

Repair of Furcal Perforation with Mineral Trioxide Aggregate: A case report

ซ่อมรอยทะลุช่องรากฟันด้วย มินเอรัล ไตรออกไซด์ เอ็กกริเกรท : รายงานผู้ป่วย

WISIT PIYAWATTANATAWORN DDS., MS. (ENDODONTICS) วิชาญ ปิยะวัฒนาถาวร ทบ.,วท.บ (วิทยาเอ็นโดดอนต์)*

ABSTRACT

Introduction : Furcal perforation is usually an undesired complication that can occur during root canal treatment such as access cavity or exploring canal orifice of teeth. On the basis of the recent physical and biologic property studies of the mineral trioxide aggregate (MTA), this material may be suitable for repairing the communication between the pulp space and the periodontal tissues. There are few reports on repair of furcal perforation with MTA in molar teeth

Objective : The purpose of this case report was to describe the treatment of furcal perforation using MTA in molar tooth.

Method : Case report

Case report : A healthy 35-yr-old man was referred to the dental clinic of this Buriram Provincial Public Health Office a few weeks after an appointment for root canal treatment of the lower right first molar. The previous dentist was unable to locate the root canals because of a hemorrhage inside the root canal and poor visibility of the area. The patient complained of episodes of pain. Upon intraoral examination was observed that the tooth had taken a temporary crown, responded slightly tender to percussion, exhibited normal periodontal tissue. Radiographs showed an intracanal radiopaque material in the mesial root canal and furcal radiolucency was also observed. The clinical diagnosis was previously initiated therapy with symptomatic apical periodontitis with stripping perforation. The perforations were cleaned with NaOCl and sealed with MTA without artificial barrier. Finally, the tooth was root canal treated and pulp chamber was filled with resin composite and inserted temporary crown. After 1 year, the absence of periradicular radiolucent lesions, pain, and swelling along with functional tooth stability indicated a successful outcome of perforations in this case.

Conclusion : MTA has the potential as a material for repair of furcal perforation.

Keyword : repair; furcal perforation; MTA

*ทันตแพทย์ชำนาญการ (ด้านทันตกรรม) งานส่งเสริมสุขภาพและทันตสาธารณสุข สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดบุรีรัมย์
อ.เมือง จ.บุรีรัมย์

บทนำ : รอยทะลุง่ามรากฟันเป็นผลแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นได้บ่อยในระหว่างรักษาลงรากฟัน เช่น ขั้นตอนการกรอเปิดทางเข้าสู่คลองรากฟัน การหาลงรากฟัน เป็นต้น จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและชีวภาพของ MTA แสดงให้เห็นว่าเป็นวัสดุทางเลือกที่มาซ่อมช่องทางระหว่างภายในช่องว่างของเนื้อเยื่อในกับเนื้อเยื่อปริทันต์ มีรายงานที่ใช้ MTA ซ่อมรอยทะลุในฟันกรามยังน้อยอยู่

วัตถุประสงค์ : เพื่อที่พรรณนาถึงการซ่อมรอยทะลุง่ามรากฟันด้วย MTA ในฟันกราม

วิธีการ : รายงานผู้ป่วย

รายงานผู้ป่วย : ผู้ป่วยชายไทยอายุ 35 ปี สุขภาพแข็งแรง ถูกส่งตัวมาที่คลินิกทันตกรรม สำนักงานสาธารณสุข จังหวัดบุรีรัมย์ ภายหลังจากรักษาลงรากฟันกรามล่างขวาซี่ที่ 1 เมื่อ 2-3 สัปดาห์ก่อน ทันตแพทย์คนก่อนไม่สามารถหาตำแหน่งของคลองรากฟัน เนื่องจากมีเลือดไหลและมองไม่เห็นในคลองรากฟัน ผู้ป่วยมีอาการปวดเป็นพัก ๆ ตรวจภายในช่องปากพบว่าใส่ครอบฟันชั่วคราวอยู่ ตอบสนองต่อการเคาะเล็กน้อย เนื้อเยื่อปริทันต์ปกติ จากการตรวจทางภาพรังสีแสดงให้เห็นวัสดุทึบแสงในคลองรากใกล้กลางและพบเงาโปร่งรังสีบริเวณง่ามรากฟัน การวินิจฉัยทางคลินิกเป็น ฟันที่เริ่มต้นรักษาลงรากฟันมาก่อนกับเนื้อเยื่อรอบรากฟันอักเสบชนิดมีอาการ ร่วมกับรอยทะลุบริเวณง่ามรากฟัน ผู้ป่วยได้รับการรักษาโดยล้างทำความสะอาดรอยทะลุด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์และกันการรั่วซึมด้วย MTA โดยปราศจากการสร้างแนวป้องกันเทียม สุดท้ายรักษาลงรากฟันเสร็จและอุดโพรงฟันด้วยเรซินคอมโพสิตและใส่ครอบชั่วคราว หลังจาก 1 ปี ไม่พบเงาโปร่งรังสีรอบราก ไม่ปวด ไม่บวม สามารถเคี้ยวได้ ซึ่งเป็นข้อบ่งชี้ว่าประสบความสำเร็จในการซ่อมรอยทะลุในผู้ป่วยรายนี้

บทสรุป : เอ็ม ที เอ เป็นวัสดุที่มีศักยภาพในการซ่อมรอยทะลุบริเวณง่ามรากฟัน

คำสำคัญ : ซ่อม, รอยทะลุง่ามรากฟัน, เอ็มทีเอ

รอยทะลุผ่านรากฟัน (furcal perforation) คือ การเกิดช่องทางติดต่อระหว่างช่องว่างของเนื้อเยื่อใน (pulp space) และเนื้อเยื่อปริทันต์ (periodontal tissue) ที่เกิดขึ้นจากการกรอเปิดคลองรากฟัน (access preparation) ในระหว่างกรอหารุเปิดคลองรากฟัน (canal orifice)¹ การเตรียมเนื้อเยื่อฟัน (post space preparation) การขยายคลองรากส่วนต้นมากเกินไป (over preparation) ในระหว่างขยายคลองรากฟัน หรือการละลายของรากฟัน (root resorption) เมื่อเกิดรอยทะลุปัญหาที่จะตามมา คือ มีการทำลายเนื้อเยื่อปริทันต์ซึ่งอาจจะส่งผลให้ต้องสูญเสียฟันไป การจัดการกับรอยทะลุสามารถทำได้ทั้งแบบศัลยกรรม (surgical repair), และ แบบไม่ทำศัลยกรรม (non-surgical repair).² มีวัสดุที่ใช้ซ่อมรอยทะลุหลายชนิด เช่น ซีเมนต์ชนิดซิงก์ออกไซด์ยูจีนอล (zinc oxide-eugenol cement), อะมัลกัม (amalgam), แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide), เรซินคอมโพสิต (resin composite), กลาสไอโอโนเมอร์ (glass ionomer) และ กลาสไอโอโนเมอร์แบบเรซินปรับปรุง (resin-modified glass ionomer)³

Mineral trioxide aggregate (MTA) เป็นวัสดุที่นำมาใช้ในทางทันตกรรมมากตั้งแต่ปี 1993 และปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันสำหรับเป็นวัสดุทางเลือกที่ใช้ในการซ่อมรอยทะลุ (perforation repair) ใช้อุดย้อนปลายราก (retrograde filling) ใช้ปิดเนื้อเยื่อใน (pulp capping) และใช้ในกระบวนการเหนี่ยวนำให้ปลายรากปิด (apexification)^{4,5} MTA มีลักษณะทางกายภาพเป็นผงซึ่งประกอบด้วยออกไซด์ของแร่ (mineral oxide) จำนวนหลายชนิด เช่น ไตรแคลเซียม ซิลิเกต (tricalcium silicate), ไตรแคลเซียม อลูมินา (tricalcium aluminate), ไตรแคลเซียม ออกไซด์ (tricalcium oxide)

และออกไซด์ของแร่อื่นๆ มีค่าที่แสดงความเป็นกรดเป็นเบสของสาร (pH) เท่ากับ 12.5 เวลาในการก่อตัว (setting time) เมื่อมีความชื้นใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง^{6,7} จากการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นความสามารถในการแนบสนิท (sealing ability) ที่ดีกว่าอะมัลกัม (amalgam),⁸ ซีเมนต์ชนิดซิงก์ออกไซด์ยูจีนอล (zinc oxide-eugenol cement),⁴ กลาสไอโอโนเมอร์แบบเรซินปรับปรุง (resinmodified glass ionomer) resin-modified glass ionomer cements⁸ และมีคุณสมบัติที่ไม่ก่อให้เกิดการต่อต้านจากเซลล์ในร่างกาย (biocompatibility)⁹ จากการศึกษาในระดับจุลภาค (microscopy) แสดงให้เห็นการซ่อมแซมของเนื้อเยื่อปริทันต์ (repair of periodontium) และการสร้างเคลือบรากฟันใหม่ (new cementum formation) ปกคลุมบริเวณวัสดุ¹⁰ นอกจากนี้ยังมีการรายงานแสดงให้เห็นว่า MTA สามารถส่งเสริมให้เกิดการเจริญของเคลือบรากฟันและการสร้างกระดูก¹¹ สามารถใช้เป็นวัสดุอุดย้อนปลายในการทำศัลยกรรมปลายรากฟัน (root-end filling), ใช้ปิดเนื้อเยื่อในทางตรง (direct pulpal capping), ใช้ในกระบวนการเหนี่ยวนำให้ปลายรากปิด (apexification), ใช้ในซ่อมรอยทะลุ (perforation repair), และใช้รักษาการละลายตัวของรากฟัน (root resorption) มีรายงานที่การซ่อมรอยทะลุบริเวณง่ามรากฟันด้วย MTA ที่ประสบความสำเร็จอย่างน้อยอยู่ จากการรายงานของ Pace และคณะ โดยติดตามผลการรักษาทางคลินิกประกอบกับภาพรังสี เวลา 6 เดือน 1 ปี 2 ปี 5 ปี และมากกว่า 5 ปี พบว่า 9 ใน 10 ที่ประสบความสำเร็จ¹² ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Aren และ Torabinejad¹³, Silveira และคณะ¹⁴ เช่นกัน

รายงานผู้ป่วย

ผู้ป่วยชายไทยคู่ อายุ 35 ปี ถูกส่งตัวมาจากสถานพยาบาลในสังกัดกระทรวงสาธารณสุขเนื่องจากฟันกรามล่างขวาซี่ที่ 1 (46) มีรอยทะลุในระหว่างรักษาลงรากฟัน

- ประวัติทางการแพทย์ ผู้ป่วยไม่มีโรคประจำตัว ปฏิเสธการแพ้ยา

- การตรวจร่างกาย มีสภาพโดยทั่วไปอยู่ในเกณฑ์ปกติ

- การตรวจภายในช่องปากพบว่าฟันซี่ 46 ใส่ครอบฟันชั่วคราวอยู่และมีรอยการกรอเปิดคลองรากฟันผ่านครอบฟันชั่วคราว ไม่มีการตอบสนองต่อเครื่องทดสอบด้วยไฟฟ้า (electric pulp tester) เคาะเจ็บเล็กน้อย คลำไม่เจ็บ ไม่มีร่องลึกปริทันต์ ไม่มีการโยก ไม่มีการสูญเสียกระดูกบริเวณง่ามรากฟัน (furcation involvement) ไม่มีสับกระดูก

การตรวจภาพรังสี มีความไม่ต่อเนื่องของกระดูกผิวเบ้าฟัน (lamina dura) มีการหนาตัวของเอ็นยึดปริทันต์ (periodontal ligament) มีวัสดุทับรังสีบริเวณรากใกล้กลาง มีเงาโปร่งรังสีบริเวณด้านใกล้กลางของรากใกล้กลาง สันกระดูกเบ้าฟันปกติ (crestal bone) (รูปที่ 1)



รูปที่ 1. ภาพรังสีก่อนการรักษา

การวินิจฉัย คือ Previously initiated therapy with Symptomatic apical periodontitis with Stripping perforation

แผนการรักษา รักษาคลองรากฟันร่วมกับซ่อมรอยทะลุด้วย MTA

การพยากรณ์โรค : ดี (good prognosis)

การรักษา

การรักษาครั้งที่ 1 (14 กรกฎาคม 2552)

ถอดครอบฟันชั่วคราวและรื้อวัสดุอุดชั่วคราว พบรอยทะลุขนาดใหญ่เท่าตะโบขนาด 70 บริเวณด้านใกล้กลางของคลองรากด้านแก้มใกล้กลาง ห้ามเลือดด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 (2.5% sodiumhypochlorite) หาคลองรากฟันด้านใกล้กลางพบคลองรากด้านแก้มใกล้กลาง (MB) และด้านลิ้นใกล้กลาง (ML) ตรวจสอบความยาวคลองรากฟันด้วยเครื่อง Raypex 5 (VDW Endodontic Synergy GmbH, Munich, Germany) แล้วตรวจสอบจากภาพรังสี (รูปที่ 2) ใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟัน ปิดด้วยวัสดุอุดชั่วคราวเควิต จี (Cavit-G, 3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA) ยึดครอบฟันชั่วคราว ด้วยซีเมนต์ยึดชั่วคราว (Temp Bond, Kerr Co., USA).

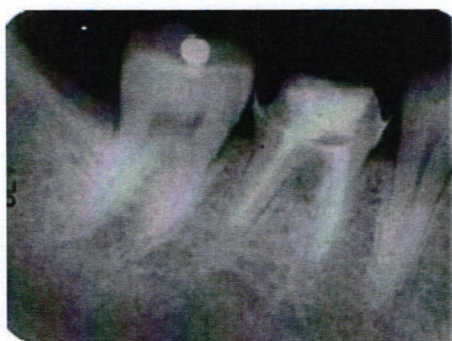


รูปที่ 2. ภาพรังสีขั้นตอนวัดความยาวคลองรากฟันที่ใช้แกน

การรักษาครั้งที่ 2 (28 กรกฎาคม 2552)
ขยายคลองรากฟันด้วยตะไบที่หมุนด้วย
เครื่องกลชนิดเอ็มทู (Mt two®, VDW Endodontic
Synergy GmbH, Munich, Germany) สลับล้างด้วย
โซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 จนถึง
ขนาด 35 ความสอปร้อยละ 4 ในคลองรากฟันด้านแก้ม
ใกล้กลาง, ด้านลิ้นใกล้กลาง และ ขนาด 40 ความสอปร้อยละ 4 ในคลองรากฟันใกล้กลาง ใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟัน ปิดด้วยวัสดุอุดชั่วคราว
เควิท จี แล้วยึดครอบฟันชั่วคราว

การรักษาครั้งที่ 3 (17 สิงหาคม 2552)

ล้างคลองรากฟันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์
ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 บริเวณรอยทะลุให้สะอาด
ใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟันที่ไม่ได้ซ่อม ผสม
วัสดุซ่อมรอยทะลุ ProRoot MTA (Dental Tulsa;
Dentsply, DeTrey Konstanz, Germany) ใน
สัดส่วน 3 ต่อ 1 ใช้ Amalgam carrier นำ MTA อุด
บริเวณรอยทะลุ ใส่สำลีชุบน้ำหมาดปิดเหนือ MTA
ปิดด้วยวัสดุอุดชั่วคราวเควิท จี แล้วยึดครอบฟัน
ชั่วคราว และถ่ายภาพรังสี (รูปที่ 3)

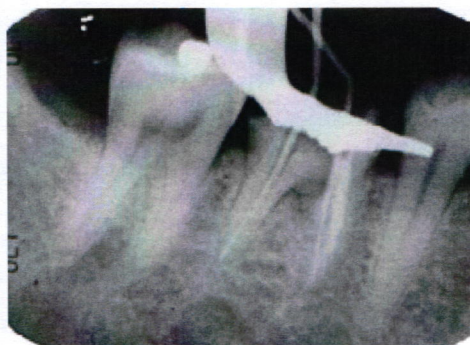


รูปที่ 3. ภาพรังสีภายหลังซ่อมรอยทะลุด้วย MTA

การรักษาครั้งที่ 4 (31 สิงหาคม 2552)

นำสำลื้อกตรวจสอบว่า MTA ก่อตัวสมบูรณ์
แล้ว ลองใช้กั๊กตาเพอร์ชาแท่งหลักแบบมาตรฐาน

ความสอปร้อยละ 0.02 ขนาด (Hygienic Co., Ohio,
USA) เท้ากับขนาดที่ขยายไป ใส่ให้ได้ความแน่น ที่
ระดับ 1 มิลลิเมตรจากปลายรากฟัน (tug back)
แล้วถ่ายภาพรังสี (รูปที่ 4)



รูปที่ 4. ภาพรังสีขึ้นตอนลองกั๊กตาเพอร์ชาหลัก

นำกั๊กตาเพอร์ชาแท่งหลักนั้นมาเคลือบ
ด้วยเอ็มยูซีลเลอร์ (MU sealer, Mahidol University,
Bangkok, Thailand) ซึ่งผสมใหม่ ใส่สเปรตเตอร์
ขนาด D 11 TS (Hu-Friedy, Chicago, IL, USA)
สลับการใส่กั๊กตาเพอร์ชาแท่งเสริมขนาดมีเดียมไฟน์
(Dentsply Co., Hongkong, China) จนกระทั่งเต็ม
คลองรากฟัน ปิดด้วยวัสดุอุดเรซินคอมโพสิตชนิดทำ
แกนฟัน (Multicore Flow, Ivoclar Vivadent,
Schaan, Liechtenstein) แล้วยึดครอบฟันชั่วคราว
(รูปที่ 5) ทำอุปกรณ์นำแนว (jig) เพื่อใช้ประเมินภาพ
รังสีครั้งต่อไป



รูปที่ 5. ภาพรังสีภายหลังอุดคลองรากฟัน

การรักษาครั้งที่ 5 (23 กันยายน 2553)

ติดตามผลการรักษาประมาณ 1 ปี ก่อนที่จะทำครอบฟัน ประเมินจากอาการทางคลินิกเคาะไม่เจ็บ คลำไม่เจ็บ ไม่มีร่องลึกปริทันต์ ไม่มีการโยก ไม่การสูญเสียกระดูกบริเวณช่องรากฟัน การตรวจภาพรังสี มีการต่อเนื่องของกระดูกผิวเข้าฟัน ความหนาของเอ็นยึดปริทันต์ปกติ เริ่มมีการหายของเนื้อเยื่อรอบรากฟัน (รูปที่ 6) จึงส่งผู้ป่วยทำครอบฟันถาวรต่อไป



รูปที่ 6. ภาพรังสีติดตามผลการรักษา

บทวิจารณ์

ในอดีตที่ผ่านมาวัสดุซ่อมบริเวณรอยทะลุบริเวณง่ามรากฟันมักใช้ อะมัลกัม (amalgam), เรซินคอมโพสิต (resin composite), และ กลาสไอโอโนเมอร์ (glass ionomer cement) เพื่อกันรั่วซึม (seal) ระหว่างช่องว่างของเนื้อเยื่อใน และเนื้อเยื่อปริทันต์ แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า MTA มีคุณสมบัติเหนือกว่าวัสดุดังกล่าวหลายประการทั้งในแง่ขอบที่แนบสนิท (marginal adaptation)^{6,7,15-17} ที่ดีกว่าคุณสมบัติด้านการรั่วซึมของแบคทีเรีย (bacterial leakage)^{6,7 15-18} ที่ดีกว่า ตลอดจนความเป็นพิษต่อเซลล์ (cytotoxicity)^{6,19} ที่น้อยกว่าการศึกษาของ Main และคณะ สรุปได้ว่า การใช้ MTA เป็นวัสดุซ่อมแซมรอยทะลุ เนื่องจากจะให้ กันรั่ว

ซึมที่ดีแล้วยังส่งผลทำให้ผลการรักษาดีขึ้น²⁰ ซึ่งจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้ MTA เป็นวัสดุซ่อมรอยทะลุแล้วทำให้การพยากรณ์โรคให้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการพยากรณ์โรคคือ เรื่องของเวลาที่รอยทะลุได้ปนเปื้อน (time of contamination) ตำแหน่งที่ทะลุ (location) และขนาดของรอยทะลุ (size)³ เมื่อพิจารณาถึงตำแหน่งของรอยทะลุบริเวณช่องรากฟันในผู้ป่วยรายนี้ จะอยู่ใกล้ราก (apical) ต่อบริเวณสันกระดูกเข้าฟัน ขนาดรอยทะลุค่อนข้างใหญ่ และเวลาที่มาก่อนที่จะมีการทำลายเนื้อเยื่อปริทันต์ แต่ผู้ป่วยรายนี้ทราบระยะเวลาที่แท้จริงก่อนที่จะมาทำการรักษารอยทะลุซึ่งมีการปนเปื้อนแล้ว ดังนั้น การจัดการรอยทะลุนี้ต้องคำนึงถึงความสะดวกของบริเวณรอยทะลุด้วย ซึ่งการศึกษาของ Holland และคณะ แสดงให้เห็นว่าการซ่อมรอยทะลุด้วย MTA ภายหลังมีการปนเปื้อนจะให้ผลการรักษาที่ไม่ดีเมื่อเทียบกับบริเวณที่ไม่ปนเปื้อนและซ่อมทันที²¹ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องทำการกำจัดเชื้อในระหว่างรักษาลงรากฟันก่อนด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์^{22,23} ทำการซ่อมรอยทะลุและวิธีการจัดการรอยทะลุโดยไม่ต้องสร้างแนวป้องกันเทียม (artificial barrier) เพื่อป้องกันไม่ให้ MTA เกินสู่เนื้อเยื่อข้างรากฟัน สำหรับผู้ป่วยรายนี้เนื่องจากไม่มีการทำลายของเนื้อเยื่อปริทันต์จึงจัดการรอยทะลุได้เลย

จากรายงานผู้ป่วยที่ผ่านมาของ Arens และ Torabinejad¹³, Nicholls²⁴ และ Pace และคณะ²⁵ ได้ใช้ MTA มาเป็นวัสดุซ่อมรอยทะลุและประสบความสำเร็จเมื่อประเมินผลการรักษาทางคลินิกและภาพรังสีในระยะยาว^{13,24,25} ในรายงานผู้ป่วยครั้งนี้ ประเมินผลความสำเร็จประมาณ 1 ปี ทั้งนี้ต้องติดตามผลการรักษาต่อไปอีกเพื่อเป็นข้อมูลระยะยาวต่อไป

สรุป

วัสดุที่ใช้ซ่อมรอยทะลุบริเวณง่ามรากฟันที่ผ่านมามักใช้ อะมัลกัม (amalgam), เรซินคอมโพสิต (resin composite), และ กลาสไอโอโนเมอร์ (glass ionomer cement) เป็นต้น จากรายงานผู้ป่วยนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้ MTA เป็นวัสดุทางเลือกที่ดีที่จะนำมาซ่อมรอยทะลุบริเวณช่องรากฟัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้รายงานขอขอบคุณอาจารย์ทันตแพทย์ ปวีพงศ์ ฌอนมเพ็ชรสง่า ที่กรุณาให้คำปรึกษาตลอดจนการหาเอกสารอ้างอิง

บรรณานุกรม

1. Frank RJ Endodontic mishaps: Their detection, correction, and prevention: Ingle JI, Bakland LK, eds. Endodontics, 5th ed.; London : BC Decker Inc ; 2002:769-94.
2. Roda RS Root perforation repair: surgical and nonsurgical management. Pract Proced Aesthet Dent 2001; 13: 467-72.
3. Fuss Z, Trope M. Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors. Endod Dent Traumatol 1996; 12: 255-64.
4. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. J Endod 1993; 19: 541-4.
5. Osorio RM, Hefti A, Vertucci FJ, Shawley AL. Cytotoxicity of endodontic materials. J Endod 1998; 24: 91-6.
6. Torabinejad M, Pitt Ford TR. Root-end filling materials: a review. Endod Dent Traumatol 1996; 12: 161-78.
7. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. J Endod 1999; 25: 197-205.
8. Daoudi MF, Saunders WP. In vitro evaluation of furcal perforation repair using mineral trioxide aggregate or resin modified glass ionomer cement with and without the use of the operating microscope. J Endod 2002; 28: 512-15.
9. Nakata TT, Bae KS, Baumgartner JC. Perforation repair comparing mineral trioxide aggregate and amalgam using an anaerobic bacterial leakage model. J Endod 1998; 24: 184-6.
10. Pitt Ford TR, Torabinejad M, McKendry DJ, Hong CU, Kariyawasam SP. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995; 79: 756-63.
11. Roberts HW, Toth JM, Berzins DW, Charlton DG. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: a review of the literature. Dent Mater 2008; 24: 149-64.
12. Pace R, Giuliani V, Pagavino G. Mineral trioxide aggregate as repair material for furcal perforation: case series. J Endod 2008; 34: 1130-3.

13. Arens DE, Torabinejad M. Repair of furcal perforations with mineral trioxide aggregate-two case reports. *Oral Surg* 1996; 82: 84-8.
14. Silveira CM, Sánchez-Ayala A, Lagravère MO, Pilatti GL, Gomes OM. Repair of furcal perforation with mineral trioxide aggregate: long-term follow-up of 2 cases. *J Can Den Assoc* 2008; 74: 729-33.
15. Torabinejad M, Pitt Ford TR, McKendry DJ, Abedi HR, Miller A, Kariyawasam SP. Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys. *J Endod* 1997; 23: 225-8.
16. Wu M, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Long-term seal provided by some root-end filling materials. *J Endod* 1998; 24: 557-60.
17. Shabahang S, Torabinejad M, Boyne PP, Abedi H, McMillan P. A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide and mineral trioxide aggregate in dogs. *J Endod* 1999; 25: 1-5.
18. Bates CF, Carners DL, Del Rio CE. Longitunal sealing ability of MTA as a root-end filling material. *J Endod* 1996; 22: 575-8.
19. Keiser K, Johnson C, Tipton DA. Cytotoxicity of MTA using human periodontal ligament fibroblasts. *J Endod* 2000; 26: 288-9.
20. Main C, Mirzayan N, Shabahang S, Torabinejad M. Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: a long term study. *J Endod* 2004; 30: 80-3.
21. Holland R, Bisco Ferreira L, de Souza V, Otoboni Filho JA, Murata SS, Dezan E Jr. Reaction of the lateral periodontium of dogs' teeth to contaminated and noncontaminated perforations filled with mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2007; 33: 1192-7.
22. Pitt Ford TR, Torabinejad M, McKendry DJ, Hong CU, Kariyawasam SP. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995; 79: 756-63.
23. Nicholls E. Treatment of traumatic perforations of the pulp cavity. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1962; 15: 603-12.
24. Pace R, Giuliani V, Pagavino G. Mineral trioxide aggregate as repair material for furcal perforation: case series. *J Endod* 2008; 34: 1130-3.
25. Oliveira TM, Sakai VT, Silva TC, Santos CF, Machado MA, Abdo RC. Repair of furcal perforation treated with mineral trioxide aggregate in a primary molar tooth: 20-month follow-up. *J Dent Child (Chic)* 2008; 75: 188-91.