หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การบำบัดรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน เพื่อแก้ไขสภาพฟันหน้าซ้อนเกหรือฟันยื่นในระยะฟันแท้ ส่วนใหญ่จำเป็นต้องถอนฟันกรามน้อยซี่แรก (First Premolar) ออกไปและฟันซึ่งต้องเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งไปจากเดิม ได้แก่ ฟันเขี้ยว และฟันหน้า.

จากตำแหน่งของฟันเขี้ยวซึ่งอยู่ตรงมุมปากคั่นระหว่างฟันหน้า และฟันหลัง รวมทั้งลักษณะของรากฟันที่แตกต่างกับฟันหน้าซี่อื่นๆ กล่าวคือ รากฟันยาวและแคบในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง (Mesio-distal) ทำให้การควบคุมฟันเขี้ยวให้เคลื่อนที่ทั้งซี่ฟัน (Bodily Movement) เพื่อแทนที่ฟันกรามน้อยซี่แรกซึ่งถูกถอนไปกระทำได้ยาก และใช้เวลานานกว่าการเคลื่อนฟันหน้า โดยเฉพาะในรายที่ต้องการควบคุมมิให้ฟันหลังเคลื่อนที่ (Maximum Anchorage) ดังนั้นจึงมีผู้สนใจศึกษากระบวนการเคลื่อนฟันเขี้ยวอย่างกว้างขวาง เพื่อให้ได้ข้อสรุปถึงขนาดของแรงที่เหมาะสมในการเคลื่อนฟันเขี้ยวทั้งซี่ฟันเช่น Reitan(30) Lee(24) Ricketts(31) Storey(33)การศึกษาดังกล่าวซึ่งกระทำในมนุษย์ได้บทสรุปถึงวิธีการและขนาดของแรงที่แตกต่างกันมาก ทั้งนี้อาจเนื่องจากองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนฟันนอกเหนือจาก วิธีการ และเครื่องมือที่ใช้ได้แก่ ความแตกต่างระหว่างผู้ป่วยแต่ละราย การตอบสนองทางชีวภาพ ความร่วมมือของผู้ป่วย ระยะเวลาในการรักษา เป็นต้น.

ดังนั้นเพื่อควบคุมองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับผู้ป่วย Zak(35) Caputo, Chaconas และ Hayashi(12) Baetan(6) Perez, Caputo

และ Chaconas(28)และบุคคลอื่นๆอีกหลายท่านจึงนำวิธีการทางโฟโตอีลาสติกมาใช้ศึกษาลักษณะการกระจายของความเค้นที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนฟันเขี้ยวในแบบจำลองฟัน อย่างไรก็ตามแม้ขนาดของแรงที่ใช้เคลื่อนฟันเขี้ยวในแบบจำลองและในมนุษย์จะแตกต่างกัน แต่การศึกษาในแบบจำลองซึ่งสร้างขึ้นจากสารไบรีฟรินเจน (Birefringence) สามารถแสดงให้เห็นถึงลักษณะการกระจายของแรงที่เกิดขึ้นจากเครื่องมือชนิดต่างๆชัดเจน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการเคลื่อนฟันเขี้ยวแต่ละชนิดจะก่อให้เกิดระบบการกระจายของแรงแตกต่างกัน ความรู้เกี่ยวกับการกระจายของแรงใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบ และเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมในผู้ป่วยแต่ละราย เพื่อให้การบำบัดรักษาประสบความสำเร็จ.

ประเทศไทยยังไม่ปรากฏรายงานการวิจัย ซึ่งนำวิธีการทางโฟโตอีลาสติก มาใช้วิเคราะห์ความเค้นซึ่งเกิดขึ้นจากการเคลื่อนฟันเขี้ยวตลอดจนการประเมินผลของเครื่องมือเคลื่อนฟันเขี้ยวแต่ละชนิดมาก่อน การศึกษาครั้งนี้จึงนับเป็นจุดเริ่มต้น ของการนำวิธีการทางโฟโตอีลาสติกมาประยุกต์ใช้ในการวิจัยทางทันตกรรม เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการกระจายของความเค้นที่เกิดขึ้นกับฟันเขี้ยวและฟันซึ่งใช้เป็นหลักยึด ตลอดจนลักษณะของเครื่องมือซึ่งทำให้ฟันเขี้ยวเคลื่อนที่ทั้งชี่ฟัน.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>วัตถุประสงค์ของการวิจัย</u>

1. เพื่อศึกษาการกระจายของความเค้นที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนฟันเขี้ยว ด้วยวิธีการและขนาดของแรงต่างๆกัน โดยเครื่องมือโพลาริสโคป (Polariscope).

2. เพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการเคลื่อนฟันเขี้ยวทั้งชี่ฟัน

ประโยชน์ของการวิจัย

1. ได้ข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาลักษณะการกระจายของแรงที่ส่งผ่านไปยังฟัน และอวัยวะรองรับฟัน.

2. ได้ทราบถึงวิธีการที่เหมาะสมในการเคลื่อนฟันเขี้ยวทั้งซี่ฟัน

3. ได้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำเอาวิธีโฟโตอีลาสติก มาใช้ในการวิจัยทางทันตกรรม.

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาเฉพาะการกระจายของความเค้นที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนฟันเขี้ยวในแบบจำลองฟันซึ่งประกอบด้วย ฟันเขี้ยว ฟันกรามน้อยซี่ที่สอง และฟันกรามซี่ที่หนึ่ง เรียงตัวอยู่ในสารไบรีฟรินเจนซึ่งทำหน้าที่แทนเนื้อเยื่อและอวัยวะรองรับฟัน.

2. แหล่งกำเนิดของความเค้น ได้แก่

2.1 สปริง ประเภทเซคชั่นแนล อาร์ช สปริง (Sectional Arch Spring) 2 แบบ.

2.1.1 ฮิลเจอร์ สปริง (Hilger spring) ขนาด 0.016 x 0.016 นิ้ว เกเบอร์ แองเกิล 45 องศา (gable angle 45 degree) ความยาวของลูป (Loop) 4.31 มม. และเส้นผ่าศูนย์กลางของฮิลิกซ์(Helix) 1.52 มม.

2.1.2 โคลสชิง ลูป (Closing loop) ขนาด 0.016 x 0.016 นิ้ว เกเบอร์ แองเกิล 22.5 องศา โทอิน 15 องศา (gable angle 22.5 degree toe in 15 degree) ความยาวของลูป 4.31 มม.และเส้นผ่าศูนย์

กลางของฮิลิกซ์ 1.52 มม.

2.2 สปริงชนิดเกลียวปิด (Close coil spring) ขนาด 0.009 x 0.030 นิ้ว

2.3 ยาง (Elastic) ขนาด 1/4 นิ้ว 3(1/2) ออนซ์

2.4 ยาง ร่วมกับเคไนน์ แคป (Canine cap) ขนาด 1/4 นิ้ว 3(1/2)ออนซ์

3. ตัวแปรของการวิจัย แบ่งเป็น

3.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่ ขนาดของแรงที่ใช้ในการเคลื่อนฟันเขี้ยว ซึ่งเกิดจากสปริงและยาง ที่กล่าวในข้อ 2.1-2.4

3.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่ ลักษณะการกระจายของความเค้นที่เกิดขึ้นในแบบจำลอง เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีโฟโตอีลาสติก ซึ่งจะปรากฏเป็นแถบสว่างและแถบมืด ลำดับของแถบมืด(Fringe order) และความลึกของแถบมืด ใช้เป็นหลักในการเปรียบเทียบผลของเครื่องมือแต่ละชนิด.

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. แบบจำลองฟันมีความหนาเท่ากันตลอด และไม่มีความเค้นหลงเหลืออยู่ภายหลังการทดลองแต่ละครั้ง.

2. การกระจายของความเค้นเมื่อมีแรงกระทำต่อฟันเขี้ยว วิเคราะห์จากลำดับที่และความลึกของแถบมืด เมื่อเปรียบเทียบกับระนาบอ้างอิง โดย

2.1 ระนาบอ้างอิง คือระนาบสมมติซึ่งลากผ่านสลอต(slot) ของแบรกเกต (Bracket) ของฟันเขี้ยว และฟันกราม

น้อยและจุดศูนย์กลางของบัคเคิลทิว (Buccal tube) ของฟันกราม.

2.2 ลำดับที่ของแถบมืด แสดงขนาดของความเค้นจากน้อยไปหามากตามลำดับ คือ 0 1 2 3.....(n) เมื่อนับลำดับจากการวิเคราะห์ในดาร์ค ฟิล (Dark field) และ 1/2, 3/2, 5/2,...,[n+(1/2)],... ในไลท์ ฟิล (Light field).

2.3 ความลึกของแถบมืด คือระยะที่วัดระหว่างจุดกึ่งกลางขอบบนสุดและขอบล่างสุดของแถบมืดกับระนาบอ้างอิง.

3. การเคลื่อนที่ทั้งซี่ฟัน ตัดสินจากอัตราส่วนระหว่างโมเมนต์ต่อแรงที่ใช้ในการเคลื่อนฟันเขี้ยว ซึ่งทำให้เกิดแรงลัพธ์ผ่านจุดศูนย์กลางความต้านทาน (Center of Resistance).

4. ฟันที่ใช้ในการศึกษาหล่อด้วยอะคริลิกเรซิน(Acrylic resin) มีรูปร่างลักษณะและขนาดเท่ากับฟันจริง เพื่อให้ฟันยึดติดแน่นกับสารโฟโตอีลาสติกได้ดียิ่งขึ้น แรงที่กระทำต่อฟันถ่ายทอดแรงไปที่สารที่ใช้เป็นตัวแทนของเนื้อเยื่อรองรับฟันได้อย่างสม่ำเสมอ.

5. โพลาริสโคป ที่ใช้เป็นชนิดเซอร์คูลาร์โพลาริสโคป(Circular Polariscope)

6. ระยะทางที่ใช้กระตุ้นสปริงแต่ละชนิด อ่านได้ละเอียดถึง 0.01 มม.

7. ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นจากเครื่องมือแต่ละชนิด สัมพันธ์กับระยะทางที่กระตุ้น โดยแรงที่เกิดขึ้นวัดได้ละเอียดถึง 1 กรัม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย

1. การศึกษาทางด้านโฟโตอีลาสติกเทคนิค ให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการกระจายของแรง ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการออกแบบเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟัน ขนาดของแรงที่ใช้ในการเคลื่อนฟันเชี่ยวในแบบจำลองฟันไม่อาจอ้างอิงไปยังมนุษย์ได้โดยตรง.

2. การเคลื่อนที่ของฟันเชี่ยวในแบบจำลองฟัน ซึ่งหล่อจากสารไบรีฟรินเจน ไม่อาจวิเคราะห์ได้โดยตรงด้วยวิธีสังเกตการเคลื่อนที่ของตัวฟันและปลายรากฟัน จึงต้องพิจารณาจากลักษณะการกระจายของความเค้น.

3. รูปร่างของฟันแต่ละซี่แตกต่างกัน และมิได้เป็นรูปทรงเรขาคณิต การวิเคราะห์ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของความต้านทาน ไม่อาจกระทำได้โดยตรง จำเป็นต้องอาศัยการศึกษาในเชิงเปรียบเทียบโดยนำกราฟที่ได้จากภาพถ่ายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะที่ดึงตามแนวรากฟัน กับระยะลึกของแถบมืดเปรียบเทียบกับกราฟที่แสดงถึงการเคลื่อนที่ทั้งซี่ฟันของวัตถุทรงสี่เหลี่ยม.

4. ในสถานการณ์ที่มีเครื่องมือ และทุนทรัพย์จำกัด การวิเคราะห์การกระจายของความเค้น กระทำได้เพียงสังเกตลำดับที่ และความลึกของแถบมืดซึ่งปรากฏในภาพถ่าย การถ่ายภาพซ้ำหลายครั้งเพื่อวัดความลึกของแถบมืดและนำข้อมูลมาทดสอบทางสถิติสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง อย่างไรก็ตามการสังเกตลำดับที่ และความลึกของแถบมืด ช่วยให้เข้าใจถึงลักษณะการกระจายของความเค้นได้ดีกว่าการศึกษาในเชิงบรรยายเพียงอย่างเดียว.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำจำกัดความ

ดับเบิล รีแฟรกชั่น หรือ ไบรีฟรินเจน (Double Refraction or Birefringence)	เป็นปรากฏการณ์ที่ลำแสงเดี่ยวหักเหออกเป็นสองลำแสง เมื่อเคลื่อนจากตัวกลางหนึ่งผ่านเข้าไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง
สารสมลักษณ์ทางแสง (Isotropic material)	คือ สารที่มีคุณสมบัติเหมือนกันในทุกทิศทางในเนื้อสาร
สารอสมลักษณ์ทางแสง (Anisotropic material)	คือ สารที่มีคุณสมบัติขึ้นกับทิศทางในเนื้อสาร
โพลาไรเซชั่น (Polarization)	เป็นปรากฏการณ์ที่เนื่องมาจากความเป็นคลื่นตามขวางของแสง เมื่อแสงผ่านโพลาไรเซอร์ (Polarizer) แล้วลำแสงจะมีทิศทางของการสั่นเหลือเพียงทิศทางเดียวซึ่งในที่นี้ขนานกับแกนของโพลาไรเซอร์
โฟโตอีลาสติกเทคนิค (Photoelastic technic)	เป็นการทดลองเพื่อวัด ความเค้นที่เกิดขึ้นในสาร โดยอาศัยคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของสารที่เรียกว่าไบรีฟรินเจน ซึ่งสามารถแยกลำแสงหักเหออกเป็นสองแนว
ดาร์ค ฟิล (Dark Field)	เป็นสภาวะการจัดเครื่องมือแบบที่ภาพมืดหมดเมื่อยังไม่วางแบบจำลองลงไป ในกรณีที่นำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบจำลองซึ่งมีแรงกระทำมาวางอยู่ระหว่างเครื่องมือชนิดนี้ จะปรากฏแถบมืด แสดงถึงปริมาณของความเค้นที่เกิดขึ้น แถบมืดอันดับแรกที่ปรากฏเรียกว่า ซีโร ออเดอร์ (Zero Order) เมื่อมีความเค้นเพิ่มขึ้น จะมีแถบมืดเพิ่มขึ้นเป็นลำดับที่ 1,2,3.....(n) ตามลำดับ

ไลท์ ฟิล (Light Field) เป็น สภาวะการจัดเครื่องมือแบบที่ภาพสว่างหมด เมื่อยังไม่วางแบบจำลองลงไป ในกรณีที่นำแบบจำลองซึ่งมีแรงกระทำมาวางอยู่ระหว่าง เครื่องมือชนิดนี้ จะพบแถบสว่างแสดงถึงปริมาณของความเค้นที่เกิดขึ้นเช่นกัน ส่วนของแถบมืดใน คาร์ค ฟิล จะปรากฏเป็นแถบสว่างใน ไลท์ ฟิล ที่ตำแหน่งเดียวกัน และสำหรับส่วนของแถบมืด ใน ไลท์ ฟิล จะปรากฏเป็นแถบสว่างใน คาร์ค ฟิล สำหรับแถบมืดอันดับแรก จะเป็น ฮาฟ ออเดอร์ (Half Order) และต่อมาจะเป็น 3/2, 5/2, 7/2,...,[n+(1/2)],..ตามลำดับ

ความเค้น (Stress) คือ ค่าของแรงต่อหน่วยพื้นที่ที่แรงนั้นกระทำต่อวัสดุ ชนิดของความเค้นจากแรงด้านทานที่เกี่ยวข้องกับงานทางทันตกรรมจัดฟัน ได้แก่

ก. ความเค้นเชิงดึง(Tensile stress)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คือแรงต่อหน่วยพื้นที่ที่พยายามยืดวัสดุ

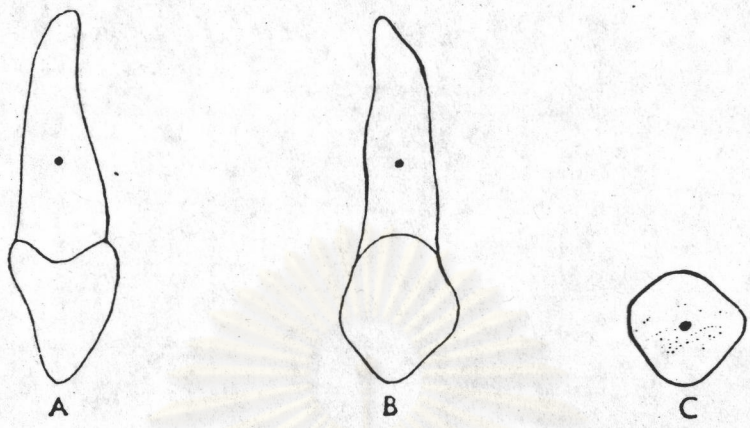
ข. ความเค้นเชิงอัด (Compressive stress) คือแรงต่อหน่วยพื้นที่ที่พยายามกดให้วัสดุหดสั้นหรือหดตัวลง

ความเครียด (Strain) คือ ค่าอัตราการยืดตัวหรือหดตัวต่อหน่วยความยาวเดิม โดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\text{Strain} = \Delta L/L$$

จุดศูนย์กลางของความต้านทาน (Center of Resistance or Centroid) เป็นจุดที่แรงรวมของแรงความต้านทานกระทำและจุดนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวต้านทานและรูปร่างของวัตถุ ถ้าแนวของแรงที่กระทำให้วัตถุเคลื่อนที่กระทำผ่านจุดนี้และอยู่ในแนวเดียวกันกับแรงความต้านทาน วัตถุจะเคลื่อนที่โดยไม่เกิดการหมุน แต่ถ้าแรงมากระทำต่อวัตถุที่จุดอื่น วัตถุจะเกิดการหมุนรอบจุดศูนย์กลางของความต้านทานนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางของความต้านทานของฟันเขี้ยว

A ในแนวหน้า-หลัง (Anteroposterior)

B ในแนวตามขวาง หรือ ใกล้กลาง-ไกลกลาง (Transverse or Mesiodistal)

C ในแนวดิ่ง (Vertical)

การเคลื่อนที่แบบบอดิลี (Bodily Movement or Translational Movement) สำหรับวัตถุทรงเรขาคณิต หมายถึง การเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งชิ้นไปตามทิศทางของแรงซึ่งกระทำ ผ่านจุดศูนย์กลางความต้านทาน สำหรับฟันเป็นการเคลื่อนที่ในลักษณะซึ่งตัวฟันและรากฟันเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันและด้วยอัตราเดียวกัน แนวแกนเอียงของฟัน (axis)คงที่ และปราศจากการหมุน ในทางปฏิบัติ การทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในลักษณะนี้ได้โดยจัดให้มี แรงและโมเมนต์กระทำต่อตัวฟัน(Crown) ในขนาดที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดผลเสมือนมีแรงเดียวกระทำผ่านจุดศูนย์กลาง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

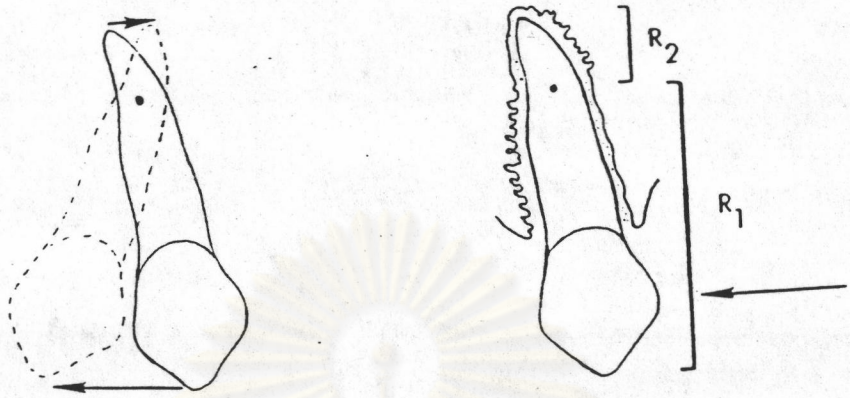
ความต้านทาน

การเคลื่อนที่แบบทิปปิง (Tipping Movement) เป็นการเคลื่อนของฟันในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ การเคลื่อนที่ของตัวฟัน (Crown Tipping) และการเคลื่อนที่ของรากฟัน(Root Tipping) การเคลื่อนที่เฉพาะส่วนตัวฟันเป็นการผสมผสานระหว่างการหมุน (Rotation) และการเคลื่อนที่ไปตามทิศทางของแรง (Translation) เกิดขึ้นเมื่อมีแรงเดี่ยวกระทำต่อตัวฟันโดยไม่ผ่านจุดศูนย์กลางของความต้านทาน

โรเตชัน (Rotation) การเคลื่อนที่ของฟัน ในลักษณะการหมุนแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ ฟันหมุนในขณะเคลื่อนที่ในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง ตัวฟันและปลายรากเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกัน โดยมีลักษณะเป็นส่วนโค้งของวงกลม ซึ่งขึ้นอยู่กับรัศมีของการหมุนของแต่ละส่วน ลักษณะที่สองคือฟันหมุนขณะเคลื่อนที่รอบแนวดิ่ง

จุดศูนย์กลางของการหมุน (Center of Rotation) เป็นจุดที่มีอยู่ทั้ง 2 ระนาบของตัวฟัน ได้แก่ ในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง และในแนวดิ่ง ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของการหมุนจะเป็นตัวกำหนดสัดส่วนของการเคลื่อนฟันแบบหมุนทั้ง 2 ลักษณะที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังรูปที่2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางของการหมุนในแนวตามขวาง หรือใกล้กลาง-ไกลกลาง (Transverse or Mesiodistal)

แอนตี้ทิปปิง คัปเปิล (Antitipping Couple) แรงควบคู่ที่ทำให้เกิดโมเมนต์ต่อต้านการเคลื่อนที่ของตัวฟัน และรากฟันในทิศทางตรงกันข้าม เมื่อพิจารณาในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง ได้จากการคัดสปริงให้มีมุมเกเบอร์ต่างๆกัน

แอนตี้โรเตชัน คัปเปิล (Antirotation Couple) แรงควบคู่ที่ทำให้เกิดโมเมนต์ต่อต้านการหมุนของฟันรอบแนวแกนของฟันในแนวใกล้แก้ม - ใกล้ลิ้นได้จากการคัดสปริงให้มีมุมโทอินต่างๆกัน