



การศึกษาผลกระทบของการกัดกร่อน ที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ฟลูออไรด์ที่มีต่อค่าเฉลี่ย แรงเสียดทานสถิตระหว่างแบร็กเกตเหล็กกล้า ไม่เป็นสนิมและลวดโค้งชนิดต่าง ๆ

พินทุอร จันทรวราทิพย์ ท.บ.¹

สมศักดิ์ เจ็ญประภากร ท.บ., ท.ม. (ทันตกรรมจัดฟัน), อ.ท. (ทันตกรรมจัดฟัน)²

¹นิสิตปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

²ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงของขนาดแรงเสียดทานสถิตระหว่างแบร็กเกตเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมกับลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม และลวดเบตาไทเทเนียม ภายหลังจากที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่ได้จากผลิตภัณฑ์ฟลูออไรด์ 3 ชนิด

วัสดุและวิธีการ นำแบร็กเกตเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมชนิดมาตรฐานของฟันเขี้ยวที่มัดติดกับลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม และลวดเบตาไทเทเนียม กลุ่มละ 25 ตัวอย่าง แช่ในสารละลายฟลูออไรด์ที่ได้จากการผสมน้ำลายเทียมกับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ และเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส วัดค่าแรงเสียดทานสถิตด้วยเครื่องล้อยดัยนิเวอร์แซลเทสติงแมชชีน โดยใช้ตุ้มน้ำหนักขนาด 5 นิวตัน ดึงด้วยความเร็ว 0.1 มม./นาที เป็นระยะทาง 0.5 มม. ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตระหว่างกลุ่มต่างๆ โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางที่ระดับนัยสำคัญ .05

ผลการศึกษา เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม มีเพียงกลุ่มเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบเท่านั้นที่มีค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตระหว่างแบร็กเกตและลวดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม และลวดเบตาไทเทเนียม โดยมีค่าพีเท่ากับ .013 และ .000 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างลวดทั้ง 2 ชนิดที่ผ่านการแช่ในสารละลายเดียวกัน พบว่ามีเพียงกลุ่มยาสีฟันและเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบเท่านั้นที่มีค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเบตาไทเทเนียมมีค่ามากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าพีเท่ากับ .003 และ .004 ตามลำดับ

สรุป การแช่แบร็กเกตเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม ลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมและลวดเบตาไทเทเนียมในสารละลายจากเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบทำให้ค่าเฉลี่ยของแรงเสียดทานสถิตระหว่างแบร็กเกตและลวดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(ว. ทันต. จุฬาฯ 2551;31:179-92)

คำสำคัญ: การกัดกร่อน; แบร็กเกตเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม; ฟลูออไรด์; แรงเสียดทานสถิต; ลวดเบตาไทเทเนียม; ลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม

บทนำ

ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยเครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่น (fixed orthodontic appliance) จะมีโอกาสเกิดการสูญเสียแร่ธาตุจากผิวเคลือบฟันได้ง่ายกว่าผู้ป่วยทั่วไป^{1,2} ด้วยเหตุนี้ทันตแพทย์จึงนิยมให้ผู้ป่วยที่ใช้เครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่นใช้ผลิตภัณฑ์ฟลูออไรด์เพื่อป้องกันการเกิดรอยต่างขาวหรือฟันผุ โดยเฉพาะในรูปแบบของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ และน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ ซึ่งผู้ป่วยสามารถใช้ได้เองเป็นประจำ

ถึงแม้ฟลูออไรด์จะมีประโยชน์อย่างมาก แต่ก็อาจก่อให้เกิดอุปสรรคต่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันได้เช่นกัน เนื่องจากมีผลการวิจัยยืนยันว่าฟลูออไรด์สามารถทำให้เกิดการกัดกร่อนของพื้นผิวของแบร็กเกตและลวดได้หลายชนิด³⁻¹³ ความขรุขระของพื้นผิวแบร็กเกตและลวดที่เกิดจากการกัดกร่อนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แรงเสียดทานระหว่างแบร็กเกตและลวดเพิ่มขึ้น จึงอาจเป็นเหตุให้เกิดความยุ่งยากในการเคลื่อนฟัน และอาจจำเป็นต้องเพิ่มระยะเวลาในการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันตามมา

งานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการใช้ผลิตภัณฑ์ฟลูออไรด์ที่มีต่อแรงเสียดทานสถิตระหว่างแบร็กเกตและลวด หลังจากการแช่แบร็กเกตและลวดในสารละลายจากผลิตภัณฑ์ฟลูออไรด์ 3 ชนิดที่ผู้ป่วยที่ใช้เครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่นมักจะใช้ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ และเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบ เพื่อให้ทราบผลของการใช้ผลิตภัณฑ์ฟลูออไรด์เหล่านี้ต่อค่าแรงเสียดทานสถิตระหว่างแบร็กเกตและลวด

วัสดุและวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างสำหรับแช่ในสารละลายกระทำโดยเตรียมลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม (Stainless Steel, Ormco, USA) และลวดเบตาไทเทเนียม (TMA, Ormco, USA) ที่

เป็นเส้นตรง ยาว 30 มม. ชนิดละ 100 เส้น สุ่มตัวอย่างแบร็กเกตเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม (Dyna-lock, 3M Unitek, Germany) 2 ตัว และลวดชนิดละ 2 เส้น นำไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope) เพื่อบันทึกลักษณะพื้นผิวของแบร็กเกตและลวดที่ไม่ได้ผ่านการแช่ในสารละลายใดๆ จากนั้นยึดลวดติดกับแบร็กเกตด้วยวงอีลาสโตเมอร์ (elastomeric ring) ยี่ห้อทัฟ (Tuff, CLENROE technologies, USA) แบ่งกลุ่มตัวอย่างตามชนิดของลวดเป็น 2 กลุ่มใหญ่ จำนวนกลุ่มละ 100 ตัวอย่าง จากนั้นแบ่งกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มออกเป็น 4 กลุ่มย่อย กลุ่มละ 25 ตัวอย่าง โดยกลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้ผ่านการแช่ในสารละลายใดๆ กลุ่มที่ 2 3 และ 4 คือ กลุ่มที่นำไปแช่ในสารละลายจากยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ สารละลายจากน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ และสารละลายจากเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบ ตามลำดับ

เตรียมสารละลายจากผลิตภัณฑ์ฟลูออไรด์ทั้ง 3 ชนิด โดยผสมกับน้ำลายเทียมจากภาควิชาเภสัชวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตามอัตราส่วนดังนี้ ยาสีฟันคอลเกตรสยอदनนิยม (Colgate, Colgate-Palmolive Company, Thailand) ผสมกับน้ำลายเทียมในอัตราส่วน ยาสีฟัน 1 กรัมต่อน้ำลายเทียม 4 มล. ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันจนเกิดฟอง น้ำยาบ้วนปากยี่ห้อออรัล-บี ทูธเอนด์กัมแคร์ไม่ผสมแอลกอฮอล์ (Oral-B Tooth and Gum Care Alcohol-Free Mouth Rinse, P&G, Thailand) ผสมกับน้ำลายเทียมในอัตราส่วน 8.5 ต่อ 1 และเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบหรือเจลแอคทีวเเลตเตฟอสเฟตฟลูออไรด์ยี่ห้อซิกตี้เซกเคิลเทสต์ (60 Second Taste, Pascal, USA) ผสมกับน้ำลายเทียมในอัตราส่วน 1 ต่อ 1.4

อัตราส่วนในการผสมยาสีฟันกับน้ำลายเทียมคำนวณจากปริมาณยาสีฟันที่กองทันตสาธารณสุข กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข แนะนำให้ใช้ในการแปรงฟันในผู้ใหญ่

นั่นคือ 1 กรัม/ครั้ง¹⁴ ผสมกับน้ำลายเทียมปริมาณ 4 มล. ที่คำนวณจากปริมาณน้ำลายที่คงอยู่ในช่องปาก (residual saliva) จำนวน 1 มล.¹⁵ รวมกับปริมาณน้ำลายเทียมที่ได้จากการควบคุมอัตราเฉลี่ยของการหลั่งน้ำลายขณะถูกกระตุ้นต่อนาที นั่นคือ 1.5 มล./นาที่^{16,17} กับจำนวนนาที่ที่ใช้ในการแปรงฟัน คือ 2 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาอย่างน้อยที่สุดที่กองทันต-สาธารณสุข กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข¹⁴ แนะนำให้ใช้ในการแปรงฟัน 1 ครั้ง ดังนั้นปริมาณน้ำลายเทียมที่ใช้เพื่อจำลองปริมาณน้ำลายที่หลั่งออกมาผสมกับยาสีฟันในการแปรงฟัน 1 ครั้ง คือ 4 มล.

อัตราส่วนในการผสมน้ำยาบ้วนปากกับน้ำลายเทียมคำนวณจากปริมาณน้ำยาบ้วนปากที่ระบุไว้ตามคำแนะนำในฉลากของผลิตภัณฑ์ คือ 15 มล./ครั้ง ผสมกับน้ำลายเทียมปริมาณ 1.75 มล. ซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำลายที่คงอยู่ในช่องปากจำนวน 1 มล. รวมกับปริมาณน้ำลายเทียมที่ได้จากการควบคุมอัตราเฉลี่ยของการหลั่งน้ำลายขณะถูกกระตุ้นต่อนาที นั่นคือ 1.5 มล./นาที่ กับจำนวนนาที่ที่ใช้ในการอมน้ำยาบ้วนปากที่ระบุไว้ตามคำแนะนำในฉลากของผลิตภัณฑ์ นั่นคือ 30 วินาที/ครั้ง หรือ 0.5 นาที/ครั้ง ดังนั้นปริมาณน้ำลายเทียมที่ใช้เพื่อจำลองปริมาณน้ำลายที่หลั่งออกมาผสมกับน้ำยาบ้วนปากในการอมน้ำยา 1 ครั้ง คือ 1.75 มล.

อัตราส่วนในการผสมเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบผสมกับน้ำลายเทียมคำนวณจากปริมาณเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบที่กองทันตสาธารณสุข กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข แนะนำให้ใช้ในการเคลือบ 1 ครั้ง นั่นคือ ประมาณ 1 ใน 3 ของถาดเคลือบฟลูออไรด์ หรือ 5 มล./ครั้ง¹⁸ ผสมกับน้ำลายเทียมปริมาณ 7 มล. ซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำลายที่คงอยู่ในช่องปากจำนวน 1 มล. รวมกับปริมาณน้ำลายเทียมที่ได้จากการควบคุมอัตราเฉลี่ยของการหลั่งน้ำลายขณะถูกกระตุ้นต่อนาที นั่นคือ 1.5 มล./นาที่ กับจำนวนนาที่ที่ใช้ในการอมน้ำยาบ้วนปากที่ระบุไว้ตามคำแนะนำในฉลากของผลิตภัณฑ์ นั่นคือ 4 นาที/ครั้ง ดังนั้นปริมาณน้ำลายเทียมที่ใช้เพื่อจำลองปริมาณน้ำลายที่หลั่งออกมาผสมกับน้ำยาบ้วนปากในการอมน้ำยา 1 ครั้ง คือ 7 มล.

จากนั้นวัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของสารละลายทั้ง 3 ชนิดที่ผสมเสร็จ แล้วด้วยมาตรฐานความเป็นกรด-เบส (pH meter) ชนิดละ 3 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายแต่ละชนิด

นำตัวอย่างในกลุ่มย่อยที่ 2 ไปแช่ในสารละลายที่ได้จาก

ยาสีฟันนาน 336 นาที่เพื่อจำลองการแปรงฟันวันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 2 นาที¹⁴ ในช่วงเวลา 12 สัปดาห์ นำกลุ่มย่อยที่ 3 ไปแช่ในสารละลายจากน้ำยาบ้วนปากนาน 84 นาที่ เพื่อจำลองการใช้น้ำยาบ้วนปากวันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 30 วินาที ในช่วงเวลา 12 สัปดาห์ ส่วนกลุ่มย่อยที่ 4 นำไปแช่ในสารละลายจากเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบนาน 4 นาที เพื่อจำลองการเคลือบเจลฟลูออไรด์ที่กระทำโดยทันตแพทย์ 1 ครั้ง ซึ่งมักจะกระทำทุก 6 เดือน ทำการแช่ตัวอย่างในถ้วยพลาสติกที่มีฝาปิดและนำไปใส่ในเครื่องincuเบเตอร์เชกเกอร์ (incubator shaker) เพื่อให้มีการแกว่งของสารละลายอย่างสม่ำเสมอ 80 รอบ/นาที่ และควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด ทำการวัดค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายทั้ง 3 ชนิดอีกครั้ง จากนั้นสุ่มตัวอย่างแบร็กเกตและลวดจากแต่ละกลุ่มตัวอย่าง จำนวนกลุ่มละ 2 ตัวอย่าง นำไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเพื่อบันทึกลักษณะพื้นผิวของแบร็กเกตและลวดภายหลังจากที่ผ่านการแช่ในสารละลายตามเวลาที่กำหนด

นำแบร็กเกตที่ยึดติดอยู่กับแท่งอะคริลิก (acrylic) ด้วยกาวยานาโนอะคริเลต (cyanoacrylate) ยึดเข้ากับเครื่องมือที่ต่อกับส่วนตรวจสอบของเครื่องลดยด์ยูนิเวอร์แซลเทสติงแมชชีน รุ่นแอลอาร์ 10 เค (Lloyd Universal Testing Machine, LR10K, Lloyd Instruments, UK) ปรับมุมแบร็กเกตให้ทำมุม 1 องศากับลวดที่จะใช้ทดสอบด้วยเครื่องมือสำหรับตั้งมุม จากนั้นยึดลวดเข้ากับเครื่องมือสำหรับยึดลวดให้แน่นในตำแหน่งที่กำหนดไว้ โดยให้ลวดอยู่ในแนวตั้ง มัดแบร็กเกตเข้ากับลวดด้วยวงอีลาสโทเมอร์โดยใช้สเตราททูเตอร์ (straight shooter)

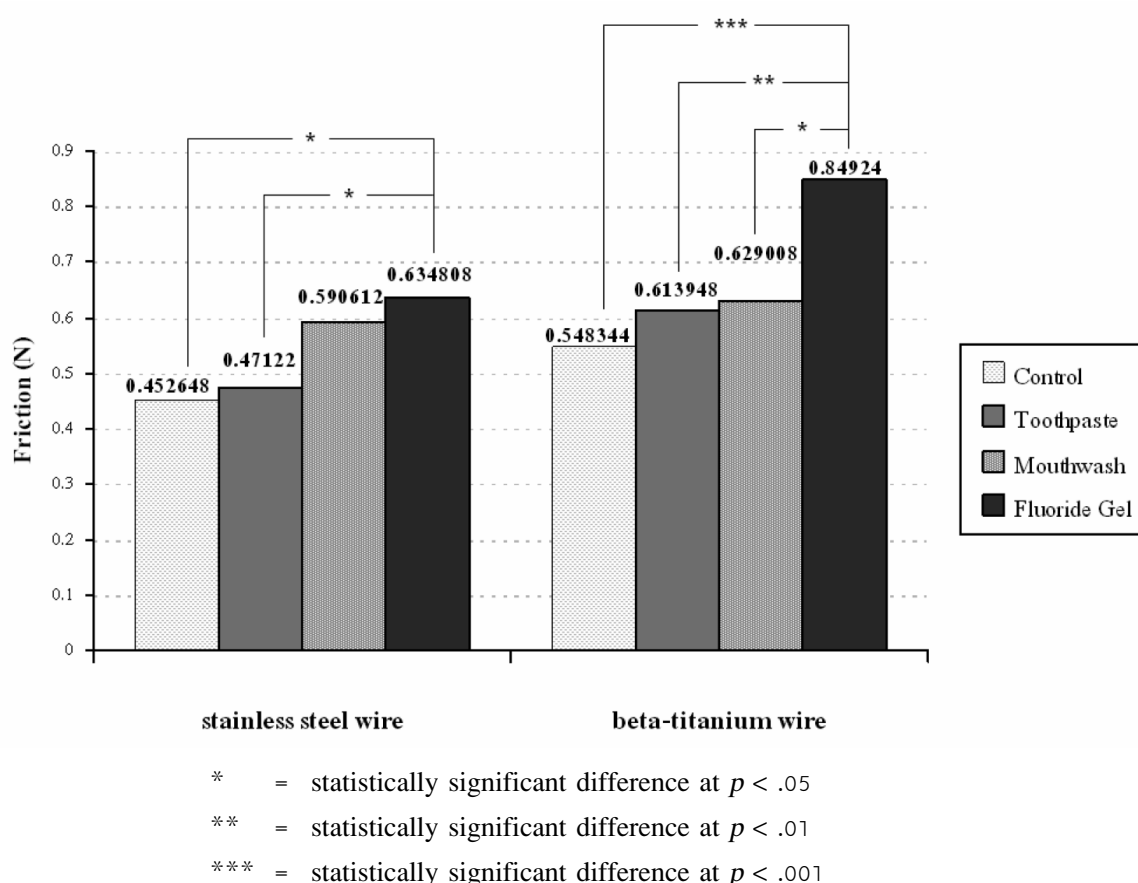
วัดแรงเสียดทานสถิตระหว่างแบร็กเกตและลวดโดยใช้เครื่องลดยด์ยูนิเวอร์แซลเทสติงแมชชีน โดยใช้คัมน์น้ำหนัก (load cell) 5 นิวตัน ดึงด้วยความเร็ว 0.1 มม./นาที่ เป็นระยะทาง 0.5 มม. บันทึกค่าแรงเสียดทานสถิตจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ในการดึงกับระยะทางที่แบร็กเกตเคลื่อนผ่านลวดไป โดยเลือกตำแหน่งที่สูงสุดของกราฟก่อนที่เส้นกราฟแสดงการลดลงหรือคงที่ของค่าแรงที่ใช้ในการดึง โดยวัดเป็นหน่วยนิวตัน ศึกษาเปรียบเทียบค่าแรงเสียดทานสถิตระหว่างแบร็กเกตและลวดทั้ง 2 ชนิด ตามวัตถุประสงค์การวิจัย

การพิสูจน์ทางสถิติถึงอิทธิพลของตัวแปรทั้งสองซึ่งได้แก่ ชนิดของลวดและชนิดของสารละลาย ที่มีต่อค่าแรงเสียดทาน สถิตระหว่างแบร็กเกตและลวดกระทำโดยใช้สถิติวิเคราะห์ ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) ที่ระดับ นัยสำคัญ .05 จากนั้นวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ของขนาดแรงเสียดทานสถิตระหว่างแบร็กเกตและลวดเหล็ก-กล้าไม่เป็นสนิมที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่ได้จากผลิตภัณฑ์ ฟลูออไรด์ต่างชนิดกันโดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวน ทางเดียวแบบพาราเมตริก (One-way ANOVA) และสถิติ การเปรียบเทียบเชิงซ้อนบอนเฟอร์รอนี (Bonferroni) ที่ ระดับนัยสำคัญ .05 ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเบตา ไทเทเนียมจำเป็นต้องใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ บราวน์ฟอร์ซิท (Brown-Forsyth) และสถิติการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแทมเฮนส์ทีทู (Tamhane's T2) เนื่องจากมี ค่าความแปรปรวนไม่เท่ากัน และวิเคราะห์ความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยของขนาดแรงเสียดทานสถิตระหว่างแบร็กเกตกับลวด

ต่างชนิดกันที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่ได้จากผลิตภัณฑ์ ฟลูออไรด์ชนิดเดียวกันโดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยแบบที (Independent t-test) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

ผลการศึกษา

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตระหว่างกลุ่ม ตัวอย่างที่ใช้ลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมพบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมมีเพียงกลุ่มเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบที่มีค่าเฉลี่ย แรงเสียดทานสถิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า พีเท่ากับ .013) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงเสียดทาน สถิตระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการแช่ในสารละลาย 3 ชนิด พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานของกลุ่มยาสีฟันมีค่าน้อยกว่า กลุ่มเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า พีเท่ากับ .035) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตของกลุ่ม น้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติกับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม และลวดเบตาไทเทเนียม

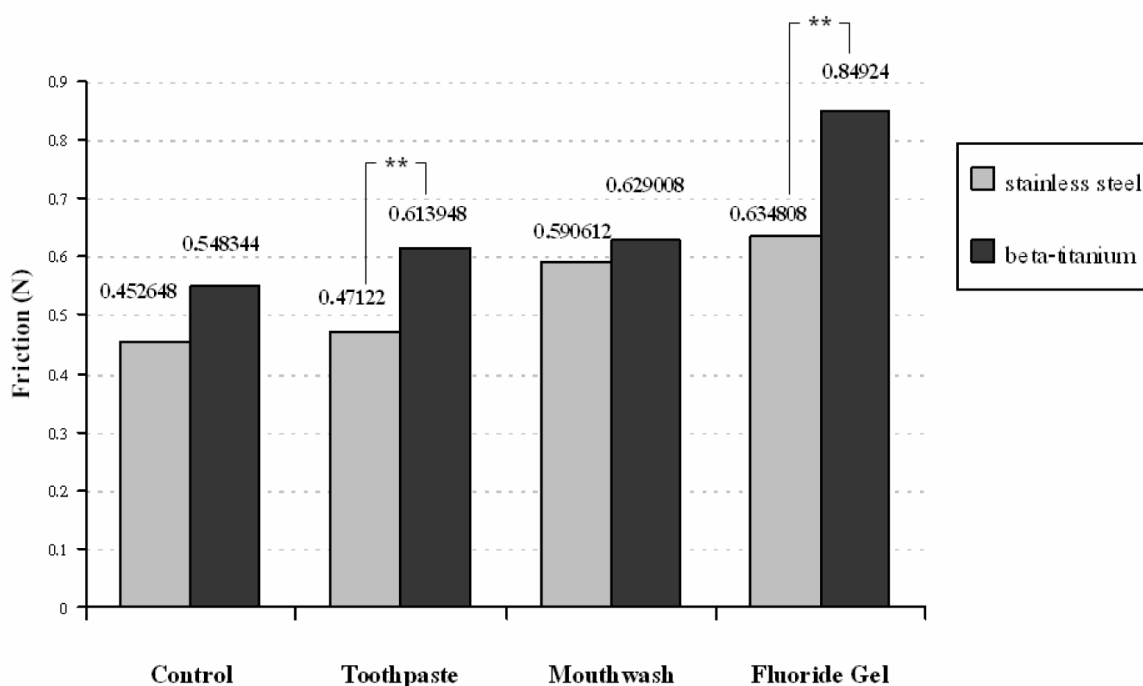
Fig. 1 Comparison the mean static friction forces of stainless steel wire groups and beta-titanium wire groups

ส่วนในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเบตาไทเทเนียมพบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม มีเพียงกลุ่มเจลฟลูออไรด์ ชนิดเคลือบเช่นกันที่มีค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตเพิ่มขึ้นอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่าพีเท่ากับ .000) เมื่อเปรียบเทียบค่า เฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเบตา ไทเทเนียมซึ่งผ่านการแช่ในสารละลาย 3 ชนิด พบว่าค่า เฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตของกลุ่มเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบมีค่า มากกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มยาสีฟันและกลุ่มน้ำยาบ้วนปาก ฟลูออไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าพีเท่ากับ .004 และ .015 ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิต ระหว่างกลุ่มยาสีฟันและกลุ่มน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ ดัง แสดงในรูปที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของขนาดแรงเสียดทานสถิต ระหว่างลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมและลวดเบตาไทเทเนียมใน กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ผ่านการแช่ในสารละลายชนิดเดียวกัน

ผลิตภัณฑ์ฟลูออไรด์ชนิดเดียวกันพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ ลวดเบตาไทเทเนียมมีค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตมากกว่า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติเฉพาะในกลุ่มยาสีฟันและกลุ่มเจลฟลูออไรด์ชนิด เคลือบเท่านั้น โดยมีค่าพีเท่ากับ .003 และ .004 ตามลำดับ ส่วนในกลุ่มควบคุมและกลุ่มน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ไม่พบ ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยแรงเสียด- ทานสถิตระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดทั้ง 2 ชนิด ดังแสดง ในรูปที่ 2

ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงให้เห็นว่า พื้นผิวของแบร็กเกตและลวดทั้ง 2 ชนิดใน กลุ่มเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบมีการกัดกร่อนมากกว่าพื้นผิวของ แบร็กเกตและลวดในกลุ่มอื่นๆ อย่างชัดเจน โดยพื้นผิวของ แบร็กเกตในกลุ่มยาสีฟันและน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์นั้นถูก กัดกร่อนเป็นร่องลึกและแคบ กระจ่ายตัวอยู่ทั่วไป แต่พื้นผิว ส่วนใหญ่ยังเรียบเหมือนกับแบร็กเกตในกลุ่มควบคุม ในขณะที่



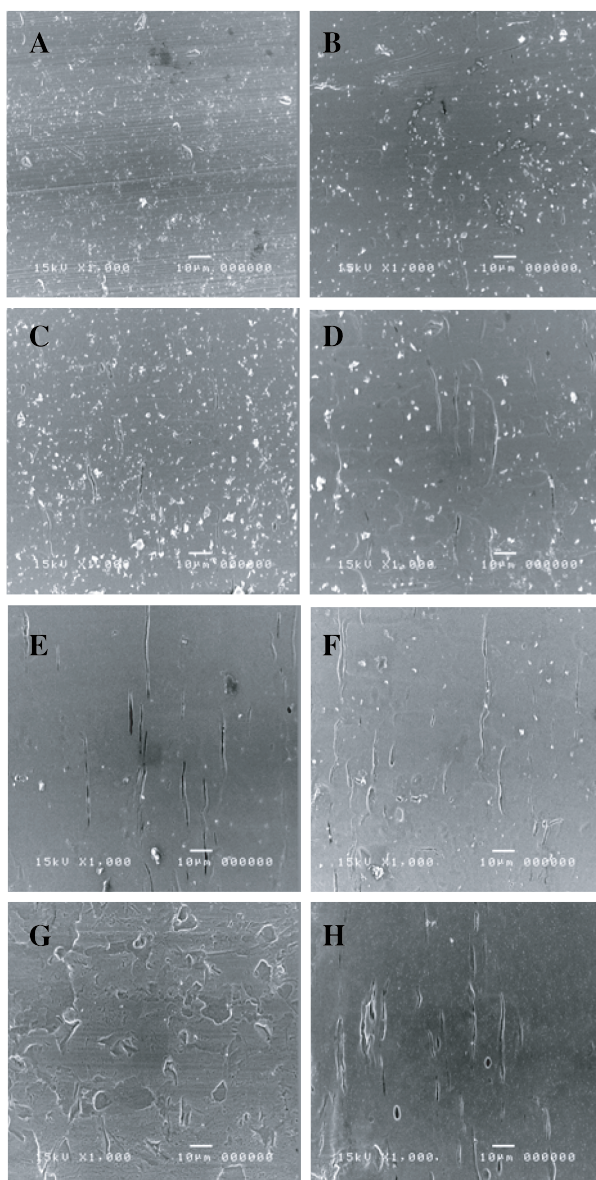
** = statistically significant difference at $p < .01$

รูปที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมและลวดเบตาไทเทเนียม ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ผ่านการแช่ในสารละลายชนิดเดียวกัน

Fig. 2 Comparison the mean static friction forces of stainless steel wire groups to those of beta-titanium wire groups which were immersed in the same solution

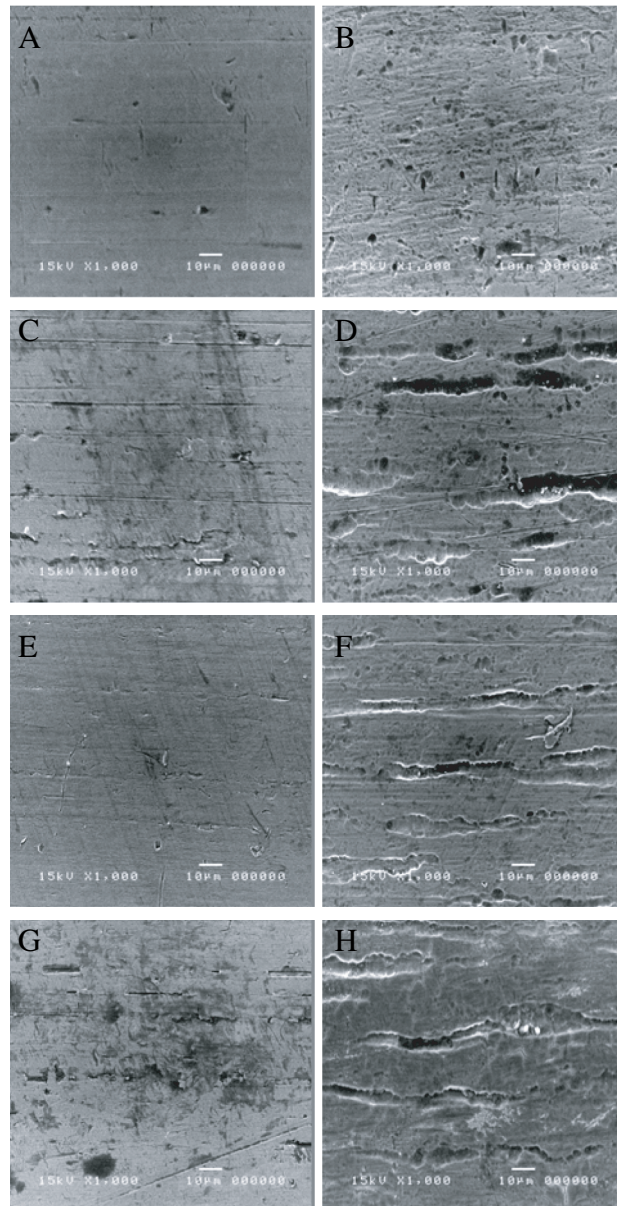
ที่พื้นผิวของแบร็กเกตในกลุ่มเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบมีการหลุดลอกเป็นแอ่งกว้าง ทำให้พื้นผิวมีความขรุขระมาก ดังรูปที่ 3 เมื่อพิจารณาลักษณะการกัดกร่อนของพื้นผิวของลวดในกลุ่มเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบพบว่า พื้นผิวลวดมีการ

กัดกร่อนเป็นร่องตามเส้นในแนวขวางที่เกิดจากกระบวนการผลิตเช่นเดียวกับในกลุ่มยาสีฟันและน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ และยังพบการแตกร้าวและหลุดลอกของพื้นผิวของลวดอีกด้วย ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพื้นผิวของแบร็กเกตเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม (คอลัมน์ซ้าย) และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเบตาไทเทเนียม (คอลัมน์ขวา) ในกลุ่มควบคุม (A, B) กลุ่มที่ผ่านการแช่ในสารละลายจากยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ (C, D) กลุ่มที่ผ่านการแช่ในสารละลายจากน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ (E, F) และกลุ่มที่ผ่านการแช่ในสารละลายจากเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบ (G, H)

Fig 3. Scanning electron micrographs of stainless steel bracket surfaces of stainless steel wire groups (left column) and beta-titanium wire groups (right column) in the control group (A, B), toothpaste solution-immersed groups (C, D) mouthwash solution-immersed groups (E, F) and APF solution-immersed groups (G, H)



รูปที่ 4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพื้นผิวของลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม (คอลัมน์ซ้าย) และลวดเบตาไทเทเนียม (คอลัมน์ขวา) ในกลุ่มควบคุม (A, B) กลุ่มที่ผ่านการแช่ในสารละลายจากยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ (C, D) กลุ่มที่ผ่านการแช่ในสารละลายจากน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ (E, F) และกลุ่มที่ผ่านการแช่ในสารละลายจากเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบ (G, H)

Fig 4. Scanning electron micrographs of stainless steel wire surfaces (left column) and beta-titanium wire surfaces (right column) in the control group (A, B), toothpaste solution-immersed groups (C, D) mouthwash solution-immersed groups (E, F) and APF solution-immersed groups (G, H)

ผลของการวัดค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-เบสของสารละลาย พบว่า สารละลายจากเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบมีฤทธิ์เป็นกรดมากที่สุดรองลงมา คือ สารละลายจากน้ำยาบ้วนปาก ส่วนสารละลายจากยาสีฟันมีคุณสมบัติเป็นกลาง ดังแสดงในตารางที่ 1 และเมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของฟลูออไรด์ไอออนระหว่างสารละลายฟลูออไรด์ 3 ชนิดพบว่าสารละลายจากเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบมีระดับความเข้มข้นของฟลูออไรด์ไอออนสูงที่สุด รองลงมา คือ สารละลายจากยาสีฟัน และสารละลายจากน้ำยาบ้วนปาก ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

วิจารณ์

ระยะเวลาในการแช่ตัวอย่างและความเข้มข้นของสารละลายแต่ละชนิดในงานวิจัยครั้งนี้ได้พยายามจำลองการใช้ผลิตภัณฑ์ฟลูออไรด์ในชีวิตประจำวันของผู้ป่วยในช่วงระยะเวลา 12 สัปดาห์ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ลวดเหล็ก 1 เส้นมักจะถูกใช้อย่างต่อเนื่องในช่องปาก ส่วนสาเหตุที่กำหนดมุมกระทำระหว่างแบร็กเกตและลวดให้เท่ากับ 1 องศาเนื่องจากเป็นค่าประมาณของมุมวิกฤตที่มีขนาด 0.8310 องศา การกำหนดขนาดมุมในการวิจัยให้เท่ากับมุมวิกฤตเป็นการควบคุมพื้นสัมผัสระหว่างแบร็กเกตและลวดให้จำกัดอยู่ในแนวทแยงมุมทุกครั้งที่ทำการศึกษาทดสอบ ซึ่งแตกต่างไปจากการกำหนดค่ามุมในการวิจัยให้เป็น 0 องศาที่ลวดสามารถสัมผัสกับแบร็กเกตได้หลากหลายรูปแบบ

ผลจากการศึกษาพบว่า ทั้งในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเบตาไทเทเนียม มีเพียงกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการแช่ในสารละลายจากเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบเท่านั้นที่มีค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kao และคณะ⁵ ที่พบว่าค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตระหว่างแบร็กเกตเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมกับลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม ลวดเบตาไทเทเนียม และลวดนิกเกิลไทเทเนียม ภายหลังจากผ่านการแช่ในน้ำยาแอซิดูเลตเตทฟอสเฟตฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.2 มีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมที่ผ่านการแช่ในน้ำลายเทียมอย่างมีนัยสำคัญ

ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดได้แสดงให้เห็นว่าพื้นผิวของแบร็กเกตและลวดทั้ง 2 ชนิดในกลุ่มเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบมีการกัดกร่อนมากกว่าพื้นผิวของแบร็กเกตและลวดในกลุ่มอื่นๆ อย่างชัดเจน โดยสาเหตุที่ตัวอย่างในกลุ่มเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบถูกกัดกร่อนมากกว่าตัวอย่างในกลุ่มอื่นๆ อาจเป็นเพราะสารละลายจากเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบมีความเข้มข้นของฟลูออไรด์ไอออนสูงถึง 12,282.80 พีพีเอ็ม ซึ่งมากกว่าสารละลายจากยาสีฟันผสมฟลูออไรด์และสารละลายจากน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นของฟลูออไรด์ไอออน 996.02 พีพีเอ็ม และ 225.97 พีพีเอ็ม ตามลำดับ เจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบจึงสามารถทำให้เกิดการกัดกร่อนของพื้นผิวแบร็กเกตและลวดได้มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Huang⁴ ที่พบว่าพื้นผิวของลวดนิกเกิลไทเทเนียมที่ผ่านการแช่ในเจลฟลูออไรด์

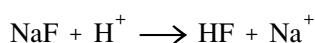
ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-เบสและความเข้มข้นของฟลูออไรด์ไอออนระหว่างสารละลายฟลูออไรด์ 3 ชนิด

Table 1 comparison the mean pH and fluoride ion concentration of three types of fluoride solutions Solution

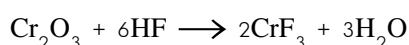
Solution	Mean pH	Fluoride ion concentration (ppm)
Toothpaste solution	7.00	996.02
Mouthwash solution	6.09	225.97
Fluoride gel solution	5.18	12,282.80

ที่มีความเข้มข้นของฟลูออไรด์ไอออนสูง (17,000 พีพีเอ็ม) มีการกัดกร่อนมากกว่าลวดในกลุ่มควบคุมที่ผ่านการแช่ในน้ำลายเทียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนลวดที่ผ่านการแช่ในน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์และในน้ำลายเทียมที่ผสมยาสีฟันฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้นของฟลูออไรด์ไอออนต่ำ (น้อยกว่า 2,500 พีพีเอ็ม) กลับไม่พบว่ามีอาการกัดกร่อนของพื้นผิวลวด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

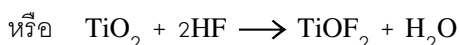
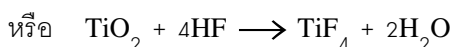
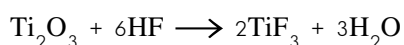
สาเหตุอีกประการหนึ่ง ได้แก่ ความเป็นกรดของสารละลาย การศึกษาส่วนใหญ่พบว่า สภาวะที่เป็นกรดจะส่งเสริมให้เกิดการกัดกร่อนของแบร็กเกตและลวด^{6,10,19} เนื่องจากในสภาวะที่เป็นกรด สารประกอบฟลูออไรด์ที่มีประจุ เช่น โซเดียมฟลูออไรด์ (sodium fluoride) หรือไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (hydrogen fluoride) สามารถทำลายชั้นของฟิล์มออกไซด์ (oxide film) ที่อยู่บนผิวของเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมและโลหะผสมไทเทเนียมได้ เพราะสารประกอบฟลูออไรด์จะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไอออนทำให้เกิดกรดไฮโดรฟลูออริก (hydrofluoric acid) ขึ้น ดังสมการ



บนพื้นผิวของเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม กรดไฮโดรฟลูออริกที่ได้นี้จะทำปฏิกิริยากับโครเมียมออกไซด์ (chromium oxide) ดังสมการต่อไปนี้



และบนพื้นผิวของโลหะผสมไทเทเนียม กรดไฮโดรฟลูออริกจะทำปฏิกิริยากับไทเทเนียมออกไซด์ (titanium oxide) ดังสมการต่อไปนี้



สารประกอบฟลูออไรด์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเหล่านี้สามารถละลายน้ำได้ จึงทำให้เกิดการสูญเสียชั้นของฟิล์มออกไซด์ที่ปกป้องพื้นผิวของโลหะไป และทำให้เกิดการกัดกร่อนตามมา^{3,20}

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า สารละลายจากเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบมีค่าความเป็นกรด-เบส 5.18 ซึ่งต่ำกว่า

สารละลายจากยาสีฟันผสมฟลูออไรด์และน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 7.00 และ 6.09 ตามลำดับ สารละลายจากเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบจึงมีความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนมากกว่าสารละลายอื่น ๆ ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ตัวอย่างในกลุ่ม เจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบถูกกัดกร่อนได้มากกว่าตัวอย่างในกลุ่มอื่น ๆ

ดังนั้นเมื่อพื้นผิวของแบร็กเกตและลวดในกลุ่มเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบถูกกัดกร่อนมากกว่าในกลุ่มอื่น ๆ จึงทำให้มีความขรุขระของพื้นผิวเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ค่าแรงเสียดทานสถิตระหว่างแบร็กเกตและลวดของกลุ่มเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบมีค่ามากกว่ากลุ่มตัวอย่างกลุ่มอื่น ๆ

ส่วนภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่แสดงการกัดกร่อนของพื้นผิวของแบร็กเกตและลวดทั้ง 2 ชนิดที่ผ่านการแช่ในสารละลายจากยาสีฟันและน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 อาจสามารถนำมาอธิบายสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตของกลุ่มยาสีฟัน และน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตของกลุ่มควบคุม ถึงแม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวด 2 ชนิดพบว่า ในกลุ่มน้ำยาบ้วนปากและกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ผ่านการแช่ในสารละลายใด ๆ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิต ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาที่ผ่านมาที่พบว่า ลวดเบตาไทเทเนียมทำให้เกิดแรงเสียดทานสถิตระหว่างแบร็กเกตและลวดได้มากกว่าลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม²¹⁻²⁴ มีเพียงกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเบตาไทเทเนียมในกลุ่มยาสีฟัน และกลุ่มเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบเท่านั้นที่มีค่าเฉลี่ยของขนาดแรงเสียดทานสถิตสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่แสดงให้เห็นว่า ลวดเบตาไทเทเนียมในกลุ่มยาสีฟันและกลุ่มเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบมีการกัดกร่อนของพื้นผิวมากกว่าในกลุ่มควบคุมและกลุ่มน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์อย่างเห็นได้ชัดเจนซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากความเข้มข้นของฟลูออไรด์ไอออนในสารละลายจากเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบที่มีค่าสูงมาก และระยะเวลาในการแช่ตัวอย่างในกลุ่มยาสีฟันที่ยาวนานกว่ากลุ่มตัวอย่างกลุ่มอื่น ๆ จึงทำให้การกัดกร่อนของลวดเบตาไทเทเนียมและลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมในสารละลายทั้ง 2 ชนิดนี้มีความแตกต่างกันมากกว่าในกลุ่ม

ควบคุมและกลุ่มน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ จึงส่งผลทำให้เกิดความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตตามมาในที่สุด

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของการกัดกร่อนของพื้นผิวแบร็กเกตระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวด 2 ชนิดที่ผ่านการแช่ในสารละลายจากเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบพบว่าพื้นผิวของแบร็กเกตในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมมีการหลุดลอกเป็นแผ่น ทำให้เกิดลักษณะเป็นแอ่งกว้าง แต่ไม่พบลักษณะการกัดกร่อนแบบเป็นร่อง ในขณะที่พื้นผิวของแบร็กเกตเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเบตาไทเทเนียมกลับพบลักษณะการกัดกร่อนเป็นร่องเช่นเดียวกับแบร็กเกตในกลุ่มยาสีฟันและน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ แต่ร่องที่พบมีความกว้างและความลึกมากกว่า นอกจากนี้ยังพบการหลุดลอกของพื้นผิวของโลหะได้เช่นเดียวกันกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมที่ผ่านการแช่ในสารละลายจากเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบ แต่มีการหลุดลอกของพื้นผิวในปริมาณที่น้อยกว่า สาเหตุที่เป็นเช่นนี้สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีการกัดกร่อนแบบกัลวานิก (galvanic corrosion) นั่นคือ เมื่อโลหะ 2 ชนิดอยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์เดียวกัน โลหะที่มีค่าศักย์รีดักชันมาตรฐาน (standard electrode potential, E^0) สูงกว่าจะเกิดปฏิกิริยารีดักชัน (reduction reaction) ทำหน้าที่เป็นขั้วแคโทด (cathode) มีการรับอิเล็กตรอน ส่วนโลหะที่มีค่าศักย์รีดักชันมาตรฐานต่ำกว่าจะทำหน้าที่เป็นขั้วแอโนด (anode) และเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) มีการสูญเสียอิเล็กตรอน ทำให้มีการกัดกร่อนเกิดขึ้นที่ขั้วแอโนด หลักการนี้ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการป้องกันการกัดกร่อนหรือการเกิดสนิมของโลหะในงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่จำเป็นต้องมีการแช่โลหะในน้ำหรือฝังโลหะใต้ดิน โดยเรียกกันว่า การป้องกันแบบแคโทดิก (cathodic protection) เช่น การต่อโลหะอะลูมิเนียมหรือสังกะสีเข้ากับท่อส่งน้ำมันที่ทำจากเหล็กเพื่อให้อะลูมิเนียมหรือสังกะสีทำหน้าที่เป็นขั้วแอโนด แ่่งจ่ายอิเล็กตรอน เป็นต้น²⁵ ดังนั้นเมื่อแช่แบร็กเกตเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมพร้อมกับลวดเบตาไทเทเนียม แบร็กเกตเหล็กกล้าเป็นสนิมที่มีค่าศักย์รีดักชันมาตรฐานสูงกว่าจึงทำหน้าที่เป็นขั้วแคโทด ส่วนลวดเบตาไทเทเนียมที่มีค่าศักย์รีดักชันมาตรฐานต่ำกว่าทำหน้าที่เป็นขั้วแอโนด ทำให้ลวดเบตาไทเทเนียมในกลุ่มนี้มีการกัดกร่อนมากในขณะที่แบร็กเกตเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมกลับมีการกัดกร่อนน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแบร็กเกตเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมที่แช่พร้อมกับลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม ด้วยเหตุนี้การเคลือบเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบในขณะที่ใช้แบร็กเกตเหล็กกล้า

ไม่เป็นสนิมร่วมกับลวดที่ทำจากโลหะผสมไทเทเนียม จึงอาจช่วยลดการกัดกร่อนของแบร็กเกตลงได้ แต่ควรเปลี่ยนลวดภายหลังจากการเคลือบเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบ

สรุป

การแช่แบร็กเกตเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม ลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมและลวดเบตาไทเทเนียมในสารละลายจากเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบ ทำให้ค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตระหว่างแบร็กเกตและลวดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ในขณะที่การแช่แบร็กเกตและลวดในสารละลายจากยาสีฟันผสมฟลูออไรด์และสารละลายจากน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ไม่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานสถิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ยของขนาดแรงเสียดทานสถิตของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเบตาไทเทเนียมที่ผ่านการแช่ในสารละลายจากยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ และสารละลายจากเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของขนาดแรงเสียดทานสถิตของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลวดเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมที่ผ่านการแช่ในสารละลายชนิดเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มควบคุม และกลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการแช่ในสารละลายจากน้ำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ จากผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเคลือบเจลฟลูออไรด์ชนิดเคลือบทำให้ค่าแรงเสียดทานสถิตระหว่างแบร็กเกตและลวดสูงขึ้น โดยเฉพาะเมื่อใช้ลวดเบตาไทเทเนียม

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต ครั้งที่ 1 ประจำปีงบประมาณ 2551 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett AJ. Incidence of white spot formation after bonding and banding. Am J Orthod. 1982;81(2):93-8.
2. Ogaard B, Rolla G, Arends J, ten Cate JM. Orthodontic appliances and enamel demineralization. Part 2. Prevention and treatment of lesions. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1988;94(2):123-8.

3. Huang HH. Corrosion resistance of stressed NiTi and stainless steel orthodontic wires in acid artificial saliva. *J Biomed Mater Res A*. 2003; 66(4):829-39.
4. Huang HH. Variation in surface topography of different NiTi orthodontic archwires in various commercial fluoride-containing environments. *Dent Mater*. 2007;23(1):24-33.
5. Kao CT, Ding SJ, Wang CK, He H, Chou MY, Huang TH. Comparison of frictional resistance after immersion of metal brackets and orthodontic wires in a fluoride-containing prophylactic agent. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006;130(5):568 e1-9.
6. Reclaru L, Meyer JM. Effects of fluorides on titanium and other dental alloys in dentistry. *Biomaterials*. 1998;19(1-3):85-92.
7. Schiff N, Boinet M, Morgon L, Lissac M, Dalard F, Grosogeat B. Galvanic corrosion between orthodontic wires and brackets in fluoride mouthwashes. *Eur J Orthod*. 2006;28(3):298-304.
8. Schiff N, Dalard F, Lissac M, Morgon L, Grosogeat B. Corrosion resistance of three orthodontic brackets: a comparative study of three fluoride mouthwashes. *Eur J Orthod*. 2005;27(6): 541-9.
9. Schiff N, Grosogeat B, Lissac M, Dalard F. Influence of fluoridated mouthwashes on corrosion resistance of orthodontics wires. *Biomaterials*. 2004;25(19):4535-42.
10. Schiff N, Grosogeat B, Lissac M, Dalard F. Influence of fluoride content and pH on the corrosion resistance of titanium and its alloys. *Biomaterials*. 2002;23(9):1995-2002.
11. Walker MP, Ries D, Kula K, Ellis M, Fricke B. Mechanical properties and surface characterization of beta titanium and stainless steel orthodontic wire following topical fluoride treatment. *Angle Orthod*. 2007;77(2):342-8.
12. Walker MP, White RJ, Kula KS. Effect of fluoride prophylactic agents on the mechanical properties of nickel-titanium-based orthodontic wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005;127(6):662-9.
13. Watanabe I, Watanabe E. Surface changes induced by fluoride prophylactic agents on titanium-based orthodontic wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2003;123(6):653-6.
14. Dental Health Division [homepage on the Internet]. Bangkok: Dental Health Division; c2006 [updated 2008 Mar 8; cited 2008 Mar 12]. Available from: <http://dental.anamai.moph.go.th/care/brush.htm>
15. Dawes C. How much saliva is enough for avoidance of xerostomia? *Caries Res*. 2004;38(3): 236-40.
16. Dawes C. Factor influencing salivary flow rate and composition. In: Edgar WM, O'Mullane DM, editors. *Saliva and oral health*. London: British Dental Association, 1996:27-36.
17. Birkhed D, Heintze U. Salivary secretion rate, buffer capacity and pH. In: Tenovuo JO, editor. *Human saliva: clinical chemistry and microbiology*. Boca Raton, Fla: CRC Press, 1989:26-47.
18. Dental Health Division [homepage on the Internet]. Bangkok: Dental Health Division; c2006 [updated 2008 Mar 8; cited 2008 Mar 12]. Available from: <http://dental.anamai.moph.go.th/oralhealth/PR/media/comf/ind.html>
19. Yoshiki O, Sellers CB, Mirza K, Farrokh F. Corrosion of dental metallic materials by dental treatment agents. *Mat Sci Eng*. 2005;25(3):343-8.
20. Nakagawa M, Matsuya S, Shiraishi T, Ohta M. Effect of fluoride concentration and pH on corrosion behavior of titanium for dental use. *J Dent Res*. 1999;78(9):1568-72.
21. Angolkar PV, Kapila S, Duncanson MG Jr, Nanda RS. Evaluation of friction between ceramic brackets and orthodontic wires of four alloys. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1990;98(6):499-506.

22. Garner LD, Allai WW, Moore BK. A comparison of frictional forces during simulated canine retraction of a continuous edgewise arch wire. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1986;90(3):199-203.
23. Michelberger DJ, Eadie RL, Faulkner MG, Glover KE, Prasad NG, Major PW. The friction and wear patterns of orthodontic brackets and archwires in the dry state. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118(6):662-74.
24. Tidy DC. Frictional forces in fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989;96(3):249-54.
25. Kim JG, Kim YW. Cathodic protection criteria of thermally insulated pipeline buried in soil. *Corrosion Science.* 2001;43(11):2011-21

Effects of corrosion from fluoride-containing products on static friction between stainless steel brackets and different types of archwires

Pintu-on Chantarawaratit D.D.S.¹

Somsak Chengprapakorn D.D.S., M.D.Sc. (Orthodontics), Diplome,
Thai Board of Orthodontics²

¹Graduate Student, Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

²Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

Abstract

Objective To investigate and compare the levels of static frictional forces between stainless steel brackets and two types of orthodontic wires after immersion in three types of solutions which contained fluoride products.

Materials and methods Canine standard stainless steel brackets (Dyna-lock, 3M Unitek) with stainless steel wires (Stainless Steel,Ormco) and beta-titanium wires (TMA,Ormco) were immersed in three types of the solutions which contained the artificial saliva and fluoride products: fluoride toothpaste, fluoride mouthwash and fluoride gel (APF) at 37°C. In this study, each group included 25 bracket-wire specimens. The static frictional forces were measured by using a Lloyd Universal Testing Machine, Model LR 10 K (Lloyd Instruments, UK) with a 5-N load cell. The wires were ligated by elastomeric rings to the brackets which were attached to the crosshead of the machine. The brackets were pulled up at a speed of 0.1 mm per minute for a distance of 0.5 mm. The control tests were performed using specimens that had not been dipped in any solution. Two-way ANOVA ($\alpha = 0.05$) was used to test for significant differences among the groups of specimens.

Results When comparing the control groups, only the mean static frictional forces of the APF-immersed groups in both stainless steel wire group and beta-titanium wire group were significantly greater than those of their control groups at $p = .013$ and $p = .000$, respectively. When comparing the mean static frictional forces of stainless steel groups to those of beta-titanium groups which were immersed in the same solution, the mean static frictional forces of stainless steel groups were lower than those of beta-titanium groups in which the specimens were dipped in the toothpaste solution and the APF solution at $p = .003$ and $p = .004$, respectively. There was no significant difference between the mean static frictional forces of stainless steel group and beta-titanium group in the control group and the mouthwash solution-immersed group.

Conclusion Immersion of stainless steel brackets, stainless steel wires and beta-titanium wires in the APF solution can increase the static frictional forces between brackets and archwires.

(CU Dent J. 2008;31:179-92)

Key words: *beta-titanium wire; corrosion; fluoride; stainless steel bracket; stainless steel wire; static friction*
