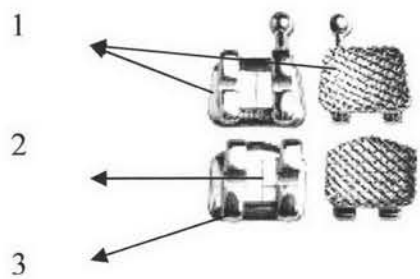
บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเคลื่อนฟันในทางทันตกรรมจัดฟันจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือในการส่งผ่านแรงไปยังตัวฟันและกระดูกที่รองรับเพื่อแก้ไขความผิดปกติของการสบฟันและการเรียงตัวของฟัน

แบร็กเกต (bracket) เป็นส่วนสำคัญในการถ่ายทอดแรงไปยังตัวฟันและส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เมื่อมีแรงกระทำที่ตัวแบร็กเกต แบร็กเกตจัดเป็นเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟันชนิดติดแน่นที่ติดอยู่บนผิวฟันโดยจะได้รับแรงที่ส่งผ่านมาทางเส้นลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน (orthodontic archwire) ซึ่งพาดอยู่กับร่องแบร็กเกตและยึดอยู่ด้วยยางที่เรียกว่าวงอีลาสโทเมอร์ (elastomerics ring) หรือด้วยลวดเหล็กกล้าไร้สนิม (ligature wire) แบร็กเกตโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของแบร็กเกต

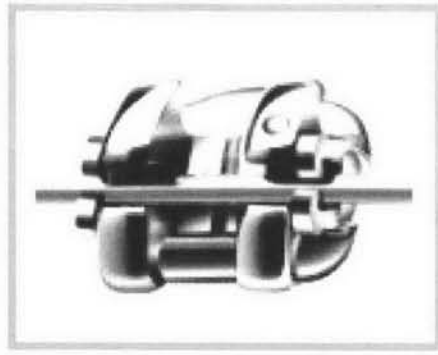
1. ฐานแบร็กเกต (bracket base)
2. ร่องแบร็กเกต (bracket slot)
3. ปีกแบร็กเกต (Tie wing)

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาแบร็กเกต ในรูปแบบใหม่ที่ไม่ต้องใช้การมัดเส้นลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันเข้ากับร่องแบร็กเกตที่เรียกกันว่า เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกต (self-ligating bracket) โดยเซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกตนี้จะอำนวยความสะดวกให้แก่ทันตแพทย์จัดฟัน โดยใช้กลไกชิ้นส่วนของ

แบร็กเกตเองที่สามารถเปิดและปิดร่องแบร็กเกตทางด้านหน้าของแบร็กเกต (Harradine, 2003) ซึ่งกลไกเหล่านี้ก็แตกต่างกันไปในแต่ละแบบของแบร็กเกตขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต

เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกต ที่ได้รับการจดสิทธิบัตรเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1933 คือ Boyd bracket ซึ่งคิดค้นโดย Charles E. Boyd. (Graber, 2005) และได้มีการพัฒนาปรับปรุงเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและรูปแบบของ เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกต มาอย่างต่อเนื่องมากมายนับ 10 รูปแบบ เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกต สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆตามรูปแบบของแรงกระทำ (mode of action) ที่แบร็กเกตมีต่อเส้นลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน (Berger, 2000) ได้แก่

1. เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกต แบบไร้แรง (passive) เป็นเซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกตที่มีฝาปิด-เปิด หรือคลิปจับลวดทางด้านหน้าที่ไม่ได้ส่งแรงกดลงไปยังลวดทางทันตกรรมจัดฟัน เช่น แบร็กเกตในระบบดามอน (DAMON®) , สมาร์ทคลิป (SmartClip®)
2. เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกต แบบมีแรง (active) เป็นเซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกตที่จะส่งแรงกดไปยังลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันเพื่อให้อยู่ภายในร่องแบร็กเกต เช่น แบร็กเกตสปีด (SPEED) , แบร็กเกตอิน-โอเวชั่น (In-Ovation)



รูปที่ 2 แบร็กเกตสมาร์ทคลิป

เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกตระบบสมาร์ทคลิป ได้รับการพัฒนารูปแบบต่อมาจากแบร็กเกตในเครื่องมือระบบ MBT Versatile+ โดยยึดหลักปรัชญา (philosophy) ที่ว่า มีคุณประโยชน์ใช้สอยมาก (maximum versatility) เป็นแบร็กเกตปีกคู่ขนาดกลาง (mid-size twin bracket) มีการกำหนดการใช้งาน(bracket prescription) และ ให้แรงในขนาดที่เบา (use of light force) แบร็กเกตสมาร์ทคลิปจะใช้กลไกจากนิทินอล คลิป (nitinol clip) 2 ตัวที่อยู่บนแบร็กเกตทำหน้าที่ ปิด-เปิด แบบยืดหยุ่นเพื่อรองรับเส้นลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันที่จะใส่เข้าในร่องแบร็กเกต โดยที่ไม่มี ประตูบานเลื่อน (moving door)หรือสลัก (latch) เพราะเชื่อว่า ประตูบานเลื่อนหรือสลักนี้จะทำให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น

การติดของประตูบานเลื่อนทำให้เปิดไม่ออก หรือการที่ประตูบานเลื่อนเปิดค้างอยู่ตลอดเวลา หรือการเกิดการสะสมของแผ่นคราบจุลินทรีย์บนประตูบานเลื่อนนี้ อาจกล่าวได้ว่าแบร็กเกตสมาร์ทคลิปนี้เป็นเซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกตอย่างแท้จริง (true self-ligating bracket) เนื่องจากคลิปจะปิดตัวเองโดยอัตโนมัติในทันทีที่เราใส่เส้นลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันเข้าในร่องแบร็กเกต โดยที่ไม่ต้องปิดประตูบานเลื่อนในภายหลังเหมือน เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกต ชนิดอื่น นอกจากนี้จากการที่ แบร็กเกตสมาร์ทคลิป เป็นแบร็กเกตแบบคู่อย่างแท้จริง (true twin design) ทำให้ทันตแพทย์มีทางเลือกในการมัดเส้นลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันให้เข้ากับร่องแบร็กเกตเพียงครึ่งเดียวในกรณีที่ฟันมีการซ้อนเกอย่างมาก หรือถ้าต้องการใช้การมัดด้วย วงอีลาสโทเมอร์ ทั่วไปก็สามารถทำได้ (Trevisi, 2006)

รูปที่ 3 แบร็กเกตดามอนทรีเอ็มเอ็กซ์

เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกตระบบดามอน ได้ถูกคิดค้นและพัฒนาโดย Dr. Dwight Damon โดยชนิดแรกคือ ดามอนเอสแอลวัน (DAMON SL I) ในปี ค.ศ. 1996 (Damon, 1998) ต่อมาในปี 2000 ได้พัฒนาต่อมาเป็น ดามอนเอสแอลทู (DAMON SL II) ที่ได้ใช้กันอย่างแพร่หลาย และในปี ค.ศ. 2004 ได้พัฒนามาเป็นดามอนทรี (DAMON 3) และล่าสุดเมื่อปีค.ศ. 2005 เป็นดามอนทรีเอ็มเอ็กซ์ (DAMON 3MX) ซึ่งเป็น แบร็กเกตรุ่นล่าสุดในระบบของดามอน โดย แบร็กเกตดามอนนี้จะมีลักษณะของประตูบานเลื่อนซึ่งถือเป็นผนังด้านที่ 4 ของ ร่องแบร็กเกตที่สามารถบังคับให้เส้นลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันอยู่ภายในร่องแบร็กเกต ทำให้ร่องแบร็กเกตมีลักษณะคล้ายท่อ (tube) ซึ่งจะทำให้เครื่องมือในระบบนี้เป็นเครื่องมือแบบไร้แรง (passive appliance) (Graber, 2005)

ประโยชน์ของการใช้ เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกตที่ผู้ผลิตนำมาอ้างเปรียบเทียบกับการใช้ แบร็กเกตธรรมดา (conventional bracket) มีอยู่หลายข้อ แต่ที่ชัดเจนและเป็นคุณประโยชน์หลักของการเลือกใช้เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกตก็คือ ความสะดวกสบายของทันตแพทย์ที่ไม่จำเป็นต้องเสียเวลา (chairtime) ในการมัดเส้นลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันเข้ากับร่องแบร็กเกต แต่มาในระยะหลังๆนี้มักมีการกล่าวถึงประโยชน์ในอีกลักษณะหนึ่ง คือ การที่ เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกต มีแรงเสียดทานที่ต่ำกว่า

แบร็กเกตธรรมดา (Harradine, 2001) ซึ่งประโยชน์ของการที่ เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกต มีแรงเสียดทานที่ต่ำกว่านี้ทำให้ แรงที่ใช้ในการเคลื่อนฟันเป็นแรงที่เหมาะสม (optimal force) ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟัน (periapical tissue) และทำให้เกิดการเคลื่อนฟันที่มากที่สุด (Nanda, 1997)

การพยายามลดแรงเสียดทานเชื่อว่าสามารถทำให้มีระบบแรงที่เหมาะสมต่อการเคลื่อนฟัน ต่อมาในระยะหลังนี้บริษัทผู้ผลิตเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟันจึงพยายามนำเสนอแบร็กเกตชนิดใหม่ที่อ้างว่าทำให้มีแรงเสียดทานที่ต่ำระหว่างการเคลื่อนฟัน โดยการลดแรงเสียดทานซึ่งสามารถกระทำได้จากการลดค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทาน (coefficient of friction) ในวัสดุของลวดและแบร็กเกตลง หรือจากการลดแรงที่ใช้มัดบนลวดลง (Berger, 1990; Kapur, Sinha และ Nanda, 1999a; Shivapuja และ Berger, 1994)

มีผู้วิจัยหลายท่านศึกษาเปรียบเทียบแรงเสียดทานระหว่างแบร็กเกตธรรมดาและเซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกต โดยผลการศึกษาต่างๆสอดคล้องไปในทางเดียวกันว่า เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกต มีแรงเสียดทานที่น้อยกว่า แบร็กเกตธรรมดา (Loftus และคณะ, 1999; Pizzoni, Ravnholt และ Melsen, 1998; Read-Ward, Jones และ Davies, 1997; Sims, Waters และ Birnie, 1994; Sims และคณะ, 1993; Thorstenson และ Kusy, 2002b, 2001) ในขณะที่ยังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบเพื่อหาแรงเสียดทานระหว่าง สมาร์ทคลิป ดามอนทรีเอ็มเอ็กซ์ ที่เป็นแบบไร้แรงเหมือนกัน ซึ่งเซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกต ทั้ง 2 ชนิดนี้ได้มีบริษัทนำเข้ามาจัดจำหน่ายและใช้ภายในประเทศไทยได้ระยะเวลาหนึ่งแล้ว ดังนั้นการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นการเปรียบเทียบหาแรงเสียดทานระหว่างเซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกตแบบไร้แรง2ชนิด คือ สมาร์ทคลิป และ ดามอนทรีเอ็มเอ็กซ์ โดยเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการซึ่งผลการทดลองที่ได้จะเป็นประโยชน์แก่ทันตแพทย์จัดฟันในการเลือกใช้เครื่องมือเซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกตในการบำบัดรักษาผู้ป่วยทางทันตกรรมจัดฟันได้อย่างเหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงขนาดของแรงเสียดทานของเซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกตแบบไร้แรงที่สภาวะแอคตีฟ (active configuration) ในขณะที่มีการเคลื่อนที่แบบเลื่อนไถล
2. เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของแรงเสียดทาน ของเซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกตแบบไร้แรง 2 ชนิด กับแบร็กเกตธรรมดา (conventional bracket) ที่สภาวะแอคตีฟ (active configuration)

สมมติฐานของการวิจัย

1. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานระหว่าง เซลฟ์ไลเกตติ้ง แบร็กเกตแบบไร้แรง สมาร์ทคลิป และ ดามอนทรีเอ็มเอ็กซ์ ที่มุมกระทำระหว่างลวดและแบร็กเกตเท่ากัน
2. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยแรงเสียดทานระหว่างเซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกต 2 ชนิดกับแบร็กเกตธรรมดา

ขอบเขตของการวิจัย

1. เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิห้องในสภาวะแห้ง
2. เป็นการศึกษาเพื่อหาแรงเสียดทานสถิตในการเคลื่อนที่ของเซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกตบนเส้นลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน
3. มุมกระทำระหว่างเส้นลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันกับแบร็กเกตเป็นมุม 3 องศา
4. เส้นลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันที่ใช้เป็นเส้นลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันชนิดเหล็กกล้าไร้สนิมขนาด 0.019x0.025 นิ้ว

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ค่าแรงเสียดทานสถิตเป็นค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องลอยด์ยูนิเวอร์เซลเทสติงมาชีน (Lloyd Universal Testing Machine, Model LR 10 K) โดยใช้ตุ้มน้ำหนัก (load cell) 5 นิวตันและทำการทดลองดึงด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อนาที การแปลผลแรงเสียดทานสถิตทำได้โดยประเมินจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ในการดึงกับระยะทางที่แบร็กเกตเคลื่อนที่ไป เมื่อเส้นกราฟที่เกิดจากแรงดึงเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดของเส้นกราฟจุดแรกก่อนที่จะมีการลดลงหรือคงที่ของเส้นกราฟ โดยที่จุดสูงสุดนี้ แรงที่อ่านได้คือ ค่าแรงเสียดทานสถิต
2. การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อหาค่าแรงเสียดทานสถิต เนื่องจากการเคลื่อนฟันทางทันตกรรมจัดฟันเป็นการเคลื่อนที่แบบเลื่อนไถลของแบร็กเกตที่พาฟันไปบนลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันที่ไม่ได้เป็นการเลื่อนไถลแบบต่อเนื่อง (continuous motion) เหมือนการเคลื่อนที่ทั่วไปของวัตถุชิ้นหนึ่งเคลื่อนไปบนวัตถุอีกชิ้นหนึ่งโดยแรงที่มากกว่าแรงเสียดทานจลน์ จากการเคลื่อนที่ในลักษณะเฉพาะนี้และเนื่องจากแรงเสียดทานสถิตที่มีค่ามากกว่าแรงเสียดทานจลน์เสมอ ทำให้แรงเสียดทานสถิตมีบทบาทที่สำคัญกับการเคลื่อนฟันที่มากกว่า

3. การศึกษานี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ภายนอกช่องปาก (In vitro) ที่ไม่ครอบคลุมถึงปัจจัยทางชีวภาพ เช่น น้ำลาย คราบจุลินทรีย์ แรงบดเคี้ยว
4. เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกตที่ใช้ในการศึกษานำมาจากบริษัทผู้จัดจำหน่ายภายในประเทศ
5. เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกตที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบร็กเกตสำหรับฟันเขี้ยวที่มีขนาดและรูปร่างตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด
6. ลวดและแบร็กเกตที่ใช้ในการทดลองจะใช้เพียงครั้งเดียวแล้วเปลี่ยนใหม่ในการทดลองครั้งต่อไป
7. การทดลองกระทำโดยผู้ทดลองเพียงคนเดียวตลอดการทดลอง

ข้อจำกัดของการวิจัย

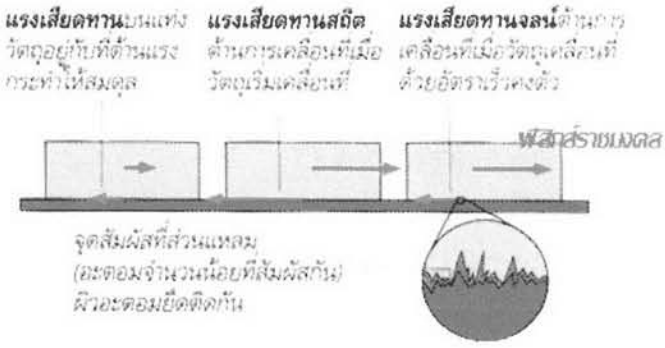
1. การศึกษาเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการที่กระทำภายนอกช่องปาก ซึ่งไม่เหมือนกับสภาพแวดล้อมภายในช่องปากทำให้อาจจะมีปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อค่าแรงเสียดทานต่างกัน
2. การศึกษานี้เป็นการศึกษาที่กำหนดให้มุมกระทำระหว่างลวดและแบร็กเกตมากกว่ามุมวิกฤต 1องศา ซึ่งการเคลื่อนของฟันปกติจะเคลื่อนที่มุมกระทำระหว่างลวดและแบร็กเกตที่มุมต่างๆกัน
3. การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อหาค่าแรงเสียดทานสถิต

คำสำคัญ

1. แรงเสียดทานสถิต
2. มุมวิกฤต
3. สภาวะพาสสีฟ (passive configuration)
4. สภาวะแอคตีฟ (active configuration)
5. เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกต

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. แรงเสียดทานสถิต คือ แรงกระทำที่ต้านการเคลื่อนที่ของผิววัตถุ 2 ชนิดที่สัมผัสกันในขณะที่วัตถุอยู่ในสภาวะไม่เคลื่อนที่ จะมีค่าสูงที่สุดในขณะที่วัตถุเริ่มเคลื่อนที่ ในการศึกษานี้จะหมายถึงในขณะที่แบร็กเกตเริ่มเคลื่อนที่ไปบนเส้นลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน



รูปที่ 4 แรงเสียดทาน (ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชมงคล,2008)

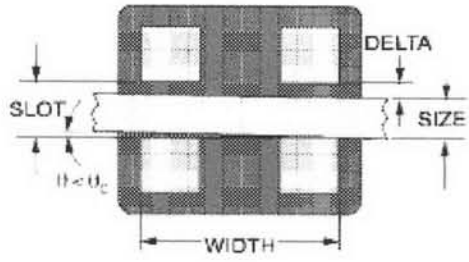
2. มุมวิกฤต คือ มุมที่ลวดกระทำกับแบร็กเกตและเกิดการยึดติดระหว่างลวดและแบร็กเกตที่มุมทะแยง โดยค่ามุมวิกฤตหาได้จากความสัมพันธ์ของขนาดลวดในแนวดิ่ง ขนาดร่องแบร็กเกตในแนวดิ่ง และความกว้างของแบร็กเกตในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง (Kusy และ Whitley, 1999a)

มุมวิกฤต = $\frac{57.32(\text{CLEARANCE INDEX})}{(\text{BRACKET INDEX})}$

CLEARANCE INDEX = 1-ENGAGEMENT INDEX

ENGAGEMENT INDEX = ขนาดลวดในแนวดิ่ง/ขนาดร่องแบร็กเกตในแนวดิ่ง

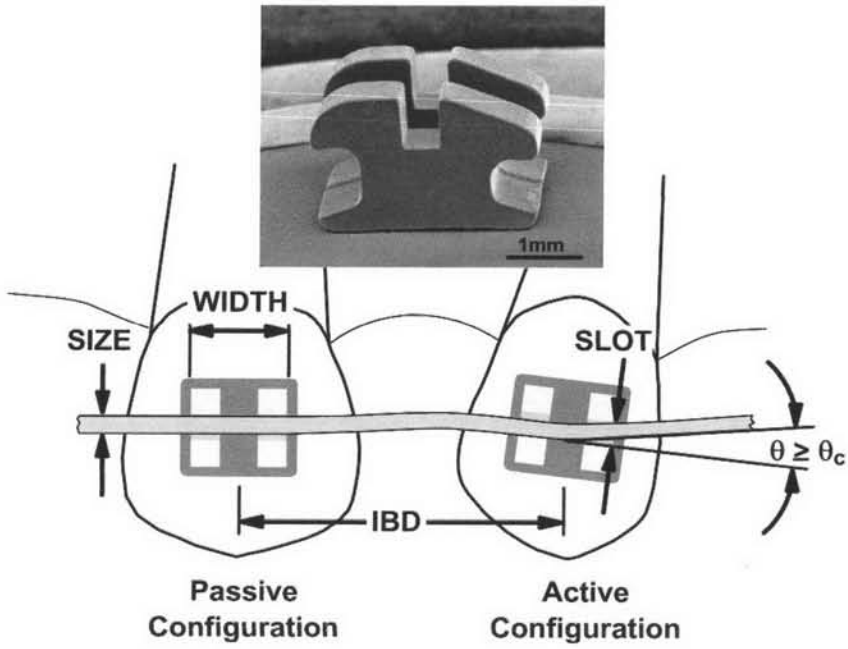
BRACKET INDEX = ขนาดความกว้างแบร็กเกตในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง/ขนาดร่องแบร็กเกตในแนวดิ่ง



รูปที่ 5 แสดงค่าต่างๆที่ใช้ในการหาค่ามุมวิกฤต (Kusy และ Whitley, 1999b)

3. สภาวะพาสสีฟ (passive configuration) เป็นสภาวะมุมที่เกิดขึ้นระหว่างลวดและแบร็กเกตซึ่งยังไม่เกิดการติดหรือขัดกันที่มุมของร่องแบร็กเกต โดยสภาวะนี้เป็นสภาวะที่ลวดทำมุมกับแบร็กเกตน้อยกว่ามุมวิกฤต

4. สภาวะแอคตีฟ (active configuration) เป็นสภาวะมุมที่เกิดขึ้นระหว่างลวดและแบร็กเกตซึ่งเกิดการติดหรือขัดกันตรงมุมของร่องแบร็กเกต โดยสภาวะนี้เป็นสภาวะที่ลวดทำมุมกับแบร็กเกตมากกว่าหรือเท่ากับมุมวิกฤต



รูปที่ 6 แสดงสภาวะพาสสีฟและแอคตีฟในระหว่างการเลื่อนไถล (Whitley และ Kusy, 2007)

5. เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกต (Self-ligating bracket) คือ แบร็กเกตที่มีชิ้นส่วนของแบร็กเกตเองในการบังคับลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันให้อยู่ในร่องแบร็กเกตเพื่อให้มีกลไกในการเลื่อนไถลหรือการเคลื่อนที่ของลวดในร่องแบร็กเกตได้อย่างคล่องตัว โดยมีแรงเสียดทานน้อยที่สุด แบร็กเกตชนิดนี้ไม่ต้องอาศัยการมัดด้วยวงอีลาสโทเมอร์ (elastomeric ring) ซึ่งมักจะใช้กันอยู่เป็นประจำ (wikipedia)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบได้ว่าระบบของ เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกตแบบไร้แรงชนิดใดจะมีแรงเสียดทานที่น้อยกว่า ทำให้ฟันสามารถเลื่อนไถลได้ง่ายกว่าทำให้สามารถเลือกใช้แรงในกลไกการรักษาชนิดแรงน้อย (light force) ได้

2. เป็นข้อมูลพื้นฐานและเป็นแนวทางในการค้นคว้าวิจัยทางการแพทย์ ตลอดจนวิทยาศาสตร์ในสาขาอื่นที่เกี่ยวข้องต่อไป
3. ทำให้สามารถเลือกใช้ เซลฟ์ไลเกตติ้งแบร็กเกตแบบไร้แรงได้อย่างเหมาะสมในผู้ป่วยแต่ละรายที่มารับการรักษา