บทที่ 5

สรุป และอภิปรายผลการบันทึกข้อมูล

สปริงขดลวดชนิดเปิดเ เป็นสปริงขดลวดที่ให้แรงจากการถูกบีบหรืออัด แรงที่ให้เป็นแรงผลักออกไปทั้งสองทิศทางจากศูนย์กลางสปริง การนำสปริงชนิดนี้มาใช้งานในคลินิกทำได้หลายวิธีและสปริงยังมีขนาด ตลอดจนชนิดของวัสดุให้เลือกมากมายอีกด้วย อย่างไรก็ตาม ยังขาดข้อมูลจากการทดลองที่อธิบายถึงลักษณะของแรงที่ให้ ถึงแม้จะมีการศึกษาทางทันตกรรมจัดฟันมากมาย ที่อธิบายถึงแรงที่เหมาะสมในการเคลื่อนฟัน แต่เมื่อทันตแพทย์นำสปริงขดลวดชนิดเปิดมาใช้ในคลินิก ก็ต้องคาดเดาว่า แรงที่ควรจะได้จากสปริงตัวนั้น มีลักษณะอย่างไร มีขนาดเท่าไร โดยเฉพาะ อย่างยิ่ง สภาวะในช่องปากแต่ละลักษณะมีช่องว่างให้ใช้สปริงที่ความยาวต่าง ๆ กัน ดังนั้นจึงควรมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะแรงของสปริงเหล่านี้ ทำให้ผู้ใช้สามารถรู้ขนาดแรงที่ได้ เลือกใช้สปริงที่เหมาะสมกับการเคลื่อนฟันตามช่องว่างที่มีสำหรับใส่สปริง และทำให้สามารถควบคุมระยะเวลาการรักษาได้

การวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อ

1. ศึกษาและเปรียบเทียบขนาดของแรงจากสปริงขดลวดชนิดเปิดที่ ทำจากโลหะต่างชนิดกัน เมื่อมีขนาดลวด และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในขดลวดเท่ากัน และถูกกดเป็นระยะทางเท่ากัน

2. ศึกษาและเปรียบเทียบขนาดของแรง จากสปริงขดลวดชนิดเปิด ที่ทำจากโลหะชนิดเดียวกัน ขนาดเดียวกัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในขดลวดเท่ากัน แต่มีความยาวต่างกัน และถูกกดเป็นระยะทาง 1/4 1/3 และ1/2 ของความยาวสปริงเริ่มต้นเท่ากัน

3. ศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างความยาวของสปริงขดลวดชนิดเปิด กับแรงที่ให้เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 และ 1/3 ของความยาวเริ่มต้น โดยทำการศึกษาจากสปริงขดลวดชนิดเปิด ที่มีขนาด 0.010 x 0.030 นิ้ว ที่ทำจากโลหะเอลจิลอย โครมอัลลอย สเตนเลสสตีล และไนทาเนียม ความยาว 10 15 และ 20 มม. รวมทั้งหมด 12 กลุ่ม กลุ่มละ 30 ตัวอย่าง โดยบันทึกแรงที่วัดได้ เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 1/3 และ1/2 ของความยาวสปริงเริ่มต้น ตามลำดับ โดยใช้เครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซลเทสติงมะชีน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ขนาดของแรงจากสปริงขดลวดชนิดเปิด ที่ทำจากโลหะต่างชนิดกัน แต่ขนาดลวดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในขดลวดเท่ากัน มีความแตกต่างกัน ไม่ว่าจะวัดจากสปริงที่มีความยาว 10 15 หรือ 20 มม. และเปรียบเทียบเมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 1/3 และ 1/2 ของ ความยาวสปริง

2. ขนาดของแรงจากสปริงขดลวดชนิดเปิด ที่ทำจากโลหะชนิดเดียวกัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในขดลวดเท่ากัน แต่มีความยาวต่างกัน และถูกกดเป็นระยะทาง 1/4 1/3 และ 1/2 ของความยาวสปริงเริ่มต้น ส่วนใหญ่มีความแตกต่างกัน ยกเว้นสปริงสเตนเลสสตีล ความยาว 15 และ 20 มม.ไม่แตกต่างกัน และสปริงไนทาเนียม ความยาว 10 และ 15 มม. ไม่แตกต่างกัน

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของสปริงขดลวดชนิดเปิดกับแรงที่ให้ เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 และ 1/3 ของความยาวเริ่มต้น สำหรับลวดทุกชนิด มีความสัมพันธ์เชิงเส้นในทิศทางเดียวกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

อภิปรายผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ในการศึกษาขนาดของแรงจากสปริงขดลวดชนิดเปิด ขนาด 0.010 x 0.030 นิ้ว ที่ทำจากโลหะเอลจิลอย โครมอัลลอย สเตนเลสสตีล และไนทาเนียม ความยาว 10 15 และ 20 มม. เมื่อวัดแรงที่สปริงถูกกดเป็นระยะทาง 1/4 1/3 และ 1/2 ของความยาวสปริงเริ่มต้นตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความแปรปรวน พบว่า สปริงที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ให้แรงมากที่สุด รองลงมาคือสปริงโครมอัลลอย รองลงมาคือสปริงเอลจิลอย สปริงที่ให้แรงต่ำที่สุด คือสปริงไนทาเนียม สอดคล้องกับการศึกษาของ Miura et al (1986)

2. สปริงขดลวดชนิดเปิดส่วนใหญ่ที่ใช้ในการวิจัยนี้ สปริงที่มีความยาว 10 15 และ 20 มม. ให้แรงที่มีขนาดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 และ 1/3 ของความยาวเริ่มต้น ยกเว้น สปริงที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ความยาว 15 และ 20 มม. ให้แรงไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสปริง ไนทาเนียม ความยาว 10 และ 15 มม. ให้แรงไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากผลการวิจัย พบว่าขนาดแรงของทุกกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น เมื่อกดสปริงเป็นระยะทางมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ

Chaconas, Caputo, and Harvy, (1984); Boshart et al (1990); Miura et al (1986).

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของสปริงขดลวดชนิดเปิด กับขนาดของแรงที่วัดได้เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/4 และ 1/3 ของความยาวสปริงเริ่มต้น สำหรับสปริงทุกชนิดมีความสัมพันธ์เชิงเส้นในทิศทางเดียวกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 ในทุกกลุ่มตัวอย่าง

สำหรับสปริงเอลจิลอย เมื่อกดเป็นระยะทาง 1/4 และ 1/3 ของความยาวสปริงเริ่มต้น แรงที่ได้จากสปริงเอลจิลอยความยาว 15 มม. วัดได้ต่ำกว่าแรงจากสปริงเอลจิลอยความยาว 20 มม. เนื่องจากสปริงเอลจิลอยมีจำนวนขดลวดมากที่สุด เมื่อกดสปริงจะทำให้ขดลวดชิดกันในบางบริเวณ และด้านตรงข้ามโค้งออก บริเวณที่ขดลวดชิดกันจะเกิดแรงเสียดทานกับลวดที่เป็นแกนกลาง แรงที่วัดได้จึงน้อยลง

จากการศึกษา พบว่า ขนาดของแรงที่ได้จากสปริงขดลวดชนิดเปิด เปลี่ยนแปลงตามอิทธิพลของ

1. ชนิดของโลหะที่ใช้ทำสปริง
2. ความยาวของสปริง
3. ระยะการกดสปริง

สอดคล้องกับการศึกษาของ Boshart et al (1990) ที่กล่าวว่า

ขนาดของแรงที่ได้จากสปริงขดลวดชนิดเปิด เปลี่ยนแปลงได้ตามอิทธิพลของ

1. ชนิดของโลหะที่ใช้ทำสปริง
2. ขนาดของลวด
3. ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางภายในขดลวด
4. มุมพิทช์
5. จำนวนขดลวดทั้งหมดในสปริง
6. ความยาวของสปริง
7. ระยะการกดสปริง

สำหรับสปริงเอลจิลอย ความยาว 10 มม. ไม่สามารถกด ให้ได้ระยะทางเป็น 1/2 ของความยาวสปริงได้ เนื่องจากขดลวดจะชิดกันก่อน สอดคล้องกับการศึกษาของ Boshart et al (1990). สปริงเอลจิลอย ความยาว 15 และ 20 มม. ก็พบปัญหาเช่นเดียวกัน จะเห็นว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความแปรปรวนของขนาดแรงจากสปริงเอลจิลอยมีค่าสูงมาก เมื่อกดสปริงเป็นระยะทาง 1/2 ของความยาวสปริง (ตารางที่ 14) เนื่องจากเมื่อสปริงชิดกันขณะที่ถูกกดจะวัดแรงได้สูงมาก

จากการนับจำนวนขดลวดของสปริงยาว 10 มม. สอดคล้องกับการศึกษาของ Boshart et al (1990). คือ สปริงเอลจิลอยนับได้ 24.5-25 ขด

สปริงที่มีจำนวนขดลวดน้อยที่สุด คือ สปริงเหล็กกล้าไร้สนิม ที่ความยาว 10 มม. นับได้ 11.5-12 ขด แสดงว่าการตัดสปริงมีความผิดพลาด 0.5 ขด หรือคิดเป็นความยาว 0.0047 นิ้ว นั่นคือ เป็น 0.4 เปอร์เซนต์ ของความยาวลวดที่มาทำสปริงยาว 10 มม.ทั้งหมด ดังนั้น ความผิดพลาดที่เกิดจากการตัดสปริงชนิดอื่น ที่มีจำนวนขดลวดมากกว่านี้ ย่อมมีความผิดพลาดคิดเป็นเปอร์เซนต์น้อยกว่านี้

จากการคำนวณความยาวลวดทั้งหมด พบว่า สปริงเอลจิลอยมีความยาวลวดมากที่สุดเมื่อเปรียบกับสปริงชนิดอื่นที่ความยาวสปริงเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากสปริงเอลจิลอย มีลักษณะขดลวดถี่กว่าสปริงชนิดอื่น

สปริงที่มีความยาวหลังกดเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดคือ สปริงไนทาเนียม สอดคล้องกับการศึกษาของ Miura et al (1986) ที่กล่าวว่าสปริงไนทาเนียมหลังกด ไม่มีการเสียรูปอย่างถาวร นอกจากนั้น จำนวนขดลวดของสปริงไนทาเนียม แม้จะไม่แตกต่างจากกับ สปริงโครมอัลลอย และสปริงเหล็กกล้าไร้สนิมมากนัก แต่แรงที่ให้มีขนาดแตกต่างกันโดยแรงจากสปริงไนทาเนียม มีค่าน้อยกว่าแรงจากสปริงโครมอัลลอยและเหล็กกล้าไร้สนิม เนื่องจากคุณสมบัติซูเปอร์อิลาสติกของโลหะนิกเกิล-ไททาเนียม

อัตราโหลด-ดีเฟลคชันขึ้นอยู่กับชนิดของลวด โดยลวดที่มีอัตราโหลด-ดีเฟลคชันน้อยจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของขนาดแรงน้อย ทำให้สามารถควบคุมขนาดของแรงได้ง่ายกว่า จึงมีผลดีต่อการเคลื่อนฟันของผู้ป่วย (Burstone, 1985) ดังนั้นลวดไนทาเนียม ซึ่งมีอัตราโหลด-ดีเฟลคชันน้อย จึงสามารถควบคุมขนาดแรงได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นสปริงเอลจิลอย สเตนเลสสตีล โครมอัลลอย ตามลำดับ

เมื่อต้องการให้ฟันตัดเคลื่อนแบบบอดิลี ขนาดแรงที่เหมาะสมคือ 40 - 50 กรัม การเคลื่อนแบบบอดิลีของฟันเขี้ยว ขนาดแรงที่เหมาะสมคือ 100 - 150 กรัม (Gianelly and Goldman, 1971; Proffit et al, 1980) และต้องเป็นแรงเดียว กระทำกับฟันผ่านจุดศูนย์กลางของความต้านทานของฟันพอดี แต่ในทางคลินิกไม่สามารถทำได้ เนื่องจากจุดศูนย์กลางของความต้านทานอยู่ในรากฟัน จึงต้องมีแรงคู่ควบเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อให้มีแรงเดียวผ่านจุดนี้ โดยมีอัตราส่วนของโมเมนต์ต่อแรงที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบบอดิลีเท่ากับ 8:1 ถึง 10:1 (Proffit et al, 1980; Burstone and Koenig, 1976)

เมื่อต้องการแรงขนาด 40-50 กรัม ในการเคลื่อนฟันหน้าแบบบอดิลี ควรใช้สปริงไนทาเนียม ความยาวน้อยกว่า 10 มม. หรือกดเป็นระยะทางน้อยกว่า 1/4 ของความยาวสปริงเริ่มต้น เมื่อต้องการแรงขนาด 100-150กรัม เพื่อเคลื่อนฟันเขี้ยวและฟันหลังแบบบอดิลี พบว่าควรใช้สปริงเอลจิลอย ยาว 10 มม. กดเป็นระยะทาง 2.50 มม. สปริงเอลจิลอย ยาว 10 มม. กดเป็นระยะทาง 3.33 มม. หรือสปริงไนทาเนียม ยาว 10 15 หรือ 20 มม. กดเป็นระยะทาง 1/3 หรือ 1/2 ของความยาวเริ่มต้น

จากผลการศึกษาจะเห็นว่า ขนาดแรงที่วัดได้บางค่ามีค่ามากเกินกว่าจะใช้เคลื่อนฟันได้ ดังนั้นจึงควรระมัดระวังในการใช้สปริง โดยเมื่อใช้สปริงโครมอัลลอย หรือสเตนเลสสตีล ความยาว 10 15 หรือ 20 มม. ถ้ากดสปริงถึง 1/2 1/3 หรือ 1/4 ของความยาวเริ่มต้น จะได้แรงมากเกินไป ในทำนองเดียวกัน ถ้ากดสปริงเอลจิลอยความยาว 15 และ 20 มม. เป็นระยะทาง 1/2 1/3 และ 1/4 ของความยาวเริ่มต้น ก็ได้แรงที่สูงมาก ดังนั้น เมื่อใช้สปริงเอลจิลอย โครมอัลลอย หรือเหล็กกล้าไร้สนิม ไม่ควรกดสปริงถึง 1/4 ของความยาวสปริง ยกเว้นสปริงไนทาเนียม ซึ่งไม่ว่าจะกดสปริงเป็นระยะทางเท่าใด แรงที่ได้ไม่เกิน 150 กรัม และสปริงเอลจิลอย 10 มม. ที่กด 1/4 หรือ 1/3 ของความยาว ให้แรงไม่เกิน 150 กรัม เช่นเดียวกัน

ค่าแรงจากสปริงไนทาเนียมมีค่าต่ำ และจากคุณสมบัติที่ไม่มีการเสียรูปอย่างถาวร เมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับคุณสมบัติซูเปอร์อิลาสติก พบว่าสามารถให้แรงคงที่ขนาดต่ำๆ ได้เป็นเวลานานโดยไม่ต้องปรับแรงเพิ่ม ไม่ว่าจะใช้ความยาวเท่าใด หรือกดเป็นระยะทางเท่าใด ก็ไม่มีการได้รับแรงที่มากเกินกว่า 150 กรัม นอกจากนั้นยังเคยมีรายงานการใช้สปริงไนทาเนียมเคลื่อนฟันกรามถอยหลังได้ผลดีอีกด้วย (Gianelly et al, 1991)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>สรุป</u>

สปริงขดลวดชนิดเปิด ขนาด 0.010 x 0.030 นิ้ว ที่ทำจากโลหะเอลจิลอย โครมอัลลอย สเตนเลสสตีล และ ไนทาเนียม ให้ขนาดแรงแตกต่างกัน แม้จะมีความยาวเท่ากัน ดังนั้น ในการเลือกใช้สปริงจึงต้องคำนึงถึงชนิดของลวด โดยพิจารณาจากคุณสมบัติของโลหะแต่ละชนิดที่มาทำเป็นสปริง ความยาวของสปริง และระยะการกดสปริง เพื่อให้ได้ขนาดแรงรวมทั้งอัตราส่วนของแรงคู่ควบ : แรง ที่เหมาะสมในการเคลื่อนที่ของฟันแต่ละแบบ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะ

1. การวิจัยนี้ศึกษาสปริงขดลวดชนิดเปิดเพียงชนิดเดียว จึงควรศึกษาสปริงขดลวดชนิดปิดต่อไป

2. การวิจัยนี้ศึกษาสปริงขดลวดชนิดเปิดเพียงขนาดเดียว แต่ในท้องตลาดมีสปริงขดลวดชนิดเปิดหลายขนาดให้เลือกใช้จึงควรศึกษาสปริงขดลวดชนิดเปิดขนาดอื่น ๆร่วมด้วย

3. การวิจัยนี้เป็นการศึกษาขั้นพื้นฐาน ของแรงที่เกิดจากสปริงขดลวดชนิดเปิด จึงควรใช้เป็นแนวทางการศึกษาแรงจากสปริงขดลวดชนิดเปิด ขณะทำงานในช่องปากด้วย

4. ในการเคลื่อนฟันโดยการใช้สปริงขดลวดชนิดเปิด เป็นการให้แรงที่ตัวฟัน ดังนั้นจึงควรศึกษาถึงการเลือกใช้ และออกแบบลวดโค้งเพื่อให้เกิดแรงคู่ควบ ที่จะทำให้ฟันเคลื่อนแบบบอดิลีได้ โดยพิจารณาร่วมกับขนาดแรงจากสปริงที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบบอดิลี (100-150 กรัม) ที่มากกว่าการเคลื่อนที่แบบทิปปิง (40-50 กรัม) และมีอัตราของแรงคู่ควบ : แรง 8:1 ถึง 10:1

5. แรงที่ได้จากสปริงเป็นแรงที่ผลักออกจากศูนย์กลางสปริงสองทิศทาง การใช้งานจึงต้องระวังหลักยึดและฟันด้านตรงข้าม ในกรณีที่ไม่ต้องการให้มีการเคลื่อนที่ด้วย

6. การใช้สปริงขดลวดชนิดเปิดในช่องปาก ควรจะคำนึงถึงขนาดของลวดโค้งด้วย ไม่ควรมีขนาดเล็กเกินไป(เล็กกว่า 0.018 นิ้ว) เนื่องจากไม่สามารถบังคับให้สปริงออกแรงในบริเวณที่ต้องการได้สปริงอาจงอตัวออกด้านใกล้แก้ม ทำให้ไม่ได้ขนาดและทิศทางของแรงตามที่ต้องการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย