การศึกษาความขรุขระพื้นผิวและการไหลแผ่ของน้ำกลั่นบนแผ่นเซอร์โคเนียที่ถูกปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบชนิดต่างๆ

The Study of Surface Roughness and Flowability of Distilled Water on a Zirconia Plate After Treated with Various Types of Coupling Agent Solution

วรรณภา จินาเดช[1], พิริยะ ยาวิราช[2], พิสัยศิษฏ์ ชัยจรีนนท์[2]
[1]ภาควิชาทันตกรรมจัดฟันและทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
[2]ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Wannapa Chinadet[1], Piriya Yavirach[2], Pisaisit Chaijareenont[2]
[1]Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University
[2]Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

ชม. ทันตสาร 2562; 40(2) : 93-103
CM Dent J 2019; 40(2) : 93-103

Received: 28 February, 2018
Revised: 2 May, 2018
Accepted: 14 May, 2018

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: ศึกษาคุณสมบัติความขรุขระพื้นผิวและการไหลแผ่ของน้ำกลั่น บนแผ่นเซอร์โคเนียที่ถูกปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบชนิดต่าง ๆ

วัสดุและวิธีการ: แผ่นเซอร์โคเนีย 75 แผ่น ขนาด 10x10x1 มิลลิเมตร แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 5 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ถูกเตรียมพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบไซเลนและสารละลายคู่ควบที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบ ทดสอบค่าความขรุขระพื้นผิวของแผ่นเซอร์โคเนียด้วยเครื่องวิเคราะห์ความขรุขระพื้นผิว และทดสอบการไหลแผ่โดยการวัดมุมสัมผัสระหว่างน้ำกลั่นกับพื้นผิว

Abstract

Objective: The aim of this study was to evaluate the effect of different surface treatments with various types of coupling agent solution on the surface roughness and flowability of distilled water on a zirconia plate.

Materials and Methods: A total of seventy-five pieces of 10x10x1 mm zirconia plates were divided into 5 groups according to the surface treatments: controlled, silane coupling agent solutions and coupling agent solution containing

Corresponding Author:

พิสัยศิษฏ์ ชัยจรีนนท์
อาจารย์, ดร., ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

Pisaisit Chaijareenont
Lecturer, Dr., Department of Prosthodontics,
Faculty of Dentistry, Chiang Mai University,
Chiang Mai 50200, Thailand
E-mail: ***yodent@hotmail.com***

เซอร์โคเนีย วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของความขรุขระพื้นผิวและค่าเฉลี่ยของมุมสัมผัสโดยใช้สถิติชนิดความแปรปรวนแบบทางเดียว และทดสอบเชิงซ้อนด้วยวิธีทูกีย์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการศึกษา: ค่าเฉลี่ยความขรุขระพื้นผิวในทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (1.10-1.24 ไมโครเมตร) กลุ่มที่ปรับปรุงพื้นผิวแผ่นเซอร์-โคเนียด้วยสารละลายคู่ควบที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบให้ค่ามุมสัมผัสน้อยที่สุด (55.3°±1.6) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกลุ่มควบคุมให้ค่ามุมสัมผัสมากที่สุด (80.2°±1.3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ

สรุปผลการศึกษา: ความขรุขระพื้นผิวของแผ่นเซอร์โคเนียมีค่าใกล้เคียงกันในทุกกลุ่มทดลองและหลังจากปรับปรุงพื้นผิวพบว่าค่ามุมสัมผัสในกลุ่มปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบที่มี เท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบให้ค่ามุมที่น้อยที่สุด

คำสำคัญ: สารละลายคู่ควบ มุมสัมผัส ความขรุขระพื้นผิว แผ่นเซอร์โคเนีย

10-MDP. The surface roughness (Ra) and wettability analysis were performed on the same specimens of each group. The roughness data and contact angle values were analyzed by one-way analysis of variance followed by Tukey's multiple comparison test ($\alpha = 0.05$).

Results: No statistically significant difference was found among the surface roughness of each group (1.10-1.24 μm). The zirconia plate group treated with coupling agent solution containing 10-MDP demonstrated the statistically significant lowest contact angle values (55.3°±1.6), whereas control group showed the statistically significant highest values (80.2°±1.3) among the other surface treatments ($p < 0.05$).

Conclusion: The effect of various types of coupling agent solution in this study have no significant impact on the zirconia surface roughness. As for the flowability, coupling agent solution containing 10-MDP provides the best flowability among all coupling agent solutions.

Keywords: coupling agent solutions, contact angle, surface roughness, zirconia plate

บทนำ

การบูรณะฟันเพื่อเน้นในเรื่องความสวยงามเป็นที่นิยมมากขึ้นในปัจจุบัน โดยเฉพาะการรักษาด้วยครอบฟันชนิดเซรามิกล้วน เซรามิกมีส่วนผสมของซิลิกาเป็นองค์ประกอบมีความแข็งแรงแต่มีความเปราะ แตกหักได้เมื่ออยู่ภายใต้แรงบดเคี้ยวหรือแรงขณะทำการยึดติด[1] เซรามิกถูกพัฒนาอย่างมากเพื่อให้มีความแข็งแรงมากขึ้นโดยมีการผสมส่วนประกอบของอะลูมินา หรือมีการนำวัสดุชนิดเซอร์โคเนียมาทดแทน เนื่องจากเซอร์โคเนียมีความแข็งแรงและมีความต้านทานต่อการแตกหักที่ดี ตลอดจนมีการพัฒนาเซอร์โคเนียให้มีความสวยงามในแง่ของสีและความใสได้ดีเกือบจะเทียบเท่าเซรามิก จึงมีการใช้กันอย่างกว้างขวางในการบูรณะฟันธรรมชาติในบริเวณที่ต้องการความแข็งแรงร่วมกับความสวยงาม[2]

เซอร์โคเนีย (zirconia) หรือเซอร์โคเนียมออกไซด์ (ZrO_2) เป็นโลหะออกไซด์ที่ถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1789[3] โดยปกติแล้วเซอร์โคเนียจะถูกพบตามธรรมชาติในรูปของแร่เซอร์คอน ($ZrSiO_4$) ซึ่งต้องนำมาทำให้บริสุทธิ์ก่อนโดยผ่านกระบวนการแยกแต่ละแร่ธาตุออก และนำมาผ่านกระบวนการผลิตเพื่อเป็นเซอร์โคเนียเซรามิกสำหรับใช้งานในทางทันตกรรม เช่น งานครอบฟัน ฟันปลอมชนิดติดแน่น เป็นต้น จากคุณสมบัติของเซอร์โคเนียเซรามิก ซึ่งเป็นเซรามิกที่เกิดจากการหลอมอัดแน่นของผลึกพอลิคริสตัลลีนเซรามิก (polycrystalline ceramics) ซึ่งไม่มีเนื้อแก้วเป็นองค์ประกอบ ทำให้ค่าความแข็งแรง ค่ากำลังแรงดัดและค่าการ

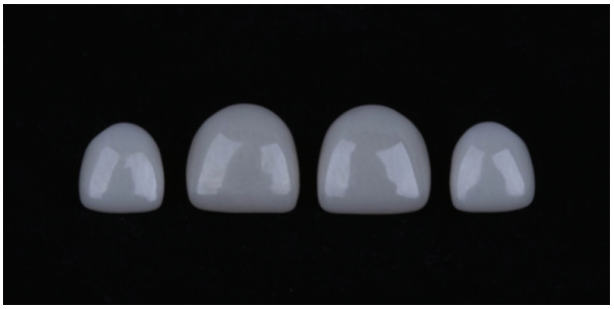
ทนความเค้นต่อการแตกหักเพิ่มขึ้นมาก (fracture toughness)[4] และเนื่องจากคุณสมบัติเชิงกลของเซอร์โคเนีย-ออกไซด์ที่สามารถเพิ่มความแข็งแรงจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหรือมีแรงเค้นมากระทำ โดยสามารถเปลี่ยนรูปร่างผลึกจากเททระโกนอลเฟส (tetra-gonal phase) ที่อุณหภูมิ 1170 องศาเซลเซียส เป็นมอนอคลินิกเฟส (monoclinic phase) เมื่อลดอุณหภูมิลงมาสู่อุณหภูมิห้อง ช่วงที่อุณหภูมิเย็นลงจะทำให้ผลึกมีปริมาตรเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 3-4 ส่งผลให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น (transformation toughening) มากกว่าเซรามิกล้วน (all-ceramic) และสูงกว่าอะลูมิเนียมออกไซด์เซรามิก (aluminum oxide ceramic) เกือบ 2 เท่า[5] ซึ่งเซรามิกล้วนมีข้อด้อยในเรื่องคุณสมบัติเชิงกลต่ำ เกิดการแตกหักได้ง่ายเนื่องจากมีแก้วเป็นองค์ประกอบ (glass matrix) แต่ให้คุณสมบัติในแง่ของความสวยงามสูงใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพของเซอร์โคเนีย เซรามิกจะมีความขุ่นทึบมากกว่า ยอมให้แสงผ่านได้น้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันได้ถูกพัฒนาให้มีความสวยงามมากขึ้น โดยมีคุณสมบัติยอมให้แสงผ่านได้ใกล้เคียงฟันธรรมชาติเพื่อให้มีความสวยงามแลดูเป็นธรรมชาติ[6]

การบูรณะฟันในบริเวณที่ต้องการความสวยงามไม่เพียงแต่เป็นที่นิยมในฟันแท้ แต่ยังเป็นที่นิยมเพิ่มมากขึ้นในฟันน้ำนม การบูรณะฟันหน้าน้ำนมนั้นเป็นสิ่งที่ท้าทายเนื่องจากมีลักษณะกายวิภาคของฟันที่ค่อนข้างเล็ก การควบคุมความชื้นที่ยาก (moisture control) จากการไม่ให้ความร่วมมือของผู้ป่วยเด็ก ตลอดจนการยอมรับของเด็กและผู้ปกครอง[7,8] การใช้ครอบฟันเซลลูลอยด์ (celluloid crown forms) ร่วมกับเรซินคอมโพสิตหรือที่เรียกว่าการบูรณะด้วยครอบฟันสทริป (strip crown) ได้ถูกพัฒนาเพื่อใช้ในการบูรณะฟันหน้าน้ำนมมาอย่างยาวนาน ความสวยงามที่ได้ขึ้นอยู่กับการอุดฟันที่มีการควบคุมความชื้นที่ดี การเลือกขนาดของครอบฟันที่เหมาะสมกับฟันธรรมชาติที่เหลืออยู่ และที่สำคัญคือความกลมกลืนของสีวัสดุอุดเรซินคอมโพสิตที่เลือกใช้กับสีของตัวฟันน้ำนม[9] จากการศึกษาในแง่ความพึงพอใจและการใช้งานที่ผ่านมาในอดีตพบว่าครอบฟันสทริปถูกยกให้เป็นตัวเลือกการรักษาสำหรับฟันหน้าน้ำนมที่ให้ความสวยงามมากที่สุด[8-11] แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Manmontri และคณะ[12] ในปี ค.ศ. 2018 พบว่าครอบฟันสทริปยังคงมีข้อด้อยหลายประการหลังจากการติดตามผลระยะยาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของการใช้งาน (functions) พบว่าปัญหาหลักคือ ขอบวัสดุอุดรั่ว (marginal adaptation) การแตกหัก (fracture) และการยึดติด (retention) แต่ในแง่ความพึงพอใจของผู้ปกครอง (parental satisfaction) ในภาพรวมยังถือว่าให้ผลเป็นที่น่าพึงพอใจ

ในปัจจุบันการบูรณะฟันหน้าน้ำนมที่ผุหลายด้านด้วยครอบฟันเซอร์โคเนีย ได้รับความนิยมมากขึ้นเนื่องจากความสวยงามที่เหนือกว่าครอบฟันสทริป ความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) และมีความแข็งแรงคงทน[13] จากการศึกษาความพึงพอใจของผู้ปกครองพบว่าการบูรณะฟันหน้าน้ำนมด้วยครอบฟันเซอร์โคเนียได้รับความพึงพอใจสูงในด้านความสวยงาม[11] นอกเหนือจากการศึกษาในด้านความสวยงามแล้ว การศึกษาของ Walia และคณะ[14] ในปี ค.ศ. 2014 ยังพบว่าการบูรณะฟันหน้าน้ำนมด้วยครอบฟันเซอร์โคเนียให้ผลสำเร็จทางคลินิกที่สูงกว่าครอบฟันสทริปในแง่ของการยึดติด และการตอบสนองต่อของอวัยวะปริทันต์เมื่อติดตามผลเป็นระยะเวลา 6 เดือน

ถึงแม้ว่าครอบฟันเซอร์โคเนียเป็นที่ยอมรับและถูกใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับการบูรณะในฟันแท้ แต่ยังถือว่าเป็นวัสดุที่ค่อนข้างใหม่สำหรับการบูรณะในฟันน้ำนม และการศึกษาในแง่ของการยึดติดระหว่างฟันน้ำนมกับครอบฟันเซอร์โคเนียยังค่อนข้างน้อย ซึ่งครอบฟันเซอร์โคเนียที่มีอยู่ในท้องตลาดเป็นครอบฟันสำเร็จรูป (prefabricated zirconia crown) (รูปที่ 1) ที่ต้องกรอฟันน้ำนมให้มีรูปร่างที่เหมาะกับครอบฟันและต้องมีลักษณะการสวมใส่ครอบฟันแบบค่อนข้างแนบ (passive fit) ดังนั้นการยึดติดส่วนหนึ่งจึงขึ้นอยู่กับซีเมนต์ที่ใช้ซึ่งมีความแตกต่างกันไปตามแต่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ ลักษณะพื้นผิวด้านในของครอบฟันเซอร์โคเนียในแต่ละบริษัทก็มีความแตกต่างกัน โดยในบางบริษัทได้ออกแบบให้พื้นผิวของครอบฟันเซอร์โคเนียมีลักษณะขรุขระเพื่อเพิ่มการยึดติดทางกลขนาดเล็ก (micromechanical retention) แต่บางบริษัทก็อาศัยการยึดติดทางเคมีเป็นหลักสำหรับอายุการใช้งานของครอบฟันเซอร์โคเนียไม่ว่าจะเป็นในฟันแท้หรือในฟันน้ำนม ขึ้นอยู่กับการยึดติดระหว่างครอบฟันกับเนื้อฟันธรรมชาติ ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในคลินิกมักเริ่มบริเวณพื้นผิวของครอบฟันที่สัมผัสกับสารเชื่อมยึด[15] ดังนั้นการเพิ่มการยึดติดทางกลและทางเคมีในบริเวณดัง

กล่าวจึงเป็นสิ่งจำเป็น[16,17] การปรับปรุงพื้นผิวเซอร์โคเนีย (surface treatment) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีการยึดติดในระดับโมเลกุลระหว่างผิวชิ้นงานบูรณะที่ต้องการการยึดติดกับส่วนของวัสดุยึดติดชนิดเรซิน วิธีปรับปรุงพื้นผิวเซอร์โคเนียทำได้โดยการปรับปรุงพื้นผิวเพื่อเพิ่มการยึดติดทางกล (mechanical surface treatment) และทางเคมี (chemical surface treatment)



รูปที่ 1 *ครอบฟันเซอร์โคเนียสำเร็จรูปสำหรับฟันน้ำนม*

Figure 1 *Prefabricated zirconia crowns for primary teeth.*

การปรับปรุงพื้นผิวเพื่อเพิ่มการยึดติดทางกล เช่น การเป่าทราย (sandblasting)[18] ด้วยอนุภาคอะลูมินา (Al_2O_3) การทำซีเล็กทิฟอินฟิลเทรชันเอตชิง (selective infiltration etching technique; SIE)[19] การยิงด้วยเลเซอร์ (laser ablating)[20] หรือการใช้สารเคมีร้อนกัดกร่อน (hot chemical etching solution)[21] เพื่อให้เกิดความขรุขระของผิวซึ่งจะทำให้เกิดแรงยึดติดจากภายใน (intrinsic adhesion force) ระหว่างพื้นผิวเซอร์โคเนียและฟันธรรมชาติ

การปรับปรุงพื้นผิวเพื่อเพิ่มการยึดติดทางเคมี ได้มีการนำสารเคมีเข้ามาเพื่อปรับปรุงพื้นผิวเซอร์โคเนียได้แก่ การใช้กรดไฮโดรฟลูโอริก (hydrofluoric acid etching)[22] การฉาบด้วยพลาสมา (plasma coating)[23] โซล-เจล (sol-gel)[24] หรือการทาสารละลายคู่ควบที่มีเท็นเมทาไครโลอิลออกซีเดซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟต [เท็นเอ็มดีพี, (10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate; 10-MDP)] เป็นองค์ประกอบ[25] เป็นต้น

การปรับปรุงพื้นผิวเซอร์โคเนียเพื่อให้มีความเปียก (wettability) เพิ่มขึ้นจะช่วยเพิ่มความสามารถในการยึดติดระหว่างเซอร์โคเนียและฟันธรรมชาติเนื่องจากเป็นการเพิ่มพลังงานอิสระพื้นผิว (surface free energy) ทำให้มีการไหลแผ่ของซีเมนต์ที่ดี[26] การวัดความเปียกและการไหลแผ่บนพื้นผิวเซอร์โคเนียทำได้โดยการวัดมุมสัมผัส (contact angle) ระหว่างของเหลวที่ทำมุมกับพื้นผิวเซอร์โคเนีย ซึ่งมุมสัมผัสนี้สามารถบอกแนวโน้มการไหลแผ่ของของเหลวบนผิวเรียบบนของแข็งได้ ดังนั้นหากพื้นผิวมีความเปียกน้อย (low surface wettability) เมื่อของเหลวถูกหยดลงบนพื้นผิวนั้นจะอยู่ในสภาพเป็นหยด ไม่แผ่กระจายหรือแผ่กระจายได้น้อย มุมที่วัดได้จะมีค่าระหว่าง 90-180 องศา แต่หากพื้นผิวมีความเปียกมาก (high surface wettability) เมื่อของเหลวถูกหยดลงบนพื้นผิวนั้นจะทำให้มีการแผ่กระจายได้มาก มุมที่วัดได้จะมีค่าระหว่าง 0-90 องศา การวัดมุมสัมผัสนี้นอกจากจะบอกคุณสมบัติความเปียกของพื้นผิวแล้ว ยังสามารถบอกถึงคุณสมบัติความชอบน้ำ (hydrophilic) หรือความไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ของพื้นผิวได้ด้วย โดยหากพื้นผิวของวัสดุมีความชอบน้ำเมื่อหยดของเหลวลงไปบนพื้นผิวนั้นจะทำให้มีการไหลแผ่ไปอย่างรวดเร็วทำให้มุมที่เกิดขึ้นมีค่าน้อย โดยการศึกษาของ Banthikhunanon และคณะ[27] พบว่าการปรับปรุงพื้นผิวเซรามิกด้วยสารละลายคู่ควบไซเลนชนิดต่าง ๆ สามารถเพิ่มการไหลแผ่แบบชอบน้ำ (hydrophilic flow) ทำให้มุมสัมผัสของน้ำกลั่นกับผิวของเซรามิกมีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การใช้สารละลายคู่ควบไซเลนเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง โดยสามารถใช้ในการปรับปรุงพื้นผิวของเซรามิกซึ่งมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบ เพื่อให้เกิดพันธะทางเคมีกับวัสดุจำพวกพอลิเมอร์ต่าง ๆ เช่น เรซินซีเมนต์ หรือเรซินคอมโพสิต ทำให้เกิดการยึดติดกับฟันธรรมชาติได้ดีขึ้น[28] เนื่องจากสารละลายคู่ควบไซเลนเป็นสารสังเคราะห์ที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์รวมอยู่ด้วยกัน จึงช่วยในการส่งเสริมการยึดติดระหว่างวัสดุต่างชนิดกัน สารละลายคู่ควบไซเลนมีสูตรโครงสร้างคือ $(RO)_3SiCX$-Y โดยกลุ่ม RO ได้แก่ เมทอกซี (methoxy:-O-CH_3) อีทอกซี (ethoxy:-O-CH_2-CH_3) ซึ่งเป็นส่วนที่สามารถทำปฏิกิริยากับสารอนินทรีย์ เช่น พื้นผิวของกลาสเซรามิก และส่วนที่ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในเรซิน เมทริกซ์ (resin matrix) คือกลุ่ม CX เป็นโครงสร้างมีคาร์บอน (carbon) เป็นองค์ประกอบ และ Y เป็นส่วนอะมิโน (amino) หรือ เมทาไครเลต (methacrylate) สารละลายคู่ควบไซเลนที่ใช้ในทางทันตกรรมมีหลายชนิด เช่น อะคริเลต-ไซเลน (acylate silane) ตัวอย่างของอะคริเลตไซเลนที่นิยมใช้มากที่สุดคือ อะคริเลตไซเลนชนิดไทรเมทาไครลอกซีโพร-

พิวไทรเมทอกซีไซเลน (tri-methacryloxypropyltrimethoxysilane) หรือ เอ็มพีเอส (MPS) และอะมิโนไซเลน (amino silane) ตัวอย่างของอะมิโนไซเลนที่นิยมใช้คือ ไทรอะมิโนโพรพิวไทรอีทอกซีไซเลน (tri-aminopropyltriethoxysilane) หรือ เอพีเอส (APS) และ เอนไดอะมิโนเอททิลไทรอะมิโนโพรพิวไทรเมทอกซีไซเลน (N-2(aminoethyl)3-aminopropyltrimethoxysilane) หรือ เอเอพีเอส (AAPS) จากการศึกษาของ Chaijareenont และคณะ[29] ในปี ค.ศ. 2012 พบว่าการปรับปรุงพื้นผิวของแผ่นอลูมินาด้วยสารละลายคู่ควบไซเลนเอ็มพีเอสและเอพีเอสให้ค่าความแข็งแรงยึดเฉือนที่สูงเนื่องจากมีการไหลแผ่ที่ดีของมอนอเมอร์ทำให้ผสมกับอะคริลิกได้ดี

นอกจากสารละลายคู่ควบไซเลนที่ใช้ในการเพิ่มการยึดติดกับเซรามิกแล้ว ยังมีการศึกษาที่กล่าวว่าการใช้สารละลายคู่ควบที่มี เท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบในการเตรียมพื้นผิวของเซอร์โคเนียสามารถเพิ่มความคงทน (durability) ของการยึดติดระหว่างเซอร์โคเนียและฟันธรรมชาติมากขึ้น[25] เนื่องจากเท็นเอ็มดีพีประกอบไปด้วยกลุ่มฟอสเฟตที่ชอบน้ำและมีความเป็นกรด (hydrophilic phosphoric acid group) ที่บริเวณปลายด้านหนึ่งของโมเลกุล ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้มีการละลายแร่ธาตุและเกิดพันธะเคมีกับไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite) บนตัวฟันและออกไซด์ของโลหะ (metal oxide) เช่นอลูมินาและเซอร์โคเนีย เนื่องจากองค์ประกอบดังกล่าวข้างต้น จึงทำให้สารละลายคู่ควบที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบ หรือการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น พานาเวียเอฟสามารถเพิ่มการยึดติดทางเคมีกับผิวเซอร์โคเนียได้[30]

แต่ปัจจุบันการศึกษาในแง่ของการไหลแผ่ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญในการเพิ่มการยึดติด โดยการวัดค่ามุมสัมผัส (contact angle, θ) ยังไม่มีการศึกษาที่ชัดเจนเปรียบเทียบระหว่างการปรับปรุงพื้นผิวของเซอร์โคเนียด้วยสารละลายคู่ควบไซเลนและสารละลายคู่ควบที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบ การศึกษานี้จึงมุ่งศึกษาความขรุขระพื้นผิวและการไหลแผ่ของน้ำกลั่นบนพื้นผิวเซอร์โคเนีย โดยวัดค่าความขรุขระพื้นผิวและวัดค่ามุมสัมผัสบนแผ่นเซอร์โคเนียที่ถูกปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบต่างชนิดกัน โดยมีสมมติฐานของงานวิจัยคือ ไม่มีความแตกต่างของความขรุขระพื้นผิว และค่ามุมสัมผัสของน้ำกลั่นบนแผ่นเซอร์โคเนียที่ถูกปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบต่างชนิดกัน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมแผ่นเซอร์โคเนียชนิดวายทีซีพี (Bruxir™, Glidewell, Newport Beach, USA) ที่เผาโดยสมบูรณ์จากห้องปฏิบัติการ ขนาดกว้าง 10 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร และหนา 1 มิลลิเมตร จำนวน 75 ชิ้น ทำการปรับความขรุขระพื้นผิวให้เรียบเสมอกันโดยขัดพื้นผิวเซอร์โคเนียด้วยกระดาษทรายน้ำเบอร์ 100 400 และ 600 ตามลำดับ ด้วยเครื่องขัดชิ้นงาน (grinder polisher, Weiyi MaPao™ 160E, Qingdao, China) ด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 1 นาที ภายใต้การหล่อเย็นด้วยน้ำ จากนั้นทำความสะอาดชิ้นงานด้วยเครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิก (ultrasonic cleaner, Coltene/Whaldent UC125H BioSonic®, Ohio, USA) ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 5 นาที ทิ้งไว้ให้แห้ง นำแผ่นเซอร์โคเนียไปตรวจสอบความขรุขระพื้นผิวด้วยเครื่องตรวจสอบความขรุขระ (profilometer, Mitutoyo Surftest SJ-310, Kanagawa, Japan) กำหนดพื้นที่ในการวัดเป็น 4 ตารางมิลลิเมตร โดยการตั้งค่าพื้นที่ในเครื่องทดสอบ วัดสามบริเวณต่อชิ้นงานโดยการสุ่มบริเวณให้ไม่ซ้ำกัน บันทึกข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยความขรุขระต่อชิ้นงาน การวัดความขรุขระพื้นผิวครั้งนี้เพื่อควบคุมความเรียบในการขัดชิ้นงานให้ไม่มีความแตกต่าง

การเตรียมสารละลายชนิดต่างๆ

สารละลายคู่ควบไซเลน สารละลายคู่ควบที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบและสารละลายเอทานอลที่ใช้ แสดงในตารางที่ 1

เตรียมสารละลายเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 70 ผสมในสารละลายคู่ควบไซเลนเอ็มพีเอส เอพีเอสและเอเอพีเอส ความเข้มข้นร้อยละ 2[29,31] เก็บสารละลายคู่ควบไซเลนที่ผสมแล้วในถ้วยพอลีเอทีลีนเป็นเวลา 5 นาทีเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolyze reaction)[29]

นำแผ่นเซอร์โคเนียที่เตรียมไว้มาแช่ในสารละลายคู่ควบไซเลนชนิดต่าง ๆ เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำขึ้นมาทำให้แผ่นเซอร์โคเนียแห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 14 วันก่อนทำการทดสอบ ส่วนในกลุ่มที่ทาพื้นผิวเซอร์โคเนียด้วยสารละลายคู่ควบที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบ ทำโดยหยดสารละลายคู่ควบที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบลงในถาด

ตารางที่ 1 *สารละลายคู่ควบไซเลน สารละลายคู่ควบที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบและสารละลายเอทานอลที่ใช้ในการศึกษานี้*

Table 1 *Silane coupling agent, 10-MDP coupling agent and solution used in the present study.*

Name	Code	Brand or Cat. No.	Mfg.	Lot. No.
3-methacryloxypropyl trimethoxysilane	MPS	KBM 503	Shin-Etsu Chemical, Tokyo, Japan	03999
3-aminopropyl Triethoxysilane	APS	KBE 903	Shin-Etsu Chemical, Tokyo, Japan	507147
N-2 (aminoethyl) 3-aminopropyl Triethoxysilane	AAPS	KBE 603	Shin-Etsu Chemical, Tokyo, Japan	503038
Clearfil ceramic primer plus	10-MDP	Clearfil ceramic primer plus	Kuraray Tokyo, Japan	000047
Ethanol	ETH	414608	Carlo erba, Milan, Italy	V9M800259M

หลุมพลาสติก จากนั้นใช้แปรงขนาดเล็กจุ่มลงในสารละลายคู่ควบแล้วทำการทาบนพื้นผิวสองรอบให้ทั่ว ทิ้งไว้ 1 นาทีแล้วใช้ลมเป่าให้ตัวทำละลายระเหยให้แห้ง ในทุกชิ้นงานถูกเก็บไว้ในภาชนะป้องกันการปนเปื้อนของพื้นผิว ชิ้นงานถูกแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น ดังนี้

1. กลุ่มควบคุม (control) คือกลุ่มที่ไม่ได้นำแผ่นเซอร์โคเนียมาปรับปรุงพื้นผิว

2. กลุ่มที่นำแผ่นเซอร์โคเนียมาปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบ เอ็มพีเอส (MPS)

3. กลุ่มที่นำแผ่นเซอร์โคเนียมาปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบ เอพีเอส (APS)

4. กลุ่มที่นำแผ่นเซอร์โคเนียมาปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบ เอเอพีเอส (AAPS)

5. กลุ่มที่นำแผ่นเซอร์โคเนียมาปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบที่มีสารเท็นเอ็มดีพี (10-MDP)

โดยในแต่ละกลุ่มแบ่งชิ้นงานกลุ่มละ 5 ชิ้นเพื่อวัดค่าความขรุขระพื้นผิวหลังการเตรียมพื้นผิว

การทดสอบความขรุขระพื้นผิวและค่ามุมสัมผัส

ทดสอบค่าความขรุขระพื้นผิว (surface roughness) หลังการปรับปรุงพื้นผิวแผ่นเซอร์โคเนียด้วยสารต่างชนิดกันในกลุ่มทดลองทั้ง 5 กลุ่มกลุ่มละ 5 แผ่นดังได้กล่าวไปข้างต้นด้วยเครื่องทดสอบความขรุขระพื้นผิว ทำการวัดค่าความขรุขระพื้นผิวของแผ่นเซอร์โคเนียแต่ละแผ่นโดยวัดสามบริเวณแต่ละบริเวณห่างกัน 3 มิลลิเมตร กำหนดพื้นที่ในการวัดเป็น 4 ตารางมิลลิเมตร นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละชิ้นงานในแต่ละกลุ่มการทดลอง จากนั้นนำมาวิเคราะห์ทางสถิติชนิดความแปรปรวนแบบทางเดียวและทดสอบเชิงซ้อนด้วยวิธีทูกีย์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ทดสอบค่ามุมสัมผัสโดยหยดน้ำกลั่นปริมาตร 10 ไมโครลิตรต่อหยด จากเครื่องหยดแนวดิ่งลงบนแผ่นเซอร์-โคเนียในกลุ่มทดลองทั้ง 5 กลุ่ม วัดมุมสัมผัสระหว่างน้ำกลั่นกับพื้นผิวเซอร์โคเนียหลังหยดน้ำกลั่น 3 นาที โดยใช้เครื่องวัดค่ามุมสัมผัส (contact angle tester [DSA 10-MK2, Kryss Optronic, Hamburg, Germany]) อ่านค่ามุมโดยโปรแกรมวัดมุมอัตโนมัติทั้งสองด้านของหยดน้ำกลั่น นำค่าเฉลี่ยของมุมสัมผัสมาวิเคราะห์ทางสถิติชนิดความแปรปรวนแบบทางเดียวและทดสอบเชิงซ้อนด้วยวิธีทูกีย์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการศึกษา

ค่าเฉลี่ยความขรุขระพื้นผิวของแผ่นเซอร์โคเนียก่อนการปรับปรุงพื้นผิว (control group) มีค่าเท่ากับ 1.24± 0.14 ไมโครเมตร ค่าเฉลี่ยความขรุขระพื้นผิวหลังจากการปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบไซเลนชนิดต่าง ๆ และสารละลายคู่ควบที่มี เท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบ แสดงในตารางที่ 2 โดยพบว่าค่าเฉลี่ยความขรุขระพื้นผิวในแต่ละกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 2 *ค่าเฉลี่ยความขรุขระพื้นผิว*

Table 2 *Mean value (SD) of the surface roughness (Ra, μm).*

Group	Mean ± SD	n
Group 1: Control	1.24 ± 0.14	5
Group 2: MPS	1.14 ± 0.12	5
Group 3: APS	1.10 ± 0.14	5
Group 4: AAPS	1.12 ± 0.12	5
Group 5: 10-MDP	1.20 ± 0.16	5

No significant difference in surface roughness ($p<0.05$)
n = number of tested specimens
SD = standard deviation
(Ra values were analyzed with one-way ANOVA. Multiple pairwise comparisons were done with the Turkey post-hoc test.)

ตารางที่ 3 *ค่ามุมสัมผัสเฉลี่ย (ค่าเบี่ยงเบน) ของกลุ่มต่าง ๆ*

Table 3 *Average contact angles (standard deviations) in degree (°) of various groups.*

Coupling agents (n=10)	Contact angles (standard deviations)
Control (no coupling agents)	80.2° (1.3) ^{A}
MPS	60.2°(2.5) ^{C}
APS	62.0° (2.7) ^{C}
AAPS	68.1° (2.8) ^{B}
10-MDP	55.3° (1.6) ^{D}

*Values with the different letters are statistically significant different ($p<0.05$)

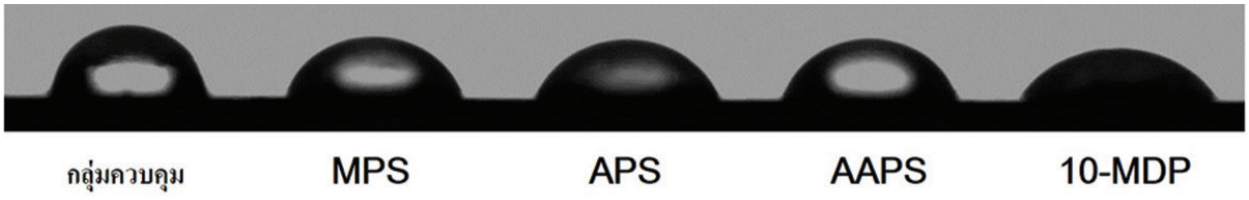
รูปแสดงลักษณะหยดน้ำกลั่นที่ไหลแผ่บนแผ่นเซอร์-โคเนียถ่ายด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัส แสดงดังรูปที่ 2 และค่าเฉลี่ยมุมสัมผัสในแต่ละกลุ่มแสดงดังตารางที่ 3 โดยในกลุ่มแผ่นเซอร์โคเนียที่ได้รับการปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบที่มี เท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบ ให้ค่ามุมสัมผัส (องศา) ที่น้อยที่สุด ($55.3^{\circ}\pm1.6$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

บทวิจารณ์

การศึกษานี้เป็นการศึกษาความขรุขระพื้นผิว และวิเคราะห์มุมสัมผัสของหยดน้ำกลั่นบนแผ่นเซอร์โคเนียที่ถูกปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบไซเลนสามชนิดที่นิยมใช้ในทางทันตกรรม และสารละลายคู่ควบที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมแผ่นเซอร์โคเนียที่ไม่ถูกปรับปรุงพื้นผิว ซึ่งผลการทดลองในแง่ของความขรุขระพื้นผิวพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละกลุ่มทดลอง แต่ผลการทดลองในแง่ของการไหลแผ่ได้ปฏิเสธสมมติฐานของงานวิจัยคือ ค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำกลั่นบนแผ่นเซอร์โคเนียที่ปรับปรุงด้วยสารละลายคู่ควบต่างชนิดกันมีความแตกต่างกัน

การศึกษานี้ได้ปรับปรุงพื้นผิวของแผ่นเซอร์โคเนียให้มีความขรุขระที่ใกล้เคียงกันทุกแผ่น โดยขัดด้วยกระดาษทรายน้ำเบอร์ 1000 หลังจากนั้นวัดค่าความขรุขระพื้นผิวของแผ่นเซอร์โคเนียในกลุ่มที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิว และกลุ่มที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบไซเลนชนิดต่าง ๆ และสารละลายคู่ควบที่มี เท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบ พบว่าความขรุขระพื้นผิวของเซอร์โคเนียในแต่ละกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นในการศึกษานี้สามารถตัดปัจจัยเรื่องความขรุขระพื้นผิวที่อาจจะมีผลต่อการวัดค่ามุมสัมผัส โดยค่ามุมสัมผัสที่วัดได้ในการศึกษานี้เป็นผลโดยตรงจากการปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบไซเลนชนิดต่าง ๆ และสารละลายคู่ควบที่มี เท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Abi-Rached และคณะ[32] ในปี ค.ศ. 2014 พบว่าความขรุขระที่แตกต่างกันของพื้นผิวเซอร์-โคเนียจากการปรับปรุงพื้นผิวด้วยการขัดสีกแบบพ่นอนุภาคในอากาศ (air-borne particle abrasion) ขนาดต่าง ๆ ไม่ส่งผลต่อความเปียกของเซอร์โคเนีย

การวัดค่ามุมสัมผัสสามารถบอกได้ถึง แนวโน้มที่ของเหลวจะสามารถไหลแผ่บนพื้นผิวเรียบของของแข็ง โดย



รูปที่ 2 *ลักษณะมุมสัมผัสของทุกกลุ่ม*

Figure 2 *Contact angles of all groups.*

มุมสัมผัสจะแปรผกผันกับความสามารถในการกระจายตัวของของเหลว ค่าของมุมสัมผัสที่เกิดขึ้นสามารถบอกได้ถึงคุณสมบัติความเปียกของพื้นผิว ความสามารถในการชอบน้ำหรือไม่ชอบน้ำของพื้นผิว ซึ่งมุมที่วัดได้จะมีค่าระหว่าง 90-180 องศา โดยมุมสัมผัสที่มีค่ามากกว่า 90 องศาบ่งบอกถึงการกระจายตัวของของเหลวที่ไม่ดี หรือพื้นผิวมีความไม่ชอบน้ำ (surface hydrophobic)[33] ซึ่งผลการศึกษาจากงานวิจัยนี้พบว่าสารละลายคู่ควบไซเลนทั้งสามชนิด และสารละลายคู่ควบที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบให้ค่ามุมสัมผัสที่น้อยกว่า 90 องศา แต่ในกลุ่มที่ถูกปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบให้ค่ามุมสัมผัสที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($55.3^{\circ}\pm1.6$) สรุปผลได้ว่าเมื่อทำการปรับปรุงพื้นผิวเซอร์โคเนียด้วยสารละลายคู่ควบที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบ ทำให้พื้นผิวมีแนวโน้มที่จะเกิดการกระจายตัวของของเหลวได้ดีขึ้น โดยเท็นเอ็มดีพีเป็นมอนอเมอร์ทำงานที่ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนปลายด้านหนึ่งเป็นกลุ่มเมทาไครเลตที่มีพันธะคู่ สามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ได้ (polymerizable group) ตรงกลางเป็นกลุ่มแอลคิลสายยาวที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic group) ทำหน้าที่รักษาสมดุลระหว่างสภาวะที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งเป็นกลุ่มฟอสเฟตที่มีคุณสมบัติชอบน้ำและมีความเป็นกรด (hydrophilic acid group) ซึ่งองค์ประกอบในส่วนนี้เป็นส่วนที่ส่งเสริมการชอบน้ำของพื้นผิวเซอร์โคเนียทำให้มีการกระจายของของเหลวที่ดี (surface hydrophilic) จึงส่งผลให้เกิดการไหลแผ่ของน้ำกลั่นได้มากกว่าสารละลายคู่ควบไซเลนทั้งสามชนิด และกลุ่มควบคุม

สารละลายคู่ควบไซเลนมีคุณสมบัติการมีขั้ว สามารถเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและเกิดพันธะไซลอกเซน (siloxane bond) กับพื้นผิวที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบส่งผลให้พื้นผิวมีความเป็นขั้วทำให้การเกิดการไหลแผ่ของน้ำกลั่นที่ดี ถึงแม้ว่าในการศึกษานี้การปรับปรุงพื้นผิวเซอร์โคเนียด้วยสารละลายคู่ควบไซเลนทั้งสามชนิดจะให้ค่ามุมสัมผัสน้อยกว่า 90 องศา แต่ก็ยังให้ค่ามุมสัมผัสที่มากกว่ากลุ่มเซอร์โคเนียที่ถูกปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบเนื่องจากเซอร์โคเนียไม่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบจึงไม่สามารถเกิดพันธะเคมีกับสารละลายคู่ควบไซเลนได้ ส่งผลให้ไม่เกิดพันธะไซลอกเซนบนพื้นผิวเซอร์โคเนีย จึงทำให้เกิดการไหลแผ่ของน้ำกลั่นได้น้อยกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Kitayama และคณะ[34] ในปี ค.ศ. 2010 ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของไพรเมอร์ต่อกำลังยึดดึง (tensile bond strength) ของเรซินซีเมนต์ ในการยึดติดกับเซรามิกที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบและการยึดติดกับเซอร์โคเนีย ซึ่งวัสดุทั้งสองชนิดได้รับการเตรียมพื้นผิวโดยการเป่าทรายด้วยอนุภาคอลูมินา จากผลการศึกษาพบว่าไพรเมอร์ที่มีส่วนประกอบของสารละลายคู่ควบไซเลนมีประสิทธิภาพในการเพิ่มการยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์กับเซรามิกที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบ แต่สำหรับเซอร์โคเนียพบว่าไพรเมอร์ที่มีประสิทธิภาพคือไพร-เมอร์ที่มีองค์ประกอบของมอนอเมอร์ทำงานกลุ่มฟอสเฟตหรือกลุ่มกรดฟอสฟอนิก (phosphonic acid monomer) หรือการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีส่วนประกอบของเท็นเอ็มดีพีก็สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการยึดติดกับเซอร์โคเนียได้

ปัจจุบันครอบฟันเซอร์โคเนียเป็นที่นิยมมากขึ้นสำหรับการบูรณะเพื่อความสวยงามทั้งในฟันแท้ และฟันน้ำนม ครอบฟันเซอร์โคเนียในฟันน้ำนมในปัจจุบันได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากให้ความสวยงาม ความแข็งแรง และสามารถปิดสีฟันธรรมชาติได้อย่างสมบูรณ์ (รูปที่ 3) โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟันน้ำนมที่ได้รับการรักษาโพรงประสาทฟัน หรือฟันน้ำนมที่ได้รับการทาสารซิลเวอร์ไดอะมีนฟลูออไรด์ (silver diamine fluoride) เพื่อหยุดการลุกลามของฟันผุซึ่งสารดังกล่าวทำให้ฟันเป็นสีดำ แต่ปัญหาหลักของการทำครอบฟันเซอร์โคเนียในฟันน้ำนมคือต้องกรอฟันมากกว่าปกติเพื่อให้สามารถใส่ครอบฟันได้ เนื่องจากไม่สามารถทำการกรอแต่งตัวครอบฟันได้ การยึดติดส่วนใหญ่จึงมาจากความขนานของการกรอฟัน ปริมาณฟันน้ำนมที่เหลืออยู่ การควบคุมความชื้น และซีเมนต์ที่ใช้ ดังนั้นผลจากการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิกเพื่อเพิ่มความสามารถในการยึดติดของชิ้นงานเซอร์โคเนียกับฟันธรรมชาติ โดยขั้นตอนที่สำคัญคือการปรับปรุงพื้นผิวเซอร์โคเนียก่อนทำการยึดติดด้วยซีเมนต์ แนะนำให้ทาสารละลายคู่ควบที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบด้านในของครอบฟันเซอร์โคเนียเนื่องจากมีมอนอเมอร์ทำงานกลุ่มฟอสเฟตซึ่งจะช่วยปรับปรุงพื้นผิวเซอร์โคเนียส่งผลให้ซีเมนต์มีการไหลแผ่มากขึ้นและเกิดการเชื่อมยึดด้วยปฏิกิริยาเคมีดีขึ้น ทำให้ผลสำเร็จในการยึดครอบฟันเซอร์โคเนียกับฟันธรรมชาติดียิ่งขึ้น โดยในการศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของสารละลายคู่ควบที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์

รูปที่ 3 *ภาพในช่องปากของผู้ป่วยชายไทยอายุ 5 ปี ก่อน (A) และหลัง (B) ทำการบูรณะฟันตัดหน้าน้ำนมบนด้วยครอบฟันเซอร์โคเนีย (ภาพโดย ทพญ. สริตา เดชสุวรรณ)*

Figure 3 *Intra-oral pictures of a 5-year-old Thai male patient before (A) and after (B) restoration with zirconia crowns on maxillary primary incisors. (Courtesy by Dr. Sarita Dejsuvan)*

ประกอบในการปรับปรุงพื้นผิวเซอร์โคเนียในแง่ของการเพิ่มประสิทธิภาพการไหลแผ่ของน้ำกลั่น ซึ่งให้ค่ามุมที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสารละลายคู่ควบไซเลนและกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามการไหลแผ่ที่ดีเป็นส่วนหนึ่งของการเพิ่มการยึดติดเท่านั้น ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการยึดติดของเซอร์โคเนียกับฟันธรรมชาติ โดยเฉพาะการศึกษาในฟันน้ำนม ซึ่งยังคงต้องมีการศึกษาในแง่มุมอื่นต่อไป เช่น การทดสอบความแข็งแรงยึดดึงของครอบฟันเซอร์โคเนียสำเร็จรูปที่ยึดกับฟันน้ำนมโดยใช้เรซินซีเมนต์หลังจากได้รับการปรับปรุงพื้นผิวบนครอบฟันเซอร์โคเนียแล้ว เป็นต้น

บทสรุป

ภายใต้ข้อจำกัดของการทดลองการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่า กลุ่มเซอร์โคเนียที่ถูกปรับปรุงพื้นผิวด้วยสารละลายคู่ควบไซเลนชนิดต่าง ๆ และสารละลายคู่ควบที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบไม่มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวของแผ่นเซอร์โคเนีย แต่การปรับปรุงพื้นผิวเซอร์โคเนียด้วยสารละลายคู่ควบที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบ ให้ค่ามุมสัมผัสของน้ำกลั่นกับพื้นผิวเซอร์โคเนียที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสารละลายคู่ควบไซเลนและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ทุนอุดหนุนการวิจัยจากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประจำปี 2562 ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ ศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ในการเอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Murthy V, Manoharan, Balaji, Livingstone D. Effect of four surface treatment methods on the shear bond strength of resin cement to zirconia ceramics- a comparative in vitro study. *J Clin Diagn Res* 2014; 8(9): ZC65-ZC68.
2. Miyazaki T, Nakamura T, Matsumura H, Ban S, Kobayashi T. Current status of zirconia restoration. *J Prosthodont Res* 2013; 57(4): 236-261.
3. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials* 1999; 20(1): 1-25.
4. Raigrodski AJ. All-ceramic full-coverage restorations: concepts and guidelines for material selection. *Pract Proced Aesthet Dent* 2005; 17(4): 249-256.
5. Shenoy A, Shenoy N. Dental ceramics: An update. *J Conserv Dent* 2010; 13(4): 195-203.
6. Tabatabaian F. Color in zirconia-based restorations and related factors: a literature review. *J Prosthodont* 2018; 27(2): 201-211.

7. Kupietzky A, Waggoner WE, Galea J. Long-term photographic and radiographic assessment of bonded resin composite strip crowns for primary incisors: results after 3 years. *Pediatr Dent* 2005; 27(3): 221-225.
8. Kupietzky A, Waggoner WF, Galea J. The clinical and radiographic success of bonded resin composite strip crowns for primary incisors. *Pediatr Dent* 2003; 25(6): 577-581.
9. Waggoner WF. Restoring primary anterior teeth: updated for 2014. *Pediatr Dent* 2015; 37(2): 163-170.
10. Waggoner WF. Restoring primary anterior teeth. *Pediatr Dent* 2002; 24(5): 511-516.
11. Holsinger DM, Wells MH, Scarbecz M, Donaldson M. Clinical evaluation and parental satisfaction with pediatric zirconia anterior crowns. *Pediatr Dent* 2016; 38(3): 192-197.
12. Manmontri C, Sirinirund B, Langkapint W, et al. Retrospective evaluation of the clinical outcomes and patient and parental satisfaction with resin strip crowns in primary incisors. *Pediatr Dent* 2018; 40(7): 425-432.
13. Aiem E, Smail-Faugeron V, Muller-Bolla M. Aesthetic preformed paediatric crowns: systematic review. *Int J Paediatr Dent* 2017; 27(4): 273-282.
14. Walia T, Salami AA, Bashiri R, Hamoodi OM, Rashid F. A randomised controlled trial of three aesthetic full-coronal restorations in primary maxillary teeth. *Eur J Paediatr Dent* 2014; 15(2): 113-118.
15. Özcan M, Bernasconi M. Adhesion to zirconia used for dental re storations: a systematic review and meta-analysis. *J Adhes Dent* 2015; 17(1): 7-26.
16. Özcan M, Alkumru HN, Gemalmaz D. The effect of surface treatment on the shear bond strength of luting cement to a glass-infiltrated alumina ceramic. *Int J Prosthodont* 2001; 14(4): 335-339.
17. Sciasci P, Abi-Rached FO, Adabo GL, Baldissara P, Fonseca RG. Effect of surface treatments on the shear bond strength of luting cements to Y-TZP ceramic. *J Prosthet Dent* 2015; 113(3): 212-219.
18. Wolfart M, Lehmann F, Wolfart S, Kern M. Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dent Mater* 2007; 23(1): 45-50.
19. Aboushelib MN. Evaluation of zirconia/resin bond strength and interface quality using a new technique. *J Adhes Dent* 2011; 13(3): 255-260.
20. Paranhos MP, Burnett LH, Jr., Magne P. Effect Of Nd:YAG laser and CO2 laser treatment on the resin bond strength to zirconia ceramic. *Quintessence Int* 2011; 42(1): 79-89.
21. Ferrari M, Cagidiaco MC, Borracchini A, Bertelli E. Evaluation of a chemical etching solution for nickel-chromium-beryllium and chromium-cobalt alloys. *J Prosthet Dent* 1989; 62(5): 516-521.
22. Soares CJ, Soares PV, Pereira JC, Fonseca RB. Surface treatment protocols in the cementation process of ceramic and laboratory-processed composite restorations: a literature review. *J Esthet Restor Dent* 2005; 17(4): 224-235.
23. Derand T, Molin M, Kvam K. Bond strength of composite luting cement to zirconia ceramic surfaces. Dent Mater 2005; 21(12): 1158-1162.
24. Lung CY, Kukk E, Matinlinna JP. The effect of silica-coating by sol-gel process on resin-zirconia bonding. *Dent Mater J* 2013; 32(1): 165-172.

25. Kern M, Wegner SM. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent Mater* 1998; 14(1): 64-71.
26. Yamaguchi H, Ino S, Hamano N, Okada S, Teranaka T. Examination of bond strength and mechanical properties of Y-TZP zirconia ceramics with different surface modifications. *Dent Mater J* 2012; 31(3): 472-480.
27. Banthikhunanon P, Chijareenont P. The flow of distilled water on ceramic plate treated with various types of silane coupling agent solution. *CM Dent J* 2017; 38(3): 103-110 (in Thai).
28. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 2003; 89(3): 268-274.
29. Chaijareenont P, Takahashi H, Nishiyama N, Arksornnukit M. Effects of silane coupling agents and solutions of different polarity on PMMA bonding to alumina. *Dent Mater J* 2012; 31(4): 610-616.
30. Chen Y, Lu Z, Qian M, et al. Chemical affinity of 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate to dental zirconia: Effects of molecular structure and solvents. *Dent Mater* 2017; 33(12): e415-e427.
31. Chaijareenont P, Takahashi H, Nishiyama N, Arksornnukit M. Effect of different amounts of 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane on the flexural properties and wear resistance of alumina reinforced PMMA. *Dent Mater J* 2012; 31(4): 623-628.
32. Abi-Rached FO, Martins SB, Campos JA, Fonseca RG. Evaluation of roughness, wettability, and morphology of an yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal ceramic after different airborne-particle abrasion protocols. *J Prosthet Dent* 2014; 112(6): 1385-1391.
33. Noro A, Kaneko M, Murata I, Yoshinari M. Influence of surface topography and surface physicochemistry on wettability of zirconia (tetragonal zirconia polycrystal). *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2013; 101(2): 355-363.
34. Kitayama S, Nikaido T, Takahashi R, et al. Effect of primer treatment on bonding of resin cements to zirconia ceramic. *Dent Mater* 2010; 26(5): 426-432.

เปิดบริการ

ศูนย์เอกซเรย์ทางทันตกรรม

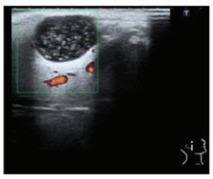
โรงพยาบาลทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ให้บริการถ่ายภาพรังสี ทางทันตกรรม (เอกซเรย์) แก่ผู้ป่วยทั้งใน-นอกเวลาราชการ

▶ บริการถ่ายภาพรังสีทางทันตกรรมทั่วไป (ชนิดภาพรังสีนอกช่องปาก) ด้วยระบบดิจิตอล (Digital Radiograph)

Panoramic

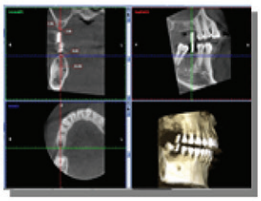
▶ การตรวจด้วยอัลตราซาวด์ (บริเวณขากรรไกร-ใบหน้า)



Ultrasound

Cephalometric

▶ ภาพถ่ายรังสีโคนบีมซีที (Cone beam CT : CBCT) ด้วยเครื่องถ่ายภาพซึ่งเป็นเทคโนโลยีอันทันสมัย สามารถแสดงภาพของฟัน กระดูกขากรรไกรและใบหน้า ได้ในหลายระนาบและสร้างเป็นภาพสามมิติ พร้อมรายงานผลอ่านภาพโดยทันตแพทย์เฉพาะทาง



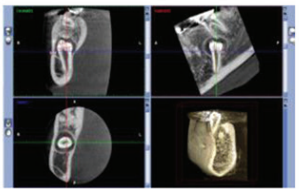
การวางแผนเพื่อฝังรากเทียม

PA

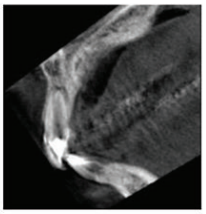
เปิดให้บริการ

จันทร์-ศุกร์ : เวลา 09.00 - 20.00 น.

เสาร์-อาทิตย์ : เวลา 09.00 - 16.00 น.

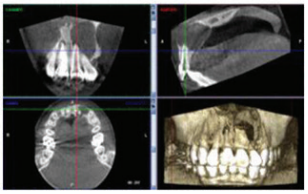


ระบุตำแหน่งของฟันฝังคุด



การตรวจการแตกหักของรากฟัน

ศูนย์เอกซเรย์ทางทันตกรรม โรงพยาบาลทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ ม.ช. ตั้งอยู่ชั้น 1 อาคาร 6 (ติดห้องเอกซเรย์เบอร์ 2)



การตรวจรอยโรคของฟันและกระดูก

โทรศัพท์ : 053-941-605 E-Mail address : dentxraycenter@gmail.com

ศูนย์เอกซเรย์ทางทันตกรรมเป็นสถานพยาบาลของทางราชการ สามารถเบิกค่ารักษาพยาบาลจากทางราชการได้ตามระเบียบกระทรวงการคลัง