

ผลของเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมร่วมกับสารผนึกหลุมร่องฟันต่อค่าความแข็งผิวเคลือบฟัน  
เมื่อสัมผัสในน้ำคลอรีนการศึกษาในห้องปฏิบัติการ

Effect of Resin Infiltration Combined with Resin Sealant on Surface Hardness of Enamel

Exposed to Chlorinated Water: *in vitro* Study

นัตรีวี ตั้งพัฒนาศิริ (Chatrawee Tangpattanasiri)\* ดร.เข้มพร กิจสหวงศ์ (Dr.Kemporn Kitsahawong)\*\*

ดร.ปฏิมาพร พิงชาญชัยกุล (Dr.Patimaporn Pungchanchaikul)\*\*\* อโนมา รัตน์เจริญธรรม

(Anoma Rattanacharoenthum)\*\*\*\* ดร.วารานุช ปิติพัฒน์ (Dr.Waranuch Pitiphat)\*\*\*\*\*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมร่วมกับสารผนึกหลุมร่องฟันต่อความแข็งผิวเคลือบฟันภายหลังผ่านการจำลองสภาวะว่ายน้ำ โดยใช้ฟันกรามน้อย 30 ซี่แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุม (กลุ่มที่ไม่ได้ทำสารใดๆ) กลุ่มไอคอน (กลุ่มที่ทำด้วยเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึม) และกลุ่มไอคอนซีลแลนท์ (กลุ่มที่ทำด้วยเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมร่วมกับสารผนึกหลุมร่องฟัน) ชิ้นงานจะถูกแช่ในน้ำคลอรีนที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 3 เป็นเวลา 2 ชั่วโมงก่อนทำสารเพื่อสร้างฟันกร่อนจำลอง จากนั้นจะนำไปผ่านกระบวนการจำลองสภาวะว่ายน้ำ ด้วยการแปรงฟันและการแช่น้ำคลอรีนสลับกับน้ำลายเทียม เป็นเวลา 28 วัน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Kruskal wallis test และ Mann whitney u test ผลพบว่าผลต่างค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระหว่างก่อนและหลังผ่านกระบวนการจำลองสภาวะว่ายน้ำ ของกลุ่มไอคอนซีลแลนท์น้อยกว่ากลุ่มไอคอน ( $p=0.007$ ) และกลุ่มควบคุม ( $p < 0.001$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปได้ว่าการใช้ไอคอนร่วมกับซีลแลนท์ทำให้ค่าความแข็งผิวลดลงน้อยที่สุด

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate effects of resin infiltration combined with resin sealant on surface microhardness after exposing swimming simulation. Thirty intact human premolars were assigned to three groups: Without treatment (Control), Resin infiltration (ICON<sup>®</sup>) and Resin infiltration Combined with Resin Sealant (ICON<sup>®</sup>-Sealant). Enamel surface erosion was created using acidic chlorinated water (pH3) for two hours prior to apply the materials. Specimens were subjected to swimming simulation by tooth brushing and by exposing to chlorinated water alternate with artificial saliva for 28 days. The data were analyzed by Kruskal wallis test and Mann whitney u test, The results showed that the mean different surface microhardness of ICON<sup>®</sup>-Sealant group was statistical significantly less than ICON<sup>®</sup> group ( $p=0.007$ ) and control group ( $p < 0.001$ ) This study indicated that the use of ICON<sup>®</sup> combined with sealant has a minimal change of surface microhardness.

คำสำคัญ: เรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึม สารผนึกหลุมร่องฟัน ฟันกร่อน

Keywords: Resin Infiltration, Resin Sealant, Dental Erosion

\* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\* รองศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\*\* อาจารย์ ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\*\*\* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\*\*\*\* รองศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมชุมชน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## บทนำ

การเกิดฟันกร่อนยังพบว่าเป็นปัญหาในนักกีฬาว่ายน้ำหรือผู้ที่ว่ายน้ำเป็นประจำ นำมาสู่อาการทางคลินิกที่พบได้บ่อยคือภาวะเสียวฟัน โดยส่งผลให้เกิดความยากลำบากในการรับประทานอาหาร เครื่องดื่ม หรือแม้กระทั่งการแปรงฟัน รวมทั้งอาจพบปัญหาด้านความสวยงามและการบดเคี้ยวได้ ฟันกร่อนที่รุนแรงอาจลุกลามถึงโพรงในตัวฟันและจะทำให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อในโพรงฟันในที่สุด(Linnett, Seow, 2001; Lukkananuruk, Tuongratanaphan, 2014) ดังนั้นการป้องกันหรือรักษาฟันกร่อนตั้งแต่ในระยะเริ่มแรกเพื่อไม่ให้เกิดการลุกลามต่อไปจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับผู้ป่วย

นักกีฬาว่ายน้ำหรือผู้ที่ว่ายน้ำเป็นประจำจะได้รับคำแนะนำให้ใส่ฝือกฟันขณะว่ายน้ำเนื่องจากการใช้ฝือกฟันขณะว่ายน้ำจะช่วยป้องกันไม่ให้ฟันสัมผัสกับน้ำโดยตรง ช่วยลดการเกิดฟันกร่อนและลดอาการเสียวฟันในผู้ว่ายน้ำได้ อย่างไรก็ตามการใส่ฝือกฟันขณะว่ายน้ำอาจทำให้รู้สึกรำคาญหรือเกิดความกังวล โดยเฉพาะนักกีฬาบางคนอาจคิดว่าการใส่ฝือกฟันจะทำให้ว่ายน้ำได้ช้าลงจึงไม่ใส่ฝือกฟันขณะลงแข่งแต่จะใส่ในเวลาฝึกซ้อม นอกจากนี้ในเด็กที่มีฟันในชุดฟันน้ำนมหรือชุดฟันผสมซึ่งอยู่ในช่วงการเจริญเติบโตขากรรไกรและการเปลี่ยนถ่ายเป็นชุดฟันแท้ซึ่งทำให้ฟันมีการยึดอยู่ที่ไม่ดีและจำเป็นต้องมีการพิมพ์ปากทำฝือกฟันใหม่บ่อย ๆ เพื่อให้ฟันมีการยึดอยู่ที่ดีและแนบสนิทกับฟัน (Kitsahawong, 2005; Kitsahawong K, Kitsahawong S, 2005; Lukkananuruk, Tuongratanaphan, 2014)

มีการศึกษารายงานว่า ฟันที่สัมผัสกับน้ำคลอรีนที่เป็นกรดเมื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดจะพบลักษณะการกร่อนของผิวฟันแบบรังผึ้ง (honey-comb-like etched pattern) (Kitsahawong, 2006) เนื่องจากฟันกร่อนเกิดจากการสูญเสียแร่ธาตุจากผิวเคลือบฟัน ดังนั้นจึงมีการศึกษามากมายเกี่ยวกับการป้องกันและการรักษาภาวะฟันกร่อนโดยมุ่งเน้นไปที่สารที่มีส่วนประกอบของฟลูออไรด์ แต่อย่างไรก็ตามยังไม่ได้ข้อสรุปที่แน่ชัดเกี่ยวกับประสิทธิภาพของฟลูออไรด์ในการลดหรือการป้องกันฟันกร่อน (Linnett, Seow, 2001; Amaechi, Higham, 2005) ดังนั้นทางเลือกอื่น ๆ ที่จะช่วยในการป้องกันฟันกร่อนที่มากกว่ายังคงต้องได้รับการพัฒนาและพิสูจน์ประสิทธิภาพต่อไป

เรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมถูกพัฒนาขึ้นใช้ในการรักษาฟันผุของเคลือบฟันระยะเริ่มต้น โดยเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมจะสามารถแทรกซึมไปยังรูพรุนภายในรอยโรคของเคลือบฟันได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุฉนวนหลุมร่องฟันที่ใช้เคลือบผิวบริเวณผิวเคลือบฟัน ซึ่งมีรายงานว่าการใช้เรซินที่มีความหนืดต่ำมีความสามารถในการปิดกั้นการแพร่ของกรดไปยังรอยโรค เพื่อช่วยชะลอหรือยับยั้งการลุกลามของรอยโรคฟันผุได้ (Paris et al., 2012; Paris et al., 2010; Domejean et al., 2015) ได้มีการศึกษาผลของการป้องกันฟันกร่อนของสารเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมพบว่าสารเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมสามารถช่วยยับยั้งการลุกลามของรอยโรคฟันกร่อนทั้งในกลุ่มที่ใช้กรดและไม่ใช้กรดในการเตรียมผิวเคลือบฟัน (Oliveira et al., 2015) ในทางกลับกันมีการศึกษาเกี่ยวกับสารเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึม สารฉนวนหลุมร่องฟันและเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ต่อการต้านทานการสึกกร่อนโดยนำไปทดสอบด้วยน้ำส้มและการแปรงฟันได้ผลว่าสารฉนวนหลุมร่องฟันและเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้สามารถป้องกันการสึกและกร่อนได้ดีกว่า (Zhao et al., 2017) แต่ในการศึกษาการแทรกซึมของสารยึติดหรือสารฉนวนหลุมร่องฟันบนรอยโรคผิวเคลือบฟัน พบผลลัพธ์ที่ได้โดยทั่วไปมีการแทรกซึมที่ต้นหรือมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (inhomogeneous) (Paris et al., 2012)

จากการที่เรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมสามารถปิดกั้นบริเวณที่มีการสูญเสียแร่ธาตุจากกรดของแบคทีเรียได้รวมทั้งความสามารถในการแทรกซึมไปยังรอยโรค และสารฉนวนหลุมร่องฟันที่มีความสามารถในการต้านทานการสึกที่ดี การศึกษานี้จึงได้นำจุดเด่นของวัสดุทั้งสองมาใช้โดยการใช้สารเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมร่วมกับสารฉนวน

หลุมร่องฟันมาศึกษาความแข็งแรงผิวเคลือบฟันภายหลังการผ่านกระบวนการจำลองสภาวะว่ายนํ้าเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิจัยทางห้องปฏิบัติการและหาแนวทางในการป้องกันและรักษาฟันกร่อนในนักกีฬาว่ายนํ้าหรือผู้ที่ว่ายนํ้าเป็นประจำต่อไปในอนาคต

### วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของการใช้เรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมและการใช้เรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมร่วมกับสารผนึกหลุมร่องฟันต่อความแข็งแรงผิวเคลือบฟันหลังจากผ่านกระบวนการจำลองสภาวะว่ายนํ้า

### วิธีการวิจัย

การศึกษานี้ได้ผ่านการรับรองการยกเว้นการศึกษาทางปฏิบัติการ โดยใช้ฟันมนุษย์ที่ถูกถอน จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยขอนแก่น หมายเลขจริยธรรมโครงการวิจัยในมนุษย์เลขที่ HE602010

#### การเตรียมชิ้นงาน

การศึกษาทางห้องปฏิบัติการ (Laboratory research) ซึ่งศึกษาในฟันกรามน้อยมนุษย์ที่ถูกถอนเพื่อการจัดฟัน โดยยึดฟันในท่อพีวีซีโดยฝังส่วนของรากฟันลงในเรซินชนิดแข็งตัวได้เอง แล้วตัดแบ่งตัวฟันในแนวใกล้กลางไกลกลาง และตัดรากฟันออกบริเวณคอฟันด้วยเครื่องตัดฟัน (Mecatome T180, Brié-et-Angonnes, France) โดยจะนำชิ้นฟันเคลือบฟันด้านแก้มมาทำการศึกษา ชิ้นเคลือบฟันตัวอย่างจะถูกยึดด้วยเรซินชนิดแข็งตัวได้เอง ในท่อพีวีซี โดยให้ด้านแก้มของชิ้นฟันหันขึ้นสู่ด้านบนโดยไม่ถูกปกคลุมด้วยเรซิน และจัดวางให้ผิวเคลือบฟันขนานกับพื้นระนาบมากที่สุด

ขัดผิวเคลือบฟันด้านแก้มด้วยกระดาษทรายน้ำเบอร์ 400 600 1,200 และ 2,000 ตามลำดับด้วยเครื่องขัดชนิดจานหมุน (Ecomet, Buehler, USA) ที่ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที โดยขัดด้วยความละเอียดละ 10 วินาที เพื่อให้ได้พื้นผิวเคลือบฟันที่เรียบเป็นแนวระนาบขึ้นก่อนนำมาทำการทดสอบ

#### กลุ่มตัวอย่างและการวัดความแข็งแรงผิวระดับจุลภาคบนผิวเคลือบฟัน

สุ่มแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม

1. กลุ่มที่ไม่ได้ทำสาร (Control group)

เปรียบเทียบวัดความแข็งแรงผิวเคลือบฟันก่อนการแช่นํ้าคลอรีน หลังการแช่นํ้าคลอรีน และหลังผ่านกระบวนการจำลองสภาวะว่ายนํ้าเป็นเวลา 4 สัปดาห์

2. กลุ่มที่ทำด้วย ICON<sup>®</sup> (ICON<sup>®</sup> group) เปรียบเทียบ

วัดความแข็งแรงผิวเคลือบฟันก่อนการแช่นํ้าคลอรีน หลังการแช่นํ้าคลอรีน และหลังทำด้วยเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึม (ICON<sup>®</sup> (Icon Infiltrant;DMG, Hamburg, Germany)) แล้วนำไปผ่านกระบวนการจำลองสภาวะว่ายนํ้าเป็นเวลา 4 สัปดาห์

3. กลุ่มที่ทำด้วย ICON<sup>®</sup> ร่วมกับ sealant (ICON<sup>®</sup> Sealant group)

เปรียบเทียบวัดความแข็งแรงผิวเคลือบฟันก่อนการแช่นํ้าคลอรีน หลังการแช่นํ้าคลอรีน และหลังทำด้วยเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึม (ICON<sup>®</sup> ร่วมกับทาทับด้วยสารผนึกหลุมร่องฟัน (Sealant (TEETHMATE F-1, Kuraray, Japan)) จากนั้นแล้วนำไปผ่านกระบวนการจำลองสภาวะว่ายนํ้าเป็นเวลา 4 สัปดาห์

### การสร้างสถานะฟลักก่อนจำลอง

แช่ชิ้นฟันตัวอย่างด้วยน้ำคลอรีน (น้ำผสมกับสารไตรคลอโรไอโซไซยานูริก) ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดที่วัดได้จากสภาวะน้ำในจังหวัดขอนแก่น เป็นเวลา 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน (Deionized water) และซับให้แห้ง

#### ขั้นตอนการทาสาร

##### กลุ่มที่ทา ICON® มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ล้างผิวฟันด้วยละอองน้ำ
2. ทา ICON®-Etch (กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 15) ลงบนผิวฟันและทิ้งไว้เป็นเวลา 2 นาที และกำจัดส่วนเกินออกด้วยก้อนสำลี
3. ล้างด้วยน้ำ 30 วินาทีและเป่าแห้ง
4. ทา ICON®-Dry (เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 99) ลงบนพื้นผิว ทิ้งไว้ 30 วินาที และเป่าแห้ง
5. ทา ICON®-Infiltrant (คอมโพสิตประเภทเมทราครีล) ลงบนผิวฟันทิ้งไว้ 3 นาที จากนั้นกำจัดวัสดุส่วนเกินออกด้วยก้อนสำลี แล้วฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที
6. ทา ICON®-Infiltrant ซ้ำลงบนผิวฟันทิ้งไว้ 1 นาที จากนั้นกำจัดวัสดุส่วนเกินออกด้วยก้อนสำลี แล้วฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที

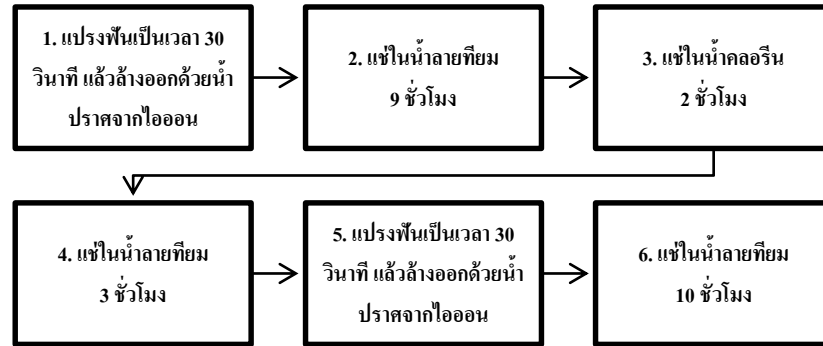
##### กลุ่มที่ทา ICON® ร่วมกับ Sealant มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ล้างผิวฟันด้วยละอองน้ำ
2. ทา ICON®-Etch ลงบนผิวฟันและทิ้งไว้เป็นเวลา 2 นาที และกำจัดส่วนเกินออกด้วยก้อนสำลี
3. ล้างด้วยน้ำ 30 วินาทีและเป่าแห้ง
4. ทา ICON®-Dry ลงบนพื้นผิว ทิ้งไว้ 30 วินาที และเป่าแห้ง
5. ทา ICON®-Infiltrant ลงบนผิวฟันทิ้งไว้ 3 นาที จากนั้นกำจัดวัสดุส่วนเกินออกด้วยก้อนสำลี แล้วฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที
6. ทา ICON®-Infiltrant ซ้ำลงบนผิวฟันทิ้งไว้ 1 นาที จากนั้นกำจัดวัสดุส่วนเกินออกด้วยก้อนสำลี แล้วฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที

7. ทา sealant ด้วยพู่กันขนาดเล็ก (microbrush) แล้วฉายแสงเป็นเวลา 20

#### กระบวนการจำลองสภาวะว่ายน้ำ

การจำลองสภาวะว่ายน้ำและการแปรงฟันวันละ 2 ครั้งทำโดย การใช้แปรงสีฟันไฟฟ้า ออรัลบี (Braun Oral-B รุ่น Vitality Precision clean, United States) แปรงผิวเคลือบฟันชิ้นฟันตัวอย่างเป็นเวลา 30 วินาทีแล้วล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน จากนั้นนำชิ้นฟันตัวอย่างแช่ในน้ำลายเทียมเป็นเวลา 9 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 37 องศาแล้วทำการล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน แล้วแช่ชิ้นฟันตัวอย่างในน้ำคลอรีนที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3 เป็นเวลา 2 ชั่วโมงหลังจากนั้นล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน และนำกลับไปแช่ในน้ำลายเทียมอีกครั้งเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และแปรงฟัน 30 วินาทีแล้วล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน จากนั้นแช่ในน้ำลายเทียมเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ถือเป็น 1 รอบ (ดังแสดงในรูปที่ 1) ทำเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์



**รูปที่ 1** แสดงกระบวนการจำลองสภาวะไอน้ำ โดยผ่านการสัมผัสน้ำคลอรีน การแปรงพื้น และการแช่น้ำลายเทียม ใน 1 รอบ ใช้เวลา 24 ชั่วโมง

### การวัดค่าความแข็งผิวแบบวิกเกอร์

วัดความแข็งผิวระดับจุลภาคบนผิวเคลือบฟันด้วยเครื่องทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาคแบบวิกเกอร์ (Microhardness tester FM-800, Kawasaki, Japan) โดยแบ่งผิวเคลือบฟันออกเป็นสามส่วนในแนวนอนเพื่อทำการวัดค่าความแข็งผิวเคลือบฟัน 3 ชั้นตอน คือก่อนแช่น้ำคลอรีน หลังแช่น้ำคลอรีน และหลังการผ่านสภาวะจำลองการไอน้ำ 4 สัปดาห์ กำหนดให้ส่วนบนสุดเป็นส่วนที่ 1 ตรงกลางเป็นส่วนที่ 2 และส่วนล่างสุดเป็นส่วนที่ 3 โดยแต่ละส่วนจะทำการทดสอบ 3 รอยกดเพื่อหาค่าเฉลี่ย ใช้น้ำหนักกด 100 กรัม เป็นเวลา 15 วินาที

โดยค่าความแข็งผิวแบบวิกเกอร์จะได้ออกมาจากราคานวณอัตโนมัติจากโปรแกรม FT-ARS เวอร์ชัน 1.15.13 ของคอมพิวเตอร์ ค่าวิกเกอร์ฮาร์ดเนสที่ได้ออกมาทั้ง 3 รอยกด จะนำมาใช้เป็นค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งผิวเคลือบฟัน

### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for window version 19

1. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคก่อนและหลังแช่น้ำคลอรีน 2 ชั่วโมงระหว่างกลุ่มทดลอง -3 กลุ่มทดลอง

- ข้อมูลมีการแจกแจงปกติจึงใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA)

2. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความแข็งผิวระดับจุลภาคระหว่างกลุ่มทดลอง 3 กลุ่มทดลอง

- ข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติจึงเลือกใช้สถิติ Kruskal-Wallis test และพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างกันทีละคู่ด้วยวิธีทดสอบ Mann Whitney U test และปรับค่าระดับนัยสำคัญ

### ผลการวิจัย

จากการศึกษาค่าความแข็งผิวเคลือบฟันด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแบบผิววิกเกอร์ พบความแข็งผิวเคลือบฟันในกลุ่มต่างๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ทำการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลโดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk พบข้อมูลแจกแจงปกติ จึงนำค่าเฉลี่ยความแข็งผิวเคลือบฟันก่อนแช่น้ำคลอรีนของทั้ง 3 กลุ่มศึกษาไปทดสอบทางสถิติโดยใช้ One-way ANOVA พบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งผิวเคลือบฟันก่อนแช่น้ำคลอรีนของ 3 กลุ่มศึกษาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p = 0.54$ ) และค่าเฉลี่ยความแข็งผิวเคลือบฟันภายหลังแช่น้ำคลอรีนที่มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 3 เป็นเวลา 2 ชั่วโมงของทั้ง 3 กลุ่มศึกษาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p = 0.87$ )

ส่วนค่าเฉลี่ยความแข็งแรงผิวหลังผ่านกระบวนการจำลองการว่ายน้ำ 4 สัปดาห์ ของกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ทาสารใดๆ (Control) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $204.90 \pm 31.35 \text{ Kg/mm}^2$  ในกลุ่มที่ทำด้วยเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึม (ICON<sup>®</sup>) มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงผิวเท่ากับ  $219.95 \pm 22.61 \text{ Kg/mm}^2$  ในขณะที่กลุ่มที่ทำด้วยเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมร่วมกับทาทับด้วยสารผนึกหลุมร่องฟัน (ICON<sup>®</sup> ร่วมกับ sealant) มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงผิวเท่ากับ  $243.32 \pm 17.10 \text{ Kg/mm}^2$  ดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานของความแข็งแรงผิวเคลือบฟันแบบวิกเกอร์ ก่อนแช่น้ำคลอรีน หลังแช่น้ำคลอรีน 2 ชั่วโมง และ หลังผ่านกระบวนการจำลองสภาวะว่ายน้ำเป็นเวลา 4 สัปดาห์

กลุ่มศึกษา	ความแข็งแรงผิวก่อนแช่น้ำคลอรีน (Kg/mm <sup>2</sup> )		ความแข็งแรงผิวหลังแช่น้ำ คลอรีน (Kg/mm <sup>2</sup> )		ความแข็งแรงผิวหลังผ่าน กระบวนการจำลองการว่ายน้ำ น้ำ (Kg/mm <sup>2</sup> )	
	Mean (SD)	Median (IQR)	Mean (SD)	Median (IQR)	Mean (SD)	Median (IQR)
กลุ่มที่ไม่ได้ ทาสาร	348.46 (16.47)	353.48 (338.57, 360.49)	244.20 (17.96)	245.99 (229.37, 255.32)	204.90 (31.35)	211.42 (172.71, 226.34)
กลุ่มที่ทำด้วย ICON <sup>®</sup>	347.38 (12.97)	352.03 (333.92, 352.04)	246.74 (12.46)	246.94 (239.40, 252.17)	219.95 (22.61)	219.08 (202.18, 237.42)
กลุ่มที่ทำด้วย ICON <sup>®</sup> ร่วมกับ sealant	355.37 (20.40)	362.43 (354.82, 369.26)	247.36 (10.08)	249.79 (236.34, 251.85)	243.32 (17.10)	245.29 (236.33, 253.56)

หมายเหตุ: mean คือ ค่าเฉลี่ย, Median คือ ค่ามัธยฐาน, SD= standard Deviation, IQR= Interquartile range

การวิเคราะห์ผลต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงผิวของเคลือบฟันที่ผ่านกระบวนการจำลองสภาวะว่ายน้ำเป็นเวลา 28 วันเปรียบเทียบกับค่าความแข็งแรงผิวภายหลังแช่น้ำคลอรีนเป็นเวลา 2 ชั่วโมงของ 3 กลุ่มศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 2 ทำการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูล โดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk พบข้อมูลแจกแจงไม่ปกติ จึงใช้สถิติ Kruskal-Wallis test ในการทดสอบ ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 กลุ่ม ( $p = 0.002$ ) และเมื่อเปรียบเทียบแต่ละกลุ่มเป็นคู่ด้วยสถิติ Mann-Whitney test พบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงผิวของเคลือบฟันที่มีการเปลี่ยนแปลงไปของกลุ่มที่ทำด้วย ICON ร่วมกับ sealant แตกต่างกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ทาสารใดๆ และกลุ่มที่ทำด้วย ICON เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่  $p < 0.001$  และ  $p = 0.007$  ตามลำดับ เนื่องจากมี 3 กลุ่มจึงยอมรับความแตกต่างที่ค่า  $p < 0.017$  ( $0.05/3$ ) ดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 2** ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานผลต่างความแข็งผิวเคลือบฟันที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างก่อนและหลังผ่านกระบวนการจำลองสภาวะว่ายน้ำเป็นเวลา 4 สัปดาห์

กลุ่มศึกษา	Mean difference (SD)	Median (IQR)
กลุ่มที่ไม่ได้ทำสาร	39.30 (28.48)	23.60 (21.11,48.19)
กลุ่มที่ทำด้วย ICON	26.79 (15.76)	23.47 (14.75,34.96)
กลุ่มที่ทำด้วย ICONร่วมกับsealant	4.04 (13.03)	4.50 (-4.32,15.06)

หมายเหตุ: mean คือ ค่าเฉลี่ย, Median คือ ค่ามัธยฐาน, SD= standard Deviation, P25= percentiles 25, P75= percentiles

**ตารางที่ 3** เปรียบเทียบผลต่างค่าความแข็งผิวเคลือบฟันระหว่างก่อนและหลังผ่านกระบวนการจำลองสภาวะว่ายน้ำเป็นเวลา 4 สัปดาห์ระหว่างกลุ่มศึกษา

กลุ่มศึกษา	กลุ่มที่ไม่ได้ทำสาร	กลุ่มที่ทำด้วย ICON	กลุ่มที่ทำด้วย ICONร่วมกับ sealant
กลุ่มที่ไม่ได้ทำสาร		0.13 (0.384)	19.10 (0.001*)
กลุ่มที่ทำด้วย ICON			18.97 (0.007*)
กลุ่มที่ทำด้วย ICON ร่วมกับsealant			

หมายเหตุ \*ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับเชื่อมั่นน้อยกว่า 0.05 (p-value < 0.05/3 หรือ 0.017)

และตารางแสดงค่าผลต่างค่ามัธยฐาน (p-value)

### อภิปราย

การเปรียบเทียบการสึกกร่อนของฟันในการศึกษานี้ใช้วิธีการวัดค่าความแข็งผิวระดับจุลภาคของเคลือบฟันที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยเครื่องวัดความแข็งผิวแบบวิกเกอร์ เนื่องจากการทดสอบความแข็งผิวระดับจุลภาคบนผิวเคลือบฟันสามารถใช้ตรวจการเปลี่ยนแปลงของการสูญเสียหรือการคืนกลับของแร่ธาตุของชั้นฟันทดสอบได้ (อริสา, 2008) ซึ่งชั้นฟันทั้ง 3 กลุ่มในการศึกษานี้มีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวเคลือบฟันก่อนผ่านสภาวะฟันกร่อนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติโดยค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคของเคลือบฟันทั้ง 3 กลุ่มมีค่าเท่ากับ  $347.38 \pm 12.97 \text{ kgf/mm}^2$  ถึง  $355.37 \pm 20.40 \text{ kgf/mm}^2$  ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่าเคลือบฟันมนุษย์มีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคอยู่ระหว่าง  $268-370 \text{ kg/mm}^2$  (Gutiérrez, Reyes, 2001) และ  $270-360 \text{ kg/mm}^2$  (Gutiérrez, Reyes, 2003) ซึ่งค่าความแข็งผิวระดับจุลภาคที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละการศึกษาอาจเนื่องมาจากความแตกต่างกันของ องค์ประกอบทางเคมีของฟันที่ใช้ทดสอบ ขั้นตอนในการเตรียมชิ้นงานเช่นการขัดผิวฟันให้เรียบ บริเวณตำแหน่งผิวของฟันที่นำมาทดสอบ และประเภทของฟันที่ใช้ (Cuy et al., 2002)

การสร้างสภาวะฟันกร่อนจำลองในการศึกษานี้เพื่อที่จะประเมินประสิทธิภาพของวัสดุที่ต้องการทดสอบต่อการยับยั้งและป้องกันฟันกร่อนในฟันที่สัมผัสน้ำคลอรีนที่มีภาวะฟันกร่อนในระยะเริ่มแรก โดยการแช่ฟันด้วยน้ำคลอรีนที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3 เนื่องจากจากการสำรวจค่าความเป็นกรด-ด่างของสระว่ายน้ำในจังหวัดขอนแก่นพบว่ามีความต่ำสุด คือกรด-ด่างเท่ากับ 3 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เข็มพร และคณะซึ่งสำรวจในปี 2003 ที่พบค่ากรด-ด่างของสระว่ายน้ำในจังหวัดขอนแก่นต่ำสุดคือ 3 รวมทั้งมีรายงานการศึกษาของ Centerwall et al. (1986) รายงานว่าผู้ว่ายน้ำในสระว่ายน้ำที่เป็นกรด ที่ ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 2.7 เป็นเวลา 28 วันสามารถตรวจพบฟันกร่อนได้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงพยายามจำลองสภาวะการกร่อนของฟันให้เหมือนกับชีวิตประจำวันโดยนำฟันไปผ่านกระบวนการจำลองสภาวะเปลี่ยนแปลงการสัมผัสคลอรีนด้วยการแช่ในน้ำคลอรีนที่มีค่ากรด-ด่างเท่ากับ 3 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แปรงฟัน 30 วินาทีวันละ 2 ครั้ง และแช่ในน้ำลายเทียมเป็นเวลา 22 ชั่วโมงเพื่อเลียนแบบสภาวะในช่องปากโดยใช้เวลาทั้งหมด 28 วัน โดยวิธีการเตรียมน้ำคลอรีนในการศึกษานี้ใช้น้ำผสมกับสารไตรคลอโรไอโซไซยานูริกซึ่งเป็นสารคลอรีนที่สระว่ายน้ำส่วนใหญ่ใช้ในการเตรียมน้ำ (Kitsahawong, Rattanathongkam, Lertsiriworakul, 2003) เมื่อนำสารดังกล่าวไปละลายน้ำจะได้กรดไฮโปคลอรัสและกรดไซยานูริก ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแต่ทำให้น้ำมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำลง โดยค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมตามมาตรฐานกำหนดในข้อบังคับของกรุงเทพมหานครคือมีค่าเท่ากับ 7.2-8.4 (สำนักงานกระทรวงสาธารณสุข, 2535)

ในการศึกษานี้พบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคของเคลือบฟันภายหลังผ่านการสร้างสภาวะฟันกร่อนจำลองโดยแช่ในน้ำคลอรีนที่เป็นกรดเป็นเวลา 2 ชั่วโมงของทั้ง 3 กลุ่มศึกษามีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวตั้งแต่ 244.20±17.96 kg/mm<sup>2</sup> ถึง 247.36±10.08 kg/mm<sup>2</sup> สอดคล้องกับการศึกษาของ Kitsahawong et al. (2003) ซึ่งรายงานว่าชั้นเคลือบฟันที่นำไปแช่ในน้ำคลอรีนที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3 เป็นเวลา 2 ชั่วโมงเพื่อสร้างสภาวะฟันกร่อนจำลองมีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวเท่ากับ 244±37 kg/mm<sup>2</sup> ในการศึกษาที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งของผิวเคลือบฟันก่อนและหลังการแช่ในน้ำคลอรีนลดลงร้อยละ 30.05 ซึ่งการลดลงของความแข็งผิวที่มากอาจเกิดได้จากการศึกษานี้ได้ทำการวัดค่าความแข็งผิวภายหลังแช่ในน้ำคลอรีนที่เป็นกรดทันทีโดยไม่ได้นำฟันไปแช่ในน้ำลายเทียมที่สามารถปรับสมดุลความเป็นกรด-ด่างและส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุสู่ผิวเคลือบฟันได้ เนื่องจากการสูญเสียแร่ธาตุของฟันสามารถคืนกลับได้ โดยการสลายตัวของไฮดรอกซีอะพาไทท์ขึ้นกับความเข้มข้นหรือปริมาณของแคลเซียมและฟอสเฟตในสารละลายรอบๆผิวเคลือบฟัน ซึ่งปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้และสามารถปรับตัวเข้าสู่สมดุลของปฏิกิริยาตลอดเวลา (Dawes, 2003)

การศึกษานี้พบว่าผลต่างค่าเฉลี่ยความแข็งผิวหลังผ่านกระบวนการจำลองสภาวะว่ายน้ำโดยการสัมผัสคลอรีนเป็นเวลา 28 วัน เปรียบเทียบกับหลังแช่ในน้ำคลอรีนเริ่มต้นของ 3 กลุ่มศึกษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.002) โดยทั้ง 3 กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคภายหลังการผ่านกระบวนการจำลองสภาวะว่ายน้ำโดยสัมผัสคลอรีนเป็นเวลา 28 วัน ลดลงกว่าก่อนการผ่านกระบวนการจำลองสภาวะว่ายน้ำ โดยกลุ่มที่ทำด้วย ICON ร่วมกับ sealant มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดโดยค่าเฉลี่ยความแข็งผิวลดลงไป 4.04 kg/mm<sup>2</sup> ในขณะที่กลุ่มที่ทำด้วย ICON เพียงอย่างเดียวมีการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งผิวลดลงไป 26.79 kg/mm<sup>2</sup> และในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ทำสารใดๆ มีค่าความแข็งผิวลดลงมากที่สุดโดยมีการเปลี่ยนแปลงไป 39.30 kg/mm<sup>2</sup> เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่ากลุ่มที่ทำด้วย ICON ร่วมกับ sealant แตกต่างกับกลุ่มที่ทำด้วย ICON เพียงอย่างเดียวและกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ทำสารใดๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่  $p = 0.007$  และ  $p < 0.001$  ซึ่งอาจเนื่องจากสารผนึกหลุมร่องฟันที่ปกคลุมบริเวณผิวฟันสามารถป้องกันการสึกจากการขัดถูและป้องกันสภาวะการกร่อนจากกรดได้ ในขณะที่เรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมจะสามารถแทรกซึมไปยังรูพรุนภายในรอยโรคของเคลือบฟันได้ดีแต่ไม่สามารถปกป้องบริเวณผิวเคลือบฟันได้ทั้งหมด



Oliveira et al. (2015) ได้ทำการศึกษาผลของเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมในการยับยั้งฟันกร่อนที่ผิวเคลือบฟันเปรียบเทียบกับสารพริกหลุมร่องฟัน สารยึดติดระบบเซลฟ์เอตซ์ 2 ขั้นตอน (Two step self-etching adhesive system) และสารยึดติดระบบโททอลเอตซ์ 2 ขั้นตอน (Two step conventional adhesive system) ผลการศึกษาพบว่าเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมสามารถแทรกซึมลงไปลึกในผิวเคลือบฟันได้ทั้งในกลุ่มที่ใช้กรดและไม่ใช้กรดกัดผิวฟัน ในขณะที่กลุ่มที่ใช้สารยึดติดระบบโททอลเอตซ์ 2 ขั้นตอนสามารถแทรกซึมได้เล็กน้อย ส่วนสารอื่นๆ สามารถแทรกซึมเข้าสู่ผิวเคลือบฟันได้เมื่อต้องใช้อครดในการเตรียมพื้นผิวก่อนเท่านั้น ซึ่งการศึกษาของ Oliveira และคณะสรุปว่าเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมมีความสามารถในการการยับยั้งการลุกลามของรอยโรคฟันกร่อนได้ แต่อย่างไรก็ตาม Yetkiner et al. (2014) รายงานว่าวัสดุเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมใช้ร่วมกับสารยึดติดสามารถป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุได้ แต่ผลที่ได้ไม่เสถียรเมื่อนำไปทดสอบโดยการขัดถูด้วยแปรงสีฟัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้ซึ่งพบว่ากลุ่มที่ทำด้วย ICON เพียงอย่างเดียวภายหลังผ่านกระบวนการจำลองสภาวะว่ายน้ำและการแปรงฟัน มีการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งผิวลดลงน้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ทำสารใดแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าความแข็งผิวลดลงมากกว่ากลุ่มที่ทำด้วย ICON ร่วมกับ sealant อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อธิบายได้ว่าสารพริกหลุมร่องฟันสามารถทนต่อการสึกจากการขัดสีได้ดีกว่าซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Zhao et al. (2017)

ซึ่งการศึกษาทางห้องปฏิบัติการนี้สามารถกล่าวได้ว่าการใช้เรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมร่วมกับสารพริกหลุมร่องฟันช่วยลดการสึกกร่อนได้ดีกว่าการใช้เรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมเพียงอย่างเดียวหรือกลุ่มที่ไม่ได้ทำสารใดๆเลย ซึ่งอาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการป้องกันและรักษารอยโรคฟันกร่อนบนผิวเคลือบฟัน อย่างไรก็ตามอาจต้องมีการศึกษาต่อไปถึงการยึดอยู่ระหว่างเรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมกับสารพริกหลุมร่องฟันก่อนนำไปใช้ทางคลินิกต่อไป

### สรุปผลการวิจัย

การใช้เรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมร่วมกับสารพริกหลุมร่องฟันทำให้ค่าความแข็งผิวลดลงน้อยที่สุดภายหลังผ่านกระบวนการจำลองสภาวะว่ายน้ำเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เรซินความหนืดต่ำชนิดแทรกซึมเพียงอย่างเดียวหรือการที่ไม่ได้ทำสารใดๆเลย

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสนับสนุนในการทำวิจัยจากคณะทันตแพทยศาสตร์และทุนสนับสนุนการจัดทำวิทยานิพนธ์จากบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่น

### เอกสารอ้างอิง

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. กิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพที่ต้องควบคุม ตามแนวทางการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด; 2535.  
อริสา ศรีสวัสดิ์. ผลของคาซิอินฟอสโฟเปปไทด์-อะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟตนาโนคอมเพล็กซ์ต่อความแข็งผิวระดับจุลภาคและการสะสมกลับของแร่ธาตุในเคลือบฟันมนุษย์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก]. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2551.

- Amaechi BT, Higham SM. Dental erosion: possible approaches to prevention and control. *Journal of Dentistry* 2005; 33(3): 243-52.
- Centerwall BS, Armstrong CW, Funkhouser LS, Elzay RP. Erosion of dental enamel among competitive swimmers at a gas-chlorinated swimming pool. *Am J Epidemiol* 1986; 123(4): 641-7.
- Cuy JL, Mann AB, Livi KJ, Teaford MF, Weihs TP. Nanoindentation mapping of the mechanical properties of human molar tooth enamel. *Arch Oral Biol* 2002; 47(4): 281-91.
- Dawes C. What is the critical pH and why does a tooth dissolve in acid? *J Can Dent Assoc* 2003; 69(11): 722-4.
- Domejean S, Ducamp R, Leger S, Holmgren C. Resin Infiltration of Non-Cavitated Caries Lesions: A Systematic Review. *Medical Principles and Practice* 2015; 24(3): 216-21.
- Gutiérrez-Salazar MP, Reyes-Gasga J. Enamel Hardness and Caries Susceptibility in Human Teeth. *Rev. Latin Am Met Mat* 2001; 21: 36-40.
- Gutiérrez-Salazara MdP, Reyes-Gasga J. Microhardness and Chemical Composition of Human Tooth. *Materials Research* 2003; 6(3): 367-73.
- Kitsahawong K, Rattanathongkam A, Lertsiriworakul J. Effect of Mouthguard on surface hardness of dental enamel after exposing to chlorinated water. *KKU Research Journal* 2003; 3: 76-89.
- Kitsahawong K. Dental erosion KDJ 2005; 8(1): 68-77.
- Kitsahawong K, Kitsahawong S. Effect of mouthguard in conjunction with fluoride on enamel surface exposed to chlorinated. *KDJ* 2005; 8(2): 115-23.
- Kitsahawong K. Correction of dental sensitivity in dental erosion using mouth guard: A case report. *KDJ* 2006; 9: 19-25.
- Linnett V, Seow WK. Dental erosion in children: a literature review. *Pediatr Dent* 2001; 23(1): 37-43.
- Lukkananuruk N, Tuongratanaphan S. Dental Erosion in Competitive Swimmer. *CM Dent J* 2014; 35(2): 25-34.
- Oliveira GC, Boteon AP, Ionta FQ, et al. In Vitro Effects of Resin Infiltration on Enamel Erosion Inhibition. *Oper Dent* 2015; 40(5): 492-502.
- Paris S, Soviero VM, Seddig S, Meyer-Lueckel H. Penetration depths of an infiltrant into proximal caries lesions in primary molars after different application times in vitro. *International Journal of Paediatric Dentistry* 2012; 22(5): 349-55.
- Paris S, Hopfenmuller W, Meyer-Lueckel H. Resin Infiltration of Caries Lesions: an Efficacy Randomized Trial. *Journal of Dental Research* 2010; 89(8): 823-26.
- Yetkiner E, Wegehaupt FJ, Attin R, Wiegand A, Attin T. Stability of two resin combinations used as sealants against toothbrush abrasion and acid challenge in vitro. *Acta Odontol Scand* 2014; 72(8): 825-30.
- Zhao X, Pan J, Zhang S, Malmstrom HS, Ren YF. Effectiveness of resin-based materials against erosive and abrasive enamel wear. *Clin Oral Investig* 2017; 21(1): 463-68.