อนุภาคนาโนเงินในฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิก

อภิญญา ขุนหลวง* ณปภา เอี่ยมจิรกุล**

บทคัดย่อ

โรคปากอักเสบเหตุฟันเทียมเป็นการอักเสบของเนื้อเยื่อที่รองรับใต้ฐานฟันเทียม ซึ่งสามารถพบได้บ่อยในผู้ใส่ฟันเทียม และมีความสัมพันธ์กับเชื้อราแคนดิดา อัลบิแคนส์ ปัจจุบันมีการนำนาโนเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในงานทันตกรรม โดยนำอนุภาคนาโนเงินมาผสมทำฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกเพื่อให้มีคุณสมบัติต้านจุลชีพ ลดการสะสมของจุลชีพในช่องปากและลดอัตราการเกิดสภาวะปากอักเสบเพราะเชื้อราแคนดิดาในผู้ใส่ฟันเทียม ทำให้ผู้ใส่ฟันเทียมสามารถดูแลรักษาฟันเทียมและสุขอนามัยช่องปากได้ดีขึ้น

คำสำคัญ: อนุภาคนาโนเงิน คุณสมบัติต้านจุลชีพ ฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิก

**ทันตแพทย์ คลินิกทันตกรรมวีแคร์ หมู่ 4 ต.บางสีทอง อ.บางกรวย จ.นนทบุรี 11130*

***ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110*

Silver Nanoparticles in Resin Acrylic Denture Base

Apinya Khunluang* Napapa Aimjirakul**

Abstract

Denture-related stomatitis is an inflammation of the denture-bearing mucosa and often found in denture wearers. It is also related to Candida albicans. Nowadays, nanotechnology is used in dentistry by modifying silver nanoparticles in resin acrylic denture base for antimicrobial effect, accumulation of microbes and incidence of denture-related stomatitis reduction. Denture wearers are able to perform effective denture-care and oral self-care.

Key words: Silver nanoparticles, Antimicrobial effect, Resin acrylic denture base

**Dentist, We care dental clinic Moo 4 Bangsitong, Bangkruai, Nonthaburi 11130*

***Assistant Professor, Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok 10110*

บทนำ

โรคปากอักเสบเหตุฟันเทียม (denture stomatitis) เป็นการอักเสบของเนื้อเยื่อที่รองรับใต้ฐานฟันเทียม สามารถพบในผู้ที่ใส่ฟันเทียมได้ถึงร้อยละ 11-67 [1,2] ซึ่งสาเหตุหลักที่สัมพันธ์กับโรคคือ เชื้อราแคนดิดา อัลบิแคนส์ (*Candida albicans*) พบว่าความชุกของการตรวจพบเชื้อราแคนดิดา อัลบิแคนส์เป็นร้อยละ 60 ของผู้ใส่ฟันเทียม [3-4] การเกาะติด (adherence) ของเชื้อราแคนดิดา อัลบิแคนส์บนฐานฟันเทียมเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญในการเกาะกลุ่ม (colonization) ของเชื้อจนเกิดการสะสมของจุลชีพ และก่อตัวเป็นแผ่นชีวภาพ (biofilm) และพัฒนาไปเป็นโรคติดเชื้อ [5-6] นอกจากนี้โรคปากอักเสบเหตุฟันเทียมอาจมีรอยโรคอื่นร่วมด้วยเช่น โรคมุมปากอักเสบ (angular cheilitis) โรคกลางลิ้นอักเสบรูปขนมเปียกปูน (median rhomboid glossitis)

ปัจจุบันเรซินอะคริลิก พอลิเมทิลเมทาไครเลต (polymethyl methacrylate) เป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้ทำฐานฟันเทียม เนื่องจากมีคุณสมบัติดีหลายประการ เช่น มีความแข็งแรง มิติคงที่ สวยงาม สีเหมือนเหงือก ทำง่าย ราคาไม่แพง เป็นต้น มีข้อด้อยคือ มีลักษณะเป็นรูพรุน และมีความหยาบของพื้นผิววัสดุ (surface roughness) ก่อให้เกิดการสะสมของจุลชีพได้ง่าย [7] และมีพื้นผิวที่มีค่ามุมสัมผัส (contact angle) มาก มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ทำให้เพิ่มการเกาะติด และจำนวน (proliferation) ของจุลชีพ [8-9] ดังนั้นผู้ใส่ฟันเทียมจึงต้องดูแลทำความสะอาดสุขอนามัยช่องปากและฟันเทียมให้สะอาดอยู่เสมอ เพื่อป้องกันการเกิดติดเชื้อ

อย่างไรก็ตามในผู้สูงอายุหรือผู้ป่วยที่นอนโรงพยาบาลซึ่งมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อได้ง่าย ร่วมกับการดูแลทำความสะอาดฟันเทียมและช่องปากที่ไม่เพียงพอ ทำให้มีโอกาสติดเชื้อมากกว่าผู้ใส่ฟันเทียมทั่วไป จึงมักมีการใช้ยาต้านเชื้อราร่วมด้วยเพื่อป้องกันการเกิดโรค [10] ปัจจุบันยาต้านเชื้อรามีทั้งแบบออกฤทธิ์เฉพาะที่และออกฤทธิ์ทางระบบ เช่น นิสเตติน (nystatin) ฟลูโคนาโซล (fluconazole) คีโตโคนาโซล (ketoconazole) ไอทราโคนาโซล (itraconazole) ควรใช้ยาอย่างระมัดระวังภายใต้คำสั่งแพทย์ และต้องอาศัยความร่วมมือของผู้ป่วยในการรับประทานยาให้ครบ เพื่อป้องกันการดื้อยา นอกจากนี้การใช้ยาต้านเชื้อรารักษาโรคปากอักเสบเหตุฟันเทียม มักพบปัญหาในการรักษาเนื่องจากมีการติดเชื้อซ้ำหลังจากการรักษาสิ้นสุด และพบว่าเชื้อราแคนดิดาหลายสายพันธุ์มักมีการดื้อต่อยาต้านเชื้อราที่ใช้ในการรักษาในปัจจุบัน

ดังนั้นการพัฒนาให้ฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกให้สามารถต้านจุลชีพมีความสำคัญเพื่อลดการสะสมของจุลชีพ ทำให้ผู้ที่ใส่ฟันเทียมสามารถดูแลรักษาสุขอนามัยช่องปากและฟันเทียมได้ดีขึ้น และลดอัตราการเกิดสภาวะปากอักเสบในผู้ที่ใส่ฟันเทียม

อนุภาคนาโนเงิน

อนุภาคนาโนเงินมีคุณสมบัติในการต้านจุลชีพซึ่งใช้ในวงการแพทย์ เนื่องจากออกฤทธิ์อย่างกว้างขวางครอบคลุมทั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราเช่น *Escherichia coli (E.coli) Staphylococcus aureus (S.aureus) Staphylococcu epidermidis (S.epidermidis) Candida albican (C.albicans) Streptococcus mutans (S.mutans)* [11] และมีภาวะดื้อของจุลชีพน้อยกว่ายาต้านจุลชีพ[12] อนุภาคนาโนเงินจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และมีผลต่อกระบวนการถอดแบบดีเอ็นเอ (replication DNA) ของแบคทีเรีย [13] นอกจากนี้อนุภาคเงินไปจับที่ผิวเยื่อหุ้มเซลล์ส่วนนอก มีผลต่อการซึมผ่านของเซลล์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในเซลล์จนทำให้เซลล์ตาย อนุภาคนาโนเงินในรูปแบบนาโนมีขนาดเล็กกว่ารูปแบบไมโคร จะสามารถปลดปล่อยไอออนเงินได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า เนื่องจากมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงกว่า ทำให้มีคุณสมบัติต้านจุลชีพได้ดีกว่ารูปแบบไมโคร [14-15]

อนุภาคนาโนเงินเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อ ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของเซลล์และการถอดแบบของดีเอ็นเอ ไม่เป็นพิษต่อยีน (gene) [16] อนุภาคนาโนเงินจึงถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์หลายประเภทเพื่อ

ให้มีฤทธิ์ต้านจุลชีพ เช่น อุปกรณ์เครื่องครัว เสื้อผ้า เครื่องเขียน รวมทั้งอุปกรณ์ทางการแพทย์ เช่น สายสวนปัสสาวะ (urinary catheter) [17] ผ้าปิดแผล (dressing wounds) [18] เส้นเอ็นเทียม (artificial tendon) [18] เป็นต้น ในด้านทันตกรรมมีการนำอนุภาคเงินมาใช้ในหลายรูปแบบ เช่น Ag-containing silica glass [19] Ag-zeolite [20] Ag-apatite [21] และ Ag-supported zirconium phosphate [22] ซึ่งมีผลต้านจุลชีพในห้องทดลอง และปัจจุบันมีการนำอนุภาคนาโนเงินมาใช้ในงานทันตกรรม เช่น ฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิก

อนุภาคนาโนเงินในฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิก

การสังเคราะห์อนุภาคนาโนมีหลายวิธี เช่น ปฏิกิริยารีดักชันทางเคมี (chemical reduction) โดยมีหรือไม่มีสารทำให้เสถียร (stabilizing agent) การสลายตัวด้วยความร้อนในตัวทำละลาย (thermal decompostion) ปฏิกิริยารีดักชันด้วยแสงร่วมกับทางเคมี (chemical and photoreduction) การใช้รังสีร่วมกับปฏิกิยารีดักชัน (radiation and chemical reduction) [23] นอกจากนี้ยังมีวิธีการนำขั้นตอนการทำให้แห้งของน้ำมัน (oxidative drying) มาประยุกต์ใช้ในการสังเคราะห์อนุภาคนาโนเงินด้วย [11]

อนุภาคนาโนเงินสังเคราะห์จากซิลเวอร์ไนเตรท (silver nitrate) [15-16,24-26] หรือซิลเวอร์เบนโซเอท (silver benzoate) [27-28] ได้อนุภาคนาโนเงินที่มีประสิทธิภาพในการต้านจุลชีพ อนุภาคนาโนเงินที่ผลิตได้มีรูปร่างกลม (spherical) ขนาดอนุภาค10-20 นาโนเมตร [16,29] 20-25 นาโนเมตร [26] หรือ 38 นาโนเมตร [25] นำสารละลายที่มีส่วนผสมของอนุภาคนาโนเงินผสมกับโมโนเมอร์ จากนั้นนำมาผสมกับส่วนผงของเรซินอะคริลิก พบอนุภาคไอออนมีการกระจายตัวดีในพอลิเมอร์ เมทริกซ์ (polymer matrix) มีการรวมเป็นกลุ่ม (aggregation) เล็กน้อย [16] ในการศึกษาของ Catherine และคณะ (2011) พบว่าการสังเคราะห์อนุภาคนาโนเงินในเรซินอะคริลิกชนิดบ่มเองได้อนุภาคนาโนเงินมีขนาดเล็กกว่า มีการกระจายตัวดีกว่า และมีการรวมกลุ่มน้อยกว่าที่พบในเรซินชนิดบ่มด้วยแสง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซิลเวอร์เบนโซเอทจะได้จำนวนอนุภาคนาโนเงินมากขึ้น แต่จะพบอนุภาครวมกลุ่มมากขึ้น นอกจากนี้ในเรซินชนิดบ่มด้วยแสง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซิลเวอร์เบนโซเอท ทำให้การบ่มตัวจะลดลง เนื่องจากไอออนเงินแย่งจับอนุมูลอิสระในการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization) ขณะที่การเพิ่มความเข้มข้นของอนุภาคนาโนเงินไม่มีผลในการบ่มตัวของเรซินอะคริลิกชนิดบ่มเอง [27]

คุณสมบัติในการต้านเชื้อราแคนดิดา อัลบิแคนส์

การใส่อนุภาคนาโนเงินในฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิก ทำให้ลดการเกาะกลุ่มของเชื้อราแคนดิดา อัลบิแคนส์ และจำนวนของแผ่นชีวภาพได้ตามปริมาณของอนุภาคนาโนเงินที่เพิ่มขึ้น [16,24,27] แม้ว่ามีปริมาณไอออนเงินที่ปลดปล่อยออกมาเพียงเล็กน้อย แต่มีคุณสมบัติต้านเชื้อรา เนื่องจากการสัมผัสโดยตรงของผิวฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกกับเชื้อรา [24] สอดคล้องการศึกษาที่ใส่อนุภาคนาโนเงินในเรซินคอมโพสิต (resin composite) เพื่อต้านเชื้อ *S. mutans* [30]

จากการศึกษาใส่อนุภาคนาโนเงินในพอลิเอไมด์ (polyamide) ซึ่งมีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) มากกว่าพอลิเมทิลเมทาไครเลต พบว่ามีการปลดปล่อยไอออนเงินมากกว่า [26,28] เนื่องจากพอลิเมทิลเมทาไครเลต มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ ทำให้เกิดการแพร่กระจาย (diffusion) ของน้ำน้อย มีผลทำให้มีการปล่อยไอออนเงินจากพอลิเมอร์น้อย [15] การศึกษาของ Luo และคณะ พบว่าการใส่การอนุภาคนาโนเงินในเรซินอะคริลิก มีผลทำให้มุมสัมผัสของเรซินอะคริลิกลดลง ทำให้มีคุณสมบัติชอบน้ำมากขึ้น ลดการเกาะติดของเชื้อราแคนดิดา อัลบิแคนส์ เมื่อเพิ่มปริมาณอนุภาคนาโนเงินมากขึ้น มุมสัมผัสของเรซินอะคริลิกยิ่งลดลง [8] ขัดแย้งกับการศึกษาของ Wady และคณะ (2012) ที่พบว่าเมื่อใส่อนุภาคนาโนเงินในเรซินอะคริลิก พบว่าไม่มีผลต่อการเกาะของเชื้อราแคนดิดา อัลบิแคนส์ และการสร้าง

แผ่นชีวภาพ เนื่องจากเรซินอะคริลิกที่ใช้เป็นชนิดบ่มด้วยไมโครเวฟ (microwave acrylic resin-Vipi Wave) ทำให้อนุภาคไอออนเงินติดอยู่ในโครงสร้างตาข่าย (cross link) ของพอลิเมอร์ และไม่มีการปล่อยอนุภาคเงินออกมา [29]

ความแข็งแรงของเรซินอะคริลิก

การศึกษาของ Sodagar และคณะ (2012) พบว่ายี่ห้อของเรซินอะคริลิกและปริมาณของอนุภาคนาโนเงินมีผลต่อความแข็งแรงดัดขวาง (flexural strength) ของเรซินอะคริลิก โดยสังเคราะห์อนุภาคนาโนเงินในเรซินอะคริลิกชนิดบ่มเอง ยี่ห้อราปิดรีแพร์ (Rapid Repair) และซีเล็คต้าพลัส (Selecta Plus) พบว่าการใส่อนุภาคนาโนเงินร้อยละ 0.05 ในราปิดรีแพร์ทำให้ความแข็งแรงดัดขวางลดลง เมื่อเพิ่มอนุภาคนาโนเงินเป็นร้อยละ 0.2 ทำให้ความแข็งแรงดัดขวางเพิ่มขึ้นใกล้กับเรซินอะคริลิกที่ไม่ใส่อนุภาคนาโนเงิน ขณะที่เมื่อใส่อนุภาคนาโนเงินในซีเล็คต้าพลัส ทำให้มีความแข็งแรงดัดขวางของเรซินอะคริลิกมากขึ้น โดยพบว่าการใส่อนุภาคนาโนเงินร้อยละ 0.05 ทำให้มีความแข็งแรงดัดขวางมากกว่าใส่อนุภาคนาโนเงินร้อยละ 0.2 ซึ่งในซีเล็คต้าพลัส การใส่อนุภาคนาโนเงินทำให้ความแข็งแรงดัดขวางมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Monteiro และคณะ (2012) ที่ใส่อนุภาคนาโนเงินร้อยละ 0.05 และ 0.2 ในเรซินอะคริลิกยี่ห้อลูซิโทน 550 (Lucitone550) ทำให้เรซินอะคริลิกมีความแข็งแรงดัดขวางมากขึ้น และใส่อนุภาคนาโนเงินร้อยละ 0.05 ทำให้มีความแข็งแรงดัดขวางมากกว่าใส่อนุภาคนาโนเงินร้อยละ 0.2 [15] เมื่ออนุภาคนาโนเงินกระจายตัวอยู่ในเรซินอะคริลิกจะเกิดแรงดึงดูดระหว่างขั้ว (polar interactions) ระหว่างพันธะคู่ของคาร์บอนและออกซิเจน (C=O) ในพอลิเมทิลเมทาไครเลต และอนุภาคเงินมีผลทำให้มีความแข็งแรงดัดขวางมากขึ้น ตรงข้ามกับการใส่อนุภาคนาโนเงินในราปิดรีแพร์ ที่ทำให้เรซินอะคริลิกมีความแข็งแรงดัดขวางลดลง ผู้วิจัยคาดว่าเกี่ยวกับส่วนประกอบหรือองค์ประกอบทางเคมีในราปิดรีแพร์มีผลต่อการกระจายตัวของอนุภาคนาโนเงินในพอลิเมทิลเมทาไครเลต การใส่อนุภาคนาโนเงินในปริมาณน้อย ทำให้เกิดพันธะเคมีน้อย มีผลทำให้ความแข็งแรงดัดขวางลดลง ซึ่งอนุภาคนาโนเงินปริมาณน้อยเปรียบเหมือนสารเจือปน (impurity) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณอนุภาคนาโนเงิน เกิดพันธะมากขึ้น ทำให้ความแข็งแรงดัดขวางเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับเรซินอะคริลิกที่ไม่ใส่อนุภาคนาโนเงิน [25] มีอีกการศึกษาที่เมื่อใส่อนุภาคนาโนเงินร้อยละ 1 พบว่ามีผลทำให้ความแข็งแรงดัดขวางของเรซินอะคริลิกลดลง แต่ความแข็งแรงยังอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานไอเอสโอ1567 (ISO-1567 specification) [17]

นอกจากนี้มีการศึกษาใส่อนุภาคนาโนเงินมากขึ้นในเรซินชนิดบ่มด้วยแสง ทำให้ความแข็งผิว (hardness) ลดลงมากขึ้น เนื่องจากปริมาณอนุภาคที่มากขึ้นทำให้เรซินบ่มตัวได้ไม่สมบูรณ์ ขณะที่การเพิ่มปริมาณอนุภาคนาโนเงินในเรซินอะคริลิกชนิดบ่มเองไม่มีผลต่อการบ่มตัว ทำให้ความแข็งผิวไม่ต่างจากเดิม [27]

สีของเรซินอะคริลิก

อนุภาคเงินเป็นโลหะหนัก สารละลายอนุภาคนาโนเงินมีสีเทา เมื่อรวมกับเรซินอะคริลิกมีผลทำให้สีของเรซินอะคริลิกเปลี่ยนแปลง มีการศึกษาใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) พบว่าอนุภาคนาโนเงินทำให้เรซินอะคริลิกมีสีเทาแตกต่างจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อปริมาณอนุภาคนาโนเงินเพิ่มขึ้นทำให้สีคล้ำมากขึ้น ไม่เป็นที่ยอมรับทางคลินิก [24,27] สอดคล้องกับการศึกษาของ Chladek และคณะ (2011) ที่ใส่อนุภาคนาโนเงินในวัสดุเสริมฐานฟันเทียม (soft liner) [31] นอกจากนี้ยังพบว่าการสังเคราะห์อนุภาคนาโนเงินในเรซินอะคริลิกชนิดบ่มเองมีสีอ่อนกว่าในเรซินชนิดบ่มด้วยแสง เนื่องจากอนุภาคนาโนเงินในเรซินอะคริลิกชนิดบ่มเองมีขนาดอนุภาคเล็กกว่า และมีการรวมกลุ่มของอนุภาคน้อยกว่าเรซินชนิดบ่มด้วยแสง [27]

บทวิจารณ์

การใส่อนุภาคนาโนเงินในฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกทำให้มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อราแคนดิดาอัลบิแคนส์ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการอักเสบของช่องปากในผู้ที่ใส่ฟันเทียม ช่วยลดการสะสมของจุลชีพ ทำให้ผู้ป่วยสามารถดูแลสุขภาพช่องปากและฟันเทียมที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตามการใส่อนุภาคนาโนเงินในเรซินอะคริลิก ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติเชิงกลและลักษณะทางกายภาพ เช่น ความแข็งแรง และสีของเรซินอะคริลิก จากการศึกษาที่แตกต่างกันทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่าปริมาณอนุภาคนาโนเงินมากหรือน้อย มีผลต่อความแข็งแรงของเรซินอะคริลิก และโดยเฉพาะสีที่ยังไม่เป็นที่ยอมรับ เนื่องจากมีสีอมเทา มีผลต่อความสวยงามของฟันเทียม ยังจำเป็นต้องศึกษาทดลองต่อไปเพื่อหาวิธีการและอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใส่อนุภาคนาโนเงินในฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิก

นอกจากนี้จุลชีพในช่องปากมักอยู่ในระยะพัก (stationary phase) มากกว่าระยะที่มีการเจริญเติบโต (growing) เนื่องจากมีสารอาหารจำกัด รวมถึงมีเอนไซม์และแอนติบอดีของร่างกายในการต้านเชื้อจุลชีพ แต่ในการศึกษาที่ผ่านมาทำการทดลองโดยแช่ชิ้นงานในสารละลายที่มีจุลชีพเพียงอย่างเดียว ต่างจากในช่องปากที่มีการสัมผัสกับเนื้อเยื่อเหงือก (gingival mucosa) เชื้อจะถูกปกป้องจากแผ่นชีวภาพ ทำให้จุลชีพที่อยู่ในสารละลายจะไวต่อยาที่ความเข้มข้นน้อยกว่าในช่องปาก [32] ในอนาคตอาจมีการพัฒนางานวิจัยศึกษาในสิ่งมีชีวิต (in vivo) ต่อไป

บทสรุป

การพัฒนาคุณภาพของฐานฟันเทียมให้มีคุณสมบัติต้านจุลชีพด้วยอนุภาคนาโนเงิน เพื่อลดอัตราการอักเสบในช่องปากขณะใส่ฟันเทียม เป็นทางเลือกใหม่ซึ่งเกิดขึ้นได้ไม่นาน ปัจจุบันจึงยังอยู่ในขั้นตอนของการทำวิจัย ศึกษาเพื่อหาวิธีและอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใส่อนุภาคนาโนเงินในเรซินอะคริลิก เพื่อให้เกิดศักยภาพสูงสุดและเป็นที่ยอมรับทางคลินิก เมื่อสำเร็จคาดว่าจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ใส่ฟันเทียมไม่มากก็น้อย

เอกสารอ้างอิง

1. Arendorf TM, Walker DM. Denture stomatitis: a review. J Oral Rehabil 1987; 14(3): 217–227.

2. McNally L, Gosney MA, Doherty U, Field EA. The orodental status of a group of elderly in-patients: a preliminary assessment. Gerodontology 1999; 16(2): 81–84.

3. Dagistan S, Aktas AE, Caglayan F, Ayyildiz A, Bilge M. Differential diagnosis of denture-induced stomatitis, candida and their variations in patients using complete denture: a clinical and mycological study. Mycoses 2009; 52(3): 266–271.

4. Ramage G, Tomsett K, Wickes BL, Lopez Ribot J, Redding SW. Denture stomatitis: a role for Candida biofilms. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2004; 98(1): 53–59.

5. Samaranayake LP, Nair RG. Oral Candida infections– a review. Indian J Dent Res 1995; 6(3): 69–82.

6. Lamfon H, Porter SR, McCullough M, Pratten J. Formation of Candida albicans biofilms on non-shedding oral surfaces. Eur J Oral Sci 2003; 111(6): 465–471.

7. Bulad K, Taylor R, Verran J. Colonization and penetration of denture soft lining materials by Candida albicans. Dent Mater 2004; 20(2): 167–175.

8. Luo G, Samaranayake LP. Candida glabrata, an emerging fungal pathogen, exhibits superior relative cell surface hydrophobicity and adhesion to denture acrylic surfaces compared with Candida albicans. APMIS 2002; 110(9): 601–610.

9. Koch C, Burgers R, Hahnel S. Candida albicans adherence and proliferation on the surface of denture base materials. Gerodontology 2013; 30(4): 309–313.

10. Moskona D, Kaplan I. Oral lesions in elderly denture wearers. Clin Prev Dent 1992; 14(5): 11–14.

11. Alt V, Bechert T, Steinrucke P, Wagener M, Seidel P, Dingeldein E, et al. An in vitro assessment of the antibacterial properties and cytotoxicity of nanoparticulate silver bone cement. Biomaterials 2004; 25(18): 4383–4391.

12. Simpson K. Using silver to fight microbial attack. Plast Addit Compounding 2003; 5(5): 32–35.

13. Morones JR, Elechiguerra JL, Camacho A, Holt K, Kouri JB, Ramirez JT, Yacaman MJ. The bactericidal effect of silver nanoparticles. Nanotechnology 2005; 16(10): 2346–2353.

14. Kumar A, Vemula PK, Ajayan PM, John G. Silver-nanoparticle-embedded antimicrobial paints based on vegetable oil. Nat Mater 2008; 7(3): 236–241.

15. Monteiro DR, Gorup LF, Takamiya AS, de Camargo ER, Filho AC, Barbosa DB. Silver distribution and release from an antimicrobial denture base resin containing silver colloidal nanoparticles. J Prosthodont 2012; 21(1): 7–15.

16. Acosta-Torre LS, Mendieta I, Nunez-Anita RE, Cajero-Juarez M, Castano VM. Cytocompatible antifungal acrylic resin containing silver nanoparticles for dentures. Int J Nanomedicine 2012; 7: 4777–4786.

17. Balan L, Schneider R, Lougnot DJ. A new and convenient route to polyacrylate/silver nanocomposites by light-induced cross-linking polymerization. Prog Org Coat 2008; 62(3): 351-357.

18. Damm C, Munstedt H, Rosch A. The antimicrobial efficacy of polyamide 6/silver-nano- and microcomposites. Mater Chem Phys 2008; 108(1): 61-66.

19. Kawashita M, Tsuneyama S, Miyaji F, Kokubo T, Kozuka H,Yamamoto K. Antibacterial silver-containing silica glass prepared by sol–gel method. Biomaterials 2000; 21(4): 393–398.

20. Hotta M, Nakajima H, Yamamoto K, Aono M. Antibacterial temporary filling materials: the effect of adding various ratios of Ag–Zn–zeolite. J Oral Rehabil 1998; 25(7): 485–489.

21. Syafiuddin T, Hisamitsu H, Toko T, Igarashi T, Goto N, Fujishima A, et al. In vitro inhibition of caries around a resin composite restoration containing antibacterial filler. Biomaterials 1997; 18(15): 1051–1057.

22. Yoshida K, Tanagawa M, Atsuta M. Characterization and inhibitory effect of antibacterial dental resin composites incorporating silver-supported materials. J Biomed Mater Res 1999; 47(4): 516–522.

23. Sondi I, Goia DV, Matijevic E. Preparation of highly concentrated stable dispersions of uniform silver nanoparticles. J Colloid Interface Sci 2003; 260(1): 75–81.

24. Nam KY, Lee CH, Lee CJ. Antifungal and physical characteristics of modified denture base acrylic incorporated with silver nanoparticles. Gerodontology 2012; 29(2): e413–e419.

25. Sodagar A, Kassaee MZ, Akhavan A, Javadi N, Arab S, Kharazifard MJ. Effect of silver nano particles on flexural strength of acrylic resins. J Prosthodont Res 2012; 56(2): 120–124.

26. Singh N, Khanna PK. In situ synthesis of silver nano-particles in polymethylmethacrylate. Materials Chemistry and Physics 2007; 104(2): 367–372.

27. Catherine Fan, Lianrui Chu H. Ralph Rawls, Barry K, Norling Hector L, Cardenas Kyumin Whang. Development of an antimicrobial resin- A pilot study. Dental materials 2011; 27(4): 322–328.

28. Oei JD, Zhao WW, Chu L, Desilva MN, Ghimire A, Rawls HR, Whang K. Antimicrobial acrylic materials with in situ generated silver Nanoparticles. J Biomed mater Res PartB 2012; 100B(2): 409-415.

29. Wady AF, Machado AL, Zucolotto V, Zamperini CA, Berni E, Vergani CE. Evaluation of Candida albicans adhesion and biofilm formation on a denture base acrylic resin containing silver nanoparticles. J Appl Microbiol 2012; 112(6): 1163–1172.

30. Yoshida K, Tanagawa M, Atsuta M. Characterization and inhibitory effect of antibacterial dental resin composites incorporating silver-supported materials. J Biomed Mater Res 1999; 47(4): 516–522.

31. Chladek G, Mertas A, Rybarek IB, Nalewajek T, Zmudzki J, Krol W, et al. Antifungal activity of denture soft lining material modified by silver nanoparticles- a pilot study. Int J Mol Sci 2011; 12(7): 4735-44.

32. Baehni PC, Takeuchi Y. Anti-plaque agents in the prevention of biofilm-associated oral diseases. Oral Dis 2003; 9(Suppl 1): 23–29.

ติดต่อบทความ:
ผศ.ทพญ.ดร.ณปภา เอี่ยมจิรกุล
ทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110
โทร 02-649-5212
จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ pantiraa@yahoo.com

Corresponding author:
Assist.Prof.Dr. Napapa Aimjirakul
Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok 10110
Tel: 02-649-5212
E-mail: pantiraa@yahoo.com