

สารยึดฟันเทียม: วิธีทดสอบการยึดติด

พนรัตน์ ขอดแก้ว

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สิริพร รุจิรวินิช

ทันตแพทย์
คลินิกเอกชน

ปณิธา ฤทธาภรณ์

ทันตแพทย์
คลินิกเอกชน

ปิยวัฒน์ พันธุ์โกศล

รองศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.ปิยวัฒน์ พันธุ์โกศล
ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนอังรีนงต์ ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทร: 02-2188566
โทรสาร: 02-2188566
อีเมล: phankosol@yahoo.com

บทคัดย่อ

เหตุผลหลักในการใช้สารยึดฟันเทียมคือความต้องการเพิ่มการติดอยู่ การทดสอบสมบัติการยึดติดมีความจำเป็นต้องใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และวิธีการทดสอบที่เชื่อถือได้ รวมทั้งการทดสอบสมบัติสามารถทำซ้ำและเปรียบเทียบกันได้ และด้วยข้อจำกัดของวิธีการทดสอบนอกร่างกาย (*in vitro*) ทำให้ค่าแรงยึดติดที่วัดได้ไม่ได้แสดงให้เห็นค่าที่เกิดขึ้นจริงภายในช่องปาก การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเครื่องมือ อุปกรณ์ และวิธีการทดสอบสารยึดฟันเทียม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาวิธีพีไอ-2 (Pi 2) โดยใช้แบบจำลองหนึ่งสุกรและแผ่นอะคริลิก เป็นการช่วยแก้ปัญหาของการทดสอบนอกร่างกายได้ดี สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในวิธีการทดสอบในร่างกาย (*in vivo*) นั้นยังค่อนข้างซับซ้อน จึงนำไปสู่การพัฒนาวิธีพีไอ-3 (Pi 3) โดยใช้แผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิก และเครื่องมือทดสอบการยึดติดที่ใช้หลักการของคานาดุลยภาพ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องวัดแรงชนิดแอนะล็อก (Analog) เครื่องควบคุมการกด และอุปกรณ์ควบคุมตำแหน่งศีรษะ จากการทดลองใช้พบว่าสามารถนำผลการทดสอบที่ได้จากวิธีพีไอ-2 มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อจำแนกความแตกต่างระหว่างสารยึดติดชนิดเจลทั้ง 6 สูตร ได้เป็นอย่างดี สำหรับวิธีพีไอ-3 นั้น เครื่องมือทดสอบการยึดติดนี้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมาก อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้งานควรระมัดระวังในการคัดเลือกกลุ่มทดสอบด้วย สรุปได้ว่า วิธีพีไอ-2 และพีไอ-3 เป็นวิธีการทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการทดสอบการยึดติดของฟันปลอม

บทนำ

การยึดติดเป็นหนึ่งในสมบัติสำคัญที่แสดงถึงการประสบความสำเร็จในการรักษาด้วยฟันเทียมถอดได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟันเทียมทั้งปาก การทำฟันเทียมให้ติดอยู่ (adhesion) ได้ดี จำเป็นต้องใช้กระบวนการและวิธีการเพื่อให้ได้มาซึ่งฐานฟันเทียมที่มีความแนบสนิท มีขอบเขตครอบคลุมพื้นที่กว้างที่สุดโดยไม่ขัดขวางต่อการทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อและอวัยวะโดยรอบ และมีการผนึกขอบ อย่างไรก็ตาม ด้วยความแตกต่างทางกายวิภาคของบุคคล ฟันเทียมที่ประดิษฐ์ขึ้นมาด้วยหลักการและวิธีการเดียวกันจึงมีการติดอยู่ที่แตกต่างกันไป

น้ำลายเป็นปัจจัยประการหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการติดอยู่ของฟันเทียม โดยน้ำลายจะทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมประสานระหว่างฟันเทียมกับเนื้อเยื่อ น้ำลายที่เหลวอาจทำหน้าที่เชื่อมประสานได้ไม่ดีเท่าที่น้ำลายที่หนืด แต่น้ำลายที่ข้นหนืดมาก ๆ อาจทำให้ฟันเทียมหลุดได้ง่าย เนื่องจากการสะสมของน้ำลายภายใต้ฐานฟันเทียม ซึ่งสอดคล้องกับการอธิบายของ Stanitz¹⁻⁵ ด้วยสมการ $F = 2CA/a$ โดย F คือ แรงดึง C คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงดึงผิว A คือ พื้นที่ผิว a คือ ความหนาของชั้นของเหลว และการอธิบายของ Stefan^{6,7} ด้วยสมการ $F = 2\pi r^4 k / 4h^2 t + 2\gamma / h$ โดย F คือ แรงดึง r คือ รัศมีของแผ่นที่ยึดเข้าด้วยกัน k คือ ความหนืด h คือ ระยะห่างระหว่างผิวสัมผัส ณ เวลาต่าง ๆ (t) และ γ คือ แรงดึงผิว หมายความว่าเมื่อระยะห่างระหว่างพื้นผิวเพิ่มมากขึ้นค่าแรงยึดติดจะมีค่าลดลง นอกจากนี้แล้วการเพิ่มความหนืดของตัวเชื่อมประสานและลดระยะห่างระหว่างผิวสัมผัสจะทำให้แรงยึดติดมีค่าเพิ่มขึ้น รวมทั้งการดึงอย่างรวดเร็วจะต้องใช้แรงมากกว่าการค่อย ๆ ดึง

สารยึดฟันเทียมเป็นผลิตภัณฑ์ที่ช่วยส่งเสริมการติดอยู่ของฟันเทียมโดยใช้วิธีการปรับเปลี่ยนการเชื่อมประสานจากน้ำลายไปเป็นสารที่มีความหนืด สารที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ พอลิไวนิลอะซิเตท (polyvinyl acetate) เกลือของพอลิเมอร์รวมอัลคิลไวนิลอีเทอร์และมาเลอิกแอนไฮไดรด์ (salt of alkyl vinyl ether/maleic anhydride copolymer) โซเดียมคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (sodium carboxymethyl cellulose)⁸

ในอุตสาหกรรมอาหารและยา มีการใช้สารที่มีสมบัติให้ความหนืดกันอย่างแพร่หลาย โดยใช้สำหรับปรับเนื้อสัมผัสของอาหาร เพิ่มความคงตัว เพิ่มความหนืด⁹ และเป็นระบบนำส่งยา (drug delivery system)¹⁰ สารที่ใช้อาจเป็นสารธรรมชาติ สารธรรมชาติดัดแปร หรือสารสังเคราะห์ จึงน่าจะเป็นไปได้ในการนำสารดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เป็นสารยึดฟันเทียม (denture adhesive)

โดยการเป็นสารยึดฟันเทียมที่ดีต้องมีสมบัติตามประสงค์มากมาย การยึดติดเป็นหนึ่งในสมบัติสำคัญของสารยึดฟันเทียม การทดสอบสมบัติดังกล่าวมีความจำเป็นต้องใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และวิธีทดสอบ ที่ออกแบบอยู่บนพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ และได้ข้อมูลที่น่ามาเปรียบเทียบกันได้ การทดสอบการยึดติดของสารยึดฟันเทียมที่นำเสนอในบทความตีพิมพ์ในอดีต มีทั้งการทดสอบนอกกาย (*in vitro*) และในกาย (*in vivo*) ซึ่งการทดสอบนอกกายมักจำลองการเชื่อมยึดระหว่างแผ่นหรือแป้นผิวหน้าเรียบ อาทิเช่น แป้นเรซินอะคริลิกกับแป้นไม้ที่ห่อหุ้มผิวหน้าด้วยหนังหนุที่เลาะเอาไขมันออกและโกนขนจนเกลี้ยง¹¹ แป้นเรซินอะคริลิกขัดมันกับกันด้วยอะคริลิก^{12,13} แผ่นเรซินอะคริลิกกับแผ่นกระจก¹⁴ และ

ระหว่างแผ่นเรซินอะคริลิก^{15,16} โดยใช้การถ่วงน้ำหนักหรือเครื่องทดสอบสากลในการดึงแป้นให้แยกจากกัน

แม้ว่าการใช้แป้นไม้ที่ห่อหุ้มผิวหน้าด้วยหนังหนุจะเป็นการจำลองการยึดติดที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับสภาวะจริง แต่เนื่องจากหนังหนุบางและยึดได้ จึงมีโอกาที่จะเกิดการยกตัวขึ้นจากแป้นไม้ไม่ไปตามแรงดึงขณะทำการทดสอบ ประกอบกับขนาดตัวที่เล็ก จึงอาจลำบากในการหาแผ่นหนังที่มีขนาดใหญ่พอสำหรับหุ้มแป้นไม้ได้ การพิจารณาเลือกใช้หนังสัตว์เพื่อเป็นตัวแทนเนื้อเยื่อรองรับฐานฟันเทียมจึงต้องคำนึงถึงข้อจำกัดดังกล่าวด้วย

การทดสอบในกายมี 2 แบบ คือ ทดสอบโดยใช้แผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิก (resin acrylic palatal plate) และการทดสอบในผู้ใส่ฟันเทียมทั้งปาก การทดสอบการยึดติดของแผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิกมักทำในอาสาสมัครที่มีฟันครบ เพดานปากปกติ ไม่มีปุ่มกระดูกกลางเพดานและส่วนคอคดเนื้อเยื่อยกเว้นการศึกษาของ Kawazoe และ Hamada¹⁷ ที่ทำในอาสาสมัครไร้ฟัน (edentulous volunteer) อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วยแผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิกที่ทำขึ้นเฉพาะสำหรับอาสาสมัครแต่ละคน และเครื่องวัดแรงยึดติด

การทำแผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิกใช้วิธีการขึ้นรูปขึ้นขึ้นบนชิ้นหล่อที่ได้จากรอยพิมพ์ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดผันกลับไม่ได้ โดยกำหนดขอบเขตให้อยู่ห่างจากขอบเหงือก 3 มิลลิเมตร และขอบด้านท้ายสิ้นสุดอยู่ตรงแนวเส้น (vibrating line)¹⁷ หน้าต่อแนวเส้น¹⁸ หรือตามแนวรอยต่อระหว่างเพดานแข็งและเพดานอ่อน¹⁹ แล้วจึงนำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อเปลี่ยนเป็นเรซินอะคริลิกเมื่อได้ชิ้นงานมาแล้วอาจมีการเสริมฐานเพื่อช่วยให้แผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิกมีความแนบสนิทมากยิ่งขึ้น¹⁹ จากนั้นจึงติดอุปกรณ์สำหรับการเชื่อมต่อกับเครื่องมือทดสอบแรงยึดติด ซึ่งอาจจะเป็นขอกเกี่ยว¹⁷ เชือก¹⁹ เส้นลวด²⁰ หรือตัวรับ (receptor part) สำหรับกระตุ้มยึด (snap fastener)¹⁸

เครื่องมือวัดแรงยึดติดมีอยู่หลายชนิด อาจเป็นเครื่องวัดความเครียด (strain gauge)^{17,19} หรืออุปกรณ์ไฮดรอลิก¹⁸ ที่ใช้ร่วมกับตัวแปลงสัญญาณไปเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนเครื่องบันทึกและแสดงผลออกมาในรูปกราฟ¹⁷⁻¹⁹ หรือใช้เครื่องวัดแรงยึดติด (retentiometer) ที่ออกแบบโดย Ghani และคณะ²⁰ โดยมีอุปกรณ์สำหรับยึดเปลือกสบฟัน (occlusal splint) และมีคานวัดแรง (force measuring beam) ที่ติดชุดชิ้นส่วนขอเกี่ยวชนิดดึงรั้งได้ (retractable hook assembly) ไว้ที่ปลาย ขณะทดสอบให้อาสาสมัครนั่งบนเก้าอี้และวางศีรษะบนพนัก เช่นเก้าอี้เข้าหาเครื่องทดสอบ ปรับตำแหน่งเครื่องวัดแรงจนกระทั่งฟันวางอยู่บนเปลือกสบฟันอย่างมีเสถียรภาพ ดึงรั้งขอเกี่ยวให้คล้องกับลวดที่ยึดติดอยู่กับแผ่นด้านเพดานเรซินอะคริลิก จากนั้นจึงควบคุมเครื่องให้ทำ

การดึง

การใช้เครื่องวัดแรงยึดติดที่นำเสนอโดย Ghani และคณะ²⁰ เป็นวิธีการที่ดี เนื่องจากมีเปลือกสบฟันเป็นตัวควบคุมตำแหน่งการทดสอบและใช้เครื่องควบคุมการดึง แต่ด้วยการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ค่อนข้างจำเพาะ จึงอาจมีความยุ่งยากในทางปฏิบัติ การออกแบบเครื่องมือที่มีส่วนประกอบและหลักการที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย ใช้งานสะดวก และสามารถประกอบขึ้นใช้เองภายในประเทศ น่าจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์สารยึดฟันเทียม นอกจากนี้แล้วยังอาจสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาการยึดติดอื่น ๆ ได้อีกด้วย

การทดสอบในผู้ใช้งานฟันเทียมทั้งปากเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ยอมรับกัน โดยอาจเป็นการใช้เครื่องมือวัดแรงที่ทำให้ฟันเทียมหลุด²¹ การใช้อุปกรณ์ติดตามตำแหน่ง (tracking device)²²⁻²⁴ เครื่องบันทึกภาพรังสีเคลื่อนไหว (cineradiographic recorder)²⁵ และระบบจับภาพการเคลื่อนที่ 3 มิติ สำหรับติดตามการเคลื่อนขยับของฟันเทียม²⁶ การใช้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสำหรับศึกษาการเคี้ยว²⁷ การใช้วิธีการกรองด้วยตะแกรง (sieving method) สำหรับศึกษาสมรรถนะการเคี้ยว^{27,28} การนับจำนวนครั้งการหลุดของฟันเทียมขณะเคี้ยว²⁹ และการใช้มาตรแรงบดเคี้ยว³⁰⁻³³

การทดสอบในผู้ใช้งานฟันเทียมทั้งปากเป็นวิธีการที่ค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อนมากกว่าการใช้แผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิก ทั้งในส่วนของเครื่องมือและการแปลผลที่ต้องแปลงจากมาตรวัดต่าง ๆ ที่ใช้ศึกษา ประกอบกับมีปัจจัยหลายประการที่มีความเกี่ยวข้องกับการติดอยู่ของฟันเทียม รวมทั้งความแตกต่างทางสรีระและกายวิภาค จึงมีความจำเป็นต้องใช้อาสาสมัครจำนวนมากและต้องมีเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับจัดกลุ่มอาสาสมัครด้วย นอกจากนี้แล้วเนื่องจากผู้ใช้งานฟันเทียมทั้งปากส่วนใหญ่มักเป็นผู้สูงอายุ จึงมีข้อจำกัดหลาย ๆ ประการที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ ที่อาจเป็นปัญหาในระหว่างการทำทดสอบได้

บางการศึกษาใช้การประเมินความพึงพอใจโดยใช้แบบสอบถาม³⁴⁻³⁶ แม้ว่าจะเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและครอบคลุมกลุ่มเป้าหมายได้ค่อนข้างทั่วถึง แต่การแปลผลข้อมูลทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการที่มีผลต่อการตอบคำถาม วิธีการนี้จะมีความเหมาะสมเมื่อได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบขึ้นมาแล้ว โดยทำเพื่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ยิ่งขึ้นไป

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเครื่องมือ อุปกรณ์ และวิธีทดสอบการยึดติดของสารยึดฟันเทียม โดยจำลองสถานการณ์การยึดติดให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ใช้

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ไม่ซับซ้อน ขั้นตอนการทดสอบไม่ยุ่งยาก และแสดงผลเป็นตัวเลขซึ่งสะดวกสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

จากการวิเคราะห์วิจารณ์วิธีการทดสอบที่นำเสนอในบทความตีพิมพ์ในอดีต ผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องมือ อุปกรณ์ และวิธีการทดสอบ ดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้ คือการออกแบบและการทดลองใช้

การออกแบบเครื่องมือ อุปกรณ์ และวิธีทดสอบ

การออกแบบเครื่องมือ อุปกรณ์ และวิธีทดสอบที่นำเสนอในบทความนี้ครอบคลุมเฉพาะการทดสอบนอกกายและการทดสอบโดยใช้แผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิกเท่านั้น เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถควบคุมปัจจัยการทดสอบได้ค่อนข้างดี และมีความเหมาะสมสำหรับการทดสอบเพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์สารยึดฟันเทียมที่จะดำเนินการต่อไป

การทดสอบการยึดติดนอกกาย

วิธีทดสอบการยึดติดนอกกายที่นำเสนอ เป็นวิธีที่ใช้ครั้งแรกในงานวิจัยตามโครงการวิจัยทางทันตกรรม^{37,38} ซึ่งได้รับการปรับปรุงเรื่อยมา และให้ชื่อว่าพีไอ-2 (Pi 2) วิธีทดสอบนี้ได้จำลองการยึดติดระหว่างฐานฟันเทียมกับเนื้อเยื่อ โดยส่วนฐานฟันเทียมใช้เป็นเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ที่ยึดอย่างถาวรกับแป้นโลหะ และติดปุ่มกำหนดระยะหยุด (tissue stop) ขนาด 2x2x1 มิลลิเมตร ลงบนผิวหน้าจำนวน 4 ตำแหน่ง สำหรับความคมระยะห่างระหว่างแป้นก่อนเริ่มการทดสอบ สำหรับส่วนเนื้อเยื่อ ใช้หนังสุกรบริเวณท้องความหนาประมาณ 3-4 มิลลิเมตร ทำการโกนขนและเลาะชั้นไขมันใต้ผิวหนังออกจนเกลี้ยง ซึ่งให้ตึงบนแป้นโลหะเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร สูง 6 มิลลิเมตร รัดให้แน่นโดยใช้เข็มขัดโลหะ

การเลือกใช้หนังสุกรเพื่อเป็นตัวแทนของเนื้อเยื่อนั้น เนื่องจากหนังสุกรมีความหนาที่มีพื้นที่ให้เลือกใช้ได้มาก การเตรียมแผ่นหนังให้ปราศจากขนและชั้นไขมันทำได้ง่าย การฉีกขาดระหว่างการเตรียมเกิดขึ้นยาก สามารถเตรียมแผ่นหนังขนาดใหญ่ได้ และสามารถหาได้ง่าย ในที่นี้เลือกใช้หนังสุกรเฉพาะบริเวณท้องที่มีความหนาค่อนข้างใกล้เคียงกับความหนาโดยประมาณของเนื้อเยื่อเพดานปากผู้สูงอายุชาวเอเชีย (3 ± 0.3 มิลลิเมตร)³⁹

ขนาดพื้นที่ทดสอบเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญเช่นกัน การทดสอบนี้เลือกใช้แป้นเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร คำนวณเป็นพื้นที่ได้ 19.63 ตารางเซนติเมตร ซึ่งค่อนข้างใกล้เคียงกับพื้นที่เฉลี่ยของเพดานปาก (20.1 ตารางเซนติเมตร)⁴⁰ ขณะที่การศึกษาในอดีตใช้แป้นเส้นผ่าศูนย์กลาง 22-40 มิลลิเมตร^{11,12,14-16}

ในการทดสอบได้ป้ายสารยึดฟันเทียมปริมาตร 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ทั่วแป้นเรซินอะคริลิก นำไปยึดกับแขนจับด้านล่างของเครื่องทดสอบสากลลอยด์ (Lloyd universal testing machine) จากนั้นนำแป้นหนังสุกรที่แช่อยู่ในน้ำเกลือออกมาซับด้วยกระดาษทิชชูแล้วจึงยึดกับแขนจับด้านบน เคลื่อนแขนจับด้านบนลงมาจนกระทั่งผิวหน้าของหนังสุกรสัมผัสกับปุ่มกำหนดระยะหยุด ตั้งสถานะเครื่องทดสอบให้เป็นศูนย์ กดด้วยแรง 20 นิวตัน นาน 15 วินาที แล้วจึงเคลื่อนขึ้นความเร็วคงที่ บันทึกค่าแรงดึงสูงสุด (รูปที่ 1)

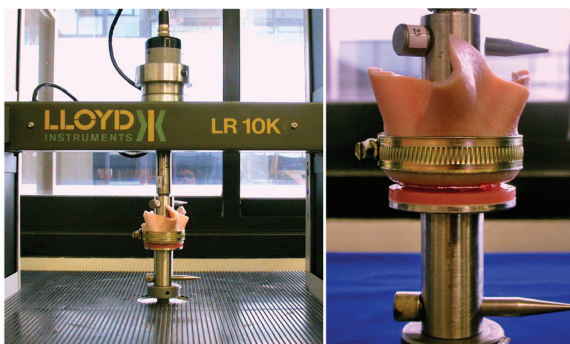
การทดสอบการยึดติดโดยใช้แผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิก

การทดสอบการยึดติดโดยใช้แผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิกที่นำเสนอ เป็นวิธีที่เพิ่งออกแบบและทดลองใช้เป็นครั้งแรก ให้ชื่อว่าพีไอ-3 (Pi 3) วิธีการนี้มีความแตกต่างจากที่ปรากฏในบทความตีพิมพ์ในอดีต คือ ใช้เครื่องมือทดสอบการยึดติดที่ออกแบบโดยใช้หลักการของคานดุลยภาพ (balance beam) (รูปที่ 2) โดยติดขอเกี่ยวสำหรับดึงแผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิกไว้ที่

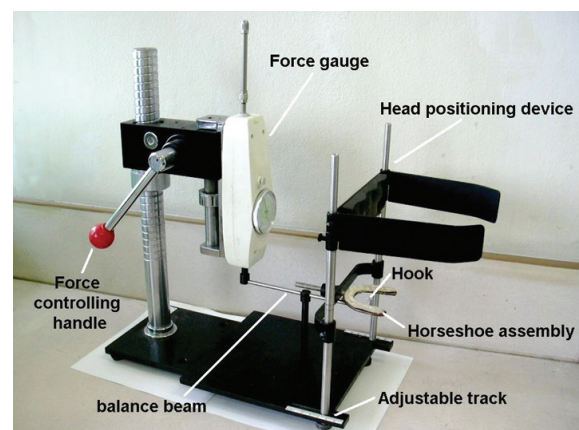
ปลายข้างหนึ่ง ส่วนอีกข้างหนึ่งยึดกับเครื่องมือวัดแรงชนิดแอนะล็อก (analog force gauge) ค่าแรงที่แสดงบนเครื่องจึงเป็นแรงที่ใช้ในการดึงแผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิกให้หลุดออก การควบคุมตำแหน่งทดสอบใช้ด้ามรูปเกือกม้าที่บันทึกรอยฟันไว้และฐานพักศีรษะที่ปรับตามโครงรูปใบหน้าด้านข้างได้

แผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิกและด้ามรูปเกือกม้าเป็นส่วนที่จัดเตรียมขึ้นเฉพาะสำหรับอาสาสมัครแต่ละคน การเตรียมแผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิกเริ่มจากการทำรอยพิมพ์ด้วยไฮโดรคอลลอยด์ชนิดผันกลับไม่ได้ เทรอยพิมพ์ด้วยพลาสติกเรซิน ปิดส่วนคอขอบขึ้นหล่อด้วยซีเมนต์ กำหนดให้ขอบลาดพิมพ์ด้านข้างสิ้นสุดที่แนวปุ่มฟันด้านแก้ม และขอบด้านท้ายสิ้นสุดตามแนวเชื่อมระหว่างร่องหน้าส่วนยื่นรูปขอ (hamular notch) ทำรอยพิมพ์ขึ้นสุดท้ายด้วยพอลิซัลไฟด์ (polysulfide) บันทึกแนวสัน แล้วจึงเทรอยพิมพ์ด้วยพลาสติกเรซินชนิดแข็งพิเศษสำหรับเป็นขึ้นหล่อทำงาน วาดแบบบนขึ้นหล่อโดยกำหนดขอบให้อยู่ห่างจากขอบเหงือก 3 มิลลิเมตร และขอบด้านท้ายสิ้นสุดตามแนวสัน ทำแบบซีเมนต์ (รูปที่ 3A) แล้วจึงนำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อเปลี่ยนเป็นเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อน

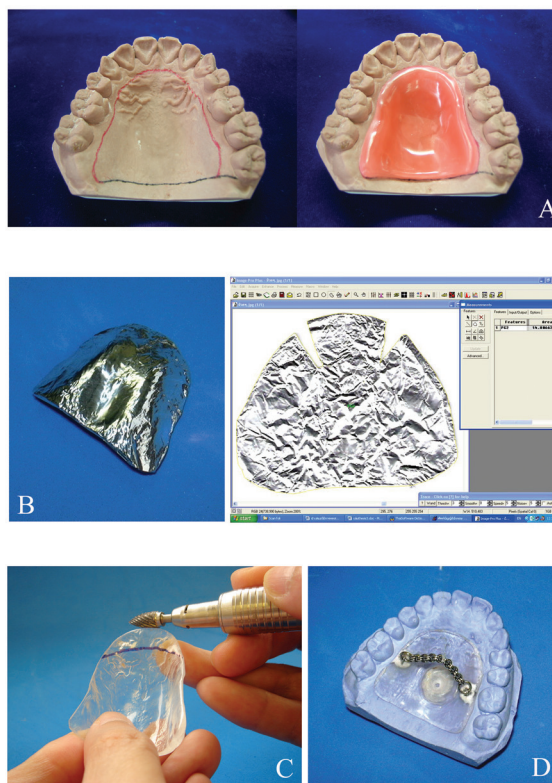
การคำนวณพื้นผิวสัมผัสเนื้อเยื่อของแผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิก ใช้วิธีการลอกแบบด้วยแผ่นอะลูมิเนียม (aluminium foil) โดยนำแผ่นอะลูมิเนียมมาทาบและรีดให้เรียบไปตามผิวด้านเนื้อเยื่อ ตัดส่วนที่ซ้อนทับกันและส่วนเกินจากขอบทิ้งไป จากนั้นจึงนำออกมาคลี่และรีดให้เรียบ นำเข้าเครื่องกราฟภาพพร้อมกับ



รูปที่ 1 การทดสอบการยึดติดนอกกายด้วยวิธีพีไอ-2
Fig. 1 In vitro adhesion testing with the Pi 2 method.

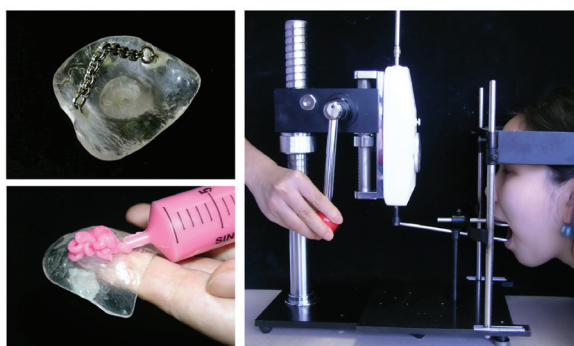


รูปที่ 2 เครื่องมือทดสอบการยึดติดในกายสำหรับวิธีพีไอ-3
Fig. 2 In vivo adhesion testing instrument for the Pi 3 method.



รูปที่ 3 การเตรียมฐานอะคริลิกเพื่อการทดสอบ A) ภาพร่างและแบบขี้ผึ้ง B) การวัดพื้นที่ผิว C) ปรับขนาด D) ชิ้นงานที่มีสายโซ่คล้องพร้อมสำหรับการทดสอบ

Fig. 3 Acrylic plate preparation for testing A) Out-line and wax model B) Surface area measurement C) Plate adjustment D) Finished plate with metal chain ready for the test.



รูปที่ 4 การประกอบอุปกรณ์เข้ากับอาสาสมัครในการทดสอบการยึดติดด้วยวิธีพีไอ-3

Fig. 4 The process of assembling the equipment to a volunteer in the Pi 3 method.

ไม้บรรทัด บันทึกข้อมูลภาพ คำนวณพื้นที่โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ภาพ (รูปที่ 3B) สำหรับกรณีที่ต้องทำการกรอแต่งเพื่อลดขนาดพื้นผิวสัมผัสให้กรอตัดออกจากทางด้านหน้า (รูปที่ 3C) และตรวจสอบพื้นที่ด้วยวิธีการข้างต้นทุกครั้ง ชัดแต่ให้เรียบร้อย ทำปมกดตรงกลางแผ่นและติดโซ่ในตำแหน่งที่มีสมดุลของน้ำหนักในแนวหน้าหลัง (รูปที่ 3D)

การบันทึกรอยฟันลงบนด้ามรูปเกือกม้าเริ่มจากการผสมเรซินอะคริลิกชนิดบ่มเอง ปั้นเป็นเส้นแล้ววางลงบนแผ่นรูปเกือกม้า กดวัสดุให้แทรกเข้าไปตามร่องยัด ทาวาสลินบนด้านสบฟันของชิ้นหล่อ วางชิ้นหล่อลงไปโดยจัดให้แนวกลางอยู่ตรงกันและมีสมดุลซ้ายขวา ยกขึ้นและกดลงในตำแหน่งเดิมซ้ำหลาย ๆ ครั้งเพื่อไม่ให้วัสดุยึดกับชิ้นหล่อ เมื่อวัสดุแข็งตัวแล้วจึงทำการปรับแต่งให้เรียบร้อย

การจัดเตรียมเครื่องมือทดสอบการยึดติดให้อยู่ในตำแหน่งสำหรับอาสาสมัครแต่ละคน เริ่มต้นจากการนำด้ามรูปเกือกม้าที่เตรียมไว้มายึดในตำแหน่ง ให้อาสาสมัครใส่แผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิก วางฟันลงบนรอยบันทึกฟัน และวางหน้าผากลงบนฐานพักศีรษะ จากนั้นจึงค่อย ๆ เลื่อนเสาไปตามร่องจนกระทั่งโซ่ห้อยอยู่ในตำแหน่งเดียวกันกับขอกเกี่ยว บันทึกตำแหน่งเสาสำหรับใช้เตรียมเครื่องมือครั้งต่อไป

ก่อนเริ่มการทดสอบให้เตรียมเครื่องมือทดสอบการยึดติดให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน จากนั้นป้ายสารยึดติดปริมาตร 2 มิลลิตรให้ทั่วด้านเนื้อเยื่อของแผ่นด้านเพดาน นำใส่ปาก กดให้เข้าที่ด้วยแรง 20 นิวตัน นาน 20 วินาที เช็ดสารยึดติดส่วนเกินออก จัดอาสาสมัครให้อยู่ในตำแหน่งทดสอบ คล้องโซ่กับขอกเกี่ยว แล้วจึงกดคันโยกเพื่อดึงแผ่นด้านเพดานให้หลุดออก บันทึกค่าแรงที่ใช้ (รูปที่ 4)

การทดสอบวิธีการที่นำเสนอ

ในการทดสอบการยึดติดนอกกาย ได้เตรียมสารยึดติดชนิดเจล ความหนืด 26,000 เซ็นติพอยส์ (Brookfield DVII plus programmable viscometer) จากสารก้อเจล 6 ชนิด และให้ชื่อว่าเจล เอ, บี, ซี, ดี, อี, และเอฟ (A, B, C, D, E และ F) สำหรับทดสอบแรงยึดติดด้วยวิธีพีไอ-2 โดยทดสอบชนิดละ 10 ครั้ง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) และเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธีเชฟเฟ (Scheffe's multiple comparison) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การทดสอบการยึดติดโดยใช้แผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิก เป็นการศึกษาที่ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยได้ใบรับรองเลขที่ 12/2006 ลงวันที่

2 พฤษภาคม 2549 การทดสอบครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพียงเพื่อทดสอบระบบและประเมินการใช้งานเพื่อการปรับปรุงและพัฒนาให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น จึงทำการทดสอบในอาสาสมัครเพียง 3 คน โดยทดสอบ 4 รูปแบบ คือ ไม่ใช้สารยึดติด และใช้สารยึดติด ชนิดเพสท์ เจล และผง ทำการทดสอบรูปแบบละ 3 ครั้ง ตามวิธีพีไอ-3 ใช้ค่าเฉลี่ยสำหรับการเปรียบเทียบระหว่างอาสาสมัคร

ผล

ผลการทดสอบการยึดติดนอกกายด้วยวิธีพีไอ-2 พบว่า เจล เอ มีแรงยึดติดสูงสุด (17.51 ± 0.67 นิวตัน) รองลงมาคือ เจล บี, ซี, ดี และเอฟ ตามลำดับ (15.50 ± 0.71 , 14.64 ± 0.65 , 14.53 ± 0.57 , 12.45 ± 0.43 และ 8.1 ± 0.55 นิวตัน) โดยมีเจล ซี และ ดี เท่านั้นที่มีค่าแรงยึดติดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการทดสอบการยึดติดโดยใช้แผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิกด้วยวิธีพีไอ-3 พบว่าค่าเฉลี่ยแรงยึดติด เมื่อไม่ใช้สารยึดติด และเมื่อใช้สารยึดติดชนิดเพสท์ เจล และผง ในอาสาสมัครคนแรกมีค่า 0.24 ± 0.05 , 0.55 ± 0.06 , 0.77 ± 0.05 และ 0.39 ± 0.05 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ในอาสาสมัครคนที่ 2 มีค่า 0.51 ± 0.01 , 0.68 ± 0.10 , 0.47 ± 0.08 และ 0.29 ± 0.02 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ในอาสาสมัครคนที่ 3 มีค่า 0.54 ± 0.01 , 0.77 ± 0.05 , 0.76 ± 0.07 และ 0.30 ± 0.05 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

บทวิจารณ์

การทดสอบนอกกายด้วยวิธีพีไอ-2 เป็นวิธีที่ทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และให้ข้อมูลที่สามารถนำมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อช่วยในการตัดสินใจคัดเลือกสูตรได้ อย่างไรก็ตาม การใช้วิธีนี้นี้มีข้อพึงระวัง คือ การเตรียมแป้นหนึ่งสูตรจะต้องทำอย่างปราณีต เลือกใช้หนึ่งเฉพาะบริเวณท้อง คัดเลือกชิ้นที่มีความหนาของชิ้นผิวที่เท่า ๆ กัน โคนขนและชุดชั้นไขมันออกให้เกลี้ยง ซึ่งบนแป้นให้ผิวหน้าตั้งเรียบ และยึดให้แน่น ไม่เช่นนั้นแล้วอาจทำให้ได้ผลการทดสอบที่ผิดพลาดได้

การทดสอบการยึดติดโดยใช้แผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิกด้วยวิธีพีไอ-3 เป็นวิธีที่ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์พื้นฐานที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจและการปฏิบัติ สามารถจัดอาสาสมัครให้อยู่ในตำแหน่งทดสอบเดิมได้ทุกครั้ง แต่อาจเนื่องมาจากความแตกต่างระหว่างบุคคล จึงทำให้ผลการทดสอบแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกัน

อาสาสมัครคนที่ 2 เป็นผู้ที่เกิดอาการคลื่นเหียนอาเจียนได้ง่าย การทำงานภายในช่องปากจึงต้องทำอย่างระมัดระวังที่จะไม่ไปกระตุ้นให้เกิดอาการ และเมื่อการกระตุ้นเกิดขึ้นครั้งหนึ่งแล้ว ครั้งต่อไปจะเกิดได้ง่ายยิ่งขึ้น อาการนี้มีผลกระทบอย่างมากต่อค่าแรงยึดติดของสารยึดฟันเทียมชนิดเจล แต่ไม่ค่อยมีผลกระทบต่อสารยึดติดฟันเทียมชนิดเพสท์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเพสท์มีความหนืดสูงขึ้นจากการดูดน้ำ ส่วนเจลที่เตรียมขึ้นมีความหนืดลดลงเมื่อมีการดูดน้ำ

อาสาสมัครคนแรกมีค่าแรงยึดติดเมื่อไม่ใช้สารยึดติดค่อนข้างต่ำและแตกต่างจากอาสาสมัครอีก 2 คน และพบลักษณะเช่นเดียวกันนี้ในสารยึดติดชนิดเพสท์ ขณะที่ค่าแรงยึดติดของเจลในอาสาสมัครคนนี้แทบจะไม่แตกต่างจากอาสาสมัครคนที่ 3 เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการมีน้ำลายน้อย ที่นอกจากจะมีผลต่อการเชื่อมยึดโดยน้ำลายแล้วยังมีผลต่อการเพิ่มความหนืดของเพสท์อีกด้วย แต่ปัญหานี้ไม่มีผลต่อสารยึดติดชนิดเจล เนื่องจากเจลมีความหนืดและไม่ต้องการน้ำเพิ่มเติม

จากการวิเคราะห์สาเหตุความแตกต่างของผลการทดสอบ เห็นควรเพิ่มเกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัคร คือไม่เกิดอาการคลื่นเหียนอาเจียนได้ง่าย และไม่อยู่ในสภาวะ ไม่มีน้ำลาย มีน้ำลายน้อย หรือน้ำลายมีลักษณะข้นเหนียว

การมีเชื้อติดอยู่กับแผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิกอาจไม่ เป็นปัญหามากนักสำหรับการทดสอบที่ทำหลังจากใส่ทันที แต่ในกรณีทดสอบค่าแรงยึดติดที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาที่ใส่ การมีเชื้อห้อยอยู่ในปากอาจมีผลต่อค่าการทดสอบ กรณีเช่นนี้อาจมีความจำเป็นต้องจำกัดกิจกรรมของอาสาสมัคร เช่น การพูดคุย การดื่มน้ำ การรับประทานอาหาร รวมทั้งการใช้ลิ้นเลียเล่น เป็นต้น

ความชำนาญของผู้ทดสอบมีความสำคัญไม่น้อยกว่าสิ่งอื่น ๆ ผู้ทดสอบจะต้องจัดเตรียมเครื่องมือทดสอบด้วยความรวดเร็วและถูกต้อง ฝึกการคล้องใช้กับข้อเกี่ยวอย่างรวดเร็วโดยไม่ทำให้แผ่นด้านเพดานปากเคลื่อนขยับ การดึงคันโยกต้องใช้แรงและความเร็วคงที่เท่ากันทุกครั้ง การซักซ้อมก่อนการทดสอบจริงจึงเป็นสิ่งจำเป็น และการควบคุมการดึงโดยผู้ทดสอบคนเดียวกัน ควรจะช่วยให้ผลที่ดีกว่า

ปัจจุบันมาตรฐานสารยึดฟันเทียมอยู่ในช่วงดำเนินการกำหนดมาตรฐาน โดยองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO) วิธีการทดสอบการยึดติดที่น่าเสนอในบทวิทยากรนี้ จึงน่าจะเป็นวิธีทดสอบเพื่อเป็นแนวทางสู่มาตรฐานร่วมกันได้⁴¹

บทสรุป

การทดสอบการยึดติดนอกกาย ด้วยวิธีพีไอ-2 ที่ใช้แบบจำลองการยึดติดระหว่างแผ่นหนังสุกรกับแผ่นเรซินอะคริลิก เป็นวิธีการที่จัดเตรียมได้ง่ายและเลียนแบบเนื้อเยื่อรองรับฐานฟันเทียม โดยมีสภาวะที่น่าจะใกล้เคียงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในช่องปากของผู้ป่วยที่ใส่ฟันเทียม

การทดสอบการยึดติดโดยใช้แผ่นด้านเพดานปากเรซินอะคริลิกด้วยวิธีพีไอ-3 เป็นวิธีการที่ใช้เครื่องมือทดสอบที่ออกแบบโดยใช้หลักการของคานและสมดุลของแรงจึงง่ายต่อการทำความเข้าใจและการปฏิบัติ นอกจากนี้ยังสามารถจัดเตรียมการทดสอบให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกันทุกครั้งจึงช่วยลดปัจจัยจากความแตกต่างของตำแหน่งและทิศทางของการดึงที่มีผลต่อค่าแรง กลไกการทำงานของเครื่องมือไม่ยุ่งยากซับซ้อน รวมทั้งสามารถถอดประกอบและเคลื่อนย้ายได้อย่างสะดวก อย่างไรก็ตาม การตั้งเกณฑ์กลุ่มอาสาสมัครและความชำนาญของผู้ทดสอบเป็นสิ่งที่สำคัญไม่น้อยไปกว่าชุดอุปกรณ์

เอกสารอ้างอิง

1. Jacobson TE, Krol AJ. A contemporary review of the factors involved in complete denture retention, stability, and support. Part I: retention. *J Prosthet Dent* 1983;49:5-15.
2. Lindstrom RE, Pawelchak J, Heyd A, Tarbet WJ. Physical-chemical aspects of denture retention and stability: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 1979;42:371-5.
3. Skinner EW, Campbell RL, Chung P. A clinical study of the forces required to dislodge maxillary denture bases of various designs. *J Am Dent Assoc* 1953;47:671-80.
4. Giglio JJ, Lace WP, Arden H. Factors affecting retention and stability of complete dentures. *J Prosthet Dent* 1962;12:848-55.
5. Tyson KW. Physical factors in retention of complete upper dentures. *J Prosthet Dent* 1967;18:90-7.
6. Roydhouse RH. The retention of dentures. *J Am Dent Assoc* 1960;60:159-63.
7. Murray MD, Darvell BW. Reappraisal of the physics of denture retention. *Int J Prosthodont* 1989;2:234-42.
8. toryod.com [homepage on the Internet] หน่วยสร้างสำนึกและพัฒนาประโยชน์จากเอกสารสิทธิบัตรเพื่อการวิจัยและพัฒนา สกว. [up-dated 2006 July 27; cited 2006 Aug1]. Available from: <http://www.toryod.com/>.

9. นิธิยา รัตนพานนท์. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่หนึ่ง. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์; 2545.
10. Loyd V, Allen J. The art, science, and technology of pharmaceutical compounding. 2nd. USA: The American Pharmaceutical Association; 2002.
11. Chew CL. Retention of denture adhesives—an in vitro study. *J Oral Rehabil* 1990;17:425-34.
12. Fløystrand F, Koppang R, Williams VD, Orstavik J. A method for testing denture adhesives. *J Prosthet Dent* 1991;66:501-4.
13. Koppang R, Berg E, Dahm S, Real C, Fløystrand F. A method for testing denture adhesives. *J Prosthet Dent* 1995;73:486-91.
14. Panagiotouni E, Pissiotis A, Kapari D, Kaloyannides A. Retentive ability of various denture adhesive materials: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 1995;73:578-85.
15. DeVengencie J, Ng MC, Ford P, Iacopino AM. In vitro evaluation of denture adhesives: possible efficacy of complex carbohydrates. *Int J Prosthodont* 1997;10:61-72.
16. Zhao K, Cheng X, Chao YL, Li ZA, Han GL. Laboratory evaluation of a new denture adhesive. *Dent Mater* 2004;20:419-24.
17. Kawazoe Y, Hamada T. The role of saliva in retention of maxillary complete dentures. *J Prosthet dent* 1978;40:131-6.
18. Ow RK, Bearn EM. A method of studying the effect of adhesives on denture retention. *J Prosthet Dent* 1983;50:332-7.
19. Kikuchi M, Ghani F, Watanabe M. Method for enhancing retention in complete denture bases. *J Prosthet Dent* 1999;81:399-403.
20. Ghani F, Picton DC, Likeman PR. Some factors affecting retention forces with the use of denture fixatives in vivo. *Br Dent J* 1991;171:15-21.
21. Ghani F, Picton DC. Some clinical investigations on retention forces of maxillary complete dentures with the use of denture fixatives. *J Oral Rehabil* 1994;21:631-40.
22. Chew CL, Boone ME, Swartz ML, Phillips RW. Denture adhesives: their effects on denture retention and stability. *J Dent* 1985;13:152-9.
23. Grasso JE, Rendell J, Gay T. Effect of denture adhesive on the retention and stability of maxillary dentures. *J Prosthet Dent* 1994;72:399-405.
24. Grasso JE, Baker RA. Effect of denture adhesive on mandibular movement during chewing. *J Am Dent Assoc* 2000;131:981-6.
25. Karlsson S, Swartz B. Effect of a denture adhesive on mandibular denture dislodgement. *Quintessence Int* 1990;21:625-7.
26. Hasegawa S, Sekita T, Hayakawa I. Effect of denture adhesive on stability of complete dentures and the masticatory function. *J Med Dent Sci* 2003;50:239-47.
27. Fujimori T, Hirano S, Hayakawa I. Effects of a denture adhesive on masticatory functions for complete denture wearers—consideration for the condition of denture-bearing tissue. *J Med Dent Sci* 2002;49:151-6.
28. Kapur KK. A clinical evaluation of denture adhesives. *J Prosthet Dent* 1967;18:550-8.
29. Tarbet WJ, Boone M, Schmidt NF. Effect of a denture adhesive on complete denture dislodgement during mastication. *J Prosthet Dent* 1980;44:374-8.
30. Psillakis JJ, Wright RF, Grbic JT, Lamster IB. In practice evaluation of denture adhesive using a gnathometer. *J Prosthodont* 2004;13:244-50.
31. de Baat C, van't Hof M, van Zefbroeck L, Ozcan M, Kalk W. An international multicenter study on the effectiveness of a denture adhesive in maxillary dentures using disposable gnathometers. *Clin Oral Investig* 2007;11:237-43.
32. Ozcan M, Kulak Y, de Baat C, Arian A, Ucakale M. The effect of a new denture adhesive on bite force until denture dislodgement. *J Prosthodont* 2005;14:122-6.
33. Tarbet WJ, Silverman G, Schmidt NF. Maximum incisal biting force in denture wearers as influenced by adequacy of denture-bearing tissues and the use of an adhesive. *J Dent Res* 1981;60:115-9.
34. Berg E. A clinical comparison of four denture adhesives. *Int J Prosthodont* 1991;4:449-56.
35. Kelsey CC, Lang BR, Wang RF. Examining patients' responses about the effectiveness of five denture adhesive pastes. *J Am Dent Assoc* 1997;128:1532-8.
36. Herlands RE, Kutscher AH, Lucca JJ, Zegarelli EV, Mercadante JL, Roland N. Clinical observations on new denture adhesive. *J Prosthet Dent* 1960;10:278-83.
37. จิตวรรี จิตตั้งสมบูรณ์, จินต์จุฬา ใจดำรงค์. ประสิทธิภาพของกาวติดฟันปลอมชนิดกาว [รายงานการวิจัยในโครงการวิจัยทางทันตกรรม]. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2546.
38. ประภาพร ชันทวสินกุล, ภัคนันท์ งามลิขิตเลิศ. ประสิทธิภาพของกาวยึดติดฟันปลอมในรูปแบบผง [รายงานการวิจัยในโครงการวิจัยทางทันตกรรม]. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2546.
39. Wara-aswapati N, Pitiphat W, Chandrapho N, Rattanayatikul C, Karimbux N. Thickness of palatal masticatory mucosa associated with age. *J Periodontol* 2001;72:1407-12.
40. Collins LM, Dawes C. The surface area of the adult human mouth and thickness of salivary film covering the teeth and oral mucosa. *J Dent Res* 1987;66:1300-2.
41. International Organization for Standardization. ISO/CD 10873 Dentistry-Denture adhesives. Geneva: ISO/TC 106/SC 7 148; 2007.

Original Article

Denture Adhesives: Adhesion Testing Methods

Panarat Kodkeaw

Assistant Professor
Department of Prosthodontics
Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

Siriporn Rujiravanich

Dentist
Private Clinic

Panita Ritthaporn

Dentist
Private Clinic

Piyawat Phankosol

Associate Professor
Department of Prosthodontics
Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

Correspondence to:

Associate Professor Dr. Piyawat Phankosol
Department of Prosthodontics
Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University
Henry-Dunant Road, Patumwan, Bangkok 10330
Tel: 02-2188566
Fax: 02-2188566
E-mail: phankosol@yahoo.com

Abstract

The main reason for using denture adhesives is to increase adhesion. Testing of the adhesion properties requires reliable instruments, equipment and methods together with repeatability for comparison. In addition, there were limitations of *in vitro* testing methods led to an adhesion value that did not represent those which occurred intraorally. The objective of this study was to create testing machines, instrument and methods for denture adhesive testing. The results showed that the Pi 2 method using pig skin and acrylic plate models was able to solve this *in vitro* problem. Since the available instrumentations for *in vivo* testing method were quite complicated, the Pi 3 method was then developed by using acrylic resin palatal plate and an adhesion testing instrument based on a balance beam composed of an analog force gauge, a force controller and a head positioning device. From the trial testing, it was found that the results from the Pi 2 method could be statistically analyzed to distinguish the differences between 6 formulated adhesive gels very well. For the Pi 3 method, the adhesion testing instrument was also very effective. However, selection criteria for the test groups should be carefully concerned. In conclusion, the Pi 2 and Pi 3 methods are effective in testing denture adhesives.

Key words: denture adhesives, testing method