ผลของการสูญเสียความชื้นและการดูดซับน้ำต่อความแข็งแรงของวัสดุฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซิน ชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนและชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมี

ไพจิตร หัมพานนท์[1] **ท.บ., ป.ชั้นสูง วิทยาศาสตร์การแพทย์คลินิกสาขาทันตกรรมประดิษฐ์**
ปิยวัฒน์ พันธุ์โกศล[1] **ท.บ., M.S.**
กุสลี ทองปุสสะ[2] **ท.บ.**
นันทยา สามยอด[3]
พรทิพา อุ่นมี[3]

[1]ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2]หน่วยบูรณะช่องปากและใบหน้า คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[3]นิสิตทันตแพทย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและเปรียบเทียบความแข็งแรงของวัสดุฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน และชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมี เมื่อมีการสูญเสียความชื้นและการดูดซับน้ำหลังจากสูญเสียความชื้นในระยะเวลาต่างๆ กัน

วัสดุและวิธีการ ทำชิ้นทดสอบโดยใช้อะคริลิกเรซิน (Howmedica) ชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีและชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนขนาด 10×65×2.5 มิลลิเมตร ชนิดละ 50 ชิ้น นำชิ้นทดสอบชนิดละ 25 ชิ้นไปทดสอบการสูญเสียความชื้นด้วยเครื่องดูดสุญญากาศที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 7 ชั่วโมง และ 14 ชั่วโมง ตามลำดับ และอีก 25 ชิ้น ไปทดสอบการดูดซับน้ำโดยนำไปดูดความชื้นก่อนเป็นเวลา 7 ชั่วโมงแล้วจึงนำไปแช่น้ำที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 1 วัน และ 8 วัน ตามลำดับ แล้วนำไปหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและหาค่ากำลังตัดขวางรวมทั้งค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหักโดยเครื่องทดสอบสากล (Lloyd Universal testing machine รุ่น LR 10 K) จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ แมนวิทนีย์ ยู เทสต์ (Mann-whitney U test) และครัสคัลวัลลิส เทสต์ (Kruskal-Wallis test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการศึกษา เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติจากการสูญเสียความชื้นและการดูดซับน้ำของอะคริลิกเรซินทั้งสองชนิด พบว่า อะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักได้มากกว่าชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน และยังมีค่ากำลังตัดขวางรวมทั้งมีความสามารถในการดัดงอก่อนหักน้อยกว่าอะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนอย่างมีนัยสำคัญ การสูญเสียความชื้นของอะคริลิกเรซินทั้งสองชนิดจะทำให้ค่ากำลังตัดขวางเพิ่มขึ้นและมีค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหักลดลง แต่หากมีการสูญเสียความชื้นก่อนแล้วนำไปแช่น้ำเพื่อให้มีการดูดซับน้ำเข้าไป จะทำให้มีค่ากำลังตัดขวางลดลงและมีค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวปฏิกิริยาเคมีมีอัตราการดูดซับน้ำมากกว่าอะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน

(ว ทันต จุฬาฯ 2545;25:131-7)

บทนำ

โพลีเมทิลเมทาคริเลต (Polymethyl methaorylate : PMMA) หรือเรียกโดยทั่วไปว่าอะคริลิกเรซิน (acrylic resin) เป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับทำฐานฟันปลอม เนื่องจากราคาถูกให้ความสวยงามเหมือนธรรมชาติ ขั้นตอนการผลิตไม่ยุ่งยาก และปรับแต่งหรือซ่อมแซมได้ง่าย[1,2] จากลักษณะการใช้งานจะพบว่าวัสดุฐานฟันปลอมต้องสัมผัสหรือแช่อยู่ในของเหลวตลอดเวลา โดยขณะใช้งานต้องสัมผัสกับน้ำลายในช่องปาก และเมื่อถอดออกก็ต้องทำการล้างทำความสะอาดแล้วแช่เก็บไว้ในน้ำ ดังนั้นน้ำหรือน้ำลายจึงอาจมีผลต่อคุณสมบัติกลภาพของฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซิน

การดูดซับน้ำและสูญเสียความชื้นของโพลีเมอร์ในอะคริลิกเรซิน เกิดจากปัจจัย 2 ประการคือ สมดุลของการดูดซับน้ำ (Equili-brium water absorption) ซึ่งขึ้นกับพื้นที่ผิวและความหนาของวัสดุกับประสิทธิภาพของการซึมซ่าน (diffusion coefficient) โดยเมื่ออุณหภูมิสูงประสิทธิภาพของการซึมซ่านก็จะมีค่ามากด้วย ปัจจัยดังกล่าวข้างต้นนี้นอกจากจะมีผลต่อคุณสมบัติทางกลและความเสถียรมิติขณะใช้งานแล้ว ยังมีผลต่อการทำความสะอาดอีกด้วยเนื่องจากมีการดูดซึมสิ่งสกปรกและเชื้อโรคเข้าไป[3] Homorez[4] พบว่าโมโนเมอร์ที่ตกค้างจะทำหน้าที่คล้ายกับเป็นตัวทำให้อ่อนนุ่ม (plasticizer) ของวัสดุซึ่งมีผลทำให้แรงดึงระหว่างโมเลกุลลดลง และยังพบว่าการที่มีโมโนเมอร์ตกค้างอยู่ในปริมาณมาก จะทำให้วัสดุมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างถาวรเมื่อได้รับแรงกระทำที่สูง ต่อมาเมื่อโมโนเมอร์หลุดออกมาจากเนื้ออะคริลิกแล้วจะมีรูพรุนเกิดขึ้นซึ่งรูพรุนเหล่านี้มีผลทำให้ชิ้นงานแตกหักง่ายเมื่อได้รับแรงกระทำ จะเห็นได้ว่าปริมาณของโมโนเมอร์ตกค้างมีผลต่อความแข็งแรงของอะคริลิกเรซิน ดังนั้นในกระบวนการผลิตควรทำให้มีโมโนเมอร์ตกค้างเหลือน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย นอกจากนี้เมื่อนำไปใช้งานในช่องปาก โมโนเมอร์ที่รั่วหลุดออกมาจากเนื้อวัสดุนี้ยังมีผลต่อเนื้อเยื่อในช่องปากโดยก่อให้เกิดการระคายเคืองและมีแผลเกิดขึ้นได้[5] Sadomori และคณะ[6] พบว่าปริมาณของโมโนเมอร์ที่ตกค้างส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงภายในระยะเวลา 5 ปี และจะต้องใช้เวลาอีกหลายปีในการทำให้โมโนเมอร์นี้หมดไปอย่างสมบูรณ์ Dogan และคณะ[7] พบว่าโพลีเมทิลเมทาคริเลตเป็นวัสดุที่ไม่ละลายน้ำแต่อาจมีองค์ประกอบบางชนิดรั่วหลุดออกไปจากเนื้อวัสดุระหว่างการแช่น้ำ ซึ่งได้แก่โมโนเมอร์บริเวณพื้นผิวโดยจะซึมออกมาได้ในอัตราที่รวดเร็วกว่าโมโนเมอร์ที่ตกค้างในเนื้อวัสดุและขณะเดียวกันของเหลวจะถูกดูดซับเข้าไปในเนื้อวัสดุแทน จากการทดลองยังพบอีกว่าอะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนจะมีปริมาณของโมโนเมอร์ที่ตกค้างลดลงเมื่อใช้เวลาในการบ่มนานขึ้น แต่สำหรับอะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีต้องใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจึงจะช่วยให้มีโมโนเมอร์ตกค้างลดน้อยลง

จากการศึกษาต่าง ๆ ทำให้เห็นได้ว่าการดูดซับน้ำและการสูญเสียความชื้นของฐานฟันปลอมอะคริลิกเรซินมีผลต่อความแข็งแรงของวัสดุ ซึ่งจะสัมพันธ์กับการใช้งานและการเก็บรักษาในชีวิตประจำวัน การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับผลของการสูญเสียความชื้นและดูดซับน้ำที่มีต่อความแข็งแรงวัสดุฐานฟันปลอมอะคริลิกทั้งชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีและบ่มตัวด้วยความร้อน โดยศึกษาถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก ความแข็งแรงดัดขวาง และความแข็งแรงดัดงอก่อนหักของวัสดุ ทั้งนี้คาดหวังว่าผลจากการศึกษานี้จะเป็นแนวทางในการดูแลการเก็บรักษาฟันปลอม รวมทั้งเป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุสำหรับฐานฟันปลอมได้อย่างเหมาะสม

วัสดุและวิธีการทดลอง

การเตรียมชิ้นตัวอย่างอะคริลิกเรซิน

เตรียมภาชนะหล่อแบบชิ้นงานจากแท่งพลาสติกขนาด 25×65×10 มิลลิเมตร โดยใช้ฟลาสก์ทางทันตกรรม (flask) จากนั้นผสมอะคริลิกเรซิน (Howmedica, Howmedica International Ltd., อังกฤษ) ตามอัตราส่วนของบริษัทผู้ผลิตเทลงในแบบหล่อที่สร้างไว้ จากนั้นทำการประกบภาชนะหล่อแบบแล้วนำไปอัดด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกที่แรงอัด 4,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จากนั้นอัดซ้ำ (trial pack) เพื่อให้แน่ใจว่ามีอะคริลิกเรซินอยู่เต็มรอยพิมพ์ สำหรับอะคริลิกชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนให้ทิ้งภาชนะหล่อแบบไว้ในเครื่องอัด 1 ชั่วโมงก่อนนำไปต้มในหม้อต้มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 9 ชั่วโมง เมื่อครบตามกำหนดเวลาแล้วจึงทิ้งให้เย็นตัว ส่วนอะคริลิกชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีให้ทิ้งภาชนะหล่อแบบไว้ในเครื่องอัดนาน 1 ชั่วโมง แล้วจึงแยกชิ้นงานจากแบบหล่อ นำชิ้นงานทั้งหมดมาตัดออกเป็นชิ้นทดสอบขนาด 10×65×2.5 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานไอเอสโอหมายเลข 1567 (ปี ค.ศ. 1988) แต่ละชิ้นมีน้ำหนัก 2.00±0.05 กรัม อะคริลิกหนึ่งแท่งใหญ่จะเตรียมชิ้นทดสอบได้ทั้งหมด 8 ชิ้น ทำการตกแต่งด้วยเครื่องขัดและกระดาษทรายจากนั้นทำจนได้ชิ้นทดสอบของอะคริลิกแต่ละชนิดอย่างละ 50 ชิ้น

เมื่อได้ชิ้นทดสอบครบตามต้องการแล้ว แบ่งชิ้นทดสอบของอะคริลิกแต่ละชนิดออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 25 ชิ้น เพื่อทดสอบการดูดความชื้นและการดูดซับน้ำตามลำดับ

การทดสอบการดูดความชื้นของอะคริลิกเรซิน

แบ่งชิ้นทดสอบออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ชิ้น ทำการชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบทุกชิ้น แล้วบันทึกผลจากนั้นนำกลุ่มควบคุมไปทดสอบค่ากำลังตัดขวางแบบกด 3 จุด (3-point bend test) และค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหัก โดยใช้เครื่องทดสอบสากล (Lloyd Universal testing machine, LR 10 K type) ซึ่งมีระยะห่างของช่วงทดสอบ (span length) 50 มิลลิเมตร และใช้ความเร็วหัวกด (Cross head speed) 5 มิลลิเมตรต่อนาที ชิ้นทดสอบที่เหลืออีก 4 กลุ่มนำไปเข้าเครื่องสุญญากาศที่ความดัน 50 เซนติเมตรปรอทเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง 7 ชั่วโมง และ 14 ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อครบตามเวลาของแต่ละกลุ่มแล้ว ทำการบันทึกน้ำหนักของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นอีกครั้ง จากนั้นจึงนำไปทดสอบค่ากำลังตัดขวางและค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหักเช่นเดียวกัน ทำการทดลองหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของอะคริลิกเรซินและเปรียบเทียบผลกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ดูดความชื้น

การทดลองการดูดซับน้ำของอะคริลิกเรซิน

แบ่งชิ้นทดสอบออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ชิ้น ทำการชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบทุกชิ้น แล้วบันทึกผลจากนั้นนำกลุ่มควบคุมไปทดสอบค่ากำลังตัดขวางและค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหัก ชิ้นทดสอบที่เหลืออีก 4 กลุ่มนำไปเข้าเครื่องสุญญากาศดูดความชื้นออกที่ความดัน 50 ซ.ม.ปรอท เป็นเวลา 7 ชั่วโมง จากนั้นนำไปแช่น้ำกลั่นปริมาตร 200 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง 1 วัน และ 8 วัน ตามลำดับ เมื่อครบตามเวลาของแต่ละกลุ่มแล้ว ทำการบันทึกน้ำหนักของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นอีกครั้ง จากนั้นจึงนำไปทดสอบค่ากำลังตัดขวางและค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหักเช่นเดียวกัน ทำการทดลองหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของอะคริลิกเรซิน และเปรียบเทียบผลกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้แช่น้ำ

หลังจากนั้นใช้วิธีการเดียวกันทดสอบกับชิ้นทดสอบอะคริลิกชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมี นำค่ากำลังตัดขวางและค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหักที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเพื่อหาความสัมพันธ์กับน้ำหนักที่เปลี่ยนไป โดยใช้แมนวิทนีย์ ยู เทสต์ (Mann-whitney U test) และครัสคัลวัลลิส เทสต์ (Kruskal-Wallis test) ในการวิเคราะห์และประมวลผลทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการทดลอง

ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ในการทดสอบการสูญเสียความชื้นจะเห็นว่าเมื่อชิ้นทดสอบอะคริลิก-เรซินทั้งสองชนิดไปดูดความชื้นด้วยเครื่องสุญญากาศแล้ว ชิ้นทดสอบจะมีน้ำหนักลดลงจากเดิม โดยถ้าใช้เวลาในการดูดความชื้นนานขึ้นน้ำหนักของอะคริลิกจะยิ่งลดลงมากขึ้นด้วย ส่วนในกลุ่มที่ทดสอบการดูดซับน้ำหลังจากการสูญเสียความชื้นพบว่าอะคริลิกมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น แสดงว่ามีการดูดซับน้ำเข้าไปเรื่อย ๆ โดยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจะแปรตามระยะเวลาที่ใช้ในการแช่

เมื่ออะคริลิกมีน้ำหนักลดลงเนื่องจากการสูญเสียน้ำและองค์ประกอบบางอย่างหลังจากการสูญเสียความชื้นจะมีค่ากำลังตัดขวางมากขึ้น และมีค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหักลดลง แต่เมื่อมีการนำชิ้นทดสอบที่ได้ดูดความชื้นออกแล้วไปทดสอบการดูดซับน้ำ ปรากฏว่ามีค่ากำลังตัดขวางน้อยกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้แช่น้ำ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะเวลาแต่ละช่วงที่ใช้แช่พบว่าจากเวลา 1 ชั่วโมง ถึง 1 วัน ชิ้นงานมีค่ากำลังตัดขวางมากขึ้นจนเกือบเท่าเดิม จนกระทั่งถึงวันที่ 8 ค่ากำลังตัดขวางจึงจะลดลงสำหรับค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหักตั้งแต่เวลา 1 ชั่วโมง ถึง 8 วัน มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ถ้าเปรียบเทียบคุณสมบัติในการสูญเสียความชื้นและการดูดซับน้ำของอะคริลิกเรซินทั้งสองชนิด จะเห็นว่าอะคริลิก-เรซินชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักได้มากกว่าชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนและยังมีค่ากำลังตัดขวางรวมทั้งมีความสามารถในการดัดงอก่อนหักน้อยกว่าอะคริลิกชนิดบ่มด้วยความร้อนด้วย

ผลทดสอบวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่า ภายหลังจากที่มีการสูญเสียความชื้นออกไป อะคริลิกเรซินทั้งสองชนิดมีค่ากำลังตัดขวางเพิ่มขึ้นและมีค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหักลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในทางตรงกันข้ามเมื่อทดสอบการดูดซับน้ำปรากฏว่ามีค่ากำลังตัดขวาง และมีค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

วิจารณ์

อะคริลิกเรซินเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำสูง เนื่องจากมีกลุ่มไฮดรอกซิล (Hydroxyl) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งการดูดซับน้ำเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพ

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการสูญเสียความชื้นของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนและชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีในระยะเวลาต่าง ๆ

Table 1 The results of moisture dissiccation of heat-cured and self-cured acrylic resin with different times.

กลุ่ม	ระยะเวลาที่ดูดความชื้น (ชั่วโมง)	อะคริลิกเรซิน ชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน			อะคริลิกเรซิน ชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมี		
		น้ำหนักที่ลดลง [%]	Transverse Strength [N/mm^2]	Deflective Rupture [mm]	น้ำหนักที่ลดลง [%]	Transverse Strength [N/mm^2]	Deflective Rupture [mm]
(control)	–	–	84.92	6.28	–	76.02	6.17
		0.06	86.53	5.94*	0.11		
	3				0.21	81.11*	5.52*
	7	0.35	89.22*	5.01*	0.38	83.27*	4.88*
5	14	0.58	90.94*	5.85*	0.61	84.27*	

หมายเหตุ Transverse strength : ค่ากำลังดัดขวาง

Deflective rupture : ค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหัก

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p<0.05$)

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการดูดซับน้ำของอะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนและชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีในระยะเวลาต่าง ๆ

Table 2 The results of moisture extraction of heat-cured and self-cured acrylic resin with different times.

กลุ่ม	ระยะเวลาที่แช่น้ำ	อะคริลิกเรซิน ชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน			อะคริลิกเรซิน ชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมี		
		น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น [%]	Transverse Strength [N/mm^2]	Deflective Rupture [mm]	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น [%]	Transverse Strength [N/mm^2]	Deflective Rupture [mm]
1 (control)	–	–	89.22	5.01	–	83.27	4.88
	1 ช.ม.	0.06	80.79*	5.24*	0.09	69.89*	4.97*
				5.97*	0.21	72.38*	5.21*
		0.33	87.12	6.25*	0.41		
5		0.45	83.90*				

หมายเหตุ Transverse strength : ค่ากำลังดัดขวาง

Deflective rupture : ค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหัก

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p<0.05$)

และทางกลของวัสดุลดลง[8] การนำอะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีและชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนไปดูดความชื้นด้วยเครื่องสุญญากาศจะมีน้ำหนักลดลง เนื่องจากมีการสูญเสียน้ำและมีองค์ประกอบบางอย่างสามารถระเหยออกไปได้ เช่น โมโนเมอร์ที่ตกค้างอยู่ในเนื้อวัสดุภายหลังจากการบ่มตัว จากการทดลองพบว่าอะคริลิกเรซินที่นำไปดูดความชื้นออกไปจะมีค่ากำลังตัดขวางมากขึ้นและมีค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหักลดลงอีกด้วย เนื่องจากโมโนเมอร์ที่เหลือตกค้างอยู่นั้นจะทำหน้าที่คล้ายกับตัวทำให้อ่อนนุ่ม (plasticizer) ของอะคริลิกเรซินซึ่งจะมีผลทำให้แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลลดลง[4] และยังพบว่าปริมาณของโมโนเมอร์ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยา (unreacted monomer) จะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้โมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ของวัสดุลดลง[10] ดังนั้นเมื่อโมโนเมอร์เหล่านี้ระเหยออกไปจึงมีแรงดึงระหว่างโมเลกุลภายในเนื้อวัสดุมากขึ้น ขณะเดียวกันวัสดุนั้นก็จะมีความยืดหยุ่นลดลงด้วย[4]

เมื่อทำการทดสอบการดูดซับน้ำโดยนำอะคริลิกเรซินไปดูดความชื้นออกแล้วนำกลับไปแช่ในน้ำ พบว่ามีน้ำหนักเพิ่มขึ้น โดยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อแช่น้ำ 8 วัน จะมีค่ามากกว่าน้ำหนักที่ลดลงไปหลังจากดูดความชื้นออกไปก่อนที่จะนำไปแช่น้ำ จากการทดสอบการสูญเสียความชื้นและการดูดซับน้ำของอะคริลิกเรซินจะเห็นได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักเกิดขึ้น โดยน้ำหนักส่วนที่ลดลงของอะคริลิกเรซินหลังจากเข้าเครื่องสุญญากาศนาน 14 ชั่วโมงจะมีค่าใกล้เคียงกับน้ำหนักส่วนที่เพิ่มขึ้นที่นำไปแช่น้ำเมื่ออะคริลิกเรซินนั้นแช่น้ำระยะเวลา 8 วัน ดังนั้นอัตราการสูญเสียความชื้นจึงมีความเร็วมากกว่าการดูดซับน้ำของอะคริลิกเรซินทั้งนี้อาจเกิดจากการใช้เครื่องสุญญากาศในการดูดความชื้น ถ้าวางชิ้นอะคริลิกเรซินไว้ในบรรยากาศห้องตามปกติ จะต้องใช้ระยะเวลานานมากจึงจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักที่สามารถวัดได้

สำหรับอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักจากการทดลองนี้จะแตกต่างจากการทดลองของ Chow และคณะ[2] ซึ่งพบว่าอะคริลิกเรซินมีอัตราการดูดซับน้ำเร็วกว่าอัตราการสูญเสียความชื้น โดยนำชิ้นงานไปดูดความชื้นออกไปด้วยเครื่องสุญญากาศโดยใช้ความดัน 0.5 มิลลิเมตรปรอท ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 4 วัน แล้วนำชิ้นงานไปแช่น้ำกลั่น พบว่าในระยะเวลา 4 วันเมื่อเข้าเครื่องสุญญากาศ อะคริลิกเรซินจะมีน้ำหนักลดลงและจะมีน้ำหนักเท่าเดิมเมื่อนำไปแช่น้ำระยะเวลา 1 ถึง 2 วัน การที่ได้ผลการทดลองแตกต่างกันอาจเนื่องจากวิธีการเตรียมชิ้นทดสอบแตกต่างกัน การใช้สุญญากาศที่ใช้ความดันแตกต่างกัน รวมทั้งการนำชิ้นทดสอบไปแช่น้ำที่ใช้วิธีและระยะเวลาแตกต่างกัน Braden และ Wright[11] ได้อธิบายว่าการดูดซับน้ำและการสูญเสียองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ของอะคริลิกเรซินจะเกิดขึ้นตลอดเวลาแต่มีอัตราเร็วที่ต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับวิธีการเตรียมชิ้นงานที่จะส่งผลให้มีการเกิดของอันใดเกิดขึ้นเร็วหรือช้ากว่ากัน

จากการศึกษาในอดีตพบว่า อะคริลิกเรซินจะมีค่ากำลังตัดขวางลดลงและมีการขยายตัวเมื่อแช่น้ำ[12-15] เนื่องจากกระบวนการดูดซับน้ำทำให้มีการสูญเสียองค์ประกอบหลายอย่างแล้วมีการดูดซับน้ำเข้าไปภายหลังเช่นเดียวกับที่ Braden และ Wright ได้กล่าวไว้ แต่ผลการทดลองครั้งนี้เมื่อนำอะคริลิกเรซินเข้าเครื่องสุญญากาศเป็นเวลา 7 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปแช่น้ำระยะเวลาต่าง ๆ จะมีค่ากำลังตัดขวางเพิ่มมากขึ้นโดยที่น้ำหนักไม่ได้ลดลง การที่นำวัสดุไปแช่น้ำแล้วมีค่ากำลังตัดขวางเพิ่มมากขึ้นนี้เนื่องจากการที่นำอะคริลิกเรซินไปดูดความชื้นนั้นจะมีโมโนเมอร์ระเหยออกไปบางส่วน และอาจจะมีโมโนเมอร์ที่ตกค้างบางส่วนที่ยังคงอยู่ในเนื้ออะคริลิกเรซิน เมื่อนำชิ้นอะคริลิกเรซินนั้นไปแช่น้ำก็อาจจะมีโมโนเมอร์ที่ตกค้างนั้นได้หลุดออกมาเพิ่มมากขึ้นอีก ซึ่งจะคล้ายกับการที่ได้นำอะคริลิกเรซินไปดูดความชื้น จึงทำให้มีค่ากำลังตัดขวางเพิ่มมากขึ้น เมื่อได้แช่น้ำระยะเวลานานขึ้นถึง 8 วัน ก็จะมีการดูดซับน้ำเข้าไปในอะคริลิกเรซินนั้นมากขึ้น โดยเข้าไปแทนที่โมโนเมอร์ที่รั่วหลุดออกไป ทำให้อะคริลิกเรซินมีความยืดหยุ่นมากขึ้นและค่ากำลังตัดขวางลดลง[16]

สำหรับความสามารถในการดัดงอก่อนหักของอะคริลิกเรซินเมื่อนำไปแช่น้ำ 1 ชั่วโมง ถึง 8 วัน จะมีค่าเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีการดูดซับน้ำเข้าไปแทนที่โมโนเมอร์และองค์ประกอบอื่นที่หลุดออกไป น้ำที่เข้าไปแทนที่จะทำหน้าที่คล้ายกับตัวที่ทำให้อ่อนนุ่ม[17] เมื่อมีการดูดซับน้ำเข้าไปมากจึงทำให้อะคริลิกเรซินมีความโค้งงอได้มากขึ้นด้วย เมื่อเปรียบเทียบอัตราการดูดซับน้ำระหว่างอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยปฏิกิริยาเคมีกับชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนพบว่าอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยปฏิกิริยาเคมีมีองค์ประกอบที่ไวต่อน้ำอยู่ในส่วนที่เป็นของเหลว และมีโอกาสเกิดรูพรุนจากกระบวนการผลิตได้มาก จึงสามารถดูดซับน้ำได้สูงกว่าอะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวด้วยความร้อน จึงมีผลให้ค่ากำลังตัดขวางและความเสถียรมิติของวัสดุลดลง อะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนจึงมีคุณสมบัติที่ดีกว่าชนิดบ่มตัวด้วย

ปฏิกิริยาเคมี ถึงแม้ว่าอะคริลิกเรซินทั้งสองชนิดจะมีอัตราการดูดซับน้ำแตกต่างกัน แต่จากการทดลองพบว่าเมื่อมีการสูญเสียความชื้นออกไปและมีการดูดซับน้ำของวัสดุทั้งสองชนิดจะมีผลไปในทางเดียวกัน คือเมื่อสูญเสียความชื้นจะมีค่ากำลังตัดขวางเพิ่มขึ้นและความสามารถในการดัดงอก่อนหักลดลง และเมื่อมีการดูดซับน้ำ ความสามารถในการดัดงอก่อนหักจะเพิ่มขึ้นและมีค่ากำลังตัดขวางเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและจะลดลงเมื่อแช่น้ำ 8 วัน

การที่วัสดุฐานฟันปลอมมีค่ากำลังตัดขวางมากขึ้นและค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหักเพิ่มขึ้นน่าจะเป็นผลดีที่จะทำให้ฐานฟันปลอมไม่แตกหักง่ายเมื่อใช้งานที่มีการบดเคี้ยว แต่เมื่อนำวัสดุฐานฟันปลอมไปดูดความชื้นออก แม้จะทำให้มีค่ากำลังตัดขวางมากขึ้นแต่ค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหักลดลง หรือเมื่อนำไปดูดความชื้นออกแล้วนำกลับไปแช่น้ำก็จะให้ผลตรงกันข้าม ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาต่อไป เช่น การหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการดูดความชื้นออก หรือ การหาสารเพื่อแช่วัสดุให้มีคุณสมบัติดีขึ้น เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มคุณสมบัติที่ต้องการไว้ด้วยกัน และนำมาใช้ในการปฏิบัติงานของช่างทันตกรรมตลอดจนการดูแลรักษาฟันปลอมของผู้ป่วย เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายของวัสดุฐานฟันปลอมและสามารถนำไปใช้งานได้ยาวนานไม่แตกหักง่ายโดยไม่สมควร

สรุป

1. การนำอะคริลิกเรซินทั้งชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนและชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีไปดูดความชื้นออกจะทำให้มีน้ำหนักลดลง และทำให้มีค่ากำลังตัดขวางเพิ่มขึ้นแต่มีค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหักลดลง อย่างมีนัยสำคัญ

2. เมื่อนำอะคริลิกเรซินไปแช่น้ำหลังจากการสูญเสียความชื้น จะทำให้มีค่ากำลังตัดขวางลดลง และมีค่าความสามารถในการดัดงอก่อนหักเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

3. การนำอะคริลิกเรซินไปดูดความชื้นออกแล้วนำไปแช่น้ำ พบว่าอัตราการลดลงของน้ำหนักจากการสูญเสียความชื้นจะเร็วกว่าการเพิ่มน้ำหนักเมื่อนำไปแช่น้ำ

4. อะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีมีอัตราการดูดซับน้ำมากกว่าอะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวด้วยความร้อนอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารอ้างอิง

1. Chow TW, Cheng YY and Ladizesky NH. Polyethylene fiber reinforce poly (methyl metacrylate) water sorption and dimensional change during immersion. J ent 1933;21(6):367-72.
2. Chow TW, Ladizesky NH, Clarke UA. Acrylic resin reinforced with woven highly drawn linear polyethylene fibre.2.water sorption and clinical trials. Aus Dent J 1922;37(6):433-8.
3. Hagreaves AS. Equilibrium water uptake and denture base resin behavior. J Dent 1978;342-52.
4. Homorez P, Catalan A, Angnes U, Grimonster J. The effect of three processing cycles on some physical and chemical propertics of a heat-cure acrylic resin. J Prosthet Dent;1989:510-7.
5. Koda T, Tsuchiya H, Yamauchi M, Ohtani S, Takagi N, Kawano J. Leachability of denturebase acrylic resins in artificial saliva. Dent Mater 1990;6:13-6.
6. Sadamori S, Kotani H and Hamada T. The usage period of dentures and their residual monomer contents. J Prosthet Dent 1992;68(2): 374-6.
7. Dogan A, Bek B, Cevix NN and Usanmaz A. The effect of preparation, J Dent 1995;23(5):313-8.
8. Barby MJ, and Braden M. A hydrophilic denture base resin. J Dent Res 1979;58(6):1581-4.
9. Swaney AC, Paffenbarger GC, Caul HJ, Sweeney WT. American Dental Association Specification no. 12 for denture base resin: second revision. J Am Dent Assoc 1953;46:54-66.
10. Arima T, Murata H, Hamada T. Properties of highly cross-linked autopolymerizing reline acrylic resina. J Prosthet Dent 1995;(1): 55-9.
11. Braden M, Wright PS. Water absorption and water solubility of soft lining material for acrylic denture. J Dent Res 1983;62(6):764-8.
12. Arima T, Hamada T, Mc Cabe JF. The effect of cross-linking on some properties of HEMA-base resin. J Dent Res 1995;74(9):1597-601.
13. Ruyter E, Svendsen SA. Flexural properties of denture base polymers. J Prosthet Dent 1980;43(1):95-103.
14. Strafford GD, Handlry RW. Transverse bend testing of denture base polymers. J Dent 1975; 251-5.
15. Pekka K. Acrylic resin fiber composite-Part 2 :The effect of polymerization shrinkage of polymethyl methacrylate applied to fiber reving on transverse strength. J Prosthet Dent 1994;73(6):613-7.
16. Dixon DL, Breeding LC, Ekstrand KG. Linear dimensional variability of three denture base resin after processing and in water storage. J Prosthet Dent 1992;68(1):196-200.
17. Dixon DL. Ehstrand KG, Breeding LC. The transverse strength of three denture base resins. J Prosthet Dent 1991;66(4):510-3.

The effect of moisture desorption and water absorption on the strength of heat-cured and self-cured acrylic denture base

Paijit Humpanont[1] **D.D.S., Grad. Dip. in clin. in Prosthodontics**
Piyawat Phankosol [1] **D.D.S., M.S.**
Kussalee Thongpussa [2] **D.D.S.**
Nantaya Samyod [3]
Porntipa Ounmee [2]
[1] Prosthodontics Department, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University
[2] Maxillofacial Prosthetics, Dental Hospital, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University
[3] Dental Student, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

Abstract

Acrylic denture base is likely to be continuously immersed in water or aqueous environment. This can lead to the change of its mechanical properties. The objective of this study is to compare the strength of heat-cured and self cured acrylic resin when subjected to moisture desorption and water absorption after moisture desorption. 50 bar specimens of each resin were fabricated and divided in 2 groups. The first group was subjected to dry in a disiccator for 1,3,7 and 14 hour with their control group. The second group was subjected to dry in a disiccator for 7 hour then immersed in water for 1 hour, 6 hour 1 day and 7 day with their control group. The weight of the specimen was measured before and after the process. The transverse strength and the deflective rupture were conducted on a Lloyd universal testing machine. The data were statistically analyzes using Mann-Whitney U test and Kruskal-Wallis test (P=0.05).

It was found that when dried out, the transverse strength of both acrylic resins were significantly increased while the deflective rupture was decreased. Conversely, when the resins were immerse in water after dried out, the transverse strength decreased and the deflective rupture increase. The rate of moisture desorption is faster than the water absorption. Furthermore, self-cured acrylic resin tend to have weight change and absorp water more than heat-cured acrylic resin.

(CU Dent J 2002;25:131-7)

Key words: acrylic denture base; moisture desorption; transverse strength; water absorption