฟเลียจะพบการแทรกซึมของเซลล์อักเสบลงไปชั้นเนื้อเยื่อใต้ต่อที่ลึกกว่า และพบอีโอซิโนฟิลกระจายอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งการพบอีโอซิโนฟิลจำนวนมากเป็นลักษณะเฉพาะทางจุลพยาธิวิทยาของโรคนี้^{7,13,15} ดังนั้นจากลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาดังกล่าว ผู้ป่วยรายนี้จึงได้รับการวินิจฉัยขั้นสุดท้ายซึ่งเข้ากันได้กับทอมาติกอัลเซอเรทีฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัลลิโอซิโนไฟเลีย

มีรายงานถึงขนาดของแผลทอมาติกอัลเซอเรทีฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัลลิโอซิโนไฟเลียตั้งแต่ 0.3-6 เซนติเมตร ขนาดเฉลี่ย 1.2-1.8 เซนติเมตร¹ ผู้ป่วยรายนี้มีขนาดของแผลที่ใหญ่กว่าค่าเฉลี่ยมาก และแผลอยู่ที่ริมฝีปากซึ่งเป็นตำแหน่งที่พบได้น้อย จากลักษณะทางคลินิกจะเห็นได้ว่าผู้ป่วยมีลักษณะทางคลินิกที่คล้ายคลึงกับมะเร็งช่องปากมาก มีรายงานถึงความยากในการวินิจฉัยรอยโรคทางคลินิกของทอมาติกอัลเซอเรทีฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัลลิโอซิโนไฟเลีย โดยมักได้รับการเข้าใจผิดว่าเป็นโรคมะเร็งช่องปาก¹⁶ อันนำไปสู่การให้การรักษาที่เกินความจำเป็นได้¹⁷

หลายการศึกษาเชื่อว่าการบาดเจ็บของเยื่อผิวเช่น การกัดโดน การเสียดสี หรือการระคายเคืองเป็นปัจจัยกระตุ้นที่สำคัญในการเกิดโรคทอมาติกอัลเซอเรทีฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัลลิโอซิโนไฟเลีย¹³ อย่างไรก็ตามมีผู้ป่วยโรคนี้ที่ปฏิเสธประวัติการได้รับบาดเจ็บ มีรายงานถึงอัตราส่วนของผู้ป่วยที่มีประวัติการได้รับบาดเจ็บตั้งแต่ศูนย์ถึงหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์ของเคส โดยมีค่าเฉลี่ยของผู้ป่วยที่มีประวัติการได้รับบาดเจ็บอยู่ที่สามสิบเก้าเปอร์เซ็นต์¹ จากลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาของโรคได้มีการอภิปรายถึงความเป็นไปได้ในการเกิดโรคดังต่อไปนี้

ในทอมาติกอัลเซอเรทีฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัลลิโอซิโนไฟเลีย สามารถพบมาสต์เซลล์ (Mast cell) ได้มากกว่าเนื้อเยื่อปกติ นำไปสู่ความเชื่อว่าโรคนี้เป็นปฏิกิริยาการตอบสนองของเนื้อเยื่อ (Reactive tissue response) โดยการบาดเจ็บเป็นปัจจัยที่ทำให้เนื้อเยื่อได้รับสารกระตุ้นไม่ทราบชื่อ (Unknown antigen) อันนำไปสู่การแตกตัวของแกรนูโลมาสต์เซลล์ (Mast cell degranulation) และเหนี่ยวนำให้มีการเคลื่อนตัวเข้ามาของอีโอซิโนฟิล²

จากการศึกษาของ EI-Mofty และคณะ ในปี ค.ศ. 1993 ซึ่งศึกษาชนิดของเซลล์อักเสบที่เป็นองค์ประกอบของรอยโรคโดยกระบวนการอิมมูโนฮิสโตเคมีพบว่าลิมโฟไซต์ที่พบในรอยโรคโดยมากเป็นชนิดทีลิมโฟไซต์ ซึ่งสอดคล้องกับการพบเซลล์นำเสนอแอนติเจนที่จำเพาะกับทีเซลล์ (T cell specific antigen presenting cell) เป็นหลัก นำไปสู่ความเชื่อว่าการเกิดโรคมีความสัมพันธ์กับภูมิคุ้มกันแบบพึ่งเซลล์ (Cell mediated immunity)⁵

มีการตรวจสอบหาต้นกำเนิดของโมโนนิวเคลียร์เซลล์รูปร่างผิดปกติขนาดใหญ่ นิวเคลียสสีจางที่พบในรอยโรค มีรายงานถึงต้นกำเนิดของเซลล์ว่ามาจากเซลล์ต่าง ๆ กัน ได้แก่ แมกโครฟาจ (Macrophage) เนื่องจากให้ผลบวกต่อซีดี 68 (CD68)¹⁸ หรือ เดนไดรติกเซลล์ (Dendritic cell) เนื่องจากให้ผลบวกต่อแฟคเตอร์ 8 (Factor VIII)¹⁹ หรือ ไมโอไฟโบรบลาสต์ (Myofibroblast)⁵ เนื่องจากให้ผลบวกต่อไวเมนติน (Vimentin) นอกจากนี้มีการศึกษาที่พบว่าเซลล์เหล่านี้ให้ผลบวกต่อซีดี 30

ซีดี 30 เป็นทรานสมเมมเบรนโปรตีนพบบนบี หรือทีลิมโฟไซต์ที่ได้รับการกระตุ้น (Activated B or T lymphocyte)²⁰ นำไปสู่ความเชื่อว่าทอมาติกอัลเซอเรทีฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัลลิโอซิโนไฟเลีย อาจสัมพันธ์กับการตอบสนองของเนื้อเยื่อ¹ นอกจากนี้ซีดี 30 ยังสามารถพบได้บนเซลล์เนื้องอกลิมโฟยด์ (Neoplastic lymphoid cells) มีการศึกษาที่ตรวจหารูปแบบทางพันธุกรรมของยีนส์ทีเซลล์รีเซปเตอร์แกมมา (T cell receptor γ gene) บนเซลล์ที่ให้ผลบวกต่อซีดี 30 พบว่าในตัวอย่างที่เซลล์มีการเรียงตัวแบบกระจกระบายไม่พบลักษณะของเซลล์ที่มาจากต้นกำเนิดเดียว (Monoclonal) ขณะที่ตัวอย่างซึ่งมีการกระจุกตัวของเซลล์ที่ให้ผลบวกต่อซีดี 30 กลับพบลักษณะของเซลล์ที่มาจากต้นกำเนิดเดียว และในผู้ป่วยกลุ่มนี้มีประวัติของการกลับเป็นซ้ำของโรคหลายครั้ง³ จากลักษณะดังกล่าวนำไปสู่ความเชื่อว่าทอมาติกอัลเซอเรทีฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัลลิโอซิโนไฟเลีย อาจประกอบไปด้วยเซตย่อย (Subset) ของความผิดปกติจากเซลล์ลิมโฟยด์ที่ให้ผลบวกต่อ

ซีดี 30 เพิ่มจำนวน (CD30 positive lymphoproliferative disorder, CD30 + LPDs)^{10, 20}

อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับการแสดงออกของซีดี 30 และโรคนี้ยังขาดความชัดเจน อีกทั้งมีการศึกษาที่รายงานการแสดงผลต่อ โปรตีนอนาพลาสติก ลิมโฟมาไคเนส (Anaplastic lymphoma kinase protein) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงมะเร็งลิมโฟมาที่ให้ผลบวกต่อซีดี 30 (Large cell CD30+ lymphoma) ในชิ้นเนื้อที่ให้ผลบวกต่อ ซีดี 30 จึงเชื่อว่าทอมาติกอัลเซอร์เรทิฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัลโอไอซิโนฟีเลีย เกิดจากการตอบสนองของเนื้อเยื่อมากกว่า³ ดังนั้นผู้ป่วยที่ไม่ได้มีลักษณะทางคลินิก หรือข้อบ่งชี้อื่นๆที่เพียงพอ ควรให้การวินิจฉัยโรคอย่างระมัดระวังเพื่อหลีกเลี่ยงการให้การรักษาที่เกินความจำเป็น²¹ ทั้งนี้แล้วผู้ป่วยรายนี้ไม่ได้ทำการตรวจการให้ผลบวกต่อซีดี 30 แต่ในอนาคตก้าวผู้ป่วยมีการกลับมาเป็นซ้ำของโรคไม่ว่าจะในหรือนอกช่องปาก เชื่อว่าการตรวจการให้ผลบวกต่อซีดี 30 ร่วมกับการตรวจหาลักษณะเซลล์ที่มาจากต้นกำเนิดเดียวอาจจะมีบทบาทในการช่วยวินิจฉัยโรคที่แม่นยำขึ้น เพื่อวางแผนการรักษาที่เหมาะสม

จนปัจจุบันสาเหตุของการเกิดทอมาติกอัลเซอร์เรทิฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัลโอไอซิโนฟีเลีย ยังคงไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่สำหรับคำอธิบายถึงสาเหตุของการหายซ้ำของแผลนั้น พบว่าโอไอซิโนฟีลที่พบในแผล มีการแสดงออกของทรานสฟอร์มมิ่ง โกรทแฟกเตอร์อัลฟา (Transforming growth factor alpha; TGF- α) และ ทรานสฟอร์มมิ่ง โกรทแฟกเตอร์เบตา-วัน (Transforming growth factor alpha; TGF- β 1) ที่น้อยมาก ในขณะที่ โอไอซิโนฟีลที่พบในรอยโรคอื่นๆ มีการแสดงออกของไซโตไคน์ (Cytokine) ทั้ง 2 ในปริมาณมากนำไปสู่ความเชื่อว่าจะมีปัจจัยบางอย่างที่ไปควบคุมการแสดงออกของไซโตไคน์ในโอไอซิโนฟีลที่อยู่ในแผล อันเป็นสาเหตุของการหายของแผลที่ล่าช้า และกระบวนการตัดชิ้นเนื้อเป็นปัจจัยที่เข้าไปกระตุ้นให้เกิดกระบวนการหายของแผลตามปกติซึ่งนำไปสู่การหายของแผล²²

โดยปกติแล้วทอมาติกอัลเซอร์เรทิฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัลโอไอซิโนฟีเลีย สามารถหายได้เอง กรณีที่สามารถแยกโรคมะเร็งออกได้แล้ว สิ่งที่ทำเป็นที่สุดในการรักษาคือการหาสาเหตุของโรค และการกำจัดสาเหตุของการบาดเจ็บเรื้อรังของเยื่อผิวในช่องปาก เช่น การถอนฟัน การบูรณะฟันที่มีปัญหา หรือการแก้ไขฟันปลอม ซึ่งส่งผลต่อความสำเร็จในการรักษาเป็นอย่างมาก¹ กรณีไม่พบปัจจัยเฉพาะที่ทำให้เยื่อผิวได้รับบาดเจ็บ แนะนำให้หลีกเลี่ยงพฤติกรรมที่อาจจะทำให้เกิดการระคายเคืองแผล รับประทานอาหารอ่อน

หลีกเลี่ยงอาหารรสจัด ในกรณีที่มีอาการเจ็บปวดสามารถให้ยาแก้ปวดหรือใช้ยาชาเฉพาะที่เพื่อบรรเทาอาการ⁶ กรณีที่แผลคงอยู่นานเกิน 3 สัปดาห์แนะนำการตัดชิ้นเนื้อออกตรวจเพื่อส่งตรวจทางจุลพยาธิวิทยา

ผู้ป่วยรายนี้มีประวัติการเป็นซ้ำของโรคหลายครั้ง ในระยะเวลา 1 ปีครึ่ง จากการตรวจในช่องปากพบฟันบนที่โยกและอยู่ในตำแหน่งที่กดลงมาซึ่งแผลที่ริมฝีปากล่างซ้ายๆ เชื่อว่าฟันเหล่านี้เป็นปัจจัยกระตุ้นให้เกิดรอยโรค รวมถึงเป็นสาเหตุของการกลับมาเป็นซ้ำของรอยโรค หลังจากที่ได้ทำการนำเอาฟันที่มีปัญหาออก ติดตามผลการรักษาเป็นระยะเวลา 1 เดือน 3 เดือน และ 6 เดือน ยังไม่พบการกลับมาเป็นซ้ำ อย่างไรก็ตามผู้ป่วยรายนี้มีปัญหาการอ้าปากได้น้อยเนื่องจากการดึงรั้งของแผลเป็น อันเนื่องมาจากการเป็น ุหาย ุของแผล ร่วมกับการได้รับการตัดชิ้นเนื้อที่บริเวณริมฝีปากหลายครั้ง

จากประวัติการรักษาผู้ป่วยเคยได้รับการตัดและตรวจชิ้นเนื้อทางจุลพยาธิวิทยามาหลายครั้งแต่ไม่ได้รับการผลการวินิจฉัยที่ชัดเจน ซึ่งสาเหตุอาจเนื่องมาจากโรคนี้เป็นโรคที่พบได้น้อยและขาดความคุ้นเคยในกลุ่มพยาธิแพทย์ทั่วไป (General pathologist) มีรายงานถึงความยากในการวินิจฉัยรอยโรคในช่องปากโดยพยาธิแพทย์²³ อันนำไปสู่ข้อแนะนำในการหาความคิดเห็นที่สองในการวินิจฉัยโรคโดยการใช้แพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านจุลพยาธิวิทยาในสาขาเฉพาะโรคนั้นๆ เพื่อเพิ่มความถูกต้องและแม่นยำในการให้ผลการวินิจฉัยโรค อันนำไปสู่การรักษาที่เหมาะสม²⁴

ถึงแม้จากเอกสารทางวิชาการเกือบทั้งหมดจะไม่ได้กล่าวถึงความสามารถในการเปลี่ยนแปลงเป็นมะเร็งของโรค แต่จากรายงานผู้ป่วยของ Kumar และคณะในปี ค.ศ. 2020 พบผู้ป่วยเพศชายให้ประวัติสูบบุหรี่มีแผลคล้ายมะเร็งตำแหน่งข้างลิ้นที่ไม่หาย เป็นมา 1 เดือน ผลชิ้นเนื้อเป็นทอมาติกอัลเซอร์เรทิฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัลโอไอซิโนฟีเลีย เนื่องจากลักษณะแผลที่คล้ายมะเร็งผู้ป่วยจึงได้รับคำแนะนำให้ตัดชิ้นเนื้อออกตรวจซ้ำเพื่อยืนยันผล และติดตามอย่างใกล้ชิดเดือนละครั้ง ในช่วง 2 เดือนแรกแผลมีขนาดเล็กลง แต่ในเดือนที่ 3 พบว่าแผลมีลักษณะของการแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่ออย่างรวดเร็วและผู้ป่วยได้รับการตัดชิ้นเนื้อออกตรวจซ้ำอีกครั้งได้ผลเป็นมะเร็งช่องปากชนิดสควอโมสเซลล์คาร์ซิโนมา จึงนำไปสู่ข้อเสนอแนะให้ติดตามผู้ป่วยที่มีรอยโรคที่คล้ายคลึงกับเนื้อร้ายอย่างระมัดระวังและทำการตัดชิ้นเนื้อออกตรวจซ้ำในกรณีที่รอยโรคน่าสงสัย²⁵

ผู้ป่วยรายนี้มีขนาดของแผลที่ใหญ่กว่าค่าเฉลี่ยมาก นอกจากนี้ผู้ป่วยยังคงมีพฤติกรรมรับประทานหมากซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ ร่วมกับการมีรอยโรคสีขาวที่ขูดไม่ออกซึ่งอาจจะเป็นรอยโรคที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดเป็นมะเร็ง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องติดตามผู้ป่วยอย่างใกล้ชิดเพื่อติดตามการกลับมาเป็นซ้ำของโรค เฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงเป็นมะเร็งช่องปาก และเพื่อให้กำลังใจในการลดและเลิกหมากในผู้ป่วย รวมถึงวางแผนในการแก้ไขปัญหาคาถิงรังของแผลที่ริมฝีปากอย่างเหมาะสมต่อไปในอนาคต

บทสรุป

ทอมาติกอัลเชอเรทิฟแกรนูโลมาวิทสโตรมัลอีโอซิโนฟิลเลีย เป็นรอยโรคไม่ร้ายแรงที่พบได้น้อย มักถูกเข้าใจผิดเป็นมะเร็งช่องปากอันนำไปสู่การได้รับการรักษาที่เกินความจำเป็น การรู้จักและสามารถวินิจฉัยโรคได้เร็วและถูกต้องจะช่วยให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาที่ถูกต้องเหมาะสม และลดโอกาสการกลับมาเป็นซ้ำของรอยโรค

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ. ทพ. สุรวุฒน์ พงษ์ศิริเวช และ ผศ.ทพ. ณัฏฐพล จมูศรี ภาควิชาชีววิทยาช่องปากและวิทยาการวินิจฉัยโรคช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้คำแนะนำในการเขียนรายงานผู้ป่วย ขอขอบพระคุณ ทพญ.ฝนทิพย์ เลาหะวิสุทธ์ และห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่เอื้อเฟื้อภาพ และผลทางจุลพยาธิวิทยา

เอกสารอ้างอิง

- Segura S, Pujol RM. Eosinophilic ulcer of the oral mucosa: a distinct entity or a non-specific reactive pattern? *Oral Dis* 2008;14(4):287-95.
- Elzay RP. Traumatic ulcerative granuloma with stromal eosinophilia (Riga-Fede's disease and traumatic eosinophilic granuloma). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1983; 55(5):497-506.
- Hirshberg A, Amariglio N, Akrish S, et al. Traumatic ulcerative granuloma with stromal eosinophilia: a reactive lesion of the oral mucosa. *Am J Clin Pathol* 2006; 126(4):522-9.
- Shen W-R, Chang JY-F, Wu Y-C, Cheng S-J, Chen H-M, Wang Y-P. Oral traumatic ulcerative granuloma with stromal eosinophilia: A clinicopathological study of 34 cases. *J Formos Med Assoc* 2015;114(9):881-5.
- el-Mofty SK, Swanson PE, Wick MR, Miller AS. Eosinophilic ulcer of the oral mucosa. Report of 38 new cases with immunohistochemical observations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993;75(6):716-22.
- Butler JN, Kobayashi TT. Traumatic ulcerative granuloma with stromal eosinophilia: a malignant-appearing benign lesion. *Cutis* 2017;100(2):E28-31.
- Benitez B, Mülli J, Tzankov A, Kunz C. Traumatic ulcerative granuloma with stromal eosinophilia - clinical case report, literature review, and differential diagnosis. *World J Surg Oncol* 2019;17(1):184.
- Setti G, Martella E, Mancini C, Vescovi P, Magnoni C, Bellini P, et al. Self-healing CD30-T-clonal proliferation of the tongue: report of an extremely rare case. *BMC oral health* 2019;19(1):186.
- Segura S, Romero D, Mascaró Jr JM, Colomo L, Ferrando J, Estrach T. Eosinophilic ulcer of the oral mucosa: another histological simulator of CD30+ lymphoproliferative disorders. *Br. J. Dermatol.* 2006;155(2):460-3.
- Ficarra G, Prignano F, Romagnoli P. Traumatic eosinophilic granuloma of the oral mucosa: a CD30+ (Ki-1) lymphoproliferative disorder? *Oral Oncol* 1997; 33(5):375-9.
- Scully C. 57-Other conditions. In: Scully C, ed: *Oral and Maxillofacial Medicine* (Third Edition). 3rd ed: Churchill Livingstone;2013:397-410.
- Kampangsrri W, Vatanasapt P, Kamsa-Ard S, Suwanrungruang K, Promthet S. Betel quid chewing and upper aerodigestive tract cancers: a prospective cohort study in khon kaen, Thailand. *Asian Pac J Cancer Prev* 2013;14(7):4335-8.
- Neville BW DD, Chi AC, Allen CM. *Oral and maxillofacial pathology*. 4th ed. Missouri: Elsevier; 2016: 419-420.
- Sarode G, Sarode S, Sengupta N, Patil S. True epithelial dysplasia vs. reactive atypia/dysplasia: A pragmatic viewpoint. *Med Hypotheses* 2020;145:110349.

15. Bouquot J, Muller S, Nikai H. Lesions of the Oral Cavity. In: DR G, ed: Diagnostic surgical pathology of the head and neck. 2nd ed. Philadelphia: Saunders; 2009: 191-308.
16. Sah K, Chandra S, Singh A, Singh S. Eosinophilic ulcer of the tongue masquerading as malignant ulcer: An unexplored distinct pathology. J Oral Maxillofac Pathol 2017;21(2):321.
17. Kuhl S, Schulze R, Hansen T, Muller-Hermelink H, Hans-Ullrich V. Granuloma Riga-Fede (eosinophile traumatic ulcerative granuloma): A variant of a monoclonal CD30+ lymphoproliferative disorder. J Oral Maxillofac Pathol 2008;12:34.
18. Al-Talqani M, Abdullah B, Hameedi A. Clinicopathological and Immunohistochemical analysis of 21 cases of traumatic ulcerative granuloma with stromal eosinophilia using CD30, CD68 and TGF- β 1. JBCD 2018;30:45-53.
19. Regezi JA, Zarbo RJ, Daniels TE, Greenspan JS. Oral traumatic granuloma. Characterization of the cellular infiltrate. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1993; 75(6):723-7.
20. Soyele O, Adesina O, Ladeji A, Kuye K, Owotade F. Traumatic ulcerative granuloma with stromal eosinophilia: Review of the literature and case report. Afr J Med Health Sci. 2017;16(2):115-9.
21. Salisbury CL, Budnick SD, Li S. T-Cell Receptor Gene Rearrangement and CD30 Immunoreactivity in Traumatic Ulcerative Granuloma With Stromal Eosinophilia of the Oral Cavity. Am J Clin Pathol 2009;132(5):722-7.
22. Elovic AE, Gallagher GT, Kabani S, Galli SJ, Weller PF, Wong DTW. Lack of TGF- α and TGF- β 1 synthesis by human eosinophils in chronic oral ulcers. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1996;81(6):672-81.
23. Barret AW, Speight PM. Use of oral pathology services by general histopathologists and their attitudes to training of oral pathologists. J Clin Pathol 1996;49(7):565-9.
24. Binmadi N, Almazrooa S. The use of oral and maxillofacial pathology services by general pathologists and their attitude towards it in Saudi Arabia. Saudi Med J 2017;38: 857-62.
25. Kumar M, Vineetha R, Pai K, Kamath A, Chandrashekar C. Traumatic ulcerative granuloma with stromal eosinophilia (TUGSE)-A precursor of oral squamous cell carcinoma? Cumhuriyet Dent J 2020;23: 67-70.

ผู้รับผิดชอบบทความ

ภัทรมน ธนทรัพย์สิน

แผนกทันตกรรม

โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชสระแก้ว

อำเภอเมือง จังหวัดสระแก้ว

โทรศัพท์: 037 243 018

โทรสาร: 037 242 531

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: pattaramon_t@hotmail.com

Traumatic Ulcerative Granuloma with Stromal Eosinophilia: A Case Report

Tanasubsinn P*

Abstract

Traumatic ulcerative granuloma with stromal eosinophilia (TUGSE) is a rare benign self-limiting reactive lesion. Clinically it presents as asymptomatic to painful non-healing ulcer with raised and indurated border mimicking oral squamous cell carcinoma. Biopsy is indicated when oral malignancy cannot be excluded. The presence of eosinophil rich mixed inflammatory infiltration is the characteristic for diagnosis of TUGSE. Biopsy procedure can promote the healing process leading to normal wound healing. This report presents a case of 67-year-old female suffering from a large painful chronic ulcer with indurated and irregular surface at lower lip and left buccal mucosa. The patient had history of several recurrent episodes in one and a half year. Final diagnosis was acquired by histopathological report. The ulcer resolved spontaneously after tissue biopsy. The possible etiological factor was ruled out and removed. No recurrence was found after 6-month follow-up.

Keywords: Traumatic ulcerative granuloma with stromal eosinophilia/ TUGSE/ Oral squamous cell carcinoma/ Non-healing ulcer

Corresponding Author

Pattaramon Tanasubsinn

Dental Department,

Sakaeo Crown Prince Hospital,

Amphur Muang, Sakaeo, 27000

Tel.: +66 3 724 3018

Fax.: +66 3 724 2531

Email: pattaramon_1@hotmail.com

* Dental Department, Sakaeo Crown Prince Hospital, Amphur Muang, Sakaeo.

Root Sensitivity and the Possible Treatments with Nanomaterials

Sangkhamanee SS* Tansriratanawong K*

Abstract

Root sensitivity is a common complication that occurs after periodontal therapy. The etiology is multifactorial, which causes the exposure of dentin. The hydrodynamic theory is the underlying mechanism that describes dentin sensitivity. However, the exact mechanism of how root sensitivity occur is still unknown. This review comprises the prevalence, etiology and managements of root sensitivity. The effect of mechanical debridement on the structure of root is also included. Due to the increasing attention in nanotechnology and nanomaterials, the use of nanomaterials in the management of dentin hypersensitivity are reviewed as a part of the management improvement. Finally, the understanding of root sensitivity and the possible applications of nanomaterials in the treatment together with some research questions that may lead to more understanding and more satisfying managements for root sensitivity are discussed.

Keywords: Root sensitivity/ Dentin sensitivity/ Dentin hypersensitivity/ Tooth structure/ Nanomaterials/ Nanotechnology

Received: May 21, 2020

Revised: May 10, 2021

Accepted: June 17, 2021

Introduction

The aim of periodontal therapy is to create an environment that supports the patient in controlling plaque. Meticulous scaling and root planing are effective treatment modalities.¹ However, a complication of this treatment is gingival recession,² which exposes the dentin on the root surface due to the removal of infected cementum.³ The denuded dentin exposes dentinal tubules, which are the communication route between the oral cavity and pulp tissue, resulting in dentin sensitivity.⁴

Root sensitivity

1. Prevalence

The prevalence of root sensitivity reviewed by von Troil et al. demonstrates that 9-23% of root sensitivity occurs before periodontal treatment, and the prevalence increases to 54-55% after the treatment was performed.⁵ The severity of the root sensitivity increases during 1-3 weeks after periodontal treatment then slowly decreases.

2. Etiology

The etiology of cervical dentine sensitivity is multifactorial arising from exposed dentin. The cause may come from one or combination of following factors such as anatomical gap between cervical enamel and root cementum,

tooth brush abrasion, chemical erosion (extrinsic from acidic food and intrinsic from gastric regurgitation) and gingival recession.⁶ As cementum is thin and softer than enamel, the exposure of the root dentin from gingival recession can enable more rapid and extensive exposure of dentin. The factors involved in gingival recession are advancing age, chronic periodontitis, periodontal surgery, improper tooth brushing, orthodontic trauma, inadequate cervical restoration, dental malalignment, and high frenum attachment.⁶

The mechanism of dentin sensitivity is described by hydrodynamic theory.⁴ The movement of dentinal fluid within dentinal tubules can stimulate nerve fiber, leading to dentin sensitivity. The movement of dentinal fluid occurs when there is exposed dentin along with stimuli, including thermal changes, air blow, exploration, osmotic pressure and chemicals. To apply this mechanism to root sensitivity, it is possible that there is a gap between the enamel and cementum at the CEJ which appears in only 10% of all teeth.⁷

Considering the root structure together with this hydrodynamic theory, the cementum at the cervical 1/3 of the root length, which is commonly affected by periodontal

* Department of Oral Medicine and Periodontology, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Ratchathewi, Bangkok.

treatment, presents acellular extrinsic fiber cementum with a thickness of 50-200 μm .⁸ When scaling and root planing are performed with hand curettes and a piezoelectric ultrasonic scaler, the thickness of cementum 1 mm below the cemento-enamel junction decreases by $22.28 \pm 15.22 \mu\text{m}$ and $13.08 \pm 7.59 \mu\text{m}$.⁹ When calculating the thickness of cementum loss with the thickness of total cementum, it appears that there should be a thin layer of cementum left after scaling and root planing. If root sensitivity occurs according to the hydrodynamic theory, the minimal thickness of cementum that can protect the movement of dentinal fluid is another point of concern. On the contrary, there might be other unknown mechanisms in addition to the hydrodynamic theory under the root sensitivity after scaling and root planing. However, the study of root sensitivity mostly emphasizes on the prevalence. Therefore, the mechanism of root sensitivity and its association with periodontal parameters or root structure is needed to be elucidated.

3. Management

Management of root sensitivity should start with a correct diagnosis. The clinical management comprises of identification and treatment of the etiologic factors. Elimination of these factors by providing the patient with education, such as instruction on tooth brushing techniques and avoidance of dietary acids can lead to the prevention and slow progression of root sensitivity. Once the factors are controlled with the persistent symptoms, desensitizing agents are recommended to manage sensitivity. In general, the actions of the agents are categorized by two mechanisms, which are stabilizing/desensitizing nerve and occluding the exposed dentinal tubules.¹⁰ Commercial desensitizing agents are available as over-the-counter products and in-office treatment. The formers have advantages in the ease of use, convenience of self-application and easier access. However, they might require a long action time, such as several weeks. An in-office treatment is stronger and more powerful. It provides instant relief, but the effects may not last¹⁰.

Numerous desensitizing agents have been incorporated into toothpaste for daily use. Fluoride is known as an essential component adding to toothpaste or mouthwash to remineralize dentin in order to prevent caries. In addition,

fluoride can form calcium phosphorous precipitates, calcium fluoride (CaF_2) and fluorapatite (FAP) within the dentinal tubules, which then decrease the dentin permeability.¹¹ The crystals that occur are partially insoluble in saliva. However, there are various types of fluoride for dentin sensitivity management. As reviewed by Petersson in 2013, toothpaste containing sodium fluoride (NaF), sodium monofluorophosphate (MFP), or amine fluoride (AMF) with a concentration between 1,000 and 1,500 ppm can be simply used for prevention and control of dentin hypersensitivity.¹¹ Bioglass-containing toothpaste (Novamin[®]) showed the ability to occlude tubules of dentin discs and relatively reduce the permeability by 81.5%.¹² It also represented effective occlusion after brushing treatment and immersing in artificial saliva. A randomized clinical study showed that twice-daily brushing with an anhydrous 0.454 w/w stannous fluoride (SnF_2) dentifrice for 8 weeks significantly reduces dentin hypersensitivity.¹³

Various desensitizing agents are used for in-office treatment. Resin impregnation is considered to reduce dentinal fluid flow and can control dentin sensitivity. A study using unfilled bonding agents showed immediate and lasting blockage of sensitivity in both cats and humans.¹⁴ A randomized, double-blind, controlled clinical study in 2017 also confirmed the efficacy of resin-based materials in reducing dentin hypersensitivity for up to 6 months after treatment.¹⁵ In addition, there is a clinical study that evaluated the effectiveness of light-cured, resin-based dentin sealer to treat root sensitivity.¹⁶ The results showed a quick and effective reduction in root sensitivity after periodontal surgery and its desensitizing effect lasted beyond 30 days. Gluma Desensitizer[®] is another desensitizing product used nowadays. A double-blind, controlled, split-mouth designed clinical trial assessed the efficacy of Gluma Desensitizer[®] on dentin hypersensitivity in periodontally treated patients.¹⁷ The result indicated no significant difference between baseline and 4 weeks after treatment and also no significant differences between Gluma-treated group and water-treated control. Another short-term (4-week) randomized, double-blind, placebo-controlled, split-mouth study compared the efficacy of fluoride varnish (Clinpro XT varnish) with Gluma

Desensitizer^{® 18}. Both desensitizing agents showed decreased tooth sensitivity from baseline, in which Clinpro XT varnish significantly lowered the sensitivity score compared to Gluma and control. In addition to the desensitizing agents, many studies evaluated the effectiveness of laser or light amplification by stimulated emission of radiations in the management of dentin hypersensitivity. There are various proposed mechanisms of action of certain laser types in the relief hypersensitivity. Nd-YAG laser occludes dentinal tubules, while diode laser acts by coagulating proteins inside the dentinal tubules and blocking dentinal fluid movement.¹⁹

In patients with gingival recession, surgical periodontal procedures, such as root coverage, might be considered. However, the dentist should confirm that patients can follow oral hygiene care to control the condition and the underlying etiologic factors. In this group of patients, the management consists of initial phase of non-surgical periodontal therapy and dentin hypersensitivity treatment followed by re-evaluation of periodontal status and dentin hypersensitivity, then surgical periodontal surgery, including root coverage for corrective phase. Patients should subsequently enter the maintenance phase for supportive periodontal therapy, including follow-up dentin hypersensitivity and motivation for oral hygiene care.²⁰

According to the hydrodynamic theory, blocking the exposed dentinal tubules is an effective way to lessen sensitivity. The size of dentinal tubules is considerable to deal with the properties of materials used. There are three types of dentinal tubule branches; major branches, fine branches and microbranches.²¹ Major branches, 0.5-1.0 μm in diameter, locate at peripheral part of the dentin. Fine branches, 300-700 nm in diameter, are abundant in the root dentin. Microbranches, 25-200 nm in diameter, extend from the dentinal tubules in all parts of the dentin. The character of root dentin surface where there is sensitivity from grinding with bur shows higher numbers of dentinal tubules than those without sensitivity.²² The effect of dentinal tubule occlusion in currently used desensitizing agents is mostly short-term. They may be easily degraded by an acidic condition in the oral cavity or washed out by salivary flow. To find the

effective way for management dentin hypersensitivity, the ideal properties of material should be able to penetrate deep into the dentinal tubule, remineralize the exposed dentin and resist to acid challenge. Nanoparticles have been widely studied as they are candidates for management of dentin hypersensitivity.

Nanoparticles and nanotechnology used in dentistry

Nanotechnology is defined by International Organization for Standardization (ISO) as “application of scientific knowledge to manipulate and control matter predominantly in the nanoscale to make use of size-and structure-dependent properties and phenomena distinct from those associated with individual atoms or molecules, or extrapolation from larger sizes of the same material”.²³

According to the definition provided by ISO, nanoparticles are nano-objects with all external dimensions in the nanoscale where the lengths of the longest and the shortest axes of the nano-object do not differ significantly.²³ If the dimensions differ significantly (typically by more than 3 times), terms such as nanofiber or nanoplate may be preferred to the term nanoparticle. The term nanoscale is defined as the length range approximately from 1 nm to 100 nm.

Nanoparticles can be divided into various types depending on their morphology, size and chemical properties. Based on their physical and chemical properties, nanoparticles may be classified by Khan et al. as carbon-based nanoparticles, metal nanoparticles, ceramics nanoparticles, semiconductor nanoparticles, polymeric nanoparticles and lipid-based nanoparticles.²⁴

To date, nanotechnology has been incorporated in various fields, including dentistry. The research and innovation in nanodentistry will help the treatment in dentistry become increasingly effective. The application in dentistry has been reported in diagnosis, drug delivery, local anesthesia, orthodontic treatment. Moreover, nanomaterials have been incorporated in many types of dental materials such as materials for restoration, impression, dental implant, tissue engineering and dentin hypersensitivity treatment. In addition, various types of nanoparticles have been studied for

the management dentin hypersensitivity in order to improve the mechanical and chemical properties of the materials.

Hydroxyapatite is a major inorganic component of enamel, dentin and cementum. Nano-hydroxyapatite (nano-HA) has been widely studied due to dentin occlusion and remineralization properties. Dentifrices containing two different sizes of nano-HA were used to brush the dentin discs and evaluated for their effect on plugging the dentinal tubules.²⁵ The result showed that both dentifrices containing nano-HA provided better capacity on tubule occlusion and surface remineralization than calcium carbonate dentifrice. However, the plugging rate and atomic percentage of Ca and P of 80 nm nano-HA dentifrice group showed higher than those of 300 nm nano-HA dentifrice. Recently, a systematic review and meta-analysis showed that nano-HA containing desensitizing agent relieved dentin hypersensitivity from evaporation and tactile stimuli better than nano-HA-free treatment or placebo.²⁶ Besides the pure nano-HA, there is an attempt to increase the effectiveness of nano-HA with fluoride. The nano-fluoridated hydroxyapatite successfully penetrated into the dentinal tubules with a higher plugging rate and deeper penetrating depth than nano-HA, which exhibited the potential of this modified nano-HA to be used for treatment of dentin hypersensitivity.²⁷

Mesoporous silica nanoparticles have gained attention in biomedical applications due to their advantage properties, such as high internal surface area, tunable pore sizes and colloidal stability.²⁸ In 2014, an *in vitro* study of mesoporous silica nanoparticles showed that they could almost completely occlude dentinal tubules and seal about 105 μm deep into the tubules.²⁹ Mesoporous silica nanoparticles were also fabricated with nano-HA which effectively occluded dentinal tubules, resisted to acid and did not disturb the immediate bond strength between dentin and self-etch adhesive system.³⁰ Moreover, mesoporous silica was used as a carrier for nano-sized calcium carbonate particles mixed with phosphoric acid in order to develop biomaterials mimicking the dentin components, which precipitate deeper into the dentinal tubules.³¹ This biomaterial enabled Ca^{2+} and $\text{PO}_4^{3-}/\text{HPO}_4^{2-}$ ions to permeate the dentinal tubules and form

biomimetic crystals at the depth of approximately 40 μm with biocompatibility. The animal model in this study also confirmed the efficacy of the biomaterial in growing biomimetic crystals within dentinal tubules without irritating pulp after 70 days of application.³¹

Nano-scaled bioactive glass is another interesting nanomaterial. It demonstrated satisfactory results in total tubule occlusion with continuous homogeneous minerals to a depth of 20.6–24.7 μm .³² Since both bioactive glass and mesoporous silica nanoparticles show effective properties in tubule occlusion, Jung et al. coated mesoporous silica nanoparticles with bioactive glass nanoparticles and studied their effect on dentinal tubule occlusion and mineralization.³³ The coated nanoparticles effectively occluded tubules and formed a membrane-like layer. When the tooth discs were treated with these nanoparticles followed by acid challenge, the material with smaller size and larger surface area was more effective in acid resistance and remineralization. In addition, bioactive glass-coated mesoporous silica nanoparticles demonstrated higher rate of tubule occlusion and faster remineralization than uncoated ones.³³

Polymeric-based nanoparticles were loaded with various chemicals including zinc, calcium and doxycycline to improve the effectiveness for reducing dentin permeability and viscoelastic properties of cervical dentin.³⁴ The polymeric nanoparticles in the study were composed of 2-hydroxyethyl methacrylate backbone, ethylene glycol dimethacrylate cross-linker and methacrylic acid functional monomer. The polymeric nanoparticles themselves have approximately 90% of tubule occlusion after 7 days of application, while zinc-loaded and calcium-loaded nanoparticles increased the percentage of tubule occlusion to be 100%, which reflects the highest reduction of dentinal fluid flow. Moreover, the dentin treated with zinc-loaded nanoparticles showed higher complex modulus values at intertubular and peritubular dentin than those treated with calcium-loaded nanoparticles. Therefore, the results possibly assume that zinc-loaded nanoparticles were effective in dentin remineralization and tubule occlusion. However, doxycycline-loaded nanoparticles failed to show this effect.³⁴

The available desensitizing agents action through either stabilizing nerves or occluding the exposed dentinal tubules. On the other hand, when considering root sensitivity in periodontitis patients, there is the loss of cementum thickness from mechanical instrumentation. Thus, repair and regeneration of cementum may be another possible management of root sensitivity. Nuñez et al. mentioned the role of cementum-related and enamel-related proteins produced by Hertwig's epithelial root sheath cells in the differentiation of cementoblasts specifically in producing acellular extrinsic fiber cementum (AEFC).³⁵ The studies on cementum regeneration have been focused on these proteins, which could induce undifferentiated mesenchymal stem cells into the cementoblast phenotype.³⁵ The type and function of the newly-formed cementum are also important. The regenerated cementum should resemble AEFC, which was responsible for the attachment function and was usually affected by periodontitis.³⁶ Current researches on the cementum regeneration were reviewed as a part of periodontal tissue engineering.³⁷ Various methods were developed including the differentiation of cementoblast progenitors themselves, co-culture several cell types and cell sheet application.³⁶ There is a study showing the possible use of nanomaterial as a scaffold for cementogenic differentiation.³⁸ The author demonstrated that HA bioceramics with the hybrid of nanorods and microrods could promote cell adhesion, proliferation, alkaline phosphatase activity and osteogenic/ cementogenic-related marker expression *in vitro*.³⁸ The study about the efficacy of the nanomaterials to regenerate cementum on the denuded root is challenging due to the availability of blood supply, cell viability and containment of defect. Furthermore, the characteristics and properties of newly-formed cementum *in vivo* are required to be elucidated.

Various desensitizing agents in nanoscale have been shown the effective relief of dentin hypersensitivity. However, long-term follow-up clinical trials and meta-analysis are needed to be confirmed before definitive recommendations will be provided. In addition, the use of nanomaterials on cementum regeneration is another possible approach to treat root sensitivity, which requires tremendous exploration.

Conclusion

Root sensitivity is the common complication occurs after periodontal treatment. The mechanism is explained by the hydrodynamic theory. However, when considering root structure and the effect of mechanical debridement, there are some questions still needed to be answered. The management of root sensitivity is mainly focused on the materials that can either stabilize the nerve or occlude the dentinal tubules. Various studies have been investigated to get the ideal properties of materials, which can occlude the exposed dentinal tubules to a certain depth, resist to acidic condition in oral cavity and remineralize the affected tooth surface. Nanomaterials have become more interesting materials for the management since their nano-size can penetrate into the dentinal tubules with improved properties in acid resistance and remineralization. However, the clinical trials with long-term follow-up are important for the future application in clinical practice.

References

1. Deas DE, Moritz AJ, Sagun RS Jr, Gruwell SF, Powell CA. Scaling and root planing vs. conservative surgery in the treatment of chronic periodontitis. *Periodontol* 2000 2016;71(1):128-39.
2. Badersten A, Nilveus R, Egelberg J. Effect of nonsurgical periodontal therapy. II. Severely advanced periodontitis. *J Clin Periodontol* 1984;11(1):63-76.
3. Jones SJ. The root surface: an illustrated review of some scanning electron microscope studies. *Scanning Microsc* 1987;1(4):2003-18.
4. Brannstrom M. Dentin sensitivity and aspiration of odontoblasts. *J Am Dent Assoc* 1963;66 :366-70.
5. von Troil B, Needleman I, Sanz M. A systematic review of the prevalence of root sensitivity following periodontal therapy. *J Clin Periodontol* 2002;29(suppl 3):173-7.
6. Chabanski MB, Gillam DG. Aetiology, prevalence and clinical features of cervical dentine sensitivity. *J Oral Rehabil* 1997;24(1):15-9.

7. Vandana KL, Haneet RK. Cementoenamel junction: An insight. *J Indian Soc Periodontol* 2014;18(5):549-54.
8. Yamamoto T, Hasegawa T, Yamamoto T, Hongo H, Amizuka N. Histology of human cementum: Its structure, function, and development. *Jpn Dent Sci Rev* 2016;52(3):63-74.
9. Bozbay E, Dominici F, Gokbuget AY, S Cintan, L Guida, MS Aydin, et al. Preservation of root cementum: a comparative evaluation of power-driven versus hand instruments. *Int J Dent Hyg* 2018;16(2):202-09.
10. Mantzourani M, Sharma D. Dentine sensitivity: past, present and future. *J Dent* 2013;41(Suppl 4):S3-17.
11. Petersson LG. The role of fluoride in the preventive management of dentin hypersensitivity and root caries. *Clin Oral Investig* 2013;17(Suppl 1):S63-71.
12. Wang Z, Sa Y, Sauro S, Chen H, Xing W, Ma X, et al. Effect of desensitising toothpastes on dentinal tubule occlusion: a dentine permeability measurement and SEM in vitro study. *J Dent* 2010;38(5):400-10.
13. Tao D, Ling MR, Feng XP, Gallob J, Souverain A, Yang W, et al. Efficacy of an anhydrous stannous fluoride toothpaste for relief of dentine hypersensitivity: A randomized clinical study. *J Clin Periodontol* 2020; 47(8): 962-69.
14. Berman LH. Dentinal sensation and hypersensitivity. A review of mechanisms and treatment alternatives. *J Periodontol* 1985;56(4):216-22.
15. Canali GD, Ignacio SA, Rached RN, Souza EM. Clinical efficacy of resin-based materials for dentin hypersensitivity treatment. *Am J Dent* 2017;30(4):201-04.
16. Vaitkeviciene I, Paipaliene P, Zekonis G. Clinical effectiveness of dentin sealer in treating dental root sensitivity following periodontal surgery. *Medicina (Kaunas)* 2006;42(3):195-200.
17. de Assis Cde A, Antoniazzi RP, Zanatta FB, Rosing CK. Efficacy of Gluma Desensitizer on dentin hypersensitivity in periodontally treated patients. *Braz Oral Res* 2006; 20(3):252-6.
18. Ding YJ, Yao H, Wang GH, Song H. A randomized double-blind placebo-controlled study of the efficacy of Clinpro XT varnish and Gluma dentin desensitizer on dentin hypersensitivity. *Am J Dent* 2014;27(2):79-83.
19. Miglani S, Aggarwal V, Ahuja B. Dentin hypersensitivity: Recent trends in management. *J Conserv Dent* 2010; 13(4):218-24.
20. Gillam D, Chesters R, Attrill D, Brunton P, Slater M, Strand P, et al. Dentine hypersensitivity--guidelines for the management of a common oral health problem. *Dent Update* 2013;40(7):514-6,18-20,23-4.
21. Mjor IA, Nordahl I. The density and branching of dentinal tubules in human teeth. *Arch Oral Biol* 1996; 41(5):401-12.
22. Yoshiyama M, Masada J, Uchida A, Ishida H. Scanning electron microscopic characterization of sensitive vs. insensitive human radicular dentin. *J Dent Res* 1989; 68(11):1498-502.
23. Standardization IOF. Nanotechnologies-Plain language explanation of selected terms from the ISO/IEC 80004 series; 2017.
24. Khan I, Saeed K, Khan I. Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arab J Chem* 2019;12(7): 908-931.
25. Yuan P, Liu S, Lv Y, Liu W, Ma W, Xu P, et al. Effect of a dentifrice containing different particle sizes of hydroxyapatite on dentin tubule occlusion and aqueous Cr (VI) sorption. *Int J Nanomedicine* 2019;14 :5243-56.
26. de Melo Alencar C, de Paula BLF, Guanipa Ortiz MI, Magno MB, Silva CM, Maia LC. Clinical efficacy of nano-hydroxyapatite in dentin hypersensitivity: A systematic review and meta-analysis. *J Dent* 2019;82 :11-21.
27. Yu Q, Liu H, Liu Z, Peng Y, Cheng X, Ma K, et al. Comparison of nanofluoridated hydroxyapatite of varying fluoride content for dentin tubule occlusion. *Am J Dent* 2017;30(2):109-15.
28. Argyo C, Weiss V, Brauchle C, Bein T. Multifunctional mesoporous silica nanoparticles as a universal platform for drug delivery. *Chem. Mater.* 2014;26(1): 435-51.

29. Tian L, Peng C, Shi Y, Guo X, Zhong B, Qi J, et al. Effect of mesoporous silica nanoparticles on dentinal tubule occlusion: an in vitro study using SEM and image analysis. *Dent Mater J* 2014;33(1):125-32.
30. Yu J, Yang H, Li K, Lei J, Zhou L, Huang C, et al. A novel application of nanohydroxyapatite/ mesoporous silica biocomposite on treating dentin hypersensitivity: An in vitro study. *J Dent* 2016;50 :21-9.
31. Chiang YC, Lin HP, Chang HH, Cheng YW, Tang HY, Yen WC, et al. A mesoporous silica biomaterial for dental biomimetic crystallization. *ACS Nano* 2014; 8(12):12502-13.
32. Ma Q, Wang T, Meng Q, Xu X, Wu H, Xu D, et al. Comparison of *in vitro* dentinal tubule occluding efficacy of two different methods using a nano-scaled bioactive glass-containing desensitising agent. *J Dent* 2017;60 :63-9.
33. Jung JH, Park SB, Yoo KH, Bae MK, Lee DJ, Ko CC, et al. Effect of different sizes of bioactive glass-coated mesoporous silica nanoparticles on dentinal tubule occlusion and mineralization. *Clin Oral Investig* 2019; 23(5):2129-41.
34. Toledano-Osorio M, Osorio E, Aguilera FS, Medina-Castillo A, Toledano M, Osorio R. Improved reactive nanoparticles to treat dentin hypersensitivity. *Acta Biomater* 2018;72 :371-80.
35. Nuñez J, Vignoletti F, Caffesse RG, Sanz M. Cellular therapy in periodontal regeneration. *Periodontol* 2000 2019;79(1):107-16.
36. Liu J, Ruan J, Weir MD, Ren K, Schneider A, Wang P, et al. Periodontal bone-ligament-cementum regeneration via scaffolds and stem cells. *Cells* 2019;8(6):537.
37. Crossman J, Elyasi M, El-Bialy T, Flores Mir C. Cementum regeneration using stem cells in the dog model: A systematic review. *Arch Oral Biol* 2018;91 :78-90.
38. Mao L, Liu J, Zhao J, Chang J, Xia L, Jiang L, et al. Effect of micro-nano-hybrid structured hydroxyapatite bioceramics on osteogenic and cementogenic differentiation of human periodontal ligament stem cell via Wnt signaling pathway. *Int J Nanomedicine* 2015;10 :7031-44.

Corresponding Author

Kallapat Tansriratanawong

Department of Oral Medicine and Periodontology,

Faculty of Dentistry, Mahidol University,

Ratchthewi, Bangkok 10400.

Tel.: 02 200 7841

Fax: 02 200 7840

E-mail: kallapat.tan@mahidol.ac.th,

อาการเสียวรากฟันและการรักษาด้วยวัสดุนาโน

สุจิวรรณ สืบบุก สังขมณี* กัลย์ภัทร ตันศรีรัตนวงศ์*

บทคัดย่อ

อาการเสียวรากฟันเป็นภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นได้หลังการบำบัดรักษาโรคปริทันต์ อาการเสียวรากฟันเกิดจากปัจจัยหลายอย่างประกอบกัน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ทำให้มีการเผยตัวของท่อเนื้อฟัน กลไกการเกิดอาการเสียวฟันได้มีการอธิบายด้วยทฤษฎีไฮโดรไดนามิก อย่างไรก็ตามกลไกของการเกิดอาการเสียวรากฟันยังคงไม่ทราบแน่ชัด บทความนี้จึงมีการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับความชุก สาเหตุ และการจัดการกับอาการเสียวรากฟัน รวมถึงผลของการการอุดหินน้ำลายและเกลารากฟันที่ส่งผลต่อโครงสร้างของผิวรากฟัน ปัจจุบันนาโนเทคโนโลยีได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นเนื่องจากวัสดุนาโนมีคุณสมบัติที่ดีต่างไปจากวัสดุเดิม จึงได้รวบรวมการศึกษาที่พัฒนาการใช้วัสดุนาโนเพื่อจัดการกับอาการเสียวฟัน บทความปริทัศน์นี้ได้อภิปรายถึงกลไกการเกิดอาการเสียวรากฟัน ความเป็นไปในการนำวัสดุนาโนมาใช้เพื่อรักษาอาการเสียวรากฟัน และคำถามงานวิจัยที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจนำไปสู่ความเข้าใจเกี่ยวกับกลไกการเกิดอาการเสียวรากฟันและการรักษาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำไชรหัส: อาการเสียวรากฟัน/ อาการเสียวฟัน/ ภาวะเนื้อฟันไวเกิน/ โครงสร้างฟัน/ วัสดุนาโน/ นาโนเทคโนโลยี

ผู้รับผิดชอบบทความ

กัลย์ภัทร ตันศรีรัตนวงศ์

ภาควิชาเวชศาสตร์ช่องปากและปริทันตวิทยา

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์: 02 200 7841

โทรสาร: 02 200 7840

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: kallapat.tan@mahidol.ac.th

การบริหารจัดการทันตกรรมพร้อมมูล: นิยามและเคล็ดลับการสอน

นัยนา บุรณชาติ* สิริรัก ศุภอมรกุล** ธาวิ จำปรัตน์* สมชัย มโนพัฒนกุล*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของบทความปริทัศน์นี้คือทบทวนวรรณกรรมทั้งในเรื่องแม่แบบหลักของทฤษฎีการศึกษาและการจัดการเรียนการสอนแบบจิตปัญญาศึกษา เพื่อนิยามและอธิบายเทคนิคในการส่งเสริมการเรียนรู้การบริหารจัดการทันตกรรมพร้อมมูลของนักศึกษาทันตแพทย์ โดยส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ ด้วยการสอนแบบมนุษยนิยมและศึกษาสำนึก หรือแท้จริงแล้วก็คือใช้ “การสื่อสารด้วยความเมตตา” ต่อผู้เรียนนั่นเองโดยผู้สอนเริ่มมีขั้นตอนแรกที่เรียกว่าด้วย “การฟังอย่างลึกซึ้ง” จะสามารถนำไปสู่การเป็นผู้ส่งเสริมการเรียนรู้ กระบวนการหรือผู้อำนวยให้เกิดทันตแพทยศาสตรศึกษาได้ ซึ่งก็จะส่งผลดีต่อ อาจารย์ นักศึกษาทันตแพทย์และผู้ป่วยอันถือเป็นเป้าหมายสูงสุด คาดหวังว่าผู้วางนโยบายการศึกษาจะเล็งเห็นถึงความสำคัญและเป็นการกำลังสำคัญยิ่งในการรังสรรค์ให้ก้าวเล็ก ๆ ของการเริ่มต้นนี้ เป็นก้าวกระโดดที่ยิ่งใหญ่ของวงการทันตแพทยศาสตรศึกษาไทย

คำไชรหัส: การบริหารจัดการทันตกรรมพร้อมมูล/ แม่แบบหลักของทฤษฎีการศึกษา/ การจัดการเรียนการสอนแบบจิตปัญญาศึกษา/ การสื่อสาร/ การร่วมรู้สึก/ เมตตา

Received: Jan 28, 2020

Revised: June 12, 2021

Accepted: June 16, 2021

บทนำ

การดำริเริ่มเล็งเห็นความสำคัญ และการวางรากฐานการสอนของการบริหารจัดการทันตกรรมพร้อมมูล (Comprehensive dental care) ในประเทศไทยได้มีมานานแล้ว รวมถึงได้มีการจัดตั้งให้มีการเรียนการสอนในด้านนี้ให้เกิดขึ้นในหลายสถาบันการศึกษา ในระยะหลัง ด้วยความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีส่งผลให้มีการพัฒนาทางทันตกรรมอย่างรวดเร็วนำมา ส่งผลให้การบริหารจัดการทันตกรรมในเชิงเทคนิคทำได้ง่ายขึ้น ใช้เวลาสั้นลง และลดทักษะงานฝีมือลงกว่าก่อน พบว่าความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้นักศึกษาแพทย์ลดการสื่อสารแบบมนุษยนิยม (Humanistic communication) กลับไปส่งเสริมการสื่อสารแบบเครื่องจักรหรือหุ่นยนต์มากขึ้น¹ ยิ่งไปกว่านั้น นักศึกษาแพทย์ฝึกหัดที่ต้องสอนนักศึกษาแพทย์ก็รู้สึกว่าการฝึกฝนทักษะการสื่อสารกับผู้ป่วยในเรื่องที่สลับซับซ้อนหรือการแจ้งข่าวร้าย² และยังพบว่า การได้รับการฝึกฝนทางด้านการสื่อสารช่วยให้สอนได้อย่างมั่นใจ³ อาจเป็นด้วยเหตุนี้เองที่ทำให้หลักสูตรทันตแพทยศาสตรในต่างประเทศเล็งเห็นถึงความสำคัญของวิชาและเทคนิคการสอนที่ผนวกทักษะการสื่อสารแบบมนุษยนิยมเพื่อนำไปสู่การบริหารจัดการทันตกรรมพร้อมมูลมากขึ้น โดยบรรจุไว้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาในหลักสูตร⁴⁻⁶ สำหรับ

ประเทศไทยเริ่มมีผู้เล็งเห็นถึงความสำคัญและเริ่มบรรจุเทคนิคการสอนด้านนี้มากขึ้น⁷⁻¹⁰ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะทักษะการสื่อสารแบบมนุษยนิยมที่นำไปสู่การบริหารจัดการทันตกรรมพร้อมมูลมีความสำคัญต่อการบริหารจัดการทันตกรรมในอนาคต กล่าวคือ ช่วยลดความขัดแย้ง ความไม่มั่นใจและความเครียด¹¹ ดังนั้น การอธิบายความหมายของการบริหารจัดการทันตกรรมพร้อมมูลแบบมนุษยนิยมและการสอนในแบบที่มีเทคนิคการสอนที่น่าสนใจจึงสมควรได้รับการส่งเสริมเป็นอย่างยิ่ง

อุปสรรคประการหนึ่งของการศึกษาเรื่องการบริหารจัดการทันตกรรมพร้อมมูลคือ ข้อจำกัดด้านทรัพยากรตำราหนังสือ งานวิจัย บทความ ในภาษาไทยที่ยังไม่แพร่หลายมากนัก¹²⁻¹⁶ จึงยังคงต้องการการเผยแพร่ ปรับให้ทันสมัย อีกทั้งความเข้าใจในการบริหารจัดการทันตกรรมพร้อมมูล ในปัจจุบันยังต้องการแนวทางการอธิบายรวมไปถึงการสื่อสารที่ชัดเจนของผู้สอนเพื่อนำไปสู่ความเข้าใจ และการปฏิบัติได้จริงของผู้เรียนและทำให้อาจารย์ทันตแพทย์มีส่วนร่วม (Engage) มากขึ้น¹⁷ ซึ่งควรมีเอกสารหรือสื่อในภาษาไทยที่มีความน่าสนใจเพิ่มขึ้น รวมไปถึงมีความต้องการคำนิยามหรือคำอธิบายความหมายของการบริหารจัดการทันตกรรมพร้อมมูลที่เข้าใจ

* ภาควิชาทันตกรรมทั่วไปชั้นสูง คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ราชเทวี กรุงเทพฯ

** โรงเรียนทันตแพทยศาสตรนานาชาติ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ราชเทวี กรุงเทพฯ

ง่าย ซึ่งในบทความปริทัศน์นี้ ได้รวบรวมและนำเสนอการ สอนทักษะการสื่อสารแบบมนุษยนิยม การสอนเช่นนี้เน้นการ ฟังอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะเชื่อมโยงส่งผลให้เกิดความเข้าใจและ เข้าถึงนิยามของการบริหารทางทันตกรรมพร้อมมูลได้แม่นยำ มากขึ้น ปฏิบัติให้เกิดได้ง่ายขึ้นรวมทั้งช่วยถ่ายทอดและ สื่อสารการศึกษาเรื่องการบริหารทางทันตกรรมพร้อมมูลให้ เป็นที่เข้าใจได้มากขึ้น^{18,19}

บทความปริทัศน์นี้ เริ่มต้นจาก การทบทวนแม่แบบ หลักของทฤษฎีการศึกษา (Mainstreaming education) และการ จัดการเรียนการสอนแบบจิตตปัญญาศึกษา (Contemplative pedagogy) ซึ่งตามแม่แบบหลักของทฤษฎีศึกษานั้น เน้น ส่งเสริมการพัฒนาคุณลักษณะที่สำคัญสามด้านคือ ด้าน พฤติกรรมการเรียนรู้ (Learning behavioral attribute) ด้านปริชาน (Cognitive attribute) และด้านภาพสร้าง (Constructivist attribute) โดยให้ผู้สอนหมั่นเฝ้าดูและประเมินรูปแบบและ ระยะเวลาของการพัฒนาการเรียนรู้ (Style and stage of learning development) ของผู้เรียนเพื่อออกแบบการ ให้คำแนะนำ (Instructional design) อย่างเหมาะสม ส่วนในทางการจัดการ เรียนการสอนแบบจิตตปัญญาศึกษานั้นเป็นการปฏิบัติเพื่อ การเรียนรู้ตนเอง โดยใช้หลัก 7 ตัวอักษรซีในภาษาอังกฤษ โดยเริ่มจากกิจกรรมที่ง่าย ทำได้บ่อย สนุก และผู้เรียนสนใจ เช่น การฟังอย่างลึกซึ้ง ซึ่งในที่สุด ทั้งสองแนวทางการศึกษา มาบรรจบกันที่การบริหารร่วมรู้สึก (Empathic care) และการ บริหารทางทันตกรรมพร้อมมูล (รูปที่ 1) ซึ่งทำให้เกิด ความหมายในใจผู้บริบาลตามนิยามหลักการบริหารทางทัน ตกรรมพร้อมมูล พร้อมนำเสนอเทคนิคในการส่งเสริมการ เรียนรู้จากทฤษฎีทั้งสอง ต่อด้วยวิธีการเริ่มสอนโดยมีเคล็ดลับ การสอนผนวกไว้ด้วย เป็นที่คาดหวังว่าบทความนี้จะช่วย สร้างความเข้าใจต่อการบริหารทางทันตกรรมพร้อมมูลมาก ขึ้น เพื่อนำไปสู่ความเจริญก้าวหน้าทางทันตแพทยศาสตร ศึกษา และน้อมนำให้ผู้วางนโยบายให้ความสำคัญต่อการ บริหารทางทันตกรรมพร้อมมูลเพื่อส่งผลดีต่อ อาจารย์ นักศึกษาทันตแพทย์และผู้ป่วย อันถือเป็นเป้าหมายสูงสุดของ ทันตแพทยศาสตรศึกษา

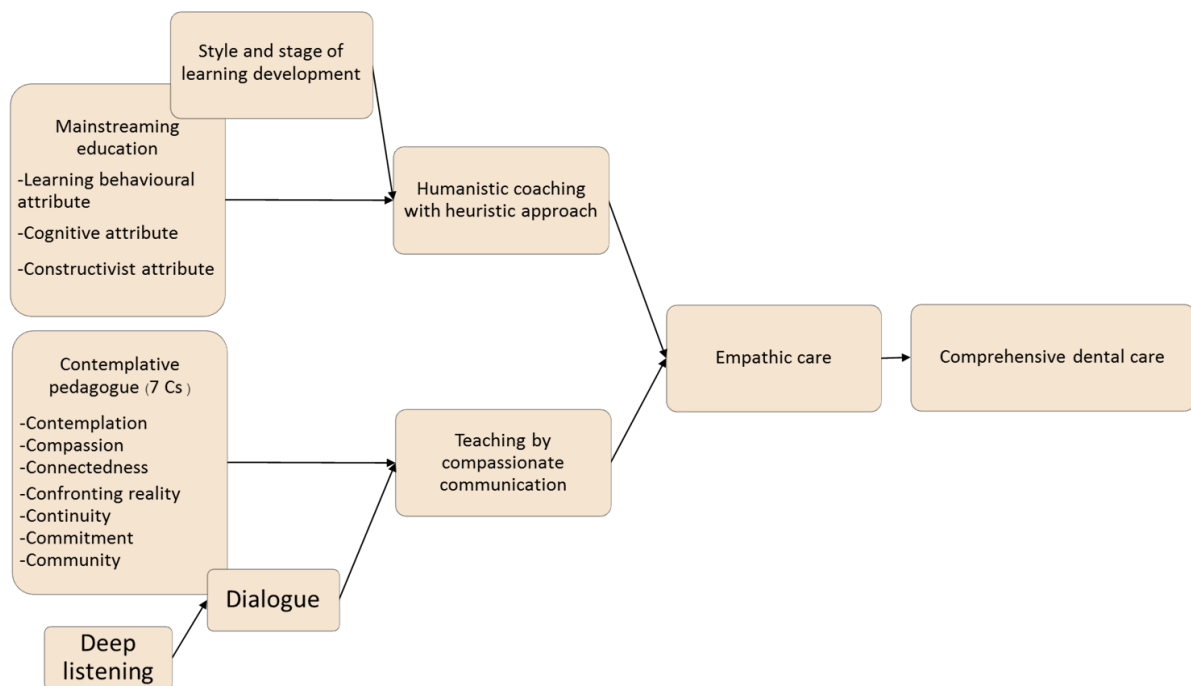
แม่แบบหลักของทฤษฎีการศึกษา แม่แบบหลักของ ทฤษฎีการศึกษากล่าวถึงการเรียนรู้ว่า ผู้เรียนมีหลักการเรียนรู้ บนพื้นฐานการพัฒนาคุณลักษณะที่สำคัญสามด้านคือ ด้าน พฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านปริชาน และด้านภาพสร้าง²⁰ โดย

- คุณลักษณะด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ หมายถึง การ พัฒนาคุณลักษณะ การกระทำ กิริยาอาการที่แสดงออกทาง ร่างกาย ความคิด หรือความรู้สึกเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้า คือ ผู้สอนสังเกตการกระทำ กิริยาอาการของผู้เรียนเพื่อทราบและ เน้นสอนให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน การสอน เน้นการตอบสนองต่อสิ่งเร้าด้วยใจของผู้เรียนที่สนุกกับการ เรียนเป็นหลัก เหมาะสมกับการศึกษาขั้นต้น

- คุณลักษณะด้านปริชาน หมายถึง การพัฒนาการ กระทำหรือกระบวนการทางสมอง ผ่านทางความคิด ประสพการณ์ และประสาทสัมผัส ผู้สอนฟังลดความ สลับซับซ้อนของบทเรียน ทำให้เข้าใจง่าย จำได้เร็วและเรียก กลับมาใช้ได้ทันทั่วทั้งที่ที่ต้องการ เหมาะกับการเรียนรู้ใน ทฤษฎีที่สลับซับซ้อนขึ้น

- คุณลักษณะทางด้านภาพสร้าง หมายถึง การเรียนรู้ที่ ขึ้นกับคุณลักษณะภายในของตัวผู้เรียนที่จะสร้างขึ้นมาเฉพาะ ในตัวผู้เรียนเอง โดยผู้เรียนจะนำข้อมูลจากบทเรียนที่ได้รับ จากผู้สอน มาทบทวน ผสมผสานและใคร่ครวญอีกครั้ง และ สร้างเป็นบทเรียนภายในของตนเอง เหมาะกับบทเรียนที่มี ความสลับซับซ้อนมาก ผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานในบทเรียนดี มี การพัฒนาคุณลักษณะด้านภาพสร้างมาก่อน มีประสบการณ์ ในการปรับตัวเพื่อการเรียนรู้บทเรียนที่ยังไม่มีโครงสร้าง ทางการเรียนรู้มาก่อน หรือมีโครงสร้างการเรียนรู้ไม่ชัดเจน เช่น การประดิษฐ์นวัตกรรม

คุณลักษณะทั้งสามนี้ มีอยู่ในตัวผู้เรียนทุกคน และ ผู้เรียนแต่ละคนก็มีคุณลักษณะเฉพาะสำหรับการเรียนในแต่ละ วิชาที่อาจแตกต่างกัน ขึ้นกับประสบการณ์การเรียนรู้ในแต่ละ วิชา จึงอาจคาดได้ว่ามีรูปแบบและระยะเวลาของการพัฒนาการเรียนรู้ ที่ผู้สอนอาจฟังเข้าใจได้ว่า ผู้เรียนถนัดหรือมีคุณลักษณะใด โดดเด่น ผู้เรียนมีการเรียนรู้อยู่ในระยะใด และผู้สอนพึงเลือก ที่จะออกแบบการ ให้คำแนะนำ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ (Instructional design) ให้เหมาะสมกับ คุณลักษณะ สภาวะ และระยะเวลาของการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน²¹⁻²⁴ (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 การสอนการบริหารทางทันตกรรมพร้อมมูลตามแบบมนุษยนิยมและแบบศึกษาสำนึก (Humanistic and Heuristic) ร่วมกับการสื่อสารแบบมีเมตตาตามแม่แบบหลักของทฤษฎีการศึกษา เน้นการพัฒนาคุณลักษณะคือ ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านปรีชาญาณ และด้านภาพสร้าง ผู้สอนพึงวิเคราะห์รูปแบบและระยะของการพัฒนาการเรียนรู้ เพื่อออกแบบการให้คำแนะนำ (Instructional design) อย่างเหมาะสม ทฤษฎีจิตตปัญญาศึกษาเน้นการปฏิบัติเพื่อการเรียนรู้ตนเอง มีหลักการตาม 7 ตัวอักษรซีในภาษาอังกฤษ ในทางแม่แบบหลักของทฤษฎีการศึกษาให้ออกแบบการสอนแบบมนุษยนิยมและศึกษาสำนึก ในเชิงจิตตปัญญาศึกษาให้เริ่มจากการฟังอย่างลึกซึ้ง ซึ่งในที่สุด ทั้งสองแนวทางการศึกษามารวมกันที่การบริหารร่วมรู้สึก และการบริหารทางทันตกรรมพร้อมมูล

Figure 1 Comprehensive dental care teaching with humanistic and heuristic approaches using compassionate communication. Mainstreaming education emphasizes the development of learning behavioral, cognitive, and constructivist attributes. Instruction is designed with regard to students' styles and stages of learning development. Contemplative pedagogy stresses on self-awareness pertaining to 7 Cs components. While mainstreaming education proposes the humanistic and heuristic approaches, contemplative pedagogy insinuates deep listening as the first coaching step. Finally, these two educational theories mutually lead to empathic and comprehensive dental care.

การจัดเรียนการสอนแบบจิตตปัญญาศึกษา หากจะอธิบายในอีกมุมมองหนึ่งและเป็นไปตามสมัยนิยม นั่นคือการออกแบบการให้คำแนะนำเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ที่สามารถเกิดขึ้นได้ด้วยการสอนให้มีความรู้ภาวะ หรือ การส่งเสริมการรู้ภาวะ หรือ จิตตปัญญาศึกษา คือให้มีความรู้สภาวะภายใน ในปัจจุบันขณะของตนเอง รู้เท่าทันความคิด ความรู้สึก อารมณ์ ของตน เพื่อนำไปสู่ความมั่นคง ผ่อนคลาย และเข้าใจวิธีการเรียนรู้ของตนเอง โดยเรียนรู้ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ การฝึกนี้ใช้หลัก 7 ตัวอักษรซีในภาษาอังกฤษ²⁵ (รูปที่ 1) อันได้แก่

- การรู้ภาวะ (Contemplation) คือ การเข้าสู่สภาวะในใจที่เหมาะสมต่อการเรียนรู้ ไม่ตื่นเต้นหรือเครียดจนเกินไป
- ความเมตตา (Compassion) คือการโอบอุ้มดูแลจากผู้สอนด้วยบริบทที่เกื้อกูลต่อการเรียนรู้ แสดงความห่วงใยใน

แง่ความรู้สึกของผู้เรียน รวมถึงการจบการสอนด้วยการกล่าวชื่นชมในการเรียนรู้ของผู้เรียน

- การเชื่อมโยง (Connection) คือ การช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงประสบการณ์การเรียนรู้ให้นำไปใช้ในการทำงานได้
- ความมุ่งมั่น (Commitment) คือการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความตั้งใจมุ่งมั่นเพื่อเอื้อให้ผู้เรียนนำการเรียนรู้ไปใช้ได้อย่างต่อเนื่อง
- การเผชิญหน้า (Confrontation) คือการเปิดให้ผู้เรียนเผชิญหน้ากับการเรียนรู้ใหม่ เพื่อเข้าถึงศักยภาพของตนเองต่อการเรียนรู้
- ความต่อเนื่อง (Continuity) คือการเสริมศักยภาพของผู้เรียนไปสู่การเรียนรู้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

- ประชาคม (Community) คือความรู้สึกร่วมกันของผู้เรียนให้เป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ รวมถึงการสร้างเครือข่ายแลกเปลี่ยนเรียนรู้

ซึ่งการฝึกนี้มักเริ่มต้นจากกิจกรรมหลากหลายที่ผู้เรียนมีความปรารถนาต้องการทำอย่างไม่รู้จักเห็นคั่นและสามารถทำได้บ่อย หรือสามารถทำได้แม้กระทั่งในชีวิตประจำวัน²⁶ หนึ่งในนั้นคือ การฝึกการฟังอย่างลึกซึ้ง (Deep listening) และ สุนทริยสนทนา (Dialogue) ดังนั้นนอกจากผู้สอนที่ฟังเข้าใจในทฤษฎีการเรียนรู้อย่างถ่องแท้และเลือกที่จะออกแบบการให้คำแนะนำเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละบุคคล ในแต่ละโอกาสและหัวข้อการสอนให้เหมาะสมแล้ว ผู้เรียนเองก็สามารถพัฒนาทักษะในการเรียนรู้ด้วยตนเองไปพร้อมกันได้^{11,20,27}

นิยามของการบริหารทางตันกรรมพร้อมมูลและเคล็ดลับการสอน ในบทความปริทัศน์ฉบับนี้ เลือกใช้ทั้งสองแนวทางคือ ทั้งในแม่แบบหลักของทฤษฎีการศึกษา และการจัดการเรียนการสอนแบบจิตตปัญญาศึกษามาผสมผสานกัน ซึ่งในท้ายที่สุดก็พบว่าทั้งสองแนวทางก็มาบรรจบที่แนวทางการศึกษาแบบเดียวกัน ในทางทฤษฎีการศึกษา การออกแบบนี้ใช้แนวการส่งเสริมการเรียนรู้เพียงสองแนวทางนั่นคือ แบบมนุษยนิยมและแบบศึกษาสำนึก¹⁸ คือ การส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้แบบใช้ความเป็นมนุษย์สื่อสารต่อกัน (แบบมนุษยนิยม)¹⁹ โดยฝึกการเรียนรู้จากการใช้กระบวนการของประสบการณ์สดใหม่ ในปัจจุบันขณะ (แบบศึกษาสำนึก)^{6,28,29} (รูปที่ 1) ผู้สอนจะรับรู้ถึงสถานะของ ตนเอง ผู้เรียนและผู้ป่วยโดยทั้งหมด ไม่มีความคิดใดคัดกรองไว้ก่อนและปราศจากการตัดสิน เป็นเหตุให้ผู้สอนพร้อมสอนและสามารถรับรู้สถานะของผู้เรียน ผู้สอนจึงสามารถเลือกออกแบบการให้คำแนะนำเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับคุณลักษณะ สถานะ และระยะของการเจริญเติบโตของการเรียนรู้ของผู้เรียนว่าที่ ณ จุดเวลานั้น สถานะนั้น ผู้สอนพึงพัฒนาคุณลักษณะที่สำคัญด้านใดจากทั้งสามด้าน คือ ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านปรีชา และด้านภาพสร้าง ซึ่งก็ล้วนแล้วแต่มีจุดเด่นที่เหมาะสมในแต่ละสถานะของผู้เรียนแต่ละคน

แท้จริงแล้วก็อาจสามารถเขียนให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นโดยใช้ทฤษฎีทางจิตตปัญญาศึกษาว่าควรมีกระบวนการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ โดยใช้ “การสื่อสารด้วยความเมตตา” ต่อผู้เรียนนั่นเอง³⁰ การส่งเสริมการเรียนรู้นี้ เกิดจากความมั่นคงในใจของผู้สอนในทุกขณะที่จะรับรู้ถึงสถานะของ ตนเอง ผู้เรียนและผู้ป่วยโดยทั้งหมด ผู้สอนจะเกิดความปรารถนา

ขึ้นเอง เป็นความปรารถนาที่จะช่วยให้ผู้ป่วยพ้นจากความเจ็บป่วย ปรารถนาให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียนอย่างแท้จริงว่า ผู้เรียนจะทำให้ผู้ป่วยพ้นจากความเจ็บป่วยได้อย่างไร ปรารถนาให้ผู้เรียนพ้นจากความทุกข์ ความกลัว ความไม่รู้ หรือคิดว่ารู้ไม่พอ ผู้เรียนสามารถเข้าใจและรู้เท่าทันถึงความคาดหวังในตัวผู้เรียนเองว่า มีความคาดหวังที่ต้องได้ปริมาณงานครบตามที่หลักสูตรกำหนดและได้คุณภาพของงานชนิดที่สมบูรณ์แบบที่สุด ทั้งที่ผู้เรียนยังขาดประสบการณ์สำหรับการประเมินความสมบูรณ์แบบที่อยู่บนพื้นฐานของความเป็นจริง รวมทั้งผู้เรียนยังต้องเผชิญกับสภาวะความกดดันรอบด้านและข้อกำหนดต่าง ๆ เช่น ปริมาณงานชิ้นต่ำในระยะเวลาที่จำกัด และที่สำคัญที่สุดคือความกังวลใจว่าเพื่อน อาจารย์ และผู้ป่วยจะคิดกับตนว่าอย่างไร เช่น เมื่อทำงานผิดพลาด³¹ ด้วยการที่อาจารย์สามารถรับรู้ความรู้สึก และ สามารถรู้สึกร่วม (Empathize) กับผู้เรียนได้ ความมั่นคงในใจนี้จะนำไปสู่การสื่อสารด้วยความเมตตาของอาจารย์ พร้อมกันนั้นอาจารย์ก็ให้การดูแล และกำลังสื่อสารกับ “รุ่นน้องที่กำลังฝึกกริยาโรค” คล้ายคลึงกับการรักษาผู้ป่วยเหมือนเป็นคนในครอบครัว³² ดังประโยคสนทนา เช่น

“น้องเริ่มกรอไปก่อน ถ้ามีอะไรที่รู้สึกไม่สบายใจหรือไม่พร้อม ขอให้บอกพี่ได้ทันที พี่พร้อมที่จะช่วยนะครับ (คะ)”

“ถ้ารู้สึกว่ามันหนัก หรือทำไม่ได้ ให้พี่ทำให้ดูก่อนได้นะ”

ในขณะเดียวกันก็ออกแบบการส่งเสริมการเรียนรู้เพื่อโอกาสให้กับผู้เรียนที่ปรับตัวได้เร็วได้เรียนรู้ไปด้วยตนเอง ดังประโยคว่า

“อยากทำเองหรือให้พี่ทำให้ดูก่อนก็ได้ครับ (คะ)”

คุณลักษณะเหล่านี้เมื่อได้รับการเอาใจใส่จากผู้สอนก็จะนำไปสู่ความสามารถที่ไม่เป็นเพียงการรู้ข้อมูล แต่เข้าใจรับรู้และรู้สึกได้อย่างแท้จริงถึงความรู้สึกเจ็บป่วย ไม่สบายกาย ไม่สบายใจของผู้ป่วย (I feel how you feel, not I know how you feel.)³³ ทำให้นักศึกษาทันตแพทย์สามารถดูแลที่ “ความเจ็บป่วย” หรือ อวัยวะที่มีปัญหา และยังขยายการรับรู้หรือจุดโฟกัสไปที่ “ความเจ็บป่วยของผู้ป่วย” ในขณะเดียวกันก็สามารถมองเห็นตัวผู้ป่วยได้ทั้งหมด ตลอดไปจนรับรู้และเข้าใจได้ถึงความคิด ความเชื่อที่เป็นที่มาของการเกิดอาการเจ็บป่วย ความรู้สึกเจ็บป่วยนี้ ผู้ป่วยอาจเข้าใจว่าเป็นผลมาจากโรคทางกาย หรืออาจเป็นผลมาจากสภาวะทางจิตใจ อารมณ์

สังคม ผู้เรียนจะขยายความเข้าใจไปถึงบริบทชีวิตที่มีผลต่อการตัดสินใจในการเลือกแผนการรักษา รวมทั้งผลกระทบจากการรักษาที่มีต่อวิถีชีวิต นอกจากจะสามารถรับรู้ และรู้สึกได้จริงถึงความรู้สึกของผู้ป่วยแล้วยังสามารถแสดงออกให้ผู้ป่วยรับรู้ได้ว่า การรับรู้นี้ได้เกิดขึ้นแล้วในตัวผู้บริบาล ซึ่งก็มักจะเป็นการแสดงออกด้วยภาษาพูดและภาษาทักทายเหล่านี้รวมเรียกว่าการบริบาลร่วมรู้สึก (Empathic care)^{32,34,35} การบริบาลเช่นนี้เองช่วยให้ผู้ป่วยได้รับการดูแลอย่างครอบคลุม ทั้งการดูแลสุขภาพ การป้องกันโรค การรักษาและการฟื้นฟูสุขภาพและสอดคล้องกับวิถีชีวิตของแต่ละบุคคล ผู้ป่วยก็จะสัมผัสได้ถึงการดูแลและสามารถให้ความร่วมมือในการรักษา การดูแลป้องกันได้ดีขึ้น ส่งผลให้ผลลัพธ์การรักษาเป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้น³²

หากอธิบายมาถึงจุดนี้แล้วก็จะเห็นได้ว่า มีการเขียนนิยามของการบริบาลทางทันตกรรมพร้อมมูล ดังกล่าวว่า “การบริบาลทางทันตกรรมพร้อมมูล คือ การบริบาลที่ช่วยให้ผู้ป่วยได้รับการดูแลอย่างครอบคลุมทั้งการดูแลสุขภาพ การป้องกันโรค การรักษาและการฟื้นฟูสุขภาพและสอดคล้องกับวิถีชีวิตของแต่ละบุคคล” นิยามนี้สามารถเกิดในใจของผู้บริบาลขึ้นมาได้โดยเสรีสรรพ ตรงกับที่มีผู้แสดงหลักฐานที่มีไว้¹²⁻¹⁶ มิต้องมีกรรมวิธี ขั้นตอนที่ยู่ยากแต่ประการใด

การสื่อสารด้วยความเมตตา การสื่อสารตามนิยามของพจนานุกรม ราชบัณฑิตยสถาน ฉบับ พ.ศ. 2554 สรุปได้ว่าเป็นวิธีการนำถ้อยคำ ข้อความ หรือหนังสือ จากบุคคลหนึ่งหรือสถานที่หนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่งหรืออีกสถานที่หนึ่ง ส่วนความเมตตาได้มีคำบัญญัติไว้ในพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถานว่าคือ ความรักและเอ็นดู ความปรารถนาจะให้ผู้อื่นได้สุข เป็นหนึ่งในพรหมวิหาร 4 คือ เมตตา กรุณา มุทิตา อุเบกขา³⁶ แปลโดยตรงแล้ว การสื่อสารด้วยความเมตตาในที่นี้ก็คือ วิธีการนำข้อมูลจากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่งโดยมีความรัก ความเอ็นดู ความปรารถนาจะให้ผู้อื่นได้สุขเป็นสื่อ นำไป ซึ่งในขั้นตอนนี้จะขออธิบายในอีกนัยหนึ่งว่าการสื่อสารด้วยความเมตตานี้ ควรเริ่มด้วยการอธิบายเรื่องการสื่อสารก่อน ซึ่งรูปแบบหนึ่งของการสื่อสารที่มีความสำคัญมาก ก็คือการฟัง ซึ่งรวมไปถึงระดับและรูปแบบของการฟัง การสื่อสารของมนุษย์ในชีวิตประจำวันนั้นประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ การฟัง การพูด การอ่าน และการเขียน มนุษย์พัฒนาการสื่อสารโดยเริ่มจากการฟังก่อนจึงนำไปสู่ทักษะอื่นตามมานอกจากนี้ ยังจะเห็นได้ว่ามนุษย์ใช้เวลาในแต่ละวันไปกับการฟังมากที่สุด คือประมาณร้อยละ

ห้าสิบ การฟังการฟังจึงเป็นประโยชน์มาก เพราะมีเวลาในการฟังมากที่สุด^{37,38} ดังนั้นการฟังจึงมีความสำคัญในการกำหนดความสำเร็จของการสื่อสารอย่างมาก การฟังมีการแบ่งได้เป็นระดับต่าง ๆ 4 ระดับตามแนวคิดของ Claus Otto Scharmer^{39,40} ตามทฤษฎีการฟังแบบตัวอักษรยู ในภาษาอังกฤษ (Theory U) การฟัง 4 ระดับ อธิบายได้ ดังนี้

1. ฉันในตัวฉัน (ฟังแบบดาวน์โหลด) [I in me (Downloading)] ฟังแบบยืนยันในสิ่งที่เชื่อไว้แล้ว มีการตัดสินใจผู้พูดอย่างอัตโนมัติและเกิดขึ้นเร็วมาก ก่อนที่จะรับข้อมูลทั้งหมด

2. ฉันในมัน (ฟังตามเหตุผลจริง) [I in it (Factual)] เป็นการเลือกฟังเรื่องราวที่แตกต่างจากที่รู้ มีความใส่ใจ จับประเด็นสาระ ยังมีการตัดสินใจโดยใช้เหตุผล กฎ ระเบียบเป็นหลัก

3. ฉันในตัวเธอ (ฟังร่วมรู้สึก) [I in you (Empathic)] เป็นการฟังอย่างเข้าใจ เข้าใจ รับรู้ความรู้สึกของผู้อื่นได้จริง แต่ยังระแวงความเป็นตัวเรา ถ้ามีคำพูดกระทบตัวตนจะปกป้องทันที

4. ฉันในปัจจุบันขณะ (ฟังก่อกำเนิด) [I in now (Generative)] เป็นการฟังที่รู้ทันปัจจุบันขณะ คลายความคิดเดิม ข้ามผ่านความกลัวการสูญเสียตัวตน เกิดพื้นที่ว่างและรับองค์ความรู้ใหม่ร่วมกัน

การฟัง เป็นกระบวนการทำงานภายในตัวผู้ฟัง คือการทำงานกับ ความคิดคล้อยตาม หรือ อคติที่เกิดขึ้นภายในระหว่างการฟังซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและเป็นกระบวนการเกือบอัตโนมัติ การฟังมีหลายรูปแบบส่งผลต่อระดับการฟังที่ต่างไป การฟังที่ต่างกันย่อมส่งผลต่อตัวผู้ฟัง²⁹ ซึ่งสามารถอธิบายและเทียบเคียงกับการฟังในระดับต่าง ๆ ดังนี้

การฟังแบบคล่อง (Active listening) คือ การฟังอย่างตั้งใจ พยายามเข้าใจในเนื้อหา ใจความของสิ่งที่ผู้พูดต้องการสื่อ^{1,41} การฟังแบบนี้ตรงกับระดับการฟังแบบฉันในตัวฉัน ตามนิยามของ Otto Scharmer

การฟังร่วมรู้สึก (Empathic listening) ไม่เป็นเพียงแค่การรับฟังเฉพาะแต่ในสิ่งที่ผู้พูดพูดออกมา แต่เปิดใจยอมรับ เข้าใจเข้าใจในอารมณ์และความรู้สึกของผู้พูดซาบซึ้งใจในความเป็นมนุษย์อย่างเสมอภาคกัน มองเห็นโลกในแบบที่เป็นจริง⁴² การฟังแบบนี้ตรงกับระดับการฟังแบบฉันในตัวเธอ

การฟังอย่างมีสติ (Mindfulness listening) เป็นการฟังในขณะที่มีสติ รู้สึกตัวอยู่ในปัจจุบันขณะ เป็นการฟังที่มีความเห็นอกเห็นใจ เมตตา สนับสนุนให้กำลังใจ และมีความเชื่อใจ ความเชื่อใจที่ไม่ได้หมายถึงการเห็นด้วยแต่เชื่อในสิ่งที่ผู้พูดพูดออกมา ไม่ว่าจะเป็นดีหรือไม่ดี แต่ผู้พูดได้พูดออกมาตามจริงจากสิ่งที่ได้ประสบมา การฟังแบบนี้ตรงกับระดับการฟังแบบฉันทในปัจุบันขณะ^{36,37}

การฟังอย่างลึกซึ้ง ได้รับการนำเสนอโดย David Joseph Bohm นักฟิสิกส์ผู้แต่งตำราชั้นนำทางฟิสิกส์ ประสาทจิตวิทยาและปรัชญาจิต (Neuropsychology and Philosophy of mind) หลายเล่ม โดย Bohm กล่าวถึงการฟังอย่างลึกซึ้งว่าเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญของ สุนทรียสนทนา ซึ่งสุนทรียสนทนานี้ตามคำแปลภาษากรีก หมายถึง คำที่ทะลุปรุโปร่ง มีหลักสำคัญ 4 ประการ คือ การฟังอย่างลึกซึ้ง การให้เกียรติเคารพซึ่งกันและกัน การพักการตัดสิน และการเปิดเผยเสียงภายในใจ การสนทนาแบบนี้ก่อให้เกิดความเข้าใจซึ่งกันและกัน เรียนรู้ร่วมกันผ่านทางคำพูด และนำไปสู่การอยู่ร่วมกันของผู้สนทนาได้อย่างสงบสุข ซึ่งการฟังอย่างลึกซึ้ง เป็นประตูด่านแรกของการสนทนาแบบเปิดกว้าง โดยการใช้ทั้งตัว หัวใจ ในการอยู่กับคนที่นั่งอยู่ตรงหน้า พูดคุยอย่างเปิดใจเพื่อรับฟังอย่างลึกซึ้ง ฟังเพื่อสำรวจ ความคิด ความเชื่อ สมมติฐานของตนเองแล้ววางลง อีกทั้งเพื่อยกระดับสมาธิ และมีความตั้งใจฟังอย่างเต็มที่ ทำความเข้าใจต่อกันและกัน และคิดต่อยอดร่วมกันโดยไม่ตัดสินถูกผิด การฟังอย่างลึกซึ้ง เมื่อได้ฝึกจนชำนาญแล้ว มีความหมายและอยู่ในระดับเดียวกับการฟังอย่างมีสติ ทั้งลักษณะการปฏิบัติและเป้าหมายของการฟัง การฟังอย่างลึกซึ้งจึงนำไปสู่การเรียนรู้และการอยู่ร่วมกันขององค์กรอย่างมีความสุขตามแนวคตินุสรณ์สนทนา^{11,37}

การฟังอย่างลึกซึ้งของผู้สอน จะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกลดลงจากการถูกตัดสินของผู้สอน กล่าวที่จะบอกสิ่งที่ไม่รู้หรือไม่มั่นใจในการดูแลผู้ป่วยอย่างตรงไปตรงมา การที่ผู้เรียนกล้าบอกความจริงนั้น เกิดผลดีคือ ผู้สอนได้สอนในสิ่งที่ผู้เรียนยังไม่รู้ให้ได้รู้ จากประสบการณ์ตรงหน้าทันที และผู้ป่วยได้รับการดูแลที่เหมาะสมปลอดภัยจากหมอ และการฟังอย่างลึกซึ้งยังช่วยให้ผู้สอนเข้าใจผู้เรียนแต่ละคนตามความเป็นจริงถึงประสบการณ์การเรียนทั้งบรรยายและปฏิบัติที่ผู้เรียนเคยผ่านมา ไม่เช่นนั้นผู้สอนอาจใช้ประสบการณ์ในอดีตของผู้สอนมาตัดสินผู้เรียน เช่น หากผู้สอนในวัยนี้เคยสามารถทำทักษะบางอย่างได้ดี แต่เมื่อเจอเด็กที่ทำทักษะเดียวกันไม่ได้ มีแนวโน้มที่ผู้สอนจะเผลอตัดสินผู้เรียนว่าขาด

ความรู้ความสามารถในการดูแลผู้ป่วย แต่ถ้าผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เล่าให้ฟัง ผู้สอนอาจได้รับคำตอบว่า

“หนู/ผมไม่เคยทำสิ่งนี้มาก่อนเลย เคยเห็นแต่ในแล็บ”

การฟังอย่างลึกซึ้งของผู้สอน จึงเป็นการสอนด้วยการ “ลงมือทำ” และผู้เรียนซึ่งเป็นผู้ได้รับข้อมูลและการสื่อสารจากผู้สอน จะเกิดความเข้าใจได้ถึงผลที่เกิดขึ้นจากการรับฟังอย่างลึกซึ้งที่แตกต่างไปจากการฟังที่ผ่านมา เป็นแรงสนับสนุนให้ผู้เรียนอยากพัฒนาทักษะการฟังของตนเองเพื่อรับฟังผู้ป่วยด้วยความเข้าใจ ดังกล่าวที่ว่า

“นักเรียนเรียนจากสิ่งที่ครูเป็น มากกว่าสิ่งที่ครูสอน”⁴³

การฟังอย่างลึกซึ้งเป็นหนึ่งในรูปแบบการฟังที่อยู่ในระดับการฟังแบบฉันทในปัจุบันขณะ ทำให้สามารถรับรู้ถึงสภาวะของตนเอง และคู่สนทนา ไม่มีการตัดสิน ไม่เกิดความคิดคัดกรอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อได้รับการฝึกอย่างต่อเนื่องจะเป็นเหตุทำให้เกิดการสื่อสารด้วยความเมตตา และนำไปสู่การร่วมรู้สึกับคู่สนทนา ซึ่งผู้สอนสามารถร่วมรู้สึกับคู่เรียนได้เช่นเดียวกับการใช้เทคนิคการสอนแบบมนุษยนิยมและแบบศึกษาสำนึก

บทวิจารณ์

การสอนการบริบาลทางทันตกรรมพร้อมมูลนั้น แม้ได้มีการริเริ่มในประเทศไทยมานาน มีบทความภาษาไทยที่ดีทว่ามีปริมาณและการเผยแพร่ค่อนข้างน้อย จึงยังต้องการนิยามที่ชัดเจน ปรับให้เข้ากับบริบทสังคมที่เปลี่ยนไป และง่ายต่อการศึกษา ทำความเข้าใจ ซึ่งก็จะสามารถทำให้ทุกคนเข้าถึงศักยภาพของตนเองได้เพียงแค่นี้ การสื่อสารด้วยความเมตตา โดยเริ่มได้จากเทคนิคที่ง่ายที่สุดคือ การฝึกการฟังอย่างลึกซึ้งทั้งนี้เป็นเพราะการศึกษากการบริบาลทางทันตกรรมพร้อมมูลด้วยการสื่อสารด้วยความเมตตานี้จะช่วยลดความขัดแย้ง จึงอาจช่วยลดจำนวนนักศึกษาทันตแพทย์ที่มีความเครียดสูงและเป็นการยกระดับการผลิตทันตแพทย์ ให้ทัดเทียมมาตรฐานสากลด้วย โดยสังเกตได้จากการที่แม่แบบหลักของทฤษฎีการศึกษาและการจัดการเรียนการสอนแบบจิตตปัญญาศึกษาได้พัฒนามาบรรจบที่เทคนิคเดียวกันในท้ายที่สุด^{18,20,26} คือการเข้าถึงนิยาม ความหมายของการบริบาลทางทันตกรรมพร้อมมูลที่กล่าวว่า “ผู้ป่วยจะได้รับการดูแลอย่างครอบคลุมทั้งการดูแลสุขภาพ การป้องกันโรค การรักษาและการฟื้นฟูสุขภาพและสอดคล้องกับวิถีชีวิตของแต่ละบุคคล” การบริบาล

ด้วยวิธีนี้ล้วนใช้สิ่งที่มืออยู่แล้วตามธรรมชาติในตัวของมนุษย์ทุกคน ตามแบบทฤษฎีมนุษยนิยม พบได้ทั้งในตัวอาจารย์ นักศึกษา และผู้ป่วย เมื่อเกิดขึ้นแล้วก็สามารถเข้าใจถึงความหมาย หรือนิยามได้เอง ปราศจากข้อซักถาม ข้อสงสัย จึงอาจกล่าวได้ว่า ได้มีการสอนให้มีการรู้ภาวะ หรือ การส่งเสริมการรู้ภาวะ ตามแบบจิตตปัญญาศึกษา เพื่อนำไปสู่การบริหารทางทันตกรรมพร้อมมูลขึ้นแล้ว ดังที่ Baron-Cohen ได้กล่าวไว้ว่า “การร่วมรู้สึกเป็นตัวยุทธวิธีสากล (universal solvent) ปัญหาอะไรก็ตามเมื่อนำมาจุ่มแช่ในตัวทำละลายนี้ ก็จะพลันละลายไป”⁴⁴

ด้วยเทคนิคที่เรียบง่ายนี้ ก็อาจสามารถเข้าใจถึงนิยามของการบริหารทางทันตกรรมพร้อมมูลได้ง่ายขึ้นโดยใช้ทฤษฎีทางจิตตปัญญาศึกษาว่าควรมีกระบวนการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยใช้ การสื่อสารด้วยความเมตตาต่อผู้เรียนนั่นเอง เป็นการศึกษาที่ใช้การสื่อสารเหมือนเป็นคนในครอบครัว แบบพี่ดูแลน้อง³² โดยผู้สอนอาจอยู่ในภาวะความรู้สึกระหนักถึงวันที่ผู้สอนเองยังเป็นผู้เรียนและทำงานนี้เป็นครั้งแรก เทคนิคนี้จะช่วยขยายขอบเขตของการส่งเสริมการเรียนรู้ อย่างอัตโนมัติ ลดทอนการตัดสิน ลดทอนความคิดของผู้สอนที่เปรียบเทียบกับผู้เรียนกับตนเองซึ่งเก่งกว่าหรือชำนาญกว่า หรือเปรียบเทียบกับนักศึกษาในอดีต หรือเพื่อนนักศึกษาในปัจจุบัน ผู้สอนจะสื่อสารให้คำแนะนำเฉพาะที่ช่วยอำนวยความสะดวกการเรียนรู้ ตามวัตถุประสงค์ที่ผู้สอนได้วางแผนไว้แต่ต้น คือส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสพัฒนาทักษะในการช่วยเหลือผู้ป่วยให้พ้นจากความเจ็บป่วย และผู้สอนอาจพบว่า ข้อกำหนดและเหตุผลต่าง ๆ มากมายในความคิดของผู้สอนที่ไม่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนจะดูมีน้ำหนักเบาลง การส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนในรูปแบบนี้ยังจะช่วยทำให้ผู้เรียนสัมผัสได้ถึงความปรารถนาดีของผู้สอน ผู้เรียนสามารถละวางความกังวลต่าง ๆ รู้สึกผ่อนคลาย³¹ เริ่มมีความมั่นใจในใจ และเริ่มรับรู้สภาวะความรู้สึกของตัวเองที่ผู้เรียนเอง และผู้เรียนจะได้นำเอาศักยภาพที่มีอยู่แล้วของตนเองกลับคืนมา พร้อมมีกำลังใจออกไปรับรู้ข้อมูลการรักษา และเผื่อแผ่การรับรู้ถึงการได้รับข้อมูลของผู้ป่วยอย่างรอบด้าน พร้อมไปด้วยกันนั้น ผู้เรียนก็เข้าถึงการเรียนรู้จากผู้สอนอย่างถ่องแท้ สัมผัสได้ถึงความเมตตาที่อาจารย์ทันตแพทย์มีต่อผู้ป่วย ความเมตตาที่อาจารย์มีความปรารถนาที่จะรักษาผู้ป่วยให้พ้นจากความเจ็บป่วย ความเมตตาที่อาจารย์มีความปรารถนาจะช่วยเหลือให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ เป็นการออกแบบการส่งเสริมการเรียนรู้ด้านการบริหารร่วมรู้สึก (Instructional design for empathic care) ซึ่ง

เหล่านี้ก็เป็นเทคนิคการสอนที่สร้างบทเรียนอันเรียบง่ายที่มีค่ามากที่สุดต่อผู้เรียน^{20,27}

การสื่อสารด้วยความเมตตาจึงสามารถนำไปฝึกฝนใช้ได้ตลอดเวลา และเมื่อฝึกฝนเทคนิคนี้อย่างต่อเนื่อง จะปรากฏว่า ทุกคนล้วนทำหน้าที่สลับปรับเปลี่ยนกันไปมา ไม่มีผู้สอนผู้เรียน หรือผู้ป่วยอย่างแท้จริงตลอด ในบางโอกาส ผู้เรียน และผู้ป่วยเองก็ส่งเสริมภาวะการเรียนรู้ของผู้สอน ผู้สอนบางครั้งก็กลับกลายเป็นผู้เรียน ต่างฝ่ายต่างกำลังเรียนรู้ และส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยกันในสภาวะที่มีความเมตตา

การฟังอย่างลึกซึ้งเป็นเพียงด้านแรกของการสื่อสาร ทั้งนี้สุนทรียสนทนาจะต้องมีองค์ประกอบอื่น ๆ ที่การฟังอย่างลึกซึ้งจะก่อเกิด ขึ้นมา อันได้แก่ การให้เกียรติและเคารพตนเองและผู้อื่น การพักการตัดสิน และการเปิดเผยเสียงภายในใจ³⁷ องค์ประกอบเหล่านี้จะทำให้เรามองทะลุเหตุผลที่แตกกระจายเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยมาต่อกันเป็นองค์รวมและเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ร่วมกันได้ วิธีการนี้สามารถฝึกต่อเนื่องในชีวิตประจำวันได้อย่างเป็นธรรมชาติ ก่อให้เกิดความเข้าใจโลกตามความจริง เป็นกระบวนการกระตุ้นตนเองตามธรรมชาติ น้อมนำมาให้เกิดวิถีในการปฏิบัติ เพื่อการเรียนรู้ตนเองของผู้ฟังและคนรอบข้างซึ่งก็จะเป็นไปตาม 7 ตัวอักษรซีในภาษาอังกฤษ ซึ่งเป็นคำอธิบายหลักการของจิตตปัญญาศึกษา⁴⁵ (รูปที่ 1) เมื่อเริ่มต้นด้วยการฟังอย่างลึกซึ้งเป็นประจำขณะบริหารผู้ป่วยก็จะโยนโยนไปสู่การบริหารทางทันตกรรมพร้อมมูลได้ในที่สุด

บทสรุป

บทความนี้ช่วยน้อมนำกระบวนการที่ทำให้เกิดความเข้าใจการบริหารทางทันตกรรมพร้อมมูลในแง่การศึกษาผ่านทางสองทฤษฎีการศึกษา ซึ่งแท้จริงแล้วเทคนิคที่ช่วยให้สามารถทำความเข้าใจและเข้าถึงความหมายตามนิยามของการบริหารทางทันตกรรมพร้อมมูล และก่อให้เกิดการบริหารทางทันตกรรมพร้อมมูลขึ้นได้นั้น ทำได้ด้วยเทคนิคการสอนแบบมนุษยนิยมผนวกกับแบบศึกษาสำนึก และก็สามารถทำได้เช่นกันผ่านทาง การสื่อสารด้วยความเมตตา และมีเทคนิคในการเริ่มต้นง่ายที่สุดนั่นก็คือ ฝึกผ่านกิจกรรมที่ต้องทำบ่อย เช่น การฝึกการฟังอย่างลึกซึ้ง ซึ่งทั้งสองแนวทางหากฝึกอย่างสม่ำเสมอ ก็จะสามารถนำหลักการไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน หรือใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา บุคลากร หรือองค์กร ให้ดียิ่งขึ้น รายละเอียดในการฝึกการฟังอย่างลึกซึ้งนี้จะนำเสนอใน

บทความปริทัศน์ต่อไปนี้ซึ่งจะอธิบายถึง ความแตกต่างของการฟังโดยทั่วไปกับการฟังอย่างลึกซึ้ง หลักการฝึกการฟังอย่างลึกซึ้ง ปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นได้เมื่อฝึกปฏิบัติ

คาดหวังว่าบทความนี้จะช่วยสร้างความเข้าใจต่อการบริหารทางทันตกรรมพร้อมมูลมากขึ้น และนำไปสู่การลดความขัดแย้ง สนับสนุนความเจริญก้าวหน้าทางทันตแพทยศาสตรศึกษา และน้อมนำให้ผู้วางนโยบายให้ความสำคัญต่อการบริหารทางทันตกรรมพร้อมมูลเพื่อส่งผลดีต่อ อาจารย์ นักศึกษาทันตแพทย์และผู้ป่วย อันถือเป็นเป้าหมายสูงสุดของทันตแพทยศาสตรศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- Chan KD, Humphreys L, Mey A, Holland C, Wu C, Rogers GD. Beyond communication training: The MaRIS model for developing medical students' human capabilities and personal resilience. *Med Teach* 2020;42(2):187–95.
- Kelly C, Noonan CLF, Monagle JP. Preparedness for internship: a survey of new interns in a large Victorian Health Service. *Aust Heal Rev* 2011;35:146–51.
- Barth RJ, Rowland-Morin PA, Mott LA, Burchard KW. Communication effectiveness training improves surgical resident teaching ability. *J Am Coll Surg* 1997;185(6): 516–9.
- ADEA House of Delegates. American dental education association competencies for the new general dentist. *J Dent Edu* 2011;75(7):932–5.
- ADEA House of Delegates [homepage on the Internet]. Washington DC: The Association; c 2013–2020 [updated 2008; cited 2021 Jan 7] Competencies for the new general dentist. Available from https://www.adea.org/about_adea/governance/Pages/Competencies-for-the-New-General-Dentist.aspx.
- Majeski RA, Stover M. Contemplative pedagogy in hybrid and asynchronous online undergraduate aging services/gerontology courses. *Gerontol Geriatr Educ* 2018;39(1):75–85.
- Watanapa A, Tienmontri A, Thitasomakul S. [homepage on the Internet]. Songkhla: Prince of Songkhla University; c 2010 [updated 2017; cited 2021 Jan 7] Learning experience in hospital and community. Available from: http://ed.dent.psu.ac.th/var/www/service/Upload/files/3_คู่มือ_รพ_สมทบ ฉบับ Online.pdf.
- Ratanasuwon P. [homepage on the Internet]. Phayao: University of Phayao; c [updated 2020; cited 2021 Jan 7] Facilitate dental students quality with contemplative pedagogy. Available from: <https://up.ac.th/th/NewsRead.aspx?itemID=15929&title=ข่าวประชาสัมพันธ์>.
- Chatiketu P, Patanaporn V, Wattanachai T. Dental students' achievement and satisfaction of two learning methods in an orthodontic case seminar, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University. *CM Dent J* 2015;36(2):131–43.
- Education section, Student development section, Alumni and community relation section. [homepage on the Internet]. Khon Kaen: Khon Kaen University; c [updated 2016; cited 2021 Jan 7] Contemplative pedagogy by Faculty of Dentistry: New age dentists' mind and physical growth for social skill development. Available from: <https://home.kku.ac.th/dentist/news.php?id=53>.
- Swendiman RA. Deep listening. *Acad Med* 2014;89(6):950.
- Leowsrisook K. Comprehensive dental care. *J Dent Assoc Thai* 1995;45(4):214–21.
- Leowsrisook K. Comprehensive Dental Care Behavior Science Health Education and Ethics Context. 1st ed. Bangkok Thailand: Emotion art; 2012.
- Chanthorn R. Comprehensive dental care concept. *KDJ* 2008;11(1):23–33.
- Tuongratanaphan S, Kanchanakamol U. Comprehensive dental care concept. *CM Dent J* 2000;21(2):7–24.
- Chuengpattanaawadee A. Humanized dentistry. *JDAT* 2009;59(1):63–73.
- Sweet J, Wilson J, Pugsley L. Chairside teaching and the perceptions of dental teachers in the UK. *Br Dent J* 2008;205(10):565–9.
- Dennick R. Twelve tips for incorporating educational theory into teaching practices. *Med Teach* 2012;34(8): 618–24.

19. Quick KK. A humanistic environment for dental schools: What are dental students experiencing? *J Dent Educ* 2014;78(12):1629-35.
20. Ertmer PA, Newby TJ. Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective. *Perform Improv Q* 2013;26(2):43–71.
21. Chambers D. Toward a competency-based curriculum. *J Dent Educ* 1993;57(11):790-3.
22. Cook DA, Durning SJ, Sherbino J, Gruppen LD. Management reasoning. *Acad Med* 2019;94(9):1310-6.
23. Jordan A, Carlile O, Stack A. *Approaches to Learning: A Guide for Educators*. Glasgow, England: Open University Press; 2008.
24. Martimianakis M, Tilburt J, Michalec B, Hafferty F. Myths and social structure: The unbearable necessity of mythology in medical education. *Med Educ* 2019; 54(1):15–21.
25. Chiddee K, Uthathum N. *Contemplative Education Activities : Personality development strategies for student nurses*. Princess Naradhiwas Univ J 2013;5(2):106–17.
26. Srisuwan S. *Contemplative education for humanized media journalist*. In: Bunkarn C, editor. *Active Learning: Key to Thailand 4.0*. Academic meeting: 2018 Mar 26-27; Nakonsrithammarat, Thailand: Walailuck University website; 2018:197-203.
27. Karagiorgi Y, Symeou L. International forum of educational technology & society translating Constructivism into Instructional design: Potential and limitations. *Source J Educ Technol Soc* 2005;8(1):17-27. doi:10.2307/jeductechsoci.8.1.17
28. Alvarez S, Schultz JH. A communication-focused curriculum for dental students - An experiential training approach. *BMC Med Educ* 2018;18(1):1–6.
29. Kisfalvi V, Oliver D. Creating and maintaining a safe space in experiential learning. *J Manag Educ* 2015; 39(6):713–40.
30. Poljun T, Buranachad N, Wongtanet J. [account on the Internet]. Nakonpathom: Mahidol University; c 2021 [updated 2021; cited 2021 Jan 7] Well aware101: Class for change. Available from: <https://www.facebook.com/2482835288425469/posts/2505000706208927/>.
31. Moore R. Psychosocial student functioning in comprehensive dental clinic education: A qualitative study. *Eur J Dent Educ* 2018;22(3):e479–87.
32. Wongnavee, K, Buranachad, N. Essence of comprehensive dentistry scrutinized from dental care experience of advanced general dentists. *M Dent J* 2020;40(3):289-98.
33. Hein G, Singer T. I feel how you feel but not always: The empathic brain and its modulation. *Opin Neurobiol* 2008;18(2):153–8.
34. Hojat M, Gonnella JS, Nasca TJ, Mangione S, Vergare M, Magee M. Physician empathy: Definition, components, measurement, and relationship to gender and specialty. *Am J Psychiatry* 2002;159(9):1563-9.
35. Hojat M, Gonnella JS, Mangione S, Nasca TJ, Magee M. Physician empathy in medical education and practice: Experience with the Jefferson scale of physician empathy. *Semin Integr Med* 2003;1(1):25–41.
36. The Royal Institute[homepage on the Internet]. Bangkok: Office of the Royal Society; c 2020 [updated 2020; cited 2021 Jan 7] Thai Dictionary of the Royal Institute 2011. Available from: <http://https://dictionary.orst.go.th/>.
37. Bohm DJ. *On dialogue*. 2nd Ed. Nichol L, editor. New York, US.: Taylor and Francis e-Library; 2003.
38. Jagosh J, Boudreau JD, Steinert Y, MacDonald ME, Ingram L. The importance of physician listening from the patients' perspective: Enhancing diagnosis, healing, and the doctor-patient relationship. *Patient Educ Couns* 2011;85(3):369-74.
39. Otto Scharmer C. *Theory U: Leading from the Future as It Emerges*. 2 ed. San Francisco, United States: Berrett-Koehler Publishers; 2016.
40. Sathirakoses-Nagapradipa Foundation [homepage on the Internet]. Bangkok: The foundation; c 2020 [updated 2020; cited 2021 Nov 7] Solve life wicked problems for inner freedom. Available from: <https://www.healthymediahub.com/media/detail/เชี่ยวชาญปมชีวิตเพื่ออสิรภาพภายใน>
41. Fassaert T, Van Dulmen S, Schellevis F, Bensing J. Active listening in medical consultations: Development of the active listening observation scale (ALOS-global). *Patient Educ Couns* 2007;68(3):258-64.

42. Preece, JJ. Empathic communities: Reaching out across the web: Interaction [serial on the Internet]. 1998 Mar-Apr [cited 2021 Jan 7];5(2):32-43. Available from <http://people.dsv.su.se/~torgny/pdf/Preece.pdf>.
43. Palmer PJ. The Courage to Teach: Exploring the inner landscape of a teacher's life, 10th Anniversary ed: San Francisco, CA: Jossey-Bass; 2007.
44. Baron-Cohen S. Zero Degrees of Empathy: A new theory of human cruelty. Allen Lane Publishing; 2011.
45. Onsri P. Contemplative education: Education for human development in 21st century. J R Thai Army Nurses 2014;15(1):7-11.

ผู้รับผิดชอบบทความ

สมชัย มโนพัฒนกุล

ภาควิชาทันตกรรมทั่วไปชั้นสูง

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์ 02 200 7853-4

โทรสาร 02 200 7852

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: msomchai@rocketmail.com

Comprehensive Dental Care: Definition and Teaching Tips

Buranachad N* Supa-amonkul S** Champirat T* Manopatanakul S*

Abstract

The aim of this literatures review is to assemble the mainstream educational theories and contemplative pedagogy to explain the concept of comprehensive dental care. Technique to develop comprehensive mind in dental students was also included. Humanistic coaching with heuristic approach or simply “teaching with compassionate communication” is the key to this success. The first move to this path is “deep listening”. With this easy step, teachers are all invited to become a dental educational developer or ingenuous dental educational coach or facilitator. To patronize dental students and patients, policy makers are key persons to transform this little step into a great leap of Thai dental education.

Keywords: Comprehensive Dental Care/ Mainstreaming Education/ Contemplative Pedagogy/ Communication/ Empathy/ Compassion

Corresponding Author

Somchai Manopatanakul,
Department of Advanced General Dentistry,
Faculty of Dentistry, Mahidol University,
Ratchathewi, Bangkok, 10400.
Tel.: +66 2 200 7853-4
Fax.: +66 2 200 7852
Email: msomchai@rocketmail.com

* Department of Advanced General Dentistry, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Ratchathewi, Bangkok.

** Mahidol International Dental School (MIDS), Faculty of Dentistry, Mahidol University, Ratchathewi, Bangkok.