

การทดสอบคุณสมบัติความต้านทานแรงดึงและแรงบิดของ เดือยฟันสำเร็จรูป

The Resistance to Tensile and Torsional Force Tests of Prefabricated Posts

อลิสา วิชัยธนารักษ์ (Alisa Vichaithanaruk)* ดร.ปิยวัฒน์ พันธุ์โกศล (Dr.Piyawat Phankosol)**

บทคัดย่อ

การทดลองในห้องปฏิบัติการครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการยึดอยู่ของเดือยฟันสำเร็จรูป ชนิดเหล็กกล้าไร้สนิม โดยประเมินจากการใช้แรงดึง และแรงบิด และพิจารณาแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างแรงทั้งสองชนิด เตรียมชิ้นงานโดยใช้ฟันกรามน้อยล่างจำนวน 40 ซี่ ทำการรักษารากฟัน และเตรียมช่องว่างสำหรับใส่เดือยฟัน ยึดเดือยฟันสำเร็จรูประบบพาราโพสท์รุ่น PP และ XP ด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ และแบ่งไปทำการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบเนกประสงค์ (model LR plus, Lloyd) และความต้านทานต่อแรงบิดด้วยเครื่องทดสอบแรงบิดระบบมอเตอร์ (DTX, Nextech) ด้วยวิธีการสุ่ม (n=10) สถิติที่ใช้คือ Independent T test ผลการวิจัยพบว่า เดือยฟันรุ่น XP มีการยึดอยู่ที่ดีกว่ารุ่น PP ทั้งจากการประเมินด้วยการใช้แรงดึง และแรงบิด ($p<0.05$) และค่าแรงดึง และแรงบิดมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยที่แรงบิดมีค่าน้อยกว่าแรงดึงประมาณ 20 เท่า

ABSTRACT

This in vitro study was to investigate the retention of prefabricated stainless steel posts by using tensile and torsional forces and to consider correlation of these forces. The endodontic treatment and post space preparation was done in forty mandibular premolars. The prefabricated post, ParaPost[®] model PP and XP (Coltene/whaledent, Cuyahoga Falls, USA), were secured with zinc phosphate cement, then randomly divided for tensile and torque test (n=10). The tensile testing was performed on the universal testing machine (model LR plus, Lloyd), while the torsional testing was conducted on a motorized cap torque tester (model DTX, Nextech). The data were analyzed statistically by Independent T test. The result showed that XP group presented significantly higher retentive value in both of tensile and torsional forces than PP group ($p<0.05$). Both tensile and torsional forces progressed in the same direction. Torsional force values were less than tensile forces approximately 20 times.

คำสำคัญ : เดือยฟันสำเร็จรูป แรงดึง แรงบิด

Key Words : Prefabricated post, Tensile force, Torsional force

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

เดือยฟันเป็นผลิตภัณฑ์ทางทันตกรรมที่ใช้สำหรับบูรณะฟันที่ได้รับการรักษารากฟัน โดยมีวัตถุประสงค์การใช้หลัก เพื่อให้การยึดอยู่แก่แกนฟันในกรณีที่มีการสูญเสียเนื้อฟันไปจำนวนมาก (Weine, 2004) โดยเดือยฟันที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีอยู่ 2 กลุ่มใหญ่ คือ เดือยฟันสำเร็จรูป (Prefabricated post) และเดือยฟันเฉพาะบุคคล (Custom-made cast post) ซึ่งแต่ละชนิดมีข้อดีข้อด้อยที่แตกต่างกันไป ปัจจุบันเดือยฟันสำเร็จรูปเป็นที่นิยมใช้เนื่องจากลดจำนวนครั้งในการนัดผู้ป่วย ทำให้สามารถทำการบูรณะส่วนตัวฟันได้เร็วยิ่งขึ้น

เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้หลักของเดือยฟันดังกล่าว การศึกษาที่ผ่านมาโดยส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นไปที่การยึดอยู่ของเดือยกับฟัน ประกอบกับ เดือยที่มีการยึดอยู่ที่ไม่เพียงพออาจนำไปสู่ปัญหาการหักฟันแตกได้ (Cohen, Pagnillo *et al.*, 1995) การยึดอยู่สามารถประเมินได้โดยการใช้การทดสอบด้วยแรงดึง (pull-out test) หรือแรงกด (push-out test) การเตรียมชิ้นงานมีทั้งเป็นรูปแบบชิ้นงานทั้งชิ้น หรือตัดเป็นชิ้นงานขนาดเล็ก (micro test) พบว่าการทดสอบด้วยการใช้ชิ้นงานขนาดเล็กนั้น จะสามารถเปรียบเทียบการยึดอยู่ในบริเวณต่างๆ กันได้ และมีการกระจายความเค้นที่สม่ำเสมอกว่า แต่วิธีการเตรียมชิ้นงานทดสอบมีความซับซ้อนกว่า และมักจะพบปัญหาการเกิดความล้มเหลวของชิ้นงานก่อนการทดสอบ (premature failure) สำหรับการทดสอบโดยการใช้ชิ้นงานทั้งชิ้นนั้น พบว่าการทดสอบด้วยแรงกด จะเกิดการกระจายความเค้นไม่สม่ำเสมออย่างมาก ค่าแรงที่ได้จึงมักจะต่ำกว่าจริง (Gallo, Miller *et al.*, 2002; Goracci, Tavares *et al.*, 2004)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การทดสอบการยึดติดโดยส่วนใหญ่ใช้วิธีการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึงตามแนวแกน (Axial tensile force) (Johnson and Sakumura, 1978; Ruemping, Lund *et al.*, 1979; Turner, 1982; Cooney, Caputo *et al.*, 1986; Stegaroiu, Yamada *et al.*, 1996; Cohen, Pagnillo

et al., 1998; Drummond, 2000; Rosin, Fleissner *et al.*, 2001; Gallo, Miller *et al.*, 2002; Nergiz, Schmage *et al.*, 2002; Teixeira, Teixeira *et al.*, 2006; Dias, Giovani *et al.*, 2009) เนื่องจากแรงดึงจะกระทำต่อเดือยฟันในลักษณะของแรงเค้นเฉือน (shear stress) ซึ่งเป็นแรงที่กระทำต่อผิวสัมผัสระหว่างเดือยฟัน/ซีเมนต์ และซีเมนต์/เนื้อฟันในการใช้งานทางคลินิก (Johnson and Sakumura, 1978) ดังนั้นการใช้แรงดึงจึงเป็นการทดสอบที่น่าจะประเมินผลทางคลินิกได้ดี

สำหรับการทดสอบความต้านทานต่อแรงบิด (Torque test) นั้นมีค่อนข้างน้อย แม้ว่าผลที่ได้จะสื่อถึงประสิทธิภาพการใช้งานในระยะยาว (Cohen, Pagnillo *et al.*, 1995; Cohen, Pagnillo *et al.*, 1999; Cohen, Penugonda *et al.*, 2000) และเสถียรภาพของเดือยฟัน (Cohen, Pagnillo *et al.*, 1995) โดยพบว่าในการใช้งานทางคลินิก เดือยฟันจะถูกกระทำด้วยแรงบิดตลอดเวลาในช่วงที่มีการบดเคี้ยว (Tjan and Miller, 1984) ซึ่งการสูญเสียการยึดอยู่ภายใต้แรงบิดในการใช้งานในคลินิกนั้น จะทำให้เกิดรอยร้าว และแตกในชั้นของซีเมนต์ ส่งผลให้เดือยฟันเกิดการขยับ และนำไปสู่ความล้มเหลวในการบูรณะในที่สุด (Ruemping, Lund *et al.*, 1979; Burgess, Summitt *et al.*, 1992; Cohen, Pagnillo *et al.*, 1995) นอกจากนี้ยังไม่มีขอบเขตของค่าแรงบิดที่กำหนดถึงความสำเร็จของการบูรณะ เช่นเดียวกับค่าแรงดึง ซึ่งมีการศึกษาก่อนหน้ากำหนดไว้ว่า เดือยฟันควรจะต้านทานแรงดึงได้อย่างน้อย 196.133 นิวตัน (20 กิโลกรัม) (Charlton, 1970)

ค่าแรงดึงและแรงบิดที่สูง นอกจากจะแสดงให้เห็นว่าเดือยฟันนั้น ามีการยึดอยู่ที่ดี ยังเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยเพิ่มความต้านทานการหลุดโดยเฉพาะในฟันที่มีรากเดี่ยวและกลมได้ดียิ่งขึ้น (Burgess, Summitt *et al.*, 1992)

จนถึงปัจจุบันยังพบว่ามีการทดสอบการยึดติดของเดือยฟันโดยใช้ทั้งแรงดึงและแรงบิดควบคู่กันเป็นจำนวนน้อย และยังไม่มีการศึกษาไหนที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ของแรงทั้งสองชนิดนี้ การศึกษาในครั้งนี้

จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลจากการใช้แรง ทั้งสองชนิดที่มีต่อการยึดติดของเดือยฟัน โดยใช้ เดือยฟันสำเร็จรูปในท้องตลาดที่นิยมใช้กันมากที่สุด ชนิดหนึ่งในการทดสอบ

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

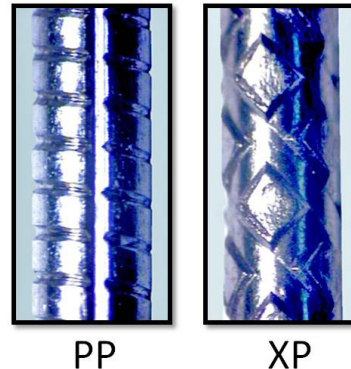
การเตรียม และทดสอบชิ้นงาน

คัดเลือกฟันกรามน้อยล่างที่เก็บรวบรวมไว้ในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 0.9 (Burgess, Summitt *et al.*, 1992) จำนวน 40 ซี่ โดยมีเกณฑ์การเลือก คือ มีขนาดและความหนาของเนื้อฟันใกล้เคียงกันในแนว ด้านแก้มถึงแนวด้านลิ้น (bucco-lingual plane) และ แนวใกล้กลางถึงแนวไกลกลาง (mesio-distal plane) ไม่ต่างกันเกิน 1 มิลลิเมตร และความยาวไม่ต่างกัน เกิน 0.5 มิลลิเมตร (McDonald, King *et al.*, 1990) ตัดส่วนตัวฟันออกด้วยเครื่องตัดชิ้นงานความเร็วต่ำ ยี่ห้อไอโซเมต (Isomet Low speed, Buehler Co., Lake Bluff, IL, USA) ที่บริเวณระหว่างรอยต่อของ เคลือบฟันและเคลือบรากฟัน (cementoenamel junction) (Burgess, Summitt *et al.*, 1992) ให้ได้ รากฟันมีความยาวประมาณ 14 มิลลิเมตร ต่อมาทำการ รักษาคลองรากฟัน เตรียมช่องว่างสำหรับใส่เดือยฟัน โดยใช้หัวกรอของระบบพาราโพสท์ (ParaPost, Coltene/Whaledent, USA) เบอร์ 5 กรอลงไปลึก 9 มิลลิเมตร

แบ่งฟันออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 20 ซี่ โดยวิธีการสุ่ม กลุ่มที่ 1 (PP) ทำการบูรณะฟันโดยใช้ เดือยฟันสำเร็จรูปชนิดเหล็กกล้าไร้สนิมระบบพาราโพสท์ รุ่นดั้งเดิม (ParaPost®, Coltene/whaledent, Cuyahoga Falls, USA) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.25 มิลลิเมตร และมีรูปทรงขนาน และกลุ่มที่ 2 (XP) บูรณะด้วยเดือยฟันระบบพาราโพสท์รุ่น XP (ParaPost® XP™®, Coltene/whaledent, Cuyahoga Falls, USA) ซึ่งมีขนาดและรูปทรงเช่นเดียวกันกับกลุ่มแรก (ภาพที่ 1)

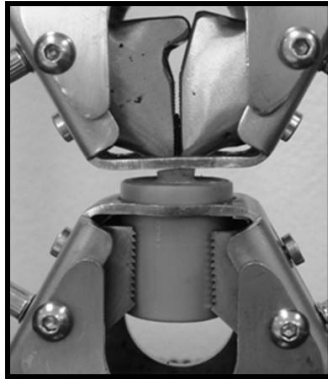
ยึดเดือยฟันกับรากฟันด้วยซิงค์ฟอสเฟต ซีเมนต์ (Zinc phosphate cement, Hy-Bond, Shofu

Inc., Japan) แล้วจึงนำฟันไปลงบล็อกโดยฝังใน อะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวด้วยตนเอง (Formatray acrylic resin, Kerr, USA) เก็บชิ้นงานทดสอบไว้ใน ตู้ความชื้นสัมพัทธ์สมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน (Nergiz, Schmage *et al.*, 2002) ก่อนการทดสอบชิ้นงานทดสอบจำนวน 20 ชิ้นในแต่ละ กลุ่มจะถูกแบ่งโดยการสุ่มเพื่อทดสอบความต้านทาน ต่อแรงดึง และความต้านทานต่อแรงบิด (n=10)



ภาพที่ 1 เดือยฟันสำเร็จรูปชนิดเหล็กกล้าไร้สนิม ระบบพาราโพสท์ที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบความต้านทานต่อแรงดึงทำ โดยใช้เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (model LR plus, Lloyd, West Sussex, UK) ที่กำหนดค่าความเร็วของการดึงไว้ที่ 5 มม/นาที (Burgess, Summitt *et al.*, 1992) บันทึกค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เกิดการหลุดออกของเดือยฟันหน่วยเป็นนิวตัน (Newton) สำหรับการทดสอบความต้านทานต่อแรงบิดจะทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงบิดระบบมอเตอร์ (Motorized Cap Torque Tester, DTX, Nextech, Thailand) ทดสอบ โดยการบิดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา (Burgess, Summitt *et al.*, 1992) บันทึกค่าแรงที่ใช้ที่ทำให้เกิดการแตกของซีเมนต์และเดือยฟันสามารถหมุนได้ โดยรอบ ซึ่งจะเป็นค่าแรงบิดสูงสุดหน่วยเป็นนิวตัน- เซนติเมตร (N-cm) (ภาพที่ 2)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 แสดงการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง (ก) และแรงบิดหมุน (ข)

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลค่าเฉลี่ยของแรงที่ได้จากการทดสอบมาเปรียบเทียบทางสถิติด้วยการทดสอบที ชนิดตัวอย่างอิสระ (Independent-sample T test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเอส พี เอส เอส รุ่น 16.0 (SPSS, Chicago, IL, USA) และเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึง และแรงบิดด้วยสถิติเชิงพรรณนา

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ค่าเฉลี่ยแรงดึงและแรงบิดที่ทำให้เกิดความล้มเหลวของเดือยฟันสำเร็จรูปแสดงไว้ในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ พบว่ากลุ่ม XP มีค่าที่มากกว่ากลุ่ม PP ทั้งในการทดสอบด้วยแรงดึง และแรงบิดหมุนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ความล้มเหลวของเดือยฟันในการทดสอบพบว่าเดือยฟันจะหลุดออกจากคลองรากฟันในการทดสอบแรงดึง และสำหรับการทดสอบแรงบิดนั้น จะพบเดือยฟันบิดหมุนได้โดยรอบ

ตารางที่ 1 ค่าแรงดึงเฉลี่ยที่ทำให้เกิดความล้มเหลวของเดือยฟันสำเร็จรูป

Group	Mean tensile force (N)	s.d.	P-value*
PP	252.07	34.84	
XP	391.09	43.47	<0.05

* p-value for independent T test

ตารางที่ 2 ค่าแรงบิดเฉลี่ยที่ทำให้เกิดความล้มเหลวของเดือยฟันสำเร็จรูป

Group	Mean torque forces (N-Cm)	s.d.	P-value*
PP	14.11	2.92	
XP	23.54	3.88	<0.05

* p-value for independent T test

เมื่อพิจารณาเทียบผลที่ได้จากการศึกษานี้กับการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีความใกล้เคียงกัน โดยค่าความต้านทานต่อแรงดึงของเดือยฟันระบบพาราโพสท์ XP คือ 430.66 ± 102.02 นิวตัน (Gallo, Miller *et al.*, 2002) และ PP คือ 230 ± 53 นิวตัน (Chan, Harcourt *et al.*, 1993) ในส่วนค่าความต้านทานต่อแรงบิดนั้น PP คือ 13.84 ± 3.04 นิวตัน-เซนติเมตร (Ruemping, Lund *et al.*, 1979) จึงกล่าวได้ว่า การศึกษาในครั้งนี้สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการทดลองได้เป็นอย่างดีเทียบเคียงได้กับการศึกษาที่ผ่านมา

ความต้านทานต่อแรงกระทำที่สูง แสดงถึงการยึดอยู่ที่ดีของเดือยฟัน ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า XP มีการยึดอยู่ที่ดีกว่า PP เมื่อรับแรงดึงและแรงบิด ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากลักษณะพื้นผิวของเดือยฟันที่ต่างกัน โดยผลการศึกษาค้นคว้าที่สนับสนุนผลการศึกษาที่ผ่านมาซึ่งกล่าวไว้ว่า พื้นผิวที่มีลักษณะเป็นร่องซึ่งเป็นที่อยู่ของซีเมนต์ขนาดใหญ่ จะส่งผลให้

ซีเมนต์มีความแข็งแรง และต้านทานการหลุดได้ดีขึ้น (Rosin, Fleissner *et al.*, 2001) ลักษณะร่องบนพื้นผิวของ XP มีขนาดใหญ่กว่า PP ทำให้ XP สามารถต้านทานการหลุดได้ดีกว่า

จากการทดลองครั้งนี้พบว่า ค่าความต้านทานต่อแรงดึงและแรงบิดเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยค่าความต้านทานต่อแรงบิดนั้นจะมีค่าน้อยกว่าแรงดึงประมาณ 20 เท่า

เมื่อพิจารณาค่าความต้านทานต่อแรงดึงของเดือยทั้ง 2 ชนิดจะพบว่า ค่าการทดสอบที่ได้มีค่าสูงกว่าขอบเขตที่มีการกำหนดไว้ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นหากเดือยฟันทั้ง 2 ชนิดนี้เกิดการหลุดในขณะที่ใช้งาน จึงน่าจะมีสาเหตุมาจากการสูญเสียความต้านทานจากแรงอื่น ๆ ที่ไม่ใช่แรงดึง โดยเฉพาะแรงบิดซึ่งเดือยฟันจะถูกกระทำตลอดการใช้งาน เหตุนี้ในการศึกษาการยึดอยู่ของเดือยฟัน จึงควรที่จะทำการศึกษาค่าความต้านทานต่อแรงบิดควบคู่กับแรงดึงไปด้วย

สาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่มีการศึกษาเกี่ยวกับค่าความต้านทานต่อแรงบิดค่อนข้างน้อยนั้น น่าจะเนื่องมาจากเครื่องมือที่นำมาใช้ในการทดลองต้องทำขึ้นโดยเฉพาะ หรือต้องมีอุปกรณ์เพิ่มพิเศษ จึงจะสามารถใช้กับเครื่องทดสอบบอเนกประสงค์ได้ ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นผลที่ได้จากการศึกษานี้ จึงน่าจะเป็นตัวช่วยในการประมาณค่าแรงบิดของเดือยฟันจากการทดสอบด้วยแรงดึงได้

ถึงแม้ว่าจากการศึกษานี้เราจะสามารถประมาณการค่าความต้านทานต่อแรงบิดจากค่าความต้านทานต่อแรงดึงได้ แต่ด้วยความแตกต่างทางลักษณะพื้นผิวของเดือยฟันระบบต่าง ๆ ค่าประมาณการที่ได้อาจไม่สามารถใช้ได้กับทุกกรณี เนื่องจากลักษณะร่อง หรือเกลียวต่าง ๆ บนพื้นผิว ล้วนส่งผลต่อแรงที่กระทำในทิศทางต่าง ๆ แตกต่างกันไป จึงเป็นสิ่งที่น่าจะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษานี้ สามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

1. เดือยฟันสำเร็จรูปชนิดเหล็กกล้าไร้สนิมระบบพาราโพสท์รุ่น XP มีการยึดอยู่ที่ดีกว่ารุ่น PP ทั้งจากการประเมินด้วยการใช้แรงดึง และแรงบิด อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

2. ค่าแรงดึง และแรงบิดมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยค่าแรงบิดนั้นจะมีค่าน้อยกว่าแรงดึงประมาณ 20 เท่า

ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษานี้เป็นผลที่ได้จากการใช้เดือยฟันชนิดเหล็กกล้าไร้สนิมระบบพาราโพสท์ ร่วมกับซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ยี่ห้อไฮบอนด์ ซึ่งหากมีการใช้เดือยหรือซีเมนต์ชนิดอื่น ๆ ในการยึดเดือย ผลที่ได้อาจมีค่าและลักษณะที่แตกต่างออกไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์ทันตนวัตกรรม หน่วยทันตกรรมพระราชทาน ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนและเครื่องมือทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

- Burgess, JO., Summitt, JB., and Robbins, JW. 1992. The resistance to tensile, compression, and torsional forces provided by four post systems. *J Prosthet Dent.* 68(6): 899-903.
- Chan, FW., Harcourt, JK., and Brockhurst, PJ. 1993. The effect of post adaptation in the root canal on retention of posts cemented with various cements. *Aust Dent J.* 38(1): 39-45.
- Charlton, G. 1970. Design of posts and cores for porcelain jacket crowns. M.D.S. University of Bristol.
- Cohen, BI., Pagnillo, M., Condos, S., and Deutsch, AS. 1995. Comparison of the torsional forces at failure for seven endodontic post systems. *J Prosthet Dent.* 74(4): 350-7.

- Cohen, BI., Pagnillo, MK., Newman, I., Musikant, BL., and Deutsch, AS. 1998. Retention of three endodontic posts cemented with five dental cements. *J Prosthet Dent.* 79(5): 520-5.
- Cohen, BI., Pagnillo, MK., Newman, I., Musikant, BL., and Deutsch, AS. 1999. Effects of three bonding systems on the torsional resistance of titanium-reinforced composite cores supported by two post designs. *J Prosthet Dent.* 81(6): 678-83.
- Cohen, BI., Penugonda, B., Pagnillo, MK., Schulman, A., and Hittelman, E. 2000. Torsional resistance of crowns cemented to composite cores involving three stainless steel endodontic post designs. *J Prosthet Dent.* 84(1): 38-42.
- Cooney, JP., Caputo, AA., and Trabert, KC. 1986. Retention and stress distribution of tapered-end endodontic posts. *J Prosthet Dent.* 55(5): 540-6.
- Dias, LL., Giovani, AR., SilvaSousa, YT., Vansan, LP., Alfredo, E., Sousa-Neto, MD., et al. 2009. Effect of eugenol-based endodontic sealer on the adhesion of intraradicular posts cemented after different periods. *J Appl Oral Sci.* 17(6): 579-83.
- Drummond, JL. 2000. In vitro evaluation of endodontic posts. *Am J Dent.* 13(Spec No): 5B-8B.
- Gallo, JR, 3rd., Miller, T., Xu, X., and Burgess, JO. 2002. In vitro evaluation of the retention of composite fiber and stainless steel posts. *J Prosthodont.* 11(1): 25-9.
- Goracci, C., Tavares, AU., Fabianelli, A., Monticelli, F., Raffaelli, O., Cardoso, PC., et al. 2004. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci.* 112(4): 353-61.
- Johnson, JK., and Sakumura, JS. 1978. Dowel form and tensile force. *J Prosthet Dent.* 40(6): 645-9.
- McDonald, AV., King, PA., and Setchell, DJ. 1990. In vitro study to compare impact fracture resistance of intact root-treated teeth. *Int Endod J.* 23(6): 304-12.
- Nergiz, I., Schmage, P., Ozcan, M., and Platzer, U. 2002. Effect of length and diameter of tapered posts on the retention. *J Oral Rehabil.* 29(1): 28-34.
- Rosin, M., Fleissner, P., Welk, A., Steffen, H., and Heine, B. 2001. The influence of surface configuration on the retention of posts designed for use with a cast-on technique. *Quintessence Int.* 32(2): 119-30.
- Ruemping, DR., Lund, MR., and Schnell, RJ. 1979. Retention of dowels subjected to tensile and torsional forces. *J Prosthet Dent.* 41(2): 159-62.
- Stegaroiu, R., Yamada, H., Kusakari, H., and Miyakawa, O. 1996. Retention and failure mode after cyclic loading in two post and core systems. *J Prosthet Dent.* 75(5): 506-11.
- Teixeira, EC., Teixeira, FB., Piasick, JR., and Thompson, JY. 2006. An in vitro assessment of prefabricated fiber post systems. *J Am Dent Assoc.* 137(7): 1006-12.
- Tjan, AH., and Miller, GD. 1984. Comparison of retentive properties of dowel forms after application of intermittent torsional forces. *J Prosthet Dent.* 52(2): 238-42.
- Turner, CH. 1982. The retention of dental posts. *J Dent.* 10(2): 154-65.
- Weine, FS. 2004. *Endodontic therapy.* Missouri: Mosby.