

## บทที่ 5

### อภิปรายผลการวิจัย สรุป และข้อเสนอแนะ

#### ตอนที่ 1 อภิปรายวัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

การศึกษานี้ เป็นการศึกษาถึงความสามารถในการต้านทานต่อการสึก ของซีฟันปลอม อะคริลิก เรซินชนิดต่างๆในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อเดียวกันชุดถูกันใน ลักษณะ pin-on-disc ซึ่งเป็นวิธีที่ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาของเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบการ สึก เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบการสึกส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องมือที่ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้ ในโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้ผลที่ได้จากการทดสอบยากที่จะทำซ้ำ และไม่สามารถจำลองการสึกที่ เกิดขึ้นในช่องปาก วิธี pin-on-disc จะลดข้อจำกัดต่างๆดังกล่าว และยังสามารถจำลองลักษณะทาง สรีรวิทยา (physiologic) บางอย่าง และ ปัจจัยเชิงกลที่เกิดขึ้นในระบบบดเคี้ยวของมนุษย์ได้ (62) การ ทดสอบความสามารถในการต้านทานต่อการสึกของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน ด้วยวิธีนี้ทำโดยให้ยอด ฟันของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินมีลักษณะเป็น pin เคลื่อนที่บนชิ้นฟันปลอมอะคริลิก เรซินคู่สับยี่ห้อ เดียวกันที่มีลักษณะเป็น disc วัดผลการสึกที่เกิดขึ้นโดยการชั่งน้ำหนักของชิ้นตัวอย่างซีฟันปลอม อะคริลิก เรซินทั้งสอง แล้วนำมาคำนวณหาเป็นปริมาตรของซีฟันปลอมที่หายไป

ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินที่ถูกเลือกมาใช้ในการศึกษานี้เป็นซีฟันปลอมที่เป็นตัวแทนของซีฟัน ปลอมอะคริลิก เรซิน 4 ชนิดด้วยกันได้แก่ ซีฟันปลอม แบบเมทิลเมทาคริเลตชนิดเส้น (Linear polymethyl methacrylate, Major dent, Major Prodotti Dentari, Italy) ซีฟันปลอมแบบโพลีเมทิลเม ทาคริเลตชนิดที่มีสารเชื่อมขวางปริมาณสูงและวัสดุอัดแทรกซิลิกา (highly cross-linked polymethyl methacrylate with colloidal silica, SR-Orthosit-PE, Ivoclar Vivadent AG., Schaan, Liechtenstein) ซีฟันปลอมแบบไมใส่วัสดุอัดแทรก สารเชื่อมไข้วปริมาณสูง และโครงสร้างตาข่าย (unfilled, highly crosslinked, Interpenetrating network, Trubyte Bioform IPN, Dentsply, York, PA) และ ซีฟันปลอมแบบโครงสร้างตาข่าย (Interpenetrating network, Excellence IPN, Dentsply, New York, USA.)

ฟันกรามบนซี่ที่ 2 ของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน ทุกยี่ห้อที่ใช้ในการเตรียมชิ้นตัวอย่างซีฟัน ปลอมอะคริลิก เรซิน จะถูกฝังลงในบล็อกอะคริลิก เรซินแบบบ่มเอง โดยมีเบ้าหล่อโลหะไร้สนิมที่ถูก

ออกแบบมาพิเศษ เพื่อหล่อบล็อกอะคริลิก เรซิน ให้มีขนาดพอดีกับที่จับขึ้นตัวอย่างบนแขนงัดของ เครื่องทดสอบความต้านทานต่อการสึก ดังนั้นเมื่อนำขึ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินเข้าไปยึดบน แขนงัดแล้ว บล็อกขึ้นตัวอย่างจะถูกยึดแน่นไม่ขยับในขณะที่ทำการทดสอบการสึก นอกจากนี้ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน ที่ถูกฝังในบล็อกจะเย็นลงมาชนกับขึ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินคู่สบในระดับเดียวกันทุกชั้นตัวอย่าง

ขึ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินคู่สบ ถูกทำขึ้นมาโดยการฝังพินกรามบนซี่ที่ 1 ของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินแต่ละซี่ห่อ ลงในบล็อกอะคริลิก เรซินแบบบ่มเอง ซึ่งหล่อบล็อกขึ้นมาด้วยแบบหล่อโลหะไร้สนิม อันเดียวกับที่ใช้หล่อบล็อกขึ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน ดังนั้นจึงได้บล็อกขึ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินคู่สบ ที่มีขนาดเท่ากันทุกชั้น การตัดบล็อกขึ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินคู่สบ ให้เป็นชั้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินคู่สบ ทำโดยใช้เครื่องตัดความเร็วต่ำ ซึ่งกำหนดให้ความเร็ว และนำน้ำหนักกดที่ใช้ในการตัดขึ้นตัวอย่างเท่ากันทุกครั้งที่ตัดขึ้นตัวอย่าง อีกทั้งใบมีดที่ใช้ในการตัดยังเป็นใบมีดเดียวกันในการตัดขึ้นตัวอย่างทุกชั้น ดังนั้นผิวหน้าของขึ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินคู่สบ ทุกชั้นจึงมีความเรียบใกล้เคียงกัน ขึ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินคู่สบ ที่เตรียมเสร็จแล้วจะมีขนาดพอดีกับที่จับขึ้นตัวอย่างที่ส่วนฐานของเครื่องทดสอบการสึก ทำให้ไม่เกิดการเคลื่อนขยับขณะทำการทดสอบ

การทดสอบความต้านทานต่อการสึกของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน ยี่ห้อต่างๆทำโดยเครื่องจำลองการสึก ซึ่งเป็นเครื่องที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการจำลองการสึกที่เกิดขึ้นจริงในช่องปาก เครื่องมีการขับเคลื่อนจากแกนกลางด้วยตัวขับเคลื่อนศูนย์กลางและตัวตามลูกเบี้ยว ทำให้ขึ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินที่ยึดอยู่กับแขนงัด สามารถเคลื่อนที่ไปบนขึ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินคู่สบเป็นระยะทาง 8 มิลลิเมตรได้อย่างแม่นยำ และสามารถทำการทดสอบการสึกพร้อมกันได้ครั้งละ 8 ชั้นตัวอย่าง แรงที่ใช้ในการทดสอบเป็นแรงคงที่ที่เกิดจากน้ำหนักถ่วงขนาด 2 กิโลกรัม แรงกดจากน้ำหนักถ่วงขนาดนี้เทียบได้กับแรงที่เกิดจากแรงกดเดียวของฟันปลอมทั้งปาก (63) โดยก่อนและหลังการทดสอบการสึกทุกครั้ง ได้ทำการวัดน้ำหนักที่ตกลงบนขึ้นตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักชนิดแขวน เพื่อให้แน่ใจว่าได้น้ำหนักกดที่ถูกต้อง

ขณะทำการทดสอบการสึก ทั้งขึ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน และขึ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินคู่สบ จะถูกแช่อยู่ในน้ำที่มีการหมุนเวียนด้วยปั๊มน้ำตลอดเวลาเพื่อไม่ให้เกิดความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีระหว่างขึ้นตัวอย่างซีฟันปลอมทั้งสองและ ช่วยชะล้างอนุภาคของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน ตัวอย่าง ที่หลุดออกมาระหว่างการทดสอบการสึก เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการสึกแบบสามองค์ประกอบ การศึกษาเป็นการศึกษาถึง การสึกที่เกิดขึ้นในลักษณะ การสึกแบบสององค์ประกอบ ซึ่งเป็นการสึกที่เกิดจากพื้นผิวสองพื้นผิวขัดถูผ่านกันโดยตรงโดยไม่มีตัวกลางมาคั่น

ระหว่างสองพื้นผิว เมื่อพิจารณาในทางคลินิกแล้วจะพบว่าเกิดการสึกในลักษณะสององค์ประกอบได้ ในระหว่าง การกรด การบดเคี้ยวขณะที่ไม่มีอาหารอยู่ในปาก ระหว่างการเกิดการทำงานนอกหน้าที่ของฟัน (parafunctions) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยที่ใส่ฟันปลอมทั้งปาก ที่มีการสบฟันแบบสบสมดุลทั้งสองข้าง (bilateral balanced occlusion) ซึ่งการที่ฟันมีการกัดสบกันโดยตรงขณะบดเคี้ยวจะทำให้เกิดการสึกของซี่ฟันปลอม (64)

การประเมินการสึกที่เกิดขึ้นจากการทดสอบการสึกในการทดลองนี้ ทำโดยการวัดซึ่งน้ำหนักก่อนและหลังการทดสอบการสึก แล้วนำผลต่างของน้ำหนักที่วัดได้มาคำนวณหาเป็นปริมาตรที่สูญหายไปหลังการทดสอบการสึกซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีวัดผลการสึกที่ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลาย (65-67)

การวัดน้ำหนักของชิ้นตัวอย่างซี่ฟันปลอมอะคริลิก เรซิน และชิ้นตัวอย่างซี่ฟันปลอมอะคริลิก เรซินคู่สบ ในการศึกษานี้วัดด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้าที่มีความละเอียดเป็นหน่วยทศนิยม 4 ตำแหน่ง (0.0001 กรัม) ก่อนการวัดน้ำหนัก ทั้งก่อนและหลังการทดสอบการสึก ทั้งชิ้นตัวอย่างซี่ฟันปลอมอะคริลิก เรซินและ ชิ้นตัวอย่างซี่ฟันปลอมอะคริลิก เรซินคู่สบ จะถูกเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้นเป็นเวลา 15 วัน เพื่อกำจัดน้ำและความชื้นที่อาจค้างอยู่ในชิ้นตัวอย่างทดสอบ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนต่อการวัดน้ำหนักของชิ้นตัวอย่างทดสอบได้

การวัดความแข็งผิวของซี่ฟันปลอมอะคริลิก เรซินแต่ละยี่ห้อ จะวัดบนผิวพื้นที่เรียบของชิ้นตัวอย่างซี่ฟันปลอมอะคริลิก เรซินคู่สบ ที่ผ่านการชั่งน้ำหนักหลังการทดสอบการสึกแล้ว เพื่อให้ค่าความแข็งผิวที่ได้เป็น ค่าความแข็งผิวจริงของซี่ฟันปลอมอะคริลิก เรซินที่ใช้ในการทดสอบการสึกในการศึกษานี้ อีกทั้งยังเป็นการลดจำนวนชิ้นตัวอย่างด้วย

แนวทางในการเตรียมชิ้นตัวอย่างเพื่อทดสอบความแข็งผิวได้ดัดแปลงมาจาก ISO TR 14577 Metallic material-Hardness test- Universal test ปี 1995 และคู่มือการใช้งานเครื่องวัดความแข็งผิวแบบจุลภาค (Microhardness Tester, รุ่น FM-700e, TYPE D, Future-tech CORP., Tokyo, Japan, Vicker indenter No. 33906 HV) เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานเครื่อง และเป็นไปตามแนวทางของ ISO โดยความหนาของชิ้นตัวอย่างต้องมากกว่า 10 เท่าของความลึกของรอยกด และไม่ทำให้เกิดรอยนูนหรือการเปลี่ยนแปลงรูปร่างบนพื้นผิวด้านหลังของชิ้นตัวอย่างเมื่อมองด้วยตาเปล่า ซึ่งในกรณีการทดสอบแบบวิกเกอร์ ความลึกของรอยกดจะมีค่า 1/7 ของเส้นทแยงมุม ดังนั้นชิ้นงานที่ใช้ในการวัดความแข็งผิวต้องมีความหนา อย่างน้อยที่สุด ประมาณ 1.5 เท่าของความยาวเส้นทแยงมุม และพื้นผิวด้านทดสอบต้องเรียบขนานกับด้านรองรับ และทำมุมถูกต้องกับหัวกด พื้นผิวที่ใช้วัดความแข็งผิวต้องสะอาด ปราศจากฝุ่น น้ำมัน หรือสารอื่นๆ นอกจากนี้ขบวนการเตรียมชิ้นตัวอย่างจะต้องไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความแข็งผิว เช่น การทำให้เกิดความร้อน หรือความเย็น ซึ่งจะทำให้ค่าความแข็งผิว

เกิดความคลาดเคลื่อนไป ดังนั้นก่อนการวัดความแข็งผิวบนชิ้นตัวอย่าง จึงต้องทำความสะอาดพื้นผิวชิ้นตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นในเครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นเหนือเสียงเป็นเวลา 15 นาที

วิธีการวัดความแข็งผิวในการวิจัยนี้ดัดแปลงมาจากวิธีของ ISO TR 14577 ปี 1995 และคู่มือการใช้งานเครื่องวัดความแข็งผิวแบบจุลภาค (Microhardness Tester, รุ่น FM-700e, TYPE D, Future-tech CORP., Tokyo, Japan, Vicker indenter No. 33906 HV) เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานเครื่อง และเป็นไปตามแนวทางของ ISO ซึ่งมีข้อกำหนดเกี่ยวกับวิธีการวัดความแข็งผิว คือ การวัดควรทำในห้องที่มีอุณหภูมิประมาณ  $23 \pm 5$  องศาเซลเซียส แรงที่ใช้ในการกดควรอยู่ในช่วง 0.01-1,000 นิวตัน ชิ้นตัวอย่างจะต้องยึดอยู่บนแท่นรองรับอย่างมั่นคง ระวังห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของรอยกด กับขอบชิ้นตัวอย่าง ควรมีระยะอย่างน้อยเท่ากับ 20 เท่าของความลึกของรอยกด ตามคู่มือการใช้เครื่องวัดความแข็งผิวแบบจุลภาค และไม่ควรเกิดการสั่นสะเทือนขณะทำการกด มิฉะนั้นจะทำให้ค่าความแข็งผิวที่วัดได้คลาดเคลื่อนไป สำหรับแรงกด และเวลาในการทดสอบนี้จะใช้ตามมาตรฐานของเครื่อง เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานของเครื่อง และได้รอยกดที่ชัดเจน



## ตอนที่ 2 อภิปรายผลการทดลอง

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบความต้านทานต่อการสึกของ ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน 4 ยี่ห้อด้วยเครื่องทดสอบการสึก แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยนำค่าเฉลี่ย ปริมาตรของ ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน แต่ละกลุ่มมาหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ทดสอบ การกระจายตัวของข้อมูล ซึ่งพบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นปกติ จึงใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบทางเดียว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แล้วทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อน เพื่อหาความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยของปริมาตรของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน โดยการจับคู่ทีละกลุ่ม จากนั้นจึงทำการศึกษา เปรียบเทียบความแข็งผิวเฉลี่ยของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อต่างๆ แล้วนำผลการทดลองที่ได้มา วิเคราะห์ทางสถิติเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ทางสถิติของผลการทดสอบความต้านทานต่อการสึกของซี ฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อต่างๆ

ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน แบบดั้งเดิม (conventional acrylic resin teeth) มีส่วนประกอบ หลักเป็นโพลีเมอร์ชนิด โพลีเมทิลเมทาคริเลตชนิดเส้น ซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีที่ตีหลายอย่าง เช่น ความไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ไม่ละลายโดยของเหลวที่อยู่ในช่องปาก ต้านทานต่อแรงกระแทก (impact resistance) ได้ดี (21) นอกจากนี้ โมโนเมอร์ ของโพลีเมทิลเมทาคริเลต ยังสามารถทำปฏิกิริยาเคมี กับ เมทาคริเลตอื่น ภายใต้ความร้อน และความดัน เพื่อสร้างพันธะเคมีใหม่ได้ (3) แต่โพลีเมทิล เมทาคริเลตชนิดเส้นก็มีข้อด้อยในเรื่องคุณสมบัติเชิงกล เนื่องมาจากการที่ โพลีเมอร์ ชนิดนี้มีสูตร โครงสร้างของโมเลกุลเป็นเส้นตรง ถึงแม้ว่าพันธะระหว่างแต่ละอะตอมในสายโซ่ หรือที่เรียกว่าพันธะ ปฐมภูมิระหว่างอะตอม (primary atomic bond) จะเป็นพันธะ โควาเลนต์ (covalent) ซึ่งเกิดจากการ ใช้อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมสองตัว ในที่นี้เป็นพันธะระหว่างคาร์บอนกับคาร์บอนซึ่งมีความ แข็งแรงและเสถียรภาพสูง แต่พันธะระหว่างสายโซ่โพลีเมอร์หรือ พันธะทุติยภูมิ (secondary bond) ที่ เกิดขึ้นเป็นพันธะที่อ่อนแอ ได้แก่ แรงแวนเดอร์วาล์ว (van der Waal) มีเสถียรภาพไม่ค่อยดีถูกทำลาย ได้ง่าย โมเลกุลของโพลีเมอร์อยู่กันอย่างกระจัดกระจาย(amorphous) ไม่มีการจัดเรียงตัวอย่างเป็น ระเบียบ ไม่มีทิศทางที่แน่นอน (67) ทำให้ไม่เกิดการรวมตัวเป็นโครงสร้างขนาดใหญ่ (20) เป็นสาเหตุ ให้ความสามารถในการต้านทานต่อการสึกต่ำ เพราะเมื่อมีแรงเสียดทานที่ทำให้เกิดการสึกมากกระทำ จะเกิดการทำลายพันธะระหว่างโมเลกุลได้ง่าย (3) เมื่อใช้งานซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน ดังกล่าวไปได้ ระยะเวลาหนึ่ง จะเกิดการสึกของซีฟันปลอมขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินนั้นๆ ด้อยลง (10) ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Major Dent เป็นซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินชนิด ดั้งเดิม ที่มีสูตรโครงสร้างเป็นเส้นตรง

ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน ยี่ห้อ SR-Orthosit-PE เป็นซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินที่มีการอัดเป็นชั้นๆ หลายชั้น (multilithic layer) โดยส่วนฐานของซีฟันปลอมยี่ห้อนี้มีส่วนประกอบหลักเป็น โพลีเมทิลเมทาคริลเลตชนิดเส้น เพื่อช่วยในการยึดติดกับฐานฟันปลอม ชั้นที่สองเป็นส่วนแกนฟันที่มีความหนาแน่น (dense central core) และชั้นนอกสุดเป็นชั้นต้านทานต่อการสึก (outer abrasion-resistance layer) (22) ซึ่งประกอบด้วย วัสดุอัดแทรกชนิด คลอลอยด์ซิลิกา (colloidal silica) และมีส่วนประกอบของสารเชื่อมไขว้ในปริมาณสูง (21)

สารเชื่อมไขว้ที่เป็นองค์ประกอบในซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน จะทำให้เกิดการสร้างพันธะเคมีระหว่างสายโซ่โมเลกุลของโพลีเมอร์ เกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย (network structure) ซึ่งเมื่อพิจารณาในระดับจุลภาคจะพบว่ามียึดติดตาข่ายโยงแมงมุม การเติมสารเชื่อมไขว้ในปริมาณสูงจะทำให้โมเลกุลโพลีเมอร์ชนิดเส้น เกิดการสร้างพันธะเคมีระหว่างโมเลกุล เป็นลักษณะ โครงสร้างสามมิติของโมเลกุลโพลีเมอร์ขนาดใหญ่ (giant molecule) ซึ่งโครงสร้างตาข่ายดังกล่าวนี้จะทำให้โพลีเมอร์มีคุณสมบัติหลายอย่างดีขึ้น เช่น ทำให้โพลีเมอร์มีเสถียรภาพที่ดี มีความต้านทานต่อสารละลายชนิดต่างๆ (67) โพลีเมอร์ที่มีสารเชื่อมไขว้ปริมาณสูงจะมีความแข็งแรง และ มีความต้านทานต่อการสึกมากขึ้น (22)

วัสดุอัดแทรกชนิด คลอลอยด์ซิลิกา ที่เป็นส่วนประกอบในซีฟันปลอมยี่ห้อ SR-Orthosit-PE เป็นวัสดุอัดแทรก อนินทรีย์ (inorganic filler) ซึ่งช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกล และความต้านทานต่อการสึกให้กับซีฟันปลอมยี่ห้อ (64) วัสดุอัดแทรกชนิดนี้มีคุณสมบัติที่ดีกว่าวัสดุอัดแทรกที่เป็นผงแก้ว (powder glass filler) ที่ผสมอยู่ในคอมโพสิต เรซิน แบบดั้งเดิมที่ใช้ในการบูรณะฟัน ในด้านการยึดติดระหว่างตัววัสดุอัดแทรกเองกับ เมทริกซ์ เรซิน (22) ซึ่งมีหลายการศึกษาพบว่า วัสดุอัดแทรกประเภทนี้ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการสึกให้กับซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินได้ (9, 12, 67, 68)

ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Excellence IPN และซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน ยี่ห้อ Trubyte Bioform IPN เป็นซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน แบบปรับปรุงคุณสมบัติด้วยการใส่ โพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่าย และสารเชื่อมไขว้ปริมาณสูง เป็นส่วนประกอบของซีฟันปลอม

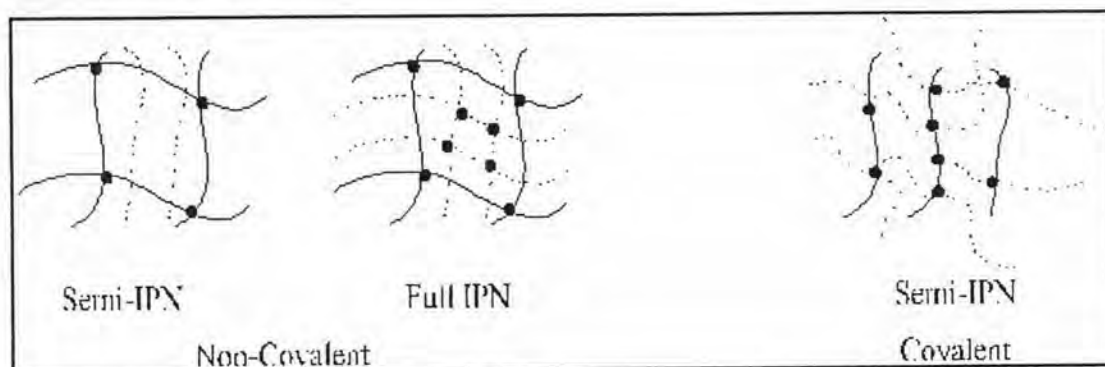
โครงสร้างตาข่าย ดังกล่าวเกิดจากการนำ โพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบเชื่อมไขว้ 2 ชนิด มาทำปฏิกิริยาเกิดการซ้อนทับกัน สร้างเป็นโครงสร้าง 3 มิติ โดยเกิดเป็นลักษณะที่ไขว้ขวางซ้อนทับกันอยู่ และไม่สามารถแยกโพลีเมอร์ทั้งสองออกจากกันได้ ถ้าไม่ทำลายพันธะเคมีของโครงสร้าง โพลีเมอร์นั้น (8) ตามที่บริษัทผู้ผลิตซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน กล่าวไว้ว่า ลักษณะโครงสร้างตาข่ายนี้ไม่ได้เกิดแค่เพียงการเชื่อมไขว้กันของโพลีเมอร์แต่จะเกิดการประสานผูกกันไว้หลายๆชั้น (multiple interlock) (69)

Frisch และคณะ (70) พบว่าโพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่าย จะมีความผสมผสานเข้ากันได้ (blend compatibility), เกิดการเกี่ยวพันระหว่างสายโซ่โมเลกุลอย่างถาวร (permanent

entanglement) และ ส่งเสริมการทำงานให้กัน (synergistic properties) จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้ โพลีเมอร์ กลุ่มนี้มีความเหนียว (tough) และมีความต้านทานต่อแรงกระแทก (impact resistance) สูง ดังนั้นจึงมี ความต้านทานต่อการดึง (tensile strength) สูงกว่าโพลีเมอร์แบบดั้งเดิมที่มีสูตรโครงสร้าง แบบเส้นตรง

โพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่ายแตกต่างจาก โคโพลีเมอร์แบบผสม โคโพลีเมอร์แบบกลุ่ม (block copolymer) และโคโพลีเมอร์แบบกราฟ (graft copolymer) ตรงที่โพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่าย สามารถบวม (swelling) ได้แต่ไม่ละลายในสารละลาย และ โพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่ายจะไม่เกิดการไหล (flow) และการเลื้อย (creep)

โพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่ายแบ่งออกได้เป็น 2 แบบใหญ่ซึ่งแต่ละแบบแตกต่างกันที่ จำนวน และชนิดของการเชื่อมโยงที่มีในโครงสร้าง โดยแบบแรก คือโพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่ายแบบไม่มี พันธะโควาเลนต์ (Non-Covalent IPN) อีกแบบได้แก่ โพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่ายแบบที่มีพันธะ โควาเลนต์ (Covalent IPN) โพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่ายแบบไม่มีพันธะโควาเลนต์ แบ่งได้เป็นอีก 2 แบบย่อยได้แก่ โพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่ายบางส่วนแบบไม่มีพันธะโควาเลนต์ (Non-Covalent Semi-IPN) โพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่ายแบบนี้จะมีโพลีเมอร์เพียงชนิดเดียวที่เป็นโพลีเมอร์แบบเชื่อมโยง อีกแบบได้แก่ โพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่ายทั้งหมดแบบไม่มีพันธะโควาเลนต์ (Non-Covalent Full-IPN) คือ โพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบเชื่อมโยง 2 ชนิดมาซ้อนทับเป็นโครงสร้างตาข่าย โดยโพลีเมอร์แบบเชื่อมโยงทั้งสองไม่มีการสร้างพันธะระหว่างกัน โพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่ายแบบมีพันธะโควาเลนต์ มีแบบเดียว คือแบบที่มีโครงสร้างตาข่ายบางส่วน (Covalent Semi-IPN) โดยโพลีเมอร์ชนิดนี้จะประกอบด้วยโพลีเมอร์ 2 ชนิดมาเชื่อมโซ่กันเกิดเป็นโครงสร้างตาข่ายโพลีเมอร์โมเลกุลเดียว การที่ นำโพลีเมอร์ 2 ชนิดมาผสมกันเพื่อให้เกิดการสร้างโครงสร้างตาข่าย ทำขึ้นเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของ โพลีเมอร์ให้ดีขึ้น (71)

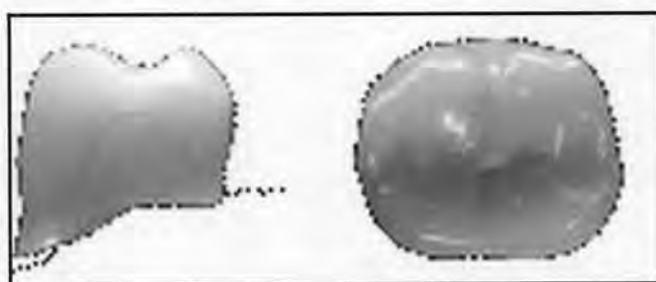


รูปที่ 39 แสดงลักษณะโพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่ายแบบต่างๆ

ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน ที่มีส่วนประกอบเป็นโพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่าย จะมีคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ความต้านทานต่อการสึก ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน แบบดั้งเดิมที่มีส่วนประกอบเป็นโพลีเมอร์แบบเส้นตรง (4 ,69)

ทั้งซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Excellence IPN และซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Trubyte Bioform IPN ต่างก็เป็นซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินที่ไม่มีส่วนประกอบของวัสดุอัดแทรกอินทรีย์ มีส่วนประกอบเป็นสารเชื่อมไขว้ปริมาณสูง และโครงสร้างตาข่ายเหมือนกัน ขบวนการในการผลิตโพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่ายที่เป็นส่วนประกอบของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินนี้ถูกควบคุมส่วนผสมโดยคอมพิวเตอร์ ทำให้ได้โพลีเมอร์ที่มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลซับซ้อนกัน เป็นร่างแหยึดเกี่ยวพันกันจนแยกไม่ออก ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท เดนต์สพลาย (Dentsply company) แต่มีความแตกต่างกันที่ อัตราส่วนของแต่ละส่วนประกอบซึ่งเป็นความลับของทางบริษัท

ซีฟันปลอมยี่ห้อ Excellence IPN มีโรงงานที่ผลิตอยู่ในประเทศ บราซิล (Brazil) ซีฟันปลอมยี่ห้อนี้ถูกทำขึ้นมาเพื่อมุ่งขายในประเทศต่างๆ ในทวีปเอเชีย การหล่อซีฟันปลอมใช้วิธีการเฉพาะ ที่เรียกว่าเทคนิคชั้นพีรามิด (Pyramid layering technic) โดยส่วนของเนื้อฟัน (dentine) จะมีสีค่อนข้างทึบขุ่น และไล่ขึ้นในส่วนเคลือบฟัน (enamel layer) เหมือนพีรามิดที่มีฐานเข้มและทึบจนถึงแก่นกลาง เมื่อพิจารณาด้านบดเคี้ยวของซีฟันจะพบว่าตำแหน่งร่องฟัน (sulcus) จะมีสีเข้มกว่าส่วนอื่น ทำให้เกิดความสวยงามเหมือนฟันธรรมชาติ ดังนั้นหลังการกรอแต่งการสบฟันแล้วสีที่เข้มที่บริเวณร่องฟันก็จะไม่หายไป ซึ่งต่างจากซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้ออื่นที่ใช้วิธีการทาสี (staining) ที่ร่องฟัน ซีฟันปลอมยี่ห้อนี้ในฟันหลังจะประกอบไปด้วย 3 ชั้น ซึ่งแต่ละชั้นจะมีส่วนประกอบเหมือนกันต่างที่สีที่มีความเข้มแตกต่างกัน ดังนั้นแต่ละชั้นของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อนี้จึงมีความแข็งไม่แตกต่างกัน มีความเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous, dense material) แข็งแรง ยกเว้นที่ส่วนฐานของซีฟันปลอมซึ่งจะมีโพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่ายน้อยกว่าส่วนอื่นๆ เล็กน้อยเพื่อให้เกิดการยึดติดที่ดีกับฐานฟันปลอม (72)



รูปที่ 40 แสดงซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Excellence IPN



ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Trubyte Bioform IPN มีโรงงานผลิตอยู่ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา และมุ่งขายให้กับประเทศต่างๆ ในทวีปยุโรปและอเมริกา โดยบริษัทผู้ผลิตอ้างว่าการสึกของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อนี้ จะมีรูปแบบการสึกคล้ายกับการสึกที่เกิดขึ้นกับผิวเคลือบฟันธรรมชาติ คือเกิดขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป ซึ่งความต้านทานต่อการสึกเพิ่มขึ้นจากการที่ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อนี้มีโครงสร้างตาข่าย การหล่อซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อนี้ใช้วิธีฉีดเข้าแบบหล่อ ซึ่งหล่อให้ซีฟันปลอมเป็นเนื้อเดียวกัน (73)

สรุปได้ว่าซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Excellence IPN และซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Trubyte Bioform IPN มีส่วนประกอบหลักต่างๆ เช่น โพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่าย การไม่มีวัสดุอุดแทรก อนินทรีย์เป็นส่วนประกอบ คล้ายคลึงกัน แตกต่างกันที่อัตราส่วนของแต่ละส่วนประกอบของซีฟันปลอม และวิธีการหล่อซีฟันปลอม ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่าซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Excellence IPN และซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Trubyte Bioform IPN มีความต้านทานต่อการสึกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากโครงสร้างของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อต่างๆดังที่กล่าวมาแล้ว น่าจะเป็นสาเหตุให้ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Major Dent ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นโพลีเมทิลเมทาคริลเลต ชนิดเส้น ซึ่งเป็นโพลีเมอร์แบบดั้งเดิม มีความสามารถในการต้านทานต่อการสึก น้อยกว่าซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Excellence IPN, Trubyte Bioform IPN และ SR-Orthosit-PE ที่เป็นซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินชนิดปรับปรุง ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากการศึกษานี้ และมีความสอดคล้องกับอีกหลายการศึกษา เช่น การศึกษาของ Ogle (4) ซึ่งทำการศึกษาเปรียบเทียบความต้านทานต่อการสึกของ ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินชนิดโครงสร้างตาข่ายเทียบกับซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินชนิดไม่ได้ปรับปรุง พบว่าซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินชนิดโครงสร้างตาข่ายมีความต้านทานต่อการสึกมากกว่าซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินชนิดไม่ได้ปรับปรุง การศึกษาของ Coffey และคณะ (74) การศึกษาของ Whitman และคณะ (69) และการศึกษาของ Hirano และคณะ (9) พบว่า ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินที่มีส่วนประกอบเป็น โพลีเมอร์ที่มีสารเชื่อมไขว้ปริมาณสูง โพลีเมอร์ที่มีโครงสร้างตาข่าย หรือ โพลีเมอร์ที่มีส่วนประกอบของวัสดุอุดแทรกอนินทรีย์ จะมีความต้านทานต่อการสึกสูงกว่าซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินที่มีส่วนประกอบเป็น โพลีเมทิลเมทาคริลเลตแบบดั้งเดิม

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบ ความต้านทานต่อการสึก ของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินชนิดปรับปรุงด้วยกันเองพบว่าซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ SR-Orthosit-PE สูญเสียปริมาตรฟันหลังการทดสอบการสึกไปมากที่สุด รองลงมาคือซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Trubyte Bioform IPN และซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Excellence IPN ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำผลการศึกษาที่ได้ไปเปรียบเทียบเชิงซ้อนทางสถิติพบว่าซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ SR-Orthosit-PE มีความต้านทานต่อการสึก

แตกต่างจากซีฟันทอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Excellence IPN อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างจากซีฟันทอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Trubyte Bioform IPN ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องมาจากการศึกษาถึงความต้านทานต่อการสึกของซีฟันทอม อะคริลิก เรซินในการศึกษานี้ ทำการเตรียมชิ้นตัวอย่างทดสอบในลักษณะ pin-on-disc ในซีฟันทอมอะคริลิก เรซิน ทุกยี่ห้อ ซีฟันทอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ SR-Orthosit-PE เป็นซีฟันทอมอะคริลิก เรซินที่เกิดจากการอัดซีฟันทอมเป็นชั้นๆ ไม่ได้เป็นเนื้อโพลีเมอร์ชนิดเดียวกันทั้งซีฟันทอม เมื่อนำมาเตรียมชิ้นตัวอย่างซีฟันทอม และชิ้นตัวอย่างซีฟันทอมคู่สับเพื่อนำมาใช้ในการทดสอบการสึก จึงเป็นการนำชั้นนอกสุดของซีฟันทอมอะคริลิก เรซิน ซึ่งเป็นชั้นที่มีความต้านทานต่อการสึกสูงสุดใน 3 ชั้นที่เป็นส่วนประกอบของซีฟันทอมมาขัดกับชั้นกลางที่เป็นส่วนแกนกลางที่ไม่ได้มีส่วนประกอบในการต้านทานต่อการสึกเหมือนกับชั้นนอกสุด อีกทั้งปริมาณของวัสดุอัดแทรกคอลลอยด์ ซิลิกา ที่แตกต่างกันในชั้นทั้งสอง น่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลทำให้เกิดการสึกของซีฟันทอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อนี้มากกว่าซีฟันทอมอะคริลิก เรซินชนิดปรับปรุงอีก 2 ยี่ห้อที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ อีกทั้งรอยสึกที่เกิดขึ้นบนทั้งชิ้นตัวอย่างซีฟันทอม และชิ้นตัวอย่างซีฟันทอมคู่สับ ยังมีลักษณะของร่อง (track) สึก ที่เกิดจากการขัดถูกันของชิ้นตัวอย่างซีฟันทอม และชิ้นตัวอย่างซีฟันทอมคู่สับ ซึ่งเกิดจากวัสดุอัดแทรกที่เป็นส่วนประกอบของซีฟันทอมอะคริลิก เรซิน ยี่ห้อนี้ ซึ่งไม่พบลักษณะร่องดังกล่าวนี้บนชิ้นตัวอย่างซีฟันทอม และชิ้นตัวอย่างซีฟันทอมคู่สับยี่ห้ออื่นๆ ดังรูปที่ 41-44

รูปที่ 41 ก. และ ข. แสดงการสึกของชิ้นตัวอย่างซีฟันทอมอะคริลิก เรซิน และชิ้นตัวอย่างซีฟันทอมอะคริลิก เรซินคู่สับ ยี่ห้อ Major Dent



รูปที่ 41 ก.

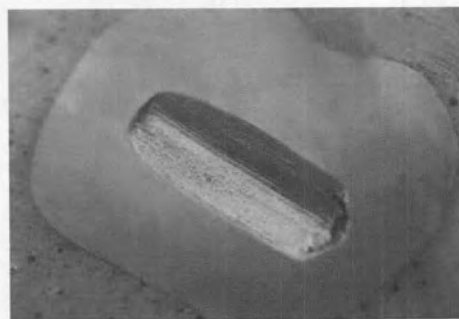


รูปที่ 41 ข.

รูปที่ 42 ก และ ข. แสดงการสึกของชิ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน และชิ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินคู่สบ ยี่ห้อ Excellence IPN



รูปที่ 42 ก



รูปที่ 42 ข.

รูปที่ 43 ก. และ ข. แสดงการสึกของชิ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน และชิ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินคู่สบ ยี่ห้อ Trubyte Bioform IPN



รูปที่ 43 ก.

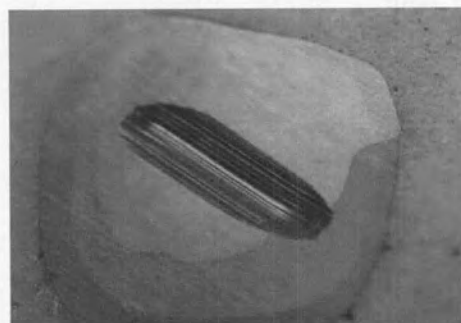


รูปที่ 43 ข.

รูปที่ 44 แสดงการสึกของชิ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน และชิ้นตัวอย่างซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินคู่สบ ยี่ห้อ SR-Orthosit-PE



รูปที่ 44 ก.



รูปที่ 44 ข.

ซึ่งผลจากการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Abe และคณะ (66) ซึ่งทำการศึกษาเกี่ยวกับความต้านทานต่อการสึกของวัสดุชนิดต่างๆ เช่น โพลีเมทิลเมทาคริเลต ต่อซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ SR-Orthosit-PE พบว่า วัสดุชนิดโพลีเมทิลเมทาคริเลต เกิดการสึกมากที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุที่นำมาใช้ในการทดสอบการสึกชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อ พิจารณาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) ก็พบว่าลักษณะรอยสึกที่เกิดขึ้นบนชิ้นตัวอย่างโพลีเมทิลเมทาคริเลต มีลักษณะเป็นร่องตามแนวขั้วตีสัน และมีอนุภาคของวัสดุอัดแทรกฝังอยู่ในรอยที่เกิดจากการสึก

Khan (38) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการสึกได้แก่ แรงที่กดลงมาระหว่างพื้นผิวที่มีการขัดถูกัน ความเร็วที่พื้นผิวที่มีการขัดถูกันเคลื่อนผ่านกัน ลักษณะของพื้นผิวทั้งสองที่ขัดถูผ่านกัน และ ส่วนประกอบของวัสดุทั้งสองที่มาขัดถูกัน ดังนั้นเมื่อพื้นผิว 2 พื้นผิวที่มีส่วนประกอบไม่เหมือนกัน และมีลักษณะของพื้นผิวที่ไม่เหมือนกันมาขัดถูกัน พื้นผิวที่อ่อนแอกว่า จะเกิดการสึกออกไปมากกว่า การศึกษานี้ นำปริมาตรของทั้งชิ้นตัวอย่างซีฟันปลอมและชิ้นตัวอย่างซีฟันปลอมคู่สับมารวมกัน เป็น ปริมาตรที่หายไปของซีฟันปลอมยี่ห้อนั้นๆ หลังการทดสอบการสึก

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ SR-Orthosit-PE สูญเสียปริมาตรหลังการทดสอบการสึกไปมากกว่าซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Excellence IPN และซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Trubyte Bioform IPN

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านทานต่อการสึกของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Trubyte Bioform IPN กับซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Excellence IPN พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับหลายการศึกษา เช่น

Hirano และคณะ (9) ซึ่งทำการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการต้านทานต่อการสึกของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน 4 ยี่ห้อโดยเป็นฟันอะคริลิก เรซินชนิดปรับปรุง 2 ยี่ห้อและชนิดดั้งเดิม 2 ยี่ห้อ พบว่าซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินชนิดปรับปรุงมีความสามารถในการต้านทานต่อการสึกไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินชนิดดั้งเดิม โดยซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน ชนิดปรับปรุงมีความสามารถในการต้านทานต่อการสึกสูงกว่าซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินชนิดดั้งเดิม

Lindquist และคณะ (15) ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการต้านทานต่อการสึกของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินชนิดปรับปรุง 3 ยี่ห้อ พบว่าความต้านทานต่อการสึก ของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินทั้ง 3 ยื่อนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาถึงความแข็งผิวเฉลี่ยของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อต่างๆ พบว่าซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ SR-Orthosit-PE มีความแข็งผิวเฉลี่ยสูงที่สุด และมีความแข็งผิวเฉลี่ยแตกต่างกับซี



ฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Trubyte Bioform, Excellence IPN และ Major Dent อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่  $p < 0.05$  ซึ่งอาจเกิดเนื่องมาจากการที่ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ SR-Orthosit-PE มีส่วนประกอบเป็นวัสดุอัดแทรกชนิด คลออลอยด์ล ซิลิกา ปริมาณสูง ในขณะที่ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้ออื่นๆ ไม่มีวัสดุอัดแทรกเป็นส่วนประกอบ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Li และคณะ (76) ศึกษาพบว่าวัสดุอัดแทรกที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารยึดควบคู่ไซเลน (silane coupling agent) ในวัสดุบูรณะฟัน เรซิน คอมโพสิต จะทำให้ความแข็งแรงของฟัน เรซิน คอมโพสิตมีค่ามากขึ้น นอกจากนี้ปริมาณของวัสดุอัดแทรกที่เพิ่มมากขึ้น จะมีผลทำให้คุณสมบัติบางอย่างของวัสดุผสม เช่น ความแข็งแรง การดูดซึมน้ำ กำลังแรงอัด และ มอดูลัสยืดหยุ่น เปลี่ยนแปลงไป

เมื่อพิจารณาถึงผลการเปรียบเทียบความแข็งแรงในตำแหน่งต่างๆ ของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินทั้ง 4 ยี่ห้อ พบว่ามีเพียงซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ SR-Orthosit-PE เท่านั้นที่ความแข็งแรงในตำแหน่งที่ 1 ซึ่งอยู่ในชั้นเคลือบฟันมีความแตกต่างกับความแข็งแรงในตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 3 ซึ่งเป็นตำแหน่งเนื้อฟัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่  $p < 0.05$  ในขณะที่ความแข็งแรงเฉลี่ยในตำแหน่งต่างๆ ของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Trubyte Bioform, Excellence IPN และ Major Dent ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเกิดมาจากการที่ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ SR-Orthosit-PE เป็นซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินที่ประกอบด้วยชั้นต่างๆ 3 ชั้น โดยแต่ละชั้นก็มีส่วนประกอบที่แตกต่างกันดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ในขณะที่ซีฟันปลอมอะคริลิกเรซินยี่ห้ออื่นๆมีส่วน ประกอบเหมือนกันทั้งชั้นเคลือบฟัน และเนื้อฟัน จึงมีความแข็งแรงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่  $p < 0.05$

เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานต่อการสึกกับความแข็งแรง จากหลายการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าอาจไม่มีความสัมพันธ์กันโดยตรงระหว่างความต้านทานต่อการสึกและความแข็งแรง เช่น

Fred และคณะ (77) กล่าวว่า ในความเป็นจริงแล้วความแข็งแรงมีความสัมพันธ์เพียงเล็กน้อยกับ ความต้านทานต่อการสึก เพราะเมื่อพิจารณาจากความเป็นจริงที่ว่า ยาง มีค่าความแข็งแรงที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับ เหล็กกล้า ที่มีความแข็งแรงสูง แต่ยางมีความต้านทานต่อการสึกมากกว่าเหล็กกล้า และจากการศึกษาของเขา พบว่าความแข็งแรงของซีฟันปลอมทุกชนิดที่ใช้ในการทดสอบยกเว้นซีฟันปลอมพอร์ซเลนมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ความต้านทานต่อการสึกของซีฟันปลอมแต่ละชนิดแตกต่างกัน

Harrison และคณะ (41) ทำการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานต่อการสึก กำลังต้านทานการดึง และความแข็งแรงของ คอมโพสิต เรซิน พบว่าความต้านทานต่อการสึก กำลังต้านทานการดึง และความแข็งแรงไม่มีความสัมพันธ์กัน

Abe และคณะ (75) ศึกษาความต้านทานต่อการสึกของซีฟันปลอมเรซิน ชนิดปรับปรุงคุณสมบัติ เมื่อคู่ทดสอบการสึกเป็นวัสดุชนิดต่างๆ 8 ชนิด พบว่า ความแข็งผิวของซีฟันปลอมไม่ได้เป็นตัวชี้วัดที่แน่นอนที่จะบอกถึงความต้านทานต่อการสึกของซีฟันปลอมได้ ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความต้านทานต่อการสึกของซีฟันปลอมคือชนิดของวัสดุที่เป็นคู่ทดสอบการสึก

การศึกษานี้ได้ผลสอดคล้องกับการศึกษาข้างต้นโดยจะเห็นจาก ความแข็งผิวเฉลี่ยของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Major Dent และ Excellence IPN ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความต้านทานต่อการสึกของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินทั้ง 2 ยี่ห้อดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Excellence IPN มีความต้านทานต่อการสึกสูงสุดในบรรดาซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน ยี่ห้อต่างๆที่ใช้ในการศึกษานี้ ในขณะที่ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ Major Dent มีความต้านทานต่อการสึกต่ำที่สุดในบรรดาซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินทุกยี่ห้อที่ใช้ในการศึกษานี้

ดังนั้นจากผลการศึกษานี้จึงปฏิเสธทั้งสมมติฐานแรกและสมมติฐานที่สองที่ตั้งขึ้นมา ซึ่งสรุปได้ว่า ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินแต่ละยี่ห้อที่ใช้ในการศึกษานี้มีความสามารถในการต้านทานต่อการสึกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ ความแข็งผิวของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินแต่ละยี่ห้อที่ใช้ในการศึกษานี้ไม่สัมพันธ์กับความต้านทานต่อการสึกของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยื่อนั้นๆ

นอกจากนี้จากการศึกษานี้ทำให้เกิดแนวทางในการศึกษาต่อ ในเรื่องของความสามารถในการต้านทานต่อการสึกของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินชนิดปรับปรุง ว่าการปรับปรุงคุณสมบัติของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน แต่ละวิธีนั้นมีผลทำให้ความสามารถในการต้านทานต่อการสึกของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินชนิดนั้นๆ มีความเหมือน หรือแตกต่างกันอย่างไร

ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน ที่ประกอบด้วยหลายชั้น เช่น ซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินยี่ห้อ SR-Orthosit-PE ซึ่งประกอบด้วย 3 ชั้น แต่ละชั้นของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซินนั้นมีความสามารถในการต้านทานต่อการสึกอย่างไร

ปัจจัยอื่นที่น่าจะมีผลต่อความต้านทานต่อการสึกของซีฟันปลอมอะคริลิก เรซิน เช่น ความแข็งแรงดึง (tensile strength) เป็นต้น