

การตอบสนองของเนื้อเยื่อในต่อซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมในฟันสุนัขที่ได้รับการรักษาแบบ

พัลโพโทมีบางส่วน: การศึกษานำร่อง

Pulpal Response to Conventional Glass Ionomer Cement in Partial Pulpotomized

Dog Teeth: A Pilot Study

กฤตภาส ธนกุลวัฒนา (Krittapas Tanakulwattana)* ดร.ไพโรจน์ หลินสุวรรณนท์ (Dr.Pairoj Linsuwanont)**

ชนินทร์ กัลลประวิทย์ (Chanin Kalpravidh)***

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน การศึกษาโดยใช้วัสดุซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมเป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อในฟันยังมีไม่มากนัก การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองของเนื้อเยื่อในเมื่อใช้ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ ชนิดดั้งเดิม (Ketac Fil Plus™) เป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อในฟันสุนัขเมื่อทำพัลโพโทมีบางส่วนเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้เอ็มทีเอ (ProRoot MTA™) ผลการศึกษาลักษณะทางจุลพยาธิวิทยา พบว่าที่ระยะเวลา 7 วัน กลุ่มซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์มีการอักเสบตั้งแต่ระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง ในขณะที่กลุ่มเอ็มทีเอโดยรวมมีการอักเสบเล็กน้อย ทั้งสองกลุ่มมีการอักเสบจำกัดอยู่บริเวณใต้ต่อวัสดุอุด ในขณะที่เนื้อเยื่อในส่วนอื่นมีลักษณะปกติ และไม่พบการสร้างเดนตินบริดจ์ ส่วนที่ระยะเวลา 70 วัน กลุ่มซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ยังมีการอักเสบเนื้อเยื่อระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง ในขณะที่กลุ่มเอ็มทีเอมีลักษณะปกติจนถึงมีการอักเสบเพียงเล็กน้อย และพบการสร้างเดนตินบริดจ์ในปริมาณที่ต่างกัน

ABSTRACT

To date, literature showed limited information regarding using conventional glass ionomer cement (conventional GIC) as a pulp capping material in vital pulp therapy. This research aimed to study the pulpal responses in dog teeth when conventional GIC (Ketac Fil Plus™) was used as partial pulpotomy medicament in comparison to MTA (ProRoot MTA™). The results showed that, at 7 days period, the GIC group had mild to moderate degree of pulpal inflammation while the MTA group showed mild degree of pulpal inflammation. In both groups, the pulpal inflammation was detected only underneath the materials while other part of the pulp was normal. No dentin bridge was detected in both groups. At 70 days period, GIC group showed mild to moderate inflammation adjacent to the material. MTA group had normal to mild pulpal inflammation and dentin bridge formation were observed.

คำสำคัญ: ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม เอ็มทีเอ พัลโพโทมีบางส่วน

Key Words: Conventional glass ionomer cement, MTA, Partial pulpotomy

* นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเอ็นโดคอนด์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาศัลยศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

การรักษาด้วยการทำไวทัลพัลพ์เทอร์ราพี (vital pulp therapy) เป็นการรักษาที่มีการอนุรักษ์เนื้อเยื่อในเพื่อคงความมีชีวิตและการทำหน้าที่ของเนื้อเยื่อในฟันไว้เพื่อเป็นการส่งเสริมให้เกิดการหายของเนื้อเยื่อใน ซึ่งข้อดีของการอนุรักษ์เนื้อเยื่อในไว้ได้แก่ มีการคงอยู่ของระบบภูมิคุ้มกันในฟันชั้นนั้นๆ (Faoud, 2002) ลดโอกาสการเกิดการแตกหักของฟันจากการรับรู้ปริมาณแรงที่กระทำต่อตัวฟัน (Randow & Glantz, 1986; Ou et al., 2009) สามารถรับรู้ความรู้สึกของสิ่งที่มากระตุ้นต่อตัวฟัน ช่วยให้มีการเจริญต่อของรากฟัน ในกรณีที่ฟันซี่ยังมีการเจริญของรากฟันไม่สมบูรณ์

ปัจจุบันได้มีการนำมินิออร์ทัลไดรอกไซด์แอกกรีเกตหรือเอ็มทีเอ (Mineral Trioxide Aggregate : MTA) มาใช้ในการทำไวทัลพัลพ์เทอร์ราพี องค์ประกอบหลักของเอ็มทีเอได้แก่ พอร์ตแลนด์ซีเมนต์ (Portland cement) และ บิสมัทออกไซด์ (bismuth oxide) (Torabinejad et al., 1995) คุณสมบัติเด่นของเอ็มทีเอคือ เป็นวัสดุที่สามารถป้องกันการรั่วซึมได้ดี สามารถต้านต่อแบคทีเรียและเชื้อรา และมีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อของเนื้อเยื่อของร่างกาย (biocompatibility) (Parirokh & Torabinejad, 2010 ; Torabinejad & Parirokh, 2010)

การศึกษาในสัตว์ทดลอง พบว่า การใช้เอ็มทีเอปิดทับเนื้อเยื่อในสามารถทำให้เกิดเดนตินบริดจ์ที่สมบูรณ์ และไม่พบการอักเสบและเชื้อจุลชีพในส่วนของเนื้อเยื่อในในฟันซี่ใดเลย สำหรับการศึกษาในทางคลินิกนั้น พบว่า ฟันซี่ที่มีการปิดทับเนื้อเยื่อในด้วยเอ็มทีเอจะมีการอักเสบของเนื้อเยื่อในที่น้อยกว่าและมีการสร้างเดนตินบริดจ์ที่หนากว่าซี่ที่ปิดทับด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Aeinehchi et al., 2003; Nair et al., 2008) แม้ว่าเอ็มทีเอจะมีคุณสมบัติที่ดีสำหรับนำมาใช้ในงานไวทัลพัลพ์เทอร์ราพี แต่การใช้งานวัสดุทำได้ยากและมีราคาค่อนข้างสูง

วัสดุทางทันตกรรมอีกชนิดหนึ่งที่มีการใช้งานในคลินิกทั่วไปๆ คือ ซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ (glass ionomer cement) มีสองชนิดหลักๆ ได้แก่ ซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม (conventional glass ionomer cement) และ ซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ (resin-modified glass ionomer cement) คุณสมบัติเด่นของซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ได้แก่ การยึดติดกับเนื้อฟันด้วยพันธะเคมี ให้การผนึกกับเนื้อฟันได้ดี สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์จากตัววัสดุมาที่ผิวฟันที่สัมผัสได้ ให้ความสวยงามที่ดีขึ้น ซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ ชนิดดัดแปลงด้วยเรซินมีการเติมมอนอเมอร์เพิ่มลงไปเพื่อให้มีการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีการต่อกันของมอนอเมอร์เมทาไครเลตเมื่อมีการกระตุ้นด้วยแสงทำให้วัสดุมีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์เป็นวัสดุอีกชนิดหนึ่งที่มีการนำมาศึกษาความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในทั้งในห้องปฏิบัติการและในสัตว์ทดลอง

ในแง่ความเป็นพิษของซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ การศึกษาโดยใช้ซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมเป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง พบว่าซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม (ASPA) ทำให้เกิดการอักเสบและการตายของเนื้อเยื่อในฟันของหนูทดลอง (Paterson & Watts, 1981, 1987) ซึ่งในเวลาต่อมาได้มีการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุให้ดีขึ้นด้วยการเปลี่ยนส่วนของกรดให้เป็นพอลิเมอร์ของกรดหลายชนิดร่วมกันและมีการเติมกรดทาทาริก (tartaric acid) ซึ่งช่วยให้มีปฏิกิริยาการแข็งตัวของวัสดุดีขึ้นและเร็วขึ้น ในขณะที่การศึกษาความเป็นพิษของซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมที่ปรับปรุงหลังจากช่วงของ ASPA นั้น Sasanalukit และคณะ (1993) พบซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์แต่ละผลิตภัณฑ์ก่อให้เกิดการตอบสนองของเซลล์ไฟโบรบลาสต์แตกต่างกันออกไป และพบว่าซีเมนต์กlasses ไอโอไอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมมีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อของสัตว์ทดลองได้ค่อนข้างดี มีความเป็นพิษน้อยกว่าชนิดดัดแปลงด้วย

เรซินเมื่อวัสดุสัมผัสกับเซลล์ไฟโบรบลาสต์ของหนู และและเมื่อฝังวัสดุเข้าไปสัมผัสกับกระดูกของหนู (Sasanaluckit et al., 1993) แต่จากการสืบค้นทางวรรณกรรมยังไม่พบการนำมาศึกษาเป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง

จากคุณสมบัติที่กล่าวไปเบื้องต้นมีความเป็นไปได้ในการนำซีเมนต์กlasses ไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมมาใช้เป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อในในการทำไวทัลพัลพ์เทอร์ราพิการศึกษาในครั้งนี้ต้องการศึกษาผลของการใช้ซีเมนต์กlasses ไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมเป็นวัสดุสำหรับปิดทับเนื้อเยื่อในเมื่อมีการทำพัลพ์โทมีบางส่วนในฟันสุนัข

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการใช้ซีเมนต์กlasses ไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมเป็นวัสดุสำหรับปิดทับเนื้อเยื่อในเมื่อมีการทำพัลพ์โทมีบางส่วนในฟันสุนัข โดยเปรียบเทียบกลุ่มที่ใช้เอ็มทีเอเป็นวัสดุปิดทับ ในแง่ของการตอบสนองของเซลล์อักเสบ การอักเสบโดยทั่วไปของเนื้อเยื่อใน การจัดเรียงของเนื้อเยื่อใน และการสร้างเดนทีนบริดจ์

วิธีการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ได้รับการพิจารณาและอนุมัติจากคณะกรรมการควบคุมดูแลการเลี้ยงและการใช้สัตว์เพื่อการใช้งานทางวิทยาศาสตร์ ครั้งที่ 9/2555 คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (หมายเลขใบอนุญาตที่ 12310095)

ตัวอย่างฟัน ได้แก่ ฟันหน้าและฟันกรามน้อยจำนวน 21 ซี่ ในช่องปากของสุนัขพันธุ์ทางที่มีฟันกรามแท้ซี่ที่สามขึ้นครบทุกซี่แล้ว โดยสุนัขมีสุขภาพแข็งแรง ไม่จำกัดเพศและน้ำหนัก จำนวน 4 ตัว

ทำการวางยาสลบสุนัขก่อนการทดลอง ด้วยยาสลบโพรโปโฟล (Propofol) ขนาด 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวโดยการฉีดเข้าทางหลอดเลือดดำและควบคุมการสลบตลอดเวลาการทำพัลพ์โทมีบางส่วน โดยให้สุนัขทดลองดมก๊าซไอโซฟิวเรน

(Isofurane) ร่วมกับก๊าซออกซิเจน เมื่อสุนัขทดลองสลบแล้ว กำจัดหินน้ำลายด้วยเครื่องขูดหินน้ำลายอัลตราโซนิคส์ ใส่แผ่นยางกั้นน้ำลาย ทำการฆ่าเชื้อบริเวณฟันและแผ่นยางกั้นน้ำลาย โดยเช็ดที่ฟันและแผ่นยางกั้น-น้ำลายด้วยสำลีชุบสารละลายไอโอดีนตามด้วยสาร-ละลายเอทานอล ขั้นตอนการเตรียมโพรงฟันและกำจัดเนื้อเยื่อในจะดัดแปลงจากวิธีการของ Yildirim และคณะในปี 2011 (Yildirim et al., 2011) (Yildirim et al., 2011) (Yildirim et al., 2011) โดยใช้หัวกรอเร็วจากเพชรรูปทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตรและรูปทรงพีชเชอร์ที่มีน้ำหล่อเลี้ยงอย่างเพียงพอ กรอเป็นโพรงฟันที่บริเวณบริเวณหลุมไกลกลางบนด้านบดเคี้ยวของฟันกรามน้อยหรือที่บริเวณคอฟันด้านใกล้ริ้วฝปากของฟันหน้าให้มีลักษณะโพรงฟันประเภทที่หนึ่งหรือประเภทที่ห้าตามลำดับก่อน จากนั้นกรอให้ทะลุโพรงเนื้อเยื่อในที่บริเวณกึ่งกลางโพรงฟันให้ทะลุโพรงเนื้อเยื่อในโดยหัวกรอรูปทรงกลม 1 มิลลิเมตรให้มีขนาดรูทะลุเท่ากับขนาดหัวกรอ กำจัดเนื้อเยื่อในส่วนโพรงฟันด้วยหัวกรอเร็วจากเพชรรูปทรงกลมดังกล่าวโดยมีความลึกของหัวกรอลงไปโพรงเนื้อเยื่อในประมาณเท่ากับขนาดหัวกรอ (ประมาณ 1 มิลลิเมตร จากตำแหน่งรูทะลุ) ทำการห้ามเลือดโดยการจี้ด้ายที่โพรงเนื้อเยื่อในด้วยน้ำเกลือร่วมกับการใช้แรงกดด้วยสำลีปลอดเชื้อ หลังจากทำการห้ามเลือดได้แล้ว ใส่วัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน โดยแบ่งฟันทั้งหมดเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ปิดทับเนื้อเยื่อในพร้อมบูรณะด้วยซีเมนต์กlasses ไอโอโนเมอร์ (Ketac™ Fil Plus Aplicap™, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) ศึกษาที่ระยะเวลา 7 วัน จำนวน 5 ซี่ กลุ่มที่ 2 ปิดทับเนื้อเยื่อในด้วยเอ็มทีเอ (ProRoot MTA®, DENTSPLY Tulsa Dental Product, Tulsa, OK, USA) และบูรณะด้วยซีเมนต์กlasses ไอโอโนเมอร์ ศึกษาที่ระยะเวลา 7 วัน จำนวน 6 ซี่ กลุ่มที่ 3 ปิดทับเนื้อเยื่อในพร้อมบูรณะด้วยซีเมนต์กlasses ไอโอโนเมอร์ ศึกษาที่ระยะเวลา 70 วัน จำนวน 4 ซี่ กลุ่มที่ 4 ปิดทับเนื้อเยื่อในด้วยเอ็มทีเอ

และบูรณะด้วยซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ ศึกษาที่ระยะเวลา 70 วัน จำนวน 6 ซี่ โดยทั้งซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์และเอ็มทีเอได้เตรียมวัสดุตามคำแนะนำของผู้ผลิต

วันที่ 7 และ 70 ภายหลังจากการทำพัลโพโทมีบางส่วน ทำการถอนฟันสุนัขทดลองภายใต้ยาสลบเช่นเดียวกับในขั้นตอนการทำพัลโพโทมีบางส่วน กรอตัดปลายรากฟันที่ทำกรอนด้วยหัวกรอกากเพชรเร็วรูปทรงกระบอกและทำการตรึงเนื้อเยื่อด้วยการแช่ฟันในสารละลายนิวทรัลบัฟเฟอร์ฟอร์มาลิน ความเข้มข้นร้อยละ 10 ทันทันที จากนั้นขจัดแร่ธาตุออกด้วยสารละลายกรดฟอร์มิค นำฟันไปฝังฟันในพาราฟิน การตัดฟันจะตัดในแนวใกล้กลางไกลกลางของฟันกรามน้อยและในแนวใกล้ริมฝีปากใกล้ลิ้นของฟันหน้า ออกเป็นแผ่นแบบเรียงตามลำดับ (serial section) ความหนาแผ่นละ 5 ไมครอน ย้อมสีชิ้นส่วนฟันด้วยสีย้อมฮีมาโตซันอีโอซิน (Hematoxylin & Eosin stain) เพื่อศึกษาลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาของการตอบสนองของเนื้อเยื่อใน โดยตัดแปลงจากเกณฑ์การประเมินลักษณะจุลพยาธิวิทยาของ Tarim และคณะ ปี 1998 (Tarim et al., 1998) Faraco และคณะ ปี 2004 (Faraco Jr. & Holland, 2004) และ Jittapiromsak และคณะ ปี 2010 (Jittapiromsak et al., 2010) ดังตารางที่ 1

การอ่านผลทางจุลพยาธิวิทยากระทำโดยผู้เชี่ยวชาญสาขาจุลพยาธิวิทยาช่องปากซึ่งไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกรทดลองภายใต้กล้องจุลทรรศน์ระบบใช้แสงขาว โดยถ่ายภาพและสุ่มตำแหน่งที่เป็นรอยต่อระหว่างวัสดุและเนื้อเยื่อในหรือเดนตินบริดจ์ และเนื้อเยื่อในโดยทั่วไป

ตารางที่ 1 เกณฑ์ในการประเมินทางจุลพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อใน

การตอบสนองของเซลล์อักเสบ	
1	ไม่พบการอักเสบหรือพบการอักเสบเพียงเล็กน้อยของเนื้อเยื่อใน (<50 cells/high-power field (HPF))
2	มีการอักเสบในระดับปานกลางของเนื้อเยื่อใน โดยพบเซลล์อักเสบเพิ่มมากขึ้น (>50 cells/HPF)
3	มีการสร้างถุงหนอง และพบเซลล์อักเสบกระจายทั่วไป
4	มีการตายของเนื้อเยื่อใน
* การนับจำนวนเซลล์จะทำภายใต้กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ X40 (1 HPF)	
ขอบเขตการอักเสบของเนื้อเยื่อใน	
1	การอักเสบจำกัดอยู่ที่ระดับใต้ขอบบริเวณที่มีการเผยเนื้อเยื่อในหรือเดนตินบริดจ์
2	การอักเสบจำกัดอยู่ในส่วนโพรงในตัวฟัน
3	การอักเสบลงมาถึงส่วนรากฟัน
ลักษณะการจัดเรียงของเนื้อเยื่อใน	
1	เนื้อเยื่อในมีลักษณะปกติ พบลักษณะปกติหรือเกือบเป็นปกติของเซลล์คล้ายเซลล์สร้างเนื้อฟันใหม่และเส้นใยคอลลาเจน
2	สูญเสียลักษณะของเนื้อเยื่อในและการจัดเรียงตัวของเซลล์ พบช่องว่างในบางตำแหน่ง
การสร้างเดนตินบริดจ์	
1	มีเดนตินบริดจ์ที่สมบูรณ์ปกคลุมบริเวณที่มีการเผยเนื้อเยื่อใน
2	มีเดนตินบริดจ์ปกคลุมบริเวณที่มีการเผยเนื้อเยื่อในแต่ไม่สมบูรณ์
3	ไม่พบการสร้างเดนตินบริดจ์

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) โดยการแจกแจงความถี่ตามลักษณะทางจุลพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อใน

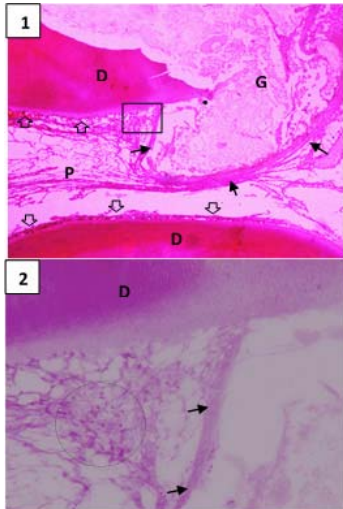
ผลการวิจัย

เมื่อครบระยะเวลาการศึกษาพบว่ากลุ่ม 7 วัน วัสดุบูรณะฟันอยู่ในสภาพสมบูรณ์ แต่ในกลุ่ม 70 วัน พบว่าฟัน 2 ซี่มีการแตกหลุดบางส่วนของวัสดุบูรณะฟัน โดยพบในกลุ่มเอ็มทีเอและซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์อย่างละ 1 ซี่

กลุ่มที่ 1 ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ 7 วัน

มีการอักเสบในระดับเล็กน้อยถึงปานกลางของเนื้อเยื่อในที่บริเวณใต้ต่อวัสดุติดกับเนื้อเยื่อในโดยเกือบทุกซี่มีการอักเสบจำกัดอยู่ในบริเวณดังกล่าว ยกเว้น 1 ซี่ซึ่งมีการอักเสบของเนื้อเยื่อในอยู่ในส่วนตัวฟัน เซลล์อักเสบที่พบส่วนใหญ่เป็น โพลีมอร์โฟ

นิวเคลียร์-นิวโทรฟิล (polymorphonuclear neutrophil) การจัดเรียงของเนื้อเยื่อมีลักษณะของเนื้อเยื่อในปกติ ซึ่งมีการเรียงตัวอย่างหลวมๆ ไม่พบการสร้างเดนทีนบริดจ์หรือการสะสมแร่ธาตุแข็ง

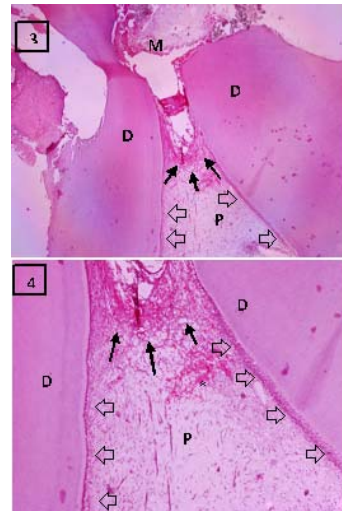


ภาพที่ 1-2 ลักษณะจุลพยาธิวิทยาของกลุ่มซีเมนต์กลาส ไอโอไอโนเมอร์ (G) 7 วัน ในภาพที่ 1 บริเวณที่มีการเผยเนื้อเยื่อในได้ต่อวัสดุอุด (ลูกศรทึบ) มีลักษณะค่อนข้างปกติ บริเวณที่ถัดออกมา มีลักษณะของเนื้อเยื่อใน (P) ปกติและมีลักษณะชั้นของเซลล์สร้างเนื้อฟัน (ลูกศรโปร่ง) D หมายถึง เนื้อฟัน ไม่พบการสร้างเดนทีนบริดจ์ (กำลังขยาย 10X) ภาพที่ 2 เป็นภาพกำลังขยายสูงขึ้น จากกล้องสี่เหลี่ยมในภาพที่ 1 โดยภาพในวงกลมแสดงบริเวณที่พบเซลล์อักเสบซึ่งมีจำนวนเล็กน้อย เป็นชนิดพอลิมอร์โฟนิวเคลียร์นิวโทรฟิล (กำลังขยาย 40X)

กลุ่มที่ 2 เอ็มทีเอ 7 วัน

มีการอักเสบในระดับเล็กน้อยที่ระดับได้ต่อเอ็มทีเอกับเนื้อเยื่อในจำนวน 5 ซี่ มีเพียงซี่เดียวที่มีการอักเสบในระดับปานกลาง เซลล์อักเสบที่พบส่วนใหญ่เป็นเซลล์อักเสบชนิดเฉียบพลันซึ่งได้แก่ พอลิมอร์โฟนิวเคลียร์นิวโทรฟิล การอักเสบของทุกซี่จำกัดอยู่เฉพาะที่บริเวณได้ต่อวัสดุอุดกับเนื้อเยื่อใน การจัดเรียง

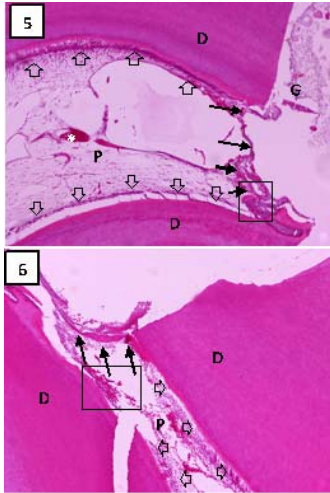
ของเนื้อเยื่อในโดยทั่วไปเป็นปกติทุกซี่ และไม่พบการสร้างเดนทีนบริดจ์หรือการสะสมแร่ธาตุแข็ง



ภาพที่ 3-4 ลักษณะจุลพยาธิวิทยาของกลุ่มเอ็มทีเอ (M) 7 วัน พบการอักเสบระดับเล็กน้อย (ลูกศรทึบ) ได้ต่อวัสดุเอ็มทีเอ (M) ซึ่งพบว่ามีช่องว่างระหว่างได้ต่อเอ็มทีเอกับเนื้อเยื่อใน และมีการคั่งของหลอดเลือดเป็นบริเวณเล็กๆ (*) และบริเวณที่ถัดออกมา มีลักษณะของเนื้อเยื่อในปกติโดยมีการเรียงตัวของชั้นเซลล์สร้างเนื้อฟัน (ลูกศรโปร่ง) อย่างต่อเนื่อง ไม่พบการสร้างเดนทีนบริดจ์และ D หมายถึง เนื้อฟัน (ภาพที่ 3 เป็นภาพกำลังขยาย 4X และภาพที่ 4 เป็นภาพกำลังขยายจากภาพที่ 3 ที่กำลังขยาย 20X)

กลุ่มที่ 3 ซีเมนต์กลาสไอโอไอโนเมอร์ 70 วัน

มีการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อยจำนวน 2 ซี่ และระดับปานกลางจำนวน 1 ซี่ที่บริเวณได้ต่อวัสดุอุดกับเนื้อเยื่อใน ยกเว้น 1 ซี่ ซึ่งมีการแตกออกบางส่วนที่ขอบโพรงฟันกับวัสดุอุดพบว่าการตายของเนื้อเยื่อในทั้งซี่ฟัน เซลล์อักเสบที่พบส่วนใหญ่เป็นชนิดเซลล์โมโนนิวเคลียร์ (mononuclear cell) การจัดเรียงของเนื้อเยื่อมีลักษณะของเนื้อเยื่อในปกติไม่พบการสร้างเดนทีนบริดจ์หรือการสะสมแร่ธาตุ

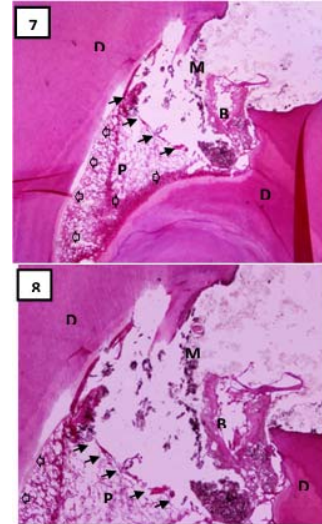


ภาพที่ 5-6 ลักษณะจุลพยาธิวิทยาของกลุ่มซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ (G) 70 วัน ใต้ต่อบริเวณที่มีการเผยเนื้อเยื่อใน (ลูกศรทึบ) มีการอักเสบเล็กน้อย (กลองสีเหลี่ยม) แต่ส่วนอื่นมีลักษณะค่อนข้างปกติ แม้จะไม่พบเซลล์คล้ายเซลล์สร้างเนื้อฟัน พบลักษณะช่องว่างใต้ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์กับเนื้อเยื่อใน บริเวณที่ถัดออกมา มีลักษณะของเนื้อเยื่อในปกติ (P) และยังมีชั้นของเซลล์สร้างเนื้อฟันที่เรียงตัวต่อเนื่อง (ลูกศรโปร่ง) และพบการคั่งของหลอดเลือดบางตำแหน่ง (*) ไม่พบการสร้างเดนทินบริดจ์ และ D หมายถึงเนื้อฟัน (ภาพที่ 5 และ 6 เป็นพื้นที่เดียวกันที่บริเวณต่างกันที่กำลังขยาย 20X)

กลุ่มที่ 4 เอ็มทีเอ 70 วัน

ไม่พบการอักเสบของเนื้อเยื่อใน 1 ซี่ มีการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อยจำนวน 3 ซี่ ระดับปานกลางจำนวน 1 ซี่ ในขณะที่ 1 ซี่ ที่พบการหลุดออกของวัสดุอุดส่วนที่เป็นซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์มีการตายของเนื้อเยื่อในทั้งซี่ฟัน การอักเสบจำกัดอยู่เฉพาะในบริเวณใต้ต่อวัสดุอุดกับเนื้อเยื่อใน เซลล์อักเสบที่พบมากเป็นเซลล์โมโนนิวเคลียร์ การจัดเรียงของเนื้อเยื่อในเป็นปกติทุกซี่ พบการสร้างเดนทินบริดจ์อย่างสมบูรณ์ 1 ซี่ แต่มีลักษณะเป็นรูพรุนบาง

ตำแหน่งและพบการสร้างเดนทินบริดจ์ที่ยังไม่สมบูรณ์ 2 ซี่ ในขณะที่อีก 3 ซี่ ไม่พบการสร้างเดนทินบริดจ์หรือการสะสมแร่ธาตุแข็ง



ภาพที่ 7-8 ลักษณะจุลพยาธิวิทยาของกลุ่มเอ็มทีเอ (M) 70 วัน เนื้อเยื่อใน (P) มีลักษณะค่อนข้างปกติ ทั้งที่ได้ต่อเดนทินบริดจ์ (ลูกศรทึบ) และบริเวณที่ถัดออกมาไม่พบการอักเสบ พบลักษณะช่องว่างระหว่างเอ็มทีเอ/เดนทินบริดจ์กับเนื้อเยื่อใน พบชั้นเซลล์สร้างเนื้อฟันเรียงตัวที่ด้านข้างของผนังโพรงฟัน (ลูกศรโปร่ง) ลักษณะเดนทินบริดจ์ (B) ที่สร้างได้ยังไม่สมบูรณ์ และมีรูพรุนในเนื้อเดนทินบริดจ์ และ D หมายถึงเนื้อฟัน (ภาพที่ 7 เป็นภาพที่กำลังขยาย 10X และภาพที่ 8 เป็นภาพที่กำลังขยายสูงขึ้นของภาพที่ 7 ที่กำลังขยาย 20X)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มแล้ว ที่ระยะเวลา 7 วัน กลุ่มซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์พบการอักเสบในระดับความรุนแรงเล็กน้อยจำนวน 3 ซี่ (คิดเป็นร้อยละ 60) และที่ความรุนแรงระดับปานกลางจำนวน 2 ซี่ (คิดเป็นร้อยละ 40) กลุ่มเอ็มทีเอพบการอักเสบในระดับความรุนแรงเล็กน้อย จำนวน 5 ซี่ จาก 6 ซี่ (คิดเป็นร้อยละ 88.33) และความรุนแรงในระดับปานกลาง 1 ซี่ (คิดเป็นร้อยละ 16.67) ขอบเขตการ

อีกเสบของเนื้อเยื่อในของทั้งสองกลุ่มพบว่าอยู่ในระดับใต้ต่อวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน ยกเว้น 1 ซึ่งในกลุ่มซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่มีการอีกเสบลงมาถึงระดับตัวฟัน การจัดเรียงเนื้อเยื่อในทั้งสองกลุ่มมีลักษณะปกติ และไม่พบการสร้างเดนทีนบริดจ์ที่ในทุกซี่ฟัน

ที่ระยะเวลา 70 วัน กลุ่มซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์มีระดับความรุนแรงของการอีกเสบเล็กน้อยจำนวน 2 ซี่ (คิดเป็นร้อยละ 50) ระดับปานกลาง 1 ซี่ (คิดเป็นร้อยละ 25) และมีการตายของเนื้อเยื่อในทั้งหมด 1 ซี่ (คิดเป็นร้อยละ 25) (ในซี่ที่วัสดุอุดแตกก่อนวันถอนฟัน) ซึ่งขอบเขตการอีกเสบของฟันสามซี่ที่ยังมีชีวิตจำกัดอยู่ใต้ต่อวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน ในขณะที่กลุ่มเอ็มทีเอมี ระดับความรุนแรงของการอีกเสบเล็กน้อยจำนวน 4 ซี่ (คิดเป็นร้อยละ 66.67) ระดับปานกลาง 1 ซี่ (คิดเป็นร้อยละ 16.67) และมีการอีกเสบจำกัดอยู่ใต้ต่อวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน/เดนทีนบริดจ์จำนวน 5 ซี่ (คิดเป็นร้อยละ 83.33) ในขณะที่มีการตายของเนื้อเยื่อในจำนวน 1 ซี่ (ในซี่ที่วัสดุอุดหลุดก่อนการวันถอนฟัน) ซึ่งในฟันทั้งสองกลุ่มที่ยังมีชีวิตมีการจัดเรียงเนื้อเยื่อในเป็นปกติ และพบว่าในกลุ่มเอ็มทีเอมีการสร้างเดนทีนสมบูรณ์จำนวน 1 ซี่ (คิดเป็นร้อยละ 16.67) สร้างยังไม่สมบูรณ์จำนวน 2 ซี่ (คิดเป็นร้อยละ 33.33)

ตารางที่ 2 การตอบสนองของเซลล์อีกเสบและขอบเขตการอีกเสบของเนื้อเยื่อใน

กลุ่มที่	วัสดุและระยะเวลา	จำนวนฟัน	การตอบสนองของเซลล์อีกเสบ			ขอบเขตการอีกเสบของเนื้อเยื่อใน			
			1	2	3	4	1	2	3
1	Ketac Fil -7 วัน	5	3	2	-	-	4	1	-
2	MTA -7 วัน	6	5	1	-	-	6	-	-
3	Ketac Fil -70 วัน	4	2	1	-	1	3	-	1
4	MTA -70 วัน	6	4	1	-	1	5	-	1

ตารางที่ 3 ลักษณะการจัดเรียงของเนื้อเยื่อใน

กลุ่มที่	วัสดุและระยะเวลา	จำนวนฟัน	ลักษณะการจัดเรียงของเนื้อเยื่อใน					
			ใต้ต่อ		ตัวฟัน		รากฟัน	
			1	2	1	2	1	2
1	Ketac Fil -7 วัน	5	5	-	5	-	5	-
2	MTA -7 วัน	6	6	-	6	-	6	-
3	Ketac Fil -70 วัน	4	3	1	3	1	3	1
4	MTA -70 วัน	6	5	1	5	1	5	1

ตารางที่ 4 การสร้างเดนทีนบริดจ์

กลุ่มที่	วัสดุและระยะเวลา	จำนวนฟัน	การสร้างเดนทีนบริดจ์		
			1	2	3
1	Ketac Fil -7 วัน	5	-	-	5
2	MTA -7 วัน	6	-	-	6
3	Ketac Fil -70 วัน	4	-	-	4
4	MTA -70 วัน	6	1	2	3

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

แม้ว่าในปัจจุบันจะมีเอ็มทีเอเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติที่ดีสำหรับการรักษาด้วยวิธีไวท์ลพัลท์เทอร์ราพี แต่เนื่องจากราคาของวัสดุชนิดนี้ค่อนข้างสูงทำให้การเข้าถึงวัสดุชนิดนี้ยังเป็นไปอย่างไม่ทั่วถึง การวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นการวิจัยนำร่องเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้วัสดุประเภทซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมในงานดังกล่าว เนื่องจากเป็นวัสดุที่ให้การยึดติดกับผนังโพรงฟันด้วยพันธะทางเคมี มีการปลดปล่อยแร่ธาตุโดยเฉพาะฟลูออไรด์ ซึ่งช่วยป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของเนื้อฟัน และองค์ประกอบมีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อใน (Sidhu & Schmalz, 2001) นอกจากนี้ยังเป็นวัสดุที่มีราคาไม่สูงมาก มีใช้ในคลินิกทั่วไป แต่ยังมีการศึกษาไม่มากเท่าที่ควร (Sidhu, 2011)

การตอบสนองต่อวัสดุปิดทับโดยการเกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อใน เป็นการป้องกันตนเองต่อสิ่งที่อาจมากระทำให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อใน โดยในกลุ่ม 7 วัน และ 70 วัน พบว่าวัสดุเอ็มทีเอทั้งสองช่วงเวลามีการอักเสบในระดับเล็กน้อยเกือบทุกซี่ ในขณะที่กลุ่มซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ 7 วัน และ 70 วัน มีการอักเสบระดับเล็กน้อยและปานกลางจำนวนใกล้เคียงกัน (3 และ 2 ซี่ และ 2 และ 1 ซี่ตามลำดับ) ชนิดของเซลล์อักเสบที่พบที่ระยะเวลา 7 วันของการวิจัยส่วนใหญ่เป็นชนิดพอลิมอร์โฟนิวเคลียร์นิวโทรฟิลซึ่งเป็นเซลล์อักเสบชนิดพลันสัมพันธ์กับระยะเวลาการตอบสนองในระยะสั้น แต่เมื่อเวลาผ่านไปถึง 70 วัน เซลล์อักเสบส่วนใหญ่ที่พบมักเป็นเซลล์ประเภทโมโนนิวเคลียร์ซึ่งเป็นเซลล์อักเสบชนิดเรื้อรัง และโดยภาพรวมการอักเสบของเนื้อเยื่อในจำกัดอยู่เฉพาะได้ต่อบริเวณที่มีการเผยเนื้อเยื่อใน ในขณะที่ส่วนที่อยู่ถัดออกมาทางตัวฟันและรากฟันมีลักษณะเนื้อเยื่อในที่ปกติ จากลักษณะดังกล่าว อาจกล่าวได้ว่าซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมมีแนวโน้มที่มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในดังการศึกษาในห้องปฏิบัติการและการฝังในกระดูกหนู (Sasanaluckit et al., 1993)

ในชิ้นส่วนฟันส่วนใหญ่ (ดังเช่นในภาพที่แสดงลักษณะทางจุลพยาธิวิทยา) จะพบช่องว่างระหว่างวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน/เดนตินบริดจ์กับเนื้อเยื่อใน โดยช่องว่างดังกล่าวอาจเกิดจากการหดตัวของเนื้อเยื่อในในกระบวนการเตรียมชิ้นงานในขั้นตอนการตัดชิ้นฟันซึ่งมีความแข็งแตกต่างกันมากขององค์ประกอบระหว่างส่วนของเนื้อฟันและวัสดุปิดทับซึ่งมีความแข็งกับส่วนของเนื้อเยื่อในที่มีความอ่อนกว่า เมื่อมีการตัดจากส่วนนอกที่มีความแข็งมากเข้าไปยังส่วนในซึ่งมีความอ่อนกว่ามากทำให้เนื้อเยื่อในเกิดการหดตัวของเนื้อเยื่อในแยกออกเป็นช่องว่างจากวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน/เดนตินบริดจ์ (Rastogi et al., 2013)

สำหรับฟันสองซี่ในกลุ่ม 70 วัน (กลุ่มเอ็มทีเอ 1 ซี่และกลุ่มซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ 1 ซี่) ที่มีการตายของเนื้อเยื่อในโดยสมบูรณ์พบว่าการสูญเสียวัสดุบูรณะฟันบางส่วน 1 ซี่และทั้งหมด 1 ซี่ การสูญเสียวัสดุบูรณะทำให้เกิดช่องว่างกับโพรงฟันสามารถเป็นทางให้เชื้อจุลินทรีย์ในช่องปากสามารถบุกรุกเข้าก่อกวน-ทรายเป็นเนื้อเยื่อในฟันได้

แม้ว่าซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์เป็นวัสดุที่ให้การผนึกกับเนื้อฟันที่ดี แต่แรงยึดติดกับเนื้อฟันรวมถึงความแข็งแรงของตัววัสดุยังต่ำกว่าเรซินคอมโพสิต การสูญเสียวัสดุบูรณะฟันในกรณีดังกล่าวอาจมาจากการใช้ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์เป็นวัสดุบูรณะบนด้านบดเคี้ยวซึ่งเป็นด้านที่รับแรงบดเคี้ยวสูง ซึ่งการใช้เป็นวัสดุบูรณะที่รับแรงโดยตรงบริเวณดังกล่าวมีโอกาสที่จะเกิดการสูญเสียวัสดุบูรณะเมื่อเวลาผ่านไป ได้สูงกว่าการใช้วัสดุประเภทอื่นที่มีความแข็งแรงมากกว่า (Welbury et al., 1991; Kilpatrick, 1993) นอกจากนี้ การสูญเสียวัสดุบูรณะยังอาจเกิดจากการที่เราไม่อาจทราบปริมาณแรงและลักษณะการบดเคี้ยวอาหารของสุนัขที่จะบอกได้ว่าความหนาของวัสดุบูรณะที่เหมาะสมสำหรับรับแรงบดเคี้ยวในสุนัขควรเป็นเท่าใด และแม้จะพบว่าซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ใช้บูรณะจะมีสภาพสมบูรณ์ในวันที่ทำการถอนฟันแต่ไม่สามารถบอกได้ว่าเกิดการรั่วซึมตามขอบของ

วัสดุเป็นทางให้เชื้อจุลินทรีย์เข้าไปยังเนื้อเยื่อในหรือไม่ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการวิจัยครั้งนี้ที่ต่างจากการปฏิบัติในทางคลินิกที่มีการบูรณะด้านนอกด้วยวัสดุที่แข็งแรงมากกว่า เช่น อมัลกัมหรือเรซินคอมโพสิต

การวิจัยในครั้งนี้ กระทำในฟันซึ่งมีตัวฟันที่มีสภาพสมบูรณ์ ไม่มีลักษณะของโรคจากเนื้อเยื่อในหรือเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟัน ซึ่งการตอบสนองของเนื้อเยื่อในที่เกิดในการวิจัยครั้งนี้อาจมีความแตกต่างจากที่เกิดขึ้นจริงในทางคลินิก เนื่องจากผู้ป่วยจะมีการเผยของเนื้อเยื่อในมาจากสาเหตุและระยะเวลาที่ต่างกัน จึงอาจพบการอักเสบของเนื้อเยื่อในที่ระดับความรุนแรงและขอบเขตที่ต่างกันออกไป การนำข้อมูลจากการวิจัยไปใช้จึงต้องมีความระมัดระวังในแง่ดังกล่าวด้วย

ภายใต้ข้อจำกัดของงานวิจัย ก่อนที่จะนำซีเมนต์กลาสไอโอ โนเมอร์ชนิดดั้งเดิมมาใช้เป็นวัสดุปิดทับในการทำไวท์บลัดฟัทเทอร์ราฟิในคลินิก ควรมีการศึกษาโดยเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างให้มีขนาดใหญ่ขึ้น นอกจากนี้ อาจมีการศึกษาในฟันที่มีการเหี่ยวง่าให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อในเพื่อเลียนแบบลักษณะการอักเสบที่พบในฟันของผู้ป่วยที่มีการเผยเนื้อเยื่อในจากสาเหตุต่างๆกัน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนส่งเสริมการวิจัยของคณาจารย์ ปีงบประมาณ 2556 คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

Aeinehchi M, Eslami B, Ghanbariha M, Saffar AS. Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth; a preliminary report. *Int Endod J* 2003; 36(3): 225-31.

Faoud A. Molecular mediators for pulpal inflammation. In: Hagraeves K, Goodis H, eds. *Seltzer and Bender's Dental Pulp*. Chicaco: Quintessence Publishing; 2002.

Faraco Jr. IM, Holland R. Histomorphological response of dogs' dental pulp capped with white mineral trioxide aggregate. *Braz Dent J* 2004; 15(2): 104-8.

Jittapiromsak N, Sahawat D, Banlunara W, Sangvanich P, Thunyakitpisa P. Acemannan, an extracted product from Aloe vera, stimulates dental pulp cell proliferation, differentiation, mineralization, and dentin formation. *Tissue Eng Part A* 2010; 16(6): 1997-2006.

Kilpatrick NM. Durability of restorations in primary molars. *J Dent* 1993; 21(2): 67-73.

Nair PN, Duncan HF, Pitt Ford TR, Luder HU. Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: a randomized controlled trial. *Int Endod J* 2008; 41(2): 128-50.

Ou KL, Chang CC, Chang WJ, Lin CT, Chang KJ, Huang HM. Effect of damping properties on fracture resistance of root filled premolar teeth: a dynamic finite element analysis. *Int Endod J* 2009; 42(8): 694-704.

Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod* 2010; 36(1): 16-27.

- Paterson RC, Watts A. The response of the rat molar pulp to a glass ionomer cement. *Br Dent J* 1981; 151(7): 228-30.
- Paterson RC, Watts A. Toxicity to the pulp of a glass-ionomer cement. *Br Dent J* 1987; 162(3):110-2.
- Randow K, Glantz PO. On cantilever loading of vital and non-vital teeth. An experimental clinical study. *Acta Odontol Scand* 1986; 44(5): 271-7.
- Rastogi V, Puri N, Arora S, Kaur G, Yadav L, Sharma R. Artefacts: a diagnostic dilemma - a review. *J Clin Diagn Res* 2013; 7(10): 2408-13.
- Sasanaluckit P, Albustany KR, Doherty PJ, Williams DF. Biocompatibility of glass ionomer cements. *Biomaterials* 1993; 14(12):906-16.
- Sidhu SK. Glass-ionomer cement restorative materials: a sticky subject? *Aust Dent J* 2011; 56(Supp 1): (23-30).
- Sidhu SK, Schmalz G. The biocompatibility of glass-ionomer cement materials. A status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent* 2001; 14(6): 387-96.
- Tarim B, Hafez AA, Cox CF. Pulpal response to a resin-modified glass-ionomer material on nonexposed and exposed monkey pulps. *Quintessence Int* 1998; 29(8): 535-42.
- Torabinejad M, Hong CU, Lee SJ, Monsef M, Pitt Ford TR. Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. *J Endod* 1995; 21(12): 603-8.
- Torabinejad M, Parirokh M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--part II: leakage and biocompatibility investigations. *J Endod* 2010; 36(2): 190-202.
- Welbury RR, Walls AW, Murray JJ, McCabe JF. The 5-year results of a clinical trial comparing a glass polyalkenoate (ionomer) cement restoration with an amalgam restoration. *Br Dent J* 1991; 170(5): 177-81.
- Yildirim S, Can A, Arican M, Embree MC, Mao JJ. Characterization of dental pulp defect and repair in a canine model. *Am J Dent* 2011; 24(6): 331-5.