



เครือข่ายวิจัยประชาชน
Prachachuen Research Network

CONFERENCE PROCEEDINGS

การประชุมวิชาการระดับชาติ “มศว วิจัย” และวันนักวิจัย ประจำปี 2566
SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY
RESEARCH CONFERENCE AND SWU RESEARCHER DAY 2023
26 มิถุนายน 2566

ISBN (e-book): 978-616-296-285-1

STRATEGIC WISDOM AND RESEARCH INSTITUTE
SWU STAR

สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

CONFERENCE PROCEEDINGS

การประชุมวิชาการระดับชาติ “มศว วิจัย” และวันนักวิจัย ประจำปี 2566

Srinakharinwirot University Research Conference and SWU Researcher Day 2023

จัดโดย

สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ร่วมกับ
เครือข่ายวิจัยเครือข่ายอุดมศึกษาภาคกลางตอนบน และเครือข่ายวิจัยประชาชน

พิมพ์ครั้งที่ 1 (26 มิถุนายน พ.ศ. 2566)

ลิขสิทธิ์เป็นของ

สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110
โทรศัพท์ (02) 649-5000 ต่อ 11014-11019 โทรสาร (02) 259-1822

ออกแบบปก นายปกรณ์ แดงเพียร

จัดทำเล่มและจัดพิมพ์โดย

สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ISBN (e-book): 978-616-296-285-1

CONFERENCE PROCEEDINGS

การประชุมวิชาการระดับชาติ “มศว วิจัย” และวันนักวิจัย ประจำปี 2566

Srinakharinwirot University Research Conference and SWU Researcher Day 2023

จัดโดย

สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ร่วมกับ เครือข่ายวิจัยเครือข่าย
อุดมศึกษาภาคกลางตอนบน และเครือข่ายวิจัยประชาชน

ที่ปรึกษา

อธิการบดี

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผู้อำนวยการสถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันวิสาข์ พานิชารณณ์

สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวลาภ สุขไพบูรณ์วัฒน์

สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย

กองบรรณาธิการ

กองบรรณาธิการภายนอกมหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ทันตแพทย์บุญเลิศ กุ้เกียรติตระกูล

คณะทันตแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิทิตสานต์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รองศาสตราจารย์ ดร.กสิณ รังสิกรรพุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

รองศาสตราจารย์ ดร.ทนต์แพทย์ชูชัย อนันต์มานะ

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

รองศาสตราจารย์ ดร.สุกัลยา อมตณา

คณะเทคนิคการแพทย์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริลักษณ์ พุ่มประดับ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รองศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ ไชยสิทธิ์สกุลชัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทนต์แพทย์หญิงปิยพรรณ พุ่มผลึก

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผกามาศ พิริยะประสาธน์

คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จูนันต์ศักดิ์ บวรนนท์กุล

ข้าราชการเกษียณ มหาวิทยาลัยมหิดล

กองบรรณาธิการภายในมหาวิทยาลัย

รองศาสตราจารย์ ดร.ทันตแพทย์หญิงพรสวรรค์ ธนธรวงศ์	คณะทันตแพทยศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัช บวรพงษ์	คณะสังคมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทันตแพทย์หญิงสุธีรา เตชะธนะวัฒน์	คณะทันตแพทยศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณภัทร โพธิ์วัน	คณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ
รองศาสตราจารย์ ดร.นวดล เพ็ชรวัฒนา	คณะวิศวกรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสุทธิ หนักแน่น	คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยศไกร ไทรทอง	วิทยาลัยอุตสาหกรรมสร้างสรรค์

กองจัดการ

นางกรอุษา ศรีสุวรรณ	สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
นางสาวศิริภัสสร ดาราวงษ์	สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
นางสาวชนัญชิตา วัฒนสุข	สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
นายปกรณณ์ แดงเพียร	สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
นายณวัต จารุจินดา	สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
นางสาวกนกวรรณ ดาอำ	สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
นางจิตรลดา สมรูป	สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
นางสาวรัตนาพร จิตรนพรัตน์	สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
นางสาวธิดาวลัย โขติวรรรณ	สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
นางสาวสาธิตา พงษ์ศิริเดช	สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
นางสาวนียดา รุ่งเรืองผล	สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
นางสาวรวีวรรณ วรรณจันทร์	สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
นางสาวรสสุคนธ์ สุขไต้ผึ้ง	สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
นางสาวพิรารวรรณ ธงสวัสดิ์	สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
นายสุทัศน์ย์ ขอมธิตา	สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
นายนิพนธ์ ราชวุฒิ	สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
นางสาวแสงดาว เตือนแจ่ม	สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย

จัดทำเล่มและจัดพิมพ์โดย สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

โทรศัพท์ (02) 649-5000 ต่อ 11014-11019 โทรสาร (02) 259-1822

ออกแบบปก นายปกรณณ์ แดงเพียร

พิมพ์ครั้งที่ 1 (26 มิถุนายน พ.ศ. 2566)

ISBN (e-book): 978-616-296-285-1

สารอธิการบดี

สภาพแวดล้อมของโลกปัจจุบันมีความเจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว สืบเนื่องมาจากการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมในการเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน กระแสการปรับเปลี่ยนของสังคมโลกที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 ได้ส่งผลต่อวิถีการดำเนินชีวิตของคนในสังคมไทยอย่างทั่วถึงทุกภาคส่วน การเปลี่ยนผ่านสู่ยุคดิจิทัล (Digital Transformation) นั้น ทำให้รูปแบบการดำเนินการของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒในพันธกิจด้านต่าง ๆ มีการปรับให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป การดำเนินงานจึงต้องมีความรวดเร็ว ทันสมัย และพร้อมที่จะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เพื่อขับเคลื่อนมหาวิทยาลัยสู่การเป็นมหาวิทยาลัยอัจฉริยะ (Smart University) รวมทั้งการพัฒนามหาวิทยาลัยให้เป็นองค์กรสมรรถนะสูง (High Performance Organization : HPO) ที่มีขีดความสามารถในการแข่งขัน และตอบสนองเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ให้เห็นเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มีวิสัยทัศน์เป็นมหาวิทยาลัยแห่งการเรียนรู้เพื่อสังคม (Learning University for Society) โดยมีพันธกิจสำคัญประการหนึ่ง คือ การสร้างสรรค์งานวิจัยและนวัตกรรมที่มีคุณภาพ มีประโยชน์ในการพัฒนาสังคมอย่างยั่งยืน ได้ตระหนักถึงการเป็นสถาบันอุดมศึกษาที่ให้ความสำคัญทางด้านวิชาการและการวิจัย จึงได้จัดการประชุมวิชาการระดับชาติ “มศว วิจัย” และวันนักวิจัย ประจำปี 2566 ขึ้น เพื่อเป็นเวทีสำหรับคณาจารย์ นักวิจัย นิสิต นักศึกษา บุคลากรสายสนับสนุนวิชาการจากหลากหลายหน่วยงานทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ได้มีโอกาสนำเสนอผลงานวิจัยและเผยแพร่สู่สาธารณะ เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ด้านการวิจัยร่วมกัน และภายในงานมีการมอบโล่รางวัลเพื่อเป็นการเชิดชูเกียรติให้กับนักวิจัย และคณะ สถาบัน สำนัก ที่สร้างชื่อเสียงให้กับมหาวิทยาลัย อันจะก่อให้เกิดความผูกพันที่ดีของบุคลากรต่อมหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณ สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เครือข่ายวิจัย เครือข่ายอุดมศึกษาภาคกลางตอนบน เครือข่ายวิจัยประชาชื่น และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ร่วมกันจัดงานการประชุมวิชาการระดับชาติ “มศว วิจัย” และวันนักวิจัย ประจำปี 2566 ขึ้น และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า องค์ความรู้ที่เกิดขึ้นจากการวิจัยและนวัตกรรมที่มีคุณภาพจะเป็นบทบาทสำคัญอย่างหนึ่งในการสร้างความเข้มแข็งทางด้านวิชาการและการวิจัย เพื่อให้งานวิจัยและนวัตกรรมมีคุณภาพสูงและเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศ เศรษฐกิจ สังคม และชุมชนอย่างยั่งยืน

ด้วยความปรารถนาดีและขอบคุณ



(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

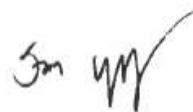
สารผู้อำนวยการสถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย

สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย เป็นส่วนงานสนับสนุนพันธกิจวิจัยของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยมีวิสัยทัศน์ คือ เป็นองค์กรที่ผลักดันการสร้างผลงานวิจัยและนวัตกรรมคุณภาพที่มีประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศ เพื่อขับเคลื่อนสู่การเป็นมหาวิทยาลัยระดับโลก (World Class University) สถาบันยุทธศาสตร์ฯ มีพันธกิจสำคัญ 4 ด้าน คือ 1. ส่งเสริม สนับสนุน การสร้างงานวิจัยที่มีประโยชน์ต่อชุมชน สังคม ประเทศ 2. พัฒนาระบบบริหารจัดการงานวิจัย 3. สร้างระบบ กลไก กระตุ้นให้บุคลากรผลิตงานวิจัย และนวัตกรรม และ 4. เผยแพร่ ถ่ายทอดความรู้ให้ผู้รับบริการ เพื่อนำผลงานไปใช้ในการพัฒนาในด้านต่าง ๆ โดยมุ่งหวังให้มหาวิทยาลัยมีความทันสมัยและเท่าทันกับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในอนาคตและพร้อมให้การสนับสนุนการยกระดับคุณภาพมหาวิทยาลัยให้ทัดเทียมกับนานาชาติ

สถาบันยุทธศาสตร์ฯ ตระหนักถึงพันธกิจสำคัญในการสนับสนุนยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะในยุทธศาสตร์ที่ 1 การเป็นผู้นำทางการศึกษา (Educational Leader) โดยมีเป้าประสงค์หลัก คือ เป็นองค์กรแห่งการเรียนรู้ วิจัยและนวัตกรรม จึงได้จัดการประชุมวิชาการระดับชาติ “มศว วิจัย” และวันนักวิจัย ประจำปี 2566 ขึ้น เพื่อใช้เป็นเวทีสำหรับคณาจารย์ นักวิจัย นิสิต นักศึกษา และบุคลากรสายสนับสนุนวิชาการทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยได้ร่วมนำเสนอผลงานวิจัยและนวัตกรรมที่มีคุณภาพ และเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศ เศรษฐกิจ สังคม และชุมชนอย่างยั่งยืน และภายในงานมีการมอบโล่รางวัลเพื่อเป็นการเชิดชูเกียรติให้กับนักวิจัย และคณะ สถาบัน สำนัก ที่สร้างชื่อเสียงให้กับมหาวิทยาลัยอันจะก่อให้เกิดความผูกพันที่ดีของบุคลากรต่อมหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ร่วมแรงร่วมใจในการจัดงาน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า กิจกรรมทางวิชาการที่จัดขึ้นในการประชุมวิชาการระดับชาติ “มศว วิจัย” และวันนักวิจัย ประจำปี 2566 นี้ สามารถนำไปใช้พัฒนาองค์ความรู้ทางด้านวิชาการแก่บุคลากรทางการศึกษา เพื่อให้เกิดเป็นพลังผลักดันร่วมกันไปสู่เป้าหมายของการพัฒนาประเทศตามนโยบายของรัฐ และปรับตัวทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา

ด้วยความปรารถนาดี



(รองศาสตราจารย์ ดร.รัมภา บุญสินสุข)

ผู้อำนวยการสถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย

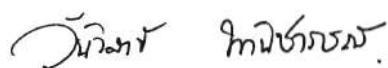
บทบรรณาธิการ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ตระหนักถึงความสำคัญของการเผยแพร่ผลงานวิจัย และนวัตกรรม เพื่อเป็นรากฐานในการพัฒนาสังคมและประเทศชาติ โดยสถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เครือข่ายวิจัยเครือข่ายอุดมศึกษาภาคกลางตอนบน และเครือข่ายวิจัยประชาชื่น ได้ร่วมกันจัดการประชุมวิชาการระดับชาติ “มศว วิจัย” และวันนักวิจัย ประจำปี 2566 ขึ้น เพื่อใช้เป็นเวทีสำหรับการเผยแพร่ผลงานวิจัยในสาขาวิชาต่าง ๆ เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ในการทำวิจัยและแนวความคิดสร้างสรรค์สู่การพัฒนานวัตกรรมที่ตอบสนอง ยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัย การพัฒนาประเทศ นโยบายรัฐ และการพัฒนาที่ยั่งยืน [Sustainable Development Goals (SDGs)] และมีความสอดคล้องกับพันธกิจของมหาวิทยาลัย คือ สร้างสรรค์งานวิจัย และนวัตกรรมที่มีคุณภาพ มีประโยชน์ในการพัฒนาสังคมอย่างยั่งยืน

การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งนี้ได้รับความสนใจจากคณาจารย์ นักวิจัย นิสิต/นักศึกษา และบุคลากรในแวดวงวิชาการและวิจัยจากหลากหลายหน่วยงานทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยร่วม ส่งผลงานทางวิชาการที่ผ่านกระบวนการคัดคว้า วิจัย และการสร้างสรรค์นวัตกรรมอย่างเป็นระบบ เพื่อเข้าร่วมนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการครั้งนี้ และทุกผลงานได้ผ่านเกณฑ์การพิจารณาถึงกรอบ คุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญแต่ละสาขาวิชาอย่างเข้มข้นเพื่อเป็นการรักษาระดับคุณภาพ ของการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ

ในนามของบรรณาธิการ ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาเสียสละเวลาในการประเมินคุณภาพบทความและให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้ผลงานวิจัยมีคุณค่า ทางวิชาการและมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลที่เกิดจากการประชุมวิชาการระดับชาติ “มศว วิจัย” และวันนักวิจัย ประจำปี 2566 นี้ จะช่วยเสริมสร้างการพัฒนา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ให้เป็นมหาวิทยาลัยแห่งการเรียนรู้เพื่อสังคม (Learning University for Society) และมีความเป็นเลิศ ด้านการวิจัยและนวัตกรรม (Excellent Research & Innovation) ทั้งในระดับชาติและนานาชาติต่อไป

ด้วยความภาคภูมิใจ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันวิสาข์ พานิชারণ) ๒๕๖๖

บรรณาธิการ

กำหนดการ

การประชุมวิชาการระดับชาติ “มศว วิจัย” และวันนักวิจัย ประจำปี 2566
Srinakharinwirot University Research Conference and SWU Researcher Day 2023
วันที่ 26 มิถุนายน 2566

ณ อาคารนวัตกรรม ศาสตราจารย์ ดร.สาโรช บัวศรี
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

08.30 น.	ลงทะเบียน
09.00 – 09.10 น.	พิธีเปิด การประชุมวิชาการระดับชาติ “มศว วิจัย” และวันนักวิจัย ประจำปี 2566 ณ หอดนตรีและการแสดงอโศกมนตรี ชั้น 4 โดย รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล อธิการบดีมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กล่าวรายงาน โดย รองศาสตราจารย์ ดร.รัมภา บุญสินสุข ผู้อำนวยการสถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
09.10 – 10.00 น.	พิธีมอบรางวัลเชิดชูเกียรติ ให้แก่ หน่วยงาน ทีมวิจัย และนักวิจัย
10.00 – 11.00 น.	เสวนา “สร้างแรงบันดาลใจ - การเชิดชูผลงานวิจัย” สาขาการศึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วิไลลักษณ์ ลังกา สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ รองศาสตราจารย์ ดร.มาลัย ทวีโชติภักดิ์ สาขาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุขุมภรณ์ กระจำรังษี สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ รองศาสตราจารย์ ดร.อังคินันท์ อินทรกำแหง ผู้ดำเนินรายการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ททรัพย์สินวิวัฒน์ อาจารย์ ดร.ยุคลวัชร ภัคดีจักริรุฒ์ (พร้อมรับประทานอาหารว่าง)
11.00 – 12.00 น.	เชิชม “นิทรรศการ - เล่าเรื่องผลงานวิจัย” บริเวณโถงชั้นล่าง อาคารนวัตกรรม ศ.ดร.สาโรช บัวศรี
12.00 – 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน
13.00 – 16.30 น.	การนำเสนอผลงานวิจัย ณ ห้องประชุมสถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย ชั้น 19 และ 20

**กำหนดการ
การนำเสนอผลงานวิจัย
แบบบรรยาย**

กำหนดการนำเสนอ

<p>วันจันทร์ที่ 26 มิถุนายน 2566 กลุ่มสาขา : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี : สังคมศาสตร์ ห้องนำเสนอ A เวลา 13.00 – 14.00 น. ห้องประชุมสถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย ชั้น 19 อาคารนวัตกรรม ศาสตราจารย์ ดร.สาโรช บัวศรี</p>		
13.00 - 13.20 น.	SWUCON2023-004	การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผ่านการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด วรารภรณ์ ชลภาพ ญาณิน กองทิพย์ และสุกัญญา หะยีส้าและ
13.20 - 13.40 น.	SWUCON2023-006	สมบัติทางกายภาพของเทอร์โมพลาสติกสตาบิลิซมกับพอลิพีทีลินซัคซิเนต ที่ถูกกราฟต์ด้วยไกลซีดิล เมทาคริเลต วีรยา ทองออ่อน วาสนี จันทร์นวล และพิสิฏฐ์ ธรรมวิณี
13.40 - 14.00 น.	SWUCON2023-008	การประมวลผลภาษาธรรมชาติจากข้อมูลสื่อสังคมออนไลน์เชิงพื้นที่ในการคาดการณ์อุบัติเหตุ สิทธิพัฒน์ เปี่ยมใจสว่าง อสมารภณ์ สิทธิ และปรกรณ์ เมฆแสงสวย

วันจันทร์ที่ 26 มิถุนายน 2566 กลุ่มสาขา : วิทยาศาสตร์สุขภาพ ห้องนำเสนอ B เวลา 13.00 – 15.00 น. ห้องประชุมสถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย ชั้น 20 อาคารนวัตกรรม ศาสตราจารย์ ดร.สาโรช บัวศรี		
13.00 - 13.20 น.	SWUCON2023-001	ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสของเจล คลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่พัฒนาขึ้นใหม่ <i>ศิริลักษณ์ คำประพันธ์ และชินาลย์ ปิยะชน</i>
13.20 - 13.40 น.	SWUCON2023-002	การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของซิลิโคนทำความสะอาด ช่องปากสองชนิดในการกำจัดคราบอาหาร : ในห้องปฏิบัติการ <i>ธัญชนก ปั่นจาด และพรสวรรค์ ธนธรวงศ์</i>
13.40 - 14.00 น.	SWUCON2023-003	การประเมินความแข็งผิวของฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิก ที่ประกอบด้วยวัสดุอัดแทรกชนิดเอสพีอาร์จีอนุภาคขนาดนาโน <i>ขวัญชนก รัตนคุปต์ และกฤติรัตน์ เกียรติศิริโรจน์</i>
14.00 - 14.20 น.	SWUCON2023-009	ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการฝังรากฟันเทียม ในแง่ของ ปัจจัยด้านปริมาณความกว้างเหงือกเคราติน <i>ชยาภรณ์ อธิพิพรกุล และชาญชาย วงศ์ชั้นสุนทร</i>
14.20 - 14.40 น.	SWUCON2023-011	ผลของการออกกำลังกายทางไกลที่บ้านต่อความเร็วของการเดิน ในผู้สูงอายุที่มีความผิดปกติของระบบประสาทส่วนปลายจาก เบาหวาน <i>พิมพ์ชนก ศรีรักษา รัมภา บุญสินสุข และจิราภรณ์ วรรณปะเช</i>
14.40 - 15.00 น.	SWUCON2023-012	ผลการใช้สิ่งชี้้นำทางสายตาต่อการทรงตัวและรูปแบบการเดิน ในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง <i>เสกศิษฐ์ เกตุโต รัมภา บุญสินสุข และจิราภรณ์ วรรณปะเช</i>

สารบัญ

	หน้า
SWUCON2023-001: ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิส ของเจลคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่พัฒนาขึ้นใหม่ ANTIBACTERIAL PROPERTY OF NEWLY DEVELOPED 2% CHLORHEXIDINE GEL AGAINST ENTEROCOCCUS FAECALIS <i>ศิริลักษณ์ คำประพันธ์, ชินาลัย ปิยะชน</i>	1-9
SWUCON2023-002: การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของซิลิโคนทำความสะอาด ช่องปากสองชนิดในการกำจัดคราบอาหาร : ในห้องปฏิบัติการ A COMPARATIVE STUDY OF THE CLEANING EFFICIENCY OF TWO SILICONE MOUTH SWABS ON FOOD DEBRIS REMOVAL : IN VITRO <i>ธัญสophon ปั้นจาด, พรสวรรค์ ธนธรวงศ์</i>	10-21
SWUCON2023-003: การประเมินความแข็งผิวของฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิก ที่ประกอบด้วยวัสดุอัดแทรกชนิดไอออนเมอร์จืออนุภาคขนาดนาโน EVALUATION OF SURFACE HARDNESS OF DENTURE BASE ACRYLIC RESINS CONTAINING NANO-SIZED SURFACE PRE-REACTED GLASS-IONOMER FILLER <i>ขวัญชนก รัตนคุปต์, กฤติรัตน์ เกียรติศิริโรจน์</i>	22-30
SWUCON2023-004: การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียน มัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผ่านการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด A STUDY OF LEARNING ACHIEVEMENT IN PARALLEL LINES TOPICS OF MATHAYOMSUKSA II STUDENTS VIA OPEN APPROACH <i>วราภรณ์ ชลภาพ, ญานิน กองทิพย์, สุกัญญา หะยีสานและ</i>	31-37
SWUCON2023-006: สมบัติทางกายภาพของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชผสมกับพอลิบิวทีลีน ซัคซิเนตที่ถูกรูปกราฟต์ด้วยไกลซิديل เมทาคริเลต THE PHYSICAL PROPERTIES OF THERMOPLASTIC STARCH BLEND WITH GLYCIDYL METHACRYLATE GRAFTED POLYBUTYLENE SUCCINATE (PBS-g-GMA) <i>วีรยา ทองออน, วาสนี จันทร์นวล, พิสิฐฐ์ ธรรมวิทย์</i>	38-49
SWUCON2023-008: การประมวลผลภาษาธรรมชาติจากข้อมูลสื่อสังคมออนไลน์เชิงพื้นที่ ในการคาดการณ์อุบัติเหตุ ENHANCING ACCIDENT ESTIMATION THROUGH NATURAL LANGUAGE PROCESSING OF SOCIAL MEDIA SPATIAL DATA <i>สิทธิพัฒน์ เปี่ยมใจสว่าง, อสมภรณ์ สิทธิ, ปกรณ์ เมฆแสงสวย</i>	50-62

สารบัญ

	หน้า
SWUCON2023-009: ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการฝังรากฟันเทียม ในแง่ของปัจจัย ด้านปริมาณความกว้างเหงือกเคราติน FACTOR INFLUENCING IMPLANTS SUCCESS IN TERMS OF KERATINIZED GINGIVAL WIDTH <i>ชยาภรณ์ อธิพิรกุล, ชาญชาย วงศ์ชื่นสุนทร</i>	63-75
SWUCON2023-011: ผลของการออกกำลังกายทางไกลที่บ้านต่อความเร็วของการเดิน ในผู้สูงอายุที่มีความผิดปกติของระบบประสาทส่วนปลายจากเบาหวาน EFFECT OF HOME-BASED TELE-EXERCISE ON GAIT SPEED IN THE ELDERLY WITH DIABETIC PERIPHERAL NEUROPATHY <i>พิมพ์ชนก ศรีรักษา, รัมภา บุญสินสุข, จิราภรณ์ วรรณปะเช</i>	76-83
SWUCON2023-012: ผลการใช้สิ่งชี้นำทางสายตาต่อการทรงตัวและรูปแบบการเดิน ในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง EFFECTS OF VISUAL CUE TRAINING ON BALANCE AND GAIT IN PATIENTS WITH STROKE <i>เสกศิษฐ์ เกตุโต, รัมภา บุญสินสุข, จิราภรณ์ วรรณปะเช</i>	84-92

SWUCON2023-001: ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิส ของเจลคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่พัฒนาขึ้นใหม่

ANTIBACTERIAL PROPERTY OF NEWLY DEVELOPED 2% CHLORHEXIDINE GEL AGAINST ENTEROCOCCUS FAECALIS

ศิริลักษณ์ คำประพันธ์, ชินาลัย ปิยะชน*

*Siriluk Khampraphan, Chinalai Piyachon**

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University.

*Corresponding author, e-mail: chinalai@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

เจลคลอเฮกซิดีนเป็นยาต้านเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพสูง แต่จนถึงปัจจุบันไม่มีการผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเจลคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 เพื่อใช้เป็นยาใส่ในคลองรากฟัน การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสของเจลคลอเฮกซิดีนที่พัฒนาขึ้นที่คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เจลคอนเซ็ปชิสวี และสารละลายคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 ด้วยวิธีทดสอบการแพร่บนวุ้น ทำการทดสอบรอบละ 3 เพลท ซ้ำ 3 ครั้ง วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งที่เวลา 1, 7, 14 และ 21 วัน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งของยา 3 ชนิดในแต่ละช่วงเวลาด้วยสถิติความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งของยาชนิดเดียวกันที่เวลาต่างกัน ด้วยสถิติความแปรปรวนทางเดียวแบบวัดซ้ำ ผลการศึกษาพบว่า ในทุกช่วงเวลาที่ศึกษา เจลคลอเฮกซิดีนที่พัฒนาขึ้นและเจลคอนเซ็ปชิสวีมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งไม่แตกต่างกัน แต่น้อยกว่า สารละลายคลอเฮกซิดีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบผลที่ 14 และ 21 วัน พบว่าเจลคลอเฮกซิดีนที่พัฒนาขึ้นและเจลคอนเซ็ปชิสวีมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งไม่แตกต่างกันในช่วงเวลานี้ ในขณะที่สารละลายคลอเฮกซิดีนมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งในวันที่ 21 ลดลงเมื่อเทียบกับวันที่ 14 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปจากการศึกษาครั้งนี้ว่าเจลคลอเฮกซิดีนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสและมีความคงตัวของประสิทธิภาพในการต้านเชื้อไม่แตกต่างกับเจลคอนเซ็ปชิสวี

คำสำคัญ: เอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิส เจลคลอเฮกซิดีน โซนการยับยั้ง

Abstract

Chlorhexidine (CHX) gel is a highly effective antibacterial agent. Nowadays, there are currently no domestically produced or imported products selling in Thailand. Therefore, we came up with our idea

of developing a 2% CHX gel at the Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University for use as intracanal medicament. This preliminary study aimed to compare the efficacy against *Enterococcus faecalis* of the newly developed CHX gel, the commercial product named ConsepsisV and a 2% CHX solution. An agar diffusion test was performed in triplicate for each tested and repeated 3 times. The diameters of inhibition zones were measured at 1, 7, 14 and 21 days. The two-way repeated measure ANOVA was used to compare the mean diameters of inhibition zones of three medications at each time period. The one-way repeated measure ANOVA was used to compare mean diameters of the inhibition zones of each medication at the different periods of time. Results showed that there was no significant difference between inhibition zones of newly developed CHX gel and ConsepsisV at every time point. Two types of CHX gel presented fewer antibacterial property than CHX solution. At day 14 and 21, the newly developed CHX gel and ConsepsisV showed no significant difference in the diameter of inhibition zones. In contrast, inhibition zones of CHX solution at the day 21 were significantly smaller than those of day 14. It was concluded that our newly developed 2% CHX gel is an effective and stable antibacterial agent against *E faecalis* comparable to ConsepsisV.

Keywords: *Enterococcus faecalis*, Chlorhexidine gel, Inhibition Zone

บทนำ

คลองรากฟันที่ได้รับการรักษารากฟันแล้วแต่เกิดความล้มเหลวพบว่ามีสาเหตุจากการติดเชื้อที่เข้าสู่คลองรากฟันภายหลังจากการรักษา (secondary infection) หรือจากการติดเชื้อที่ติดต่อกับการรักษา (persistent infection) ซึ่งมักจะเป็นแบคทีเรียชนิดแกรมบวกในกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจนและกลุ่มที่สามารถใช้และไม่ใช้ออกซิเจน (facultative anaerobe) ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน โดยเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิส (*Enterococcus faecalis*) เป็นเชื้อแบคทีเรียที่พบได้บ่อยและมีความสามารถของเชื้อในการสร้างไบโอฟิล์ม (Noda et al., 2000) [1] จึงถูกทำลายจากสารฆ่าเชื้อได้ยากกว่าเชื้อทั่วไป การรักษาคคลองรากฟันจึงจำเป็นต้องใช้สารที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อเพื่อทำให้คลองรากฟันปราศจากเชื้อส่งเสริมการหายของเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟัน คลอเฮกซิดีน (Chlorhexidine) ถูกนำมาใช้เป็นน้ำยาล้างคลองรากฟันและใช้เป็นยาใส่ในคลองรากฟันด้วยมีคุณสมบัติเด่นหลายประการ ได้แก่ ออกฤทธิ์กว้างในการต้านจุลชีพ มีคุณสมบัติการคงอยู่ในช่องปากได้นาน (substantivity) ความเป็นพิษต่ำ ช่วยในการหล่อลื่น มีคุณสมบัติทางเคมีที่คงที่และละลายน้ำได้ เมื่อใช้เป็นยาใส่ในคลองรากฟันพบว่าคลอเฮกซิดีนมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสในคลองรากฟันดีกว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Athanasiadis et al., 2007) [2] ซึ่งเป็นยาใส่ในคลองรากฟันทั่วไป คลอเฮกซิดีนในรูปแบบเจลมีข้อดีคือมีความเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟันต่ำ ความหนืดของเจลช่วยให้คลอเฮกซิดีนสัมผัสกับเด็นติน (dentin) ที่เป็นผนังคลองรากฟันและท่อเนื้อฟัน (dentinal tubules) ส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียได้ดี (Ferraz et al., 2001) [3] เจลคลอเฮกซิดีนมีสารก่อเจล (gelling agent) หรือโพลีเมอร์เป็นองค์ประกอบในการสร้างเจลที่แตกต่างกัน (Fini et al., 2011) [4] จากการศึกษาของ Mathew และคณะ (Mathew et al., 2022) [5] ประเมินการต้านเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสและเชื้อราอัลบิแคนส์ของเจลคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่ใช้เป็นยาใส่คลองรากฟัน โดยการเตรียมเจลคลอเฮกซิดีนจากสารละลายคลอเฮกซิดีนและใช้สารก่อเจลไฮดรอกซีเอทิล เซลลูโลส (hydroxyethyl cellulose) ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ที่เข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อและละลายน้ำได้ เปรียบเทียบกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ผสมกับสารละลายคลอเฮกซิดีน แคลเซียมไฮดรอกไซด์ผสมกับไซเตียมไฮโปคลอไรต์ ออกซิทีน

และออกคิทินดีนผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ พบว่าเจลคอลลอยด์เฮกซามีนความเข้มข้นร้อยละ 2 และออกคิทินดีนมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสและเชื้อราอัลบิแคนส์ได้ดีที่สุด และยังมีอีกหลายการศึกษา (CâmaraDeBem et al., 2014; Silva et al., 2014) [6-7] ที่ทดลองใช้คอลลอยด์เฮกซามีนเจลที่ผสมขึ้นเองโดยใช้ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสเป็นสารกักเจลเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการต้านเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิส Ooi และคณะ (Ooi et al., 2019) [8] และ Sharifian และคณะ (Sharifian et al., 2008) [9] ศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อของเจลคอลลอยด์เฮกซามีนคอนเซ็ปซิสวี (Consepsis[®]V, Ultradent Product Inc., South Jordan, USA) พบว่าเจลคอนเซ็ปซิสวีสามารถกำจัดเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มีผลิตภัณฑ์เจลคอลลอยด์เฮกซามีนจำหน่าย มีเพียงการผลิตสารละลายคอลลอยด์เฮกซามีน ความเข้มข้นร้อยละ 2 เพื่อใช้เป็นน้ำยาล้างคลองรากฟันเท่านั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาเจลคอลลอยด์เฮกซามีนความเข้มข้นร้อยละ 2 ขึ้นที่คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และทำการทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิส เปรียบเทียบกับเจลคอลลอยด์คอนเซ็ปซิสวีที่ผลิตจำหน่ายในต่างประเทศ และสารละลายคอลลอยด์เฮกซามีนความเข้มข้นร้อยละ 2

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสของเจลคอลลอยด์เฮกซามีนความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่พัฒนาขึ้น กับเจลคอลลอยด์คอนเซ็ปซิสวี และสารละลายคอลลอยด์เฮกซามีนความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยวิธีทดสอบการแพร่บนวัน

วิธีดำเนินการวิจัย

การคัดเลือกเชื้อที่ใช้ในการทดลอง

เชื้อที่ใช้ในการทดลองคือเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิส สายพันธุ์ ATCC 29212 (American Type Culture Collection 29212) จากสหรัฐอเมริกา เตรียมบนอาหารเลี้ยงเชื้อเบร็นฮาร์ทฮินฟิวชันชนิดเหลว (brain heart infusion broth) และทริปติเคสซอยชนิดวัน (Trypticase Soy agar) ที่เติมเลือดแกะซึ่งไม่มีส่วนผสมของไฟบริน (defibrinated sheep blood) ความเข้มข้นร้อยละ 10 เพื่อให้เชื้อเจริญเติบโตสมบูรณ์ แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

วิธีการเตรียมเจลคอลลอยด์เฮกซามีนความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก

อ้างอิงวิธีการเตรียมเจลคอลลอยด์เฮกซามีนความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยดัดแปลงจากวิธีของ Bem และคณะ (CâmaraDeBem et al., 2014) [7]

โดยชั่งผงนาโตรซอล (Natrosol) หรือไฮดรอกซีเอทิล เซลลูโลส ปริมาณ 1 กรัม และน้ำกลั่น 99 กรัมด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลความละเอียด 0.0001 กรัม จากนั้นใส่น้ำกลั่นลงในบีกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร ให้ความร้อนจนน้ำมีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ด้วยการใช้ไมโครเวฟ วัตถุประสงค์ด้วยเทอร์โมมิเตอร์ชนิดแท่งแก้ว เติมน้ำทรินโซลที่ละลายลงในน้ำกลั่นที่เตรียมไว้ ใช้แท่งแก้วคนสารให้กระจายตัวไปทั่วบีกเกอร์และดูการจับกลุ่มกันของเนื้อเจล คนอย่างต่อเนื่องจนเป็นเนื้อเดียวกันร่วมกับการใช้เครื่องกวนสาร (Magnetic stirrer) และแท่งแม่เหล็กกวนสาร (Magnetic bar) เมื่อสารขึ้นรูปเป็นเนื้อเจลจะได้เจลที่มีปริมาณรวม 100 กรัม พักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำเจลที่เตรียมไว้ 90 กรัมมาเติมสารละลายคอลลอยด์เฮกซามีน ความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ปริมาณ 10 กรัม เพื่อให้ได้คอลลอยด์เฮกซามีนเจลความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก

การทดสอบการยับยั้งเชื้อของเจลคอลลอยด์เฮกซามีนต่อเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสด้วยวิธีการทดสอบการแพร่บนวุ้น (agar diffusion test)

การเตรียมเชื้อที่ใช้ในการทดสอบ

เพาะเลี้ยงเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิส สายพันธุ์ ATCC 29212 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเบรนนาร์ทอนฟิวชันชนิดวุ้น (Brain heart infusion agar) เก็บในตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเชื้อไปเลี้ยงในเบรนนาร์ทอนฟิวชันชนิดเหลวขำคีน และปรับปริมาณเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิส โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer UV-1700, Shimadzu Corporation, Japan) ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ให้มีความขุ่นเท่ากับ 0.5 แมคฟาแลนด์ (McFarland) ซึ่งจะมีปริมาณเชื้อประมาณ 1.5×10^8 โคโลนีฟอร์มมิงยูนิตต่อมิลลิลิตร (Colony forming units per milliliter, CFU/mL)

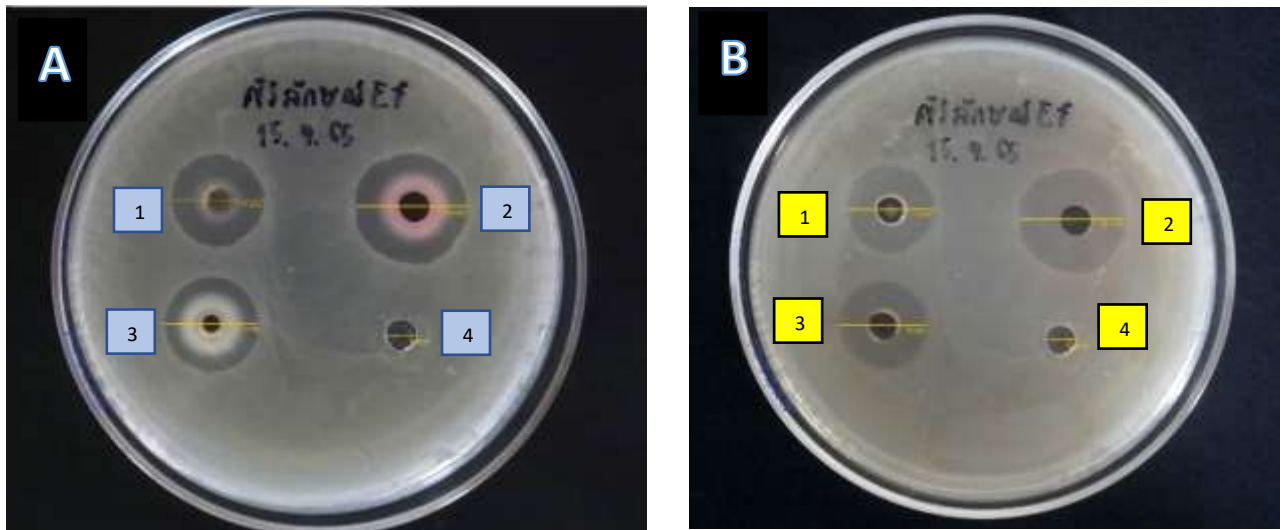
การทดสอบการแพร่บนวุ้น

นำเชื้อที่เตรียมไว้มากระจายบนอาหารเลี้ยงเชื้อเบรนนาร์ทอนฟิวชันชนิดวุ้นให้ทั่วเพลต โดยใช้ไม้พินสำลีที่ปลอดเชื้อ ทำการเจาะหลุมบนวุ้นด้วยไบออปชีพังก์ (Biopsy punch) ที่ปลายเป็นวงกลมโลหะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร จำนวน 4 หลุม โดยมีระยะห่างเท่ากัน เริ่มทำการทดลองรอบที่ 1 จำนวน 3 เพลต ใส่ยาลงในแต่ละหลุมปริมาตรเท่ากับ 40 ไมโครลิตร ตามลำดับคือ หลุมที่ 1 เจลคอลลอยด์เฮกซามีนที่พัฒนาขึ้นความเข้มข้นร้อยละ 2 หลุมที่ 2 สารละลายคอลลอยด์เฮกซามีนความเข้มข้นร้อยละ 2 หลุมที่ 3 เจลคอลลอยด์เฮกซามีนเจลคอนเซปชิสวีความเข้มข้นร้อยละ 2 หลุมที่ 4 ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ซาลิน (Phosphate buffer saline) เป็นกลุ่มควบคุมลบ จากนั้นนำจานเพาะเชื้อทั้ง 3 เพลต บ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เมื่อครบเวลา 1 วัน นำจานเพาะเชื้อทั้ง 3 เพลตมาทำการบันทึกผลโดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งในหน่วยมิลลิเมตรด้วยโปรแกรมแอนทิไบโอแกรมเจ (AntibiogramJ, Source Forge, San Diego, CA) ซึ่งอ้างอิงตามการศึกษาของ Alonso และคณะ (Alonso et al., 2017) [10] จากนั้นนำจานเพาะเชื้อกลับเข้าเก็บในตู้บ่มเชื้อต่อจนครบระยะเวลาที่กำหนด คือ 7 วัน 14 วัน และ 21 วัน จึงนำจานเพาะเชื้อมาวัดผลซ้ำด้วยวิธีเดิม โดยทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง ในแต่ละครั้งทำ 3 ซ้ำ

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลด้วยการทดสอบชาปีโรวิลค์ (Shapiro-Wilk test) พบว่ามีการกระจายตัวของข้อมูลปกติ (Normal distribution) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการศึกษการยับยั้งเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสด้วยการทดสอบการแพร่บนวุ้นโดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งเชื้อ แสดงดังภาพที่ 1 และตารางที่ 1



ภาพที่ 1 การลากเส้นเพื่อวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสด้วยโปรแกรมแอนโทโบไอแกรมเจ เมื่อเวลาผ่านไป 1 วัน (ภาพ A) และ 21 วัน (ภาพ B) โดย 1 คือเจลคอลลอยด์ที่พัฒนาขึ้น 2 คือสารละลายคอลลอยด์ความเข้มข้นร้อยละ 2 3 คือเจลคอลลอยด์คอนเซปชันซีวี และ 4 คือ ฟอสเฟตบัพเฟอร์ซาไลน์

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสในหน่วยมิลลิเมตร (mean \pm S.D.)

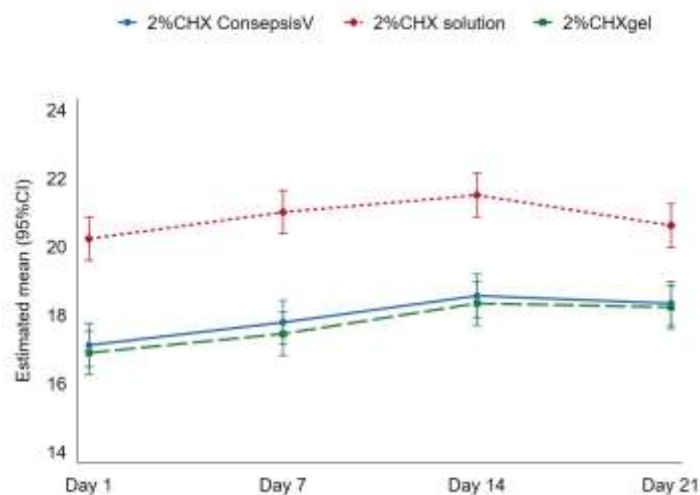
ระยะเวลา	เจลคอลลอยด์ที่พัฒนาขึ้น	เจลคอลลอยด์คอนเซปชันซีวี	สารละลายคอลลอยด์
1 วัน	16.8 \pm 0.60 ^{a,A}	17.1 \pm 0.85 ^{a,A}	20.2 \pm 1.5 ^{b,A}
7 วัน	17.4 \pm 0.63 ^{a,A}	17.7 \pm 0.66 ^{a,A}	21.0 \pm 1.1 ^b
14 วัน	18.3 \pm 0.75 ^{a,B}	18.5 \pm 0.75 ^{a,B}	21.5 \pm 1.2 ^{b,B}
21 วัน	18.2 \pm 0.75 ^{a,B}	18.3 \pm 0.61 ^{a,B}	20.6 \pm 1.1 ^{b,A}

ในแถวเดียวกันเมื่อเทียบกับสารละลายคอลลอยด์ ตัวอักษร a แสดงถึงความแตกต่างกับสารละลายคอลลอยด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ในคอลัมน์เดียวกันเมื่อเทียบกับระยะเวลา 14 วัน ตัวอักษร A แสดงถึงความแตกต่างกับระยะเวลา 14 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตัวอักษร B แสดงถึงไม่มีความแตกต่างกับระยะเวลา 14 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสของสารทดสอบ 3 ชนิด คือ เจลคอลลอยด์ที่พัฒนาขึ้น เจลคอลลอยด์คอนเซปชันซีวี และสารละลายคอลลอยด์ ที่ระยะเวลา 1, 7, 14 และ 21 วัน โดยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Two-way repeated measures ANOVA พบว่าค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งของเจลคอลลอยด์ที่พัฒนาขึ้นและเจลคอลลอยด์คอนเซปชันซีวีมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งน้อยกว่าสารละลายคอลลอยด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสของสารทดสอบแต่ละชนิดที่ระยะเวลา 1, 7, 14 และ 21 วัน โดยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย One-way repeated measures ANOVA พบว่า เจลคอลอเฮกซิดีนที่พัฒนาขึ้นและเจลคอลอเฮกซิดีนคอนเซปซิสวีที่ระยะเวลา 7 วันและ 14 วันมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และที่ระยะเวลา 14 วันและ 21 วัน เจลคอลอเฮกซิดีนที่พัฒนาขึ้นและเจลคอนเซปซิสวีมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในขณะที่สารละลายคอลอเฮกซิดีนที่ระยะเวลา 21 วันมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งลดลงจากวันที่ 14 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากภาพที่ 2 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งของสารทั้ง 3 ชนิด



ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งของเจลคอลอเฮกซิดีนที่พัฒนาขึ้น เจลคอลอเฮกซิดีนคอนเซปซิสวี และสารละลายคอลอเฮกซิดีนที่ระยะเวลาต่าง ๆ

สรุปและอภิปรายผล

เชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสเป็นหนึ่งในเชื้อสำคัญที่เป็นสาเหตุของความล้มเหลวภายหลังการรักษาคลองรากฟัน สารที่สามารถต้านเชื้อนี้ได้ดี คือ คอลอเฮกซิดีน ซึ่งมีกลไกการออกฤทธิ์โดยประจุบวกของโมเลกุลคอลอเฮกซิดีนจะจับกับผนังเต็นทินของคลองรากฟัน และแทรกเข้าสู่ท่อเนื้อฟันทำให้แบคทีเรียไม่สามารถคงอยู่และเพิ่มจำนวน (Colonization) บนผนังคลองรากฟันได้ จึงมีประสิทธิภาพการต้านเชื้อสูงและกว้าง (Broad spectrum) แต่การที่สารอยู่ในรูปแบบสารละลายไม่สะดวกต่อการใช้งานเป็นยาสำหรับใส่ในคลองรากฟัน เนื่องจากยากต่อการควบคุมปริมาณยาและการจำกัดบริเวณของยาให้อยู่เฉพาะภายในคลองรากฟัน ปัจจุบันจึงมีบริษัทในต่างประเทศผลิตเจลคอลอเฮกซิดีนแบบผสมสำเร็จรูปออกจำหน่ายหลายชนิด แต่ละชนิดใช้สารก่อเจลที่แตกต่างกันซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการต้านเชื้อของเจล ในทางเภสัชวิทยาสารก่อเจลโพลีเมอร์ที่เป็นระบบนำส่งยาและทำให้ยาอยู่ในรูปแบบเจล ได้แก่ ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส และ ไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส (Hydroxypropyl cellulose) การศึกษานี้เลือกใช้ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสหรือนาโทรซอล เนื่องจากเป็นสารที่ไม่มีประจุ มีความไวต่อปฏิกิริยาต่ำ สามารถละลายน้ำได้ดี ละลายได้ทั้งน้ำร้อนและน้ำเย็น ไม่ละลายในสารละลายอินทรีย์และมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (Biocompatibility) เจลคอลอเฮกซิดีนที่ผสมขึ้นมีความหนืดที่เหมาะสม มีความละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน สามารถไหลแผ่ออกมาจากปลายเข็มที่ใช้สำหรับการนำยาเข้าสู่คลองรากฟันได้

สะดวก นอกจากนี้ได้ทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของเจลด้วยเครื่องยูวีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่าเจลคอลลอยด์ที่ผสมขึ้นมีสัดส่วนการดูดกลืนแสงเท่ากันอย่างสม่ำเสมอโดยตลอดเนื้อเจล แสดงว่าเจลมีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenous) ข้อพิจารณาอีกประการหนึ่งสำหรับการเลือกใช้นาโทรซอลเป็นสารก่อเจลในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ นาโทรซอลเป็นสารที่ไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการต้านเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสพีคัลลิส จากการศึกษาของ Silva และคณะ (Silva et al., 2014) [6] ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการต้านเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสพีคัลลิสของเจลคอลลอยด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 เปรียบเทียบกับเจล ด็อกซีไซคลินไฮโดรคลอไรด์ (Doxycycline hydrochloride) ความเข้มข้นร้อยละ 3 ที่ผลิตจากสารก่อเจลนาโทรซอล โดยทดสอบประสิทธิภาพการต้านเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสพีคัลลิสในพื้นที่ถูกถอน ด้วยวิธีการนับจำนวนโคโลนีฟอร์มมิงยูนิตจากการเพาะเลี้ยงเชื้อที่ระยะเวลา 7 วันหลังจากการใส่ยาในคลองรากฟันแล้ว 14 วัน ผลการศึกษาพบว่าเจลคอลลอยด์ที่มีจำนวนเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสพีคัลลิสลดลงมากกว่าเจลด็อกซีไซคลินไฮโดรคลอไรด์แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้นาโทรซอลเป็นสารก่อเจลของคอลลอยด์เมื่อใช้เป็นยาใส่ในคลองรากฟันไม่มีผลลดประสิทธิภาพในการต้านเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสพีคัลลิส

การศึกษาด้วยวิธีการแพร่บนวุ้น มีข้อจำกัดของวิธีการศึกษาบางประการ การวัดผลการศึกษาดูจากการประเมินเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งสามารถบอกได้ถึงศักยภาพ (potential) ของสารที่แพร่ในวุ้นไปสัมผัสกับเชื้อ จึงมีปัจจัยที่มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้ง 3 ปัจจัย ปัจจัยที่หนึ่งคือประสิทธิภาพของสารในการต้านเชื้อ ปัจจัยที่สองคือความเข้มข้นของสารทดสอบ โดยในสารชนิดเดียวกัน ถ้าความเข้มข้นสูงขึ้นมักมีแนวโน้มให้โซนการยับยั้งที่กว้างกว่า ปัจจัยที่สามคือมวลโมเลกุลของสารแต่ละชนิด สารที่มีมวลโมเลกุลมากมักมีอัตราการแพร่ของสารช้ากว่าสารที่มีมวลโมเลกุลที่เล็กกว่า (Davis & Stout, 1971) [11] ผลจากการศึกษาค้นคว้าพบว่า คอลลอยด์ทั้ง 3 ชนิดทำให้เกิดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งขึ้นในขณะที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ไม่เกิดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้ง เป็นการยืนยันความถูกต้องวิธีและขั้นตอนของการศึกษาและยืนยันว่าเจลคอลลอยด์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสพีคัลลิส เจลคอลลอยด์ที่พัฒนาขึ้นและเจลคอลลอยด์คอลลอยด์คอนเซ็ปชัสมิมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งที่น้อยกว่าสารละลายคอลลอยด์คอลลอยด์ เนื่องจากมวลโมเลกุลของสารที่อยู่ในรูปแบบเจล ทั้งเจลคอลลอยด์ที่พัฒนาขึ้นและเจลคอลลอยด์คอลลอยด์คอนเซ็ปชัสมิมีมวลโมเลกุลของเจลที่มากกว่ามวลโมเลกุลของสารละลายคอลลอยด์ จึงมีอัตราการแพร่ของสารในเจลได้ช้ากว่า การศึกษาของ Basrani และคณะ (Basrani et al., 2003) [12] เปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสพีคัลลิสด้วยวิธีการแพร่บนวุ้นที่ระยะเวลา 1 วัน พบว่าเจลคอลลอยด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งที่มากกว่าเจลคอลลอยด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับคอลลอยด์มีเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งน้อยกว่าคอลลอยด์และแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพียงอย่างเดียวไม่ทำให้เกิดโซนการยับยั้ง ผลการศึกษาแสดงถึงปัจจัยที่มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งคือ ประสิทธิภาพของตัวยาที่ทดสอบคือคอลลอยด์ที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสพีคัลลิส ในขณะที่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ไม่มีคุณสมบัติต้านเชื้อชนิดนี้ และปัจจัยในเรื่องของความเข้มข้นของสาร โดยเจลคอลลอยด์ที่ความเข้มข้นสูงกว่า มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งที่มากกว่าคอลลอยด์ที่ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีความเข้มข้นของคอลลอยด์น้อยจึงเกิดโซนการยับยั้งขนาดเล็กกว่าคอลลอยด์ที่ไม่ได้ผสมสารอื่น

การศึกษาค้นคว้านี้ ประเมินผลที่ระยะเวลา 1 7 14 วัน และ 21 วัน พบว่าเจลคอลลอยด์ที่พัฒนาขึ้นและเจลคอลลอยด์คอนเซ็ปชัสมิมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งเพิ่มขึ้นตามเวลา แสดงถึงประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้นตามเวลาและมีความคงตัวของประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อได้นานถึง 21 วัน ในขณะที่สารละลายคอลลอยด์คอลลอยด์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนการยับยั้งในวันที่ 21 ลดลงจากวันที่ 14 อย่างมีนัยสำคัญ

แสดงถึงการลดลงของประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ ทำให้มีการเจริญของแบคทีเรียขึ้นใหม่บนวัน สอดคล้องกับ
ศึกษาการศึกษาของ Lenet และคณะ (Lenet et al., 2000) [13] ซึ่งเปรียบเทียบประสิทธิภาพการต้านเชื้อในคลอง
รากฟันวีที่ถูกลดลง ระหว่างคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 25 ที่มีระบบควบคุมการนำส่งยา (Controlled
release delivery) เป็นแท่งกัตาเปอร์ชา คลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 รูปแบบเจล แคลเซียมไฮดรอกไซด์
ผสมน้ำเกลือ ใส่ยาในคลองรากฟันเป็นเวลา 7 วัน แล้วจึงนำเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสเพาะลงในคลองรากฟัน
เป็นเวลา 21 วัน จากนั้นตรวจวัดปริมาณเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสที่เจริญเติบโตในท่อเนื้อฟัน โดยวัดค่าความ
ขุ่นของการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ใส่เจลคลอเฮกซิดีนทุกความลึก
ของชั้นเนื้อฟันมีค่าความขุ่นของเชื้อ (Optical density) ต่ำที่สุด แสดงว่าเจลคลอเฮกซิดีนสามารถยับยั้งเชื้อเอ็น
เทอโรคอคคัสฟีคัลลิสได้ดีกว่าสารละลายคลอเฮกซิดีนและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากเจลสามารถเกาะตัวบน
พื้นผิวได้ดี มีการคงอยู่ที่ผนังด้านในของคลองรากฟันได้นาน โดยเนื้อฟันมีองค์ประกอบหลักคือ ไฮดรอกซี
อะพาไทท์ (hydroxyapatite) สามารถดูดซับประจุบวกของคลอเฮกซิดีนเข้าไปในท่อเนื้อฟันและค่อย ๆ ปล่อย
ออกมาอย่างช้า ๆ ส่งผลให้คงมีประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียได้นาน (Athanassiadis
et al., 2007) [2]

ภายใต้ข้อจำกัดจากการศึกษาของการศึกษาในห้องปฏิบัติการครั้งนี้สรุปได้ว่าเจลคลอเฮกซิดีน
ที่พัฒนาขึ้น เจลคอนเซปชันวี และสารละลายคลอเฮกซิดีน มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อเอ็นเทอโร
คอคคัสฟีคัลลิส โดยเจลคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่พัฒนาขึ้นและเจลคอนเซปชันวีมีประสิทธิภาพ
เท่าเทียมกัน สามารถยับยั้งเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสได้ถึง 21 วัน ในขณะที่สารละลายคลอเฮกซิดีนสามารถ
ยับยั้งเชื้อเอ็นเทอโรคอคคัสฟีคัลลิสได้เพียง 14 วัน ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาเป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้น
ควรมีการศึกษาต่อไปถึงประสิทธิภาพการต้านเชื้อในคลองรากฟันจริง รวมถึงภายในคลองรากฟันมีความซับซ้อน
และจุลินทรีย์ในช่องปากมีการรวมกลุ่มกันหลายชนิดที่ติดบนพื้นผิว หรือไบโอฟิล์ม (Biofilm) อย่างไรก็ตามการศึกษา
ครั้งนี้สามารถนำองค์ความรู้มาเป็นพื้นฐานในการศึกษาเพื่อพัฒนามาใช้ในผู้ป่วยจริงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Noda, M., Komatsu, H., Inoue, S., and Sano, H. (2000). Antibiotic susceptibility of bacteria detected from the root canal exudate of persistent apical periodontitis. *J Endod*, 26(4), 221-224.
- [2] Athanassiadis, B., Abbott, P. V., and Walsh, L. J. (2007). The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics. *Aust Dent J*, 52(1 Suppl), S64-82.
- [3] Ferraz, C. C., Gomes, B. P., Zaia, A. A., Teixeira, F. B., and Souza-Filho, F. J. (2001). In vitro assessment of the antimicrobial action and the mechanical ability of chlorhexidine gel as an endodontic irrigant. *J Endod*, 27(3), 452-455.
- [4] Fini, A., Bergamante, V., and Ceschel, G. C. (2011). Mucoadhesive gels designed for the controlled release of chlorhexidine in the oral cavity. *Pharmaceutics*, 3(4), 665-679.
- [5] Mathew, R., Sukumaran, A. S., Singh, P., and Varughese, A. V. (2022). Evaluation of the efficacy of different intracanal medicaments against *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis* - An In-Vitro study. *Indian J Dent Res*, 33(4), 440-444.
- [6] Silva, A. R., Pinto, S. C., Santos, E. B., Santos, F. A., Farago, P. V., Gomes, J. C., Pina-Vaz, I., and Carvalho, M. F. (2014). New intracanal formulations containing doxycycline or chlorhexidine against *Enterococcus faecalis*. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 15(1), 61-65.

- [7] Câmara De Bem, S. H., Estrela, C., Guedes, D. F., Sousa-Neto, M. D., and Pécora, J. D. (2014). Determination of chemical components derived from 2% chlorhexidine gel degradation using gas chromatography-mass spectrometry. *Acta Odontol Scand*, 72(8), 630-638.
- [8] Ooi, H. Y., Tee, W. Y., Davamani, F., and Nagendrababu, V. (2019). Comparing the antimicrobial efficacy of pediocin with chlorhexidine and calcium hydroxide as intracanal medicaments against persistent root canal infections. *J Conserv Dent*, 22(3), 241-244.
- [9] Sharifian, M. R., Shokouhinejad, N., Aligholi, M., Emaneini, M., Katebi, A., and Assadian, H. (2008). In Vitro Comparison of the Effectiveness of Chlorhexidine and Two Calcium Hydroxide Formulations on *Enterococcus Faecalis*. *Iran Endod J*, 3(3), 50-58.
- [10] Alonso, C. A., Domínguez, C., Heras, J., Mata, E., Pascual, V., Torres, C., and Zarazaga, M. (2017). Antibioqramj: A tool for analysing images from disk diffusion tests. *Comput Methods Programs Biomed*, 143, 159-169.
- [11] Davis, W., and Stout, T. (1971). Disc plate method of microbiological antibiotic assay. I. Factors influencing variability and error. *Appl Microbiol*, 22(4), 659-665.
- [12] Basrani, B., Tjäderhane, L., Santos, J. M., Pascon, E., Grad, H., Lawrence, H. P., and Friedman, S. (2003). Efficacy of chlorhexidine- and calcium hydroxide-containing medicaments against *Enterococcus faecalis* in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 96(5), 618-624.
- [13] Lenet, B. J., Komorowski, R., Wu, X. Y., Huang, J., Grad, H., Lawrence, H. P., and Friedman, S. (2000). Antimicrobial substantivity of bovine root dentin exposed to different chlorhexidine delivery vehicles. *J Endod*, 26(11), 652-655.

**SWUCON2023-002: การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของซิลิโคนทำความสะอาด
ช่องปากสองชนิดในการกำจัดคราบอาหาร : ในห้องปฏิบัติการ
A COMPARATIVE STUDY OF THE CLEANING EFFICIENCY OF TWO SILICONE
MOUTH SWABS ON FOOD DEBRIS REMOVAL : IN VITRO**

อัจสะพณ ปันจาด^{1*}, พรสวรรค์ ธนธรวงศ์²

Thussapon Punjad^{1}, Bhornsawan Thanathornwong²*

¹สาขาทันตกรรมผู้สูงอายุ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹Program in Geriatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University.

²ภาควิชาทันตกรรมทั่วไป คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²Department of General Dentistry, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University.

*Corresponding author, e-mail: thussapon.punjad@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำความสะอาดของหัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากผลิตภัณฑ์ MC 3 กับหัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากต้นแบบ มศว โดยทดสอบในห้องปฏิบัติการ วิธีการดำเนินงานวิจัย: เตรียมพื้นผิวแผ่นซิลิโคนเพื่อจำลองสภาพเยื่อช่องปากขณะมีอาหารสะสมบริเวณกระพุ้งแก้มด้วยการนำคราบอาหารที่มีลักษณะขุ่นมากสีม่วงเข้มมาเคลือบบริเวณพื้นผิวหนา 3.0 มิลลิเมตรในการศึกษานี้ใช้หัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากผลิตภัณฑ์ MC 3 (กลุ่มควบคุม) และต้นแบบของ มศว (กลุ่มทดลอง) โดยนำหัวซิลิโคนต่อประกอบเข้ากับเครื่องแปรงฟัน V.P.2000 ตั้งค่าให้เครื่องแปรงฟันทำการแปรงบริเวณพื้นผิวคราบอาหารจำลอง ลักษณะหัวซิลิโคนจะเคลื่อนที่ไปและกลับด้วยความเร็ว 75 รอบต่อนาที โดยหัวซิลิโคนสัมผัสพื้นผิวขณะแปรงไปและกลับรวม 25 รอบ ด้วยขนาดแรงกด 2.45 นิวตัน ทำการทดสอบกลุ่มละ 21 ครั้ง จากนั้นถ่ายภาพพื้นผิวแผ่นซิลิโคนหลังทดสอบทุกครั้งแล้วหาขนาดพื้นที่บริเวณที่คราบอาหารถูกกำจัดไปด้วยโปรแกรม ImageJ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยผลการคำนวณเทียบสัดส่วนขนาดพื้นที่ที่คราบอาหารถูกกำจัดออกไปด้วยหัวซิลิโคน MC 3 และต้นแบบต่อขนาดพื้นที่ที่กำจัดคราบอาหารออกไปได้สูงสุด โดยหัวซิลิโคนชนิดเดียวกันด้วยสถิติการทดสอบชาไฟโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk's W test) และที (Independent sample t-test) ผลการศึกษา: ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของขนาดพื้นที่ที่คราบอาหารถูกกำจัดออกไปด้วยหัวซิลิโคน MC 3 และต้นแบบเท่ากับ 0.81 ± 0.07 และ 0.83 ± 0.12 ตารางมิลลิเมตรตามลำดับ และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยพื้นที่ที่คราบอาหารถูกกำจัดออก ระหว่างกลุ่มหัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปาก MC 3 และกลุ่มต้นแบบ มศว (p -value = 0.696) สรุปผลการวิจัย: ซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากผลิตภัณฑ์ MC 3 และต้นแบบ มศว มีประสิทธิภาพในการกำจัดคราบอาหารไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: อุปกรณ์ทำความสะอาดช่องปาก ผู้สูงอายุ ทันตกรรมผู้สูงอายุ

Abstract

The objective of this study is was to compare the cleaning efficiency of two silicone mouth swab heads to removing food debris in vitro. The methods were as follows: a silicone pad covered with purple and extremely stick food was prepared as food debris deposits on a tissue surface simulation. Each silicone head group was assembled with a tooth brushing machine V.P.2000 which delivered 2.45 N force with a frequency of 75 round/min. Each group was assigned to generate surface brushing for 25 times. After brushing, photos were taken, and the area of food debris removal was measured by using the ImageJ software. The data were calculated the ratio for food debris removal of two silicone mouth swab heads and then analyzed by Shapiro-Wilk's W test and an independent sample t-test. The results were as follows: the means of ratio for food debris removal of silicone mouth swab heads MC 3 and SWU prototype were 0.81 ± 0.07 and 0.83 ± 0.12 mm² respectively. No significant differences of the area of food debris removal were revealed between MC 3 and SWU groups (p -value = 0.696).

Keywords: Oral Cleanser, Adult, Geriatric Dentistry

บทนำ

การดูแลอนามัยในช่องปากเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อสุขภาพร่างกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มผู้สูงอายุ ซึ่งมีสุขภาพร่างกายเสื่อมถอยอย่างมากตามวัย จากรายงานผลการสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากแห่งชาติครั้งที่ 8 ประเทศไทยของกรมอนามัย ปี พ.ศ. 2560 [1] รายงานว่า ในกลุ่มผู้สูงอายุพบฟันผุที่ยังไม่ได้รับการรักษา ร้อยละ 52.6 พบรากฟันผุที่สัมพันธ์กับเหงือกอักเสบ ร้อยละ 16.5 พบโรคปริทันต์อักเสบที่มีการทำลายของเนื้อเยื่อและกระดูกรองรับรากฟัน ร้อยละ 36.3 ของกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุทั้งหมดที่สำรวจและจากการศึกษาผลกระทบของโรคในช่องปากและโรคทางระบบพบว่า ผู้ป่วยที่เป็นโรคปริทันต์อักเสบมีความสัมพันธ์ทางสถิติในการป่วยเป็นโรคระบบ หัวใจและหลอดเลือด โรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดสมอง โรคเบาหวาน โรคสมองเสื่อม และโรคระบบทางเดินหายใจ [2]

ในปัจจุบันอุปกรณ์การดูแลทำความสะอาดช่องปากมีหลากหลายรูปแบบ ออกแบบมาเพื่อให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายในการกำจัดคราบจุลินทรีย์และเศษอาหารที่ติดบริเวณฟันและกระพุ้งแก้ม แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ 1) การกำจัดคราบจุลินทรีย์ (Plaque removal) อุปกรณ์ที่นิยมใช้ ได้แก่ แปรงสีฟัน แปรงซอกฟัน และไหมขัดฟัน การศึกษาของ Worthington และคณะ [3] พบว่า การใช้ไหมขัดฟัน แปรงซอกฟัน หลังจากแปรงฟันแล้วช่วยลดอาการเหงือกอักเสบได้ในระยะเวลาหนึ่ง และผลลัพธ์ของการใช้แปรงซอกฟันอาจจะดีกว่าการใช้ไหมขัดฟันในการลดอาการเหงือกอักเสบได้เมื่อใช้เป็นระยะเวลา 1 ถึง 3 เดือน แต่อย่างไรก็ตามยังมีความขัดแย้งกันของอีกหลายการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการกำจัดคราบจุลินทรีย์ 2) การกำจัดเศษอาหารที่ติดบริเวณฟันและกระพุ้งแก้มรวมถึงการเพิ่มความชุ่มชื้นในบริเวณดังกล่าวขณะทำความสะอาด อุปกรณ์ที่นิยมใช้ ได้แก่ ผ้าก๊อซ ก้านฟองน้ำ ซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากผลิตภัณฑ์ MC 3 สำหรับผู้สูงอายุที่มีภาวะฟุ้งฟิงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้อุปกรณ์ทำความสะอาดช่องปากที่ถูกออกแบบมาอย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดภาวะปอดอักเสบจากการสำลัก (Aspiration pneumonia) [4] ผู้สูงอายุบางกลุ่มมีการใช้ก้านฟองน้ำเพื่อทำความสะอาดช่องปาก และมีการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแปรงสีฟันกับก้านฟองน้ำเพื่อทำความสะอาดช่องปากในผู้ป่วยที่ใส่ท่อช่วยหายใจและนอนพักอยู่ในหอผู้ป่วยวิกฤต โดยพยาบาลทำความสะอาดช่องปาก พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดคราบจุลินทรีย์ของทั้งสองอุปกรณ์

ไม่แตกต่างกันและอาการเหงือกอักเสบลดลงเท่ากัน [5] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่แนะนำให้ใช้ก้านฟองน้ำเพื่อทำความสะอาดช่องปากแทนได้ในกลุ่มผู้ป่วยบางประเภทที่ไม่สามารถใช้แปรงสีฟันได้เนื่องจากรู้สึกเจ็บปวดเนื้อเยื่อในช่องปากอย่างมากขณะแปรงฟัน เช่น ผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็งบริเวณศีรษะหรือลำคอและอยู่ระหว่างการรักษาหรือหลังการรักษา [6]

อุปกรณ์ดูแลสุขภาพช่องปากสำหรับกลุ่มผู้สูงอายุโดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีภาวะฟันผุซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้ก้านฟองน้ำเพื่อทำความสะอาดช่องปาก โดยองค์กรควบคุมด้านการแพทย์และเวชภัณฑ์ ประเทศสหราชอาณาจักร [7] มีรายงานการเกิดอุบัติเหตุที่ว่า ส่วนฟองน้ำของก้านฟองน้ำนั้นหลุดเข้าไปในช่องปากของผู้สูงอายุขณะทำความสะอาดช่องปาก จำนวน 113 ราย และในจำนวนนี้ พบผู้สูงอายุ 4 ราย กลืนฟองน้ำที่หลุดเข้าไปในระบบทางเดินอาหาร และพบผู้สูงอายุ 1 รายในจำนวน 4 รายนี้ มีอาการสำลักฟองน้ำเนื่องจากฟองน้ำติดคอ องค์กรแห่งนี้จึงออกประกาศเตือนการใช้อุปกรณ์นี้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2012 เป็นต้นมา และเปลี่ยนมาใช้เป็นซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากแทน เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวหาซื้อในประเทศไทยได้ยากทางภาควิชาทันตกรรมทั่วไป คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จึงได้พัฒนาและผลิตซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากต้นแบบขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำความสะอาดของหัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากผลิตภัณฑ์ MC 3 กับหัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากต้นแบบโดยทดสอบในห้องปฏิบัติการ

วิธีดำเนินการวิจัย

การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างควบคุม คือ หัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากผลิตภัณฑ์ MC 3 (MC3 mouth cleanser, Oral Care Innovations, Abergele, United Kingdom) ความยาวของส่วนหัวซิลิโคน 18.0 มิลลิเมตร และความยาวของส่วนขนซิลิโคน 4.0 มิลลิเมตร



ภาพที่ 1 ซิลิโคนทำความสะอาดช่องปาก ผลิตภัณฑ์ MC 3 (ส่วนหัวแปรง)

กลุ่มตัวอย่างทดลอง คือ หัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากต้นแบบ ภาควิชาทันตกรรมทั่วไป คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยเริ่มจากกำหนดวัตถุประสงค์ของนวัตกรรม จากนั้นสร้างแบบร่างสามมิติของหัวซิลิโคน และผลิตหัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปาก ตามลำดับ ความยาวของส่วนหัวซิลิโคน 24.0 มิลลิเมตร และความยาวของส่วนขนซิลิโคน 2.0 มิลลิเมตร



ภาพที่ 2 ซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากต้นแบบ (ส่วนหัวแปรง)

กำหนดขนาดตัวอย่างใช้โปรแกรม G*Power (version 3.1.9.4, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Northrhine-Westphalia, Germany) [8] โดยกำหนดค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) เท่ากับ 0.8 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 และค่าอำนาจทดสอบ (Power of test) เท่ากับ 0.80 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้สองกลุ่ม คือ ทดสอบกลุ่มละ 21 ครั้ง

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเตรียมพื้นผิวแผ่นซิลิโคนเพื่อจำลองสภาพขณะมีอาหารสะสมอยู่

นำแผ่นซิลิโคนสำหรับฝึกเย็บมาใช้เป็นสิ่งแทนเยื่อในช่องปาก (ขนาดกว้าง 90.0 มิลลิเมตร ยาว 135.0 มิลลิเมตร) จากนั้นเตรียมอาหารเหลวที่มีลักษณะข้นมาก โดยใช้วัตถุเจือปนอาหาร (Food additives) ผลิตภัณฑ์ทิกเคนอัพเคลียร์ (ThickenUp Clear, Nestle Health Science (Detusch) GmbH, Frankfurt, Germany) มาใช้สำหรับปรับความข้นหนืดให้ได้อาหารเหลวที่มีลักษณะข้นมาก (Extremely thick) ตามการจัดแบ่งขององค์กรมาตรฐานอาหารสำหรับผู้ป่วยกลืนลำบากนานาชาติที่ผสมสีเสร็จเรียบร้อยแล้วปริมาตร 10.0 มิลลิลิตร เทลงไปในแผ่นซิลิโคนที่เตรียมไว้ ความกว้าง 50.0 มิลลิเมตร ความยาว 135.0 มิลลิเมตร ความหนาของอาหารเหลวประมาณ 3.0 มิลลิเมตร



ภาพที่ 3 การเตรียมพื้นผิวแผ่นซิลิโคนเพื่อจำลองสภาพขณะมีอาหารสะสมอยู่

2. การทดสอบประสิทธิภาพอุปกรณ์ด้วยเครื่องแปรงฟัน V.P. 2000

นำหัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากติดตั้งเข้ากับเครื่องแปรงฟัน V.P.2000 (Tooth brushing machine V.P.2000, Warren Tech, NY, USA) ที่มีตุ้มน้ำหนักรวม 250 กรัม (2.45 นิวตัน) [9] ถ่วงอยู่ ซึ่งเป็นขนาดของแรงที่เหมาะสมในการแปรงฟันที่ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดคราบอาหาร ส่วนหัวของซิลิโคนจะสัมผัสกับพื้นผิวซิลิโคนที่ใส่แทนเยื่อในช่องปาก



ภาพที่ 4 การติดตั้งหัวซิลิโคนและตุ้มน้ำหนักเข้ากับเครื่องแปรงฟัน V.P.2000

ทดสอบโดยตั้งค่าเครื่องแปรงฟัน V.P.2000 คือ ความเร็ว 75 รอบ/นาที โดยหัวซิลิโคนสัมผัสพื้นผิวขณะแปรงไปและกลับรวม 25 รอบ เมื่อทดสอบแต่ละครั้งเสร็จแล้ว หลังจากนั้นนำแผ่นซิลิโคนไปถ่ายภาพดิจิทัลด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัล ผลิตภัณฑ์ Olympus รุ่น OMD EM 10 MARK II (Olympus OM-D E-M10 MarkII

Digital Mirrorless, Olympus Corporation, Tokyo, Japan) ตั้งค่าความกว้างรูรับแสง เท่ากับ F5.0 ค่าความไวชัตเตอร์ (Speed shutter) เท่ากับ 1/60 ค่าความไวแสง (ISO) เท่ากับ 1600



ภาพที่ 5 ภาพถ่ายดิจิทัลของแผ่นซีดีคอนหลังทำการทดสอบ (A คือ บริเวณที่คราบอาหารถูกกำจัดออกไปโดยหัวซีดีคอนทำความสะอาดช่องปาก, B คือ สภาพจำลองคราบอาหารที่ยังสะสมอยู่)

3. ทำการวิเคราะห์ขนาดพื้นที่บริเวณที่เศษอาหารถูกกำจัดออกไปด้วยโปรแกรม ImageJ (ImageJ, NIH, USA) (หน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

2. สถิติเชิงอนุมาน

เนื่องจากหัวซีดีคอนทำความสะอาดช่องปากของกลุ่มตัวอย่างควบคุมและกลุ่มตัวอย่างทดลองมีรูปร่างลักษณะและความยาวของหัวซีดีคอนแตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหัวซีดีคอนทำความสะอาดช่องปากทั้งสองชนิด จึงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยขนาดพื้นที่บริเวณที่คราบอาหารถูกกำจัดออกไปโดยหัวซีดีคอนทำความสะอาดช่องปากทั้งสองชนิดแต่ละครั้งเทียบกับขนาดพื้นที่ที่ถูกกำจัดออกไปได้สูงสุดโดยหัวซีดีคอนทำความสะอาดช่องปากชนิดนั้น

ดังนั้น ข้อมูลการทดสอบแต่ละครั้งก็นำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงอนุมาน หาได้จากการคำนวณดังนี้

$$\frac{\text{ขนาดพื้นที่บริเวณที่คราบอาหารถูกกำจัดออกไปโดยหัวซีดีคอนทำความสะอาดช่องปาก}}{\text{ขนาดพื้นที่บริเวณที่ถูกกำจัดออกไปได้สูงสุดโดยหัวซีดีคอนชนิดเดียวกัน}}$$

จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณแต่ละครั้งมาพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลแบบโค้งปกติ (Normal distribution) โดยใช้สถิติชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk's W test) และพิจารณาความแตกต่างกันทางสถิติของตัวแปรอิสระและตัวแปรตามโดยใช้สถิติการทดสอบที (Independent sample t test) ที่ ค่าพี (p -value) < 0.05 ถือว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิจัย

ขนาดพื้นที่บริเวณที่คราบอาหารถูกกำจัดออกไปโดยซีดีคอนทำความสะอาดช่องปากผลิตภัณฑ์ MC 3 มีค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ 893.0 ตารางมิลลิเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 71.5 ตารางมิลลิเมตร

ขนาดพื้นที่บริเวณที่คราบอาหารถูกกำจัดออกไปโดยซีดีคอนทำความสะอาดช่องปากต้นแบบ มีค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ 1,223.0 ตารางมิลลิเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 174.0 ตารางมิลลิเมตร

การเปรียบเทียบผลการเทียบสัดส่วนขนาดพื้นที่บริเวณที่อาหารถูกกำจัดออกไปโดยหัวซลิโคนทำความสะอาดช่องปากทั้งสองชนิดต่อขนาดพื้นที่ที่ทราบอาหารถูกกำจัดออกไปได้สูงสุดโดยหัวซลิโคนทำความสะอาดช่องปากชนิดเดียวกัน



ภาพที่ 6 แผนภาพกล่องแสดงค่ามัธยฐานและค่าควอไทล์ผลเทียบสัดส่วนขนาดพื้นที่บริเวณอาหารถูกกำจัดออกไปโดยหัวซลิโคนทำความสะอาดช่องปากทั้งสองชนิดต่อขนาดพื้นที่ที่ถูกกำจัดออกไปได้สูงสุดโดยหัวซลิโคนทำความสะอาดช่องปากชนิดเดียวกัน

ตารางที่ 1 ผลการคำนวณเทียบสัดส่วนขนาดพื้นที่บริเวณที่อาหารถูกกำจัดออกไปโดยหัวซลิโคนทำความสะอาดช่องปากต้นแบบ ของ มศว ต่อขนาดพื้นที่ที่ทราบอาหารถูกกำจัดออกไปได้สูงสุดโดยหัวซลิโคนทำความสะอาดช่องปากชนิดเดียวกัน

รหัสทดสอบ	ขนาดพื้นที่บริเวณที่อาหารถูกกำจัดออกไปโดยหัวซลิโคนทำความสะอาดช่องปากต้นแบบ ของ มศว.ต่อขนาดพื้นที่ที่ถูกกำจัดออกไปได้สูงสุดโดยหัวซลิโคนทำความสะอาดช่องปากชนิดเดียวกัน	ผลการคำนวณเทียบสัดส่วน
A1	940.31: 1,475.02	0.63
A2	1,107.34: 1,475.02	0.75
A3	824.18: 1,475.02	0.56
A4	1,227.75: 1,475.02	0.83
A5	1,160.13: 1,475.02	0.79
A6	1,310.44: 1,475.02	0.89
A7	1,389.52: 1,475.02	0.94
A8	1,154.52: 1,475.02	0.78
A9	1,434.47: 1,475.02	0.97
A10	1,457.88: 1,475.02	0.99
A11	1,377.52: 1,475.02	0.93
A12	1,343.59: 1,475.02	0.91
A13	1,230.32: 1,475.02	0.83
A14	1,234.34: 1,475.02	0.84
A15	1,321.02: 1,475.02	0.89

รหัสทดสอบ	ขนาดพื้นที่บริเวณที่อาหารถูกกำจัดออกไป โดยหัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปาก ต้นแบบ ของ มศว.ต่อขนาดพื้นที่ที่ถูกกำจัด ออกไปได้สูงสุดโดยหัวซิลิโคนทำความสะอาด ช่องปากชนิดเดียวกัน	ผลการคำนวณเทียบสัดส่วน
A16	961.51: 1,475.02	0.65
A17	1,063.15: 1,475.02	0.72
A18	1,136.99: 1,475.02	0.77
A19	1,453.96: 1,475.02	0.98
A20	1,289.37: 1,475.02	0.87
A21	1,264.46: 1,475.02	0.86
Mean & S.D.		0.83±0.12

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณเทียบสัดส่วนขนาดพื้นที่บริเวณที่อาหารถูกกำจัดออกไปโดยหัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปาก MC 3 ต่อขนาดพื้นที่ที่คราบอาหารถูกกำจัดออกไปได้สูงสุดโดยหัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากชนิดเดียวกัน

รหัสทดสอบ	ขนาดพื้นที่บริเวณที่อาหารถูกกำจัดออกไป โดยหัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปาก ต้นแบบ ของ มศว.ต่อขนาดพื้นที่ที่ถูกกำจัด ออกไปได้สูงสุดโดยหัวซิลิโคนทำความสะอาด ช่องปากชนิดเดียวกัน	ผลการคำนวณเทียบสัดส่วน
B1	868.76:1,092.60	0.79
B2	893.11:1,092.60	0.82
B3	898.32:1,092.60	0.82
B4	823.16:1,092.60	0.75
B5	1,010.34:1,092.60	0.92
B6	856.61:1,092.60	0.78
B7	959.73:1,092.60	0.88
B8	875.95:1,092.60	0.80
B9	812.20:1,092.60	0.74
B10	750.06:1,092.60	0.69
B11	787.14:1,092.60	0.72
B12	879.22:1,092.60	0.80
B13	1,011.87:1,092.60	0.93
B14	912.27:1,092.60	0.83
B15	946.32:1,092.60	0.87
B16	894.30:1,092.60	0.82
B17	849.07:1,092.60	0.77
B18	922.67:1,092.60	0.84
B19	1,026.71:1,092.60	0.94

รหัสทดสอบ	ขนาดพื้นที่บริเวณที่อาหารถูกกำจัดออกไป โดยหัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปาก ต้นแบบ ของ มศว. ต่อขนาดพื้นที่ที่ถูกกำจัด ออกไปได้สูงสุดโดยหัวซิลิโคนทำความสะอาด สะอาดช่องปากชนิดเดียวกัน	ผลการคำนวณเทียบสัดส่วน
B20	875.75:1,092.60	0.80
B21	904.75:1,092.60	0.83
Mean & S.D.		0.81±0.07

วิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพการกำจัดคราบอาหารของซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากทั้งสองชนิด ชนิดละ 21 ครั้งโดยใช้สถิติชาปิโรวิลค์ Shapiro-Wilk's W test พบว่า ค่าพี (p-value) เท่ากับ 0.302 จึงสรุปได้ว่า ข้อมูลแจกแจงโค้งปกติ

วิเคราะห์ความแตกต่างกันทางสถิติของตัวแปรอิสระ (หัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากทั้งสองชนิด) และตัวแปรตาม (ผลการเทียบสัดส่วนขนาดพื้นที่บริเวณที่อาหารถูกกำจัดออกไปโดยหัวซิลิโคนทั้งสองชนิด ต่อขนาดพื้นที่ที่กำจัดออกไปได้สูงสุดโดยหัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากชนิดเดียวกัน) โดยใช้สถิติการทดสอบที (Independent sample t test) พบว่า ค่าพี เท่ากับ 0.696 จึงสรุปได้ว่า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของพื้นที่บริเวณที่อาหารถูกกำจัดออกไประหว่างกลุ่มหัวซิลิโคน MC3 กับ กลุ่มหัวซิลิโคนต้นแบบมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำความสะอาดของหัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปาก ผลิตภัณฑ์ MC 3 กับหัวซิลิโคนต้นแบบโดยทดสอบในห้องปฏิบัติการ ทดสอบซิลิโคนกลุ่มตัวอย่างชนิดละ 21 ครั้ง สรุปผลได้ดังต่อไปนี้ ซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากทั้งสองชนิดมีประสิทธิภาพในการกำจัดคราบอาหารไม่แตกต่างกัน

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากสองชนิดในการกำจัดคราบอาหารซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทำความสะอาดช่องปากของผู้สูงอายุที่มีภาวะฟันผุ โดยทำการทดสอบด้วยเครื่องแปร่งฟัน V.P. 2000 การศึกษาของ Marino และคณะ [10] ในปี ค.ศ. 2016 ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพอุปกรณ์ที่ใช้ทำความสะอาดช่องปากในผู้ป่วยที่มีภาวะเปราะบางโดยทำการศึกษาประสิทธิภาพของก้านทำความสะอาดช่องปากกับแปรงสีฟันในผู้ป่วยที่ใส่ท่อช่วยหายใจ พบว่าประสิทธิภาพของอุปกรณ์ทำความสะอาดช่องปากทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน และสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ประสิทธิภาพของซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน โดยซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากผลิตภัณฑ์ MC 3 และต้นแบบ มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการเทียบสัดส่วนขนาดพื้นที่บริเวณที่อาหารถูกกำจัดออกไปต่อขนาดพื้นที่ที่กำจัดออกไปได้สูงสุดโดยหัวซิลิโคนทำความสะอาดชนิดเดียวกัน เท่ากับ 0.81 ± 0.07 และ 0.83 ± 0.12 ตามลำดับ แม้จะมีลักษณะของหัวซิลิโคนเกี่ยวกับการเรียงตัวของขนซิลิโคนและความยาวของหัวซิลิโคนแตกต่างกันอย่างไรก็ตามในการศึกษาของ Sriprya และคณะ [11] ในปี ค.ศ. 2007 ได้รายงานผลการศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียงตัวของขนแปรงสีฟันแบบต่างๆในการลดคราบจุลินทรีย์พบว่า มีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดฟันไม่แตกต่างกัน สำหรับในเรื่องความยาวของหัวแปรงนั้น แผนกสภาวะสุขภาพช่องปากศึกษาของเขตบริหารพิเศษฮ่องกง [12] ในปี ค.ศ. 2023 รายงานว่า ความยาวของหัวแปรงที่มีความเหมาะสมกับขนาดของช่องปากมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของแปรงสีฟันที่มีหัวแปรงที่แตกต่างกันนั้น

โดยความยาวของหัวแปรงที่เหมาะสมตามอายุของผู้ใช้งาน ความยาวของหัวแปรงสำหรับเด็ก อายุ 0-2 ปี เท่ากับ 15.0 มิลลิเมตร อายุ 12 ปีขึ้นไป เท่ากับ 25.0 มิลลิเมตร ในการศึกษาขนาดความยาวของหัวซิลิโคน ทำความสะอาดช่องปากต้นแบบของ มศว เท่ากับ 24.0 มิลลิเมตร ซึ่งยาวกว่าขนาดความยาวของหัวซิลิโคน ทำความสะอาดช่องปาก MC 3 ซึ่งมีความยาวเท่ากับ 18.0 มิลลิเมตร

วิธีการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ทำความสะอาดช่องปากนั้นมีหลากหลายรูปแบบ มีทั้งเป็นวิธีการทดสอบในห้องปฏิบัติการและทดสอบการใช้งานในกลุ่มคนที่ใช้งานจริง เช่น การศึกษาของ Bizhang และคณะ [13] ปี ค.ศ. 2017 ได้ทำการทดสอบการสึกของขนแปรงสีฟันในสภาวะจำลองการแปรงบนเนื้อฟันของมนุษย์ (Dentine) ในห้องปฏิบัติการ โดยเครื่องมือที่ใช้ทดสอบการวิจัย คือ เครื่องแปรงฟัน DentTest ซึ่งเครื่องแปรงฟันชนิดนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาสำหรับใช้ทดสอบการทำความสะอาดฟันโดยการทำงานของเครื่องแปรงฟัน มี 2 แบบ คือ แปรงฟันด้วยพลังงานไฟฟ้าและแปรงฟันด้วยมือ และการศึกษาของ Schatzle และคณะ [14] ปี ค.ศ. 2008 ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพในการทำความสะอาดของแปรงสีฟันบริเวณรอบเครื่องมือที่ใช้ยึดติดฟัน (Bracket) โดยเครื่องมือที่ใช้ทดสอบการวิจัย คือ เครื่องแปรงฟันอัตโนมัติ ซึ่งเมื่อติดตั้งหัวแปรงเข้ากับเครื่องแปรงฟันอัตโนมัติแล้ว การทำงานของเครื่องแปรงฟันมีลักษณะการเคลื่อนที่ของหัวแปรงแบบไปและกลับ โดยหน้าตัดของหัวแปรงสัมผัสกับเครื่องมือที่ใช้ยึดติดฟัน สอดคล้องกับในการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำความสะอาดของซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากทั้งสองชนิด ซึ่งใช้เครื่องมือที่ใช้ทดสอบการวิจัย คือ เครื่องแปรงฟัน V.P. 2000 โดยมีการประยุกต์เครื่องแปรงฟันมาใช้ในการทดสอบหัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปาก การทำงานของเครื่องแปรงฟันมีลักษณะการเคลื่อนที่ของหัวแปรงแบบไปและกลับ โดยหน้าตัดของหัวซิลิโคนสัมผัสกับพื้นผิวซิลิโคนที่ใส่แทนเยื่อในช่องปาก อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของเครื่องแปรงฟันที่พบ คือ ลักษณะการเคลื่อนที่ของหัวแปรงหรือหัวซิลิโคนเคลื่อนที่ได้เพียงแนวระนาบเดียวเท่านั้น ยังไม่เหมือนลักษณะการใช้งานจริงในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีภาวะฟิงฟิงซึ่งหัวซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากมีลักษณะเคลื่อนที่หลายแนวพร้อมกัน

อุปกรณ์ทำความสะอาดช่องปากสำหรับผู้สูงอายุที่มีภาวะฟิงฟิงที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน เช่น ผ้าก๊อช ก้านฟองน้ำทำความสะอาดช่องปาก มีข้อดีของอุปกรณ์เหล่านี้ คือ วิธีการใช้งานที่ง่าย แต่ข้อเสียมีรายงานอุบัติการณ์ขององค์กรควบคุมด้านการแพทย์และเวชภัณฑ์ ประเทศอังกฤษ [5] พบว่า มีก้านฟองน้ำทำความสะอาดช่องปาก บริเวณส่วนฟองน้ำหลุดเข้าไปในช่องปากขณะใช้งานในผู้สูงอายุ จำนวน 13 ราย และในปี ค.ศ. 2016 มีการนำเสนอนวัตกรรมการทำทำความสะอาดช่องปากชนิดใหม่ ได้แก่ ซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากผลิตภัณฑ์ MC 3 ใช้สำหรับกำจัดคราบอาหารที่ติดอยู่บริเวณเนื้อเยื่ออ่อนในช่องปาก จึงนำมาสู่การพัฒนาอุปกรณ์ทำความสะอาดที่ใช้ในช่องปากและสามารถทำงานได้ดี มีประสิทธิภาพ ใช้งานง่าย มีความแข็งแรงไม่ชำรุดเสียหายง่ายและทำมาจากวัสดุที่มีความปลอดภัยสามารถใช้ผลิตอุปกรณ์การแพทย์ได้ [15-16]

ในประเทศสหราชอาณาจักรมีการใช้ซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากในการดูแลทำความสะอาดช่องปากผู้สูงอายุกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะซิลิโคนทำความสะอาดช่องปาก ผลิตภัณฑ์ MC 3 ซึ่งในส่วนหัวของซิลิโคนซึ่งเป็นบริเวณที่ใช้ทำความสะอาดช่องปาก มีลักษณะการเรียงตัวของขนซิลิโคนเป็นแนวตรงโดยรอบทั้งอันมีการศึกษาในอุปกรณ์ทำความสะอาดช่องปากประเภทใกล้เคียงกันเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการทำความสะอาด นั่นก็คือ การศึกษารูปแบบการเรียงตัวของหน้าตัดขนแปรงสีฟันแบบแบนราบ แบบซิกแซก แบบคลื่น พบว่ามีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดฟันไม่แตกต่างกัน แต่ระยะเวลาในการแปรงฟันที่เพิ่มมากขึ้นมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดคราบจุลินทรีย์ ซึ่งศูนย์พญกวิทยาและเวชศาสตร์ผู้สูงอายุแห่งประเทศไทย [17] ปี ค.ศ. 2014 ได้เสนอแนวทางสำหรับการออกแบบอุปกรณ์ทำความสะอาดช่องปากของผู้สูงอายุโดยเฉพาะ

ผู้สูงอายุที่มีภาวะฟังกิ่งงั้น ระยะเวลาในการทำความสะอาดช่องปากควรใช้เวลาสั้นที่สุด เนื่องจากความเสื่อมถอยในการทำหน้าที่ของอวัยวะในช่องปากของผู้สูงอายุ ผลกระทบของโรคทางระบบที่มีต่อสุขภาพผู้สูงอายุ

การศึกษานี้มีการออกแบบซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากต้นแบบให้ส่วนหัวของซิลิโคนมี 2 ลักษณะผสมกัน คือ ขนซิลิโคนเรียงตัวเป็นแนวตรงโดยรอบตลอดทั้งอัน และเพิ่มแนวสันซิลิโคนเป็นแนวเกลียวพันรอบส่วนหัวเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดคราบอาหารที่ระยาะความหนาที่แตกต่างกันในคราบอาหารบริเวณเดียวกัน และจากผลการศึกษาเปรียบเทียบโดยการคำนวณเทียบอัตราส่วนค่าเฉลี่ยขนาดพื้นที่บริเวณที่คราบอาหารถูกกำจัดออกไปพบว่า ซิลิโคนทำความสะอาดช่องปากต้นแบบกำจัดคราบอาหารได้มากกว่าในอัตราส่วน 1.3 เท่าของซิลิโคนทำความสะอาดช่องปาก MC 3 อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Oliveira และคณะ [18] ในปี ค.ศ. 2011 เกี่ยวกับการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแปรงสีฟันที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสในการกำจัดคราบจุลินทรีย์บนผิวฟันที่แตกต่างกัน โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างแปรงสีฟันด้ามเดียวที่มีหัวแปรง 3 หัว คือ มีหัวแปรงด้านแก้มจะมีส่วนด้านปลายขนหัวไปสัมผัสผิวฟันด้านแก้ม หัวแปรงด้านลิ้นจะมีส่วนด้านปลายขนหัวไปสัมผัสผิวฟันด้านลิ้น หัวแปรงด้านบดเคี้ยวจะมีส่วนด้านปลายขนหัวไปสัมผัสผิวฟันด้านบดเคี้ยว กับแปรงสีฟันด้ามเดียวที่มีหัวแปรงด้านเดียวตามปกติที่ใช้กันอยู่ทั่วไปพบว่ามีประสิทธิภาพเท่ากัน

ข้อจำกัดของการศึกษานี้คือ ลักษณะเคลื่อนไหวของอุปกรณ์ขณะที่ใช้ทดสอบสามารถเคลื่อนไหวได้ในแนวระนาบเดียว แต่ในขณะที่เมื่อใช้งานจริงกับผู้สูงอายุ ผู้ดูแลจะต้องจับอุปกรณ์เข้าไปในช่องปากแล้วออกแรงบิดเพื่อกำจัดคราบอาหารบริเวณกระพุ้งแก้ม ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวหลายมิติ การศึกษานี้รูปแบบการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ เป็นการถ่ายภาพแล้วนำเข้าโปรแกรมวิเคราะห์ภาพ ImageJ มีการศึกษาของนิโรบลและคณะ [19] ในปี ค.ศ. 2018 ได้รายงานว่าการเปรียบเทียบการวัดพื้นที่ผลด้วยวิธีการวาดเส้นขอบแปลบนแผ่นใสแล้วใช้เครื่องวัดขนาดแปล VisitreK™ และโปรแกรม ImageJ วัดขนาดแปลได้ไม่แตกต่างจากแปลที่ทราบขนาดจริง ในการศึกษาจึงนำโปรแกรมการวิเคราะห์ภาพ ImageJ มาใช้ในการวิเคราะห์ภาพเพื่อหาขนาดพื้นที่บริเวณที่คราบอาหารถูกกำจัดออกไป อย่างไรก็ตามภาพถ่ายมีความจำเป็นต้องถูกปรับค่าต่าง ๆ มากมายเพื่อให้เห็นขอบเขตบริเวณที่คราบอาหารถูกกำจัดออกไปที่ชัดเจน ถึงจะสามารถวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ออกมาซึ่งขนาดพื้นที่ภาพถ่ายที่คำนวณได้จากโปรแกรมอาจคลาดเคลื่อนไปจากพื้นที่บริเวณที่คราบอาหารถูกกำจัดออกไปในการทดสอบจริงได้มาก

การวิจัยในอนาคตเกี่ยวกับอุปกรณ์ทำความสะอาดช่องปากสำหรับผู้สูงอายุที่มีภาวะฟังกิ่งงั้น รูปแบบของส่วนหัวซิลิโคนส่วนที่ทำหน้าที่กำจัดคราบอาหาร ควรมีระดับความสูงที่แตกต่างกัน เรียงแถวสลับกัน 2-3 ระดับเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดคราบอาหารได้สะอาดมากขึ้นสลับ ในส่วนการออกแบบวิจัยในกลุ่มบุคคลนี้จัดเป็นกลุ่มบุคคลที่เปราะบาง ฉะนั้นควรทำการศึกษาทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่พัฒนาต่อเนื่องแล้วในห้องปฏิบัติการก่อน จนมั่นใจได้ว่า มีประสิทธิภาพดีพอและทนทานไม่ชำรุดง่ายขณะใช้งาน จากนั้นจึงทำการศึกษาในกลุ่มบุคคลที่มีสุขภาพร่างกายแข็งแรงปกติ ด้วยการระบุปัจจัยควบคุมที่ชัดเจน อาทิ วิธีการใช้งาน การออกแรงขณะใช้งาน การวัดผลหลังจากใช้งานด้วยการกำหนดดัชนีวัดระดับความสะอาดของกระพุ้งแก้มที่ชัดเจนแล้ว หรือออกแบบการวิจัยโดยให้กลุ่มอาสาสมัครมีการฝึกใช้อุปกรณ์ทำความสะอาดตามขั้นตอนที่กำหนด หลังจากนั้นแล้วจับเวลาตั้งแต่เริ่มทำการทดสอบโดยให้อุปกรณ์ทำความสะอาดช่องปากทำการกำจัดคราบอาหารออกจนหมดแล้วจึงหยุดจับเวลา แล้วนำระยะเวลาของการทดสอบที่ได้ในแต่ละครั้งมาวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ย เป็นต้น หลังจากนั้นแล้วถึงควรจะทำการศึกษาในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีภาวะฟังกิ่งงั้นตามมา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทเงินรายได้ของหน่วยงานของคณะทันตแพทยศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2566

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักทันตสาธารณสุข กรมอนามัย. (2561). รายงานผลการสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากแห่งชาติ ครั้งที่ 8 ประเทศไทย พ.ศ. 2560. สืบค้นจาก https://dental.anamai.moph.go.th/web-upload/migrated/files/dental2/n2423_3e9aed89eb9e4e3978640d0a60b44be6_survey8th_2nd.pdf
- [2] Chan AKY, Tamrakar M, Jiang CM, Lo ECM, Leung KCM, and Chu CH. (2021). Common medical and dental problems of older adults: A narrative review. *Geriatrics (Basel)*, 6(3). Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34449647/>
- [3] Worthington HV., MacDonald L., Poklepovic Pericic T., Sambunjak D., Johnson TM., Imai P., and et al. (2019). Home use of interdental cleaning devices, in addition to toothbrushing, for preventing and controlling periodontal diseases and dental caries. *Cochrane Database Syst Rev*, 4(4). Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30968949/>
- [4] Croghan JE., Burke EM., Caplan S., and Denman S. (1994). Pilot study of 12-month outcomes of nursing home patients with aspiration on videofluoroscopy. *Dysphagia*, 9(3). Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8082320/>
- [5] Marino PJ., Hannigan A., Haywood S., Cole JM., Palmer N., Emanuel C., and et al. (2016). Comparison of foam swabs and toothbrushes as oral hygiene interventions in mechanically ventilated patients: A randomised split mouth study. *BMJ Open Respir Res*, 3(1). Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5073587/>
- [6] Narain T., and Felipe E. (2017). Soft toothbrushes versus foam swabs for oral care: A review of the comparative clinical effectiveness, cost-effectiveness, and guidelines. *Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health, Ottawa (ON)*. Retrieved from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507042/pdf/Bookshelf_NBK507042.pdf
- [7] Howells L. (2012). *Foam mouth swabs - patient safety incidents*. Retrieved from <http://www.1000livesplus.wales.nhs.uk/sitesplus/documents/1011/Foam%20swabs%20incidents%20-%20NPSA%20data.pdf>
- [8] Faul F., Erdfelder E., Lang AG., and Buchner A. (2007). G*power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods*, 39(2). 175-191.
- [9] Pujarern P., Rodanant P., Warinsiriruk E., and Rattanasuwan K. (2021). Evaluation of the optimum brushing force on dental plaque removal: an *in vitro* study. *M Dent J*, 41(1). 75-82.
- [10] Marino PJ, Hannigan A., Haywood S., Cole JM., Palmer N., Emanuel C., and et al. (2016). Comparison of foam swabs and toothbrushes as oral hygiene interventions in mechanically ventilated patients: A randomised split mouth study. *BMJ Open Respir Res*, 3(1). Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5073587/>

- [11] Sripriya, N., and Shaik Hyder Ali KH. (2007). A comparative study of the efficacy of four different bristle designs of tooth brushes in plaque removal. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*, 25(2), 76-81.
- [12] Oral Health Education Division, The government of hongkong special administrative region. (2023). *Oral care product*. Retrieved from https://www.toothclub.gov.hk/en/en_adu_01_03_01_02.html
- [13] Bizhang M., Schmidt I., Chun YP., Arnold WH., and Zimmer S. (2017). Toothbrush abrasivity in a long-term simulation on human dentin depends on brushing mode and bristle arrangement. *PLoS One*, 12(2). Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28222156/>
- [14] Schätzle M., Imfeld T., Sener B., and Schmidlin PR. (2009). In vitro tooth cleaning efficacy of manual toothbrushes around brackets. *Eur J Orthod*, 31(1). 103-107.
- [15] BDJ Team. (2016). An innovation in mouth cleansing. *B D J*, 221(11). Retrieved from <https://www.nature.com/articles/sj.bdj.2016.923>
- [16] Ashtekar V. (2017). Innovative design of toothbrush by using product design principles. *I J E S T.*, 9, 90-96.
- [17] gerontology Ncfa. (2004). *Oral care for the dependent elderly*. Retrieved from https://www.ncgg.go.jp/hospital/english/clinics/documents/oralcavitycare_en1.pdf
- [18] Oliveira LB, Zardetto CG, Rocha R, Rodrigues CR, and Wanderley MT. (2011). Effectiveness of triple-headed toothbrushes and the influence of the person who performs the toothbrushing on biofilm removal. *Oral Health Prev Dent*, 9(2), 137-141.
- [19] นิโรบล กนกสุนทรรัตน์, พิศสมัย อรทัย, ทศนีย์ จันทร์อ่อน, และสุรเวช น้ำหอม. (2561). การเปรียบเทียบการวัดพื้นที่แผล 3 วิธี: โฟโตชอป อิมเมจเจ และวิสิเทรค. *รามารับดีพยาบาลสาร*, 24(2), 150-162.

**SWUCON2023-003: การประเมินความแข็งผิวของฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิก
ที่ประกอบด้วยวัสดุอัดแทรกชนิดเอสพาร์จีโอภาคขนาดนาโน
EVALUATION OF SURFACE HARDNESS OF DENTURE BASE ACRYLIC
RESINS CONTAINING NANO-SIZED SURFACE PRE-REACTED GLASS-
IONOMER FILLER**

ขวัญชนก รัตนคุปต์^{1*}, กฤติรัตน์ เกียรติศิริโรจน์²
Kwanchanok Ratanakupt^{1*}, Kritirat Kiatsirirote²

¹ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakarinwirot University.

²ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

²Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Thammasat University.

*Corresponding author; e-mail: k.ratanakupt@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าความแข็งผิวของฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกที่ประกอบด้วยวัสดุอัดแทรกชนิดเอสพาร์จีโอภาคขนาดนาโน และเปรียบเทียบกับฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิกที่ประกอบด้วยวัสดุอัดแทรกชนิดเอสพาร์จีโอภาคขนาดไมครอนที่มีการศึกษาว่าสามารถใช้งานได้สำเร็จในทางคลินิกมาแล้ว โดยมีการเตรียมชิ้นงานรูปแบบดิสก์ จำนวน 36 ชิ้น จากผงโพลีเมทิลเมทาไครเลตที่ผสมแล้วเสร็จจากบริษัทผู้ผลิต ซึ่งผสมวัสดุอัดแทรกชนิดเอสพาร์จีโอภาคขนาดนาโนที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0 (0%), 5 (n5%), 10 (n10%), 20 (n20%), 30 (n30%) และขนาดไมครอนที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 (m20%) หลังจากนั้นจึงนำไปบ่มตัวที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบความแข็งผิวด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์ และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและการทดสอบทีคีย์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งผิวของทุกกลุ่มการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้น การเติมวัสดุอัดแทรกชนิดเอสพาร์จีโอภาคขนาดนาโนไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความแข็งผิวของฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิก เมื่อเปรียบเทียบกับ การเติมวัสดุอัดแทรกชนิดเอสพาร์จีโอภาคขนาดไมครอน

คำสำคัญ: ฐานฟันเทียมเรซินอะคริลิก วัสดุอัดแทรกชนิดเอสพาร์จีโอภาคขนาดนาโน วัสดุอัดแทรกชนิดเอสพาร์จีโอภาคขนาดไมครอน สมบัติเชิงกล ค่าความแข็งผิว

Abstract

This study was conducted to evaluate the surface hardness properties of PMMA denture base acrylic resin containing nano-sized surface pre-reacted glass-ionomer (S-PRG) filler compare to 20 wt%

micron-sized S-PRG filler, which is practically used in clinic. Total thirty-six discs were prepared by ready mixed polymer powder of polymethylmethacrylate (PMMA) containing 0 (0%), 5 (n5%), 10 (n10%), 20 (n20%), 30 (n30%) wt% nano-sized and 20 (m20%) wt% micron-sized surface S-PRG filler. After water storage at $37\pm 1^{\circ}\text{C}$, The surface hardness ($n = 6$) of all discs were measured using vickers micro hardness tester. There was statistic non-significantly change to surface hardness of the denture base compared to all groups. Adding nano-sized S-PRG filler did not generate any significant change on surface hardness compared to denture base acrylic resin containing micron-sized S-PRG filler.

Keywords: Denture Base Acrylic Resin, Nano-Sized S-PRG Fillers, Micron-Sized S-PRG Fillers, Mechanical Properties, Surface Hardness

Introduction

The prevalence of tooth loss due to dental caries and periodontal disease from wearing removable partial denture are increasing in elderly, (Drake, 1993; Pietrokovski, Azuelos, Tau, & Mostavoy, 1995) [1-2] along with denture stomatitis disease. (Kamijo et al., 2009; Gendreau & Loewy, 2011) [3-4] The common etiology of these diseases associated with inadequate cleaning around abutment teeth anchoring to removable partial denture and microbial plaque accumulation on the intaglio surface of resin acrylic dentures base. (I. A. Al-Bakri et al., 2014) [5]

The developed Polymethyl methacrylate (PMMA) denture base acrylic resin materials containing surface pre-reacted glass-ionomer (S-PRG) filler, is a material of choice that has the potential property of both being able to release fluoride and recharge after contacting with fluoride solution. (Kamijo et al., 2009) [3] Mukai et al's report demonstrated that the denture base acrylic resin containing S-PRG filler can inhibit dentin demineralization, which may help reduce root caries on abutment tooth. (Mukai et al., 2009) [6] Wearing fluoridated denture plays a key role for caries prevention by acceleration of remineralization and inhibition of demineralization, anti-plaque effect, acid neutralizing capacity, inhibition of sugar metabolism induced by *Streptococcus mutans* (*S. mutans*) and inhibition of enzymatic activity of periodontal pathogenic bacteria. (I. Al-Bakri et al., 2014; Nakatsuka, 2018; Tsutsumia C, 2016) [7,8,9] In addition, the filler can release six types of ions (Na^+ , Sr^{2+} , SiO^{2-} , Al^{3+} , BO^{3+} , and F^-). The ability of these multiple ions to kill *Candida albicans* (*C. albicans*) and/or inhibit its growth may be beneficial to reduce the risk of denture stomatitis. (Tsutsumia C, 2016; Kaloriti et al., 2012) [9-10].

Incorporate of 20 wt% micron-sized S-PRG filler in PMMA denture base is in compliance with ISO 20795-1 requirements with regard to flexural strength of denture base material and this concentration also effective in releasing and recharging fluoride ion from PMMA denture base acrylic resin. (Kamijo et al., 2009; Mukai et al., 2009) [3,6] Moreover, there is a clinical study of the effect of patient wearing PMMA denture-base acrylic resin containing 20 wt% micron-sized S-PRG filler for 1.5 year and investigate the fluoride concentration in saliva for effective caries control property. The results demonstrated that although PMMA denture-base resin containing 20 wt% micron-sized S-PRG filler has initial fluoride release, the releasing range was short and the long-term of sustained releasing still required a regular fluoride

recharge regimen. (Kiatsirirote, Sitthisettapong, Phantumvanit, & Chan, 2019) [11] Accordingly, the present study would use the denture base containing 20 wt% micron-sized S-PRG filler as a positive control group.

There are many physical properties that can be used to assess the strength of denture base materials, and it is beneficial to evaluate the surface hardness of new denture base material, as this property influence the clinical performance and long-term success of it. If the dentures are manufactured with harder acrylic resins, they are prone to be more resistant to all forms of damage. As a result, it is less likely that abrasion or scratching from wearing or cleaning denture will occur easily. The higher surface hardness indicates the proper material selection. Moreover, acrylic resin with low surface hardness tend to be damaged by brushing, which finally results in increased surface roughness. The suitable method to determine the surface hardness is the Vickers hardness (micro-hardness) test, which demonstrate the capacity of the material to resist the penetration of specific load. (GAD, 2018) [12]

Although PMMA denture base acrylic resin containing S-PRG filler has multi-ion release capability that can solve many issues from wearing removable partial denture, (Kamijo et al., 2009; Tsutsumia C, 2016) [3,9] adding the micron-sized S-PRG filler, which has mean particle size as 3 μm , (Nakatsuka, 2018) [8] to resin acrylic can also compromise its mechanical properties. (Kamijo et al., 2009; Okada, Shiga, Sakurai, Hasebe, & Noda, 2014; Naoyuki Kaga, 2023) [3, 13-14] Lately, the new technology of nano-sized S-PRG filler from conventional synthesis methods (modified grinding process) has been launched. This technology offers fine grained and higher surface area filler compared to micron-sized S-PRG filler. Nano-sized S-PRG filler has been reported to have superior ability to maintain the highest multiple ion-release levels among submicron- and micron-sized S-PRG filler throughout the 24 hours mixing duration and might further enhance the bioactive effects derived from fluoride release when it is applied in denture base resin. Moreover, nano-size filler's mechanical properties and surface characteristics is expected to build up along with bioactive effect fluoride releasing ability. (Nakatsuka, 2018; Jitaluk, Ratanakupt, & Kiatsirirote, 2022; Watcharapong, 2021) [8,15,16] Unforetuatly, the effect on surface hardness by adding nano-sized S-PRG filler into PMMA denture base acrylic resin have not been evaluated.

Therefore, this research aimed to investigate the surface hardness of PMMA denture base resin containing nano-sized S-PRG filler compared to micron-sized S-PRG filler after water storage.

Objectives

To investigate the surface hardness of PMMA denture base resin containing 0, 5, 10, 20, 30 wt% nano-sized S-PRG filler compared to 20 wt% micron-sized S-PRG filler after water storage.

Methods

Sample preparation

The 5 (n5%), 10 (n10%), 20 (n20%), 30 (n30%) wt% of nano-sized and 20 (m20%) wt% micron-sized S-PRG filler with average particle size of 0.4 μm and 3.0 μm respectively (kindly supplied by Shofu Inc., Kyoto, Japan) were added to PMMA powder (URBAN RESIN[®], clear pink, Lot 081904; Shofu Inc., Kyoto, Japan) from manufacturer by weight and dispersed with mixing machine for 15 minutes. Thirty-six

denture base acrylic resin specimens containing well dispersed S-PRG filler were fabricated from brass mold into disc shape (15 x 3 mm diameter, n = 6). Mixing ready-mixed PMMA powder with liquid methyl methacrylate monomer (Lot 062168; Shofu Inc., Kyoto, Japan) at a ratio of 10 g /5 ml at room temperature in accordance with the manufacturer's instructions. Once the mixture reached a dough stage, it was stored in container for 20 mins and poured into a mold space and covered with thin plastic wrap. The brass mold with the lid will be pressed under pressure 6.1 MPa. The wrap was removed, and the excess resin acrylic was trimmed. Then, the brass mold with lid was trial packed again and kept under the same pressure for 30 mins. The mold was immersed in a heat-retention bath filled with hot water of 70 C, and the temperature will be increased to 100 C at the rate of 1 C/min. The temperature was maintained for 60 mins, followed by cooling to room temperature. Each specimen was taken out from the mold. Excess resins were removed with a tungsten carbide burr (HM251FX-040-HP, Meisinger, Centennial, CO, USA) then using a 600 FEPA abrasive paper under running water. Next, fine pumice dust (Steribim super, Bego, Bremen, Germany) was mixed to an equal volume of water for polishing the specimens with a soft bristle brush. The accuracy of the dimensions (width and depth) were verified with a micrometer at three different locations in each dimension. Then, the specimens were stored in distilled water at 37°C for 72 hours. After water storage, six specimens for each group were tested for Vickers hardness (HV) at room temperature using a micro-hardness tester (FM-800, Future-tech, Japan) with applied loading of 300 gf for 15 s. (GAD, 2018) [12] A previous study estimated the sample size from G*power ($\alpha = 0.05$, and power = 0.80). (Naoyuki Kaga, 2023) [14] One indentation were randomly made on each specimen. The two diagonals length of the indentation were measured and calculated the value of the hardness by using the following formula;

$$HV = 1.854 F/d$$

- F is load (Kg)
- d is arithmetic mean of the two diagonals, d1 and d2 (mm)

The hardness values from six indentations of each group were calculated to be an average to obtain means hardness value.

Statistical analysis

Data were analysed with SPSS statistics software version 24.0 for Windows. First, the normality test was used to determine if the data set has a normal distribution. Then, the differences between group on the average of surface hardness value were analyzed by one-way ANOVA followed by the Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) post-hoc test ($P \leq 0.05$) to determine differences among the means.

Results

After polishing, the disc specimens showed different appearances among the groups (Figure 1). Denture base resin containing 20 wt% micron-sized S-PRG filler (f) showed the most similar appearance to control group (a), while denture base resin containing nano-sized S-PRG filler (b, c, d, e) showed high amounts of white spots following the increasing amount of nano-sized S-PRG fillers in material. These white spots were the result of the white agglomerations of nano-sized S-PRG filler from ready mixed PMMA powder

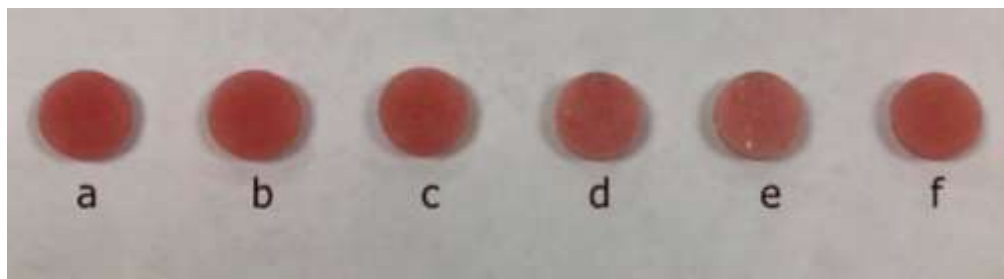


Figure 1 Disc PMMA denture base acrylic resin.

(a) 0%, (b) n5%, (c) n10%, (d) n20%, (e) n30%, (f) m20%.

The loose white agglomerations of nano-sized S-PRG filler (Figure 2, a) collected from PMMA powder containing 30 wt% nano-sized S-PRG filler (Figure 2, b) were investigated for mean particle size by using Zetasizer nano ZS (Malvern instruments limited, uk). The agglomerations of nano-sized filler were diffused in de-ionised water and disintegrated by ultrasonic bath for 5 minutes. The 0.39 μm mean particle size value can be detected, (Jitaluk et al., 2022) [15] which corresponds to the mean particle size value of nano-sized S-PRG filler reported from Nakatsuka's and Mayumi's reports, 0.4 μm and 0.48 μm respectively. (Nakatsuka, 2018; Mayumi et al., 2021) [8, 6]

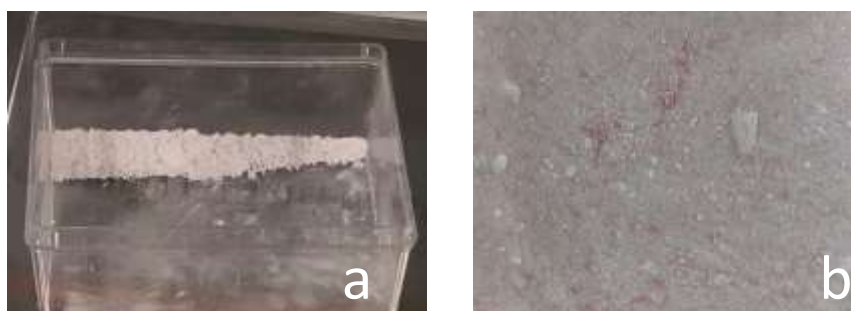


Figure 2 (a) Loose white agglomerations collected from PMMA powder containing 30 wt% nano-sized S-PRG filler, (b) PMMA powder filled with 30 wt% nano-sized S-PRG filler.

The mean vickers hardness for each group are presented in Table 1. From the result of the Shapiro-Wilk test, the p -value is 0.253, meaning the null hypothesis is not rejected. This mean vickers hardness value can be assumed as a normal distribution data set. The mean surface hardness of denture base acrylic resin containing 0, 5, 10 wt% of nano-sized S-PRG filler is slightly lower than the surface hardness of 20, 30 wt% nano-sized and 20 wt% micron-sized. Mean surface hardness of the denture base acrylic resin of all groups recorded statistically non-significant ($P>0.05$).

Table 1. Vicker hardness of PMMA denture base acrylic resin.

Group	HV	S.D.	P value
0%	19.25	0.60	.09
n5%	19.16	0.57	
n10%	19.63	0.97	
n20%	20.40	0.80	
n30%	20.61	1.11	
m20%	20.17	1.04	

*The mean difference is significant at the $P \leq 0.05$.

Conclusions and Discussion

Poly (methyl methacrylate) or PMMA has been the material of choice for fabrication of removable denture base since 1930s due to its properties such as low water sorption, dimensional stability and uncomplicated fabrication process. Nevertheless, the most common problem of using acrylic removable partial denture was plaque accumulation and low durability of the denture base. (Chitchumngong, Brooks, & Stafford, 1989; Stafford, Bates, Huggett, & Handley, 1980) [18, 19]

In this study, the surface morphology of denture base acrylic resin containing nano-sized S-PRG filler specimens showed higher amounts of white spots compared to negative control (0%) and positive control group (m20%) when observed with eyes (Figures 1). The white spots derived from the loose agglomeration of many nano-sized S-PRG fillers, which should be separated to be an extremely small and invisible particle, mixed well with other components of acrylic powder. These agglomerations needed more consideration to separate by gently pressing the powder through the plastic bag until it turned into a homogeneous powder before mixing with monomer, otherwise these agglomerations could act as voids in the acrylic resin specimen after polymerization. This extra procedure in the mixing process is considered as technique sensitivity. Observed with eyes (Figure 1), it can be assumed that the higher concentration of S-PRG filler in PMMA powder, the higher of void volume in resin acrylic specimen. This agglomeration of nano-sized S-PRG filler might reduce the mechanical properties of denture base acrylic resin due to the increase of porosity in the specimen. This is consistent with findings from previous study which suggested that adding fillers to heat-polymerizing PMMA resin for reinforcement may increase the fracture risk instead of preventing it. (Gad, 2017) [12].

From Naoyuki's report, the interaction between S-PRG filler and resin matrix was observed by SEM. SEM observation of resin acrylic specimens showed that S-PRG fillers were diffused uniformly into the resin matrix and simply embedded in the matrix, but not chemically bonded to the matrix. The increasing of S-PRG filler might be a factor that would not strengthen the resin matrix. High amount of nano-sized S-PRG filler had a tendency to agglomerate, owing to the attraction between nanoparticles. It reduced the interfacial area between the nanoparticles and resin matrix. Consequently, the flexural strength of PMMA denture base resin containing nano-sized S-PRG filler was lower than PMMA denture base resin containing micron-sized S-PRG filler with equal amount of S-PRG filler by weight. (Jitaluk, 2022) [15].

Another study on nanomaterials for biomedical applications indicates that the aggregation of nano-sized particles in any solvents is the most common problem of nanomaterials, owing to their higher free surface energy. As a result, it is necessary to consider not only the fabrication of the ultra-small particle size, but also the stability of the prepared nanomaterials against aggregation before employing nanomaterials for biomedical applications. (P. N. Navya, 2016) [20] For this new nanoparticle technology, using silane treatment for bonding the PMMA powder and S-PRG filler or mixing S-PRG filler into liquid monomer instead of acrylic powder, might generate the better interfacial bonding and homogeneity of the denture base. (Kamijo, 2009) [3] (Naoyuki Kaga, 2023) [14].

The surface hardness measurement is an indication for understanding resistance to plastic deformation and provides insight into the cutting, finishing, and polishing fulfillments. (Naoyuki Kaga, 2023) [14] Surface hardness investigated in this study showed no statistically significant difference between groups, which is consistent with Naoyuki's report. They reported that there is no significant differences between the Vickers hardness values of auto-polymerizing acrylic resin containing 10, 20, 30, 40 wt% of size 1 and 3 μm S-PRG filler and control group (0 wt%) (Naoyuki Kaga, 2023) [14].

On the other hand, the result was inconsistent with Okada's study. They reported that an increasing of 5, 10, 20, and 30 wt% micron-sized S-PRG filler content in acrylic resin correlates with gradually decreasing in surface hardness (HV) and statistically significant decrease at 30 wt% micron-sized S-PRG filler. They also recommended that the denture base resin containing only 5 – 10 wt% micron-sized S-PRG filler showed better mechanical properties compared to higher concentration. (Okada et al., 2014) [13].

It was also inconsistent with Watcharapong's study, which investigated the surface hardness (Shore hardness) of tissue conditioner containing 0, 2.5, 5, 10, 20, 30 wt% nano-sized and 10, 20 wt% micron-sized S-PRG filler, that the more amount of both nano-sized and micron-sized S-PRG filler, the less surface hardness of tissue conditioner at day 7. (Watcharapong, 2021) [16].

Fortunately, in this present study, adding nano-sized S-PRG- filler was not deteriorate the surface hardness of PMMA denture base as adding micron-sized S-PRG filler.

Finally, our ultimate goal in this study of the denture base acrylic resin containing nano-sized S-PRG filler is to provide our patients with the most effective denture base material. Therefore, it's a good initiation that denture base resin containing nano-sized S-PRG filler, which was claimed as the highest ion-releasing rate S-PRG filler, (Jitaluk et al., 2022) [15] has no statistically significant difference in surface

hardness compared to those positive control group, denture base acrylic resin containing 20 wt% micron-sized S-PRG filler. The results in this study lead to the conclusion that addition of less than or equal to 30 wt% nano-sized S-PRG filler would not significantly change the surface hardness of heat cure denture base acrylic resin.

References

- [1] Drake, C. W., and Beck, J. D. (1993). The oral status of elderly removable partial denture wearers. *J Oral Rehabil*, 20(1), 53-60.
- [2] Pietrokovski, J., Azuelos, J., Tau, S., and Mostavoy, R. (1995). Oral findings in elderly nursing home residents in selected countries: oral hygiene conditions and plaque accumulation on denture surfaces. *J Prosthet Dent*, 73(2), 136-141.
- [3] Kamijo, K., Mukai, Y., Tominaga, T., Iwaya, I., Fujino, F., Hirata, Y., and Teranaka, T. (2009). Fluoride release and recharge characteristics of denture base resins containing surface pre-reacted glass-ionomer filler. *Dent Mater J*, 28(2), 227-233.
- [4] Gendreau, L., and Loewy, Z. G. (2011). Epidemiology and etiology of denture stomatitis. *J Prosthodont*, 20(4), 251-260.
- [5] Al-Bakri, I. A., Harty, D., Al-Omari, W. M., Swain, M. V., Chrzanowski, W., and Ellakwa, A. (2014). Surface characteristics and microbial adherence ability of modified polymethylmethacrylate by fluoridated glass fillers. *Aust Dent J*, 59(4), 482-489.
- [6] Mukai, Y., Kamijo, K., Fujino, F., Hirata, Y., Teranaka, T., and Ten Cate, J. M. (2009). Effect of denture base-resin with prereacted glass-ionomer filler on dentin demineralization. *Eur J Oral Sci*, 117(6), 750-754.
- [7] Al-Bakri, I., Swain, M., Naoum, S., Al-Omari, W., Martin, E., and Ellakwa, A. (2014). Fluoride release, recharge and flexural properties of polymethylmethacrylate containing fluoridated glass fillers. *Aust Dent J*, 59(2), 208-214.
- [8] Nakatsuka, T. (2018). *Evaluation of multi-ion release from nano S-PRG Filler*. In IADR/PER General Session (London, England).
- [9] Tsutsumia C, T. K., and Wakabayashia N. (2016). Reduction of Candida biofilm adhesion by incorporation of prereacted glass ionomer filler in denture base resin. *J Dent.*, 44, 37-43.
- [10] Kaloriti, D., Tillmann, A., Cook, E., Jacobsen, M., You, T., Lenardon, M., and Brown, A. J. P. (2012). Combinatorial stresses kill pathogenic Candida species. *Med Mycol*, 50(7), 699-709.
- [11] Kiatsirirote, K., Sitthisetpong, T., Phantumvanit, P., and Chan, D. C. N. (2019). Fluoride-Releasing Effect of a Modified Resin Denture Containing S-PRG Fillers on Salivary Fluoride Retention: A Randomized Clinical Study. *Caries Res*, 53(2), 137-144.
- [12] GAD, M. M. (2018). Effect of polymerization technique and glass fiber addition on the surface roughness and hardness of PMMA denture base material. *Dental Materials Journal*, 37(5), 746-753.

- [13] Okada, N., Shiga, H., Sakurai, H., Hasebe, T., and Noda, M. (2014). *Properties of chemical polymerized resin containing S-PRG filler*. In Conference: IADR General Session and Exhibition.
- [14] Naoyuki Kaga, S. M., Yuichiro Y., and Takashi M. (2023). Effect of Particle Sizes and Contents of Surface Pre-Reacted Glass Ionomer Filler on Mechanical Properties of Auto-Polymerizing Resin. *Dent. J.*, 11(3), 72.
- [15] Jitaluk, P., Ratanakupt, K., and Kiatsirirote, K. (2022). Effect of surface prereacted glass ionomer nanofillers on fluoride release, flexural strength, and surface characteristics of polymethylmethacrylate resin. *J Esthet Restor Dent*, 34(8), 1272-1281.
- [16] Watcharapong, T. (2021). Tissue Conditioner Incorporating a Nano-Sized Surface Pre-Reacted Glass-Ionomer (S-PRG) Filler. *Materials (Basel)*, 14(21), 6648.
- [17] Mayumi, K., Miyaji, H., Miyata, S., Nishida, E., Furihata, T., Kanemoto, Y., and Akasaka, T. (2021). Antibacterial coating of tooth surface with ion-releasing pre-reacted glass-ionomer (S-PRG) nanofillers. *Heliyon*, 7(2), e06147.
- [18] Chitchumnong, P., Brooks, S. C., and Stafford, G. D. (1989). Comparison of three- and four-point flexural strength testing of denture-base polymers. *Dental Materials*, 5(1), 2-5.
- [19] Stafford, G. D., Bates, J. F., Huggett, R., and Handley, R. W. (1980). A review of the properties of some denture base polymers. *J Dent*, 8(4), 292-306.
- [20] Navya, P. N., and Daima. H. K. (2016). Rational engineering of physicochemical properties of nanomaterials for biomedical applications with nanotoxicological perspectives. *Nano Convergence*, 3(1), 1.

**SWUCON2023-004: การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียน
มัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผ่านการเรียนรู้โดยวิธีการแบบเปิด**

**A STUDY OF LEARNING ACHIEVEMENT IN PARALLEL LINES TOPICS OF
MATHAYOMSUKSA II STUDENTS VIA OPEN APPROACH**

วารารณ ชลภาพ*, ญานิน กองทิพย์, สุกัญญา หะยีสาละ
Waraporn Chonlapap*, Yanin Kongthip, Sukanya Hajisalah

ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
Department of Mathematics, Faculty of Science, Srinakharinwirot University.

*Corresponding author, e-mail: waraporn.chonlapap@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้
ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนศึกษานารีวิทยา เขตบางบอน จังหวัดกรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2
ปีการศึกษา 2564 จำนวน 1 ห้องเรียน จาก 12 ห้องเรียน จำนวน 41 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม
(Cluster random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เส้นขนาน
จำนวน 10 แผน 2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์
ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแบบทดสอบแบบทวินาม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน หลังจาที่ได้รับจัดการเรียนการสอน
โดยวิธีการแบบเปิด ผ่านเกณฑ์ได้มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05

คำสำคัญ: วิธีการแบบเปิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เส้นขนาน

Abstract

The purposes of this study are as follows: (1) to study the learning achievement of Mathayomsuksa
II students on parallel lines after being taught with Open Approach. The participants were 41
Mathayomsuksa II students at Suksanareewittaya School in Bangkok, Thailand, in the second semester of
2021 academic year. The instruments used in this study were as follows: (1) 10 lesson plans that allowed
students to learn the topic with parallel lines. The students were said to have learning achievement if they
scored 60% or more on test. The collected data were analyzed using basic statistics and a binomial test.

The findings of this research were the learning achievement of the students who passed the criteria of 60% with a statistical significance at the level of .05

Keywords: Open Approach, Parallel lines, Learning Achievement

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศเราเข้าสู่ยุคแห่งการแข่งขันและมุ่งพัฒนาศักยภาพของประเทศ ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของการจัดการศึกษาทุกระบบ คือการสร้างนักเรียนให้เป็นพลเมืองที่มีศักยภาพ คุณภาพ และมีความสามารถในการแข่งขันได้ในอนาคต การวัดผลทางการศึกษาจึงต้องมุ่งให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตจริง สามารถคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาได้ [1] ประกอบด้วยในศตวรรษที่ 21 มีการระบุไว้ว่าทักษะที่ผู้เรียนควรมีนั่นคือ ทักษะด้านการคิดวิเคราะห์การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การใช้เทคโนโลยี การสื่อสารและการร่วมมือซึ่งจะทำให้ผู้เรียนรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อม สามารถแข่งขันกับประชาคมโลกได้ [2] คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาศาสตร์อื่น ๆ เช่น วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี เป็นต้น ซึ่งเป็นฐานรากในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพ และพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศเพื่อให้เศรษฐกิจของประเทศทัดเทียมกับนานาชาติ จึงจำเป็นต้องพัฒนาการศึกษาคณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่อง [3] ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเป็นปัจจัยที่ส่งผลอย่างสำคัญต่อคุณภาพการศึกษาของชาติซึ่งเกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ [3] ถ้าหากว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตกต่ำ แสดงให้เห็นว่า นักเรียนขาดความรู้ความสามารถจะเป็นจุดอ่อนอย่างยิ่งที่จะส่งผลทำให้พลเมืองของประเทศไม่มีความพร้อมในการแข่งขันกับประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะในปัจจุบันที่ต้องมีความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างไม่หยุดยั้งและการแข่งขันอย่างรุนแรงในเกือบทุกด้าน [4-5] กล่าวถึงเป้าประสงค์ 4.1 ซึ่งมุ่งเน้นคุณภาพการศึกษาเป็นเป้าหมายหนึ่งในเป้าหมายการศึกษาโลก มีมาตรการที่ผสมผสานทั้งด้านปริมาณของนักเรียนในการเข้าเรียนในโรงเรียนกับมาตรการคุณภาพของผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษามาตรการนี้สนับสนุนประเทศต่าง ๆ ที่ยังมีสัดส่วนของเยาวชนจำนวนมากมีความสำเร็จต่ำในการประเมิน PISA 2018 ให้สามารถจัดการระบบการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาครอบคลุมประชากรได้มากขึ้น และปรับปรุงคุณภาพการเรียน และการสอนในโรงเรียนให้มีสัดส่วนของนักเรียนที่มีความสามารถระดับพื้นฐานต่ำสุดให้มีจำนวนมากขึ้น ซึ่งประเทศไทยยังเป็นประเทศที่นับว่าอยู่ในกลุ่มประเทศที่ยังห่างไกลจากเป้าประสงค์นี้

สิ่งที่พบเห็นในปัจจุบันคือสภาพการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ของครูไทยส่วนใหญ่ยังคงให้ความสำคัญกับผลลัพธ์หรือคำตอบมากกว่ากระบวนการหรือแนวคิดของนักเรียน [6] แนวทางการสอนของครูคณิตศาสตร์ยังเป็นแบบเดิมนั่นคือการบรรยาย สาธิต และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด การสอนแบบนี้เป็นเพียงการที่นักเรียนรับเอาข้อมูลเพื่อจำเท่านั้น โดยไม่ได้ทำความเข้าใจอย่างแท้จริง [7] ยิ่งไปกว่านั้นการเรียนการสอนในโรงเรียนส่วนมากจะสอนให้ผู้เรียนหาคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวและมีวิธีการแก้ปัญหาซ้ำเดิม แต่ปัญหาในชีวิตจริงการมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวไม่เพียงพอต่อการแก้ปัญหาจำเป็นที่จะต้องมีหลายคำตอบเพื่อให้สามารถเลือกคำตอบที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหานั้นได้ [8] ดังนั้นครูผู้สอนต้องหาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ ให้มีการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชากับชีวิตจริง [9] เนื่องจากปัญหาปลายเปิด

เป็นปัญหาที่ส่งเสริมให้เกิดความคิดที่หลากหลาย มีลักษณะที่เปิดโอกาสให้ค้นคว้าหาคำตอบที่หลากหลาย [10] ดังนั้นจึงถือว่าเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้วิธีหนึ่งที่มีความน่าสนใจ

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) โดยอาศัยการแก้ปัญหาปลายเปิด (Open-ended problem solving) มาใช้ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์จะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด การเรียนรู้และการแก้ปัญหา การเรียนการสอนเช่นนี้จะทำให้นักเรียนรู้สึกว่าการแก้ปัญหาปลายเปิดนั้นเกี่ยวข้องกับตนเอง ทำให้นักเรียนพยายามคิดหาวิธีแก้ปัญหา และคิดวิเคราะห์ด้วยตนเอง [11] ซึ่งวิธีการจัดการเรียนรู้แบบเปิดมีขั้นตอนการสอน 4 ขั้นตอน คือ 1) การนำเสนอสถานการณ์ปัญหา 2) การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน 3) การอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้น และ 4) การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน [12]

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เป็นวิธีการสอนวิธีหนึ่งที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด สามารถช่วยให้ผู้เรียนได้พบกับปัญหาหรือสถานการณ์ ซึ่งทำให้เกิดกระบวนการคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ ทำความเข้าใจกับปัญหาเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบจากการแก้ปัญหาที่หลากหลาย คำตอบที่ได้ อาจไม่ใช่คำตอบเดียว เพราะวิธีการสอนแบบเปิดเป็นวิธีการสอนที่ครูไม่ได้จำกัดวิธีการคิดของผู้เรียน แต่ครูจะทำความเข้าใจกับแนวคิดหรือเหตุผลในการได้มาของคำตอบ และวิธีการแก้ปัญหาด้วยตัวผู้เรียนเอง การมีปฏิสัมพันธ์ในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม ทำให้นักเรียนได้เข้าใจถึงกระบวนการสร้างความรู้ที่อาศัยการมีส่วนร่วม และสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ผู้เรียนสามารถใช้ศักยภาพของตนเองได้อย่างเต็มที่ในกระบวนการคิด และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ [13] ซึ่งผู้เรียนมีบทบาทสำคัญที่สุดในการเรียนรู้และการจัดองค์ความรู้ ด้วยเหตุนี้วิธีการสอนแบบเปิด จึงเน้นกระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้จากประสบการณ์ ด้วยการลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหา และการทำงานเป็นกลุ่ม ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสูงขึ้น ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาดีขึ้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดเป็นการสอนที่เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ให้ผู้เรียนคิดเป็น แก้ปัญหาเป็น ให้เป็นคนช่างสังเกต ช่างสงสัย พยายามหาข้อสรุปเพื่อให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องที่กำลังศึกษา [14]

เรขาคณิตเป็นส่วนหนึ่งในสาระการวัดและเรขาคณิตที่นักเรียนจำเป็นต้องเรียนตั้งแต่ระดับประถมศึกษา จนถึงมัธยมศึกษา ซึ่งหลักสูตรในปัจจุบันถูกปรับปรุงใหม่ส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test: O-NET) ที่พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำกว่ามาตรฐานขั้นต่ำที่กำหนดไว้ [15] ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของผู้เรียนในโครงการ Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) ค.ศ. 2015 โดย International Association for the Evaluation of Education Achievement (IEA) ระบุว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ทั้งในด้านเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับต่ำ โดยในสาระเรขาคณิตปี ค.ศ. 2015 มีคะแนนเฉลี่ย 429 ซึ่งเป็นสาระที่มีคะแนนต่ำสุดรองจากสาระข้อมูลและโอกาส [16] เนื่องด้วยโครงการ TIMSS เป็นหนึ่งในโครงการที่ให้ความสำคัญกับวิชาคณิตศาสตร์ซึ่ง TIMSS ได้ทำการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ทั้งทางด้านเนื้อหาและด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ เพื่อที่จะนำผลการประเมินมาใช้ในการพิจารณากำหนดแนวทางและนโยบายเกี่ยวกับการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ของประเทศให้ได้มาตรฐานและทัดเทียมนานาชาติ [17] จากผลการประเมินของTIMSS นี้เป็นนาฬิกาปลุกให้ประเทศที่กำลังพัฒนาได้ระลึกรู้ว่าจะขาดต้นทุนกำลังคน (Human Capital) เหนือโลกตะวันออกอย่างที่เคยเป็นมาอีกต่อไปแล้ว ในโลกที่การแข่งขันเป็นไปอย่างเข้มข้น ประเทศจำเป็นต้องทำงานอย่างหนัก เพื่อรักษาคนที่มีความรู้และทักษะที่โลกยุคใหม่ต้องการ ประเทศไทยเองก็มีข้อมูลที่เป็นนาฬิกาปลุกมาตลอด [18]

เส้นขนาน ถือว่าเป็นเนื้อหาสำคัญในสาระการวัดและเรขาคณิต เนื่องจากเป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ [19] แต่จากการศึกษาพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีปัญหาในเรื่องนี้ เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างนามธรรม และมีทฤษฎีเกี่ยวข้องมาก โดยครูส่วนใหญ่สอนเรื่องนี้ด้วยการให้นักเรียนท่องจำทฤษฎี จึงทำให้นักเรียนปราศจากความเข้าใจ ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเรื่องอื่น [20] นอกจากนี้ เวชฤทธิ์ อังกะภัทรขจร [21] พบว่านักเรียนช่วงชั้นที่ 3 มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง เส้นขนาน จึงส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่ดีเท่าที่ควร และไม่สามารถนำความรู้และทฤษฎีต่าง ๆ ในบทนี้ไปใช้แก้ปัญหาได้

ด้วยเหตุผลดังกล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ โดยใช้วิธีการแบบเปิด จากกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเส้นขนานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด

วิธีดำเนินการวิจัย

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ (1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เส้นขนาน จำนวน 10 แผน แผนละ 1 คาบเรียนคาบเรียนละ 50 นาที โดยใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด ซึ่งแต่ละแผนประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ หรือแหล่งการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้เนื้อหาที่ใช้เป็นเนื้อหาวิชา คณิตศาสตร์ (2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด

หลังจากสร้างเครื่องมือเสร็จเรียบร้อยแล้วผู้วิจัยนำเสนอเครื่องมือต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทเพื่อให้อภิปรายปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำเครื่องมือที่ผ่านการพิจารณาเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ความยากง่ายของปัญหา และความชัดเจนของข้อคำถาม แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำเครื่องมือไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 44 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แล้วปรับปรุงแก้ไขเครื่องมืออีกครั้งก่อนนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ผลการวิจัย

หลังจากผู้วิจัยตรวจให้คะแนนแบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 41 คน แล้วผู้วิจัยนำคะแนนมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังตารางที่ 1 จากนั้นหาจำนวนเด็กที่ผ่านเกณฑ์ โดยผลการทดสอบสมมติฐานของการวิจัยที่ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่อง เส้นขนาน ผ่านเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์จากแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

แหล่งที่มาของคะแนน	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X})	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตคิด เป็นร้อยละของ คะแนนเต็ม	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)
แบบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนเรื่อง เส้นขนาน	16	9.66	60.37	3.64

จากตาราง 1 พบว่าค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เท่ากับ 9.66 จากคะแนนเก็บ 16 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60.37 ของ คะแนนเต็ม และมี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.64

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสมมติฐานของการวิจัยที่ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด ผ่านเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

จำนวนนักเรียนกลุ่ม ตัวอย่าง (คน)	จำนวนนักเรียน ที่มี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่าน เกณฑ์ (คน)	ร้อยละของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน ผ่านเกณฑ์	ค่าสถิติทดสอบ ทวินาม
41	30	73.17	.057

* ที่ระดับนัยสำคัญ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด ผ่านเกณฑ์ได้มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05

สรุปและอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่อง เส้นขนาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่อง เส้นขนาน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ เรื่อง เส้นขนาน ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม และมีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด เรื่อง เส้นขนาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย และพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองได้อย่างเต็มศักยภาพของแต่ละคน รวมถึงมีโอกาสดำเนินการแลกเปลี่ยนความรู้จนเกิดการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น เรียนรู้ที่จะแก้ปัญหาและสร้างสรรค์ในเรื่องที่ไม่รู้จักด้วยตนเองและผ่านกระบวนการกลุ่มจนเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในตนเอง การใช้โจทย์สถานการณ์ปัญหา การส่งเสริมให้นักเรียนให้ลองผิดลองถูกจนสามารถสร้างความรู้ขึ้นได้ด้วยตนเอง การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ สังเคราะห์ และสรุป

ความรู้ใหม่ร่วมกันทั้งกับเพื่อนนักเรียนและครูภายในห้องเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2547) [22] ได้กล่าวว่า วิธีการสอนแบบเปิดช่วยให้กิจกรรมสร้างสรรค์และความคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน กล่าวคือ ต้องให้นักเรียนแต่ละคนมีอิสระในการพัฒนาความก้าวหน้า ในการแก้ปัญหาตามความสามารถและความสนใจของตน ปล่อยให้ให้นักเรียนได้พัฒนาความฉลาดทางคณิตศาสตร์ ครูจึงต้องสร้างกิจกรรมในห้องเรียนที่ส่งเสริมวิธีคิดทางคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ ขณะที่นักเรียนที่มีความสามารถสูงกว่าก็สามารถที่จะใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างหลากหลาย และนักเรียนที่มีความสามารถต่อยกกว่าก็ยังคงสนุกสนานกับกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ตามความสามารถของตน การทำเช่นนี้เป็นการช่วยให้นักเรียนได้ทำการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยเปิดโอกาสการสืบเสาะด้วยวิธีการที่ตนเองเชื่อมั่นและนำไปสู่การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนสูงขึ้น มีความเป็นไปได้ที่นักเรียนจะเกิดการพัฒนาคิดขั้นสูงที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ในขณะที่เดียวกันยังเป็นการช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ให้นักเรียนแต่ละคนด้วย Becker, and Shimada [10] ได้กล่าวว่า ปัญหาปลายเปิดจะทำให้ให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการเรียนรู้สิ่งแปลกใหม่ต่างไปจากเดิม จากการที่มีคำตอบเปิดกว้างแม้ว่าจะมีผู้หาคำตอบของปัญหาได้แล้วแต่นักเรียนคนอื่นก็ยังมีโอกาสหาคำตอบอื่น ๆ ได้อีก จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิด ส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดสรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เส้นขนาน หลังได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดผ่านเกณฑ์ได้มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05

เอกสารอ้างอิง

- [1] โครงการ PISA ประเทศไทย. (2551). *ตัวอย่างการประเมินผลวิทยาศาสตร์นานาชาติ : PISA และ TIMSS*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- [2] กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- [3] Muijs, D., and Reyneld, D. (2002). Being or doing: The role of teacher behavior and beliefs in school and teacher effectiveness in mathematics. *Journal of Classroom Interaction*, 2(37), 3-15.
- [4] วิณา เตชะพนาดร. (2548). *การศึกษาและพัฒนาความฉลาดทางจิตใจของนิสิตนักศึกษาในมหาวิทยาลัย [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต ไม้ได้ตีพิมพ์]*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [5] ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ. (2564). *ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- [6] ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2563). *กระบวนการแก้ปัญหาในคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน (Non-fiction)*. ศูนย์วิจัยคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [7] Bishara, S. (2015). Active and traditional teaching of mathematics in special education. *Creative education*, 6(22), 2313.
- [8] อารี พันธุ์มณี. (2544). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สู่ความเป็นเลิศ*. กรุงเทพฯ: พัฒนาศึกษา.

- [9] จิราภรณ์ ศิริทวี, และดนุชา ปนคำ. (2551). *กลยุทธ์การพัฒนาผู้เรียน: ประสบการณ์จากการปฏิบัติจริง*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาพลังแผ่นดินเชิงคุณธรรม ศูนย์คุณธรรม สำนักงานบริหารและพัฒนาองค์ความรู้ องค์การมหาชน.
- [10] Becker, J. P., and Shimada, S. (1997). *The Open-Ended Approach: A New Proposal for Teaching Mathematics*. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.
- [11] พงษ์รินทร์ คำสีทิพย์. (2558). *การส่งเสริมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ผ่านการเขียนอธิบายของนักเรียนที่ใช้นวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด*. โครงการเสริมสร้างความสามารถในการทำวิจัยในชั้นเรียนของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูสาขาวิชาคณิตศาสตร์ ระยะเวลาที่ 2. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [12] ปรีชา พิมพ์แก้ว. (2550). *การศึกษาลักษณะของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในการแก้ปัญหาปลายเปิด* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม้ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [13] Nohda, N. (1984). *The Heart of the 'Open-Approach' in Mathematics Teaching*. In T. Kawaguchi (Ed.), *Proceedings of the ICTM-JSME regional Conference on Mathematics Education*. Tokyo.
- [14] ณิชรา สุทธิสังข์, และเกียรติ แสงอรุณ. (2555). *กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีในการวิเคราะห์กระบวนการนามธรรมเพื่อสร้างความคิดรวบยอดของนักเรียนในชั้นเรียนที่ใช้การศึกษาระดับชั้นเรียน และวิธีการแบบเปิด* *KKU Research Journal (Graduate Studies)*, 12(1), 142-154.
- [15] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*. สืบค้นจาก <https://www.scimath.org/ebook-mathematics/item/8380-2560-2551-8380>
- [16] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *รายงานผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2011 วิชาคณิตศาสตร์*. สืบค้นจาก <http://timssthailand.ipst.ac.th>
- [17] ปรีชาญ เดชศรี. (2552). *การศึกษาแนวโน้มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์นานาชาติ*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- [18] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*. สืบค้นจาก <https://www.scimath.org/ebook-mathematics/item/8380-2560-2551-8380>
- [19] งามพร้อม อ่อนบัวขาว, และหล้า ภวภูตานนท์. (2557). *การศึกษาการเปลี่ยนแปลงมโนคติทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนาน โดยการจัดกิจกรรมซ่อมเสริมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. *Journal of Education Khon Kaen University (Graduate Studies Research)*, 8(3), 226-235.
- [20] ทวี ไวยมิตร. (2555). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เส้นขนาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. *วารสารวิชาการบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 7(19), 69-84.
- [21] เวชฤทธิ์ อังกะนภัทรขจร. (2546). *การสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาคณิตศาสตร์* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม้ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [22] ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2547). *การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดในชั้นเรียนญี่ปุ่น*. *KKU Journal of Mathematics Education*, 1(1), 1-9.

**SWUCON2023-006: สมบัติทางกายภาพของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ชผสมกับ
พอลิบิวทิลีนซัคซิเนตที่ถูกรูปด้วยไกลซิديل เมทาคริเลต**
**THE PHYSICAL PROPERTIES OF THERMOPLASTIC STARCH BLEND WITH
GLYCIDYL METHACRYLATE GRAFTED POLYBUTYLENE SUCCINATE
(PBS-g-GMA)**

วีรยา ทองออน, วาสินี จันทน์นวล*, พิสิฐฐ์ ธรรมวิณี

Weeraya Thong-on, Wasinee Channuan, Pisit Dhamvithee*

คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University.

*Corresponding author, e-mail: wasineec@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

บรรจุภัณฑ์พลาสติกสำหรับอาหารที่ใช้กันส่วนใหญ่เป็นพลาสติกประเภทใช้ครั้งเดียวทิ้งและไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ก่อให้เกิดขยะปริมาณมากส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งบนบกและทะเล การพัฒนาวัสดุย่อยสลายได้ทางชีวภาพจึงเป็นอีกแนวทางที่จะช่วยลดการใช้วัสดุจากแหล่งปิโตรเลียมซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้ พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (PBS) และเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (TPS) เป็นพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพและไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ แต่พอลิเมอร์ทั้งสองชนิดมีความเข้ากันได้ต่ำ เพื่อเพิ่มความสามารถในการเข้ากันได้ระหว่างเฟสทั้งสอง ทำได้โดยการกราฟต์ PBS ด้วย ไกลซิديل เมทาคริเลต (GMA) (PBS-g-GMA) ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก และใช้เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (BPO) เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา จาก FTIR สเปกตรัม พบว่าตำแหน่งพีกของ C=C ที่ $1,637\text{ cm}^{-1}$ หายไป ซึ่งชี้ให้เห็นว่า GMA เกิดการกราฟต์กับ PBS และพบว่าเกิดการกราฟต์ ร้อยละ 8 จากนั้นนำ (PBS-g-GMA)/TPS ผสมกันที่อัตราส่วน 70/30 และ 50/50 ด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ นำพอลิเมอร์ผสมที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนและสมบัติทางกล พบว่าพอลิเมอร์ผสมที่มีปริมาณ TPS เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณผลึกลดลง ค่าความทนต่อแรงดึงลดลง แต่มีค่าการยืดตัว ณ จุดขาดเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะที่อัตราส่วน (PBS-g-GMA)/TPS เท่ากับ 70/30 ซึ่งมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาดสูงสุด และมีค่าครรชนีการหลอมไหลอยู่ในช่วง 0.03-0.06 กรัม/10 นาที จากที่กล่าวมาข้างต้น พอลิเมอร์ผสมระหว่างPBS/TPSที่อัตราส่วน 70/30 สามารถนำไปขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ด้วยกระบวนการอัดขึ้นรูปได้

คำสำคัญ: พอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ การกราฟต์ พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต เทอร์โมพลาสติกสตาร์ช

Abstract

Most plastic food packaging is disposable and not biodegradable. This creates a large amount of waste that pollutes the land and marine environment. Developing biodegradable materials is another way to reduce the use of materials from non-biodegradable petroleum sources. Polybutylene succinate (PBS) and thermoplastic starch (TPS) are biodegradable and non-toxic polymers. They can be used as packaging. However, they have low compatibility. The compatibility between the two phases was improved by grafting PBS with 10 wt.% of glycidyl methacrylate (GMA) (PBS-g-GMA) and using 0.5 wt.% of benzoyl peroxide (BPO) as the initiator. From the FTIR spectrum, the peak position of C=C at $1,637\text{ cm}^{-1}$ disappeared, which means GMA grafted with PBS and the degree of grafting was 8%. Then (PBS-g-GMA)/TPS at ratios of 70/30 and 50/50 were blended by a twin-screw extruder. The blended polymers were analyzed the thermal and mechanical properties. The polymer blends with increased TPS content were found to result in a reduction in crystalline content and tensile strength but increased the fracture elongation. Especially, the (PBS-g-GMA)/TPS at the ratio of 70/30 showed the highest elongation at break. The melt flow index was in the 0.03-0.06 g/10 min range. As mentioned above, the polymer blend of PBS/TPS in the ratio of 70/30 can be formed into packaging by the compression molding process.

Keywords: Biodegradable Polymer, Grafting, Polybutylene Succinate, Thermoplastic Starch

บทนำ

บรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ผลิตจากแหล่งปิโตรเลียมกลายเป็นวัสดุหลักที่ถูกใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน โดยเฉพาะพลาสติกประเภทใช้ครั้งเดียวทิ้ง (แก้วน้ำ ถุงหูหิ้ว จาน ช้อน และ หลอดดูดน้ำ) พลาสติกดังกล่าวไม่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางบกและทางทะเล จากปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นทำให้แนวโน้มการนำพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มาทำเป็นบรรจุภัณฑ์มากขึ้น Polybutylene succinate (PBS) เป็นหนึ่งในพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ สามารถย่อยสลายได้ทั้งบนบกและทะเล PBS ผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น อ้อย มันสำปะหลัง มีความยืดหยุ่นดี เป็นพอลิเอสเตอร์ที่มีความไม่ชอบน้ำ (Hydrophobicity) สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เช่น ฟิล์มคลุมดิน ถุงย่อยสลายได้ เสื้อผ้าขนหนูฟเวิน และ บรรจุภัณฑ์อาหาร แต่ PBS มีราคาแพง [1] เพื่อลดต้นทุนการผลิตจึงนิยมนำ PBS ไปผสมกับพอลิเมอร์ตัวอื่นที่มีความสามารถย่อยสลายได้เหมือนกัน พอลิเมอร์ที่นิยมใช้ในการผสมคือ Thermoplastic starch (TPS) เป็นพอลิเมอร์ที่มีราคาถูก สามารถหาได้ตามธรรมชาติ มีความชอบน้ำสูง [2] แต่พอลิเมอร์ทั้ง 2 ชนิด มีความชอบน้ำที่ต่างกัน กล่าวคือ TPS มีความชอบน้ำสูง แต่ PBS ไม่ชอบน้ำ จึงทำให้พอลิเมอร์ผสม PBS/TPS มีความเข้ากันได้ต่ำ [3]

จากงานวิจัยของ Reolid, M.J. et al. (2022) [4] ศึกษาสมบัติพอลิเมอร์ผสมระหว่าง PBS/TPS ที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า เมื่อปริมาณ TPS เพิ่มขึ้นจาก 40-60 wt% พอลิเมอร์ผสม PBS/TPS มีความเข้ากันได้ต่ำลง ส่งผลให้สมบัติความแข็งแรง การทนความร้อนมีค่าลดลง ในขณะที่งานวิจัยของ Chauhan, S. et al. (2021) [5] ทำการกราฟต์ PLA ด้วย Maleic anhydride (gPLA) ก่อนนำไปผสมกับ TPS พบว่า พอลิเมอร์ผสม gPLA/TPS มีสมบัติต้านทานแรงดึง และความเสถียรต่อความร้อนเพิ่มขึ้น และในงานวิจัยของ Yin, Q. et al. (2015) [6] พบว่า พอลิเมอร์ผสม g-MA-PBS/TPS ที่กราฟต์ PBS ด้วย Maleic anhydride ก่อนนำไปผสมกับ TPS มีความแข็งแรง และการยึดตัวเมื่อขาดเพิ่มขึ้นตามปริมาณ g-MA-PBS ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการกราฟต์จะช่วย

ให้เกิดความเข้ากันได้มากขึ้น สารกราฟต์กับพอลิเอสเตอร์มีหลายตัว เช่น Maleic anhydride (MA) Dioctyl maleate (DOM) Glycidyl methacrylate (GMA) และ Hexamethylene diisocyanate (HDI) เป็นต้น [7-8] ซึ่ง GMA เป็นสารอีกหนึ่งชนิดที่หลายงานวิจัยนิยมนำมาใช้ในการกราฟต์กับพอลิเอสเตอร์เพื่อปรับปรุงสมบัติโครงสร้างทางเคมีให้ดีขึ้น เนื่องจาก GMA เป็นสารกลุ่ม epoxy ที่มีโครงสร้างเป็นวงแหวน สามารถทำปฏิกิริยากับสารได้หลายกลุ่ม เช่น กลุ่มแอมิโน ไฮดรอกซิล และกลุ่มคาร์บอนิล เมื่อเกิดปฏิกิริยาวงแหวนจะถูกเปิดออกเกิดเป็นพันธะไฮโดรเจน ทำให้การเชื่อมขวางระหว่างสายโซ่พอลิเมอร์มีความแข็งแรงมากขึ้น [9]

จากงานวิจัยก่อนหน้าที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า พอลิเมอร์ผสม PBS/TPS มีความสามารถในการเข้ากันได้ต่ำ ต้องมีการเพิ่มความสามารถในการเข้ากันด้วยการกราฟต์ด้วยสารกลุ่ม epoxy เพื่อเพิ่มสมบัติความแข็งแรง การทนความร้อน และความสามารถในการยึดตัวเมื่อขาด ดังนั้นในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการกราฟต์ PBS ด้วย GMA (PBS-g-GMA) ก่อนนำไปผสมกับ TPS เพื่อให้พอลิเมอร์ผสม (PBS-g-GMA)/TPS สามารถเข้ากันได้มากขึ้น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อเสริมความเข้ากันได้ระหว่าง PBS กับ TPS โดยการกราฟต์ PBS ด้วย GMA
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง (PBS-g-GMA) กับ TPS

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

เทอร์มอพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic starch; TPS) Commercial grade บริษัท SMS Corporation Co., LTD. ประเทศไทย พอลิบิวทิลีนซัคซิเนต (Poly(butylene succinate); PBS) Commercial grade บริษัท GCMs Co.,LTD. ประเทศไทย เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (Benzoyl peroxide; BPO) ไกลซิดิลเมทาคริเลต (Glycidyl methacrylate; GMA) ใช้เป็น LR grade, บริษัท TCI - Tokyo Chemical Industry ประเทศไทย โดย BPO ทำหน้าที่เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา (Initiator) GMA ทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมผสม (Compatibilizer) และ ตัวอย่าง Film commercial (ฟิล์มถุงหิ้วจากร้านค้า) คือ พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High density polyethylene; HDPE) Food grad ใช้ในการเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลเพื่อนำไปพัฒนาสมบัติของพอลิเมอร์ผสม (PBS-g-GMA)/TPS สำหรับบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ โดยเตรียมตัวอย่างตามมาตรฐาน ASTM D882-10

2. การเตรียมกราฟต์พอลิเมอร์ PBS และพอลิเมอร์ผสมระหว่าง TPS กับ PBS-g-GMA

2.1 การกราฟต์ PBS ด้วย GMA (PBS-g-GMA)

อบเม็ด PBS เพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80°C ด้วยตู้อบลมร้อน (Drying Oven รุ่น Sov420A บริษัท KWF (THAILAND) CO.,LTD.) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำ PBS ไปผสมกับ GMA 10 wt% และ BPO 0.5 wt% ด้วยเครื่องอัดรีดพลาสติกสกรูคู่ ตามสภาวะการขึ้นรูปดังตารางที่ 1 เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาไฮโดไลซิสในระหว่างกระบวนการขึ้นรูป

ตารางที่ 1 การตั้งค่าอุณหภูมิ Twin-Screw Extruder ของพอลิเมอร์ PBS-g-GMA และ (PBS-g-GMA)/TPS ที่อัตราส่วนต่างๆ

พอลิเมอร์	Temperature (°C)							ความเร็ว รอบสกรู (round/min)
	Barre 1	Barrel 2	Barrel 3	Barrel 4	Barrel 5	Barrel 6	Die	
PBS-g-GMA	75	100	150	150	160	165	170	78
T30/gP70	70	100	150	160	165	165	170	101
T50/gP50	75	115	165	175	175	180	185	100

2.2 การเตรียมพอลิเมอร์ผสม (PBS-g-GMA)/TPS

อบไล่ความชื้นเม็ด TPS และ PBS-g-GMA ด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ทำการผสมแห้งแต่ละสูตรตามตารางที่ 2 และอัดรีดด้วยเครื่องอัดรีดพลาสติกสกรูคู่ ผสมตามสภาวะในตารางที่ 1 จากนั้นนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มบาง (0.2-0.4 มิลลิเมตร) ด้วยเครื่องอัดรีดฟิล์ม รุ่น SE-D30L30 / CF-W350(บริษัท CHAREON TUT CO., LTD. ประเทศไทย) ม้วนเก็บแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ที่ได้ใส่ไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) เนื่องจากฟิล์มที่ได้จะดูดความชื้นเพราะโครงสร้าง TPS มีหมู่ -OH

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมระหว่าง TPS กับ PBA-g-GMA

Code	TPS (wt%)	(PBS-g-GMA) (wt%)
PBS-g-GMA	-	100
T30/gP70	30	70
T50/gP50	50	50
TPS	100	-

3. การวิเคราะห์ตัวอย่างพอลิเมอร์

3.1 การหาปริมาณร้อยละของการเกิดกราฟต์ PBS ด้วย GMA (PBS-g-GMA)

นำฟิล์ม PBS-g-GMA ปริมาณ 1 กรัม ละลายในตัวทำละลาย Dichloromethane และรีฟลักซ์ที่อุณหภูมิ 30°C จากนั้นเติม 0.1 M methanolic hydrochloric (0.1M) ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ลงในสารละลาย PBS-g-GMA แล้วนำสารละลาย PBS-g-GMA ไปไทเทรตกับ methanolic potassium hydroxide (KOH-methanolic) โดยใช้ Phenolphthalein เป็นอินดิเคเตอร์ และคำนวณหาปริมาณร้อยละของการเกิดกราฟต์ (Degree of grafting, GD) ดังสมการที่ 1 [10]

$$GD = \frac{142.15 \times (V_0 - V) \times C}{m \times 1000} \times 100 \quad (1)$$

โดยที่

- V_0 คือ ปริมาตรของสารละลาย KOH-methanolic ที่ใช้ไทเทรตกับ blank solution (ml)
- V คือ ปริมาตรของสารละลาย KOH-methanolic ที่ใช้ไทเทรตกับสารไทเทรนต์ (ml)

C	คือ	ความเข้มข้นของสารละลาย KOH-methanolic (mol/l)
m	คือ	น้ำหนักของตัวอย่าง (g)

3.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

นำฟิล์มตัวอย่างมาตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมเล็กขนาด 1x1 เซนติเมตร และนำไปวิเคราะห์ด้วยด้วยเครื่อง ATR-FTIR รุ่น Nicolet iS5 (บริษัท Thermo Fisher Scientific Co.,LTD. ประเทศไทย) โดยฟิล์มตัวอย่างดูดกลืนคลื่นแสงรังสีอินฟราเรด (IR) ช่วงกลางประมาณ 400-4000 cm^{-1}

3.3 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อน

3.3.1 Differential scanning calorimetry (DSC)

นำตัวอย่างฟิล์มปริมาณ 4-6 mg บรรจุใส่ถ้วยอลูมิเนียม และปิดผนึกเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC รุ่น DSC25 (บริษัท TA Instruments สหรัฐอเมริกา) โดยให้ความร้อนจากอุณหภูมิ -50°C ถึง 200°C ด้วยอัตราการให้ความร้อน $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ โดยร้อยละของปริมาณผลึก (Degree of crystallinity; X_c) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2 [11]

$$X_c (\%) = \frac{\Delta H_m}{\Delta H^{\circ}_m} \times 100\% \quad (2)$$

โดยที่

ΔH_m	คือ	พลังงานที่ใช้ในการสลายผลึก (J/g)
ΔH_c	คือ	พลังงานที่ใช้ในการเกิดผลึก (J/g)
ΔH°_m	คือ	พลังงานที่ใช้ในการสลายผลึกที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ (J/g) เมื่อ ΔH°_m ของ PBS บริสุทธิ์ มีค่าเท่ากับ 110 J/g [12]

3.3.2 เทคนิค Thermogravimetric Analyzer (TGA)

นำตัวอย่างฟิล์ม น้ำหนักไม่เกิน 10 mg ใส่ในถ้วยใส่ตัวอย่างชนิดแพลทินัม วิเคราะห์ความเสถียรทางความร้อนด้วยเครื่อง TGA รุ่น TGA550 (บริษัท TA Instruments สหรัฐอเมริกา) โดยใช้อุณหภูมิ 25-700 $^{\circ}\text{C}$ และอัตราการให้ความร้อน เท่ากับ $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$

3.3.3 วัดค่าดัชนีการหลอมไหล (Melt Flow Index tester; MFI)

ทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีการไหลของตัวอย่างพอลิเมอร์ ด้วยเครื่องรีโอมิเตอร์ รุ่น MFR 1 (บริษัท CHAREON TUT CO., LTD. ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 190°C และใช้ตุ้มน้ำหนักขนาด 2,160 กรัม กดให้พอลิเมอร์ไหลออกมาผ่านทางหัวตาย (Die) จับเวลาการไหลของพอลิเมอร์เป็นเวลา 10 นาที และนำตัวอย่างพอลิเมอร์ไปชั่งน้ำหนัก เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าดัชนีการไหล ดังสมการที่ 3 [12]

$$MFI = \frac{m \times s}{t} \quad (3)$$

โดยที่

m	คือ	น้ำหนักของตัวอย่างทั้งหมดที่ไหลออกจากหัวตาย
s	คือ	เวลาของดัชนีการไหลใน 10 นาที โดย s มีค่าเท่ากับ 600 [12]
t	คือ	เวลาที่ตัวอย่างทั้งหมดไหลออกจากหัวตาย

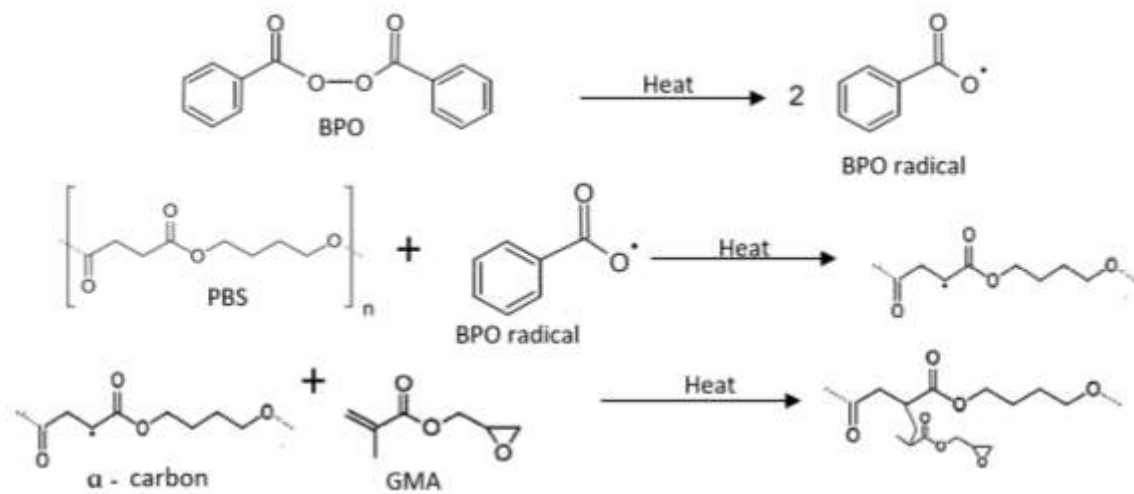
3.4 การวิเคราะห์สมบัติเชิงกล (Mechanical properties)

เตรียมฟิล์มตัวอย่างขนาดกว้าง 15 มิลลิเมตร ยาว 150 มิลลิเมตร (ระยะ grip separation 100 มิลลิเมตร) และหนา 0.25 มิลลิเมตร จำนวน 15 ชิ้น ตามมาตรฐาน ASTM D882-10 [13] จากนั้นนำตัวอย่างฟิล์มพอลิเมอร์ไปทดสอบความต้านทานแรงดึง ด้วยเครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง รุ่น Instron Model 5965 ใช้ load cell ขนาด 10 กิโลนิวตัน (KN) และ อัตราเร็วการดึง (Cross Head Speed) เท่ากับ 12.5 มิลลิเมตรต่อนาที

ผลการวิจัย

ผลจากการกราฟต์ PBS ด้วย GMA (PBS-g-GMA)

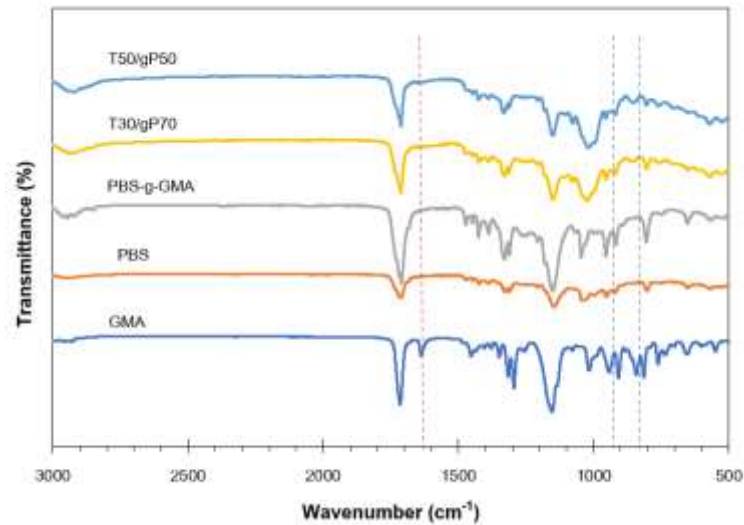
จากการกราฟต์ PBS ด้วย GMA 10 wt% โดยใช้ BPO 0.5 wt% พบว่า เกิดการกราฟต์ 8 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 1 กลไกการเกิดปฏิกิริยาการกราฟต์ PBS ด้วย GMA (PBS-g-GMA)

ที่มา: (ดัดแปลงมาจาก) Wei, X.Y. et al. (2021). Sustainable composites from biodegradable poly(butylene succinate) modified with thermoplastic starch and poly (butylene adipate-co-terephthalate): preparation and performance. *New Journal of Chemistry*, 1-37.

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของ PBS-g-GMA และพอลิเมอร์ผสม TPS/gPBS ด้วยเทคนิค ATR-FTIR



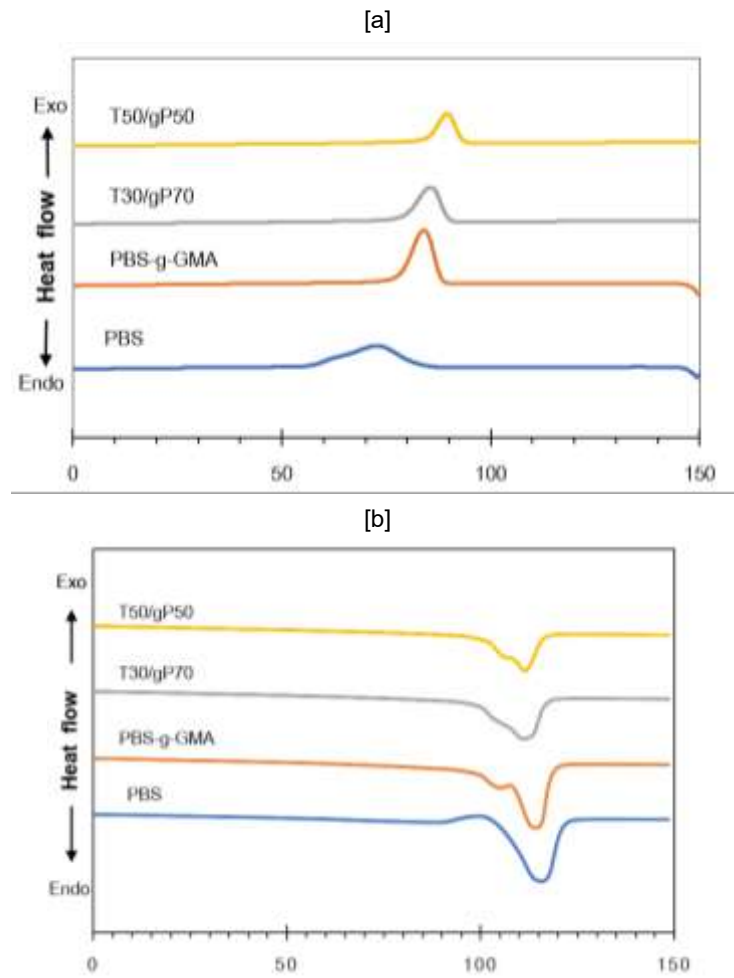
ภาพที่ 2 ATR-FTIR spectra ของ GMA, PBS, PBS-g-GMA และ (PBS-g-GMA)/TPS ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อน (Thermal property)

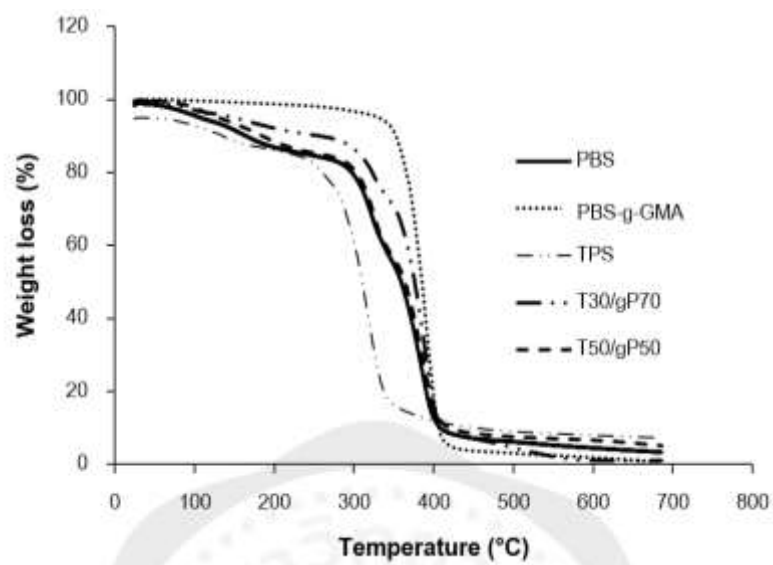
ตารางที่ 3 สมบัติทางความร้อน ของ TPS, PBS, PBS-g-GMA และพอลิเมอร์ผสม (PBS-g-GMA)/TPS ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

พอลิเมอร์	T_g^a (°C)	T_c^b (°C)	ΔH_c (J/g)	T_m^c (°C)	ΔH_m (J/g)	X_c (%)	$T_{d-start}$ (°C)	T_{d-end} (°C)
TPS	-	-	-	175.7	35.2	-	291.7	346.3
PBS	-	72.8	58.6	115.6	63.5	58	366.9	407.9
PBS-g-GMA	-	84.0	47.5	114.1	50.9	46	369.5	410.5
T30/gP70	-	84.2	40.3	111.1	44.2	40	327.9	408.1
T50/gP50	-	88.5	25.9	111.5	28.5	26	329.2	404.8

หมายเหตุ a คือ สถานะการเปลี่ยนอุณหภูมิของพอลิเมอร์จากคล้ายแก้ว (glass transition temperature; T_g)
b คือ อุณหภูมิการเกิดผลึกของพอลิเมอร์ (crystallization temperature; T_c)
c คือ อุณหภูมิการหลอมเหลวของวัสดุ (melting temperature; T_m)



ภาพที่ 3 DSC Thermograms ของพอลิเมอร์ PBS, PBS-g-GMA, T30/gP70 และ T50/gP50 โดยที่ [a] คือ Cooling และ [b] คือ Second heating



ภาพที่ 4 TGA Thermograms ของพอลิเมอร์ TPS, PBS, PBS-g-GMA และพอลิเมอร์ผสม (PBS-g-GMA)/TPS ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

ผลการทดสอบการวัดค่าครรชนีการหลอมไหล Melt Flow Index tester (MFI)

ตารางที่ 4 ค่า MFI ของ TPS, PBS, PBS-g-GMA และพอลิเมอร์ผสม (PBS-g-GMA)/TPS ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

พอลิเมอร์	MFI (g/10 min)
TPS	33.16±1.99
PBS	7.30±1.32
PBS-g-GMA	0.39±0.017
T30/gP70	0.03±0.021
T50/gP50	0.06±0.015

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล (Mechanical Properties)

ตารางที่ 5 ค่าสมบัติเชิงกลของฟิล์ม TPS, PBS, PBS-g-GMA และพอลิเมอร์ผสม (PBS-g-GMA)/TPS ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

พอลิเมอร์	Tensile Strength (MPa)	Elongation at break (%)
TPS	ND	ND
PBS	24.41±1.31 ^c	12.91±1.76 ^c
PBS-g-GMA	27.60±1.15 ^b	18.38±2.06 ^c
T30/gP70	12.99±0.88 ^d	78.76±54.44 ^b
T50/gP50	12.05±0.79 ^d	37.57±8.09 ^c
Film commercial	44.25±1.5 ^a	305.68±61.79 ^a

หมายเหตุ a-d หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวดิ่งที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

Film commercial คือ ตัวอย่างฟิล์ม HDPE ของถุงหูหิ้วที่ใช้ทางการค้า และ ND หมายถึง not detected

สรุปและอภิปรายผล

ในงานวิจัยนี้การกราฟต์ PBS ด้วย GMA 10 wt% โดยใช้ BPO 0.5 wt% เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา พบว่า มี Degree of grafting 8% ภาพที่ 1 แสดงผล FTIR สเปกตรัมของ GMA, PBS, PBS-g-GMA, T30/gP70 และ T50/gP50 พบว่า GMA ปรากฏพีก C=C ที่ตำแหน่ง 1,637 cm^{-1} และแสดงพีกลักษณะของหมู่ epoxy ของ GMA ที่ช่วง 907-841 cm^{-1} เมื่อ GMA เกิดการกราฟต์ กับ PBS พบว่า ตำแหน่งพีกที่ 1,637 cm^{-1} หายไป และเมื่อผสม PBS-g-GMA กับ TPS พบว่า หมู่ epoxy ของ GMA จะเปิดวงและเกิดพันธะกับ TPS ซึ่งสามารถยืนยันด้วยผลของ FTIR spectrum พบว่า หมู่ epoxy ที่ 907-841 cm^{-1} มีความเข้มของพีกลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ X.Y. Wei et al. (2021) [14]

ตารางที่ 3 แสดงสมบัติทางความร้อนของ TPS, PBS-g-GMA และพอลิเมอร์ผสม (PBS-g-GMA)/TPS ที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า อุณหภูมิการเกิดผลึก (T_c) ของ PBS มีค่าเท่ากับ 72.8°C เมื่อนำ PBS ไปกราฟต์ ด้วย GMA (PBS-g-GMA) พบว่าอุณหภูมิการเกิดผลึกเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อผสม PBS-g-GMA กับ TPS พบว่า

ที่ปริมาณ TPS เพิ่มขึ้น อุณหภูมิการเกิดผลึกเพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าพอลิเมอร์ผสม (PBS-g-GMA)/TPS สามารถตกผลึกได้ที่อุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อนำไปประยุกต์ในกระบวนการผลิต ทำให้เวลา/รอบกระบวนการผลิตลดลงเพราะสามารถตกผลึกได้ที่อุณหภูมิสูง ส่งผลให้ productivity สูงขึ้น ส่วน PBS-g-GMA และ (PBS-g-GMA)/TPS มีค่า T_m ช่วง 111-114°C ลดลงเมื่อเทียบกับ PBS (115.6°C) และมีปริมาณผลึกลดลง (X_c) เช่นกัน เนื่องจากการกราฟต์ด้วย GMA ทำให้เกิดการแตกแขนงของกิ่ง GMA ที่ไม่สม่ำเสมอในสายโซ่หลัก PBS ทำให้ PBS เกิดการตกผลึกที่ลดลง [15] สอดคล้องกับงานวิจัยของ Suwanniroj & Suppakarn (2022) [16] และเมื่อนำ PBS-g-PBS ผสมกับ TPS โดยปริมาณ TPS ที่มากขึ้นยิ่งส่งผลให้ปริมาณผลึกลดลง เนื่องจาก TPS เข้าไปขัดขวาง การตกผลึกของสายโซ่ PBS-g-GMA [17-18] ซึ่งการลดลงของผลึก (X_c) ทำให้พอลิเมอร์ผสม (PBS-g-GMA)/TPS มีความแข็งแรงลดลงแต่สามารถยืดตัวได้มากขึ้น

ภาพที่ 4 แสดงผล TGA thermogram พบว่าการสูญเสียน้ำหนักของพอลิเมอร์ผสม (PBS-g-GMA)/TPS สามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง กล่าวคือ ช่วงแรกเป็นการสูญเสียน้ำหนักของน้ำและกลีเซอรอลในช่วงอุณหภูมิประมาณ 90-200°C ช่วงที่ 2 ที่อุณหภูมิประมาณ 200-290°C แป้ง (Starch) เริ่มสลายตัว และช่วงที่ 3 เป็นการสลายตัวของ PBS ซึ่งเริ่มที่อุณหภูมิประมาณ 320-400°C เนื่องจากการสลายตัวของพอลิเมอร์ผสม (PBS-g-GMA)/TPS ดังกล่าวแบ่งออกเป็น 3 ช่วง เมื่อพิจารณาค่าความเสถียรทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม จะพิจารณาจากอุณหภูมิการสลายตัวของ PBS-g-GMA เพราะเป็นช่วงอุณหภูมิสุดท้ายที่พอลิเมอร์ผสมจะสลายตัว พบว่า ที่ปริมาณ TPS เพิ่มขึ้น อุณหภูมิการสลายตัวของ PBS-g-GMA มีค่าลดลง แสดงให้เห็นว่าปริมาณของ TPS มีผลต่อความเสถียรทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสม (PBS-g-GMA)/TPS เนื่องจาก TPS ทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ เมื่อปริมาณพลาสติกไซเซอร์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวภายในสายโซ่ (Intermolecular chain) ของพอลิเมอร์ผสมลดลง ส่งผลให้พอลิเมอร์ผสมสลายตัวทางความร้อนได้ง่ายขึ้น [19]

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบสมบัติการไหลของพอลิเมอร์ผสม (PBS-g-GMA)/TPS พบว่า TPS และ PBS มีค่า MFI 33.16 ± 1.99 และ 7.30 ± 1.32 g/10 min ตามลำดับ ซึ่งให้เห็นว่า PBS มีความหนืดสูงกว่า TPS อย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อกราฟต์ PBS ด้วย GMA (PBS-g-GMA) พบว่ามีค่า MFI ลดลง เท่ากับ 0.39 ± 1.7 g/10 min แสดงว่าการกราฟต์ด้วย GMA ทำให้ PBS มีความหนืดเพิ่มขึ้น และเมื่อทำการผสม TPS กับ PBS-g-GMA พบว่า ทุกอัตราส่วน มีค่า MFI ลดลง 6-10 เท่า เนื่องจาก PBS-g-GMA เกิดพันธะไฮโดรเจน กับ TPS จึงทำให้โครงสร้างมีลักษณะแบบโครงร่างตาข่าย ความหนืดเพิ่มขึ้น [20] ซึ่งช่วงของค่า MFI ที่ได้จากการทดสอบบดรรชนีการหลอมไหลของพอลิเมอร์ผสม (PBS-g-GMA)/TPS เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้ในงานอัดขึ้นรูป (Compression molding) [21]

ตารางที่ 5 แสดงค่าสมบัติเชิงกลของฟิล์ม TPS, PBS, PBS-g-GMA และพอลิเมอร์ผสม (PBS-g-GMA)/TPS ที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า TPS ไม่สามารถวัดสมบัติเชิงกลได้ เนื่องจากมีความเปราะมาก ส่วน PBS ที่ถูกกราฟต์ด้วย GMA (PBS-g-GMA) ปรากฏ tensile strength มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่า PBS ที่ไม่ได้กราฟต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการกราฟต์ด้วย GMA ทำให้ PBS มีความต้านทานแรงดึงมากขึ้น แต่เมื่อผสม TPS พบว่า ค่า tensile strength ลดลง แต่ค่า elongation เพิ่มขึ้นเมื่อผสม (PBS-g-GMA)/TPS อัตราส่วน 70/30 ซึ่ง TPS ทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ สายโซ่โมเลกุลขยับได้มากขึ้น ส่งผลให้พอลิเมอร์มีความสามารถในการยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น [22] และจากการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของ PBS-g-GMA/TPS ที่อัตราส่วน 70/30 กับพอลิเมอร์ทางการค้า พบว่า มีค่าความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) น้อยกว่า 3.4 เท่า และมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at break) น้อยกว่า 3.9 เท่าของวัสดุทางการค้า แต่ทั้งนี้การประยุกต์ใช้งานเป็นบรรจุภัณฑ์ เช่น งาน และชาม ที่ใช้ครั้งเดียวทิ้ง ซึ่งไม่ต้องการความแข็งแรงมากเพื่อให้สามารถเกิดการย่อยสลายในสิ่งแวดล้อมได้เร็วขึ้น ซึ่งพบว่าวัสดุจากชานอ้อยที่ทำเป็นบรรจุภัณฑ์มีค่าความต้านทานแรงดึงเฉลี่ย 20.46

MPa [23] แต่ (PBS-g-GMA)/TPS ที่อัตราส่วน 70/30 นั้น มีค่าความต้านทานต่อแรงดึงเฉลี่ย 12.99 MPa ยังคงต้องปรับปรุงให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอีก เพื่อให้มีโอกาสที่จะผลิตจำหน่ายเชิงพาณิชย์ได้

จากผลอภิปรายที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า Thermoplastic starch (TPS) ไม่สามารถขึ้นรูปได้โดยตรง เนื่องจากมีความเปราะและแตกหักง่าย จึงปรับปรุงสมบัติโดยการผสมกับ PBS และเพิ่มความสามารถในการเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ผสม PBS/TPS ด้วยการนำ PBS ไปกราฟต์กับ GMA (PBS-g-GMA) ก่อน เพื่อให้ทำหน้าที่เป็น Interfacial compatibilizer พบว่า PBS ที่กราฟต์ด้วย GMA (PBS-g-GMA) เกิดการกราฟต์เพิ่มขึ้น 8% และยืนยันด้วยผล ATR-FTIR ซึ่งพบว่า ตำแหน่งพีก C=C ใน PBS-g-GMA หายไปชี้ให้เห็นว่า เกิดการกราฟต์ระหว่าง PBS กับ GMA หลังจากนั้นนำ PBS-g-GMA ผสมกับ TPS ที่อัตราส่วน (PBS-g-GMA)/TPS เป็น 70/30 และ 50/50 พบว่า การผสม TPS ซึ่งทำหน้าที่เป็น plasticizer ทำให้ปริมาณผลึกในพอลิเมอร์ผสมลดลง ส่งผลให้วัสดุมีความแข็งแรงทนต่อแรงดึงลดลง แต่มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ซึ่งอัตราส่วน (PBS-g-GMA)/TPS ที่ 70/30 เป็นอัตราส่วนที่มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้ในงานอัดขึ้นรูป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Rafiqah, S.A. (2021). A Review on Properties and Application of Bio-Based Poly(Butylene Succinate). *Polymer*, 13(9), 1-28.
- [2] Diyana, Z. N. (2021). Physical Properties of Thermoplastic Starch Derived from Natural Resources and Its Blends: A Review. *Polymer*, 13, 1-20.
- [3] Nurain, A. (2021). Morphological, Structural, Thermal, Permeability, and Antimicrobial Activity of PBS and PBS/TPS Films Incorporated with Biomaster-Silver for Food Packaging Application. *Polymer*, 13, 1-15.
- [4] Reolid, M.J., Garcia, A.I., Catani, L., and Garcia, A.M. (2022). Development of Blends to Improve Flexibility of Biodegradable Polymers. *Polymer*, 14, 1-14.
- [5] Chauhan, S., Raghu, N., and Raj, A. (2021). Effect of maleic anhydride grafted polylactic acid concentration on mechanical and thermal properties of thermoplasticized starch filled polylactic acid blends. *Polymers and Polymer Composites*, 29(95), 400-410.
- [6] Yin, Q., Chen, F., Zhang, H., and Liu, C. (2015) Fabrication and characterisation of thermoplastic starch/poly(butylene succinate) blends with maleated poly(butylene succinate) as compatibilizer. *Plastics, Rubber and Composites*, 44(9), 362-367.
- [7] Jang, H., Kwon, S., Kim, S.J., and Park, S. (2022). Maleic Anhydride-Grafted PLA Preparation and Characteristics of Compatibilized PLA/PBSeT Blend Films. *International Journal of Molecular Sciences*, 23, 1-17.
- [8] Palai, B., Biswal, M., Mohanty, M., and Nayak, S.K. (2019). In situ reactive compatibilization of polylactic acid (PLA) and thermoplastic starch (TPS) blends; synthesis and evaluation of extrusion blown films thereof. *Industrial Crops and Products*, 141, 1-15.
- [9] Saber, S.E.M. (2023) Radiation-induced grafting of glycidyl methacrylate onto natural cotton fibers and trimethylamine modification for p-nitrophenol adsorption. *Radiation Physics and Chemistry*, 209, 1-32.

- [10] Song, L. (2022). Effect of Different Comonomers Added to Graft Copolymers on the Properties of PLA/PPC/PLA-g-GMA Blends. *Polymer*, 14, 1-22.
- [11] Nomadolo, N. 2022. A Comparative Study on the Aerobic Biodegradation of the Biopolymer Blends of Poly(butylene succinate), Poly(butylene adipate terephthalate) and Poly(lactic acid). *Polymer*, 14, 1-14.
- [12] Rahamtalla, M. E. (2014). *Viscosity Measurement by using Melt flow Index for Thermoplastic polymers* [Unpublished master's thesis]. Sudan University.
- [13] ASTM International. (2012). *Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting 1*. Retrieved from <https://www.wewontech.com/testing-standards/190125019.pdf>
- [14] Wei, X.Y. (2021). Sustainable composites from biodegradable poly (butylene succinate) modified with thermoplastic starch and poly (butylene adipate-co-terephthalate): preparation and performance. *New Journal of Chemistry*, 45, 17384-17397.
- [15] Shazleen, S.S. (2021). Combined Effects of Cellulose Nanofiber Nucleation and Maleated Polylactic Acid Compatibilization on the Crystallization Kinetic and Mechanical Properties of Polylactic Acid Nanocomposite. *Polymers*, 13, 1-19.
- [16] Suwanniroj, A., and Suppakarn, N. (2022). Influence of glycidyl methacrylate grafted poly(butylene succinate) (PBS-g-GMA) on flame retardancy and mechanical properties of water hyacinth fiber/ammonium polyphosphate/poly(butylene succinate) composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 139(43), 1-15.
- [17] Garalde, R.A, Thipmanee, R., Jariyasakoolroj, P., and Sane, A. (2019). The effects of blend ratio and storage time on thermoplastic starch/poly(butylene adipate-co-terephthalate) films. *Heliyon*, 5(3), 1-20.
- [18] Haeldermans, T. (2021). Poly (lactic acid) bio-composites containing biochar particles: Effects of fillers and plasticizer on crystallization and thermal properties. *eXPRESS Polymer Letters*, 15, 343-360.
- [19] ยศฐา ศรีเทพ, ณัฐกรณ์ หงษ์คำ, และพัชระ ตะโคตร. (2563). การวิเคราะห์การผสมพลาสติกชีวภาพพอลิแลคติกแอซิดและเทอร์โมพลาสติกสตาซาร์ช. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*, 14(2), 98-109.
- [20] Coudane, J. (2022). Poly (Lactic Acid)-Based Graft Copolymers: Syntheses Strategies and Improvement of Properties for Biomedical and Environmentally Friendly Applications: A Review. *Molecules*, 27, 1-23.
- [21] Shenoy, A.V., and Saini, D. R. (1986). Melt Flow Index: More Than Just A Quality Control Rheological Parameter. Part I. *Advances in polymer technology*, 6(1), 1-58.
- [22] Ghasemi, S., Behrooz, R., and Long, F. (2017). Development of nanocellulose-reinforced PLA nanocomposite by using maleated PLA (PLA-g-MA). *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 31(8), 1-12.
- [23] วุฒินันท์ คงทัด. (2559). *การพัฒนากระดาษพิเศษจากชานอ้อย*. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.

SWUCON2023-008: การประมวลผลภาษาธรรมชาติจากข้อมูลสื่อสังคมออนไลน์ เชิงพื้นที่ในการคาดการณ์อุบัติเหตุ

ENHANCING ACCIDENT ESTIMATION THROUGH NATURAL LANGUAGE PROCESSING OF SOCIAL MEDIA SPATIAL DATA

สิทธิพัฒน์ เปี่ยมใจสว่าง*, อสมภรณ์ สิทธิ, ปกรณ์ เมฆแสงสวย

Sitthipat Piemjaiswang, Asamaporn Sitthi, Pakorn Meksangsouy*

ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Srinakharinwirot University.

*Corresponding author, e-mail: Sitthipat.tong@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาการประมวลผลภาษาธรรมชาติในการคาดการณ์อุบัติเหตุจากสื่อสังคมออนไลน์ มีวัตถุประสงค์เพื่อการจัดทำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่จากการรายงานอุบัติเหตุผ่านสื่อสังคมออนไลน์ มาจากการที่ผู้ใช้แบ่งปันข้อมูลรูปภาพหรือแสดงความคิดเห็นต่างๆ รวมถึงการอ้างอิงถึงที่มีความสำคัญกับอุบัติเหตุ โดยมีการแบ่งการเกิดอุบัติเหตุเป็น 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้า ช่วงกลางวัน และช่วงเย็น งานวิจัยนี้นำเทคนิคเหมืองข้อมูลข้อความ โดยการนำข้อความที่สกัดได้จากสื่อสังคมออนไลน์มาทำการหาความสัมพันธ์ของข้อมูล การดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือ 1. การสร้างฐานข้อมูลเกี่ยวกับอุบัติเหตุที่ได้จากทวิตเตอร์ 2. การประมวลผลข้อความของและการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลอุบัติเหตุ และ 3. กระบวนการเข้ารหัสจากข้อความให้เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geocoding) ผลการวิจัยพบว่า จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อความและความหนาแน่นเชิงพื้นที่ของการเกิดอุบัติเหตุจากสื่อสังคมออนไลน์ และเปรียบเทียบพื้นที่ที่เกิดอุบัติเหตุเพื่อหาปัจจัยในการเกิดในแต่ละช่วงเวลา ได้แก่ เช้า กลางวัน เย็น มีความสอดคล้องกับสถิติและการรายงานสภาพการจราจรและอุบัติเหตุในแต่ละช่วงเวลา กล่าวคือจำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนและพัฒนาการคมนาคมให้มีความปลอดภัยเพิ่มขึ้นและลดโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ การประมวลผลภาษาธรรมชาติและการหาความสัมพันธ์ข้อความที่ได้จากทวิตเตอร์ สามารถอธิบายถึงลักษณะของการรายงานอุบัติเหตุจากสื่อสังคมออนไลน์ และช่วยคาดการณ์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยอธิบายถึงการกระจายเชิงพื้นที่ของการระบุตำแหน่งของอุบัติเหตุ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนและพัฒนาโครงข่ายถนน การเสริมสร้างความปลอดภัยบนท้องถนน การเข้าถึงพื้นที่ โครงสร้างพื้นฐาน การคมนาคมขนส่งที่มีความสำคัญต่อเหตุการณ์นั้นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ: การประมวลผลภาษาธรรมชาติ การระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ การคาดการณ์อุบัติเหตุ

Abstract

This study focuses on employing Natural language processing techniques to estimate accidents based on social media data. The objective is to create a spatial database of accident cases by extracting relevant information from user-generated content, such as pictures and comments shared on social media, and analyzing including mentioned location or area of accident in the morning, afternoon, and evening. The accident data through text mining techniques using text extracted was implemented to find frequency of accident word, and classified accident types and its relations. The research methodology consists of three main steps. Firstly, querying accident data using the Twitter API. Secondly, text mining of accident events and association rule mining technique of accident data, Thirdly, geocoding was used to estimate the relative location about accidents occurrence the spatial density of the accident. The findings reveal the relationship between the content of social media messages and the spatial density of accidents. By comparing accident-prone areas and considering temporal factors such as morning, afternoon, and evening, which are linked to social media usage patterns, this research identifies factors contributing to accidents. These insights can be utilized for transportation planning and development, specifically to enhance safety measures and reduce the likelihood of accidents. Furthermore, the results obtained from natural language processing and the correlation rules derived from text analysis provide valuable information about the nature of accident reports. In addition, social media data related to accidents enables the prediction of incidents by examining the spatial distribution of accident locations. By leveraging natural language processing techniques and utilizing social media data, this research contributes to the effective estimation and prediction of accidents, facilitating proactive measures to improve road safety and transportation planning.

Keywords: Natural language processing, Geocoding, Accident estimation

บทนำ

ปัจจุบันการจราจรในกรุงเทพมหานครมีปริมาณการเพิ่มขึ้นของรถยนต์มากขึ้น ส่งผลให้การจราจรบนท้องถนนคับคั่งเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรจากการย้ายถิ่นที่อยู่เข้าสู่เมือง ประกอบกับการที่ระบบขนส่งสาธารณะและโครงข่ายถนนมีไม่เพียงพอและขาดการเชื่อมโยงที่ดี อีกทั้งการขยายตัวของเมืองขาดการควบคุม มีการขยายตัวของเมืองที่เติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง และการเติบโตของเมืองที่ใหญ่ขึ้นก็จะมากับประชากรที่มีปริมาณมากขึ้นด้วย อุบัติเหตุจราจร (Road traffic accident) ถือเป็นปัญหาระดับโลกเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งของการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินซึ่งส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจมูลค่ามหาศาล จากรายงานความปลอดภัยทางถนนของโลกในปี พ.ศ. 2558 พบว่าอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนของไทยอยู่ในอันดับที่ 2 ของโลก โดยมีผู้เสียชีวิตประมาณ 38 คน ต่อประชากร 100,000 คน [1]

การพัฒนาทางเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างกันเป็นสิ่งสำคัญ การใช้งานระบบอินเทอร์เน็ตทำให้การสื่อสารสามารถเข้าถึงได้ทุกคนทุกที่ ในการติดต่อเชื่อมโยง ผู้ใช้งานทั่วทุกมุมโลกสามารถติดต่อ แลกเปลี่ยนและแบ่งปันความคิดเห็น ข้อมูลเหตุการณ์หรือกิจกรรมที่สนใจในหลากหลายมุมมองผ่านตัวอักษร เสียง รูปภาพ และวิดีโอ นอกจากนี้ผู้ใช้งานยังสามารถแบ่งปันข้อมูลจากการบริการการบอก

ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Location Based Service: LBS) ที่มีการระบุสถานที่หรือตำแหน่งของสถานที่นั้น ๆ โดยใช้อุปกรณ์พกพา เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ [2]

การพัฒนาทางเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารเป็นสิ่งจำเป็นและเข้ามามีบทบาทสำหรับการใช้ชีวิตในปัจจุบัน โดยผ่านการใช้แอปพลิเคชันต่างๆ ตามความนิยมและลักษณะการใช้งาน เช่น เฟสบุ๊ก (Facebook) ทวิตเตอร์ (Twitter) อินสตาแกรม (Instagram) เป็นต้น Twitter เป็นหนึ่งในแอปพลิเคชันที่มีเอกลักษณ์ในการแบ่งปันข้อมูลในรูปแบบการทวีตข้อความแบบกระชับและมีการกระจายข้อมูล (Retweet) อย่างรวดเร็วในการแบ่งปันข้อมูลต่าง ๆ และยังมีกระแสแฮชแท็กสำหรับการสืบค้นข้อมูลที่เรากำลังเพิ่มมากขึ้น

การเติบโตของสารสนเทศในรูปแบบข้อความมีอัตราที่สูงขึ้น มีเทคโนโลยีในการค้นหาข้อความที่ดีขึ้น (Search Engine) จะมีความสามารถที่สูงขึ้น แต่การกระทำดังกล่าวก็ยังไม่สามารถสรุปความ ประมวลผลความหมาย หรือความสัมพันธ์ของคำได้อย่างตรงประเด็น ทำให้การสืบค้นไม่ตรงประเด็นกับที่ผู้ใช้งานต้องการ [3] ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคนิคเหมืองข้อความ นำระบบการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) เพื่อช่วยในการตรวจสอบ ติดตาม และแสดงแนวโน้ม สามารถเข้าถึง วิเคราะห์ และประมวลผลด้วยเวลาอันรวดเร็ว เข้าใจง่ายและมีประสิทธิภาพ ในการศึกษาวิจัยที่สนใจที่จะนำการประมวลผลภาษาธรรมชาติโดยใช้ข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์มาวิเคราะห์รูปแบบการแสดงสถานะผ่านตัวอักษรที่สกัดจากดัชนีถ้อยคำที่มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุและการรายงานสภาพการจราจรซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการใช้งานและการรายงานข้อมูลได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาษาธรรมชาติเชิงพื้นที่ พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ในอดีตได้ใช้วิธีการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์ความหนาแน่นเชิงพื้นที่ของการเกิดอุบัติเหตุเพียงอย่างเดียว [4] การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับกระบวนการประมวลผลภาษาธรรมชาติในการคาดการณ์อุบัติเหตุจากระบบสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อการประมาณตำแหน่งพื้นที่เสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุในกรุงเทพมหานคร ทำให้สามารถประมาณการเกิดอุบัติเหตุ สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ จากการรายงานผ่านระบบสื่อสังคมออนไลน์อย่างรวดเร็ว รวมทั้งสามารถบ่งบอกถึงช่วงเวลา ประเภทอุบัติเหตุ เพื่อเป็นประโยชน์ในการรายงานเหตุการณ์อุบัติเหตุแบบเรียลไทม์ได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

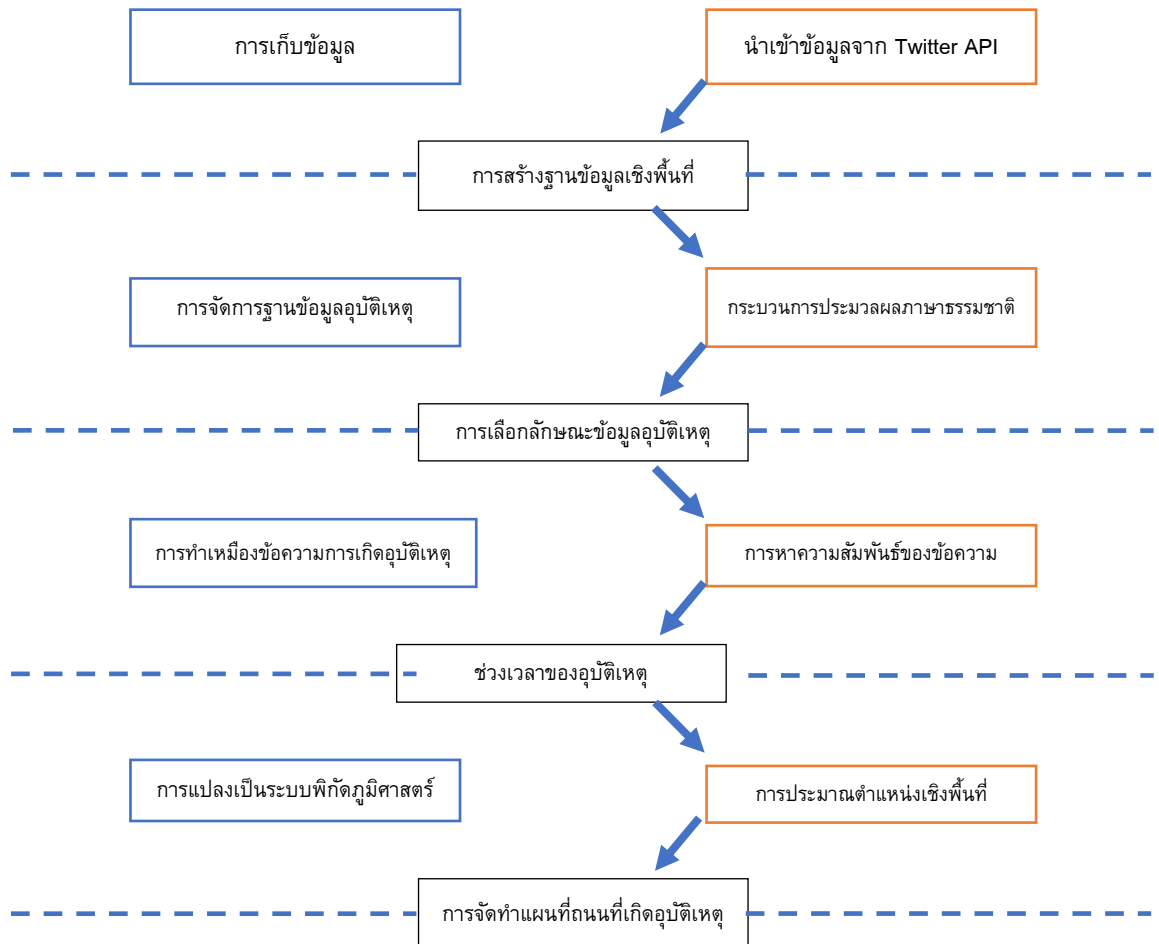
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์อุบัติเหตุและความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนโดยมีการแบ่งการศึกษาเป็น 3 วัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่จากข้อมูลสื่อสังคมออนไลน์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุ
2. เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุด้วยการประมวลผลภาษาธรรมชาติ
3. ประมาณค่าเชิงตำแหน่งการเกิดอุบัติเหตุจากการประมวลผลภาษาธรรมชาติ

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์อุบัติเหตุโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงตำแหน่งจากสื่อสังคมออนไลน์โดยวิธีการประมวลผลภาษาธรรมชาติและการทำเหมืองข้อมูลซึ่งเป็นกระบวนการวิเคราะห์ความหมายของข้อมูลจากตัวอักษรที่ได้จากการกล่าวถึงการจราจรและอุบัติเหตุในทวิตเตอร์ นำมาประมวลผลคำนวณความถี่ของคำและจัดลำดับความสำคัญของคำที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์จราจรและการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับเหตุการณ์ต่าง ๆ จากการประมวลผลภาษาธรรมชาติ งานวิจัยนี้แบ่งลักษณะวิธีออกเป็น 5

กระบวนการวิเคราะห์หลัก ได้แก่ การสืบค้นและการจัดการฐานข้อมูล การประมวลผลภาษาธรรมชาติ การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล การประมาณค่าเชิงพื้นที่จากข้อความในการจัดทำแผนที่ความเสี่ยงจากการเกิดอุบัติเหตุโดยมีกรอบแนวคิดของงานวิจัย ดังภาพที่ 1 รายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 1 แผนการดำเนินงาน

1. การสืบค้นและจัดทำฐานข้อมูล

การสร้างคลังฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของอุบัติเหตุจากสื่อสังคมออนไลน์ (Database) งานวิจัยนี้รวบรวมข้อมูลโดยการสืบค้นข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ Twitter ผ่านการเรียกใช้งาน Application Program Interface (API) และสร้างคลังฐานข้อมูลในรูปแบบ MySQL เพื่อจัดเก็บและดึงข้อมูลทั้งหมดรวมถึงเนื้อหาโพสต์ โปรไฟล์ผู้ใช้ และประเภทโพสต์ที่กำหนดเอง โดยกำหนดเงื่อนไขในการเก็บข้อมูล โดยข้อมูลที่ได้ส่วนใหญ่จะอยู่ในพื้นที่บริเวณกรุงเทพมหานคร ช่วงปี พ.ศ. 2563 จากบัญชีที่มีการรายงานสภาพอุบัติเหตุและจราจร 2 บัญชี คือ @JS100Radio และ @FM91radiopro ข้อมูลที่ได้อยู่ในรูปแบบเอกสารที่เป็นตัวอักษรและรองรับการเข้ารหัส (Unicode) ได้ทุกภาษา ข้อมูลประกอบไปด้วย ชื่อผู้ใช้งาน (Username) วันและเวลาที่ข้อมูลอัปโหลด (Date and Time) ดัชนีถ้อยคำ (Tags) และนำข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้างในรูปแบบข้อความ มาแปลงให้อยู่ในรูปแบบมีโครงสร้างที่แน่นอนเพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูล ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญในการนำไปเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และหาความสัมพันธ์ของข้อความ

2.2. การหาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการประมวลผลภาษาธรรมชาติ

การจัดกลุ่มข้อมูล (Data Clustering) เป็นวิธีการจัดกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนกันไว้ในกลุ่มเดียวกันเป็นส่วนหลักของการการทำเหมืองข้อมูล การรู้จำแบบ เป็นการทำงานร่วมกันของอัลกอริทึมที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหาในการทำงาน ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มจะอาศัยความเหมือน (Similarity) หรือ ความใกล้ชิด (Proximity) โดยจะแบ่งชุดข้อมูล ออกเป็นกลุ่ม (Cluster) นำข้อมูลที่มีคุณลักษณะเหมือนกัน หรือคล้ายกันจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน [7] การหาความสัมพันธ์ด้วยอัลกอริทึม Apriori เป็นอัลกอริทึมที่มีความนิยมในการใช้หาความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยใช้หลักการค้นหาแบบวงกว้าง ซึ่งจะทำการสร้างและตรวจสอบ item sets ที่เกิดขึ้นบ่อยที่ละชั้น [8] และประเมินค่าด้วยค่าความเชื่อมั่น (Confidence) [9] การหากฎความสัมพันธ์ด้วยวิธี Apriori มี 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ

- a. การหา Frequent item sets คือการหารูปแบบข้อมูลที่เกิดขึ้นร่วมกันบ่อย ๆ ในฐานข้อมูล หรือมีค่ามากกว่าค่าสนับสนุนต่ำสุด (Minimum support) ที่ผู้ใช้กำหนด โดยจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนย่อย ได้แก่
 - i. การสร้างรูปแบบของเซตไอเทม (Itemset) ที่มีขนาดยาวมากขึ้นทีละหนึ่งขั้นไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไม่เหลือเซตไอเทมที่จะสร้างอีกต่อไปทำให้ได้กลุ่มข้อมูลที่ปรากฏร่วมกันบ่อยทั้งหมด [10]
 - ii. การนับค่าการสนับสนุน (Support count) หลังจากการสร้างรูปแบบของ Item sets ได้แล้วนำมาทำการคำนวณค่า support ที่เกิดขึ้น โดยที่ Support คือ จำนวนเปอร์เซ็นต์ที่พบ Item sets ในฐานข้อมูล
- b. การสร้าง Association rule หลังจากที่ได้หา frequent item sets ได้แล้วจะนำรูปแบบที่ได้มาสร้างเป็นกฎความสัมพันธ์ เช่น ถนนกาญจนาภิเษก => ชนกัน หมายความว่า บนถนนกาญจนาภิเษกจะมีการเกิดการชนกัน

งานวิจัยนี้ได้นำข้อมูลที่สกัดมาจากการประมวลผลภาษาธรรมชาติ มาหาความสัมพันธ์ของข้อความจากการจรรยาหรือเหตุการณ์อุบัติเหตุ มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ คือ ค่าสนับสนุนและความเชื่อมั่นต่ำที่สุดที่ยอมรับได้ ได้แก่ Min Support = 0.08 และ Min Confidence = 0.08 (ค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด) [11] โดยความสัมพันธ์ของข้อความระหว่างอุบัติเหตุ และถนนที่เกิดอุบัติเหตุ จะสามารถบอกได้ถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยมีการกำหนดกลุ่มดัชนีถ้อยคำสำคัญหรือคำหลัก (K) ได้แก่ ชื่อถนนที่มีความถี่ในการเกิดอุบัติเหตุสูงสุด การระบุตำแหน่งของข้อความโดยใช้การแปลงเป็นระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geocoding) วิธีการทำ อัลกอริทึมคือวิธีการเข้ารหัสชื่อถนนโดยการแปลงชื่อถนนหรือตำแหน่งที่ตั้งที่ถูกกล่าวถึง [12] ประมาณเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ลักษณะเส้น (Line symbol) เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ระดับความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุโดยแบ่งข้อมูลออกเป็นลักษณะธรรมชาติของข้อมูล (Natural break) และนำไปสร้างแผนที่เส้นทางการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละช่วงเวลาจากสื่อสังคมออนไลน์

ผลการวิจัย

1. การสืบค้นข้อมูลและจัดทำคลังฐานข้อมูล

การพัฒนาโปรแกรมเพื่อทำการสืบค้นข้อมูลดัชนีถ้อยคำและจัดทำคลังฐานข้อมูลจาก Twitter ระหว่างปี 2564 – 2565 โดยมีกลุ่มตัวอย่างในการดึงข้อมูลและจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลดังภาพที่ 3 มีชุดข้อมูลที่ผู้ใช้งานทำการทวีตทั้งสิ้น จำนวน 12,000 ชุดข้อมูล ซึ่งในคลังฐานข้อมูลที่รวบรวมได้ ประกอบไปด้วย หมายเลขข้อมูล (ID) ชื่อผู้ใช้งาน (Username) วันเวลาที่ทวีตข้อความ (Create_date) ข้อความที่ถูกทวีต (Tweet) พื้นที่ที่ทวีตข้อความ (Location) เพื่อสร้างฐานข้อมูลในรูปแบบ MySQL เป็นข้อมูลแบบมีโครงสร้าง และนำข้อมูลไปประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing : NLP)

id	username	created_at	tweet	retweet_count	place	location	timestamp
1383	fm91trafficpro	2021-03-07 03:29:54	บริษัทกลางฯ แลข้อมูลรับแจ้งอุบัติเหตุทางถนน ในเวลา 24 ชั่วโมง "ประจำวันเสาร์ ที่ 6 มี...	0	NULL	NULL	2021-03-07 10:29:59
1442	js100radio	2021-03-07 04:03:09	11:01 #อุบัติเหตุ #ถนนราชพฤกษ์ ช่วง แอ่งน้ำ... น้อย & แยกถ.บรมราชชนนี ร...	0	NULL	Bangkok	2021-03-07 11:03:14
1444	js100radio	2021-03-07 04:04:35	11:01 #อุบัติเหตุ #ถนนราชพฤกษ์ จากแยกบางขุนทอง & ซว.โกลด์แลนด์สว. รวดกึ่งเสี...	0	NULL	Bangkok	2021-03-07 11:04:40
1508	js100radio	2021-03-07 04:39:30	11:32 #อุบัติเหตุ #ถนน346 ช่วงตัดทล.9 & ถ.ถ.340 แยกถนนพวงศ์ เล็กน้อย เก่งกับด...	0	NULL	Bangkok	2021-03-07 11:39:35
1531	js100radio	2021-03-07 04:58:11	11:57 #อุบัติเหตุ #ถนนกาญจนาภิเษก "ช่วงคลองจั่น & ถ.วัดลาดปลาตก ที่ใกล้MRTค...	0	NULL	Bangkok	2021-03-07 11:58:16

ภาพที่ 3 ตัวอย่างคลังฐานข้อมูลในรูปแบบ MySQL จากข้อความบน Twitter ในปี 2564-2565

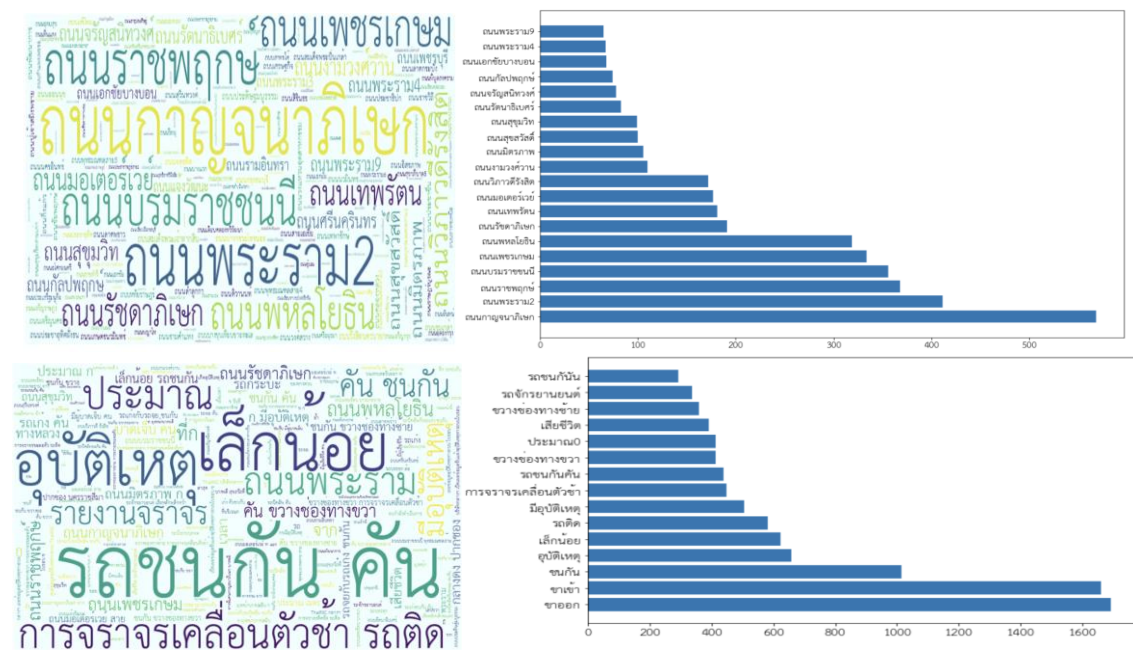
2. การประมวลผลภาษาธรรมชาติและ การวิเคราะห์เหมืองดัชนีถ้อยคำ

2.1 เทคนิคการประมวลผลข้อความจากดัชนีถ้อยคำ ประกอบไปด้วยขั้นตอนการเลือกข้อมูล การกรองข้อมูล และการจัดลำดับข้อมูล ให้อยู่ในรูปแบบคลังฐานข้อมูลเพื่อนำไป ผลที่ได้คือ ชื่อถนนที่เกิดอุบัติเหตุ รายละเอียดเหตุการณ์และความเสียหายที่เกิดขึ้นจากอุบัติเหตุ ดังภาพที่ 4

['13:32', 'ถนนกาญจนาภิเษก', 'ต่างระดับเอกชัย', 'ต่างระดับบางโคลด์', 'ที่ตรงข้ามแม็คโคร', 'บางบอน', 'รถชนกัน', '5', 'คัน', 'ขาว...', '07:52']
['ถนนกาญจนาภิเษก', 'จาก', 'ต่างระดับเอกชัย', 'ที่บริเวณต่างระดับบางโคลด์', 'รถเก๋ง', '2คัน', 'ชนกัน', 'ขวางช่องทางขวา', 'การจราจรเคลื่อนตัวช้า',

ภาพที่ 4 การประมวลผลภาษาธรรมชาติ

การวิเคราะห์ดัชนีถ้อยคำก่อนเมฆ (Word Cloud) เป็นการจัดลำดับข้อมูลเพื่อนำมาแสดงผลให้มีความเข้าใจง่ายขึ้น สามารถมองเห็นความถี่ของข้อความที่ทำการประมวลผลภาษาได้ง่ายขึ้น โดยวิเคราะห์จำนวนความถี่ของคำที่เกิดขึ้นในข้อความนั้นโดยอยู่ในรูปแบบถุงข้อมูล (Bag of word) จากภาพที่ 5 เป็นการแสดงค่าความถี่ของชื่อถนนและคำที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยจากการวิเคราะห์จะได้ความถี่ของถนนที่เกิดอุบัติเหตุสูงสุด โดย 10 อันดับแรกที่มีการเกิดอุบัติเหตุสูงสุด ได้แก่ 1. ถนนกาญจนาภิเษก 2. ถนนพระราม 2 3. ถนนบรมราชชนนี 4. ถนนเพชรเกษม 5. ถนนพหลโยธิน 6. ถนนรัชดาภิเษก 7. ถนนเทพรัตน 8. ถนนมอเตอร์เวย์ 9. ถนนวิภาวดีรังสิต และ 10. ถนนงามวงศ์วาน



ภาพที่ 5 ดัชนีถ้อยคำก่อนเมฆ (Word Cloud) และกราฟแสดงค่าความถี่ของข้อมูล (Frequency of word)

2.2 การวิเคราะห์เหมืองข้อมูลนี้ถ้อยคำและการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล

การหาความสัมพันธ์ได้ใช้เทคนิคทำเหมืองข้อมูลคือกระบวนการกระทำกับข้อมูลเพื่อค้นหา รูปแบบ กฎ และความสัมพันธ์ของข้อมูลที่อยู่ในชุดข้อมูลนั้นโดยอาศัยหลักสถิติ การรู้จำการเรียงตัวของเครื่อง และหลักคณิตศาสตร์ เป็นต้น [13] การหาความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยข้อมูลชุดนี้ถูกนำไปวิเคราะห์ เพื่อสร้างกฎความสัมพันธ์ด้วยอัลกอริทึม Apriori จะเห็นได้ว่าอุบัติเหตุบนท้องถนนส่วนใหญ่ คือ เหตุการณ์ "รถชนกัน" โดยความสัมพันธ์ระหว่างถนนและอุบัติเหตุ กล่าวคือ การเกิดอุบัติเหตุบนถนนมีความสัมพันธ์ กับลักษณะของการเกิดอุบัติเหตุและมีความสัมพันธ์กับสถานที่ใกล้เคียงของอุบัติเหตุ เช่น ถนนกาญจนาภิเษก มีความเชื่อมโยงกับคำว่า รถชนกัน มีค่าความเชื่อมั่น 0.15% มีค่าที่อธิบายถึงความเสียหายหรือบริเวณ จุดเกิดอุบัติเหตุ เช่น คำว่า ต่างระดับเอกซัย มีค่าความเชื่อมั่น 0.12% จะเห็นได้ว่าการรายงานข้อมูลผ่านสื่อสังคม ออนไลน์มีการกล่าวถึงคำที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจึงนำไปสู่การทำแผนที่ถนนที่มีความถี่ในการเกิด อุบัติเหตุดังตารางที่ 1 โดยเรียงลำดับความถี่จากการประมวลผลภาษาธรรมชาติจากความถี่ของถนน ดังภาพที่ 5

ตารางที่ 1 คำที่เกี่ยวข้องกับคำสำคัญ (Keyword) และค่ากฎความสัมพันธ์ของคำสำคัญ (Associate's rule)

ถนนกาญจนาภิเษก	ค่าความเชื่อมั่น
จาก	0.128975
รถชนกัน	0.151943
เล็กน้อย	0.121908
ต่างระดับเอกซัย	0.118375
ต่างระดับบางโคลด์	0.098940
ประมาณ	0.090106
ต่างระดับเพชรเกษม	0.083039

ถนนราชพฤกษ์	ค่าความเชื่อมั่น
รถชนกัน	0.189041
แยกสวนผัก	0.147945
คัน	0.145205
ชนกัน	0.115068
เล็กน้อย	0.112329
แยกบางขุนทอง	0.109589
จาก	0.101370
ต่างระดับชัยพฤกษ์	0.101370
ต่างระดับบางรักน้อย	0.101370

ถนนพระราม 2	ค่าความเชื่อมั่น
รถชนกัน	0.155556
ชนกัน	0.145679
ประมาณ	0.138272
คัน	0.135802
แสมดำ	0.128395
แยกบ้านแพ้ว	0.123457
จาก	0.113580
เล็กน้อย	0.111111
ต่างระดับพระราม 2	0.108642
ถนนเพชรเกษม	ค่าความเชื่อมั่น
ชนกัน	0.206587
เล็กน้อย	0.161677
รถชนกัน	0.155689
คัน	0.143713
นครปฐม	0.107784
จาก	0.098802
ประมาณ	0.089820
คัน, รถชนกัน	0.089820
การจราจรเคลื่อนตัวช้า	0.083832

ถนนบรมราชชนนี	ค่าความเชื่อมั่น
พุทธมณฑลสาย 2	0.228169
รถชนกัน	0.228169
เล็กน้อย	0.208451
ประมาณ	0.183099
คัน	0.174648
พุทธมณฑลสาย 4	0.166197
คัน, รถชนกัน	0.112676
ชนกัน	0.109859

ถนนพหลโยธิน	ค่าความเชื่อมั่น
จาก	0.114286
รถชนกัน	0.133333
เล็กน้อย	0.092063
ชนกัน	0.088889
รังสิต	0.082540

ถนนรัชดาภิเษก	ค่าความ เชื่อมั่น
แยกรัชดาลาดพร้าว	0.105263
รถชนกัน	0.142105
รถติด	0.142105
จาก	0.131579
ชนกัน	0.126316
แยกรัชโยธิน	0.115789
ขวางช่องทางซ้าย	0.110526
คัน	0.110526
การจราจรเคลื่อน ตัวช้า	0.100000

ถนนเทพรัตน์	ค่าความ เชื่อมั่น
(บางนาตราด)	0.232044
ชนกัน	0.171271
รถชนกัน	0.149171
คัน	0.116022
แยกบางนา	0.110497
ตรงข้ามสนามบิน สุวรรณภูมิ	0.099448
สะพานกัลป์รถ	0.093923
(กิ่งแก้วบางพลี)	0.088398
บางโฉบ	0.082873
คัน, รถชนกัน	0.082873

ถนนสุขุมวิท	ค่าความ เชื่อมั่น
ชนกัน	0.279661
ขวางช่องทางซ้าย	0.169492
การจราจรเคลื่อนตัว ช้า	0.161017
รถติด	0.152542

ถนนมอเตอร์เวย์	ค่าความ เชื่อมั่น
สาย 7	0.276596
ต่างระดับทับช้าง	0.212766
รถชนกัน	0.196809
สาย 9	0.196809
9, สาย	0.148936
สาย, 7	0.138298

ถนนงามวงศ์วาน	ค่าความ เชื่อมั่น
แยกพงษ์เพชร	0.366972
แยกบางเขน	0.339475
คัน	0.275229
ชนกัน	0.238532
รถติด	0.229358
รถชนกัน	0.211009
แยกแคราย	0.201835
การจราจร เคลื่อนตัวช้า	0.192661
ขวางช่อง ทางขวา	0.183486

ถนนสุขสวัสดิ์	ค่าความ เชื่อมั่น
จาก	0.151515
แยกบางปะแก้ว	0.151515
ชนกัน	0.121212
วงเวียนหอนาฬิกา	0.121212

ถนนวิภาวดี- รังสิต	ค่าความ เชื่อมั่น
แยกบางเขน	0.116959
จาก	0.181287
รถชนกัน	0.157895
ชนกัน	0.146199
คัน	0.128655
แยกหลักสี่	0.128655
เลี้ยวซ้าย	0.116959
สนามบินดอนเมือง	0.105263

ถนนมิตรภาพ	ค่าความ เชื่อมั่น
นครราชสีมา	0.524272
ปากช่อง	0.310680
นครราชสีมา, ปากช่อง	0.271845
สระบุรี	0.252427
กรุงเทพฯ	0.165049
กลางดง	0.155340
มวกเหล็ก	0.135922
ชนกัน	0.116505
นครราชสีมา, กรุงเทพฯ	0.106796

ถนนจรัญสนิท วงศ์	ค่าความ เชื่อมั่น
แยกบางพลัด	0.337662
แยกบรมราชชนนี	0.259740
สะพานพระราม 7	0.207792
รถชนกัน	0.181818

การจราจรเคลื่อนตัวช้า, รถติด	0.127119
ขวางช่องทางกลาง	0.118644
บาดเจ็บ	0.110169
รถชนกัน	0.093220
ขวางช่องทางขวา	0.084746

ถนนกัลปพฤกษ์	ค่าความเชื่อมั่น
กาญจนภิเษก	0.112676
แยกกำนันแมน	0.535211
แยกราชพฤกษ์	0.450704
แยกราชพฤกษ์,แยกกำนันแมน	0.338028
รถชนกัน	0.169014
คัน	0.154930
จาก	0.140845
ประมาณ	0.126761
แยกสุขาภิบาล 1	0.126761
ขวางช่องทางซ้าย	0.112676

ถนนศรีนครินทร์	ค่าความเชื่อมั่น
แยกศรีนุช	0.176471
แยกพัฒนาการ	0.132353
ชนกัน	0.102941
สะพานลอยวัดศรีเอี่ยม	0.102941
จาก	0.102941
การจราจรเคลื่อนตัวช้า	0.088235
คัน	0.088235
เล็กน้อย	0.088235
แยกลาซาล	0.088235

คัน	0.111111
ทางขึ้นด่วนบางพลีสุขสวัสดิ์	0.111111
ทางขึ้นทางด่วนบางพลีสุขสวัสดิ์	0.101010
ขวางช่องทางซ้าย	0.090909
แยกวัดสน	0.090909

ถนนรัตนธิเบศร์	ค่าความเชื่อมั่น
จาก	0.182927
แยกแคราย	0.182927
รถชนกัน	0.170732
คัน	0.158537
ชนกัน	0.158537
เล็กน้อย	0.146341
เลี้ยวเมืองนนท์	0.134146
แยกบางพลู	0.134146
ถนนเลี้ยวเมืองนนท์	0.121951

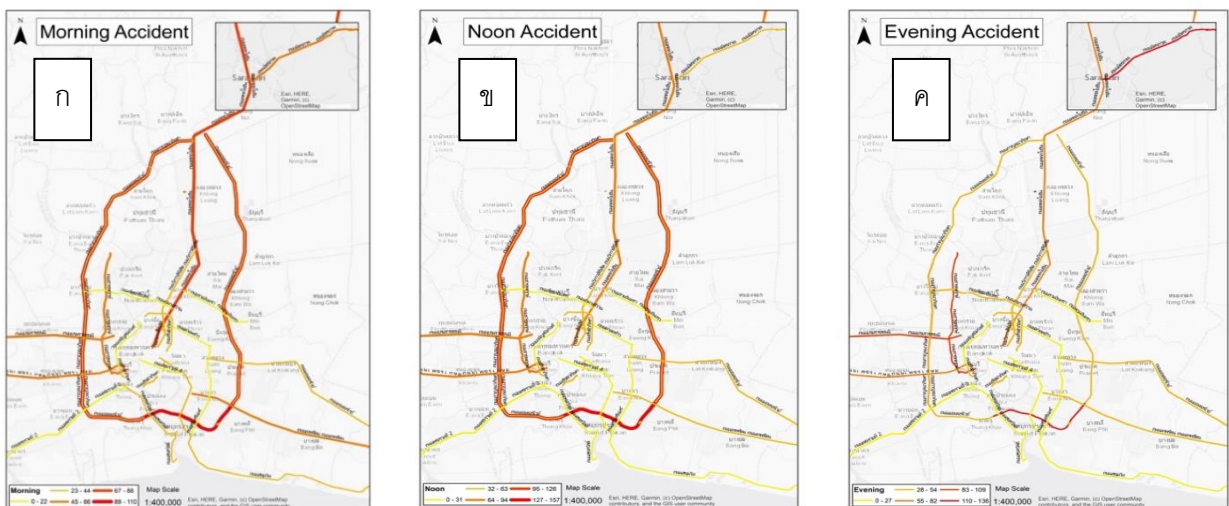
ถนนพระราม4	ค่าความเชื่อมั่น
แยกกล้วยน้ำไท	0.313433
แยกเกษมราษฎร์	0.313433
ชนกัน	0.223881
แยกกล้วยน้ำไท,แยกเกษมราษฎร์	0.208955
ขวางช่องทางขวา	0.164179
ใต้ทางด่วนพระราม 4	0.164179
เล็กน้อย	0.134328
แยกถนนวิฑู	0.104478
จาก	0.089552

สะพานพระราม 7, แยกบางพลัด	0.168831
เล็กน้อย	0.155844
ขวางช่องทางซ้าย	0.129870
คัน	0.129870
ชนกัน	0.129870

ถนนเอกชัยบางบอน	ค่าความเชื่อมั่น
ชนกัน	0.287879
ต่างระดับเอกชัย	0.196970
บางบอน 3	0.166670
บางบอน 1	0.151515
วัดโพธิ์แจ้	0.151515
บางบอน5	0.136364
ประมาณ	0.136364

3. กระบวนการเข้ารหัสจากข้อความให้เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geocoding)

ผลการศึกษากระบวนการเข้ารหัสจากข้อความให้เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geocoding) พบว่ามีอุบัติเหตุที่รายงานทั้งหมด 2672 เหตุการณ์ โดยแบ่งสถิติของข้อมูลอุบัติเหตุตามช่วงเวลาเร่งด่วน ได้แก่ ช่วงเวลาเช้า 06:00-09:00 น. เวลากลางวัน 11:00-14:00 น. เวลาเย็น 16:00-20:00 น. มีจำนวนอุบัติเหตุ 728, 995 และ 949 เหตุการณ์ตามลำดับ ถนนที่มีการเกิดอุบัติเหตุสูงสุดในทุกช่วงเวลา คือ ถนนกาญจนาภิเษก ถนนพระราม 2 และถนนบรมราชชนนี มีจำนวนอุบัติเหตุทั้งหมด 403, 347 และ 272 เหตุการณ์ ตามลำดับ อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในแต่ละถนน เนื่องจากการใช้งานที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา จากการสกัดข้อความจาก Twitter เป็นรายชื่อถนน และสร้างแผนที่เส้นทางความถี่ของความหนาแน่นการจราจรและการเกิดอุบัติเหตุ โดยทำแผนที่แบ่งตามลักษณะการกระจายของข้อมูล โดยการแบ่งชั้นข้อมูลความหนาแน่นด้วยวิธีการแบ่งกลุ่มของข้อมูลแบบธรรมชาติ (Natural break) พบว่าถนนที่มีเส้นสีแดงเป็นถนนที่มีการรายงานอุบัติเหตุสูงสุดและถนนที่มีอุบัติเหตุรองลงมา จะแสดงด้วยระดับสีที่อ่อนลง แสดงให้เห็นถึงลักษณะความแตกต่างของความถี่ของถนนที่ต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ความถี่ในการเกิดอุบัติเหตุบนถนนแบ่งตามช่วงเวลา ก (เช้า) ข (กลางวัน) และ ค (เย็น)

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การประมวลผลภาษาธรรมชาติเชิงตำแหน่งผ่านสื่อสังคมออนไลน์ กรณีศึกษาแพลตฟอร์ม Twitter โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 3 ส่วน คือ 1. การพัฒนาคลังฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในการประมวลผลภาษาธรรมชาติ 2. การวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลา การประมวลผลภาษาธรรมชาติและ 3. การระบุตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ถูกนำมาเป็นข้อมูลสำคัญในการวิเคราะห์การเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนจากการรายงานผ่านระบบสื่อสังคมออนไลน์

ผลการศึกษาการวิเคราะห์เหมืองดัชนีข้อมูลเชิงตำแหน่งพบว่า ลักษณะอุบัติเหตุในแต่ละช่วงเวลาเกิดในบริเวณที่แตกต่างกัน โดยช่วงเช้าเกิดในบริเวณเมืองที่มีความหนาแน่นของการจราจรในลักษณะการเดินทางช่วงเวลาทำงาน ในช่วงกลางวันเกิดบนถนนสายหลักที่เป็นศูนย์กลางของการแยกไปในถนนสายรอง และช่วงเย็นเกิดในถนนที่เป็นการเดินทางระยะไกลมีการขับข้ามจังหวัดที่อาจจะมีแสงสว่างไม่เพียงพออาจเป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ จากการเปรียบเทียบข้อมูลจากศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ (ThaiRSC) ที่มีการบันทึกข้อมูล

อุบัติเหตุในแต่ละช่วงเวลาและกรมทางหลวงที่มีการบันทึกข้อมูลรายชื่อถนนที่เกิดอุบัติเหตุ การบันทึกข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์มีความสอดคล้องกับการรายงานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจราจรและอุบัติเหตุ เมื่อพิจารณา ร่วมกับการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากการประมวลผลภาษาธรรมชาติ และแผนที่ความหนาแน่นของข้อมูลระบุตำแหน่ง (Geocoding) ที่แสดงในรูปแบบแผนที่ความหนาแน่น (Density map) ผลการสร้างกฎความสัมพันธ์พบว่ากฎความสัมพันธ์ที่ได้จากอัลกอริทึม Apriori มีค่าความเชื่อมั่นมากกว่าร้อยละ 90% ทำให้ทราบผลว่าการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนที่มีความถี่สูงสุด และเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นสูงสุด หรือประเภทรถที่เกิดอุบัติเหตุ จำนวนรถที่เกิดเหตุ ความเสียหายที่เกิดขึ้น สามารถนำเทคโนโลยีที่น่าสนใจ การนำวิธีการเรียนรู้เชิงลึก 2 วิธี ได้แก่ Deep Belief Network (DNB) และ Long Shot Term Memory (LSTM) มาใช้ในการตรวจจับอุบัติเหตุจราจรจากข้อมูลสื่อสังคมออนไลน์ [14] เป็นทางเลือกในการปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อใช้ในการวางแผนการปรับปรุงระบบคมนาคมให้มีประสิทธิภาพต่อไปได้ในอนาคต ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าการวิเคราะห์เหมืองข้อความจากสื่อสังคมออนไลน์ สามารถวิเคราะห์ร่วมกับรูปภาพ ตัวอักษร ที่มีการแบ่งปันผ่านสื่อสังคมออนไลน์หลากหลายแพลตฟอร์ม ที่มีการระบุตำแหน่ง เช่น Foursquare, Flickr, Instagram โดยการเลือกใช้อัลกอริทึมและเครื่องมือช่วยเหลือในการวิเคราะห์รูปแบบข้อความอื่น ๆ ได้แก่ Thai tokenizer, ThaiNLP เพื่อศึกษารูปแบบการตัดแบ่งข้อความ เพื่อเป็นการพัฒนาการประมวลผลภาษาธรรมชาติในภาษาไทยให้มีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ข้อจำกัดของการรายงานอุบัติเหตุผ่านสื่อสังคมออนไลน์ในปัจจุบันยังมีการกระจุกตัวอยู่ในเมืองหลวง หากมีการแจ้งอุบัติเหตุผ่านระบบสื่อสังคมออนไลน์ที่เป็นแพลตฟอร์มสำหรับการแจ้งเหตุฉุกเฉินต่าง ๆ ที่นอกเหนือจากอุบัติเหตุจากการจราจรก็จะเป็นผลดีต่อประชาชนในการรับรู้ข่าวสารที่รวดเร็วมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] World Health Organization. (2015). *Global status report on road safety 2015*. Bangkok: Scand-mediaCorp., Ltd.
- [2] อสมภรณ์ สิทธิ. (2562). *การวิเคราะห์เหมืองดัชนีถ้อยคำจากข้อมูลระบุตำแหน่งเชิงพื้นที่ผ่านสื่อสังคมออนไลน์*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [3] วรณวิภา วงศ์วิไลสกุล. (2556). *เหมืองข้อความและการประยุกต์ใช้*. กรุงเทพฯ: สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์.
- [4] ชนวรรธน์ ก้อนแก้ว, อนุสรรา สวยโรสงค์, สถาพร จินดาอินทร์, และสุภาสพงษ์ ฐำทำนอง. (2564). การวิเคราะห์ความหนาแน่นของการเกิดอุบัติเหตุจราจรโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พื้นที่ตำบลในเมือง อำเภอเมืองกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร. ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 1, 2564*. กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.
- [5] เฉลิมชัย พิเศษ. (2563). *ระบบจำแนกตัวงานอัจฉริยะด้วยเทคนิควิเคราะห์ข้อความไทย-อังกฤษ และการเรียนรู้ของเครื่อง*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [6] เอกสิทธิ์ พัทธวงศ์ศักดิ์. (2557). *An Introduction to Data Mining Techniques*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เอเชียดิจิตอลการพิมพ์.
- [7] Driver, H. E., and Kroeber, A. L. (1932). "Quantitative Expression of Cultural Relationships". *University of California Publications in American Archaeology and Ethnology*, 31(4), 211-256.

- [8] กัญยาวิ พรสวรรค์ดี, และณัฐพัชร เศรษฐเสถียร. (2564). *Association Rule: การหา Frequent Itemsets ด้วย Apriori Algorithm*. สืบค้นเมื่อ 17 พฤษภาคม 2565, จาก [https://bigdata.go.th/big-data-101/frequentitemsets-apriori-algorithm/..](https://bigdata.go.th/big-data-101/frequentitemsets-apriori-algorithm/)
- [9] ณัฐพัชร เศรษฐเสถียร, และนัทธมน มยุระสาคร. (2564). *มาทำความรู้จัก Association Rule: เครื่องมือเพื่อการวิเคราะห์ตะกร้าตลาดกัน!*. สืบค้นเมื่อ 17 พฤษภาคม 2565, จาก <https://bigdata.go.th/big-data-101/datascience/what-is-association-rule/>
- [10] Agrawal, R., Imielinski, T., and Swami, A. (1993, May). Mining Association Rules between Sets of Items in Large Databases. In *Proceedings of the 1993 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, 22(2), 207-216. Washington DC.
- [11] บุษราภรณ์ มหัทธนะชัย, ครรชิต มาลัยวงศ์, เสมอแข สมหอม, และณัฐยา ตันตราภรณ์. (2559). *กฎความสัมพันธ์ของรายวิชาที่มีผลต่อการผันสภาพนักศึกษาโดยใช้อัลกอริทึมออพริออริ*. pp. 456-469. Retrieve from http://www.cmruir.cmru.ac.th/bitstream/123456789/448/1/Dropout_Mining.pdf
- [12] Chaipat ncm. (2018). Python Opensource GIS GEOCODE. Retrieved from <https://medium.com/geo-datascience/python-opensource-gis-07-f5c72a02b1c7>
- [13] สุวิจักขณ์ โศชนะกุล, ธรณัฐ ชูแสง, และสายัณห์ เทพแดง. (2559). การหาความสัมพันธ์ของดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย ระหว่างดัชนีตลาดหลักทรัพย์ในต่างประเทศ ราคาทองคำโลก และราคาน้ำมันดิบโลก ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล. ใน *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตครั้งที่ 6, 2559, 45 ปี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต สร้างสรรค์การศึกษา พัฒนางานวิจัย ใช้นวัตกรรมนำสังคม*. ภูเก็ต: มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต.
- [14] Zhang, Z., He, Q., Gao, J., and Ni, M. (2018). A deep learning approach for detecting traffic accidents from social media data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 86, 580-596. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/1801.01528>

**SWUCON2023-009: ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการฝังรากฟันเทียม
ในแง่ของปัจจัยด้านปริมาณความกว้างเหงือกเคราติน
FACTOR INFLUENCING IMPLANTS SUCCESS IN TERMS OF KERATINIZED
GINGIVAL WIDTH**

ชยาภรณ์ อธิพิพรกุล¹*, ชาญชาย วงศ์ชินสุนทร²
Chayaphorn Itthipornkul¹*, Chanchai Wongchuensoontorn²

¹สาขาวิชาวิทยาการช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹Oral and Maxillofacial Sciences, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University.

²คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University.

*Corresponding author, e-mail: Chayaphorn.itth@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

การละลายตัวของกระดูก อาการและอาการแสดงเป็นสิ่งที่ใช้ในการประเมินความสำเร็จของการฝังรากฟันเทียม มีหลายการศึกษาที่สนใจความสัมพันธ์ของความกว้างเหงือกเคราตินต่อการละลายของกระดูกและสุขภาพของรากเทียม แต่ทว่าผลของการศึกษายังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจน การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความกว้างเหงือกเคราตินต่อการละลายของกระดูกและความสำเร็จของรากเทียม โดยกลุ่มประชากรที่ศึกษาประกอบด้วยรากฟันเทียม 173 ตัว ที่ทำการฝังที่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เก็บข้อมูลจากแฟ้มประวัติ ตรวจทางคลินิก และภาพถ่ายรังสี นำข้อมูลประเมินความสำเร็จตาม Health Scale วิเคราะห์ความแตกต่างการละลายของกระดูกด้านใกล้กลางและด้านไกลกลาง 3 ช่วงเวลา เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่มีเหงือกเคราตินเพียงพอและไม่เพียงพอด้วยสถิติ Repeated measures ANOVA และทดสอบความสัมพันธ์ต่อความสำเร็จตาม Health Scale ด้วยสถิติ Chi-square ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่มีความกว้างของเหงือกเคราตินเพียงพอมีค่าเฉลี่ยการละลายของกระดูกด้านใกล้กลางน้อยกว่ากลุ่มที่มีความกว้างเหงือกเคราตินไม่เพียงพออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.023$) แต่ไม่พบความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างปริมาณความกว้างเหงือกเคราตินต่อระดับ Health scale

คำสำคัญ: เหงือกเคราติน รากเทียม การละลายตัวของกระดูกรอบรากเทียม ความสำเร็จของรากเทียม

Abstract

The success of dental implant treatment is indicated by marginal bone loss (MBL), signs, and symptoms at the implant site. Therefore, the key to successful implants is maintaining the bone level. Several studies investigated a variety of factors that may contribute to MBL. However, there is conflicting evidence on the influence of the width of keratinized gingiva. To clarify the association involving MBL and implant success, this study aimed to investigate the effects of keratinized gingiva. One hundred

seventy-three implants that had been placed at Srinakharinwirot University were included in the study's population. The level of bone-to-implant contact from radiographs was measured. In addition, data on the width of the keratinized gingiva, and clinical signs and symptoms were gathered during the oral examination and chart review. Repeated Measures of ANOVA and Chi-square statistic were used for analyzing the association between variables. The outcome demonstrates that, in the group with adequate keratinized gingival width, the average MBL on the mesial side was significantly lower than that of the group with inadequate keratinized gingival width ($p = 0.023$). However, there was no correlation between keratinized gingival width on the Health Scale ICOI success level.

Keywords: Keratinized gingiva, Dental implant, Marginal bone loss, Implant success

บทนำ

การรักษาคงไว้ซึ่งระดับกระดูกรอบรากเทียมนั้นเป็นกุญแจสำคัญของความสำเร็จของรากเทียม ในปัจจุบันได้มีการศึกษามากมายที่ทำการศึกษหาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเกิดการละลายของกระดูกรอบรากเทียม เพื่อที่จะหาวิธีในการป้องกันการละลายของกระดูก และเพิ่มอัตราความสำเร็จของรากเทียม แต่ทว่าสาเหตุของการเกิดการละลายของกระดูกรอบรากฟันเทียมโดยแท้จริงนั้นยังไม่มีข้อสรุปที่แน่ชัด ทั้งนี้การศึกษาในอดีตได้พบความสำคัญของการมีความกว้างของเหงือกเคราตินรอบฟันธรรมชาติ โดยมีระยะตั้งแต่ Mucogingival junction จนถึง Free gingival margin ซึ่งมีความสำคัญในการผดุงรักษาสุขภาพที่ดีของอวัยวะปริทันต์ การมีความกว้างของเหงือกเคราตินน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร จะพบการอักเสบของเหงือกในบริเวณนั้นได้ เนื่องจากเหงือกสามารถขยับไปมาและเอื้อให้เชื้อจุลชีพเข้ามาอยู่ในบริเวณร่องเหงือกได้ง่ายขึ้น ซึ่งทำให้เกิดการสะสมของคราบจุลินทรีย์บริเวณร่องเหงือกและยากต่อการทำความสะอาดด้วยการแปรงฟันตามปกติ (Lang & Loe, 1972) [1] แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาของปริมาณความกว้างเหงือกเคราตินต่อการละลายตัวของกระดูกและความสำเร็จของรากเทียมนั้นยังมีผลการศึกษาที่มีความแตกต่างกันอยู่มาก และยังเป็นที่ยกเถียงกันอยู่ในหลายการศึกษาที่ผ่านมา (Bengazi et al., 2014; Chung et al., 2006; Lin et al., 2013; Souza et al., 2016) [2-5] นอกจากนี้ตั้งแต่ พ.ศ. 2558 ถึง 2564 นิสิตระดับปริญญาโท ภาควิชาศัลยศาสตร์ช่องปากและเวชศาสตร์ช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้ทำการรักษาผู้ป่วยในงานทันตกรรมรากเทียมเป็นจำนวนประมาณ 150 คน และจำนวนรากเทียมมากกว่า 250 ตัว แต่ยังไม่มีการศึกษาใดที่ทำการศึกษความสัมพันธ์ของปัจจัยความกว้างเหงือกเคราตินต่อการละลายตัวของกระดูกและความสำเร็จของรากเทียมในผู้ป่วยกลุ่มนี้ ดังนั้นด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงเป็นที่มาของการทำการศึกษานี้ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยความกว้างของเหงือกเคราติน ที่อาจส่งผลต่อระดับสุขภาพและการละลายของกระดูกรอบรากฟันเทียม ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพและการมีสุขภาพที่ดีของรากฟันเทียมในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อทำการศึกษาคำสัมพันธ์ของปัจจัยในแง่ของปริมาณความกว้างเหงือกเคราติน (Keratinized gingiva) บริเวณรากฟันเทียมต่อปริมาณของกระดูกรอบรากฟันเทียมภายหลังจากทำการฝังรากฟันเทียมที่ระยะเวลา 6 เดือนและ 1 ปี อีกทั้งประเมินระดับสุขภาพของรากฟันเทียม (Health scale) ภายหลังจากทำการฝังรากฟันเทียมและมีการใช้งานไปแล้ว 1 ปี โดยทำการศึกษาจากภาพถ่ายรังสีรอบปลายราก (Periapical radiograph) แพ้มประวัติผู้ป่วย และการตรวจผู้ป่วยทางคลินิก

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัย

กลุ่มประชากรที่ศึกษา คือ กลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับการฝังรากฟันเทียมโดยนักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชา ศัลยศาสตร์และเวชศาสตร์ช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ตั้งแต่ พ.ศ. 2558-2564

เกณฑ์การคัดกลุ่มตัวอย่างเข้า (Inclusion criteria)

รากฟันเทียมที่เข้าร่วมงานวิจัยจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. รากฟันเทียมที่ทำการผ่าตัดฝังและทำฟันเทียมที่คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มาแล้วอย่างน้อย 1 ปี โดยจะต้องมีข้อมูลในแฟ้มประวัติผู้ป่วย ได้แก่ เพศ อายุ โรคประจำตัว และข้อมูลเกี่ยวกับรากฟันเทียม ได้แก่ บริษัททางการค้า ความยาวของรากฟันเทียม และตำแหน่งที่ทำการฝังรากฟันเทียม
2. รากฟันเทียมในผู้ป่วยที่มาติดตามการรักษาภายหลังการฝังรากฟันเทียมอย่างต่อเนื่อง
3. รากฟันเทียมในผู้ป่วยที่มีอายุไม่น้อยกว่า 20 ปีบริบูรณ์ในวันที่เข้าร่วมการวิจัย
4. จะต้องมีภาพถ่ายรังสีรอบปลายราก (Periapical x-ray) ในบริเวณรากฟันเทียมซึ่งนั้นเห็นรากฟันเทียมทั้งซี่ครบถ้วน ณ วันที่ทำการฝังรากฟันเทียม และภายหลังการฝังรากฟันเทียมไปแล้ว 6 เดือนและ 1 ปี
5. รากฟันเทียมที่ทำการปรับปรุงพื้นผิว (Surface modification) ชนิด SLA
6. รากฟันเทียมชนิด Bone level
7. รากฟันเทียมใช้ abutment connection ชนิด Platform switching

เกณฑ์การคัดกลุ่มตัวอย่างออก (Exclusion criteria)

1. ผู้ป่วยที่มีโรคประจำตัวที่ควบคุมไม่ได้ หรือมีโรคประจำตัว หรือรับประทานยาที่ส่งผลต่อกระบวนการออสซิอินทิเกรชัน (Osseointegration) และการหายของกระดูกภายหลังการฝังรากฟันเทียม เช่น โรคกระดูกพรุน ได้รับยา Bisphosphonate โรคเบาหวานที่ควบคุมไม่ได้ เป็นต้น
2. ผู้ป่วยที่เคยได้รับการฉายรังสีรักษาบริเวณใบหน้า และขากรรไกร
3. ผู้ป่วยที่มีประวัติเป็นโรคปริทันต์อักเสบ (Periodontitis)
4. ผู้ป่วยที่มีปัญหาทางจิตเวช
5. ผู้ป่วยที่สูบบุหรี่
6. ผู้ป่วยที่ไม่มาติดตามการรักษาหลังฝังรากฟันเทียม
7. ผู้ป่วยที่ไม่มีภาพถ่ายรังสีรอบปลายรากวันที่ทำการฝังรากฟันเทียม และภายหลังการฝังรากฟันเทียม 6 เดือน และ 1 ปี
8. ผู้ป่วยที่เคยได้รับการปลูกเนื้อเยื่ออ่อนบริเวณรากฟันเทียม

การกำหนดผู้วิจัยหลัก

ผู้ดำเนินงานวิจัยจะมีเพียงคนเดียวตลอดจนสิ้นสุดการวิจัย โดยทำหน้าที่ในการตรวจติดตามการรักษาทางคลินิก รวบรวมเก็บข้อมูลจากแฟ้มประวัติผู้ป่วย แปลผลและวัดระยะของระดับกระดูกรอบรากฟันเทียมในภาพถ่ายรังสีรอบปลายราก

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

1. นัดผู้ป่วยที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าเพื่อรับการตรวจติดตามการรักษาภายหลังการฝังรากฟันเทียม โดยผู้ป่วยจะได้รับการอธิบายและแจกเอกสารคำอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัย หากผู้ป่วยตกลงเข้าร่วมงานวิจัยจึงจะให้ผู้ป่วยเซ็นรับทราบและยินยอมเพื่อดำเนินการวิจัย

2. ทำการศึกษาข้อมูลและประวัติการฝังรากฟันเทียมของผู้ป่วยแต่ละราย โดยทำการเก็บข้อมูลจากแฟ้มประวัติผู้ป่วย ดังนี้

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับรากฟันเทียม ได้แก่ ตำแหน่งซี่ฟันที่ทำการฝังรากฟันเทียม บริษัททางการค้า รุ่น ชนิด วิธีการปรับปรุงพื้นผิวของรากฟันเทียม (Implant surface modification) ขนาด และความยาวของรากฟันเทียมที่ใช้ในการรักษา

2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ป่วย ได้แก่ เพศ อายุ โรคประจำตัว ยาที่รับประทาน

3. ซักประวัติ ตรวจอาการและอาการแสดง (sign and symptoms) ทางคลินิกของผู้ป่วยที่เกิดขึ้นภายหลังจากการฝังรากฟันเทียม โดยตรวจอ้างอิงตามเกณฑ์การประเมินความสำเร็จของ Misch และคณะ ค.ศ. 2007 (Misch et al., 2008) [6] ได้แก่

- อาการเจ็บหรือปวดขณะใช้งานรากฟันเทียม
- อาการเจ็บหรือปวดบริเวณรากฟันเทียมโดยไม่ได้มีการใช้งาน
- โยกคลอนของรากฟันเทียม
- การบวมหรือมีหนองในบริเวณรากฟันเทียม

4. วัดปริมาณความกว้างของเหงือกเคราติน (Keratinize gingiva) ในบริเวณที่ทำการฝังรากฟันเทียม ในผู้ป่วย โดยใช้เครื่องมือวัดร่องลึกปริทันต์ (Periodontal probe) ชนิด UNC-15 ของบริษัท Hu-Friedy (Chicago, USA) วัดระยะของเส้นที่ลากตั้งฉากจากบริเวณรอยต่อของ Mucogingival junction จนถึง Free gingival margin ในบริเวณรอบรากฟันเทียมทั้งในตำแหน่งด้านแก้มและด้านหลังโดยรอบของรากฟันเทียม ทั้งนี้ถ้ามีตำแหน่งหนึ่งตำแหน่งใดของรากฟันเทียมที่มีระยะความกว้างน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร จะจัดอยู่ในกลุ่มที่มีปริมาณความกว้างเหงือกเคราตินไม่เพียงพอ แต่ถ้ามีระยะความกว้างตั้งแต่ 2 มิลลิเมตรขึ้นไปจะจัดอยู่ในกลุ่มที่มีปริมาณความกว้างเหงือกเคราตินเพียงพอ ซึ่งการวัดปริมาณความกว้างเหงือกเคราตินจะทำการวัดโดยผู้วิจัยเพียงคนเดียว และมีการตรวจสอบความคงที่ของการวัดจากการสุ่มตัวอย่างจากจำนวนรากฟันเทียมทั้งหมด 20 ตัว แล้วทำการวัดซ้ำปริมาณความกว้างของเหงือกเคราตินที่ตำแหน่งเดียวกัน 2 ครั้ง เว้นระยะเวลาของการวัดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ห่างกัน 2 สัปดาห์ จากนั้นนำผลที่ได้ทำการเปรียบเทียบกัน ซึ่งจะได้ค่าปริมาณความกว้างของเหงือกเคราตินตรงกันมากกว่าร้อยละ 80 โดยวิธีการวัดปริมาณความกว้างของเหงือกเคราตินแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงการวัดปริมาณความกว้างของเหงือกเคราติน (keratinized gingiva) โดยวัดระยะตั้งฉากจากรอยต่อของ mucogingival junction จนถึง free gingival margin

5. นำข้อมูลปัจจัยต่าง ๆ ที่ได้จากการศึกษาแฟ้มประวัติผู้ป่วยและการตรวจผู้ป่วยทางคลินิกมาทำการบันทึกข้อมูลลงในตารางบันทึกข้อมูล และทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

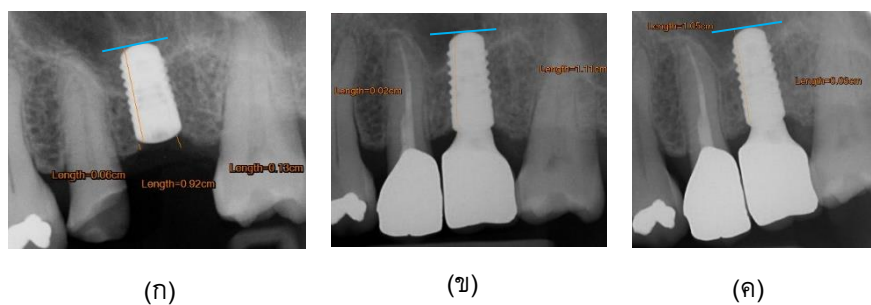
การวัดและประเมินผลทางภาพถ่ายรังสี

การปรับมาตรฐานในผู้ทำการวิจัยคนเดียว (Intra-examiner calibration) สำหรับการวัดระยะในฟิล์มภาพถ่ายรังสีในการประเมินการละลายตัวของกระดูกรอบรากฟันเทียมจะทำการวัดโดยผู้วิจัยเพียงคนเดียว และมีการสอบเทียบและปรับความถูกต้องภายในตัวเครื่องมือวัด (Intra-calibration) โดยทำการตรวจสอบความคงที่ของการวัดจากการสุ่มตัวอย่างจากจำนวนรากฟันเทียมทั้งหมด 20 ตัว ทำการวัดซ้ำระดับกระดูกที่ตำแหน่งเดียวกัน 2 ครั้ง เว้นระยะเวลาของการวัดระยะระดับกระดูกของครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ห่างกัน 2 สัปดาห์ จากนั้นนำผลที่ได้ทำการเปรียบเทียบกัน ซึ่งได้ค่าระยะห่างจากขอบกระดูกถึงแพลตฟอร์มรากฟันเทียมที่ปรากฏในฟิล์มภาพถ่ายรังสีตรงกันมากกว่าร้อยละ 80

การวัดระดับกระดูกจากภาพถ่ายรังสี

ทำการวัดระยะระดับกระดูกในภาพถ่ายรังสีรอบปลายรากของผู้ป่วยที่มาติดตามการรักษาที่ระยะเวลาประมาณ 6 เดือน และ 1 ปี โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการศึกษาจากภาพถ่ายรังสีรอบปลายราก และวัดระยะต่าง ๆ ในภาพถ่ายรังสีดิจิทัล โดยใช้โปรแกรมอ่านภาพถ่ายรังสีดิจิทัล DICOMweb™ ทำการวัดค่าทั้งด้านใกล้กลาง (Mesial aspect) และด้านไกลกลาง (Distal aspect) ของรากฟันเทียม โดยวัดระยะในแนวตั้งจากขอบด้านบนของระดับกระดูกบริเวณแรกที่สัมผัสผิวรากฟันเทียม (First bone to implant contact) ถึงขอบแพลตฟอร์มของรากฟันเทียม (Implant platform) ในภาพถ่ายรังสีรอบปลายราก ณ 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ในวันที่ทำการฝังรากฟันเทียม ในวันที่ผู้ป่วยมาติดตามการรักษาภายหลังฝังรากฟันเทียมระยะเวลาประมาณ 6 เดือน และวันที่ผู้ป่วยมาติดตามการรักษาระยะเวลาประมาณ 1 ปี โดยภาพรังสีรอบปลายรากที่เข้าเกณฑ์การวิจัยจะต้องมีเทคนิคการถ่ายภาพที่รังสีเอกซเรย์ตกกระทบบนฟิล์ม และการวางแผ่นฟิล์มเอกซเรย์จะต้องขนานกับรากฟันเทียม (Parallel technique) เพื่อลดการบิดเบือนของภาพถ่ายรังสี (Distortion) โดยวิธีการวัดระยะจากฟิล์มแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงการวัดระยะห่างจากระดับกระดูกถึงแพลตฟอร์มของรากฟันเทียมในภาพถ่ายรังสีดิจิทัลโดยใช้โปรแกรมอ่านภาพถ่ายรังสีดิจิทัล DICOMweb™ (ก) ณ วันผ่าตัดฝัง (ข) ระยะเวลา 6 เดือน (ค) ระยะเวลา 1 ปี

2. ทำการเทียบกำลังขยายของภาพถ่ายรังสีรอบปลายราก เพื่อความถูกต้องของระยะที่วัดได้จากภาพถ่ายรังสีรอบปลายราก และคำนวณหาระยะในแนวตั้งของระดับกระดูกที่แท้จริงบริเวณด้านใกล้กลาง และด้านไกลกลาง ถึงขอบแพลตฟอร์มของรากฟันเทียม โดยอ้างอิงจากความยาวของรากฟันเทียมที่ปรากฏในภาพถ่ายรังสีรอบปลายรากและความยาวจริงของรากฟันเทียมที่ใช้ โดยใช้ในการเทียบบัญญัติไตรยางค์ในการหาค่ากำลังขยายและหาระยะในแนวตั้งของระดับกระดูกถึงขอบแพลตฟอร์มรากฟันเทียมที่แท้จริง

3. ทำการวัดระยะห่างระหว่างขอบแพลตฟอร์มของรากฟันเทียมถึงตำแหน่งของระดับขอบกระดูกทั้งด้านใกล้กลาง และด้านไกลกลาง โดยวัดซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำไปเทียบกำลังขยายในแต่ละครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

การประเมินระดับ Health Scale

นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจและติดตามอาการผู้ป่วยทางคลินิกและการละลายของกระดูกรอบรากฟันเทียม มาประเมินระดับ Health Scale ตามเกณฑ์ของ Misch และคณะ ปี 2007 (Misch et al., 2008) [6] ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงแสดงเกณฑ์กำหนดคุณภาพของรากฟันเทียม Health scale

Health Scale	ลักษณะทางคลินิก
Success (optimum health)	<ul style="list-style-type: none"> ● ไม่มีความเจ็บปวดทั้งขณะปกติและขณะใช้งาน ● ไม่มีการโยกคลอนของรากฟันเทียม ● พบการละลายของกระดูกรอบรากฟันเทียมน้อยกว่า 2 mm ● ไม่พบประวัติการติดเชื่อมร่วมกับการมีหนองบริเวณรอบรากฟันเทียม
Satisfactory survival	<ul style="list-style-type: none"> ● ไม่มีความเจ็บปวดขณะใช้งาน ● ไม่มีการโยกคลอน ● พบการละลายของขอบกระดูกรอบรากฟันเทียมระหว่าง 2-4 mm ● ไม่พบประวัติการติดเชื่อมร่วมกับการมีหนองบริเวณรอบรากฟันเทียม
Compromised survival	<ul style="list-style-type: none"> ● อาจมีอาการความรู้สึกเสียวขณะใช้งานได้ ● ไม่มีการโยกคลอน ● พบการละลายกระดูกมากกว่า 4 mm แต่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวรากฟันเทียม ● อาจพบประวัติการติดเชื่อมร่วมกับการมีหนองบริเวณรอบรากฟันเทียมแต่สามารถควบคุมได้
Failure (clinical or absolute failure)	<ul style="list-style-type: none"> ● มีข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้ <ul style="list-style-type: none"> ○ มีอาการเจ็บปวดขณะใช้งาน ○ มีการโยกคลอนของรากฟันเทียม ○ พบการละลายของกระดูกรอบฟันเทียมมากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวรากฟันเทียมในภาพถ่ายรังสี ○ พบการติดเชื่อมร่วมกับการมีหนองรอบรากฟันเทียมอย่างต่อเนื่อง ○ รากฟันเทียมหลุดออกนอกช่องปาก

สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

สถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของการละลายของกระดูกรอบรากฟันเทียมระหว่างกลุ่มที่มีความกว้างเหงือกเคราตินเพียงพอและไม่เพียงพอ คือ Repeated measures ANOVA และทดสอบรายคู่ด้วยสถิติ Bonferroni และใช้การทดสอบไคสแควร์ (Chi-square test) ทดสอบความสัมพันธ์ของความกว้างเหงือกเคราติน จำแนกตาม Health Scale ICOI โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ข้อมูลและลักษณะทั่วไปของผู้ป่วยและรากฟันเทียมที่ทำการศึกษา

1.1 ข้อมูลลักษณะทั่วไปของผู้ป่วยที่ทำการศึกษา

การศึกษานี้ได้ศึกษาในผู้ป่วย จำนวน 72 คน รากฟันเทียมทั้งหมด 173 ตัว โดยผู้ป่วยที่เข้าร่วมในการศึกษานี้มีอายุอยู่ในช่วง 25-83 ปี อายุเฉลี่ยเท่ากับ 58.85 ± 12.91 ปี แบ่งเป็นเพศชาย จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 45.83 เพศหญิง จำนวน 39 คน คิดเป็นร้อยละ 54.17 มีโรคประจำตัว 27 คน คิดเป็นร้อยละ 37.5 และปฏิเสธโรคประจำตัว 45 คน คิดเป็นร้อยละ 62.5 โรคประจำตัวของผู้ป่วย ได้แก่ ความดันโลหิตสูง ต่อมลูกหมากโต ไชมันในเลือดสูง เบาหวาน ไทรอยด์ต่ำ หมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท ภูมิแพ้ทางอากาศ และโรคหัวใจล้มเหลว

1.2 ข้อมูลและลักษณะทั่วไปของประชากรที่ศึกษา จำแนกตามรากฟันเทียม

ผลการศึกษาพบว่า ผู้ป่วยเพศชายเข้ารับการฝังรากฟันเทียม จำนวน 78 ตัว เพศหญิง 95 ตัว มีรากฟันเทียมถูกฝังในผู้ป่วยไม่มีโรคประจำตัว 100 ตัว คิดเป็นร้อยละ 57.8 ตำแหน่งที่ฝังรากฟันเทียมอยู่ในบริเวณฟันหน้า 23 ตัว คิดเป็นร้อยละ 13.3 บริเวณฟันหลัง 150 ตัว คิดเป็นร้อยละ 86.7 โดยส่วนใหญ่จะมีความกว้างของเหงือกเคราตินเพียงพอ 111 ตัว คิดเป็นร้อยละ 64.16 และ Score of health scale ส่วนใหญ่ Success จำนวน 163 ตัว คิดเป็นร้อยละ 94.2 ทั้งนี้ข้อมูลและลักษณะทั่วไปของประชากรที่ศึกษา จำแนกตามจำนวนรากฟันเทียมแสดงผลได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลทั่วไปของผู้ป่วยที่เข้ารับการฝังรากฟันเทียม จำแนกตามจำนวนรากฟันเทียม

ข้อมูลทั่วไป	Total (n=173)	
	จำนวน	ร้อยละ
เพศ	ชาย	78
	หญิง	95
โรคประจำตัว	ไม่มี	100
	มี	73
ตำแหน่งซี่ฟันที่ทำการฝังรากฟันเทียม	ฟันหน้า	23
	ฟันหลัง	150
ปริมาณความกว้างของเหงือกที่มีเคราติน	เพียงพอ (≥ 2 mm)	111
	ไม่เพียงพอ (< 2 mm)	62
Score of health scale	Success	163
	Satisfactory	0
	Compromised	10
	Failure	0

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบเปลี่ยนแปลงการละลายของกระดูกบริเวณรากเทียม

2.1 การเปรียบเทียบการละลายตัวของกระดูกใน 3 ช่วงเวลา

ในบริเวณด้านใกล้กลาง รากเทียมกลุ่มที่มีความกว้างเหงือกเคราตินเพียงพอ มีค่าเฉลี่ยการละลายของกระดูก มีแนวโน้มมากขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงระยะเวลาประมาณ 6 เดือน ถึง 1 ปี เท่ากับ 0.1495 และ 0.3155 มิลลิเมตรตามลำดับเมื่อเทียบกับวันที่ทำการฝังรากเทียม ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ส่วนในกลุ่มที่มีความกว้างของเหงือกเคราตินไม่เพียงพอ ค่าเฉลี่ยการละลายของกระดูกก็มีแนวโน้มมากขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงระยะเวลาประมาณ 6 เดือน ถึง 1 ปี เท่ากับ 0.2264 และ 0.4195 มิลลิเมตร ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับวันที่ทำการฝังรากฟันเทียม ($p < 0.001$) ด้วยเช่นกัน

ส่วนการละลายของกระดูกบริเวณด้านไกลกลาง รากเทียมในกลุ่มที่มีความกว้างเหงือกเคราตินเพียงพอ มีแนวโน้มค่าเฉลี่ยการละลายมากขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงระยะเวลาประมาณ 6 เดือน ถึง 1 ปี เท่ากับ 0.1987 และ 0.3592 มิลลิเมตรตามลำดับเมื่อเทียบกับวันที่ทำการฝังรากเทียม ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ส่วนรากเทียมในกลุ่มที่มีความกว้างของเหงือกเคราตินไม่เพียงพอ ค่าเฉลี่ยการละลายของกระดูกมีแนวโน้มมากขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงระยะเวลาประมาณ 6 เดือน ถึง 1 ปี เท่ากับ 0.2057 และ 0.3923 มิลลิเมตร ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับวันที่ฝังรากฟันเทียม ($p < 0.001$) ด้วยเช่นกัน

2.2 การเปรียบเทียบการละลายตัวของกระดูกระหว่างกลุ่มที่มีความกว้างเหงือกเคราตินเพียงพอ และกลุ่มความกว้างเหงือกเคราตินไม่เพียงพอ

เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับกระดูกบริเวณด้านใกล้กลาง ต่อแพลตฟอร์มรากฟันเทียมของกลุ่มที่มีความกว้างเหงือกเคราตินเพียงพอ มีค่าเฉลี่ยของระดับกระดูกช่วง 6 เดือน และ 1 ปี เท่ากับ 0.1495 ± 0.2242 และ 0.3155 ± 0.2852 มิลลิเมตรตามลำดับ ส่วนในกลุ่มที่มีความกว้างเหงือกเคราตินไม่เพียงพอ มีค่าเฉลี่ยของระดับกระดูกช่วง 6 เดือน และ 1 ปี เท่ากับ 0.2264 ± 0.4621 และ 0.4195 ± 0.5321 มิลลิเมตรตามลำดับ โดยจากการทดสอบความแตกต่างการละลายของกระดูกด้านใกล้กลางระหว่างกลุ่มที่มีความกว้างเคราตินเพียงพอและไม่เพียงพอในแต่ละช่วงเวลา พบว่าทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยการละลายของกระดูกบริเวณด้านใกล้กลาง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.023$) ในทุกช่วงเวลา ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงการละลายของกระดูกบริเวณใกล้กลางและไกลกลางของรากเทียมในกลุ่มที่มีเหงือกเคราตินเพียงพอและไม่เพียงพอ

ด้าน	ความกว้างเหงือกเคราติน	Day 0	การละลายของกระดูก (มิลลิเมตร)						Between-group	
			6 months			1 year			Δ Mean Diff	p-value
			Mean (S.D.)	Mean (S.D.)	Mean Diff p-value	Mean (S.D.)	Mean Diff p-value			
ใกล้กลาง	เพียงพอ	0	0.1495 (0.2242)	0.1495	$P < 0.001^*$	0.3155 (0.2852)	0.3155	$P < 0.001^*$	ref.	0.023*

	ไม่ เพียงพอ	0	0.2264 (0.4621)	0.2264	P < 0.001*	0.4195 (0.5321)	0.4195	P < 0.001*	-0.081
ไกล กลาง	เพียงพอ	0	0.1987 (0.326)	0.1987	P < 0.001*	0.3592 (0.335)	0.3592	P < 0.001*	ref.
	ไม่ เพียงพอ	0	0.2057 (0.3383)	0.2057	P < 0.001*	0.3923 (0.4728)	0.3923	P < 0.001*	-0.026

0.466

เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับกระดูกบริเวณด้านไกลกลางของกลุ่มที่มีความกว้างเหงือกเคราตินเพียงพอ มีค่าเฉลี่ยของระดับกระดูกช่วง 6 เดือน และ 1 ปี เท่ากับ 0.1987 ± 0.3260 และ 0.3592 ± 0.335 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนในกลุ่มที่มีความกว้างเหงือกเคราตินไม่เพียงพอ มีค่าเฉลี่ยของระดับกระดูกช่วง 6 เดือน และ 1 ปี เท่ากับ 0.2057 ± 0.3383 และ 0.3923 ± 0.4728 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากการทดสอบความแตกต่างของการละลายของกระดูกด้านไกลกลางระหว่างกลุ่มที่มีความกว้างเหงือกเคราตินเพียงพอและไม่เพียงพอในแต่ละช่วงเวลา พบว่าทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยการละลายของกระดูกบริเวณด้านไกลกลางแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในทุกช่วงเวลา ($p = 0.466$) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความกว้างของเหงือกที่มีเคราติน กับ Health Scale

รากฟันเทียมส่วนใหญ่ในกลุ่มที่มีเหงือกเคราตินเพียงพอมีคะแนนของ Health Scale อยู่ในระดับ Success จำนวน 105 ตัว คิดเป็นร้อยละ 64.42 และมีคะแนนของ Health Scale อยู่ในระดับ Compromised survival จำนวน 6 ตัว คิดเป็นร้อยละ 60 ซึ่งมากกว่ากลุ่มเหงือกที่มีเคราตินไม่เพียงพอ ซึ่งมีคะแนนของ Health Scale อยู่ในระดับ Success จำนวน 58 ตำแหน่ง คิดเป็นร้อยละ 35.58 และมีคะแนนของ Health Scale อยู่ในระดับ Compromised survival จำนวน 4 ตำแหน่ง คิดเป็นร้อยละ 40 ดังแสดงในตารางที่ 3

นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบภายในกลุ่มพบว่า กลุ่มที่มีความกว้างเหงือกเคราตินเพียงพอจำนวนทั้งหมด 111 ตัว จะมี Health Scale อยู่ในระดับ Success จำนวน 105 ตัว คิดเป็นร้อยละ 94.59 ของกลุ่ม และอยู่ในระดับ Compromised survival จำนวน 6 ตัว คิดเป็นร้อยละ 5.4 ของกลุ่ม ในขณะที่กลุ่มที่มีความกว้างของเหงือกเคราตินไม่เพียงพอจำนวนทั้งหมด 62 ตัว จะมี Health Scale อยู่ในระดับ Success จำนวน 58 ตัว คิดเป็นร้อยละ 93.54 ของกลุ่ม และอยู่ในระดับ Compromised survival จำนวน 4 ตัว คิดเป็นร้อยละ 6.45 ของกลุ่ม โดยสาเหตุที่ทำให้รากฟันเทียมอยู่ในระดับ Compromised survival เนื่องจากมีอาการเจ็บของรากฟันเทียมขณะใช้งาน และเคยมีหนองที่บริเวณรากฟันเทียม

ตารางที่ 3 แสดงร้อยละ จำนวนและความสัมพันธ์ของความกว้างเหงือกเคราตินต่อระดับ Health Scale

ความกว้างของเหงือกเคราติน	Score of Health Scale										p-value
	Total (n=173)		Success (n=163)		Satisfactory survival (n=0)		Compromised survival (n=10)		Failure (n=0)		
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
เพียงพอ	111	64.16	105	64.42	0	0	6	60	0	0	0.747
ไม่เพียงพอ	62	35.84	58	35.58	0	0	4	40	0	0	

*Significant difference compared between groups by Chi-square test (Fischer's Exact Test) at p-value < 0.05

เมื่อแยกตามตำแหน่งของรากฟันเทียมในขากรรไกร จากผลการศึกษาพบว่ารากฟันเทียมที่อยู่ในตำแหน่งพื้นหน้าจำนวนทั้งหมด 23 ตัว มี Health scale ในระดับ Success 22 ตัว คิดเป็นร้อยละ 95.65 และมี Health scale ในระดับ Compromised survival 1 ตัว คิดเป็นร้อยละ 4.35 ส่วนรากฟันเทียมที่อยู่ในตำแหน่งพื้นหลังจำนวนทั้งหมด 150 ตัว มี Health Scale อยู่ในระดับ Success จำนวนทั้งหมด 141 ตัว คิดเป็นร้อยละ 94 และมี Health scale ในระดับ Compromised survival 9 ตัว คิดเป็นร้อยละ 6

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การมีความกว้างของเหงือกเคราตินเพียงพอและไม่เพียงพอส่งผลต่อการละลายของกระดูกอบรากฟันเทียมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในบริเวณกระดูกด้านใกล้กลางของรากฟันเทียม แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการละลายของกระดูกด้านไกลกลางและไม่พบความสัมพันธ์ต่อระดับ Health scale ซึ่งผลของการมีความกว้างของเหงือกเคราตินไม่เพียงพอสัมพันธ์กับการละลายของกระดูกอบรากฟันเทียมมากกว่าการที่มีความกว้างของเหงือกเคราตินเพียงพอมีความสอดคล้องกับการศึกษาหลายการศึกษาที่ผ่านมา และสนับสนุนความสำคัญของการที่มีความกว้างของเหงือกเคราตินตั้งแต่ 2 มิลลิเมตรขึ้นไป เพื่อให้เกิดการคงสภาพที่ดีของเหงือกบริเวณรอบรากฟันเทียม เนื่องจากเมื่อมีความกว้างของเหงือกเคราตินไม่เพียงพอจะทำให้ผู้ป่วยมีความรู้สึกเจ็บเหงือกขณะแปรงฟัน ทำให้ทำสะอาดได้ยากขึ้น เกิดการสะสมของคราบจุลินทรีย์ เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่ออ่อนรอบรากฟันเทียม และเกิดการละลายตัวของกระดูกอบรากฟันเทียมตามมา (Avila-Ortiz et al., 2020; Perussolo et al., 2018; Ramanauskaite et al., 2022; Rocuzzo et al., 2016) [7-10] โดยบริเวณเหงือกเคราตินนี้จะประกอบด้วยเยื่อผิว Keratinized stratified squamous epithelium ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับเยื่อผิวของเหงือกในฟันธรรมชาติ และเป็นบริเวณที่จะเข้าไปแนบชิดกับบริเวณส่วนเชื่อมต่อพื้นเทียมของรากฟันเทียม (Monje et al., 2023) [11] ซึ่งช่วยเป็นเกราะป้องกันเชื้อแบคทีเรียในช่องปากไม่ให้รุกรานลงไปที่กระดูกอบรากฟันเทียมได้โดยง่าย อีกทั้งในบริเวณเหงือกเคราติน

จะพบปริมาณเส้นใยคอลลาเจน (Collagen fiber) จำนวนมาก และพบเส้นใยอีลาสติก (Elastic fiber) น้อย ทำให้เกิดความแข็งแรงของเหงือกครอบฟันเทียม ทนทานต่อแรงบดเคี้ยว ส่วนการที่มีความกว้างของเหงือกเคราตินไม่เพียงพอ จะทำให้รากฟันเทียมล้นรอบไปด้วยเนื้อเยื่อที่สามารถขยับไปมา ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายในบริเวณรอยต่อระหว่างรากฟันเทียมและเยื่อบุผิวได้ง่าย (Listgarten et al., 1991) [12] อีกทั้งยังเอื้อให้เชื้อจุลินทรีย์เข้ามาอยู่ในบริเวณร่องเหงือก เกิดการสะสมของคราบจุลินทรีย์ได้ง่าย และยากต่อการทำความสะอาดด้วยการแปรงฟันตามปกติ (Lang & Löe, 1972) [1]

แต่อย่างไรก็ตามมีการศึกษาที่ไม่พบความสัมพันธ์ของการมีความกว้างเหงือกเคราตินไม่เพียงพอต่อการเกิดการละลายของกระดูกครอบฟันเทียมที่มากขึ้น แต่พบการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของค่าดัชนีสภาพเหงือก (Gingival index) และค่าดัชนีคราบจุลินทรีย์ (Modified plaque index) ในกลุ่มที่มีปริมาณเหงือกเคราตินไม่เพียงพอ (Chung et al., 2006) [3] ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Lin และคณะ เช่นกัน ที่ทำการศึกษาด้วยวิธี Systematic review และ Meta-analysis เกี่ยวกับความสำคัญของการมีความกว้างของเหงือกเคราตินที่เพียงพอครอบฟันเทียม ผลการศึกษาพบว่าการมีความกว้างของเหงือกเคราตินที่เพียงพอในบริเวณรากฟันเทียมจะมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดการสะสมของคราบจุลินทรีย์ การอักเสบของเนื้อเยื่อครอบฟันเทียม ส่วนความสัมพันธ์ของกว้างเหงือกเคราตินที่เพียงพอต่อการละลายของกระดูกครอบฟันเทียมนั้นยังไม่มีหลักฐานสนับสนุนเพียงพอในการสรุปข้อเท็จจริงที่แน่ชัด (Lin et al., 2013) [5]

จากการศึกษาที่ผ่านมาจึงยังไม่มีการศึกษาที่ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณความกว้างเหงือกเคราตินครอบฟันเทียมต่อระดับ Health scale ตามเกณฑ์ของ Misch ซึ่งในการศึกษานี้พบว่าในกลุ่มที่มีความกว้างเหงือกเคราตินเพียงพอมี Health scale อยู่ในระดับ Success ร้อยละ 94.59 และอยู่ในระดับ Compromised survival ร้อยละ 5.4 เมื่อเทียบภายในกลุ่ม ในขณะที่กลุ่มที่มีความกว้างของเหงือกเคราตินไม่เพียงพอมี Health scale อยู่ในระดับ Success ร้อยละ 93.54 และอยู่ในระดับ Compromised survival ร้อยละ 6.45 เมื่อเทียบภายในกลุ่ม จะเห็นได้ว่าในกลุ่มที่มีความกว้างของเหงือกเคราตินเพียงพอจะมีร้อยละของ Health scale ที่ Success มากกว่ากลุ่มที่มีความกว้างของเหงือกเคราตินไม่เพียงพอ ซึ่งในกลุ่มที่ Compromised survival จะมีประวัติเคยบวมมีหนอง หรือมีอาการเจ็บในบริเวณรากฟันเทียม โดยอาจเป็นผลจากการควบคุมคราบจุลินทรีย์ที่ไม่ดีพอ และส่งผลให้เกิดการอักเสบในบริเวณรากฟันเทียมตามมา

ผลของการศึกษาที่มีความแตกต่างกันนี้อาจเป็นผลมาจากการมีปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อการละลายของกระดูกครอบฟันเทียมและ Health scale เป็นปัจจัยร่วม เช่น การดูแลสุขอนามัยในช่องปาก การควบคุมคราบจุลินทรีย์ของผู้ป่วย ลักษณะการสบฟัน ประเภทของสิ่งบูรณะบนรากฟันเทียม ความหนาเหงือก วิธีการปลูกกระดูก การทำการอนุรักษ์สันกระดูกเข้าฟันภายหลังจากถอนฟัน เป็นต้น ซึ่งอาจมีผลโดยตรงที่ทำให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อครอบฟันเทียม และก่อให้เกิดการละลายตัวของกระดูกครอบฟันเทียม นอกจากนี้ถึงแม้ว่าการที่มีความกว้างของเหงือกเคราตินเพียงพอจะช่วยเอื้อต่อการทำความสะอาดดูแลอนามัยช่องปากของผู้ป่วยได้ดีขึ้น แต่ก็ยังมีปัจจัยอื่นอีกมากมายที่ส่งผลต่อการทำความสะอาดของผู้ป่วย เช่น ระดับขีดจำกัดในการทนต่อความเจ็บปวดที่แตกต่างกันในแต่ละบุคคล แรงที่ใช้ในการแปรงฟัน ตำแหน่งของรากฟันเทียมในช่องปาก และลักษณะทางกายวิภาคในช่องปากที่เอื้อต่อการทำความสะอาดของผู้ป่วยแต่ละคน เป็นต้น อีกทั้งการศึกษานี้มีข้อจำกัดของการศึกษา ได้แก่ ระยะเวลาของการติดตามการละลายตัวของกระดูกที่ระยะเวลาประมาณ 6 เดือน และ 1 ปี อาจจะเป็นระยะเวลาที่สั้นเกินไปที่จะเห็นผลของความสัมพันธ์ รากฟันเทียมแต่ละตัวมีระยะเวลาของการได้รับแรงบดเคี้ยวที่แตกต่างกัน ถึงแม้จะมีการควบคุมระยะเวลาของการได้รับแรงบดเคี้ยวภายหลังจากทำการฝังรากฟันเทียมอยู่ที่ระยะเวลา 3-5 เดือนแล้วก็ตาม ส่วนในแง่ของการวัดระดับการละลายของกระดูกจากภาพถ่ายรังสีนั้น ถึงแม้จะได้มีการควบคุมวิธีการถ่ายภาพรังสีเป็นชนิดการถ่ายภาพรังสีรอบปลายรากโดยใช้อุปกรณ์ช่วยจับฟิล์ม

เพื่อลดการบิดเบือนของภาพที่ปรากฏในภาพถ่ายรังสี แต่ไม่ได้มีการทำ Index ในการถ่ายภาพเพื่อให้ได้ตำแหน่งเดิม ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนของระยะในการวัดผลการละลายตัวของกระดูกอบรากฟันเทียมได้ นอกจากนี้บริเวณข้างเคียงของรากฟันเทียมที่ทำการศึกษา ได้แก่ การมีฟันธรรมชาติหน้าและหลังต่อรากฟันเทียม การมีรากฟันเทียมติดกันหน้าหรือหลัง การอยู่ในตำแหน่งสุดท้าย (distal end) ของขากรรไกร ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เป็นข้อจำกัดของการศึกษาที่ไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งอาจส่งผลให้ผลของการศึกษานี้ยังเห็นผลของการศึกษาได้อย่างไม่ชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Lang, N. P., & Loe, H. (1972). The Relationship Between the Width of Keratinized Gingiva and Gingival Health. *Journal of Periodontology*, 43(10), 623-627.
- [2] Bengazi, F., Botticelli, D., Favero, V., Perini, A., Urbizo Velez, J., & Lang, N. P. (2014). Influence of presence or absence of keratinized mucosa on the alveolar bony crest level as it relates to different buccal marginal bone thicknesses. An experimental study in dogs. *Clinical Oral Implants Research*, 25(9), 1065-1071.
- [3] Chung, D. M., Oh, T.-J., Shotwell, J. L., Misch, C. E., & Wang, H.-L. (2006). Significance of Keratinized Mucosa in Maintenance of Dental Implants With Different Surfaces. *Journal of Periodontology*, 77(8), 1410-1420.
- [4] Lin, G.-H., Chan, H.-L., & Wang, H.-L. (2013). The Significance of Keratinized Mucosa on Implant Health: A Systematic Review. *Journal of Periodontology*, 84(12), 1755-1767.
- [5] Souza, A. B., Tormena, M., Matarazzo, F., & Araújo, M. G. (2016). The influence of peri-implant keratinized mucosa on brushing discomfort and peri-implant tissue health. *Clinical Oral Implants Research*, 27(6), 650-655.
- [6] Misch, C. E., Perel, M. L., Wang, H. L., Sammartino, G., Galindo-Moreno, P., Trisi, P., Steigmann, M., Rebaudi, A., Palti, A., Pikos, M. A., Schwartz-Arad, D., Choukroun, J., Gutierrez-Perez, J. L., Marenzi, G., & Valavanis, D. K. (2008). Implant success, survival, and failure: the International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. *Implant Dent*, 17(1), 5-15.
- [7] Avila-Ortiz, G., Gonzalez-Martin, O., Couso-Queiruga, E., & Wang, H.-L. (2020). The peri-implant phenotype. *Journal of Periodontology*, 91(3), 283-288.
- [8] Perussolo, J., Souza, A. B., Matarazzo, F., Oliveira, R. P., & Araújo, M. G. (2018). Influence of the keratinized mucosa on the stability of peri-implant tissues and brushing discomfort: A 4-year follow-up study. *Clinical Oral Implants Research*, 29(12), 1177-1185.
- [9] Ramanauskaitė, A., Schwarz, F., & Sader, R. (2022). Influence of width of keratinized tissue on the prevalence of peri-implant diseases: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 33(S23), 8-31.
- [10] Rocuzzo, M., Grasso, G., & Dalmaso, P. (2016). Keratinized mucosa around implants in partially edentulous posterior mandible: 10-year results of a prospective comparative study. *Clinical Oral Implants Research*, 27(4), 491-496.

- [11] Monje, A., González-Martín, O., & Ávila-Ortiz, G. (2023). Impact of peri-implant soft tissue characteristics on health and esthetics. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 35(1), 183-196.
- [12] Listgarten, M. A., Lang, N. P., Schroeder, H. E., & Schroeder, A. (1991). Periodontal tissues and their counterparts around endosseous implants. *Clinical Oral Implants Research*, 2(3), 1-19.

SWUCON2023-011: ผลของการออกกำลังกายทางไกลที่บ้านต่อความเร็วของการเดิน ในผู้สูงอายุที่มีความผิดปกติของระบบประสาทส่วนปลายจากเบาหวาน EFFECT OF HOME-BASED TELE-EXERCISE ON GAIT SPEED IN THE ELDERLY WITH DIABETIC PERIPHERAL NEUROPATHY

พิมพ์ชนก ศรีรักษา, รัมภา บุญสินสุข, จิราภรณ์ วรรณปะเช*

*Pimchanok Sriraksa, Rumpa Boonsinsukh, Jirabhorn Wannapakhe**

สาขากายภาพบำบัด คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Division of Physical Therapy, Faculty of Physical Therapy, Srinakharinwirot University.

*Corresponding author, e-mail: jirabhorn@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีผู้สูงอายุที่มีโรคประจำตัวคือโรคเบาหวานค่อนข้างมาก โดยส่วนใหญ่มักพบว่าเป็นโรคเบาหวานประเภทที่ 2 และมีภาวะความผิดปกติของระบบประสาทส่วนปลาย (Diabetic Peripheral Neuropathy: DPN) ที่นำไปสู่ความบกพร่องทางประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว ส่งผลต่อความสามารถด้านการเดิน การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอสามารถป้องกัน หรือเพิ่มความสามารถด้านการเดินของผู้ป่วย DPN ได้ โดยนักกายภาพบำบัด จะใช้วิธีการออกเยี่ยมบ้าน เพื่อฝึกผู้ป่วย DPN ออกกำลังกาย อย่างไรก็ตาม ได้มีการนำวิธีการออกกำลังกายทางไกล (Tele-Exercise: TE) มาประยุกต์ใช้เพื่อลดเวลาการเดินทางลง และลดโอกาสการแพร่เชื้อของโรคระบาดต่าง ๆ ดังนั้น การศึกษานี้จึงต้องการศึกษาผลของการออกกำลังกายทางไกล (TE) ที่บ้านต่อความเร็วของการเดินในผู้สูงอายุที่มีความผิดปกติของระบบประสาทส่วนปลายจากเบาหวาน โดยทำการศึกษาในอาสาสมัครผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป มีโรคประจำตัว และตรวจพบว่าเป็น DPN จำนวน 24 คน ทำการทดสอบความสามารถด้านการเดินโดยใช้ 10-Meter Walk Test (10MWT) วัดก่อนได้รับออกกำลังกาย ซึ่งอาสาสมัครได้รับโปรแกรม TE ผ่านการวิดีโอคอล ประกอบด้วยการออกกำลังกายทั้งหมด 7 ท่า โดยออกกำลังกาย 40 นาทีต่อครั้ง 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 18 ครั้ง เมื่ออาสาสมัครออกกำลังกายครบจึงทำการทดสอบ 10MWT อีกครั้ง จากผลการศึกษานี้พบว่า อาสาสมัครมีผลการทดสอบ 10MWT เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.002$) ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า การออกกำลังกายทางไกลมีประสิทธิภาพ ซึ่งผลการศึกษานี้จะช่วยเป็นแนวทางในการออกกำลังกายทางไกล ทำให้สามารถประหยัดเวลาในการเดินทาง ลดแรงงาน และค่ารักษาพยาบาลได้อีกด้วย

คำสำคัญ: ผู้สูงอายุ, เบาหวาน, ออกกำลังกายทางไกล, ความเร็วในการเดิน, ออกกำลังกายที่บ้าน

Abstract

Nowadays, there is a relatively high number of elderly with underlying diseases, which is diabetes. Most common diagnosed as Type 2 diabetes with Diabetic Peripheral Neuropathy (DPN) leading to sensory and motor impairments that affect walking ability. Regular exercise can prevent or improve the walking ability of DPN patients. Physical Therapists commonly visit patients' homes to exercise DPN patients, however, there is the tele-exercise (TE) that is applied to reduce time and infection prevention. Therefore, this study aimed to investigate the effects of tele-exercise (TE) on walking speed in elderly with diabetic peripheral neuropathy. The study was conducted in 24 elderly subjects aged 60 years and over with DPN. The subjects were tested on walking ability using the 10-Meter Walk Test (10MWT) before and after exercising. They received the TE program through video calls with a total of 7 exercises, for 40 minutes/time, 3 times/week for 6 weeks, a total of 18 times. The result showed that subjects had a statistically significant increase in the 10MWT ($p < 0.002$). Therefore, the study can be concluded that TE is promising. The finding will guide tele-exercise that can save time and reduce labor and medical expenses as well.

Keywords: Aging, Diabetes mellitus, Tele-Exercise, Walking speed, Home-based exercise

บทนำ

เมื่อเข้าสู่วัยผู้สูงอายุ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงในร่างกายขึ้น เช่น การเปลี่ยนแปลงทางระบบประสาท ระบบกระดูกกล้ามเนื้อ และระบบอื่น ๆ จนทำให้เกิดการลดลงของสมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุ ส่งผลให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง หลอดเลือดสมอง โรคหัวใจ โรคระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง หรือมะเร็ง เป็นต้น ซึ่งสามารถเรียกกลุ่มโรคต่าง ๆ เหล่านี้ว่า กลุ่มโรคที่ไม่ติดต่อเรื้อรัง หรือ NCD [1] โดยพบว่า หนึ่งในกลุ่มโรค NCD ที่พบได้ และเป็นภัยเงียบที่อันตราย คือ โรคเบาหวาน ประเภทที่ 2 เป็นภาวะร้ายแรงเรื้อรังที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรและความพิการของผู้สูงอายุทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคเบาหวานประเภทที่ 2 ที่กำลังเป็นความท้าทายด้านสาธารณสุขทั่วโลกในศตวรรษที่ 21 [2]

โรคเบาหวานประเภทที่ 2 เกิดจากมีภาวะดื้อกับฮอร์โมนอินซูลิน ร่วมกับมีภาวะการหลั่งฮอร์โมนอินซูลินจากตับอ่อนลดลง อาการมักจะค่อยเป็นค่อยไป ผู้ป่วยส่วนใหญ่จะมีภาวะโรคอ้วน น้ำหนักเกิน หรือมีไขมันสะสมในอวัยวะภายใน ทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนตามมา [3] ซึ่งภาวะแทรกซ้อนที่พบบ่อยของโรคเบาหวานประเภทที่ 2 คือ ความผิดปกติของระบบประสาทส่วนปลาย (Diabetic Peripheral Neuropathy: DPN) ที่นำไปสู่ความบกพร่องทางประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว [3-5] ลูกกลมไปยังเส้นประสาทสั่งการและระบบประสาทอัตโนมัติ กระตุ้นให้ผู้ป่วยสูญเสียความไวต่อการสัมผัสที่อ่อน ความร้อน การสัมผัส และความไวต่อการรับรู้ข้อต่อ โดยผู้ป่วยมักมีอาการทั่วไปคือ รู้สึกเสียวซ่า ปวด ชา และเท้าอ่อนแรง [4] ซึ่งอาการดังกล่าวข้างต้นทำให้เกิดการจำกัดการเคลื่อนไหวของร่างกาย ส่งผลทำให้การเคลื่อนไหวบกพร่อง รวมไปถึงการเดินและการทรงตัวของผู้ป่วย [3-6] จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าผู้ป่วย DPN มีความเร็วในการเดินที่ช้ากว่าปกติ ระยะการก้าวขาสั้นลง และเพิ่มเวลาของ stride length มากกว่าคนที่สุขภาพปกติ [4] จากการศึกษาของ Ghanavati และคณะ พบว่าผู้ป่วย DPN มีปัญหาในระหว่างการทำกิจกรรมประจำวัน เช่น การแต่งตัว เดินขึ้นลงบันได การเดิน โดยเฉพาะการก้าว และการเลี้ยว ซึ่งพบว่าผู้ป่วยมีฐานการเดินที่แคบลง [7] ดังนั้นอาจสรุปได้ว่า ผู้ป่วย DPN มีแนวโน้มที่จะมีรูปแบบการเดินที่ผิดปกติ และมีความเสี่ยงต่อการหกล้มสูง [8]

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าการออกกำลังกายสามารถป้องกัน หรือเพิ่มความสามารถด้านการเดินของผู้ป่วย DPN ได้ [9] การออกกำลังกายข้อเท้า เช่น ท่าบิดปลายเท้าเข้า-ออก และท่ากระดกข้อเท้าขึ้น-ลง สลับกัน ทุกวันเป็นเวลา 8 สัปดาห์ เพิ่มความสามารถในการเดินของผู้ป่วย DPN ได้ [5] โดยหลัก 3 ประการในการพัฒนาความสามารถของผู้ป่วย DPN ประกอบไปด้วย 1) เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อบริเวณข้อเท้า 2) เพิ่มความคล่องตัวและองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า 3) เพิ่มความควบคุมการทรงท่าทางและความสมดุลขณะยืนและเดินของผู้ป่วย [5] จากผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายมีความสามารถด้านการเดินและการทรงตัว ซึ่งทดสอบโดยใช้ Timed Up and Go test (TUG) การวัดกำลังกล้ามเนื้อของขา การวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า และแบบประเมิน Activities-Specific Balance Confidence ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [5]

จะเห็นได้ว่า การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอสามารถป้องกัน หรือเพิ่มความสามารถด้านการเดินของผู้ป่วย DPN ได้ [9] โดยนักกายภาพบำบัด จะใช้วิธีการออกเยี่ยมบ้าน เพื่อพาผู้ป่วย DPN ออกกำลังกาย อย่างไรก็ตาม ในสถานการณ์ที่ผ่านมา ได้มีการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ซึ่งทำให้ทั้งประเทศไทยและต่างประเทศได้กำหนดมาตรการเร่งด่วนเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของโรคโควิด-19 โดยเน้นการลดจำนวนคน ส่งเสริมให้มีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อทดแทนและปรับเปลี่ยนรูปแบบการบริการทางการแพทย์ หรือเรียกว่า Telerehabilitation (TR) [2, 10] ซึ่ง TR นั้น คือการแลกเปลี่ยนข้อมูลทางการแพทย์จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยใช้การสื่อสารทางอิเล็กทรอนิกส์ หรือเทคโนโลยีดิจิทัลเป็นตัวกลางในการสื่อสาร [11] เช่นเดียวกับการออกกำลังกายทางไกล (Tele-Exercise: TE) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ TR มีการปรับประยุกต์ใช้เพื่อส่งเสริมสมรรถภาพทางกายของผู้ที่อาศัยอยู่ในชุมชนห่างไกลที่ไม่สามารถมาออกกำลังกายที่โรงพยาบาลได้ [12]

ปัจจุบันประเทศไทยเริ่มมีการใช้วิธีการออกกำลังกายทางไกลในโรงพยาบาลทั้งในกรุงเทพฯ และปริมณฑล ซึ่งสอดคล้องกับการใช้ชีวิตของคนเมืองที่เข้าถึงเทคโนโลยีได้ รวมถึงปัญหาการจราจรติดขัดทำให้ลดเวลาการเดินทางลง และลดโอกาสการแพร่เชื้อของโรคระบาดต่างๆ แต่ในพื้นที่ต่างจังหวัดนั้นยังมีการใช้ TE ค่อนข้างน้อย จึงใช้วิธีการออกชุมชน เพื่อให้เข้าถึงผู้สูงอายุที่อยู่ที่บ้านได้ ซึ่งวิธีการดังกล่าว ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองงบประมาณ และทำให้ใช้เวลาในการนำออกกำลังกายมาก หากมีการนำเอา TE มาใช้ในการนำออกกำลังกายได้ จะช่วยลดข้อจำกัดเหล่านี้ได้ อย่างไรก็ตาม ยังไม่สามารถทราบได้ชัดเจนว่า ผลของการออกกำลังกายทางไกลนั้น สามารถเพิ่มความสามารถในการเดินของผู้ป่วยโรค DPN ได้หรือไม่ ดังนั้น การวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาผลของการออกกำลังกายทางไกลต่อความเร็วของการเดินในผู้สูงอายุที่มีโรค DPN ซึ่งผลการวิจัยนี้จะช่วยยืนยันได้ว่า วิธีการ TE สามารถเพิ่มความสามารถในผู้สูงอายุกลุ่มนี้ได้หรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายทางไกลที่บ้านต่อความเร็วของการเดินในผู้สูงอายุที่มีความผิดปกติของระบบประสาทส่วนปลายจากเบาหวาน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. อาสาสมัคร

การศึกษานี้ทำในอาสาสมัครที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 24 คน ในชุมชนผู้สูงอายุจังหวัดเลย โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก คือ ที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ประจำตัวว่าเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ร่วมกับมีความผิดปกติของเส้นประสาทส่วนปลาย ซึ่งทำการทดสอบโดยใช้ monofilament พบอาการมากกว่า 2 ตำแหน่งของบริเวณเท้าแต่ละข้าง หรือแบบสอบถาม Michigan Neuropathy Screening Instrument questionnaire ได้คะแนน

มากกว่า 7 คะแนน สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ สามารถเดินได้เองมากกว่า 14 เมตร และไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยเดิน มีโทรศัพท์มือถือถือ หรือแท็บเล็ต หรือแล็ปท็อป ที่มีกล้อง ที่มีการติดตั้งแอปพลิเคชันไลน์ (LINE) และสามารถใช้งานได้ด้วยตนเอง และมีเกณฑ์การคัดออก คือ ผู้สูงอายุที่มีแผลที่บริเวณเท้า แผลติดเชื้อ หรือต้องตัดเท้า มีข้อห้ามในการออกกำลังกาย (เช่น โรคหัวใจที่มีภาวะไม่คงที่และโรคความดันโลหิตสูง โดยมีความดันโลหิตมากกว่า 150/100 มิลลิเมตรปรอท) ผู้สูงอายุที่มีโรคเกี่ยวกับสมอง เช่น โรคหลอดเลือดสมอง โรคสมองเสื่อม และไม่สามารถสื่อสารได้ หรือไม่เข้าใจในสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการ โดยอาสาสมัครทุกคนต้องลงนามยินยอมเข้าร่วมการศึกษา ซึ่งได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ก่อนทำการเก็บข้อมูล

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เข้าร่วมวิจัย ประกอบไปด้วยข้อมูลทั่วไป ได้แก่ รหัสอาสาสมัคร อายุ เพศ โรคประจำตัว และ LINE ID

2.2 แบบบันทึกข้อมูลการตรวจเท้าเบาหวานโดยใช้ monofilament ซึ่งผู้วิจัยจับตามอุปกรณ์ ให้เส้นเอ็นให้ตั้งฉาก 90 องศา กับผิวหนังจุดที่จะตรวจ ใช้ Monofilament กดลงจนเส้นเอ็นโค้งเป็นรูปตัว C (C shape) กดค้างไว้ประมาณ 1-1.5 วินาที นำ Monofilament ออก จากนั้นถามว่ารู้สึกหรือไม่ ในการตรวจแต่ละตำแหน่งให้ทำการตรวจ 3 ครั้ง เป็นการตรวจจริง 2 ครั้งและตรวจหลอก 1 ครั้ง ทำการบันทึกค่าในแบบบันทึกข้อมูล (ตำแหน่งที่ตรวจ คือ ที่ฝ่าเท้า 4 จุด ได้แก่ หัวแม่เท้า, Metatarsal head ที่ 1 ที่ 3 และที่ 5)

2.3 แบบสอบถาม Michigan Neuropathy Screening Instrument questionnaire ประกอบไปด้วยคำถาม 15 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สอบถาม และบันทึกค่าลงในแบบสอบถาม

2.4 แบบบันทึกข้อมูลด้านการเดิน ทำการทดสอบโดยใช้ 10-Meter Walk Test (10MWT)

10MWT ใช้ในการวัดความเร็วในการเดินของอาสาสมัคร โดยให้อาสาสมัครเดินบนทางเดินพื้นเรียบ ระยะทาง 14 เมตร ด้วยความเร็วปกติที่เดินในชีวิตประจำวัน และจับเวลาในการเดินช่วง 10 เมตรตรงกลางของทางเดิน ทำการเดินทั้งหมด 3 ครั้ง นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาคำนวณเป็นความเร็วในการเดิน (เมตรต่อวินาที) ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้เดินทางไปวัดก่อนและหลังอาสาสมัครเข้าร่วมการออกกำลังกาย

3. กระบวนการวิจัย

3.1 อาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัด และคัดออกทุกคน ต้องได้รับการประเมิน โดยใช้แบบสอบถาม ข้อ 2.1-2.3 จากนั้นทำการทดสอบความสามารถด้านการเดิน โดยใช้การทดสอบ 10MWT ก่อนได้รับการฝึกออกกำลังกายทางไกลที่บ้านโดยผู้ช่วยวิจัย

3.2 อาสาสมัครได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายทางไกล โดยออกกำลังกาย 40 นาทีต่อครั้ง 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 18 ครั้ง ซึ่งก่อนการออกกำลังกายทางไกล ผู้วิจัยได้เดินทางไปสาธิตวิธีการใช้แอปพลิเคชัน LINE สำหรับการออกกำลังกายที่บ้านโดยวิดีโอคอลให้กับอาสาสมัคร

3.3 อาสาสมัครต้องมีการเตรียมการใช้แอปพลิเคชัน LINE สำหรับการออกกำลังกายก่อนเริ่มการออกกำลังกายจริง โดยมีผู้ช่วยวิจัย หรือญาติช่วยดูในครั้งแรก หลังจากนั้นอาสาสมัครทำการออกกำลังกายโดยวิธีการวิดีโอคอล LINE 3 ครั้ง/สัปดาห์ ผู้วิจัยช่วยนำการออกกำลังกายที่ละขั้นตอนตั้งแต่เริ่มจนจบ โดยผู้วิจัยช่วยควบคุมความถูกต้องและจำนวนครั้งในการออกกำลังกายผ่านระบบการให้คำปรึกษาทางไกล (วิดีโอคอล)

3.4 ทำทางที่ใช้ในการออกกำลังกาย ประกอบด้วย

ท่าที่ 1: เดินอบอุ่นร่างกาย (5 นาที)

ท่าที่ 2: นั่งยืดขา โดยให้อาสาสมัครนั่งบนเก้าอี้แล้วเตะขาทีละข้าง ข้างละ 10 ครั้ง

ท่าที่ 3: ยืนย่อขา โดยให้อาสาสมัครยืนย่อเข่า แล้วทิ้งน้ำหนักตัวไปที่ก้นของตนเอง

ท่าที่ 4: ยืนขาเดียวสลับทั้งสองข้าง นับ 1 ถึง 3 ทำข้างละ 5 ครั้ง

ท่าที่ 5: เดินต่อเท้าสลับกันจำนวน 20 ก้าว

ท่าที่ 6: เดินเป็นรูปเลขแปด ทำซ้ำจำนวน 5 รอบ

ท่าที่ 7: เดิน 5 นาทีเพื่อให้ร่างกายกลับสู่ภาวะปกติ

ขณะออกกำลังกาย อาสาสมัครได้รับประเมินความเหนื่อยก่อน ระหว่างและหลังการออกกำลังกายโดยใช้ Modified Borg Scale หากอาสาสมัครมีคะแนนความเหนื่อยมากกว่า 7 คะแนน ผู้วิจัยจะให้อาสาสมัครหยุดและนั่งพักก่อน จึงทำการออกกำลังกายต่อ

4. การวิเคราะห์ผลการวิจัย

การศึกษานี้ใช้สถิติพรรณนาเพื่ออธิบายลักษณะอาสาสมัคร Normality test และใช้สถิติ Paired t-test ใช้เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกาย โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลส่วนบุคคลของอาสาสมัคร

อาสาสมัครผู้สูงอายุที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีภาวะ DPN ร่วมด้วย จำนวน 24 คน โดยส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ดังแสดงในตารางที่ 1 นอกจากนี้มี อาสาสมัคร 9 คน มีโรคประจำตัวคือเบาหวาน และความดันโลหิตสูง และอาสาสมัคร 5 คน มีโรคประจำตัวรวมกัน 3 โรค ได้แก่ เบาหวาน ความดันโลหิตสูง และไขมันในเลือดสูง อาสาสมัครทั้ง 24 คน สามารถเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายแบบ TE ครบทั้ง 6 สัปดาห์ โดยไม่มีอาสาสมัครคนใดมีความหอบเหนื่อยขณะออกกำลังกาย จนไม่สามารถออกกำลังกายได้ครบ

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานอาสาสมัคร

ตัวแปร	จำนวนอาสาสมัคร 24 คน	Minimum : maximum
อายุ (ปี)*	70.7 ± 5.9	62 : 81
เพศ		
ชาย: คน (%)	2 (8.3)	-
หญิง: คน (%)	22 (91.7)	-
Monofilament test (median: point)	3	2 : 4
Michigan Neuropathy Screening Instrument (score)*	10.8 ± 2.1	8 : 14

หมายเหตุ * นำเสนอข้อมูลในรูปแบบ mean ± S.D.

2. ผลของการออกกำลังกายทางไกลที่บ้านต่อความเร็วของการเดินของอาสาสมัคร

อาสาสมัครมีค่าความเร็วในการเดินด้วยความเร็วปกติที่ใช้เดินในชีวิตประจำวัน ซึ่งทดสอบด้วยการทดสอบ 10MWT เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การทดสอบความเร็วในการเดินโดยใช้ 10-Meter Walk Test (10MWT)

ตัวแปร	10MWT			
	Mean±SD (m/s)	Mean difference	95% CI	p-value
ก่อนการออกกำลังกาย (TE)	0.95±0.22	-0.18	-0.28, -0.75	0.002
หลังการออกกำลังกาย (TE)	1.13±0.28			

หมายเหตุ TE = Tele-exercise

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษานี้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายทางไกลที่บ้าน (Tele-Exercise: TE) ต่อความเร็วของการเดินในผู้สูงอายุที่มีความผิดปกติของระบบประสาทส่วนปลายจากเบาหวาน (DPN) จำนวน 24 คน ที่อาศัยอยู่ในเขตชุมชนจังหวัดเลย ประเทศไทย จากการศึกษาพบว่า อาสาสมัครมีความเร็วในการเดินด้วยความเร็วปกติที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งทดสอบด้วย 10MWT เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.002$) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการออกกำลังกายแบบ TE สามารถเพิ่มความสามารถด้านการเดินในผู้สูงอายุที่เป็นโรคเบาหวานร่วมกับมีความผิดปกติของระบบประสาทส่วนปลายได้

การออกกำลังกายเป็นประจำจะช่วยป้องกัน หรือชะลออาการและภาวะแทรกซ้อนของผู้ป่วยเบาหวานประเภทที่ 2 ได้ นอกเหนือจากการรักษาโดยยา และปรับพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหาร อย่างไรก็ตาม ความต่อเนื่องของการออกกำลังกายเป็นปัญหาสำคัญสำหรับผู้ป่วยที่อาศัยในชุมชนห่างไกลจากโรงพยาบาลเป็นอย่างมาก [10] การออกกำลังกายที่มุ่งเน้นบริเวณขาและเท้า เป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับผู้ป่วยโรค DPN ซึ่งมีการแนะนำให้ออกกำลังกายโดยเน้นที่บริเวณขาและเท้ากันอย่างแพร่หลาย [13] โดยการออกกำลังกายบริเวณดังกล่าว จะช่วยฟื้นฟูการนำสัญญาณประสาท และการรับความรู้สึกของระบบประสาทส่วนปลายได้เป็นอย่างดี [4, 14] อีกทั้งยังช่วยให้เกิดความคล่องตัวในการเคลื่อนไหวของขา รวมถึงความแข็งแรงของข้อเท้า และข้อต่ออื่นๆ ของขาด้วย [15] จากการศึกษาที่มีการให้อาสาสมัครผู้สูงอายุโรค DPN ออกกำลังกาย โดยแบ่งออกเป็น 7 ท่าที่ประกอบไปด้วยการออกกำลังกายบริเวณขาและข้อเท้า มีระยะเวลาการออกกำลังกายต่อเนื่องกัน 6 สัปดาห์ สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาซึ่งรายงานว่าการออกกำลังกายต่อเนื่องกันเป็นเวลา 6 สัปดาห์ สามารถเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อ และความทนทานในการออกกำลังกายได้ [10] อีกทั้งท่าทางที่ใช้ในการศึกษานี้ยังสามารถทำตามได้ง่ายผ่านระบบการให้คำปรึกษาทางไกล (วิดีโอคอล) และมีหลักสำคัญของการออกกำลังกายคือ ให้ผู้สูงอายุออกกำลังกายแบบค่อยเป็นค่อยไป ไม่หักโหม มีการอบอุ่นร่างกายทั้งก่อนและหลังการออกกำลังกาย เพื่อให้ร่างกายกลับเข้าสู่สภาวะปกติ ออกกำลังกายในสถานที่ปลอดภัยและมีญาติ หรือผู้ดูแลช่วยเหลือตลอดการออกกำลังกาย หากมีอาการไม่พึงประสงค์ให้แจ้งผู้นำออกกำลังกายทันที ซึ่งพบว่า ขณะออกกำลังกายอาสาสมัครสามารถออกกำลังกายได้โดยไม่เกิดอาการไม่พึงประสงค์ใด ๆ

ผลของการศึกษานี้สามารถเป็นแนวทางได้ว่า การออกกำลังกายทางไกล สามารถทำในผู้สูงอายุได้ โดยพบว่า อาสาสมัครผู้สูงอายุมีความเร็วในการเดินในชีวิตประจำวันเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาของ Klonoff ได้ให้ข้อสรุปว่า Telerehabilitation (TR) จะเป็นเครื่องมือใหม่ในศตวรรษที่ 21 สำหรับผู้ให้บริการด้านการดูแลสุขภาพ ซึ่งจะใช้เป็นตัวแทนในการสื่อสารกับผู้ป่วย เพื่อให้สามารถปรับปรุงคุณภาพและลดต้นทุนการดูแลสุขภาพของผู้ป่วยได้ [16] จากการศึกษาที่ผ่านมา ได้มีการนำเอาการสื่อสารด้านสุขภาพทางไกลมาใช้ในการควบคุมระดับน้ำตาล การออกกำลังกาย สมรรถภาพทางกาย กำลังกล้ามเนื้อ และสภาวะทางด้านจิตใจในผู้ป่วยเบาหวานประเภทที่ 2 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการทำ TR มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

และอาจเป็นรูปแบบการรักษาทางเลือกสำหรับผู้ป่วยเบาหวานประเภทที่ 2 นอกจากนี้จะมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้ป่วยแล้ว ยังสามารถประหยัดเวลา แรงงาน และค่ารักษาพยาบาลได้อีกด้วย [10]

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของการใช้สมาร์ทโฟนในผู้สูงอายุ กล่าวคือ ผู้สูงอายุยังไม่มีความชำนาญในการใช้อุปกรณ์ อีกทั้งในช่วงแรกของการฝึก ต้องได้รับความช่วยเหลือเรื่องการจัดมุกกล้อง เพื่อให้สามารถออกกำลังกายตามผู้นำได้ และผู้นำสามารถดูแลความถูกต้องของการออกกำลังกายในผู้สูงอายุได้ด้วย จึงต้องอาศัยผู้ดูแลช่วยเหลือขณะเข้าร่วมการออกกำลังกายทางไกล อีกทั้งขนาดหน้าจอของอุปกรณ์ มีขนาดเล็กเกินไป จนบางครั้งอาสาสมัครผู้สูงอายุ ต้องให้ผู้ดูแล คอยยกอุปกรณ์ให้อยู่ในระดับสายตาที่มองเห็นได้ชัด แต่ข้อจำกัดดังกล่าว ก็ไม่ส่งผลกระทบต่อผลการศึกษาในครั้งนี้ นอกจากนี้ ยังพบข้อจำกัดเพิ่มเติมคือ ผู้วิจัยไม่ได้เก็บข้อมูลเรื่องการทำกิจวัตรประจำวัน ยาที่รับประทานเป็นประจำ หรือพฤติกรรมสุขภาพต่างๆ ของผู้สูงอายุ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ อาจส่งผลต่อการรักษาได้ ดังนั้นในการศึกษาต่อไป อาจต้องมีการควบคุมปัจจัยในเรื่องดังกล่าวด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการภาพบำบัด มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สำหรับทุนวิจัยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2565

เอกสารอ้างอิง

- [1] Licher, S., Heshmatollah, A., van der Willik, K. D., Stricker, B. H. Ch., Ruiter, R., de Roos, E. W. et al. (2019). Lifetime risk and multimorbidity of non- communicable diseases and disease-free life expectancy in the general population: A population-based cohort study. *PLOS Medicine*, 16(2), e1002741.
- [2] Lee, P. A., Greenfield, G., and Pappas, Y. (2018). The impact of telehealth remote patient monitoring on glycemic control in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of systematic reviews of randomised controlled trials. *BMC Health Services Research*, 18(1), 495. PMC6019730.
- [3] Allet, L., Armand, S., De Bie, R., Golay, A., Monnin, D., Aminian, K., et al. (2010). The gait and balance of patients with diabetes can be improved: A randomised controlled trial. *Diabetologia*, 53(3), 458-66.
- [4] Sartor, C. D., Hasue, R. H., Cacciari, L. P., Butugan, M. K., Watari, R., Pássaro, A. C., et al. (2014). Effects of strengthening, stretching and functional training on foot function in patients with diabetic neuropathy: Results of a randomized controlled trial. *BMC musculoskeletal disorders*, 15(1), 1-13.
- [5] Venkataraman, K., Tai, B. C., Khoo, E. Y. H., Tavintharan, S., Chandran, K., Hwang, S. W., et al. (2019). Short-term strength and balance training does not improve quality of life but improves functional status in individuals with diabetic peripheral neuropathy: A randomised controlled trial. *Diabetologia*, 62(12), 2200-2210.

- [6] Rippetoe, J., Wang, H., James, S. A., Dionne, C., Block, B., and Beckner, M. (2020). Improvement of gait after 4 weeks of wearable focal muscle vibration therapy for individuals with diabetic peripheral neuropathy. *Journal of Clinical Medicine*, 9(11), 3767. PMC7700661.
- [7] Ghanavati, T., Yazdi, M. J. S., Goharpey, S., and Arastoo, A. (2012). Functional balance in elderly with diabetic neuropathy. *Diabetes research and clinical practice*, 96(1), 24-28.
- [8] Gu, Y., and Dennis, S. M. (2017). Are falls prevention programs effective at reducing the risk factors for falls in people with type-2 diabetes mellitus and peripheral neuropathy: A systematic review with narrative synthesis. *Journal of Diabetes and its Complications*, 31(2), 504-516.
- [9] Morrison, S., Colberg, S. R., Parson, H. K., and Vinik, A. I. (2014). Exercise improves gait, reaction time and postural stability in older adults with type 2 diabetes and neuropathy. *Journal of Diabetes and its Complications*, 28(5), 715-722.
- [10] Duruturk, N., and Özköslü M. A. (2019). Effect of tele-rehabilitation on glucose control, exercise capacity, physical fitness, muscle strength and psychosocial status in patients with type 2 diabetes: A double blind randomized controlled trial. *Primary care diabetes*, 13(6), 542-548.
- [11] Rasmussen, O. (2015). Telemedicine compared with standard care in type 2 diabetes mellitus: A randomized controlled project in an outpatient clinic. *Value in Health*, 18(7), A621.
- [12] Chen, H., Zheng, X., Huang, H., Liu, C., Wan, Q., and Shang, S. (2019). The effects of a home-based exercise intervention on elderly patients with knee osteoarthritis: A quasi-experimental study. *BMC Musculoskelet Disord*, 20(1), 160, PMC6456993.
- [13] Schaper, N. C., van Netten, J. J., Apelqvist, J., Bus, S. A., Hinchliffe, R. J., and Lipsky, B. A. (2020). Practical Guidelines on the prevention and management of diabetic foot disease (IWGDF 2019 update). *Diabetes. Metab. Res. Rev.*, 36(Suppl 1), e3266.
- [14] Sartor, C. D., Watari, R., Pássaro, A. C., Picon, A. P., Hasue, R. H., and Sacco, I. CN. (2012). Effects of a combined strengthening, stretching and functional training program versus usual-care on gait biomechanics and foot function for diabetic neuropathy: A randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*, 13(36), 1-10.
- [15] Silva, E. Q., Santos, D. P., Beteli, R. I., Monteiro, R. L., Ferreira, J. S. S. P., Cruvinel-Junior, R. H. et al. (2021). Feasibility of a home-based foot-ankle exercise programme for musculoskeletal dysfunctions in people with diabetes: randomised controlled FOOtCAre (FOCA) Trial II. *Sci Rep*, 11(1), 12404.
- [16] Klonoff, D. C. (2009). Using telemedicine to improve outcomes in diabetes—an emerging technology. *J Diabetes Sci Technol.*, 3(4), 624-628.

SWUCON2023-012: ผลการใช้สิ่งชี้แนวทางสายตาดต่อการทรงตัวและรูปแบบการเดิน ในผู้ป่วยหลอดเลือดสมอง EFFECTS OF VISUAL CUE TRAINING ON BALANCE AND GAIT IN PATIENTS WITH STROKE

เสกศิษฐ์ เกตุโต, รัมภา บุญสินสุข, จิราภรณ์ วรรณปะเข*

*Seksit Ketto, Rumpa Boonsinsukh, Jirabhorn Wannapakhe**

สาขากายภาพบำบัด คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Division of Physical Therapy, Faculty of Physical Therapy, Srinakharinwirot University.

*Corresponding author, e-mail: jirabhorn@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันได้มีการฝึกผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองโดยกระตุ้นผ่านการมองเห็น และการรับรู้ของข้อต่อ ซึ่งอาศัยลักษณะข้อมูลป้อนกลับจากภายนอกที่เป็นข้อมูลเกี่ยวกับผลลัพธ์ (Knowledge of Result หรือ KR) เพื่อฟื้นฟูความสามารถด้านการทรงตัว และการเดินของผู้ป่วย ดังนั้น เพื่อให้สามารถตอบคำถามงานวิจัยเกี่ยวกับผลของการฝึกดังกล่าว การศึกษานี้จึงต้องการศึกษาผลของการฝึกผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองโดยใช้การกระตุ้นผ่านการมองเห็นต่อความสามารถด้านการทรงตัว และการเดินในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง จำนวน 12 คน ความสามารถในการทรงตัวโดยใช้ Timed Up and Go Test (TUGT) และการเดินโดยการทดสอบ 10 Meter Walk Test (10MWT) ก่อนทำการฝึก อาสาสมัครฝึกด้วยการให้ข้อมูลป้อนกลับผ่านการมองเห็น เป็นเวลา 40 นาที ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังจากได้รับการฝึก อาสาสมัครใช้เวลาในการทดสอบ TUGT น้อยลงกว่าก่อนได้รับการฝึก โดยมีค่าลดลง 1.62 วินาที แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.185$) แต่อาสาสมัครเดินเร็วขึ้นทั้งความเร็วปกติ และความเร็วสูงสุด เมื่อเทียบกับก่อนได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้น การศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า การฝึกด้วยการกระตุ้นผ่านการมองเห็นสามารถช่วยพัฒนาความสามารถด้านการเดินในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองได้ อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบความแตกต่างด้านการทรงตัว ซึ่งอาจเกิดจากระยะเวลาในการฝึก หรือจำนวนครั้งที่ใช้ในการฝึกน้อย จึงยังไม่กระตุ้นความสามารถด้านการทรงตัวที่ชัดเจน

คำสำคัญ: โรคหลอดเลือดสมอง การให้ข้อมูลป้อนกลับผ่านการมองเห็น ความเร็วในการเดิน การทรงตัว

Abstract

At present, stroke patients are trained by visual cues stimulation and proprioception. It relies on the knowledge of result (KR) to restore the balance and walking of the patients. Therefore, to answer the research questions about the effects of such training, this study aimed to investigate the effects of visual cues training on balance and gait in patients with stroke. Twelve stroke patients were assessed for balance using Timed Up and Go Test (TUGT) and walking by 10 Meter Walk Test (10MWT) before training. The subjects were trained to provide visual feedback for 40 minutes. Then, the subjects were reassessed by TUGT and 10MWT after training. The results reviewed that after training the subjects showed less times for TUGT than before the training, with a reduction of 1.62 seconds but not a statistically significant difference ($p = 0.185$). However, subjects had a statistically significant increase in both their preferred and fastest gait speed when compared to before training ($p < 0.05$). Therefore, this study can conclude that visual cues training can improve walking ability in stroke patients. However, there was not found a difference in balance. This might be caused by the duration or the number of training so, it did not clearly improve the balance performance.

Keywords: Cerebrovascular Disease, Visual Feedback, Gait Speed, Balance

บทนำ

ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองจะเกิดความบกพร่องของระบบประสาทสั่งการ ระบบประสาทรับความรู้สึก และระบบประสาทอัตโนมัติ กระทั่งต่อการเคลื่อนไหวของผู้ป่วย โดยเฉพาะความสามารถในการควบคุมการทรงตัว และการเดิน [1] โดยผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง จะไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวตามที่ต้องการได้ และมีรูปแบบการเคลื่อนไหวที่เปลี่ยนแปลงไปจากปกติ เนื่องจากมีการใช้กล้ามเนื้อมัดอื่นเข้ามาทำงานร่วมด้วย แทนการใช้กล้ามเนื้อที่ต้องการเพียงกลุ่มเดียว จึงทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่ต้องการ (Abnormal movement) มีการลงน้ำหนักขณะยืนและเดินระหว่างขาทั้ง 2 ข้างไม่เท่ากัน มีความสามารถในการทรงตัวลดลง และเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาความสามารถด้านการเดิน [2-4] ดังนั้น การฟื้นฟูความสามารถด้านการทรงตัวและการเดิน จึงเป็นการฟื้นฟูหลักที่ตรงตามความต้องการของผู้ป่วย และสามารถพัฒนาความสามารถด้านอื่น ๆ ได้ด้วย อย่างไรก็ตาม ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่สามารถเดินได้ มักมีปัญหาในการลงน้ำหนักที่เท้าทั้งสองข้างไม่เท่ากัน มีรูปแบบการเดินที่ผิดปกติ และความเร็วในการเดินลดลง

การฟื้นฟูความสามารถของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในปัจจุบัน จะอาศัยทฤษฎีการเรียนรู้การเคลื่อนไหว (Motor learning) ซึ่งการเรียนรู้ของสมองจะเกิดจากการนำเข้าสู่ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหลายแห่ง กระตุ้นผ่านการรับรู้ ประมวลผล และแสดงออกมา [5] ดังนั้น การกระตุ้นการเรียนรู้ของสมองจึงเป็นวิธีที่น่าสนใจ และได้ผลต่อการพัฒนาความสามารถของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองอีกวิธีหนึ่ง การกระตุ้นการเรียนรู้ของสมองสามารถทำได้หลากหลายวิธี เช่น การทำซ้ำๆ หรือการฝึกซ้ำๆ และการกระตุ้นจากสิ่งเร้าภายนอก เช่น เสียง และภาพ เป็นต้น การศึกษาที่ผ่านมา พบว่าการให้ข้อมูลด้านการมองเห็น (visual cue) ช่วยกระตุ้นความสามารถในการเดินของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม เครื่องมือเหล่านั้น มักมีมูลค่าสูง และมีขนาดใหญ่ เคลื่อนย้ายได้ยาก และเมื่อพิจารณาจากหลักการทรงตัวในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ที่เกิดจากการทำงานประสานสัมพันธ์กันระหว่างการรับความรู้สึก และการทำงานของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังมีการควบคุมการทรงตัว โดยอาศัยการมองเห็น และการรับรู้ของข้อต่อด้วยนั้น จะเห็นได้ว่าผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง มีความ

บทพร่องในระบบดังกล่าว ทำให้การควบคุมการทรงตัวลดลง ส่งผลต่อการเดินในผู้ป่วยได้ ซึ่งทั้งการเดิน และการทรงตัว อาศัยการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวล (Center of mass) ให้อยู่ในฐาน หรือ Base of support ถ้ามีการกระตุ้นผ่านการมองเห็น จะเป็นการกระตุ้นให้ผู้ป่วย รักษาจุดศูนย์กลางมวลให้อยู่ใน Base of support ได้ [1] ซึ่งการฝึกด้วยโปรแกรมที่มีแรงจูงใจให้แก่ผู้ป่วย ผ่านแอปพลิเคชัน โดยอาศัยเซนเซอร์วัดแรง (Force sensor) ที่อาจจะติดบริเวณรองเท้า จะช่วยตรวจจับแรงกดเริ่มต้นของการลงน้ำหนักได้ เมื่อผู้ป่วยเริ่มออกแรงกดที่รองเท้า ตามสัญลักษณ์ที่ปรากฏบนจอสมาร์ทโฟน หรือคอมพิวเตอร์ Force sensor จะเริ่มทำงานและส่งสัญญาณการเดินกลับไปยังแอปพลิเคชัน ช่วยปรับการทรงตัวและการเดินของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองได้ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาโปรแกรมการฝึกโดยอาศัยหลักการกระตุ้นด้านการมองเห็นขึ้น ซึ่งเป็นนวัตกรรมต้นแบบที่มีการกระตุ้นผ่านการมองเห็น (Visual cue) และการรับรู้ของข้อต่อ อาศัยลักษณะข้อมูลป้อนกลับจากภายนอกที่เป็นข้อมูลเกี่ยวกับผลลัพธ์ (Knowledge of result หรือ KR) ดังนั้น การศึกษานี้ จึงต้องการศึกษาผลของการฝึกผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองโดยกระตุ้นผ่านการมองเห็นต่อความสามารถด้านการทรงตัวและการเดิน ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการฝึกผู้ป่วยโรคหลอดเลือดโดยกระตุ้นผ่านการมองเห็นต่อความสามารถด้านการทรงตัว และการเดิน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. อาสาสมัคร

การศึกษานี้ทำการศึกษาในอาสาสมัคร จำนวน 12 คน เป็นผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองทั้งจากหลอดเลือดสมองแตก (Cerebral hemorrhage) หรือหลอดเลือดสมองตีบ (Cerebral infarction) ทั้งระยะกึ่งเฉียบพลันและเรื้อรัง อายุตั้งแต่ 18 ปี ขึ้นไป สามารถเข้าใจภาษา สื่อสารรู้เรื่อง สามารถยืนและเดินได้ อย่างน้อย 14 เมตร โดยใช้หรือไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยเดิน สามารถมองเห็นได้ปกติ ในระยะอย่างน้อย 3 เมตร ทั้งสวมใส่ หรือไม่สวมใส่แว่นตา และมีเกณฑ์การคัดออก คือ ผู้ป่วยที่แพทย์วินิจฉัยโรคอื่นๆ เป็นโรคหลัก เช่น มะเร็ง โรคหัวใจ เป็นต้น และผู้ป่วยที่มีความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (Muscle tone) ซึ่งทำการตรวจประเมินโดยใช้ Modified Ashworth Scale (MAS) มากกว่า 3 คะแนน (Considerable increase in muscle tone, passive movement difficult) [6] โดยอาสาสมัครทุกคนต้องลงนามยินยอมเข้าร่วมการศึกษา ซึ่งได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ก่อนทำการเก็บข้อมูล

2. เครื่องมือที่ใช้ฝึกผู้ป่วยโดยกระตุ้นผ่านการมองเห็น

เครื่องมือที่ใช้ฝึกนี้ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกผู้ป่วยผ่านการรับรู้น้ำหนักที่แผ่นรองเท้า ซึ่งสามารถสอดเข้าไปในรองเท้าของอาสาสมัครได้ โดยมีตำแหน่งของ Sensor ข้างละ 3 ตำแหน่ง สามารถวัดน้ำหนักของการลงน้ำหนักระหว่างขาทั้งสองข้างได้ และมีการส่งสัญญาณการรับน้ำหนักที่ได้ มาที่หน้าจอดีวีเอชดี หรือแท็บเล็ตที่มีการลงโปรแกรมสำหรับรองรับการใช้งานของเครื่องควบคุมการลงน้ำหนักและทรงตัวนี้ ผ่านสายส่งสัญญาณระหว่างแผ่นรองเท้ารับแรงกดกับชุดแผงควบคุมที่ติดอยู่บริเวณเข็มขัดที่เอวของอาสาสมัคร ซึ่งสายมีขนาดพอดีไม่ยาวมากจนกีดขวางการเดินของอาสาสมัคร โดยมีโปรแกรมในการฝึกคือ การฝึกการถ่ายเทน้ำหนักขณะยืน ซึ่งใช้ภาพบนหน้าจอในการกระตุ้นให้อาสาสมัครลงน้ำหนักในขาแต่ละข้าง (ภาพที่ 1) และการฝึกการเดินลงน้ำหนักที่ขาทั้งสองข้าง ในหลักการคล้ายกับการยืน แต่มีการประมวลผลในลักษณะของการเดิน และการถ่ายเทน้ำหนักระหว่างขาทั้งสองข้าง



ภาพที่ 1 หน้าจอแสดงผลขณะทำการฝึก

3. การทดสอบความสามารถด้านการทรงตัว และการเดิน

การศึกษานี้ทำการทดสอบความสามารถด้านการทรงตัวโดยใช้ Timed Up and Go Test (TUGT) และทดสอบการเดินโดยการทดสอบ 10 Meter Walk Test (10MWT) ทดสอบความสามารถก่อน และหลังการฝึก

3.1 การทดสอบ Timed Up and Go Test (TUGT)

การทดสอบ TUG เป็นการทดสอบที่มีความน่าเชื่อถือและความตรงสูงในการทดสอบความสามารถในการทรงตัว ซึ่งเป็นการทดสอบที่สามารถทำได้ง่าย และรวดเร็ว โดยให้อาสาสมัครนั่งบนเก้าอี้ที่มีพนักพิงและที่วางแขน จากนั้นลุกขึ้นยืน และเดินให้เร็วที่สุดเท่าที่อาสาสมัครจะทำได้ เดินไปด้านหน้า 3 เมตร จากนั้นหมุนตัวแล้วเดินกลับมาต่อเนื่องอีก 3 เมตร และกลับมานั่งที่เดิม ผู้วิจัยจับเวลาที่อาสาสมัครทำได้ หน่วยเป็นวินาที โดยเริ่มจับเมื่ออาสาสมัครลุกขึ้น และกดยุติเวลาเมื่ออาสาสมัครกลับมานั่งที่เก้าอี้ และหลังพิงกับพนักเก้าอี้ ให้อาสาสมัครทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยความสามารถที่ได้ [7]

3.2 การทดสอบ 10 Meter Walk Test (10MWT)

การทดสอบ 10MWT เป็นการทดสอบความเร็วในการเดิน ที่สามารถสะท้อนถึงความสามารถในการเดิน และคุณภาพของการเดินได้ การทดสอบจะให้อาสาสมัครเดินเป็นระยะทาง 14 เมตร ผู้วิจัยจับเวลาที่อาสาสมัครใช้ในการเดินในระยะเวลา 10 เมตรตรงกลาง เพื่อลดผลของ Acceleration และ Deceleration ให้อาสาสมัครเดินด้วยความเร็วปกติ (Preferred gait speed) 3 รอบ และความเร็วมากที่สุด (fastest gait speed) 3 รอบ นำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นความเร็วโดยใช้สูตรการคำนวณคือ ความเร็ว = ระยะทาง/เวลา หน่วยเป็น เมตรต่อวินาที จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละความเร็วที่ทำได้ [8]

4. ขั้นตอนการฝึกอาสาสมัคร

4.1 อาสาสมัครยืนโดยมีหรือไม่มีอุปกรณ์ช่วยเดินโดยสอดแผ่นรองเท้าที่มีเซนเซอร์รับน้ำหนักติดตั้งอยู่เข้าไปในรองเท้าของอาสาสมัคร จากนั้น อาสาสมัครดูสัญญาณการลงน้ำหนักที่ปรากฏบนจอภาพของแท็บเล็ต เมื่ออาสาสมัครเห็นสัญญาณทางด้านซ้าย อาสาสมัครต้องย่อเท้ากดน้ำหนักลงที่ขาซ้าย ในทางตรงกันข้ามหากวัตถุปรากฏที่ด้านขวาของแท็บเล็ต อาสาสมัครต้องย่อเท้าขวา อาสาสมัครทุกคนได้ทดลองก่อนการฝึกจริงเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของอาสาสมัคร จำนวน 3-5 ครั้ง จากนั้นจึงทำการย่อเท้ากับอุปกรณ์เป็นเวลา 5 นาที

4.2 เมื่ออาสาสมัครคุ้นชินกับอุปกรณ์แล้ว อาสาสมัครจะได้รับการฝึกเป็นเวลา 40 นาที (Warm up 5 นาที ฝึกกับเครื่องกระตุ้นผ่านการมองเห็น 30 นาที และ Cool down 5 นาที) Warm up และ Cool down ทำการยืดกล้ามเนื้อส่วนแขนและขาในท่านั่ง หรือนอน

4.3 การฝึกด้วยเครื่องกระตุ้นผ่านการมองเห็น ประกอบด้วย 2 กิจกรรม คือ การฝึกย่อเท้าและการฝึกเดิน

การฝึกย่ำเท้าอาสาสมัครจะต้องย่ำเท้าอยู่กับที่ ตามสัญญาณที่ปรากฏขึ้นบนแท็บเล็ต เป็นเวลา 15 นาที จากนั้น อาสาสมัครพัก 5 นาที แล้วทำการฝึกเดินต่ออีก 15 นาที ซึ่งกำหนดความเร็วของการเดินเป็นความเร็วปกติที่ใช้ในการเดิน (Preferred gait speed) ที่ได้จากวัด 10MWT อาสาสมัครเดินไปข้างหน้า 3 เมตร และเดินหมุนตัวกลับมาทางเดิมอีก 3 เมตร โดยก้าวตามสัญญาณที่ปรากฏขึ้นบนจอแท็บเล็ตที่อยู่ห่างออกไป 3 เมตร ใช้เวลาในการฝึกเดิน 15 นาที ในระหว่างการฝึก นักกายภาพบำบัดเดินตาม และคอยสอบถามถึงอาการเหนื่อยล้าของผู้ป่วยด้วยการวัด Borg Scale ไม่ให้เกินระดับปานกลาง (คะแนน 12 ถึง 14) [9] และหากอาสาสมัครมีความเหนื่อยล้า ผู้วิจัยพิจารณาให้อาสาสมัครพักจนหายเหนื่อย แล้วจึงกลับมาฝึกอีกครั้ง อาสาสมัครทุกคนต้องสวมเข็มขัดนิรภัย โดยมีนักกายภาพบำบัดเดินด้านข้างอาสาสมัครตลอดเวลาในการฝึก

4.4 หลังจากเสร็จสิ้นการฝึกเดิน อาสาสมัครต้อง Cool down เป็นเวลา 5 นาที ด้วยการยืดกล้ามเนื้อส่วนแขน และขาทั้งสองข้าง เช่นเดียวกับการ Warm up

5. การวิเคราะห์ผลการวิจัย

การศึกษานี้ใช้สถิติแบบพหุคูณในการรายงานข้อมูลอาสาสมัครเบื้องต้น ใช้สถิติ Shapiro-Wilk Test พิจารณาการกระจายตัวของข้อมูลที่ได้จากการความสามารถในการควบคุมการทรงตัว และการเดิน ซึ่งพบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ จึงใช้สถิติ Paired t-test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของการทรงตัวและการเดินก่อนและหลังการฝึก โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลส่วนบุคคลของอาสาสมัคร

อาสาสมัครผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง จำนวน 12 คน ยินยอมเข้าร่วมการศึกษานี้ โดยอาสาสมัครส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อยู่ในระยะกึ่งเฉียบพลันถึงระยะเรื้อรัง ดังแสดงในตารางที่ 1 อาสาสมัคร 8 คน มีสาเหตุจากโรคหลอดเลือดสมองแตก และอาสาสมัคร 7 คนมีอาการอ่อนแรงทางด้านขวา ไม่พบปัญหาด้านการมองเห็น และการได้ยินในอาสาสมัครทั้งหมด และอาสาสมัครทั้งหมดสามารถทำการฝึกด้วยเครื่องกระตุ้นผ่านการมองเห็นได้ โดยไม่เกิดอุบัติเหตุขณะทำการฝึก

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร

ตัวแปร	จำนวนอาสาสมัคร 12 คน	ค่าต่ำสุด : ค่าสูงสุด
อายุ (ปี)*	60.9 ± 10.1	42 : 72
เพศ		
ชาย: คน (ร้อยละ)	10 (83.3)	-
หญิง: คน (ร้อยละ)	2 (16.7)	-
ระยะเวลาหลังจากเป็นโรคหลอดเลือดสมอง (เดือน)*	9.3 ± 5.9	3 : 24
น้ำหนัก (กิโลกรัม)*	67.1 ± 8.9	52 : 82
ส่วนสูง (เซนติเมตร)*	168.8 ± 8.9	153 : 182

หมายเหตุ *นำเสนอข้อมูลเป็นค่า mean ± S.D.

2. ผลทันทีหลังจากได้รับการฝึกด้วยเครื่อง GBVC

2.1 ความสามารถด้านการทรงตัว ด้วยการทดสอบ Timed Up and Go Test

ภายหลังจากอาสาสมัครได้รับการฝึกด้วยเครื่อง GBVC พบว่า อาสาสมัครใช้เวลาในการทำ TUGT น้อยลงกว่าก่อนได้รับการฝึก โดยมีค่าลดลง 1.62 วินาที อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.185$) ดังแสดงในตารางที่ 2

2.2 ความสามารถด้านการเดิน ด้วยการทดสอบ 10 Meter Walk Test

ภายหลังจากอาสาสมัครได้รับการฝึกด้วยเครื่อง GBVC พบว่า อาสาสมัครมีความเร็วในการเดินเพิ่มขึ้นทั้งการเดินด้วยความเร็วปกติ (Preferred gait speed) และการเดินด้วยความเร็วสูงสุด (Fastest gait speed) เมื่อเทียบกับก่อนได้รับการฝึก โดยมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Preferred gait speed มีค่า $p = 0.026$ และ Fastest gait speed มีค่า $p = 0.008$) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าการทดสอบ TUGT และการทดสอบ 10MWT

ตัวแปร	ก่อนการฝึก (mean \pm S.D.)	หลังการฝึก (mean \pm S.D.)	Mean different (pretest – posttest)	95% CI	p-value
TUGT (วินาที)	35.25 \pm 19.75	33.63 \pm 18.25	1.62	-0.90, 4.14	0.185
10MWT: Preferred gait speed (m/s)	0.15 \pm 0.05	0.16 \pm 0.06	-0.005	-0.009, -0.001	0.026
10MWT: Fastest gait speed (m/s)	0.19 \pm 0.13	0.20 \pm 0.14	-0.01	-0.018, -0.003	0.008

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษานี้ต้องการศึกษาผลของการฝึกผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองผ่านการมองเห็นต่อความสามารถด้านการทรงตัว และการเดิน ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ซึ่งทำการวัดผลหลังจากการฝึกทันที ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังจากผู้ป่วยได้รับการฝึก ผู้ป่วยมีความสามารถด้านการเดิน ทั้งการเดินด้วยความเร็วปกติและความเร็วสูงสุด เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความสามารถด้านการทรงตัว อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ แสดงให้เห็นแนวโน้มของระยะเวลาในการทำ TUGT ที่ลดลง โดยมีค่าเฉลี่ยความต่างอยู่ที่ 1.62 วินาที (ตารางที่ 2)

การกระตุ้นตอบสนองด้วยการมองเห็น ซึ่งมีการให้ผู้ป่วยตอบสนองทันทีและต่อเนื่องเมื่อเห็นภาพมากระตุ้น สามารถใช้แก้ไขการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยได้ ช่วยให้เกิดการพัฒนาการทรงตัวและลดปัจจัยเสี่ยงในการล้ม [10-11] จากการศึกษาของ Wan และคณะ พบว่า การตอบสนองของอาสาสมัครต่อภาพเสมือนจริงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงการทรงตัวได้เป็นอย่างดี [12] การฝึกผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองโดยการให้สิ่งกระตุ้นจากภายนอกผ่านการมองเห็น (Visual feedback) นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นวงกว้าง ซึ่งการฝึกโดยการให้ Visual feedback เป็นการให้การมองเห็นมาเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการฟื้นฟูการเคลื่อนไหว และให้ผลการตอบสนองที่ดีมากกว่าการกระตุ้นด้วยเสียง หรือไม่ให้การกระตุ้นเลย [13] การฝึกโดยใช้การมองเห็นเป็นตัวกระตุ้น สามารถทำได้ร่วมกับการออกกำลังกาย ซึ่งจะช่วยให้ผู้ป่วยแก้ไขท่าทางของตนได้ทันทีตามที่ตามองเห็น จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การฝึกออกกำลังกาย โดยใช้ Visual cue สามารถเพิ่ม

ความสามารถด้านการทรงตัว และการเดินในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองได้ [14]

การควบคุมการทรงตัวเกิดจากปฏิกิริยาอัตโนมัติของร่างกายในการตอบสนอง เพื่อให้สามารถทรงตัวอยู่ได้ [15] จากการศึกษาที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าการทำ Dual tasks อาศัยระบบการทำงาน โดยสั่งการจากสมองส่วนกลาง ซึ่งควบคุมการทำงานของร่างกาย และมีอิทธิพลต่อการควบคุมท่าทาง [16] Ju และคณะ ในปี ค.ศ. 2018 ได้เสนอแนะว่า การฝึกผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองด้วยการใช้ Visual cue ร่วมกับการฝึกการรับรู้ (Cognitive function) สามารถช่วยเพิ่มความสามารถด้านการรับรู้ รวมถึงพัฒนาความสามารถด้านการควบคุมการทรงตัวในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองได้ [17] จากผลการศึกษาครั้งนี้ แม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความสามารถด้านการทรงตัว หลังจากฝึกเสร็จ อย่างไรก็ตาม ยังเห็นแนวโน้มของการลดเวลาที่ใช้ในการทดสอบลง ซึ่งในการศึกษาต่อไป อาจต้องเพิ่มระยะเวลาในการฝึก หรือจำนวนครั้งของการฝึกให้มากขึ้น เพื่อให้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน อีกทั้งการทดสอบ TUGT เป็นการทดสอบโดยให้อาสาสมัครนั่งบนเก้าอี้ที่มีพนักพิงและที่วางแขน จากนั้นลุกและเดินไปข้างหน้า 3 เมตร กลับตัว และกลับมานั่งที่เดิม [7, 18] โดยค่าการเปลี่ยนแปลงต่ำสุด (Minimum detectable change) ของการทดสอบ TUGT ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองคือ 3.53 วินาที [7] ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงแค่ 1.62 วินาที จึงยังไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนของการทรงตัวในกลุ่มอาสาสมัครผู้ป่วยหลังจากได้รับการฝึก

ความสามารถในการเดินของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองนั้น มีความสอดคล้องและสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับการฟื้นตัวของความสามารถด้านการทรงตัว และการล้มในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง [19] จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าผู้ป่วยมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาของ Zhang และคณะ ที่พบว่า ภายหลังจากผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองได้รับการฝึกโดยใช้เทคโนโลยีภาพเสมือนจริง และมีการให้ข้อมูลป้อนกลับผ่านการมองเห็น มีความสามารถในการเดินที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน [14] จะเห็นได้ว่า การฟื้นฟูความสามารถของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองจะต้องอาศัยการพัฒนาทั้งด้านการเดินและการทรงตัวควบคู่กันไป [14]

อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ ยังมีข้อจำกัดอยู่บ้างคือ ลักษณะของการฝึกด้วยเครื่อง GBVC โดยกำหนดให้อาสาสมัครเดินไปข้างหน้า 3 เมตร โดยก้าวตามสัญญาณที่ปรากฏขึ้นบนจอแท็บเล็ตที่อยู่ห่างออกไป 3 เมตร เป็นระยะทางที่อาจจะเป็นข้อจำกัด สำหรับผู้ที่มีปัญหาด้านการมองเห็น เช่น สายตาสั้น อยู่บ้าง ซึ่งการศึกษาต่อไปในอนาคต อาจพัฒนาให้มีขนาดจอภาพที่ใหญ่ขึ้น หรือการพัฒนาให้เครื่องมือ สามารถเคลื่อนย้ายตามการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยได้ จะช่วยลดข้อจำกัดนี้ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สำหรับทุนวิจัยเงินรายได้มหาวิทยาลัย ประจำปี 2564

เอกสารอ้างอิง

- [1] Wang, C. H., Hsieh, C. L., Dai, M. H., Chen, C. H., and Lai, Y. F. (2002). Inter-rater reliability and validity of the stroke rehabilitation assessment of movement (stream) instrument. *J. Rehabil Med*, 34(1), 20-24.
- [2] Ahmed, S., Mayo, N. E., Higgins, J., Salbach, N. M., Finch, L., and Wood-Dauphinée, S. L. (2003). The Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM): a comparison with other measures used to evaluate effects of stroke and rehabilitation. *Phys Ther.*, 83, 617-630.

- [3] Wang, C. H., Hsieh, C. L., Dai, M. H., Chen, C. H., and Lai, Y.F. (2002). Inter-rater reliability and validity of the stroke rehabilitation assessment of movement (stream) instrument. *J. Rehabil Med.*, 34(1), 20-24.
- [4] Daley, K., Mayo, N., and Wood-Dauphinée, S. (1999). Reliability of scores on the Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM) measure. *Phys Ther.*, 79(1), 8-19.
- [5] Roudaia, E., Sekuler, A. B., Bennett, P., and Sekuler, R. (2013). Aging and audio-visual and multi-cue integration in motion. *Frontier in Psychology.*, 4, 1-14.
- [6] Blackburn, M., van Vliet, P., and Mockett, S. P. (2002). Reliability of measurements obtained with the modified Ashworth scale in the lower extremities of people with stroke. *Phys Ther.*, 82(1), 25-34.
- [7] Chan, P. P., Tou, J. I. S., Tse, M. M., and Ng, S. S. (2017). Reliability and Validity of the Timed Up and Go Test With a Motor Task in People With Chronic Stroke. *Arch Phys Med Rehabil.*, 98(11), 2213-2220.
- [8] Cheng, D. K., Nelson, M., Brooks, D., and Salbach, N. M. (2020). Validation of stroke-specific protocols for the 10-meter walk test and 6-minute walk test conducted using 15-meter and 30-meter walkways. *Top Stroke Rehabil.*, 27(4), 251-261.
- [9] Compagnat, M., Salle, J. Y., Mandigout, S., Lacroix, J., Vuillerme, N., and Daviet, J. C. (2018). Rating of perceived exertion with Borg scale in stroke over two common activities of the daily living. *Top Stroke Rehabil.*, 25(2), 145-149.
- [10] Howland, J. (2016). Does an external attentional focus improve postural control in the star excursion balance test? *Med Sci in Sports Exerc*, 48, 140.
- [11] Walker, E., Hyngstrom, A., and Schmit, B. (2016). Influence of visual feedback on dynamic balance control in chronic stroke survivors. *J Biomech*, 49, 698-703.
- [12] Wan, Y., Davies, J. L., Button, K., and Al-Amri, M. (2019). Effect of visual feedback on the performance of the star excursion balance test. *J Rehabil Assist Technol Eng*, 6, PMC6728665.
- [13] Pardo, V., Albertson, M., Bacus, M., Crosbie, L., Sharkey, K., and Maher, S. (2020). Effects of Visual Feedback During Recumbent Stepping in Individuals with Chronic Stroke. *Arch Rehabil Res Clin Transl.*, 2(4), 100086.
- [14] Zhang, M., You, H., Zhang, H., Zhao, W., Han, T., Liu, J. et al. (2020). Effects of visual feedback balance training with the Pro-kin system on walking and self-care abilities in stroke patients. *Medicine (Baltimore)*, 99(39), e22425.
- [15] Morioka, S., Hiyamizu, M., and Yagi, F. (2005). The effects of an attentional demand tasks on standing posture control. *J. Physiol Anthropol Appl Human Sci*, 24, 215-219.
- [16] Shumway-Cook, A., Woollacott, M., Kerns, K. A. et al. (1997). The effects of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls. *J. Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52, M232-M240.
- [17] Ju, S., Yoo, W., Oh, J., and Kim, M. (2018). Effects of visual cue and cognitive motor tasks on standing postural control following a chronic stroke. *J. Phys. Ther. Sci.*, 30, 601-604.

- [18] Persson, C. U., Danielsson, A., Sunnerhagen, K. S., Grimby-Ekman, A., and Hansson, P. (2014). Timed Up & Go as a measure for longitudinal change in mobility after stroke - Postural Stroke Study in Gothenburg (POSTGOT). *J. Neuroeng Rehabil*, 11(83), 1-7.
- [19] Mackintosh, S. F., Hill, K. D., Dodd, K. J., Goldie, P. A., and Culham, E. G. (2006). Balance score and a history of falls in hospital predict recurrent falls in the 6 months following stroke rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil*, 87, 1583-1589.



เครือข่ายวิจัยประชาชน
Prachachuen Research Network

ISBN (e-book): 978-616-296-285-1

สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
114 สุขุมวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ
เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110
โทรศัพท์ (02) 649-5000 ต่อ 11018
โทรสาร (02) 259-1822

