Original Article

Pulpal Response to Conventional Glass Ionomer Cement in Partial Pulpotomized Teeth in Dogs

Krittapas Tanakulwattana[1], Pairoj Linsuwanont[1] and Chanin Kalpravidh[2]

[1]Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University Bangkok, Thailand

[2]Department of Veterinary Surgery, Faculty of Veterinary Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

Correspondence to:

Pairoj Linsuwanont. Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University 34 Henri-Dunant Rd, Pathumwan, Bangkok, Thailand, 10330 Tel: 02-2188795 Fax: 02-2188795 Email: linspairoj@gmail.com

Abstract

This research aimed to study the pulpal responses in dog's teeth when conventional GIC (Ketac Fil Plus™) was used as partial pulpotomy medicament in comparison to MTA (ProRoot MTA™). Cavity preparations were performed on 24 dog teeth until pulpal exposure was observed. The pulp was removed at the depth of 1 mm at the exposure sites. Teeth were randomly assigned into four groups; namely 1) conventional GIC 7 days 2) MTA 7 days 3) conventional GIC 70 days 4) MTA 70 days. All pulpotomized teeth were restored with conventional GIC. At the periods of 7 and 70 days, the teeth were surgically extracted for histopathologic evaluation. Two teeth were excluded due to complete loss of restorative material, resulted in 22 remaining teeth for histopathologic evaluation. At 7 days period, MTA group had desirable pulpal response in terms of pulpal biocompatibility as in conventional GIC group. At 70 days period, MTA group demonstrated mild level of pulpal response while conventional GIC group showed various levels of pulpal response either mild, moderate levels or pulp necrosis. Within the limitations of the experiment, MTA showed more desirable pulpal response in terms of pulpal biocompatibility than conventional GIC.

Key words: Conventional glass ionomer cement; Histopathological appearance; MTA; Partial pulpotomy; Pulp capping material

Received Date: JUL 1, 2015, Accepted Date: DEC 2, 2015

doi: 10.14456/jdat.2016.4

บทวิทยาการ

การตอบสนองของเนื้อเยื่อในต่อซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมในฟันสุนัขที่ได้รับการรักษาแบบพัลโพโทมีบางส่วน

กฤตภาส ธนกุลวัฒนา[1] , ไพโรจน์ หลินศุวนนท์[1] และชนินทร์ กัลล์ประวิทธ์[2]

[1]ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

[2]ภาควิชาศัลยศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

ไพโรจน์ หลินศุวนนท์ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 34 ถนนอังรีดูนังต์ ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์: 02-2188795 โทรสาร: 02-2188795 อีเมล: linspairoj@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองของเนื้อเยื่อใน เมื่อใช้ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ ชนิดดั้งเดิม (Ketac Fil Plus™) เป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อในฟันสุนัขเมื่อทำพัลโพโทมีบางส่วนเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้เอ็มทีเอ (ProRoot MTA™) โดยเตรียมโพรงฟันในฟันสุนัขจำนวน 24 ซี่ ให้มีการเผยเนื้อเยื่อใน และกำจัดเนื้อเยื่อในลึกลงไป 1 มิลลิเมตร ปิดทับเนื้อเยื่อในโดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม 7 วัน 2) เอ็มทีเอ 7 วัน 3) ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม 70 วัน และ 4) เอ็มทีเอ 70 วัน บูรณะส่วนโพรงฟันด้วยซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม ทำการถอนฟันที่ระยะเวลา 7 วัน และ 70 วันเพื่อศึกษาลักษณะทางมิญชพยาธิวิทยา พบว่า ฟันจำนวน 2 ซี่มีวัสดุบูรณะฟันหลุดทั้งหมดในวันถอนฟันจึงทำการคัดออก เหลือฟันที่นำมาศึกษาลักษณะทางมิญชพยาธิวิทยาจำนวน 22 ซี่ ที่ระยะเวลา 7 วัน กลุ่มที่ปิดทับเนื้อเยื่อในด้วยเอ็มทีเอให้การตอบสนองค่อนข้างดีในแง่ความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในเช่นเดียวกับกลุ่มซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม ในขณะที่ระยะเวลา 70 วัน ฟันในกลุ่มที่ปิดทับเนื้อเยื่อในด้วยเอ็มทีเอส่วนใหญ่ให้การตอบสนองของเนื้อเยื่อในที่ระดับความรุนแรงน้อย ในขณะที่ฟันในกลุ่มซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมมีการตอบสนองของเนื้อเยื่อในในระดับความรุนแรงหลายระดับตั้งแต่เล็กน้อย ปานกลางและเกิดการตายของเนื้อเยื่อใน ภายใต้ข้อจำกัดของการทดลอง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เอ็มทีเอให้การตอบสนองของเนื้อเยื่อในของฟันสุนัขที่ดีในแง่ความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในมากกว่าซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม

คำสำคัญ : ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม; ลักษณะทางมิญชพยาธิวิทยา; เอ็มทีเอ; พัลโพโทมีบางส่วน; วัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน

บทนำ

การรักษาด้วยการทำไวทัลพัลพ์เทอราพี (vital pulp therapy) เป็นการรักษาที่มีการอนุรักษ์เนื้อเยื่อในเพื่อคงความมีชีวิต และการทำหน้าที่ของเนื้อเยื่อในไว้เพื่อเป็นการส่งเสริมให้เกิดการหายของเนื้อเยื่อใน ซึ่งข้อดีของการอนุรักษ์เนื้อเยื่อในไว้ ได้แก่ มีการคงอยู่ของระบบภูมิคุ้มกันในฟันซี่นั้น ๆ[1] ลดโอกาสการเกิดการแตกหักของฟันจากการรับรู้ปริมาณแรงที่กระทำต่อตัวฟันจากการเคลื่อนที่ของของเหลวในท่อเนื้อฟัน (dentinal tubule) ซึ่งกระตุ้นตัวรับความรู้สึกเชิงกล (mechanoreceptor) ของเนื้อเยื่อในทำให้สามารถแยกความอ่อนแข็งของอาหารที่บดเคี้ยวซึ่งเป็นกลไกหนึ่งในการป้องกันการใช้แรงบดเคี้ยวที่มากเกินไป[2-6] สามารถรับความรู้สึกร้อนเย็นของสิ่งที่มากระตุ้นต่อตัวฟัน ช่วยให้มีการเจริญต่อของรากฟันในกรณีที่ฟันซี่ยังมีการเจริญของรากฟันไม่สมบูรณ์

วัสดุที่มีใช้ในการปิดทับเนื้อเยื่อในสำหรับการรักษาด้วยไวทัลพัลพ์เทอราพีที่ได้รับการยอมรับว่าให้ผลการรักษาที่ดีคือ มิเนอรัลไตรออกไซด์แอกกริเกต หรือเอ็มทีเอ (Mineral Trioxide Aggregate; MTA)[7] ซึ่งข้อดีของเอ็มทีเอที่เหนือกว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์เมื่อใช้เป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน ได้แก่ มีการอักเสบของเนื้อเยื่อในน้อยกว่า สะพานเนื้อฟันที่มีการสร้างขึ้นมามีคุณภาพที่ดีกว่า และมีความคงตัวของวัสดุในระยะยาวที่ดีกว่า[8-10] อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการในการใช้เป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อในงานไวทัลพัลพ์เทอราพี แต่เอ็มทีเอที่ใช้ในปัจจุบันยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้มีราคาค่อนข้างสูง ซึ่งทำให้เป็นอุปสรรคต่อการใช้งานในวงกว้างสำหรับประเทศกำลังพัฒนาเช่นประเทศไทย จึงควรมีการหาวัสดุชนิดอื่นที่มีราคาถูกลงเพื่อสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อในทดแทนเอ็มทีเอในงานไวทัลพัลพ์เทอราพี

วัสดุชนิดหนึ่งที่มีการใช้งานทั่วไปในคลินิกทันตกรรม ได้แก่ ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ (glass ionomer cement) คุณสมบัติที่ดีของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ ได้แก่ การยึดติดกับเนื้อฟันด้วยพันธะเคมี ให้การผนึกกับเนื้อฟันได้ดี สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์จากตัววัสดุมาที่ผิวฟันที่สัมผัสกันได้ ให้ความสวยงามที่ดีพอสมควร ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์เป็นวัสดุอีกชนิดหนึ่งที่มีการนำมาศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อในทั้งในห้องปฏิบัติการ และในสัตว์ทดลองในแง่ความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อของร่างกายโดยส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซิน (resin-modified glass ionomer cement) ซึ่งพบว่า มีความเป็นพิษต่อเซลล์ และต่อเนื้อเยื่อในฟันของสัตว์ทดลองโดยทำให้เกิดการอักเสบ และเกิดการตายของเนื้อเยื่อในได้[11-15] ในขณะที่ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมนั้น แม้ว่าการศึกษาเมื่อใช้วัสดุชนิดนี้ในยุคแรก ๆ เป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อในจะทำให้เกิดการอักเสบอย่างรุนแรง และเกิดการตายของเนื้อเยื่อในฟันหนูทดลอง[16] ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมในช่วงต่อมาได้มีการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพให้มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้น เช่น การใช้กรดที่เป็นพอลิเมอร์ของกรดอะคริลิกร่วมกับกรดชนิดอื่น มีการเติมกรดทาร์ทาริก (tartaric acid) เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวที่ดีขึ้นจากการที่กรดทาร์ทาริกไปทำให้มีการปลดปล่อยไอออนจากส่วนแก้วมาทำให้เกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์มากขึ้น มีการศึกษาซึ่งพบว่า ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมมีความเป็นพิษน้อยกว่าชนิดดัดแปลงด้วยเรซินเมื่อวัสดุสัมผัสกับเซลล์ไฟโบร-บลาสต์หนูและการฝังวัสดุเข้าไปสัมผัสกับกระดูกของหนูทดลอง[11] ดังนั้น ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมจึงอาจเป็นวัสดุที่น่าจะนำมาศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อในในการทำไวทัลพัลพ์เทอราพี อย่างไรก็ตาม จากการสืบค้นทางวรรณกรรมยังไม่พบการศึกษาที่มีการนำซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมมาเป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้คือ เพื่อศึกษาผลของการใช้ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมเป็นวัสดุสำหรับปิดทับเนื้อเยื่อใน เมื่อมีการทำพัลโพโทมีบางส่วนในฟันสุนัขโดยเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้เอ็มทีเอเป็นวัสดุปิดทับในแง่ของการตอบสนองของเซลล์อักเสบ

การอักเสบโดยทั่วไปของเนื้อเยื่อใน การจัดเรียงของเนื้อเยื่อใน และการสร้างสะพานเนื้อฟัน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้ได้รับการพิจารณา และอนุมัติจากคณะกรรมการควบคุมดูแลการเลี้ยง และการใช้สัตว์เพื่อการใช้งานทางวิทยาศาสตร์ ครั้งที่ 9/2555 คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (หมายเลขใบอนุญาตที่ 12310095)

ตัวอย่างฟันที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ฟันหน้าและฟันกรามน้อยจำนวน 24 ซี่ ในช่องปากของสุนัขพันธุ์ทาง ที่มีฟันกรามแท้ซี่ที่สามขึ้นครบทุกซี่แล้ว โดยสุนัขมีสุขภาพแข็งแรง ไม่จำกัดเพศ และน้ำหนัก จำนวน 4 ตัว

ทำการวางยาสลบสุนัขก่อนการทดลอง ด้วยยาสลบโพรโพฟอล (propofol) ขนาด 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัว โดยการฉีดเข้าทางหลอดเลือดดำ และควบคุมการสลบตลอดเวลาการทำพัลพ์โพโทมีบางส่วนโดยให้สุนัขทดลองดมก๊าซไอโซฟิวเรน (isofurane) ร่วมกับก๊าซออกซิเจน เมื่อสุนัขทดลองสลบแล้ว กำจัดหินน้ำลายด้วยเครื่องขูดหินน้ำลายอัลตราโซนิกส์ ใส่แผ่นยางกั้นน้ำลาย ทำการฆ่าเชื้อบริเวณฟัน และแผ่นยางกั้นน้ำลาย โดยเช็ดที่ฟัน และแผ่นยางกั้นน้ำลายด้วยสำลีชุบสารละลายไอโอดีน ตามด้วยสารละลายเอทานอล ขั้นตอนการเตรียมโพรงฟัน และกำจัดเนื้อเยื่อในจะดัดแปลงจากวิธีการของ Yildirim และคณะในปี ค.ศ. 2011[17] โดยใช้หัวกรอเร็วกากเพชรรูปทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร และรูปทรงฟิชเชอร์ที่มีน้ำหล่อเลี้ยงอย่างเพียงพอ กรอเป็นโพรงฟันที่บริเวณหลุมไกลกลางบนด้านบดเคี้ยวของฟันกรามน้อย หรือที่บริเวณคอฟันด้านใกล้ริมฝีปากของฟันหน้าให้มีลักษณะโพรงฟันประเภทที่หนึ่งหรือประเภทที่ห้าตามลำดับก่อน จากนั้นกรอให้ทะลุโพรงเนื้อเยื่อในที่บริเวณกึ่งกลางโพรงฟันโดยหัวกรอเร็วกากเพชรรูปทรงกลม 1 มิลลิเมตรให้มีขนาดรูทะลุเท่ากับขนาดหัวกรอ กำจัดเนื้อเยื่อในส่วนโพรงฟันด้วยหัวกรอเร็วกากเพชรรูปทรงกลมดังกล่าว โดยมีความลึกของหัวกรอลงไปในโพรงเนื้อเยื่อในประมาณเท่ากับขนาดหัวกรอ (ประมาณ 1 มิลลิเมตรจากตำแหน่งรูทะลุ) ห้ามเลือดโดยการฉีดล้างที่โพรงเนื้อเยื่อในด้วยน้ำเกลือร่วมกับการใช้แรงกดด้วยสำลีปลอดเชื้อ หลังจากทำการห้ามเลือดได้แล้ว ใส่วัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน โดยแบ่งฟันทั้งหมดเป็น 4 กลุ่ม โดยใช้วิธีจับสลากแบ่งกลุ่มซี่ฟันในแต่ละเสี้ยว (quadrant) ของสุนัขแต่ละตัวเป็นกลุ่มการทดลองในช่วงเวลาเดียวกัน จากนั้นจึงจับสลากสุ่มเลือกวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อในของฟันแต่ละซี่ ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ปิดทับเนื้อเยื่อในพร้อมบูรณะด้วยซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม (Ketac™ Fil Plus Aplicap™, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) วัสดุที่ใช้ในการศึกษาเป็นวัสดุที่ผลิตในรูปแบบแคปซูลสำเร็จรูป ทำการผสมวัสดุด้วยเครื่องปั่นอมัลกัม (RotoMix™, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) เป็นเวลา 8 วินาทีตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต นำวัสดุลงปิดทับเนื้อเยื่อในโดยใช้ปืนฉีดวัสดุ (Aplicap™ Applier, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) ตั้งแต่บริเวณเนื้อเยื่อในขึ้นมาจนเต็มโพรงฟัน ศึกษาที่ระยะเวลา 7 วัน จำนวน 4 ซี่ กลุ่มที่ 2 ปิดทับเนื้อเยื่อในด้วยเอ็มทีเอ (ProRoot MTA®, DENTSPLY Tulsa Dental Product, Tulsa, OK, USA) และบูรณะด้วยซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม (Ketac™ Fil Plus Aplicap™, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) ศึกษาที่ระยะเวลา 7 วัน จำนวน 6 ซี่ กลุ่มที่ 3 ปิดทับเนื้อเยื่อในพร้อมบูรณะด้วยซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม ศึกษาที่ระยะเวลา 70 วัน จำนวน 8 ซี่ กลุ่มที่ 4 ปิดทับเนื้อเยื่อในด้วยเอ็มทีเอ และบูรณะด้วยซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม ศึกษาที่ระยะเวลา 70 วัน จำนวน 6 ซี่

วันที่ 7 และ 70 ภายหลังการทำพัลโพโทมีบางส่วน ทำการถอนฟันสุนัขทดลองภายใต้ยาสลบ เช่นเดียวกับในขั้นตอนการทำพัลโพโทมีบางส่วน กรอตัดปลายรากฟันที่ทำการถอนด้วยหัวกรอกากเพชรเร็วรูปทรงกระบอก และทำการตรึงเนื้อเยื่อด้วยการแช่ฟันในสารละลายนิวทรัล-บัฟเฟอร์ฟอร์มาลินความเข้มข้นร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) ทันที จากนั้นขจัดแร่ธาตุออกด้วยสารละลายกรดฟอร์มิก นำฟันไปฝังในพาราฟิน การตัดฟันจะตัดในแนวใกล้กลาง-

ไกลกลางของฟันกรามน้อย และในแนวใกล้ริมฝีปาก-ใกล้ลิ้นของฟันหน้าออกเป็นแผ่นแบบเรียงตามลำดับ (serial section) ความหนาแผ่นละ 5 ไมครอน ย้อมสีชิ้นส่วนฟันด้วยสีย้อมฮีมาท็อกซีลิน-อีโอซิน (hematoxylin & eosin stain) เพื่อศึกษาลักษณะทางมิญชพยาธิวิทยาของการตอบสนองของเนื้อเยื่อในโดยดัดแปลงจากเกณฑ์การประเมินลักษณะมิญชพยาธิวิทยาของ Tarim และคณะ ปี ค.ศ. 1998[18] Faraco และคณะ ปีค.ศ. 2004[19] และ Jittapiromsak และคณะ ปี ค.ศ. 2010[20] (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 *เกณฑ์การประเมินลักษณะทางมิญชพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อใน (ดัดแปลงจาก Tarim และคณะ ปี ค.ศ. 1998[18] Faraco และคณะ ปี ค.ศ. 2004[19] และ Jittapiromsak และคณะ ปี ค.ศ. 2010[20])*

Table 1 *Criteria for histopathological evaluation of the pulp (Adapted from Tarim et al., 1998[18], Faraco et al., 2004[19] and Jittapiromsak et al., 2010[20])*

Inflammatory cell response:

1. Little or no scattered inflammation present in the pulp beneath the new dentin bridge or exposure site (< 10 cells/high-power field [HPF])

2. Mild inflammation beneath the exposure site or new dentin bridge (10 - 50 cells/HPF)

3. Moderate inflammation beneath the exposure site or new dentin bridge (> 50 cells/HPF)

4. Abscess formation with infiltration of inflammatory cells beneath the exposure site or new dentin bridge

5. Pulp necrosis was found.

***** Note: Cells were counted under a 40X objective lens (1 HPF).

Extent of pulpal inflammation:

1. Inflammation limited beneath the pulp exposure site or new dentin bridge.

2. Inflammation extended into the coronal pulp.

3. Inflammation extended into the radicular pulp.

Soft tissue organization:

1. Soft tissue organization beneath the exposure site, or dentin bridge was normal. New odontoblast-like cells and collagen fibers were found and were well organized.

2. Soft tissue beneath the exposure site, material–tissue interface, or dentin bridge was found disorganized. A few new odontoblast-like cells and some (disorganized) collagen fibers were found.

3. General pulp morphology and cellular organization were lost. Few collagen fibers and some cavitations were found.

Dentin bridge formation:

1. Complete dentin bridge covering the exposure site

2. Partial dentin bridge covering the exposure site

3. No dentin bridge

การอ่านผลทางมิญชพยาธิวิทยากระทำโดยผู้เชี่ยวชาญสาขามิญชพยาธิวิทยาช่องปากซึ่งไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทดลองภายใต้กล้องจุลทรรศน์ระบบใช้แสง (light microscope) ในฟันแต่ละซี่ ทำการอ่านทุกแผ่นตัด ประเมินลักษณะทางมิญชพยาธิวิทยา โดยให้คะแนนตามเกณฑ์ข้างต้น โดยเบื้องต้นจะประเมินลักษณะพยาธิสภาพของฟันซี่นั้นเป็นสามบริเวณหลัก ได้แก่ บริเวณใต้ต่อวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน/สะพานเนื้อฟัน เนื้อเยื่อในส่วนตัวฟัน และเนื้อเยื่อในส่วนรากฟัน จากนั้นจึงมุ่งไปที่บริเวณที่สนใจคือ บริเวณใต้ต่อวัสดุอุดปิดทับเนื้อเยื่อใน/สะพานเนื้อฟัน โดยประเมินลักษณะทางมิญชพยาธิวิทยาโดยนำคะแนนที่ได้จากแผ่นตัดทั้งหมดมาประมวลผล เลือกคะแนนที่พบจำนวนมากที่สุดเป็นตัวแทนของฟันซี่นั้น

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) โดยการแจกแจงความถี่ตามลักษณะทางมิญชพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อใน

ผล

เมื่อครบระยะเวลาการศึกษาพบว่า มีฟันสองซี่ในกลุ่มการทดลอง 70 วัน (เอ็มทีเอ 1 ซี่ และซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ 1 ซี่) มีการแตกหลุดออกของวัสดุบูรณะฟันในช่วงระยะเวลาการศึกษา จึงได้ทำการคัดฟันสองซี่ดังกล่าวออก โดยไม่นำมาประเมินลักษณะทางมิญชพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อในโดยผลการประเมินทางมิญชพยาธิวิทยาของฟัน 22 ซี่ที่เหลือเป็นดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 *การกระจายตัวของคะแนนทางมิญชพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อใน*

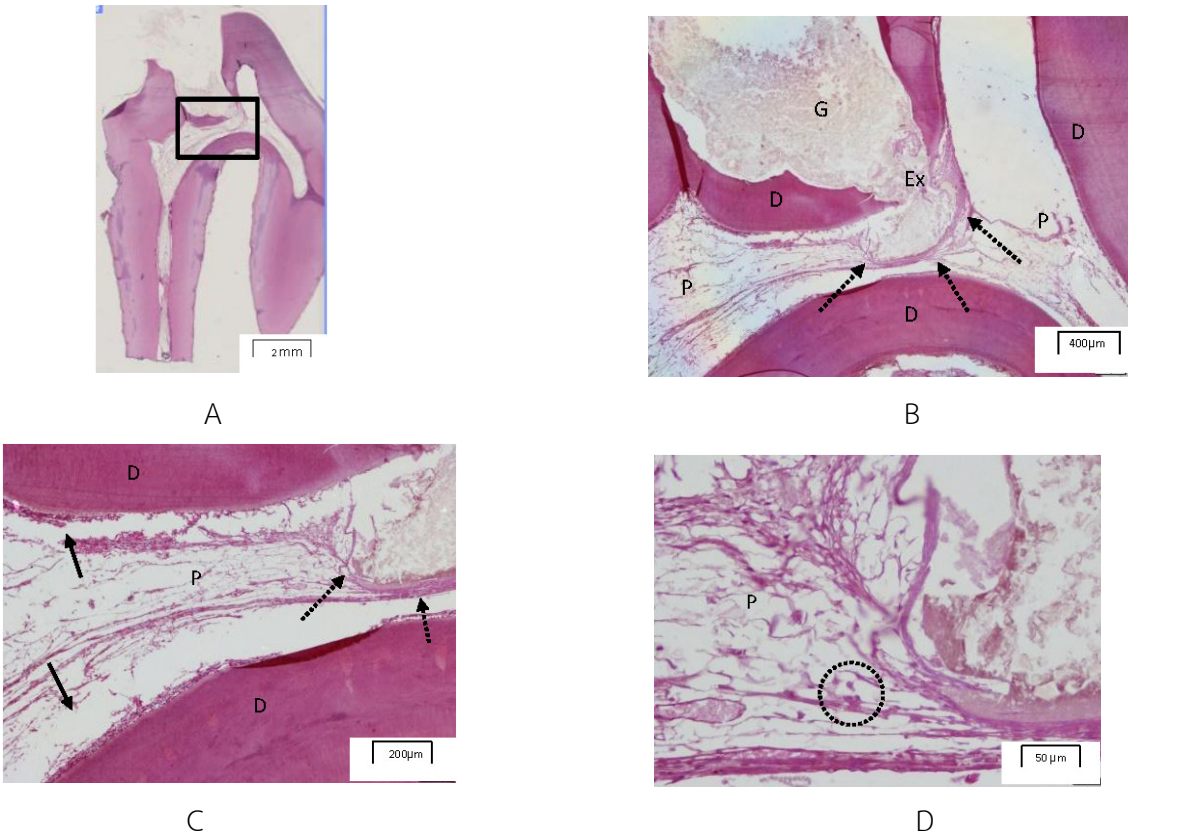
Table 2 *Pulpal histopathological score distribution*

Time periods	Pulp dressing materials	N	Inflammatory cell response					Extent of inflammation			Soft tissue organiztion			Dentin bridge formation		
			1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7 days	MTA	6	2 (33)	3 (50)	1 (17)	- (0)	- (0)	6 (100)	- (0)	- (0)	1 (17)	5 (83)	- (0)	- (0)	- (0)	6 (100)
	Conventional GIC	4	1 (25)	2 (50)	- (0)	1 (25)	- (0)	3 (75)	1 (25)	- (0)	1 (25)	3 (75)	- (0)	- (0)	- (0)	4 (100)
70 days	MTA	5	2 (40)	2 (40)	1 (20)	- (0)	- (0)	5 (100)	- (0)	- (0)	3 (60)	2 (40)	- (0)	1 (20)	2 (40)	2 (40)
	Conventional GIC	7	- (0)	2 (29)	3 (42)	- (0)	2 (29)	5 (71)	- (0)	2 (29)	- (0)	5 (71)	2 (29)	- (0)	- (0)	7 (100)

*** Unit used in the table is number of teeth. The number of teeth in percent was shown in parentheses.**

กลุ่มที่ 1 ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ 7 วัน (N = 4)

กลุ่มนี้มีฟัน 1 ซี่ที่ไม่พบการอักเสบของเนื่อเยื่อใน (ร้อยละ 25) พบการอักเสบในระดับเล็กน้อย 2 ซี่ (ร้อยละ 50) พบการสร้างถุงหนอง 1 ซี่ (ร้อยละ 25) โดย 3 ซี่มีการอักเสบจำกัดอยู่ในบริเวณใต้ต่อวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน (ร้อยละ 75) และ 1 ซี่ซึ่งมีการสร้างถุงหนองมีการอักเสบของเนื้อเยื่อในลึกลงไปถึงระดับตัวฟัน เซลล์อักเสบที่พบส่วนใหญ่เป็นพอลีมอร์โฟนิวเคลียร์นิวโทรฟิล (polymorphonuclear neutrophil) การจัดเรียงของเนื้อเยื่อมีลักษณะของเนื้อเยื่อในปกติ 1 ซี่ และเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย 3 ซี่ ไม่พบการสร้างสะพานเนื้อฟันในกลุ่มนี้ (รูปที่ 1)



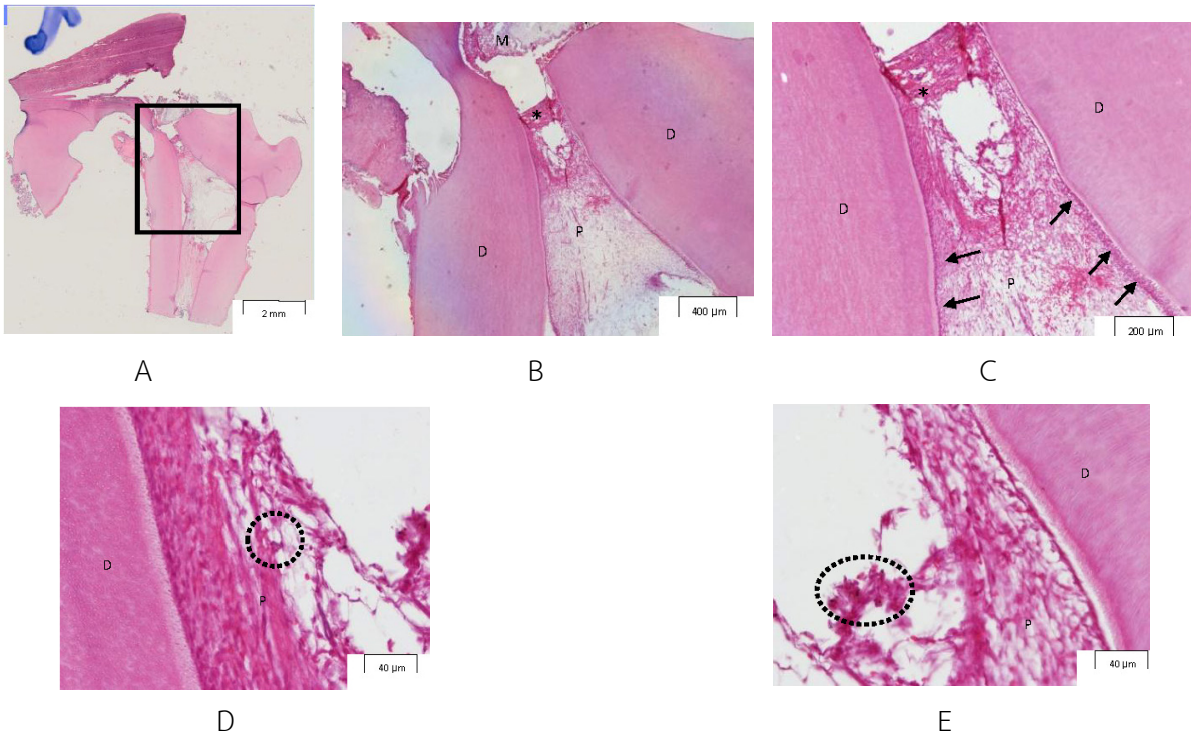
รูปที่ 1 *ลักษณะทางมิญชพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อในในฟันที่ปิดทับด้วยซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมที่ระยะเวลา 7 วัน รูป A เป็นภาพชิ้นส่วนฟันในภาพรวม โดยกรอบสี่เหลี่ยมได้รับการขยายในรูป B C และ D (รูป B กำลังขยาย 4X รูป C กำลังขยาย 10X รูป D กำลังขยาย 40X)*

Figure 1 *Histopathological appearance of dental pulp that was capped with conventional GIC for 7 days. Panel A was the whole tooth section, the frame was magnified in panel B, C and D. (Magnification panel B 4X, panel C 10X and panel D 40X)*

ตัวอย่างฟันในภาพพบการอักเสบของเนื้อเยื่อในเล็กน้อย โดยพบเซลล์อักเสบชนิดพอลีมอร์โฟนิวเคลียร์นิวโทรฟิล (วงกลมประในรูป D) และมีการจัดเรียงเนื้อเยื่อในเป็นปกติ ในภาพพบว่า มีลักษณะของการสร้างเนื้อเยื่อเส้นใย (fibrous tissue) ล้อมรอบซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่เกินเข้ามายังโพรงเนื้อเยื่อใน (ศรเส้นประ) ชั้นเซลล์สร้างเนื้อฟัน (odontoblast cell layer) (ศรเส้นทึบ) บริเวณที่ถัดลงมาทางด้านข้างที่ติดกับผนังคลองรากฟัน (D) ยังมีลักษณะปกติ

กลุ่มที่ 2 เอ็มทีเอ 7 วัน (N = 6)

ในกลุ่มนี้มีฟันที่ไม่พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในจำนวน 2 ซี่ (ร้อยละ 33.33) มีการอักเสบในระดับเล็กน้อยที่ระดับใต้ต่อเอ็มทีเอกับเนื้อเยื่อในจำนวน 3 ซี่ (ร้อยละ 50) มีเพียงซี่เดียวที่มีการอักเสบในระดับปานกลาง (ร้อยละ 16.67) เซลล์อักเสบที่พบส่วนใหญ่เป็นเซลล์อักเสบชนิดเฉียบพลันซึ่งได้แก่ พอลีมอร์โฟนิวเคลียร์นิวโทรฟิล การอักเสบของทุกซี่จำกัดอยู่เฉพาะที่บริเวณใต้ต่อวัสดุอุดกับเนื้อเยื่อใน การจัดเรียงของเนื้อเยื่อใน โดยทั่วไปเป็นปกติ 1 ซี่ (ร้อยละ 16.67) และมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย 2 ซี่ (ร้อยละ 33.33) ไม่พบการสร้างสะพานเนื้อฟันในกลุ่มนี้ (รูปที่ 2)



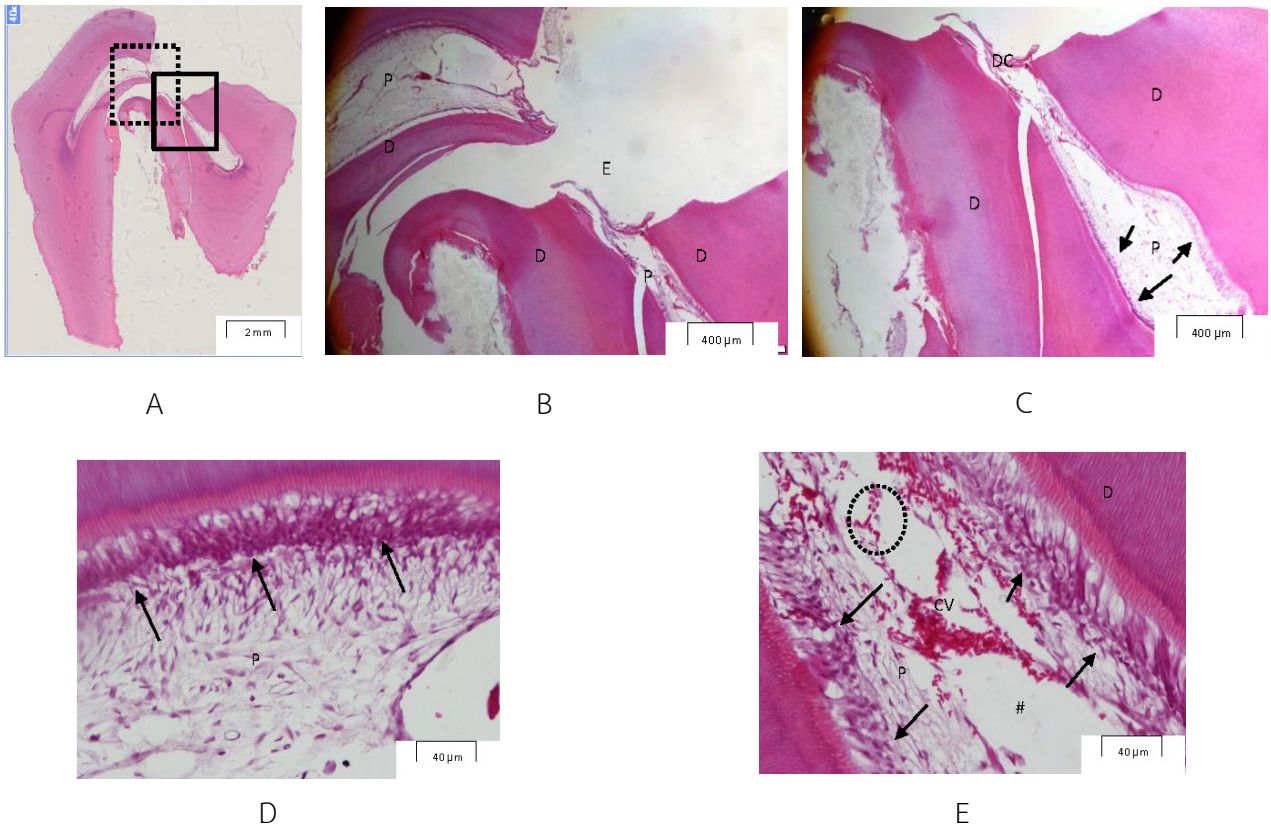
รูปที่ 2 *ลักษณะทางมิญชพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อในในฟันที่ปิดทับด้วยเอ็มทีเอที่ระยะเวลา 7 วัน*
รูป A เป็นรูปชิ้นส่วนฟันในภาพรวม โดยกรอบสี่เหลี่ยมได้รับการขยายในรูป B ถึง E
(รูป B กำลังขยาย 4X รูป C กำลังขยาย 10X รูป D และ E กำลังขยาย 40X ดอกจัน (*) ด้านบนในรูป B และ C เป็นเนื้อเยื่อในใต้ต่อเอ็มทีเอที่มีการพับเข้ามาจากกระบวนการทางมิญชพยาธิวิทยา)

Figure 2 *Histopathological appearance of dental pulp that was capped with MTA for 7 days.*
Panel A was the whole tooth section, the frame was magnified in panel B to E.
(Magnification: panel B 4X, panel C 10X and panel D and E 40X, the asterisks (*) on the upper part of panel B and C showed the folded pulp tissue beneath MTA due to histopathological process.)

ตัวอย่างฟันในรูป (ในกรอบสี่เหลี่ยมรูปที่ 2A) พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในเล็กน้อย โดยมีเซลล์อักเสบชนิดพอลีมอร์โฟนิวเคลียร์นิวโทรฟิลเล็กน้อย (วงกลมประในรูปที่ 2D และ 2E) และมีการจัดเรียงเนื้อเยื่อในบริเวณที่ถัดลงมาเป็นปกติ ไม่พบชั้นของเซลล์คล้ายเซลล์สร้างเนื้อฟันใหม่ (odontoblast-like cell layer) ที่เนื้อเยื่อในส่วนใต้ต่อบริเวณที่มีการเผยเนื้อเยื่อในแต่พบว่าชั้นเซลล์สร้างเนื้อฟัน (odontoblast cell layer) (ศรชี้ในรูป 2C) ในบริเวณที่ถัดลงมาทางด้านข้างที่ติดกับผนังคลองรากฟัน (D) ยังมีลักษณะปกติ

กลุ่มที่ 3 ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ 70 วัน (N = 7)

มีการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อยใต้ต่อวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อในจำนวน 2 ซี่ (ร้อยละ 28.57) และระดับปานกลางจำนวน 3 ซี่ (ร้อยละ 42.86) และพบการตายของเนื้อเยื่อในทั้งซี่ฟัน 2 ซี่ (ร้อยละ 28.57) เซลล์อักเสบที่พบส่วนใหญ่เป็นเซลล์มอนอนิวเคลียร์ (mononuclear cell) การจัดเรียงของเนื้อเยื่อในของฟันจำนวน 5 ซี่ที่ยังมีชีวิตอยู่มีลักษณะของเนื้อเยื่อในมีการเปลี่ยนแปลงจากปกติเล็กน้อย (ร้อยละ 71.43) ซึ่งฟันทั้ง 5 ซี่นี้ไม่พบการสร้างสะพานเนื้อฟัน (ร้อยละ 100) (รูปที่ 3)



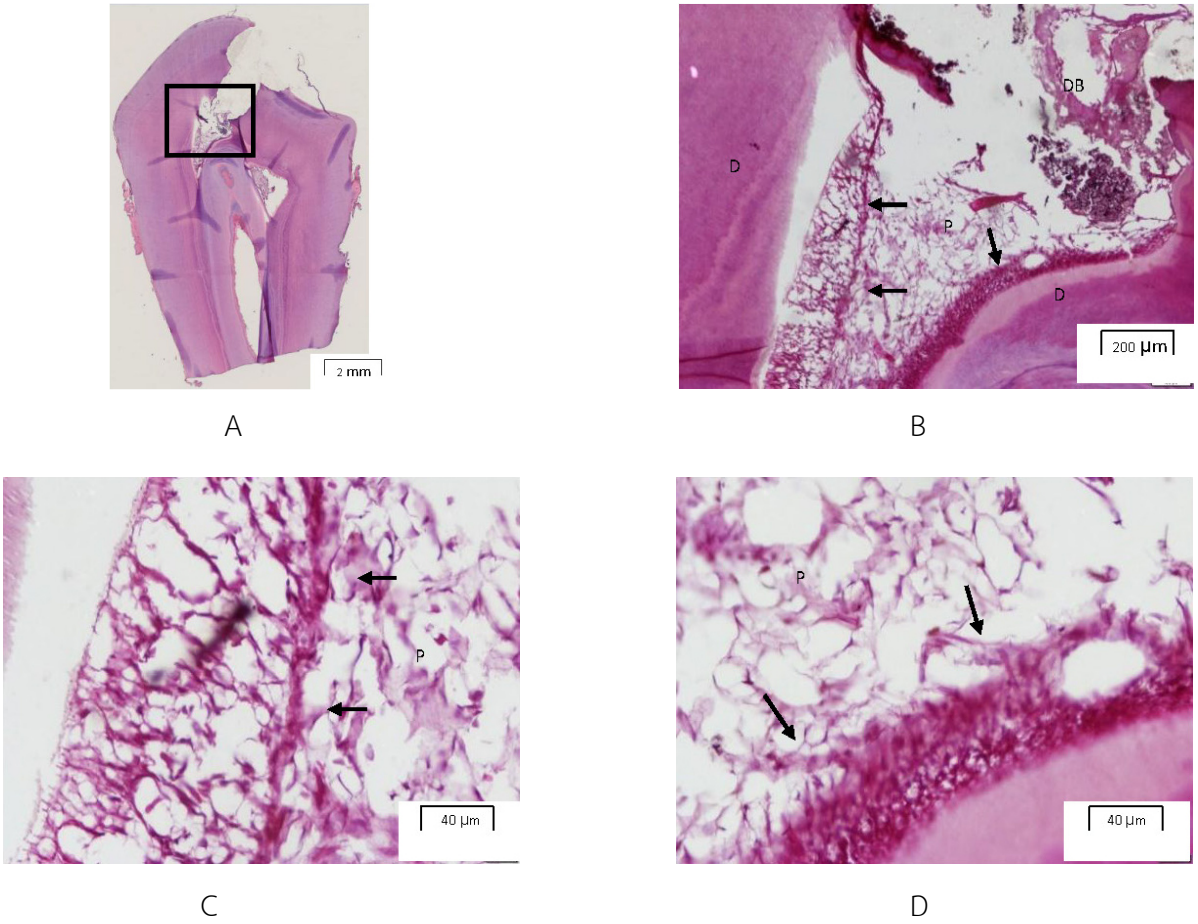
รูปที่ 3 *ลักษณะทางมิญชพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อในในฟันที่ปิดทับด้วยซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมที่ระยะเวลา 70 วัน รูป A เป็นชิ้นส่วนฟันในภาพรวมโดยกรอบสี่เหลี่ยมประได้รับการขยายในรูป B และ D และกรอบสี่เหลี่ยมทึบได้รับการขยายในรูป C และ E (รูป B และ C กำลังขยาย 4X รูป D และ E กำลังขยาย 40X)*

Figure 3 *Histopathological appearance of dental pulp that was capped with conventional GIC for 70 days. Panel A was the whole tooth section, the dash-lined frame was magnified in panel B and D and the solid-lined frame was magnified in panel C and E. (Magnification: panel B and C 4X, panel D and E 40X)*

ตัวอย่างฟันในรูปที่ 3 พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในเล็กน้อยใต้ต่อบริเวณที่มีการเผยเนื้อเยื่อใน (E) และพบเศษเนื้อฟันจากการกรอโพรงฟัน (DC) เซลล์อักเสบที่พบเป็นชนิดเซลล์มอนอนิวเคลียร์ (วงกลมปะในรูป 3E) บริเวณใกล้เคียงพบการคั่งของเม็ดเลือดแดงในหลอดเลือด (CV) การจัดเรียงเนื้อเยื่อในเป็นปกติ ส่วนชั้นเซลล์สร้างเนื้อฟัน (odontoblast cell layer) (ศรเส้นทึบ)ในบริเวณที่ถัดลงมาทางด้านข้างที่ติดกับผนังคลองรากฟัน (D) ยังมีลักษณะปกติ บริเวณกลางโพรงเนื้อเยื่อในของรูป 3E (#) เป็นช่องว่างซึ่งเกิดจากการหดตัวของเนื้อเยื่อในในกระบวนการเตรียมฟันเพื่อศึกษาทางจุลพยาธิวิทยา

กลุ่มที่ 4 เอ็มทีเอ 70 วัน (N = 5)

ในกลุ่มนี้ไม่พบการอักเสบของเนื้อเยื่อในจำนวน 2 ซี่ (ร้อยละ 40) มีการอักเสบของเนื้อเยื่อในระดับเล็กน้อยจำนวน 2 ซี่ (ร้อยละ 40) และระดับปานกลางจำนวน 1 ซี่ (ร้อยละ 20) การอักเสบทุกซี่จำกัดอยู่เฉพาะในบริเวณใต้ต่อวัสดุอุดกับเนื้อเยื่อใน (ร้อยละ 100) เซลล์อักเสบที่พบมากเป็นเซลล์มอนอนิวเคลียร์ การจัดเรียงของเนื้อเยื่อในเป็นปกติ 3 ซี่ (ร้อยละ 60) และมีการเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยจำนวน 2 ซี่ (ร้อยละ 40) พบการสร้างสะพานเนื้อฟันอย่างสมบูรณ์ 1 ซี่ (ร้อยละ 20) แต่มีลักษณะเป็นรูพรุนบางตำแหน่ง และพบการสร้างสะพานเนื้อฟันที่ยังไม่สมบูรณ์ 2 ซี่ (ร้อยละ 40) ในขณะที่อีก 2 ซี่ไม่พบการสร้างสะพานเนื้อฟัน (ร้อยละ 40) (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 *ลักษณะทางมิญชพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อในในฟันที่ปิดทับด้วยเอ็มทีเอที่ระยะเวลา 70 วัน รูป A เป็นชิ้นส่วนฟันในภาพรวม โดยกรอบสี่เหลี่ยมได้รับการขยายในรูปที่ B ถึง D (รูป B กำลังขยาย 10X รูป C และ D กำลังขยาย 40X)*

Figure 4 *Histopathological appearance of dental pulp was capped with MTA for 70 days. Panel A was the whole tooth section, the frame was magnified in panel B to D (Magnification: panel B 10X, panel C and D 40X)*

ตัวอย่างฟันในรูป (บริเวณสี่เหลี่ยมในรูปที่ 4 A) ไม่พบการอักเสบของเนื้อเยื่อใน และมีการจัดเรียงเนื้อเยื่อในเป็นปกติ แต่ยังไม่พบชั้นของเซลล์คล้ายเซลล์สร้างเนื้อฟันใหม่ (odontoblast-like cell layer) ใต้สะพานเนื้อฟัน (DB) ซึ่งยังไม่สมบูรณ์ ชั้นเซลล์สร้างเนื้อฟัน (odontoblast cell layer) (ศรชี้) ในบริเวณที่ถัดลงมาทางด้านข้างที่ติดกับผนังคลองรากฟัน (D) ยังมีลักษณะปกติ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มแล้ว ที่ระยะเวลา 7 วัน กลุ่มซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์พบลักษณะเนื้อเยื่อในปกติ และที่มีการอักเสบในระดับเล็กน้อยจำนวน 3 ซี่ (ร้อยละ 75) และมีการสร้างถุงหนองจำนวน 1 ซี่ (ร้อยละ 25) กลุ่มเอ็มทีเอพบลักษณะเนื้อเยื่อในปกติ และที่การอักเสบในระดับเล็กน้อย จำนวน 5 ซี่จาก 6 ซี่ (ร้อยละ 83) และความรุนแรงในระดับปานกลาง 1 ซี่ (ร้อยละ 13) ขอบเขตการอักเสบของเนื้อเยื่อในของทั้งสองกลุ่มพบว่าอยู่ในระดับใต้ต่อวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน ยกเว้น 1 ซี่ในกลุ่มซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่มีการสร้างถุงหนองมีการอักเสบลงมาถึงระดับตัวฟัน การจัดเรียงเนื้อเยื่อในทั้งสองกลุ่มมีลักษณะค่อนข้างปกติ และไม่พบการสร้างสะพานเนื้อฟันในทุกซี่ฟัน

ที่ระยะเวลา 70 วัน กลุ่มซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์มีการอักเสบในระดับเล็กน้อยจำนวน 2 ซี่ (ร้อยละ 29) ระดับปานกลาง 3 ซี่ (ร้อยละ 42) และมีการตายของเนื้อเยื่อในทั้งหมด 2 ซี่ (ร้อยละ 29) ซึ่งขอบเขตการอักเสบของฟัน 5 ซี่ที่ยังมีชีวิต (ร้อยละ 71) จำกัดอยู่ใต้ต่อวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน และไม่พบการสร้างสะพานเนื้อฟันในฟันซี่ใดเลย ในขณะที่กลุ่มเอ็มทีเอมีการอักเสบในระดับเล็กน้อยจำนวน 4 ซี่ (ร้อยละ 80) ระดับปานกลาง 1 ซี่ (ร้อยละ 20) และการอักเสบทุกซี่จำกัดอยู่ใต้ต่อวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน/สะพานเนื้อฟัน ซึ่งในฟันทั้งสองกลุ่มที่ยังมีชีวิตมีการจัดเรียงเนื้อเยื่อในค่อนข้างปกติ และพบว่า ในกลุ่มเอ็มทีเอมีการสร้างสะพานเนื้อฟันสมบูรณ์จำนวน 1 ซี่ (ร้อยละ 20) สร้างไม่สมบูรณ์จำนวน 2 ซี่ (ร้อยละ 40) และไม่พบการสร้างจำนวน 2 ซี่ (ร้อยละ 40)

บทวิจารณ์

วัสดุที่ใช้ในทางทันตกรรมจำเป็นต้องได้รับการทดสอบความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นก่อนที่จะมีการนำวัสดุไปใช้กับมนุษย์[21] ซึ่งรวมถึงวัสดุที่ใช้ปิดทับเนื้อเยื่อใน จากการสืบค้นทางวรรณกรรมที่ผ่านมายังไม่พบการศึกษาที่มีการใช้ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมที่มีใช้ในปัจจุบันเป็นวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อใน การศึกษาครั้งนี้เลือกศึกษาผลทางมิญชพยาธิวิทยาของเนื้อเนื้อเยื่อในที่ 7 วันและ 70 วันในสุนัขตามคำแนะนำของมาตรฐาน ISO-7405[22] เพื่อเป็นการศึกษาการตอบสนองของเนื้อเยื่อในทั้งในระยะสั้น และระยะยาวในสัตว์ทดลองที่มีลักษณะทางร่างกายที่คล้ายกับมนุษย์ โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการปิดทับเนื้อเยื่อในด้วยเอ็มทีเอซึ่งเป็นวัสดุที่เคยมีการใช้ศึกษาการตอบสนองของเนื้อเยื่อในมาก่อน[23-26] สำหรับเกณฑ์การพิจารณาการตอบสนองของเนื้อเยื่อในที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีการดัดแปลงมาจากการศึกษาการตอบสนองของเนื้อเยื่อในในสัตว์ทดลองที่เคยมีก่อนหน้า[18-20]

โดยผลทางมิญชพยาธิวิทยาในกลุ่มเอ็มทีเอทั้งสองช่วงเวลาพบว่า มีความรุนแรงในการตอบสนองของเนื้อเยื่อในในระดับเล็กน้อย กล่าวคือ มีการอักเสบในระดับเล็กน้อยเกือบทุกซี่ การอักเสบจำกัดอยู่ในบริเวณใต้ต่อเอ็มทีเอ/สะพานเนื้อฟันกับเนื้อเยื่อใน การตอบสนองของเนื้อเยื่อในในระดับเล็กน้อยดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าที่เคยมีมา[23-26] อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองของกลุ่มนี้ในแง่ของการสร้างสะพานเนื้อฟันมีความแตกต่างจากการศึกษาก่อนหน้านี้ที่มีการสร้างสะพานเนื้อฟันปิดรูเผยเนื้อเยื่อในโดยสมบูรณ์ โดยในการทดลองครั้งนี้ ฟันที่ปิดทับเนื้อเยื่อในด้วยเอ็มทีเอที่ระยะเวลา 70 วัน พบการสร้างสะพานเนื้อฟันที่สมบูรณ์เพียงร้อยละ 20 ในขณะที่มีการสร้างโดยไม่สมบูรณ์ และที่ไม่พบการสร้างสะพานเนื้อฟันเท่ากันคือ ร้อยละ 40 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทดลองในการศึกษาที่มีมาก่อนหน้าพบว่า มักเป็นการศึกษาที่มีการปิดทับเนื้อเยื่อในโดยตรง (direct pulp capping) ซึ่งมีขนาดของรูเผยเนื้อเยื่อในที่เล็กมาก และไม่ได้มีการกำจัดเนื้อเยื่อในส่วนต้นที่ทำให้เกิดการฉีกขาดของเนื้อเยื่อในส่วนดังกล่าวออก และนอกจากนี้ ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาที่พบการสร้างสะพานเนื้อฟันที่สมบูรณ์ในสัตว์ทดลองในแต่ละการศึกษายังมีความแตกต่างกันตั้งแต่ 1 เดือน[26] ไปจนถึง 5 เดือน[25] ดังนั้น จึงอาจสรุปได้ยากว่า สะพานเนื้อฟันที่พบการสร้างไม่สมบูรณ์ หรือที่ยังไม่พบการสร้างในการทดลองนี้ยังอยู่ในระหว่างขั้นตอน

การสร้างสะพานเนื้อฟันหรือไม่ แต่หากพิจารณาลักษณะการตอบสนองที่ดีของเนื้อเยื่อในที่มีต่อเอ็มทีเอในแง่อื่น ๆ ในการทดลองนี้ (ความรุนแรงในการตอบสนองของเซลล์อักเสบ ขอบเขตของการอักเสบ และการจัดเรียงเนื้อเยื่อใน) อาจเป็นการยืนยันถึงความเข้ากันได้ดีของวัสดุกับเนื้อเยื่อใน และเหมาะสมที่จะใช้เอ็มทีเอเป็นวัสดุตัวมาตรฐานในการเปรียบเทียบกับวัสดุชนิดใหม่ ๆ

ในกลุ่มที่ปิดทับเนื้อเยื่อในด้วยซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมนั้น โดยภาพรวมการอักเสบของเนื้อเยื่อในในฟันซี่ที่มีชีวิตทั้งสองช่วงเวลาจำกัดอยู่เฉพาะใต้ต่อบริเวณวัสดุปิดทับ/สะพานเนื้อฟันกับเนื้อเยื่อใน ในขณะที่ส่วนที่อยู่ถัดออกมาทางตัวฟัน และรากฟันมีลักษณะเนื้อเยื่อในที่ปกติ อย่างไรก็ตาม ในแง่ระดับความรุนแรงของการตอบสนองของเซลล์อักเสบที่ระยะเวลา 7 วัน มีเนื้อเยื่อในที่ปกติ และที่มีการอักเสบระดับเล็กน้อยร้อยละ 75 และมีการสร้างถุงหนองร้อยละ 25 และที่ 70 วันพบมีการอักเสบระดับเล็กน้อยร้อยละ 29 ระดับปานกลางร้อยละ 42 และเกิดการตายของเนื้อเยื่อในร้อยละ 29 เป็นที่สังเกตได้ว่าที่ระยะเวลา 7 วันมีการตอบสนองทางมิญชพยาธิวิทยาค่อนข้างดี อาจเนื่องมาจากซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมมีแนวโน้มที่มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในดังการศึกษาในห้องปฏิบัติการ และการฝังในกระดูกหนู[11] ซึ่งคาดว่า การปรับปรุงองค์ประกอบของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุในช่วงปัจจุบันดีขึ้นโดยทำให้การเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของวัสดุเกิดได้สมบูรณ์ขึ้น และเร็วขึ้น อาจทำให้สภาวะความเป็นกรดของวัสดุ และบริเวณเนื้อเยื่อในใกล้เคียงกลับสู่สภาพเป็นกลางเร็วขึ้นซึ่งเอื้อต่อการหายของเนื้อเยื่อในได้ดีขึ้น ในขณะที่ระยะเวลา 70 วัน มีความแปรปรวนของลักษณะทางมิญชพยาธิวิทยาค่อนข้างมาก ในอนาคตควรมีการเพิ่มขนาดกลุ่มการทดลองให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อให้สามารถสรุปผลการตอบสนองของเนื้อเยื่อในได้ชัดเจนขึ้น

การบูรณะฟันในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมเป็นวัสดุบูรณะเนื่องจากเป็นวัสดุที่ให้การผนึกกับเนื้อฟันได้ดี เทคนิคการบูรณะไม่ยุ่งยากเท่ากับการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิต และระยะเวลาที่วัสดุบูรณะอยู่ในช่องปากสุนัขไม่นานมาก (ไม่เกิน 70 วัน) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์เป็นวัสดุที่ให้การผนึกกับเนื้อฟันที่ดี แต่แรงยึดติดกับเนื้อฟันรวมถึงความแข็งแรงของตัววัสดุยังต่ำกว่าวัสดุประเภทเรซินคอมโพสิต การสูญเสียวัสดุบูรณะฟันในกรณีดังกล่าวอาจมาจากการใช้ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์เป็นวัสดุบูรณะบนด้านบดเคี้ยวซึ่งเป็นด้านที่รับแรงบดเคี้ยวสูง ซึ่งการใช้เป็นวัสดุบูรณะที่รับแรงโดยตรงบริเวณดังกล่าวมีโอกาสที่จะเกิดการสูญเสียวัสดุบูรณะเมื่อเวลาผ่านไปได้สูงกว่าการใช้วัสดุประเภทอื่นที่มีความแข็งแรงมากกว่า[27,28]

สาเหตุอีกประการหนึ่งที่อาจมีผลต่อแรงยึดติดของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์กับเนื้อฟันอาจเนื่องมาจากการศึกษาครั้งนี้ไม่มีการใช้สารปรับสภาพเนื้อฟัน (dentin conditioner) ก่อนการบูรณะ เพื่อป้องกันผลการตอบสนองของเนื้อเยื่อใน ที่อาจเกิดจากสารดังกล่าวและเพื่อเป็นการป้องกันการชะล้างเอ็มทีเอที่เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัยังไม่สมบูรณ์ออกไป เนื่องจากในการศึกษานี้จะทำพัลโพโทมีบางส่วนและบูรณะฟันแต่ละซี่ไปพร้อมกันในครั้งเดียว นอกจากนี้ การสูญเสียวัสดุบูรณะยังอาจเกิดจากการที่เราไม่อาจทราบปริมาณแรง และลักษณะการบดเคี้ยวอาหารของสุนัขที่จะบอกได้ว่า ความหนาของวัสดุบูรณะที่เหมาะสมสำหรับรับแรงบดเคี้ยวในสุนัขควรเป็นเท่าใด และแม้จะพบว่า ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ที่ใช้บูรณะจะมีสภาพสมบูรณ์ในวันที่ทำการถอนฟัน แต่ไม่สามารถทราบได้ว่า เกิดการรั่วซึมตามขอบของวัสดุเป็นทางให้เชื้อจุลชีพเข้าไปยังเนื้อเยื่อในหรือไม่ และข้อด้อยอีกประการของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับชนิดดัดแปลงด้วยเรซินคือ ใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวในระยะเริ่มต้น (initial setting time) ที่นานกว่า ซึ่งอาจมีผลต่อความสามารถในการรับแรงบดเคี้ยวจากการใช้งานในระยะแรกหลังการบูรณะ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการศึกษาครั้งนี้ที่ต่างจากการปฏิบัติในทางคลินิกที่มีการบูรณะด้านนอกด้วยวัสดุที่แข็งแรงและมีการยึดอยู่กับเนื้อฟันที่ดีกว่า เช่น เรซินคอมโพสิต เป็นต้น จากเหตุผลดังกล่าวอาจมีผลต่อความสามารถใน

การผนึก (sealing ability) ตามขอบโพรงฟันของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ซึ่งมีผลต่อความสำเร็จของการศึกษาในครั้งนี้ และถึงแม้ว่าฟันทั้งสองกลุ่มได้รับการบูรณะด้วยซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมเหมือนกัน แต่แนวโน้มการตอบสนองของเนื้อเยื่อในในกลุ่มที่ปิดทับด้วยเอ็มทีเอจะค่อนข้างไปในทางที่ดีกว่ากลุ่มซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมที่มีการตอบสนองของเนื้อเยื่อในหลายระดับ อาจเนื่องมาจากเอ็มทีเอมีคุณสมบัติในการผนึกกับเนื้อฟันที่ดีทำให้ลดโอกาสเกิดการรั่วซึมของแบคทีเรีย[29] เข้าไปในโพรงเนื้อเยื่อใน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการศึกษานี้มีจำนวนฟันที่ทำการศึกษาน้อย อาจทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างในทางสถิติของการตอบสนองของเนื้อเยื่อในระหว่างวัสดุปิดทับเนื้อเยื่อในทั้งสองชนิดได้ ซึ่งอาจมีการเพิ่มจำนวนฟันที่ใช้ในการศึกษาในอนาคตให้มากขึ้น

การวิจัยในครั้งนี้กระทำในฟันซึ่งมีตัวฟันที่มีสภาพสมบูรณ์ ไม่มีลักษณะของโรคของเนื้อเยื่อใน หรือเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟัน ซึ่งการตอบสนองของเนื้อเยื่อในที่เกิดในการวิจัยครั้งนี้ อาจมีความแตกต่างจากที่เกิดขึ้นจริงในทางคลินิก เนื่องจากผู้ป่วยจะมีการเผยของเนื้อเยื่อในมาจากสาเหตุ และระยะเวลาที่ต่างกัน จึงอาจพบการอักเสบของเนื้อเยื่อในที่ระดับความรุนแรง และขอบเขตที่ต่างกันออกไป หากไม่สามารถกำจัดเนื้อเยื่อในส่วนที่อักเสบออกไปได้หมด โอกาสประสบความสำเร็จก็จะลดลง ดังนั้นการนำข้อมูลจากการวิจัยนี้ไปใช้จึงต้องมีความระมัดระวังในแง่ดังกล่าวด้วย

สรุป

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษาในครั้งนี้ ฟันสุนัขที่ได้รับการปิดทับเนื้อเยื่อในในการทำพัลโพโทมีบางส่วนด้วยเอ็มทีเอให้การตอบสนองของเนื้อเยื่อในที่ค่อนข้างดี ในขณะที่การปิดทับเนื้อเยื่อในด้วยซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมให้ผลการตอบสนองที่มีความแปรปรวนตั้งแต่การอักเสบเล็กน้อย มีการสร้างถุงหนองจนเกิดการตายของเนื้อเยื่อใน ซึ่งก่อนที่จะนำซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมมาใช้เป็นวัสดุปิดทับในการทำไวทัลพัลพ์เทอราพีในคลินิก ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อให้สามารถเห็นความแตกต่างของผลการทดลองได้ชัดเจนขึ้น ปรับปรุงเทคนิคการทดลอง เช่น เปลี่ยนแปลงชนิดของวัสดุที่ใช้ในการบูรณะตัวฟัน โดยใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงมากขึ้น และให้การยึดกับโพรงฟันได้ดีขึ้น เช่น เรซินคอมโพสิต มีการตรวจการรั่วซึมของแบคทีเรียในโพรงฟันและโพรงเนื้อเยื่อใน นอกจากนี้ อาจมีการศึกษาในฟันที่มีการเหนี่ยวนำให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อในเพื่อเลียนแบบลักษณะการอักเสบที่พบในฟันของผู้ป่วยที่มีการเผยเนื้อเยื่อในจากสาเหตุต่าง ๆ กันต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศ.ทญ. ดร. สมพร สวัสดิสรรพ์ และเจ้าหน้าที่ศูนย์ทดสอบชีววัสดุ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับการอำนวยความสะดวก และให้ความช่วยเหลือในขั้นตอนการศึกษาทางพยาธิวิทยา และขอขอบคุณทุนส่งเสริมการวิจัยของคณาจารย์ ปีงบประมาณ 2556 คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนงบประมาณสำหรับการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Fouad A. Molecular Mediators of Pulpal Inflammation, Chapter 11; In: Hagreaves K, Goodis H, editors. Seltzer and Bender's Dental Pulp. 2nd ed. Chicago: Quintessence Pub.; 2012. p. 241-76.
2. Paphangkorakit J, Osborn JW. The effect of pressure on a maximum incisal bite force in man. ***Arch Oral Biol*** 1997;42:11-7.
3. Paphangkorakit J, Osborn JW. Effects on human maximum bite force of biting on a softer or harder object. ***Arch Oral Biol*** 1998;43:833-9.
4. Paphangkorakit J, Osborn JW. Discrimination of hardness by human teeth apparently not involving periodontal receptors. ***Arch Oral Biol*** 1998;43:1-7.
5. Paphangkorakit J, Osborn JW. The effect of normal occlusal forces on fluid movement through human dentine *in vitro*. ***Arch Oral Biol*** 2000;45:1033-41.
6. 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;42:694-704.
7. Aguilar P, Linsuwanont P. Vital pulp therapy in vital permanent teeth with cariously exposed pulp: a systematic review. ***J Endod*** 2011;37:581-7.
8. 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;41:128-50.
9. Eghbal MJ, Asgary S, Baglue RA, Parirokh M, Ghoddusi J. MTA pulpotomy of human permanent molars with irreversible pulpitis. ***Aust Endod J*** 2009;35:4-8.
10. Witherspoon DE. Vital pulp therapy with new materials: new directions and treatment perspectives--permanent teeth. ***J Endod*** 2008;34:S25-8.
11. Sasanaluckit P, Albustany KR, Doherty PJ, Williams DF. Biocompatibility of glass ionomer cements. ***Biomaterials*** 1993;14:906-16.
12. Stanislawski L, Daniau X, Lauti A, Goldberg M. Factors responsible for pulp cell cytotoxicity induced by resin-modified glass ionomer cements. ***J Biomed Mater Res*** 1999;48:277-88.
13. Costa CA, Oliveira MF, Giro EM, Hebling J. Biocompatibility of resin-based materials used as pulp-capping agents. ***Int Endod J*** 2003;36:831-9.
14. Lan WH, Lan WC, Wang TM, Lee YL, Tseng WY, Lin CP, *et al*. Cytotoxicity of conventional and modified glass ionomer cements. ***Oper Dent*** 2003;28:251-9.
15. do Nascimento AB, Fontana UF, Teixeira HM, Costa CA. Biocompatibility of a resin-modified glass-ionomer cement applied as pulp capping in human teeth. ***Am J Dent*** 2000;13:28-34.
16. Paterson RC, Watts A. The response of the rat molar pulp to a glass ionomer cement. ***Br Dent J*** 1981;151:228-30.
17. 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;24:331-5.

18. Tarim B, Hafez AA, Cox CF. Pulpal response to a resin-modified glass-ionomer material on nonexposed and exposed monkey pulps. ***Quintessence Int*** 1998;29:535-42.
19. Faraco IM Jr, Holland R. Histomorphological response of dogs' dental pulp capped with white mineral trioxide aggregate. ***Braz Dent J*** 2004;15:104-8.
20. Jittapiromsak N, Sahawat D, Banlunara W, Sangvanich P, Thunyakitpisal P. Acemannan, an extracted product from Aloe vera, stimulates dental pulp cell proliferation, differentiation, mineralization, and dentin formation. ***Tissue Eng Part A*** 2010;16:1997-2006.
21. Schmalz G. Determination of biocompatibility; In: Schmalz G, Arenholt-Bindslev D, editors. Biocompatibility of dental materials. 1st ed. Berlin: Springer; 2009. p.13-43.
22. International Organization for Standardization. ISO 7405. Dentistry - Preclinical evaluation of biocompatibility of medical devices used in dentistry - Test methods for dental materials. Geneva: ISO; 2008.
23. Faraco IM Jr, Holland R. Response of the pulp of dogs to capping with mineral trioxide aggregate or a calcium hydroxide cement. ***Dent Traumatol*** 2001;17:163-6.
24. Abedi HR, Torabinejad M, Pitt Ford TR, Bakland LK. The use of mineral tri-oxide aggregate cement (MTA) as a direct pulp capping agent. (abstract 44) ***J Endod*** 1996;22:199.
25. Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasam SP. Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. ***J Am Dent Assoc*** 1996;127:1491-4.
26. Junn DJ, Mcmillan PL, Bakland LK, Torabinejad M. Quantitative assessment of dentin bridge formation following pulp capping with Mineral Trioxide Aggregate (MTA). (abstract) ***J Endod*** 1998;24:278.
27. 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;170:177-81.
28. Kilpatrick NM. Durability of restorations in primary molars. ***J Dent*** 1993;21:67-73.
29. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Pitt Ford TR. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. ***J Endod*** 1995;21:109-12.