การเปรียบเทียบผลของแรงเฉือนบนพื้นผิวที่แตกต่างกันของแบร็กเกตที่ใช้ในงานทันตกรรมจัดฟัน

เนตรพร กิจอุดม ปร.ด.[1], ธนกฤต หอวรรณภากร วท.ม.[1]
ชนกานต์ จินดาโรจนกุล ปร.ด.[1]

รับบทความ: 22 สิงหาคม 2567
ปรับแก้บทความ: 20 พฤษจิกายน 2567
ตอบรับบทความ: 16 ธันวาคม 2567

บทคัดย่อ

บทนำ : การยึดติดเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟันจะใช้แบร็กเกตยึดติดกับบนผิวเคลือบฟัน ปัจจุบันนี้มีการพัฒนารูปแบบของแบร็กเกตให้สามารถยึดกับผิวเคลือบฟันได้ดีขึ้น และอยู่คงทนตลอดการรักษา เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน

วัตถุประสงค์ : เปรียบเทียบฐานแบร็กเกตที่มีขนาดเท่ากัน แต่ลักษณะแตกต่างกันระหว่าง monoblock และ mesh ว่ามีผลต่อการยึดติดแบบเฉือนหรือไม่

วิธีการศึกษา : นำแบร็กเกตที่มีขนาดเท่ากันแต่ฐานแตกต่างกัน มาจำนวน 20 ชิ้น แบ่งเป็น monoblock 10 ชิ้น และ mesh 10 ชิ้น ยึดติดด้วย resin composite ชนิดเดียวกันวางชิ้นงานลงในแบบวงแหวนที่เตรียมไว้เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม. ทดสอบแรงเฉือนด้วยเครื่อง Universal testing machines โดยนำชิ้นทดลองวางขนานกับใบมีด โดยความเร็วใบมีด คือ 1 มม.ต่อนาที ให้แรงเฉือนจนแบร็กเกตหลุดออกแล้วบันทึกผล

ผลการศึกษา : ฐานแบบ monoblock มีแรงเฉือนเท่ากับ 45.98 MPa ขณะที่ mesh มีค่าเท่ากับ 31.7 MPa แรงยึดเฉือนระหว่างฐานทั้ง 2 แบบ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุป : แรงเฉือนบนพื้นผิวที่แตกต่างกันของแบร็กเกตชนิด monoblock และ mesh มีค่าไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ : การทดสอบแรงเฉือน, พื้นผิวของแบร็กเกตโลหะ

[1]สาขาทันตกรรมจัดฟัน ภาควิชาทันตกรรมป้องกันและทันตสาธารณสุข คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น

Evaluation of shearing bond strength between different base surfaces of orthodontic metal brackets

Netrporn Kitudom DDS.,PhD.[1], Thanakrit Howannaphakorn DDS.,M.Sc.[1]
Chanakant Jindarojanakul DDS.,PhD.[1]

Received: August 22, 2024
Revised: November 20, 2024
Accepted: December 16, 2024

Abstract

Background: For orthodontic treatment, we use orthodontic metal brackets were applied to bond on enamel surface. Recently, base of metal bracket surface was developed for better bonding and long last for entire treatment, in order to getting the best result of orthodontic treatment.

Objective: To evaluate shearing bond strength between different base surfaces of orthodontic metal brackets.

Study design: 20 same sized brackets, 10 monoblock and 10 mesh were used in this study and both groups were bonded with the same resin composite putting each specimen in a model ring which had 1.5cm. in diameter. Then testing for shearing bond strength was done by universal testing machine, cross-head speed was set at 1mm. per minute. The cross-head was applied until bracket failure occurred.

Result: shearing bond strenght of monoblock was 45.98 MPa, while mesh was 31.7 MPa. Shearing bond strength comparing between monoblock and mesh had no significant difference.

Conclusion: in the study, different base of metal bracket surface, monoblock and mesh, metal brackets had no different in shearing bond strength.

Keywords: shearing bond strength, surface of metal orthodontic brackets

[1]Orthodontic Section, Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Western Univerity

บทนำ

การติดเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟันเป็นการใช้แบร็กเกต (bracket) ยึดบนผิวเคลือบฟัน (enamel) ซึ่งปัจจัยหลักที่มีผลต่อการยึดติดของแบร็กเกต ได้แก่ ผิวเคลือบฟันระบบยึดติด (adhesive system) และฐานแบร็กเกต (bracket base) โดยส่วนของฐานแบร็กเกตโลหะมีแนวโน้มที่จะลดขนาดของฐานแบร็กเกตลงเพื่อความสวยงาม ทำให้พื้นที่ผิวที่ใช้ในการยึดติดเชิงกล (mechanical retention) ลดลง และส่งผลให้ค่าแรงยึดติดของแบร็กเกตลดลงด้วยการใช้เรซินคอมโพสิตที่มีสารช่วยเสริมการยึดติดกับโลหะ (adhesion promoter) ในการปรับสภาพพื้นผิวโลหะก่อนการยึดติด[1-3] เพื่อช่วยเพิ่มความทนทานและความแข็งแรงของแรงยึดเฉือนระหว่างผิวโลหะกับเรซินคอมโพสิตโดยการยึดติดด้วยพันธะทางเคมี[4,5] นอกจากนี้ มีความพยายามที่จะพัฒนาแบร็กเกตเพื่อเพิ่มการยึดติดทางมหากลศาสตร์ (micromechanical retention) เช่น การปรับเปลี่ยนจากฐานแบร็กเกตที่เป็นรู (perforated base) เป็นฐานโครงตาข่าย (mesh base) การปรับขนาด และจำนวนของโครงตาข่าย[6] อีกทั้งการพัฒนาการยึดติด ทางจุลกลศาสตร์ (micromechanical retention) เช่น การเป่าทราย (sandblasting) ด้วยผงอะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminium oxide) เพื่อเพิ่มความหยาบบริเวณพื้นผิวซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ยึดติด[7]

ปัจจุบันแนวโน้มการใช้เรซินคอมโพสิตในการยึดติดแบร็กเกต (bracket) ทางทันตกรรมจัดฟันเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีการพัฒนาคุณสมบัติและคุณภาพของวัสดุโดยเฉพาะอย่างยิ่งการยึดติดกับผิวเคลือบฟัน แต่อย่างไรก็ตาม พบว่ามีการหลุดของแบร็กเกตในระหว่างการรักษา[8] โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณรอยต่อของแบร็กเกตและเรซินคอมโพสิต ซึ่งอาจเกิดจากแรงจากการบดเคี้ยว การมีฟองอากาศระหว่างผิวสัมผัส หรือการยึดกันที่ไม่ดีของแบร็กเกตและเรซินคอมโพสิต ซึ่งเป็นการยึดติดเชิงกลเท่านั้น[1,4] การแตกหักบริเวณดังกล่าวจะเหลือวัสดุคอมโพสิตอยู่บนผิวฟันซึ่งต้องใช้เวลาในการกำจัดออกและในขั้นตอนการกำจัดออกอาจเกิดความเสียหายต่อผิวเคลือบฟัน[4,5,8]

การวิจัยนี้เป็นการทดสอบกำลังแรงยึดเฉือนเนื่องจากแรงยึดเฉือนเป็นแรงที่พบมากที่สุดในช่องปากเมื่อมีการบดเคี้ยวอาหาร โดยจะทดสองแรงยึดเฉือนของการยึดติดแบร็กเกตโลหะบนผิวเรซินคอมโพสิต เมื่อมีการยึดติดร่วมกันทั้งทางกลศาสตร์และทางเคมีโดยเลือกใช้แบร็กเกตที่มีฐานต่างกัน ฐานที่แตกต่างกันนี้เพิ่มประสิทธิภาพของการยึดติดแบร็กเกตโลหะบนเรซินคอมโพสิตได้หรือไม่ โดยวัตถุประสงค์ของการทดลองนี้ เพื่อศึกษาค่ากำลังแรงยึดเฉือนในการยึดแบร็กเกตโลหะที่มีฐานต่างกันบนเรซินคอมโพสิต

วัสดุและวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของการยึดติดแบบเฉือนของแบร็กเกตจัดฟันโลหะหลังยึดติดกับผิววัสดุอุดเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลล์ในแบบวงแหวน (Model ring) เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ซม. โดยติดแบร็คเกตให้อยู่บริเวณกึ่งกลางของวงแหวน ใช้แบร็กเกตที่มีลักษณะพื้นผิวบริเวณฐานที่แตกต่างกัน เป็นแบร็กเกตโลหะยี่ห้อเดียวกันที่มีขนาดฐานเท่ากัน แต่ลักษณะพื้นผิวฐานต่างกัน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 คือ แบร็กเกตโลหะที่มีลักษณะพื้นผิวบริเวณฐานแบบ monoblock จำนวน 10 ชิ้น[9,10] และกลุ่มที่ 2 คือ แบร็กเกตโลหะที่มีลักษณะพื้นผิวบริเวณฐานแบบตาข่าย (Mesh) จำนวน 10 ชิ้น เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของการยึดติดแบบเฉือนของทั้งสองกลุ่มและศึกษาดัชนีส่วนเหลือสารยึดติด โดยแบร็กเกตโลหะ ยี่ห้อ west lake series 100 ที่มีลักษณะพื้นผิวแบบ monoblock จำนวน 10 ชิ้น และกลุ่มที่ 2 คือ แบร็กเกตโลหะ ยี่ห้อ west lake series 300 ที่มีลักษณะพื้นผิวบริเวณฐานแบบตาข่าย (mesh) จำนวน 10 ชิ้น ยึดติดด้วย Resin composite ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นชนิดเดียวกัน คือ Filtex Z350 XT, 3M ESPE และอุดบนพื้นที่หน้าตัดกว้าง

1 เซนติเมตร และลึก 0.5 เซนติเมตร (รูปภาพที่ 1) โดยการทดลองจะเลือกชิ้นตัวอย่างที่ไม่มีรอแตกของผิว Resin composite และยึดติดได้ดี ไม่หลุดหรือขยับออกจากตำแหน่งที่กำหนดไว้ การทดสอบแรงยึดติดแบบเฉือนจะทำภายใน 1 ชั่วโมงหลังยึดติดแบร็กเกตเข้ากับผิว Resin composite แล้ว

รูปภาพที่ 1 เครื่องวัดแรงดึง (Tensile) เป็นไปตามลักษณะของการทดสอบแบบดึงยึดชิ้นงาน

ซึ่งงานวิจัยนี้ทำการทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติดแบบเฉือนด้วยเครื่อง Electronic Hounsfield Use Universal Testing Machines Force Pull Testing Machine โดยใบมีดดีบอนดิ้ง (Debonding blade) มีความเร็วหัวกด (Head speed) 1 มิลลิเมตร/นาที ในแนวขนานกับระนาบปีกแบร็กเกต บันทึกค่าแรงเฉือนที่ได้จากการทดสอบหลังจากแบร็กเกตหลุดออกจากผิวชิ้นงานโดยใช้หน่วยเป็น MPa และบันทึกค่าดัชนีส่วนเหลือของสารยึดติด (Adhesive Remnant Index : ARI scores)[12] โดย

0 = ไม่หลงเหลือวัสดุ Resin composite ที่ฐานแบร็กเกตเลย

1 = เหลือวัสดุ Resin composite น้อยกว่า 50% ที่ฐานแบร็กเกต

2 = เหลือวัสดุ Resin composite มากกว่า 50% แต่ไม่ถึง 100% ที่ฐานแบร็กเกต

3 = วัสดุ Resin composite ทั้งหมดติดที่ฐานแบร็กเกต

ผลการศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่า Bracket Series 100 พื้นผิวแบบ monoblock มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากำลังแรงยึดเฉือนเท่ากับ 45.98 ± 14.01 และ Bracket Series 300 มีพื้นผิวแบบ mesh ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากำลังแรงยึดเฉือนเท่ากับ 31.70 ± 12.65 เมื่อเปรียบเทียบแรงยึดเฉือนเฉลี่ยของแบร็กเกตจัดฟัน แบบที่ 1 แบร็กเกตโลหะ ยี่ห้อ west lake series 100 ที่มีลักษณะพื้นผิวแบบ monoblock และกลุ่มที่ 2 คือ แบร็กเกตโลหะยี่ห้อ west lake series 300 ที่มีลักษณะพื้นผิวบริเวณฐานแบบตาข่าย (mesh) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากำลังแรงยึดเฉือนของแบร็กเกตโลหะจัดฟันทั้ง 2 ชนิด

ชนิดแบร็กเกตโลหะจัดฟัน	n	Shear/peel bond strength (MPa) Mean ± SD
Bracket Series 100 (พื้นผิวแบบ monoblock)	10	45.98 ± 14.01
Bracket Series 300 (พื้นผิวแบบ mesh)	10	31.70 ± 12.65

* Significant difference (p-value < 0.05)

จากผลการศึกษา พบว่า Bracket Series 100 ทีมีพื้นผิวแบบ monoblock มีค่าเฉลี่ยของค่ากำลังแรงยึดเฉือนเท่ากับ 45.98 และ Bracket Series 300 มีพื้นผิวแบบ mesh ค่าเฉลี่ยของค่ากำลังแรงยึดเฉือนเท่ากับ 31.70 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Mann-Whitney U=0.059) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบแรงยึดเฉือนเฉลี่ยของแบร็กเกตจัดฟัน แบบที่ 1 Bracket Series 100 กับแบบที่ 2 Bracket Series 300 (n=20)

ชนิดแบร็กเกตโลหะจัดฟัน	N	M	S.D.	Mean Rank	Z	p-value
Bracket Series 100	10	45.98	14.01	13.0		
					25.00	0.059
Bracket Series 300	10	31.70	12.65	8.0		

* Significant difference (p-value < 0.05)

จากผลการศึกษา พบว่า Bracket Series 100 มีค่าดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดมากที่สุด คือ 3 ซึ่งจะมีสารเรซินยึดติดทั้งหมดอยู่บนผิวบริเวณฐานแบร็กเกต มีจำนวน 5 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 50 ของกลุ่มทดลองที่1 ส่วน Bracket Series 300 มีค่าดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดมากที่สุด คือ 0 ซึ่งจะไม่มีสารเรซินยึดติดหลงเหลืออยู่บริเวณฐานแบร็กเกต มีจำนวน 6 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 60 ของกลุ่มทดลองที่ 2 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงความถี่ (ร้อยละ) ของดัชนีส่วนเหลือสารยึดติด (ARI scores)

ชนิดแบร็กเกตโลหะจัดฟัน	ดัชนีส่วนเหลือสารยึดติด (ARI scores)							
	0		1		2		3	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
Bracket Series 100	1	10.00	2	20.00	2	20.00	5	50.00
Bracket Series 300	6	60.00	3	30.00	0	0.00	10	10.00

วิจารณ์

จากผลการศึกษา พบว่า การยึดเฉือนของแบร็กเกตโลหะ ยี่ห้อ west lake series 100 ที่มีลักษณะพื้นผิวแบบ monoblock และกลุ่มที่ 2 คือ แบร็กเกตโลหะ ยี่ห้อ west lake series 300 ที่มีลักษณะพื้นผิวบริเวณฐานแบบ ตาข่าย (mesh) โดยการยึดเฉือนของแบร็กเกตโลหะ ยี่ห้อ west lake series 100 มีการยึดเฉือนที่มากกว่า แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Valletta[13] และคณะ ที่ไม่พบความแตกต่างในกลุ่มที่ใช้วัสดุ Resin composite เมื่อทดสอบด้วยแรงเฉือน ผลดังกล่าวเกิดอาจเกิดเนื่องมาจากในปัจจุบันมีการออกแบบและพัฒนาแบร็กเกตจัดฟันทั้งวัสดุที่ใช้ในการผลิตที่ต้านต่อการแตกหัก ลักษณะพื้นผิวของฐานแบร็กเกตที่เหมาะสมต่อการยึดติดและเหมาะกับกายวิภาคและรูปร่างของฟันของผู้ป่วย และอาจเนื่องจากจำนวนชิ้นงานของแต่ละกลุ่มที่น้อย ทำให้ผลที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการศึกษายังพบว่า ดัชนีส่วนเหลือสารยึดติด (Adhesive Remnant Index : ARI scores) ของแบร็กเกตโลหะ กลุ่มที่1 ยี่ห้อ west lake series 100 ที่มีลักษณะพื้นผิวแบบ monoblock และกลุ่มที่ 2 คือ แบร็กเกตโลหะ ยี่ห้อ west lake series 300 มีความแตกต่างกัน โดยBracket Series 100 มีค่าดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดมากกว่า Bracket Series 300 ผลดังกล่าวเกิดเนื่องมาจากบริเวณฐานของแบร็กเกตทั้งสองชนิดมีผิวที่เป็นผลึกขรุขระรูปร่างไม่แน่นอนกระจายอยู่ทั่วไป แต่มีความแตกต่างกันในแง่ของความสม่ำเสมอ ขนาดและรูปร่างของผลึกที่ใช้ รวมถึง undercut ภายใต้ผลึกดังกล่าว โดย bracket series 100 มีความโค้งมนตามรอยต่อของผลึกที่ฐานแบร็กเกตกระจายอย่างสม่ำเสมอ อาจส่งผลให้สารยึดติดสามารถแทรกซึมเข้าไปสะสมใต้ undercut ได้มากกว่า bracket series 300 ทั้งนี้อาจเป็นเพียงปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่าดัชนีส่วนเหลือสารยึดติดของ bracket series 100 มากกว่า แต่ด้วยการวิจัยนี้มีขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ค่อนข้างน้อย ทำให้ผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพียงอาจแสดงได้ว่าสารยึดติดสามารถแทรกซึมใต้ undercut บริเวณฐานของ bracket series 100 ได้สูงกว่า ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Nataly[14] ที่ฐานของแบร็กเกตที่มีretentionมากกว่าจะมีผลต่อการยึดติดของวัสดุResin composite

สรุป

การยึดเฉือนของแบร็กเกตโลหะ ยี่ห้อ west lake series 100 ที่มีลักษณะพื้นผิวแบบ monoblock และกลุ่มที่ 2 คือ แบร็กเกตโลหะ ยี่ห้อ west lake series 300 ที่มีลักษณะพื้นผิวบริเวณฐานแบบ ตาข่าย (mesh) มีการยึดติดที่ไม่แตกต่างกัน เมื่อทำการยึดติดด้วยวัสดุชนิดเดียวกัน แรงยึดติดที่ดีไม่ได้ขึ้นกับลักษณะพื้นผิวของฐานแบร็กเกตแต่เพียงอย่างเดียว ยังคงมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการยึดติดของเครื่องมือได้ เช่น การควบคุมความชื้นขณะทำการยึดติด ขั้นตอนการเตรียมพื้นผิวฟัน ระยะเวลาในการทากรด ทาไพรเมอร์ ความแรงลมที่ใช้ในการเป่าผิวฟัน รวมไปถึงความเข้มของเครื่องฉายแสงที่ใช้และเวลาในการฉายด้วย[2,3,6,7,11]

เอกสารอ้างอิง

1. ปิยะนารถ เอกวรพจน์. วัสดุบูรณะฟันเรซินคอมโพสิต ส่วนประกอบการพัฒนาและการเลือกใช้งาน. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) 2557;112-33.
2. วิธวัช วงศ์สมุทร, สิริโฉม สาตราวาหะ, กรชนก วยัคฆานนท์. ผลของการทาไพรเมอร์ต่อความแข็งแรงยึดติดเฉือนระหว่างแบร็กเกตจัดฟันกับวัสดุอะมัลกัม [อินเตอร์เน็ต]. 2560 [เข้าถึงเมื่อ 1 พฤษภาคม 2565]. เข้าถึงได้จาก: https://gsbooks.gs.kku.ac.th/60/nigrc 2017/pdf/MMO6.pdf

3. ธารินทร์ เพียงสุข, ธีระพงษ์ ม้ามณี, ศิริพงศ์ ศิริมงคลวัฒนะ. ผลของไพรเมอร์และสารยึดติดที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นส่วนประกอบต่อความแข็งแรงยึดเฉือนระดับจุลภาคระหว่างเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์กับเซอร์โคเนีย. เชียงใหม่ทันตสาร 2561;39(3):81-90.
4. วิกันดา เขมาลีลากุล. กำลังแรงยึดเฉือนของการยึดติดแบร็กเกตโลหะบนผิวเคลือบฟันเมื่อใช้เมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์. วารสารทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2563;60(3):200-5.
5. สุภัสสรา ศิรบรรจงกราน. กำลังแรงยึดแบบเฉือนระหว่างแบร็กเกตจัดฟันโลหะและผิวโลหะหล่อผสมพื้นฐานทางทันตกรรมที่เตรียมด้วยวิธีทางเคมี. เชียงใหม่ทันตสาร 2563;41(2):101-11.
6. พลอยลดา วิทวัสพันธุ์, อธิคม สุรินทร์ธนาสาร. กำลังแรงยึดเฉือนระหว่างแบร็กเกตจัดฟันโลหะกับวัสดุบูรณะเซอร์โคเนียที่ผ่านการปรับสภาพผิวที่แตกต่างกัน [อินเตอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 30 เมษายน 2565]. เข้าถึงได้จาก: http://www.dent.chula.ac.th/upload/ images2/ graduate/ 6175829132.pdf
7. กรพินท์ มหาทุมะรัตน์. การศึกษากำลังแรงยึดเฉือนผิวปอกของวัสดุยึดทางทันตกรรมจัดฟันที่ยึดแบร็กเก็ตซึ่งได้รับการเป่าทรายกับผิวเคลือบฟันเปรียบเทียบกับแบร็กเก็ตใหม่. วารสารทันตแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2553;33(1): 25-30.
8. วรุฒ ทองเกิด, ธนากร วาสนาเพียรพงศ์, ภาวิณีย์ ปฏิพัทธ์วุฒิกุล ดิดรอน, นงลักษณ์ สมบุญธรรม. การศึกษาความต้านทานต่อการแตกหักของไทวิงส์และความแข็งแรงพันธะเฉือนของศรีนครินทรวิโรฒแบร็กเกตจัดฟันชนิดอะลูมินัมออกไซด์เซรามิก. วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2563;23(3):32-43.
9. ธวัชชัย วงพงศธร, สุรีย์พันธุ์ วรพงศธร. การคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับงานวิจัยโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป G PoWER. วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม 2561;41(2):11-21.
10. บุญชม ศรีสะอาด. วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สุริย์วิทยาสาส์น; 2542.
11. Tayebi A, Fallahzadeh F, Morsaghian M. Shear bond strength of orthodontic metal brackets to aged composite using three primers. J Clin Exp Dent. 2017;9(6):e749-55.
12. Artun J and Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. Am J Orthod 1984; 85:4:333-40.
13. Valletta R, Prisco D, DeSantis R, Ambrosio L and Martina R. Evaluation of the debonding strength of orthodontic brackets using three different bonding system. Eur J Orthod 2007;29:571-7.
14. Nataly Corahua-Raymi, Seber Guardia-Huamani, Luis Cervantes-Ganoza, Leonor Castro-Ramirez, Carlos Lopez-Gurrenonero, Alberto Cornejo-Pinto, Cesar Cayo-Rojas. Shear bond strength of three different metal bracket base designs on human premolars: An in vitro comparative study. J Clin Exp Dent. 2024 Jan 1;16(1):e78-e83. doi:10.4317/jced.61166.