

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

วิจารณ์วัตถุประสงค์และวิธีการทดลอง

การใช้กรดเป็นขั้นตอนแรกในระบบการยึดติดที่นิยมอย่างแพร่หลาย ถึงแม้ว่าจะทำให้เนื้อฟันเกิดเป็นดีมีนเนอรัลไรซ์เดนทีนซึ่งมีความทนแรงดึงและความแข็ง (stiffness) ลดลงก็ตาม แต่ก็ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเส้นใยคอลลาเจนให้เรซินสามารถแทรกซึมเข้าไปยึดติดได้ (Pashley และคณะ, 1993) ในการทดลองนี้ต้องการทดสอบค่าความทนแรงดึงของไฮบริดไรซ์เดนทีนหรือดีมีนเนอรัลไรซ์เดนทีนที่มีเรซินแทรกเข้าไปห่อหุ้มเส้นใยคอลลาเจนทั้งชั้น เพื่อปรับปรุงคุณภาพของชั้นไฮบริดหรือนำไปเป็นความรู้พื้นฐานในการผลิตวัสดุบูรณะฟันที่มีลักษณะใกล้เคียงกับฟัน เนื่องจากระบบการใช้กรด 10-3 และไฟร์เมตาเอ็มเอ็มเอทีบีบีเรซิน เป็นที่นิยมแพร่หลายกันมานาน จึงเลือกใช้ระบบดังกล่าว โดยเปรียบเทียบการใช้กรด 10-3 และ 1-1 ซึ่งปกติในทางคลินิกใช้เวลาทาเนื้อฟันประมาณ 10 วินาที ทำให้เกิดเป็นชั้นของดีมีนเนอรัลไรซ์เดนทีนเล็ก 3-5 ไมครอน และ 1 ไมครอน ตามลำดับ (Piemjai และ Nakabayashi, 2001) ในการทดลองนี้ต้องการให้เนื้อฟันหนา 1 มิลลิเมตร หรือ 1000 ไมครอน เกิดเป็นชั้นดีมีนเนอรัลไรซ์เดนทีนทั้งชั้น จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการแช่เนื้อฟันนานมากขึ้น ความเข้มข้นของกรดที่แตกต่างกันมีผลให้ระยะเวลาในการแช่เพื่อเกิดความหนาของชั้นดีมีนเนอรัลไรซ์เดนทีนเท่ากันนั้นยาวนานแตกต่างกัน จากการศึกษาในห้องพบว่ากรด 10-3 ต้องใช้เวลาแช่นาน 6 ชั่วโมงหรือ 360 นาที และกรด 1-1 แช่นาน 60 ชั่วโมงหรือ 3600 นาที เห็นได้ว่ากรด 1-1 ซึ่งเป็นกรดที่อ่อนกว่าเมื่อเทียบจากอัตราเร็วในการละลายอินทรีย์สารเพื่อเกิดชั้นดีมีนเนอรัลไรซ์เดนทีนที่ช้ากว่า จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการแช่นานกว่าถึง 10 เท่า ชั้นดีมีนเนอรัลไรซ์เดนทีนที่ได้จากการแช่กรดทั้งสองกลุ่มจนไม่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของชิ้นตัวอย่างแล้วนั้นอาจคงเหลือส่วนประกอบอินทรีย์สารบางส่วน (ten Cate และคณะ, 1991)

การแทนที่น้ำด้วยโมโนเมอร์ ประกอบด้วยการใช้ไฟร์เมอร์ที่มีอะซีโตนเป็นส่วนประกอบและการใช้เรซินโมโนเมอร์ ระบบที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นระบบการเตรียมผิวฟันขึ้น ซึ่งทำได้อย่างสมบูรณ์แบบกว่าสภาพภายในช่องปาก เนื่องจากชิ้นตัวอย่างอยู่ในน้ำตลอดเวลา จึงจำเป็นต้องใช้เวลานาน เพื่อให้สามารถกำจัดน้ำทั้งหมดและเรซินโมโนเมอร์แทรกซึมเข้าแทนที่ได้ทั่วทั้งชั้น รวมทั้งชั้นดีมีนเนอรัลไรซ์เดนทีนที่ทดลองนั้นมีความหนาถึง 1000 ไมครอน จึงจำเป็นต้องใช้เวลาในการแช่เนื้อฟันยาวนานขึ้นด้วย ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ แช่ในไฟร์เมตา 5 เปอร์เซนต์

ในอะซีโตนนาน 48 ชั่วโมง เทียบได้กับการทาไฟร์เมอร์ที่เข้ากับน้ำได้ในทางคลินิก เพื่อให้อะซีโตนในส่วนของไฟร์เมอร์ช่วยระเหยน้ำออกไปได้หมด และเซในเรซินโมโนเมอร์ คือ ส่วนเหลวของเรซินซีเมนต์ชนิดซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี ซึ่งประกอบด้วย ไฟร์เมตา 5 เปอร์เซ็นต์ในเมธิลเมธาคริเลต 95 เปอร์เซ็นต์ (4-META/MMA) นาน 48 ชั่วโมง เพื่อกำจัดอะซีโตนที่ตกค้างอยู่ โดยอาศัยหลักการแพร่ผ่าน (diffusion) ของของเหลวจากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำ คือ อะซีโตนที่มีมากกว่า ภายในชั้นดีมินเนอรัลไรซ์เดนทีนจะแพร่ผ่านออกนอกชั้นตัวอย่าง ในขณะที่เรซินโมโนเมอร์ภายนอกก็แพร่ผ่านเข้าในชั้นตัวอย่างแทนที่ อย่างไรก็ตามระยะเวลาที่ใช้นี้อาจไม่ใช่เวลาที่เหมาะสมที่สุด แต่ก็สามารถยืนยันได้จากผลการตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดว่า ชั้นไฮบริดส์เดนทีนที่ได้นั้น เรซินสามารถแทรกซึมเข้าไปถึงส่วนกลางของชั้นตัวอย่าง

ภายหลังการแช่ชั้นตัวอย่างในเรซินโมโนเมอร์แล้ว เมื่อต้องการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการก่อตัวโดยไตรเอ็นบิวทิลโบเรน (TBBO) จำเป็นต้องเติมส่วนผงของเรซินซีเมนต์ชนิดซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี หรือโพลีเมธิลเมธาคริเลต (PMMA) ร่วมด้วย เนื่องจากในกรณีที่ไม่ได้เติมโพลีเมธิลเมธาคริเลตนั้นไฮบริดส์เดนทีนจะแข็งตัวได้ไม่ดี ถึงแม้ว่าโพลีเมธิลเมธาคริเลตจะแทรกผ่านเข้าไปในชั้นดีมินเนอรัลไรซ์เดนทีนได้เพียงเล็กน้อยก็ตาม แต่ก็เป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของเรซิน (Sano และคณะ, 1995)

แบบพิมพ์ที่ใช้ทำจากโพลีเตตระฟลูออโรเอทิลีน (polytetrafluoroethylene, PTFE) เนื่องจากเป็นวัสดุที่ไม่ยึดติดกับเรซินซีเมนต์ที่ใช้ และไม่มีผลต่อปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของเรซิน

วิจารณ์ผลการทดลอง

เนื้อพื้นมีส่วนประกอบแตกต่างกัน ไม่เหมือนกันทั้งชั้น (heterogeneous) ความแตกต่างของตำแหน่งและความลึกของเนื้อพื้นทำให้ความแข็งแรงแตกต่างกัน (Craig และคณะ, 1959 ; Kinney และคณะ, 1999) นอกจากนี้แนวของท่อเนื้อพื้นที่ทำกับแรงดึงก็ส่งผลต่อค่าความทนแรงดึงด้วย (Inoue และคณะ, 2000 ; Lertchirakarn และคณะ, 2001) การศึกษาค่าความทนแรงดึงของเนื้อพื้นซึ่งมีวิธีการทดลองแตกต่างกันหลายเรื่อง ได้แก่ การศึกษาของ Inoue และคณะ (2000) ใช้วิธีทดสอบชิ้นงานรูปดัมป์เบลล์ ได้ค่าความทนแรงดึงของเนื้อพื้นวิวเมื่อแนวแรงดึงตั้งฉากกับท่อเนื้อพื้น 72.8 ± 11.1 เมกกะปาสคาล และแนวแรงดึงขนานกับท่อเนื้อพื้น 42.8 ± 4.33 เมกกะปาสคาล การศึกษาของ Bowen และ Rodriguez (1962) ใช้วิธีทดสอบชิ้นงานรูปดัมป์เบลล์ ได้ค่าความทนแรงดึงของเนื้อพื้นวิว 58.61 ± 11.72 เมกกะปาสคาล การศึกษาของ Lertchirakarn และ

คณะ (2001) ใช้วิธีทดสอบชิ้นงานรูปดัมป์เบลล์ ได้ค่าความทนแรงดึงของเนื้อพืชมนุษย์บริเวณรากฟันเมื่อแนวแรงดึงตั้งฉากกับท่อเนื้อฟัน 60.3 ± 9.1 เมกกะปาสคาล และแนวแรงดึงขนานกับท่อเนื้อฟัน 36.7 ± 8.7 เมกกะปาสคาล การศึกษาของ Sano, Cuicchi และคณะ (1994) ได้ค่าความทนแรงดึงของเนื้อพืชมนุษย์ 104 ± 28 เมกกะปาสคาล เนื่องจากการศึกษาของ Sano, Cuicchi และคณะ (1994) ใช้วิธีการทดสอบความทนแรงดึงระดับจุลภาค พื้นที่ตัดขวางมีขนาดเล็กมาก ดังนั้นชิ้นตัวอย่างขนาดเล็กในตำแหน่งที่แข็งแรงกว่า เช่น เนื้อฟันบริเวณใกล้เคลือบฟัน มีค่าความทนแรงดึงสูงกว่าเนื้อฟันบริเวณใกล้โพรงประสาทฟัน จึงไม่สามารถเป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการทดสอบได้ ในขณะที่การทดลองนี้ได้ค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของกลุ่มควบคุม คือเนื้อฟันวัวเท่ากับ 73.62 ± 10.78 ใช้วิธีการทดสอบรูปดัมป์เบลล์ แนวแรงดึงตามแนวแกนฟันซึ่งจากการตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบท่อเนื้อฟันในแนวตั้งฉากและขนานกับแนวแรงดึง โดยชิ้นตัวอย่างคือเนื้อฟันส่วนกลางที่ห่างจากโพรงประสาทฟันประมาณ 0.5 มิลลิเมตร มีพื้นที่ตัดขวางของเนื้อฟันบริเวณแคบสุด 3 ตารางมิลลิเมตร มากกว่าการศึกษาของ Sano, Cuicchi และคณะ (1994) ถึง 12 เท่า หรือประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของความหนาเนื้อฟันในแนวใกล้แกมใกล้ลิ้นของฟัน เพื่อใช้เป็นตัวแทนของกลุ่มเนื้อฟันวัว

เมื่อพิจารณาชนิดของกรดที่ใช้ปรับสภาพเนื้อฟันวัว พบว่า ค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของไฮบริโดซ์เดนทีนที่ผ่านการปรับสภาพเนื้อฟันด้วยกรด 10-3 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และกรด 1-1 เป็นเวลา 60 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเทียบกับการศึกษาความทนแรงดึงยึดในทางคลินิก โดยใช้กรด 10-3 และ กรด 1-1 ปรับสภาพเนื้อฟันในกรณีเตรียมผิวฟันแบบชั้น พบว่า การใช้กรดทั้งสองชนิดปรับสภาพเนื้อฟันเป็นเวลา 10 วินาทีเท่ากัน ร่วมกับการใช้ไฟร์เมตาเอ็มเอ็มเอทีบีพีเรซิน ให้ค่าความทนแรงดึงยึดกับเนื้อฟันแตกต่างกัน คือ การใช้กรด 1-1 โดยเตรียมผิวฟันแบบชั้น ให้ค่าความทนแรงดึงยึดกับเนื้อฟันสูงมาก ประมาณ 40 เมกกะปาสคาล เมื่อเทียบกับการใช้กรด 10-3 ซึ่งให้ค่าความทนแรงดึงยึดเมื่อเตรียมผิวฟันแบบแห้ง 18.1 ± 1.7 เมกกะปาสคาล และเตรียมผิวฟันแบบชั้น 18.9 ± 8.1 เมกกะปาสคาล ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงของการเตรียมผิวฟันแบบชั้นแสดงให้เห็นว่าการควบคุมความชื้นของดีมินเนอรัลไรซ์เดนทีนให้เหมาะสมต่อการแทรกซึมของเรซินในทางคลินิกนั้นยากกว่าการเตรียมผิวฟันแบบแห้ง (Nakabayashi และ Hiranuma, 2000) นอกจากนี้การแตกหักของชิ้นตัวอย่างที่ใช้กรด 1-1 เกิดขึ้นในชั้นเนื้อฟันและเรซินโดยไม่เกิดในชั้นของไฮบริโดซ์เดนทีน ส่วน 10-3 เกิดการแตกหักในชั้นเรซินเท่านั้น ทั้งนี้อาจเป็นผลจากการใช้กรด 1-1 ซึ่งเป็นกรดที่อ่อนกว่า มีผลทำให้เกิดชั้นดีมินเนอรัลไรซ์เดนทีนที่บางกว่า 1 ไมครอน เมื่อเทียบกับ 3 ไมครอนของกรด 10-3 ทำให้การระเหยน้ำและการแทรกซึมของเรซินไปยังจุดต่างๆ ได้ทั่วถึงและสมบูรณ์มากกว่า เมื่อเทียบกับการใช้กรด 10-3 (Piemjai และ Nakabayashi, 2001) ผลของการทดลองนี้พบว่าการใช้กรด

10-3 และ 1-1 ให้ค่าความทนแรงดึงของไฮบริดเดนทินไม่แตกต่างกัน คือประมาณ 40 เมกกะปาสคาล แสดงว่า ความเข้มข้นของกรดทั้งสองชนิดที่แตกต่างกัน ไม่มีผลให้เกิดความแตกต่างของคุณสมบัติของไฮบริดเดนทิน ดังนั้นการใช้กรด 10-3 และคงสภาวะดีมินเนอรัลไรซ์เดนทินที่ขึ้น ถ้าสามารถทำให้เกิดไฮบริดเซชันด้วยเรซินที่สมบูรณ์ ย่อมทำให้ค่าความทนแรงดึงสูงกว่าการเตรียมดีมินเนอรัลไรซ์เดนทินแบบแห้ง ส่วนการใช้กรด 1-1 และคงสภาวะดีมินเนอรัลไรซ์เดนทินที่ขึ้นในการทดลองนี้ ได้ค่าความทนแรงดึงของไฮบริดเดนทิน 38.28 ± 4.53 เมกกะปาสคาล ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ คือการศึกษาของ Piemjai และ Nakabayashi (2001) ได้ค่าความทนแรงดึงยึดของกรด 1-1 คือ 42.9 ± 3.3 เมกกะปาสคาล และการแตกหักของชิ้นตัวอย่างเกิดขึ้นในเนื้อฟันและเรซินโดยไม่เกิดในชั้นไฮบริดเดนทิน แสดงว่าค่าความทนแรงดึงของไฮบริดเดนทินมีค่าสูงกว่า 42.9 ± 3.3 เมกกะปาสคาล ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการแช่ในกรด 1-1 ของการทดลองนี้ยาวนานมาก คือ 60 ชั่วโมง อาจมีผลต่อสภาวะของเส้นใยคอลลาเจนที่ไม่ได้ถูกห่อหุ้มด้วยเรซิน ซึ่งสามารถถูกสลายได้ด้วยน้ำ (Kiyomura, 1987) ส่งผลให้ค่าความทนแรงดึงของไฮบริดเดนทินมีแนวโน้มต่ำลง นอกจากนี้ความหนาที่มากขึ้นของชั้นดีมินเนอรัลไรซ์เดนทิน (1000 ไมครอน) ย่อมทำให้การแทรกซึมของเรซินเข้าไปตามช่องว่างขนาดเล็กได้ทั่วถึงค่อนข้างลำบากกว่าชั้นดีมินเนอรัลไรซ์เดนทินที่บาง (1 ไมครอน) อนึ่งกรด 1-1 เป็นกรดอ่อน การปรับสภาพเนื้อฟันด้วยเวลาเพียง 10 วินาที (Piemjai และ Nakabayashi, 2001) อาจไม่สามารถละลายส่วนของอนินทรีย์สารทั้งหมดได้ ดังนั้นไฮบริดเดนทินที่เกิดขึ้นจึงมีส่วนผสมของอนินทรีย์สารมากกว่า ส่งผลให้ค่าความทนแรงดึงสูงกว่าในการทดลองนี้

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของไฮบริดเดนทินกับการศึกษาอื่นๆ พบว่า จากการทดลองนี้ไฮบริดเดนทินที่มีเรซินซีเมนต์ชนิดซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีเข้าไปทดแทน มีค่าเฉลี่ยความทนแรงดึง ต่ำกว่ากลุ่มเนื้อฟันวัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แตกต่างจากการศึกษาของ Sano และคณะ (1995) ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของไฮบริดเดนทินที่มีเรซินซีเมนต์ชนิดซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี เข้าไปทดแทน 117.6 ± 12.2 เมกกะปาสคาล มากกว่าความทนแรงดึงของกลุ่มเนื้อฟันแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวิธีการทดลองที่แตกต่างกัน ทั้งชนิดของกรดและระยะเวลาที่แช่กรด ชนิดของไพรเมอร์ที่เข้าไปแทนที่น้ำและระยะเวลาที่แช่ไพรเมอร์ รวมทั้งขนาดและวิธีการทดสอบของชิ้นตัวอย่างที่แตกต่างกันดังอธิบายไว้ข้างต้น ทำให้ค่าที่ได้แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาพื้นผิวหน้าตัดบริเวณที่หักของชิ้นตัวอย่าง พบว่า กลุ่มไฮบริดเดนทินทั้งสองกลุ่มมีชั้นของเรซินซีเมนต์ล้อมรอบส่วนที่เป็นไฮบริดเดนทิน แสดงว่า มีการหดตัวของชั้นดีมินเนอรัลไรซ์เดนทินในระหว่างขั้นตอนการทดลอง ทำให้ชั้นไฮบริดเดนทินมีขนาดเล็กลงและมีเรซินซีเมนต์ล้อมรอบ อย่างไรก็ตามเรซินยังสามารถแทรกเข้าไปได้ถึงกึ่งกลางของชิ้นตัวอย่าง

จากผลของการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงว่าการใช้กรด 10-3 และ 1-1 ปรับสภาพเนื้อฟันร่วมกับการใช้โฟร์เมตาเอ็มเอ็มเอทีบีเรซิน สามารถเกิดการแทรกซึมของเรซินเข้าไปในเนื้อฟันได้ทั่วทั้งชั้น ไม่เกิดชั้นของคอลลาเจนที่สูญเสียไฮดรอกซีอะปาไทท์และไม่มีเรซินห่อหุ้ม (Uninfiltrated demineralized dentin) ซึ่งเป็นส่วนที่อ่อนแอ ทำให้ค่าความแข็งแรงและความคงทนของวัสดุลดลง (Walshaw และ McComb, 1995 ; Kato และ Nakabayashi, 1998)

การตรวจพื้นผิวหน้าตัดบริเวณที่หักของชิ้นไฮบริดส์เดนทีน พบว่า มีการแตกหักตามแนวท่อเนื้อฟัน ทำให้เห็นบริเวณรอยต่อระหว่างเรซินภายในท่อกับผนังท่อเนื้อฟัน แสดงว่าการยึดระหว่างเรซินภายในท่อกับผนังท่อเนื้อฟันไม่ดี น่าจะมีจุดบกพร่องหรือช่องว่างเกิดขึ้น สอดคล้องกับลักษณะพื้นผิวขัดเรียบของไฮบริดส์เดนทีน ที่พบว่ามีเรซินเข้าไปอยู่ในท่อในลักษณะที่เกือบกลืนเป็นเนื้อเดียวกับผนังท่อเนื้อฟัน แต่ยังคงเห็นช่องว่างระหว่างเรซินกับผนังท่อเนื้อฟันในบางตำแหน่ง คาดว่าน่าจะเกิดจากการหดตัวของปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของเรซินภายในท่อเนื้อฟัน (Tay และคณะ, 1994 ; Walshaw และ McComb, 1995) หรือ มีน้ำหลงเหลืออยู่ภายในท่อเนื้อฟัน (Walshaw และ McComb, 1995) หรือ มีสารบางอย่างขัดขวางการเชื่อมยึดระหว่างเรซินในท่อเนื้อฟันกับผนังท่อเนื้อฟัน เช่น สารประกอบโปรตีนที่ไม่ใช่คอลลาเจน ได้แก่ ไกลโคสไมโนไกลแคน (glycosaminoglycan) โปรทีโอไกลแคน (proteoglycan) ซึ่งเกิดขึ้นภายหลังการใช้กรดปรับสภาพเนื้อฟัน (Ten Cate และคณะ, 1991 ; Titley และคณะ, 1995 ; Oyarzun และคณะ, 2000) อย่างไรก็ตามเมื่อตรวจดูลักษณะพื้นผิวขัดเรียบบางตำแหน่ง พบว่าเรซินภายในท่อกลืนเป็นเนื้อเดียวกับผนังท่อเนื้อฟัน

ค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดพี60 ในการทดลองนี้มีค่าสูงที่สุด คือ 79.79 ± 10.64 เมกกะปาสคาล ใกล้เคียงกับข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิต (3M) ซึ่งวัดค่าความแข็งแรงไดอะเมตริคเทนไซล์ (diametral tensile strength) ได้ 80 เมกกะปาสคาล มีค่าไม่แตกต่างจากเนื้อฟันวัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 น่าจะเป็นวัสดุที่นำมาใช้ได้ดีในคลินิกเมื่อพิจารณาในแง่ค่าความทนแรงดึงของวัสดุ ส่วนวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิลไม่มีข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิต ค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงที่ได้จากการทดลองนี้มีค่า 47.40 ± 6.94 เมกกะปาสคาล ต่ำกว่าวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดพี60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อพิจารณาส่วนประกอบของวัสดุทั้งสองชนิดพบว่า วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดพี60 มีวัสดุอัดแทรกเป็นเซอร์โคเนียมซิลิกา 83 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักหรือ 61 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และมีเรซินเมทริกซ์ส่วนใหญ่เป็นบิสฟีเอ็มเอ ในขณะที่วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิลมีวัสดุอัดแทรกส่วนใหญ่เป็นอินทรีย์สาร คือ ทีเอ็มพีที่อยู่ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักหรือ 37 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และคอลลอยดอลซิลิกาอยู่ 26 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักหรือ 17 เปอร์เซ็นต์

โดยปริมาตร และมีเรซินเมทริกซ์ส่วนใหญ่เป็นยูดีเอ็มเอ เห็นได้ว่าวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตทั้งสองชนิดมีส่วนประกอบทั้งสัดส่วน ชนิดของวัสดุอัดแทรกและเรซินเมทริกซ์ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ค่าความทนแรงดึงของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตทั้งสองชนิดแตกต่างกัน

การตรวจพื้นผิวหน้าตัดบริเวณที่หักของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดพี60 พบว่า มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันทั้งชิ้น มีรอยการหลุดของวัสดุอัดแทรกออกจากเรซินเมทริกซ์ ในขณะที่วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิล ไม่พบรอยการหลุดของวัสดุอัดแทรก น่าจะเป็นผลมาจากความแตกต่างของส่วนประกอบของวัสดุทั้งสองเช่นเดียวกัน คือ วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิล มีวัสดุอัดแทรกที่เอ็มพีที่เป็นอินทรีย์สาร สามารถเกิดพันธะเคมีที่แข็งแรงกับเรซินเมทริกซ์ ทำให้ป้องกันการหลุดของวัสดุอัดแทรกได้ดี (Suzuki และคณะ, 1996) เมื่อเทียบกับวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดพี60 ซึ่งมีวัสดุอัดแทรกเป็นอนินทรีย์สารยอมหลุดออกจากเรซินเมทริกซ์ได้ง่าย เนื่องจากการยึดระหว่างวัสดุอัดแทรกกับเรซินเมทริกซ์เกิดจากพันธะซีเลนเท่านั้น (Anusavice, 1996) จากผลดังกล่าวคาดว่าวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิลมีคุณสมบัติในแง่การต้านการสึกกร่อนสูงดีกว่าวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดพี60 อย่างไรก็ตามจากข้อดีของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตที่แตกต่างกัน จึงเป็นทางเลือกให้ทันตแพทย์สามารถเลือกใช้วัสดุบูรณะให้เหมาะสมกับความต้องการ

เมื่อพิจารณาลักษณะการแตกหักของชิ้นตัวอย่าง ทุกกลุ่มมีการแตกหักบริเวณส่วนกลาง ซึ่งเป็นบริเวณที่แคบที่สุดของชิ้นตัวอย่าง แสดงว่ามีการกระจายแรงที่เหมาะสมทำให้เกิดการแตกหักบริเวณดังกล่าว และพบว่าชิ้นตัวอย่างไฮบริดซ์เดนทินทั้งสองกลุ่ม เมื่อนำไปทดสอบความทนแรงดึง จะได้กราฟแสดงค่าแรงสูงสุดที่ทำให้กลุ่มไฮบริดซ์เดนทินแตกหักที่มีความชันของกราฟน้อย (รูปที่ 31-32) แสดงว่าเป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีความอดุลสภาพยืดหยุ่นต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ น่าจะเป็นผลจากคุณสมบัติของชนิดเรซินที่ใช้และอินทรีย์สาร คือ ร่างแหคอลลาเจน ทำให้กลุ่มตัวอย่างมีความยืดหยุ่นมาก เนื่องจากเรซินซีเมนต์ชนิดซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี มีโพลีเมธิลเมทาคริเลตเป็นส่วนประกอบซึ่งเป็นพอลิเมอร์แบบเส้นตรง (linear polymer) จึงมีความยืดหยุ่นมากกว่ากลุ่มวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตที่มีบิสจีเอ็มเอหรือยูดีเอ็มเอ เป็นส่วนประกอบ ซึ่งเป็นพอลิเมอร์แบบตาข่าย (cross-linked polymer) รวมทั้งร่างแหคอลลาเจนในชิ้นไฮบริดซ์เดนทินเป็นโพลีเปปไทด์ที่มีความยืดหยุ่น ความแตกต่างของลักษณะโครงสร้างโมเลกุลดังกล่าวทำให้กลุ่มตัวอย่างมีความอดุลสภาพยืดหยุ่น แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงของไฮบริดซ์เดนทิน กับวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิล ในการทดลองนี้ พบว่า ไฮบริดซ์เดนทินทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยความทนแรงดึง ไม่แตกต่างจากวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อพิจารณาส่วนประกอบของทั้งสองกลุ่ม พบว่า ทั้งไฮบริดซ์เดนทินและวัสดุบูรณะเรซิน

คอมโพสิตชนิดเมทาฟิล มีลักษณะของส่วนประกอบใกล้เคียงกัน คือ ส่วนใหญ่เป็นอินทรีย์สาร มีทั้งเรซินเมทริกซ์และอินทรีย์สารช่วยเสริมความแข็งแรง โดยไฮบริดซ์เดนทินมีเส้นใยคอลลาเจน ลักษณะเป็นร่างแหยึดกับเรซินเมทริกซ์ที่เป็นโพลีเมธิลเมธาคริเลต และวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิล มีวัสดุอุดแทรกที่เอ็มพีที่เป็นอินทรีย์สารกระจายอยู่ทั่วไปในเรซินเมทริกซ์ที่เป็นยูดี-เอ็มเอ ถึงแม้ว่าโพลีเมธิลเมธาคริเลตมีค่าความทนแรงดึงต่ำกว่ายูดีเอ็มเอ แต่ลักษณะของคอลลาเจนที่เป็นร่างแห น่าจะเสริมความแข็งแรงได้มากกว่าวัสดุอุดแทรกที่เอ็มพีที่กระจายอยู่ รวมทั้งการเชื่อมยึดระหว่างคอลลาเจนกับโพลีเมธิลเมธาคริเลตที่ดี ซึ่งสังเกตได้โดยไม่เห็นการแยกชั้นระหว่างคอลลาเจนกับเรซิน เมื่อตรวจดูพื้นผิวที่หักของกลุ่มไฮบริดซ์เดนทินด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำลังขยาย 7500 เท่า

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของไฮบริดซ์เดนทินให้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากไฮบริดซ์เดนทินที่สมบูรณ์มีข้อดีหลายประการ ทั้งในแง่การยึดติดกับเนื้อฟันและเคลือบฟัน (Arao และ Nakabayashi, 1997 ; Nakabayashi และคณะ, 1998) การป้องกันการรั่วซึมตามขอบวัสดุ (Nakabayashi, 1992 ; Nakabayashi และคณะ, 1991) ซึ่งส่งผลให้ไม่เกิดปัญหาตามมาของการติดสีตามขอบวัสดุ การผุ อากาศเสียวฟัน และการระคายเคืองต่อโพรงประสาทฟัน และที่สำคัญคือเป็นซีวีวัสดุที่มีองค์ประกอบใกล้เคียงกับฟันมาก ทำให้มีความแข็งแรงและความยึดหยุ่นใกล้เคียงกับฟัน น่าจะนำมาใช้เป็นวัสดุบูรณะฟันได้เป็นอย่างดี รวมทั้งควรมีการศึกษาคุณสมบัติทางกลอื่นๆ ต่อไปในอนาคต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการวิจัย

ค่าความทนแรงดึงของไฮบริดไคต์เดนทินที่ผ่านการปรับสภาพเนื้อฟันด้วยกรด 10-3 เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และ กรด 1-1 เป็นเวลา 60 ชั่วโมง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 คุณสมบัติของไฮบริดไคต์เดนทินที่ได้นั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรด ระยะเวลาในการแช่กรดและปริมาณเรซินที่แทรกซึมเข้าไป ค่าความทนแรงดึงของไฮบริดไคต์เดนทินทั้งสองกลุ่ม มีค่าไม่แตกต่างกับวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิล ที่มีวัสดุอัดแทรกอินทรีย์เป็นส่วนประกอบหลัก และค่าความทนแรงดึงของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดพี60 ที่มีวัสดุอัดแทรกอินทรีย์เป็นส่วนประกอบหลักมีค่าไม่แตกต่างกับเนื้อฟันวัว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าลักษณะโครงสร้างไฮบริดไคต์เดนทินที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีเรซินอยู่เต็มท่อนเนื้อฟันและระหว่างท่อนเนื้อฟัน แสดงว่าเรซินสามารถแทรกเข้าไปได้ทั่วทั้งชิ้นตัวอย่าง ลักษณะเรซินในท่อนมีแนวโน้มที่จะเกิดการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเรซินในท่อนและผนังท่อนเนื้อฟัน และพบว่าวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดพี60 มีรอยการหลุดของวัสดุอัดแทรกอินทรีย์จากเรซินเมทริกซ์ ในขณะที่วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิล ซึ่งมีวัสดุอัดแทรกอินทรีย์เป็นส่วนประกอบหลัก ไม่มีรอยการหลุดดังกล่าว แสดงว่าวัสดุอัดแทรกอินทรีย์สามารถยึดติดกับเรซินเมทริกซ์ได้ดีกว่า วัสดุอัดแทรกอินทรีย์

ค่าความทนแรงดึงของกลุ่มไฮบริดไคต์เดนทินและวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดเมทาฟิล ซึ่งมีส่วนประกอบหลักเป็นอินทรีย์สาร มีค่าต่ำกว่า วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตชนิดพี60 และกลุ่มเนื้อฟันวัว ซึ่งมีส่วนประกอบหลักเป็นอนินทรีย์สาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย