บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การบำบัดรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน เป็นการแก้ไขความผิดปกติของการสบฟัน การเจริญของกระดูกกะโหลกศีรษะและใบหน้า ตลอดจนการทำงานของระบบกล้ามเนื้อและระบบประสาทบริเวณช่องปากและใบหน้า ขั้นตอนในการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันเพื่อแก้ไขความผิดปกติดังกล่าวนี้ ประกอบด้วย การซักประวัติ การตรวจทางคลินิก การวิเคราะห์ภาพรังสี การวิเคราะห์ภาพถ่าย การวิเคราะห์หุ่นจำลองฟัน การวินิจฉัย การวางแผนการรักษา การประเมินผลการรักษา (1)

การบำบัดรักษาทางทันตกรรมจัดฟันโดยใช้เครื่องมือชนิดติดแน่น เพื่อเคลื่อนฟันไปในทิศทางที่ต้องการนั้น อาศัยเครื่องมือต่าง ๆ เป็นแหล่งกำเนิดแรง และถ่ายทอดแรงไปยังฟันที่ต้องการให้เคลื่อนที่ เครื่องมือส่วนที่ยึดกับตัวฟัน ได้แก่ ปลอกโลหะรัดฟัน (Band) แบรกเก็ต (Bracket) หลอดโลหะด้านใกล้แก้ม (Buccal tube) เป็นต้น แหล่งกำเนิดแรง ได้แก่ ลวดซึ่งสอดอยู่ในร่อง (Slot) ของแบรกเก็ต ยาง (Elastic band) และสปริง เป็นต้น

ลวดเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการเคลื่อนฟันในทุกระยะของการรักษา และควบคุมรูปร่างของขากรรไกร (Arch form) ให้ถูกต้อง สำหรับผู้ป่วยแต่ละราย ดังนั้นเพื่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ จึงควรพิจารณาคุณสมบัติของลวดสองประการคือ คุณสมบัติในช่วงยืดหยุ่น (Elastic Properties) และการคงรูป (Dimensional Stability) (2) คุณสมบัติในช่วงยืดหยุ่นมีความสำคัญในการเคลื่อนฟันระยะแรกของการรักษา โดยแก้ไขฟันซึ่งมีตำแหน่งผิดปกติในแนวดิ่ง (Verticle) แนวนอน (Horizontal) และฟันที่หมุน (Rotation) ให้เรียงตัวถูกต้อง ลวดควรมีความแกร่ง (Stiffness) ต่ำเพื่อให้แรงที่เหมาะสมต่อตัวฟัน ความแข็งแรง (Strength) สูง เพื่อหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนรูปอย่างถาวร (Permanent Deformation) และระยะทำงาน (Range) สูง เพื่อเคลื่อนฟันได้ไกล คุณสมบัติอีกประการหนึ่งคือ การคงรูปของลวด ซึ่งมีความสำคัญในทุกระยะของการรักษา โดยเฉพาะระยะการเคลื่อนฟันเบี้ยว และระยะสุดท้ายของการรักษา (3, 4) ลวดที่ดัดเป็นรูปโค้งตามรูปร่างขากรรไกรจะต้องมีรูปร่างคงที่ ไม่คลายตัว เนื่องจากความเค้นภายใน (Internal Stress) ซึ่งเกิด

ระหว่างกรรมวิธีการผลิตและการดัด และไม่เปลี่ยนแปลงรูปอย่างถาวร (Permanent Deformation) เนื่องจากแรงบดเคี้ยว เพื่อควบคุมรูปร่างขากรรไกร (Arch form) ให้ถูกต้องได้ จากการศึกษาที่ผ่านมาสรุปได้ว่า กรรมวิธีผ่านความร้อน (Heat Treatment) เพื่อกำจัดความเค้น (Stress Relief) สามารถปรับปรุงคุณสมบัติในช่วงยืดหยุ่น และการคงรูปของลวดได้

เครื่องมือที่ใช้ในการทำกรรมวิธีผ่านความร้อนซึ่งนิยมใช้ในทางทันตกรรมจัดฟันได้แก่ เตาอบ (2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16) เครื่องเชื่อมด้วยไฟฟ้า (Spot Welder) ดังการศึกษาของ Fillmore และ Tomlinson (11), Lane และ Nikolai (14), Martin, Sarkar และ Schwaninger (15) อนึ่งในกรณีที่ไม่มีอุปกรณ์ทั้งสองอย่างนั้น Hasund (17) และ Adams (18) แนะนำให้ทำกรรมวิธีผ่านความร้อนด้วยเปลวไฟ

ในการทำกรรมวิธีผ่านความร้อนโดยใช้เตาอบ ในลวดเหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติค Howe, Greener และ Crimmins (2), Backofen และ Gales (5), Kemler (6), Ingerslev (11), Mahler และ Goodwin (9), Marcotte (10), Lane และ Nikolai (14), บริษัทยูนิเทก (19), Salzman (20) และ Adams (18) แนะนำให้ใช้อุณหภูมิ 650-900 องศาฟาเรนไฮต์ (340-480 องศาเซลเซียส) นาน 5 นาที ถึง 1 ชั่วโมง ในลวดตรงโมดูลัสของการยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ความเค้นที่จุดคราก (Yield Strength) และความเค้นสูงสุด (Ultimate Strength) เพิ่มขึ้น ในลวดที่ดัดเป็นลูป (Loop) สามารถทนต่อการเปลี่ยนรูปอย่างถาวรได้เพิ่มขึ้น Mahler และ Goodwin (9), Fillmore และ Tomlinson (11), William, Caputo และ Chaconas (12), Martin, Sarkar และ Schwaninger (15), บริษัทรอกกีเมาเทน (21) และบริษัทเดนเตารุม (22) ได้ทำการศึกษาเช่นเดียวกันนี้ในลวดโลหะผสมระหว่างโคบอล์ทนิเกิลและโครเมียม โดยแนะนำให้อบที่อุณหภูมิ 900-1,200 องศาฟาเรนไฮต์ (480-650 องศาเซลเซียส) นาน 5 นาที ถึง 1 ชั่วโมง ให้ผลเช่นเดียวกัน

ในการทำกรรมวิธีผ่านความร้อนโดยใช้กระแสไฟฟ้าเปรียบเทียบกับการใช้เตาอบ ดังการศึกษาของ Fillmore และ Tomlinson (11) ในลวดโลหะผสมระหว่างโคบอลต์นิเกิลและโครเมียมที่ดัดเป็นลูป กรรมวิธีผ่านความร้อนโดยใช้เตาอบได้ผลดีกว่าการใช้กระแสไฟฟ้า

ต่างจากผลการศึกษาของ Lane และ Nikolai (14) ซึ่งพบว่ากรรมวิธีทั้งสองให้ผลไม่แตกต่างกัน ในลวดเหล็กกล้าไร้สนิม แต่จากการศึกษาลวดตรงซึ่งทำจากโลหะผสมระหว่างโคบอลต์นิเกิลและโครเมียมของ Martin, Sarkar และ Schwaninger (15) พบว่ากรรมวิธีผ่านความร้อนโดยใช้กระแสไฟฟ้าให้ค่าความเค้นที่จุดครากในลักษณะดัดโค้ง (Flexure Yield Strength) สูงกว่า

ในการทำกรรมวิธีผ่านความร้อนโดยใช้เปลวไฟนั้น ยังไม่มีผู้ใดศึกษามาก่อน

จากการศึกษาที่ผ่านมา กรรมวิธีผ่านความร้อนสามารถปรับปรุงคุณสมบัติของลวดทางทันตกรรมจัดฟันได้ แต่ไม่สามารถสรุปได้อย่างแน่ชัดว่า กรรมวิธีผ่านความร้อนแบบใดให้ผลดีที่สุด เนื่องจากการศึกษาดังกล่าวกระทำในลวดต่างชนิดและต่างลักษณะกัน รวมทั้งวิธีดำเนินการทดลองที่แตกต่างกัน จำนวนกลุ่มตัวอย่างน้อยเกินกว่าจะนำไปทดสอบทางสถิติได้ นอกจากนี้ยังไม่มีผู้ใดศึกษากรรมวิธีผ่านความร้อนในลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน (Orthodontic Archwire) ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในระยะสุดท้ายของการรักษา และต้องการคุณสมบัติการคงรูปของลวดมาก (3,4) ดังนั้นการเปรียบเทียบผลของกรรมวิธีผ่านความร้อนแบบต่าง ๆ ที่กระทำในลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน ควรก่อให้เกิดประโยชน์ในการปฏิบัติงานในคลินิกอย่างมีประสิทธิภาพ

<u>วัตถุประสงค์ของการวิจัย</u>

1. เปรียบเทียบผลของกรรมวิธีผ่านความร้อนโดยการอบ การผ่านกระแสไฟฟ้า และการผ่านเปลวไฟ ต่อลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน

2. เปรียบเทียบคุณสมบัติของลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน ซึ่งทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติค และโลหะผสมระหว่างโคบอลต์นิเกิลและโครเมียม ภายหลังกรรมวิธีผ่านความร้อนโดยการอบ การผ่านกระแสไฟฟ้า และการผ่านเปลวไฟ

<u>ประโยชน์ของการวิจัย</u>

ทำให้ทราบถึงกรรมวิธีผ่านความร้อนที่ทำให้ลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันซึ่งทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติค และโลหะผสมระหว่างโคบอลต์นิเกิลและโครเมียม มีคุณสมบัติดีที่สุด

สมมุติฐานของการวิจัย

1. มีความแตกต่างระหว่างผลของกรรมวิธีผ่านความร้อนแบบต่าง ๆ ต่อคุณสมบัติของลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน

2. มีความแตกต่างระหว่างคุณสมบัติของลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน ซึ่งทำจากลวดต่างชนิดกัน ภายหลังกรรมวิธีผ่านความร้อน

ขอบเขตของการวิจัย

1. การเปรียบเทียบผลของกรรมวิธีผ่านความร้อน ศึกษาจากคุณสมบัติของลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน ซึ่งดัดจากลวดเหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติค และโลหะผสมระหว่างโคบอลต์นิเกิลและโครเมียม ขนาด 0.017 x 0.022 นิ้ว ลวดดังกล่าวนี้เป็นลวดซึ่งนำไปดัดลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันสมบูรณ์แบบ (Ideal Archwire) ในคลินิกภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การวิเคราะห์คุณสมบัติดังกล่าว กระทำจากค่าการคงรูปของลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน ซึ่งเป็นความสามารถต้านทานต่อแรงดึงในทิศทางการขยายลวด (Expansion) (4, 8, 23)

2. คุณสมบัติในช่วงยืดหยุ่น (Elastic Properties) ของลวดทางทันตกรรมจัดฟัน ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากกรรมวิธีผ่านความร้อน ศึกษาในลวดตรง ภายหลังได้ผลการศึกษาในลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน โดยเลือกกรรมวิธีผ่านความร้อน ซึ่งให้ค่าการคงรูปสูงสุดเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม การทดสอบกระทำในลักษณะแรงดึง ค่าซึ่งนำมาวิเคราะห์ได้แก่ โมดูลัสของการยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ความเค้นพิสูจน์ (Proof Stress) และความเค้นแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength) ในภาคผนวก ก

3. การศึกษานี้มิได้ครอบคลุมถึงคุณสมบัติอื่น ๆ ของลวด ได้แก่ การสึกกร่อน (Corrosion) คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการบัดกรี (Soldering) และการเชื่อมด้วยไฟฟ้า (Welding) ความแข็งผิว (Surface Hardness) เป็นต้น

4. ตัวแปรของการวิจัย

4.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variables)

4.1.1 กรรมวิธีผ่านความร้อน

4.1.1.1 การอบ

4.1.1.2 การผ่านกระแสไฟฟ้า

4.1.1.3 การผ่านเปลวไฟ

4.1.2 ชนิดของลวด

4.1.2.1 ลวดเหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติค ประกอบด้วย เพอร์มาโครม (Permachrome) ซึ่งผลิตโดยบริษัทยูนิเทก (Unitex Corporation) และ นูไบรท์ (Nubryte) ซึ่งผลิตโดยบริษัทจีเอซี (G.A.C. International Inc.)

4.1.2.2 ลวดโลหะผสมระหว่างโคบอลต์นิเกิลและโครเมียม ประกอบด้วย อัลจิลอยสีฟ้า (Blue Elgiloy) ซึ่งผลิตโดยบริษัทรอกกีเมาเทน (Rocky Mountain/Orthodontics) และเรมอลอยสีฟ้า (Remaloy® blue) ซึ่งผลิตโดยบริษัท เดนเตารุม (Dentaurum)

4.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

การคงรูปของลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน

<u>ข้อตกลงเบื้องต้น</u>

1. ชนิด ขนาด ตลอดจนส่วนประกอบของลวด กำหนดตามที่ระบุ โดยบริษัทผู้ผลิต

2. กรรมวิธีผ่านความร้อนแบบต่าง ๆ กระทำดังนี้คือ

2.1 การอบ กระทำในเตาอบของบริษัทเจเลนโก รุ่น 2700 (Jelenko Vacuum Porcelain Furnace Model 2700) ซึ่งสามารถให้ความร้อนสูงสุดที่อุณหภูมิ 2,400 องศาฟาเรนไฮต์ (1,350 องศาเซลเซียส) และมีอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat) ทำงานร่วมด้วย อุณหภูมิและเวลาที่ใช้อบลวดกำหนดตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตดังนี้คือ

2.1.1 ลวดเหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติค ที่ผลิตโดยบริษัทยูนิเทก (Unitex Corporation) ซึ่งใช้ชื่อทางการค้าว่าเพอร์มาโครม (Permachrome) และบริษัทจีเอซี (G.A.C. International Inc.) ซึ่งใช้ชื่อทางการค้าว่านูไบรท์ (Nubryte) ใช้อุณหภูมิในการอบ 750 องศาฟาเรนไฮต์ (400 องศาเซลเซียส) นาน 1 ชั่วโมง (19)

2.1.2 ลวดโลหะผสมระหว่างโคบอลต์นิเกิลและโครเมียม ที่ผลิตโดยบริษัทรอกกีเมาเทน (Rocky Mountain/Orthodontics) ซึ่งใช้ชื่อทางการค้าว่า อัลจิลอยสีฟ้า (Blue Elgiloy) ใช้อุณหภูมิในการอบ 900 องศาฟาเรนไฮต์ (482 องศาเซลเซียส) นาน 12 นาที (21) ลวดชนิดเดียวกันที่ผลิตโดยบริษัทเดนเตารุม (Dentaurum) ซึ่งใช้ชื่อทางการค้าว่า เรมอลอยสีฟ้า (Remaloy® blue) ใช้อุณหภูมิในการอบ 932 องศาฟาเรนไฮต์ (500 องศาเซลเซียส) นาน 60 นาที (22)

2.2 การผ่านกระแสไฟฟ้า กระทำโดยเครื่องเชื่อมด้วยไฟฟ้า (Spot Welder) รุ่น 506 A ร่วมกับอุปกรณ์ในการผ่านความร้อน (Heat Treating Unit) ของบริษัทรอกกีเมาเทน อุณหภูมิและเวลาที่ใช้กำหนดได้โดยอินดิเคติ้งเพส (Indicating Paste) หรือเฟลชเพส (Flash Paste) ซึ่งทำมาเพื่อใช้กับลวดแต่ละชนิด

ลวดเหล็กกล้าไร้สนิมออสเตนนิติค จะใช้อินดิเคติ้งเพสที่ผลิตโดยบริษัทยูนิเทก ซึ่งจะลุกเป็นไฟที่อุณหภูมิ 750 องศาฟาเรนไฮต์ (400 องศาเซลเซียส) (19)

ลวดโลหะผสมระหว่างโคบอลต์ นิเกิล และโครเมียม จะใช้อินดิเคติ้งเพส ที่ผลิตโดยบริษัทรอกกีเมาเทน ซึ่งจะลุกเป็นไฟที่อุณหภูมิ 950 องศาฟาเรนไฮต์ (510 องศาเซลเซียส) (21)

การปรับปุ่มที่หน้าปัดเครื่องเชื่อมด้วยไฟฟ้า จะปรับไว้ที่หมายเลข 4 (Heavy) ซึ่งวัดกระแสไฟฟ้าที่ผ่านวงจรได้ 2.8 แอมแปร์

2.3 การผ่านเปลวไฟ ทำโดยใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์ ซึ่งมีอุปกรณ์ปรับระดับของไส้ตะเกียง โดยปรับให้ไส้ตะเกียงสูง 0.5 เซนติเมตร จะได้เปลวไฟสูงประมาณ 5 เซนติเมตร ความร้อนที่ให้กับลวดได้จากเปลวไฟบริเวณที่สอง นับจากด้านนอกเข้ามา (Interconal Zone) (24, 25) วัดอุณหภูมิ ณ จุดนี้ได้ 600 องศาเซลเซียส (1,110 องศาฟาเรนไฮต์) การลนไฟทำโดยใช้ปากคีบ (Forceps) จับลวดเคลื่อนผ่านเปลวไฟ

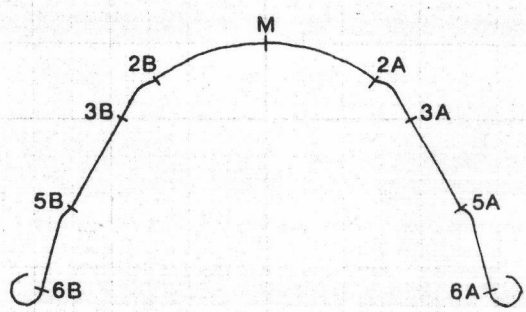
ให้ได้รับความร้อนทั่วกันทั้งเส้น จนกระทั่งลวดมีสีน้ำตาลอ่อน (Light Brown Color) (17) หรือสีหญ้าแห้งเข้ม (Dark Straw Color) (18) ซึ่งในลวดเหล็กกล้าไร้สนิมจะใช้เวลาประมาณ 3 นาที และลวดโลหะผสมระหว่างโคบอลต์ นิเกิล และโครเมียม จะใช้เวลาประมาณ 5 นาที

3. ลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันที่นำมาทำการศึกษามีลักษณะดังรูปที่ 1 (26) โดยไม่มีการดัดลวดในระดับที่สองและสาม (Second และ Third Order Bend) การดัดลวดแต่ละเส้นกระทำโดยผู้วิจัยเพียงผู้เดียว โดยผ่านการฝึกหัดดัดลวดในลักษณะนี้เป็นเวลานาน 3 เดือน จนสามารถดัดลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันแต่ละเส้นได้ภายในเวลา 10 นาที

4. การเปลี่ยนแปลงรูปอย่างถาวรของลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน วินิจฉัยจากระยะระหว่างส่วนปลายสุด ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปเป็นระยะ 0.5 มิลลิเมตร (8)

5. แรงดึงต่ำสุดที่ทำให้ลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันเปลี่ยนรูปอย่างถาวร มีหน่วยเป็นกรัม การเพิ่มแรงกระทำต่อเส้นลวด ทำครั้งละ 5 กรัม โดยถ่วงตุ้มน้ำหนักนาน 10 วินาที และวัดระยะระหว่างส่วนปลายของลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันภายหลังนำตุ้มน้ำหนักออกแล้ว

6. ปริมาณความร้อนที่ผ่านลวดในกรรมวิธีผ่านความร้อนแบบต่าง ๆ ควบคุมให้เท่ากันตลอดการทดลอง



รูปที่ 1 แสดงถึงลักษณะลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน (26)

ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย

1. ถึงแม้ว่าสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา (American Dental Association) จะได้กำหนดคุณสมบัติของลวดทางทันตกรรมจัดฟัน ซึ่งปราศจากโลหะมีค่า (Precious Metal) เป็นส่วนประกอบ (27) ไว้ตั้งแต่เดือนธันวาคม ค.ศ. 1977 แต่จนกระทั่งปัจจุบัน ยังไม่มีลวดของบริษัทใดที่สมาคมรับรอง ดังนั้นการวิจัยนี้จึงจำเป็นต้องเลือกลวดที่ใช้ในคลินิกภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อประโยชน์ในการนำผลของการวิจัยไปใช้ในการปฏิบัติงานต่อไป

2. ลวดชนิดเดียวกัน ซึ่งผลิตโดยบริษัทเดียวกัน แต่ผลิตในช่วงเวลาที่ต่างกัน อาจมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เนื่องจากกรรมวิธีการผลิต (28) ดังนั้น เพื่อกำจัดตัวแปรดังกล่าว จึงใช้ลวดซึ่งผลิตในคราวเดียวกันมาทำการทดสอบ

3. ลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน ซึ่งนำมาทำการศึกษานั้น ปราศจากการดัดอาร์ทิสติค (Artistic) และทอร์ค (Torque) เนื่องจากการดัดลวดในลักษณะดังกล่าวแต่ละครั้งมีความคลาดเคลื่อนสูง และในทางปฏิบัติปริมาณของอาร์ทิสติคและทอร์คแตกต่างกันในผู้ป่วยแต่ละราย ทั้งนี้ขึ้นกับการเรียงตัวของฟัน อนึ่ง ในปัจจุบันมีการผลิตแบรกเก็ตที่มีอาร์ทิสติคและทอร์คสำเร็จรูป ดังนั้นลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันจึงไม่จำเป็นต้องดัดให้มีอาร์ทิสติคและทอร์ค การวิจัยนี้จึงมุ่งทดสอบผลของกรรมวิธีผ่านความร้อนต่อลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน ที่นิยมใช้กันทั่วไป และไม่อาจอ้างอิงไปถึงลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันที่มีอาร์ทิสติคและทอร์คได้

4. การจำแนกชนิดของลวดเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดออสเตนนิติคและโลหะผสมระหว่างโคบอลต์ นิเกิล และโครเมียม กำหนดตามที่บริษัทผู้ผลิตระบุไว้ ดังนั้นลวดประเภทเดียวกันอาจจะมีส่วนประกอบและกรรมวิธีในการผลิตต่างกัน ผู้วิจัยได้พยายามเลือกลวดซึ่งมีส่วนประกอบและกรรมวิธีการผลิตซึ่งคล้ายคลึงกันมาใช้ในการวิจัย

5. เครื่องมือในการทำกรรมวิธีผ่านความร้อนแบบต่าง ๆ เป็นเครื่องมือซึ่งคาดว่าควรมีใช้ในคลินิกทันตกรรมจัดฟัน ผลการวิจัยเป็นเพียงความรู้พื้นฐาน ไม่อาจครอบคลุมถึงเครื่องมือในการทำกรรมวิธีผ่านความร้อนแบบอื่น ๆ ได้

6. อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในกรรมวิธีผ่านความร้อนแบบต่าง ๆ นั้น กระทำตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ซึ่งอาจแตกต่างกันในลวดชนิดเดียวกัน เนื่องจากส่วนประกอบย่อยซึ่งแตกต่างกัน

7. ผลข้างเคียงที่เกิดขึ้นจากกรรมวิธีผ่านความร้อน ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติของลวด ซึ่งได้แก่ โมดูลัสของการยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ความเค้นพิสูจน์ (Proof Stress) และความเค้นแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength) ไม่สามารถศึกษาจากลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันได้ จึงต้องศึกษาโดยอ้อมในลวดตรง

<u>คำจำกัดความ</u>

1. ลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน (Orthodontic Archwire) หมายถึง ลวดซึ่งดัดให้โค้ง ตามลักษณะการเรียงตัวของฟันในขากรรไกรบน ประกอบด้วย (26)

1.1 ส่วนโค้งสม่ำเสมอบริเวณฟันหน้า (Smooth Anterior Curve) ได้แก่ ระยะระหว่างด้านไกลกลาง (Distal) ของฟันหน้าซี่ข้าง (Lateral Incisor) ซ้ายและขวา ในรูปที่ 1 ได้แก่ ระยะจากจุด 2A ไปยัง 2B

1.2 ส่วนโค้งนูนออกทางด้านนอกบริเวณใกล้กลาง (Mesial) ของฟันเขี้ยว (Canine Outbend) เพื่อให้ฟันซี่นี้เรียงตัวนูนกว่าฟันหน้า ในรูปที่ 1 ได้แก่ บริเวณตรงจุด 2A และ 2B

1.3 ส่วนโค้งบริเวณฟันเขี้ยว (Canine Curvature) เป็นส่วนโค้งตามรูปร่างของฟันเขี้ยวทางด้านริมฝีปาก ในรูปที่ 1 ได้แก่ ระยะระหว่างจุด 2A กับ 3A และ 2B กับ 3B

1.4 ส่วนโค้งนูนออกทางด้านนอกตรงบริเวณใกล้กลางของฟันกราม (Molar Offset) เพื่อให้ฟันกรามมีตำแหน่งนูนออกมามากกว่าฟันกรามน้อย เนื่องจากมีความหนาในแนวแก้มลิ้น (Buccolingual) มากกว่า ในรูปที่ 1 ได้แก่ บริเวณตรงจุด 5A และ 5B

1.5 ส่วนหักเข้าด้านใน (Toe in) บริเวณฟันกราม เพื่อให้ฟันกรามเอียงตัวเข้าไปทางด้านลิ้น ในรูปที่ 1 ได้แก่ ระยะระหว่างจุด 5A กับ 6A และ 5B กับ 6B

ลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันจะต้องมีความสมมาตร (Symmetry) ระหว่างด้านซ้ายและขวา ส่วนปลายของลวดหลังจุด 6A และ 6B ดัดเป็นส่วนโค้งของวงกลม ดังรูปที่ 1 เพื่อใช้ในการยึดลวด และแขวนตุ้มน้ำหนัก ขณะทำการทดสอบ

2. กรรมวิธีผ่านความร้อน (Heat Treatment) หมายถึงกรรมวิธีกำจัดความเค้นภายใน (Internal Stress) ซึ่งเกิดในเส้นลวด เมื่อถูกดัดให้มีรูปร่างตามต้องการ โดยผ่านความร้อน ในที่นี้ได้แก่ การอบ การผ่านกระแสไฟฟ้า และการผ่านเปลวไฟ เพื่อทำให้ลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันมีความคงรูป (Dimensional Stability) ไม่เปลี่ยนแปลงรูปอย่างถาวร ขณะใส่ในปาก อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการทำกรรมวิธีผ่านความร้อนในลวดแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป (29, 30)

3. การคงรูป (Dimensional Stability) ของลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน หมายถึงแรงน้อยที่สุด ซึ่งทำให้ลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟันเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างถาวร 0.5 มิลลิเมตร โดยวัดจากส่วนกว้างที่สุดตรงปลายลวดโค้งทางทันตกรรมจัดฟัน ระหว่างจุด 6A และ 6B ในรูปที่ 1

4. โมดูลัสของการยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) หมายถึง สัดส่วนระหว่างความเค้น (Stress) และความเครียด (Strain) ซึ่งเกิดจากแรงดึง (Tension) ในช่วงต่ำกว่าเขตปฏิภาค (Proportional Limit) สามารถวัดได้จากความชัน (Slope) ของเส้นสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดส่วนที่เป็นเส้นตรง (29,30,31,32,33,34)

5. ความเค้นพิสูจน์ (Proof Stress) หมายถึงความเค้น (Stress) ที่จุดซึ่งวัสดุเริ่มเปลี่ยนรูปถาวรจากแรงดึง โดยวัดความเค้นตรงจุดที่ความเครียดเพิ่มขึ้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ จากเขตปฏิภาค (Proportional Limit) (16, 29, 30, 31, 35)

6. ความเค้นแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength) หมายถึงความเค้น (Stress) สูงสุด ก่อนวัสดุจะขาด วัดจากความเค้นตรงจุดสูงสุดของเส้นสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด (30, 32, 36)